ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод»
Отдел Развития Персонала и Управления Знаниями

УТВЕРЖДАЮ:
Зам.генерального директора
по финансам
_____Ю.В.Чибисов
«____.»_____ 2008 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Выполнение инженерно-графических работ в среде Solid Works 2008

Часть 1

Принципы построения твердых тел средствами Solid Works

СОГЛАСОВАНО:

Начальник ОРП и УЗ Б.И.Ворочек

Главный конструктор ПО Ю.Н.Белобров

РАЗРАБОТАЛ:

Ведущий конструктор ОГК ПО В.С.Севастьянов

Краматорск, 2008 г.

Содержание

Введение.....3
Глава 1.....6
Глава 2.....54
Глава 3.....89
Глава 4.....156
Глава 5.....214
Глава 6.....290
Глава 7.....320
Глава 8.....366
Глава 9.....397
Глава 10.....451
Словарь терминов.....498

ВВЕДЕНИЕ

Человека окружают устройства, облегчающие его труд или улучшающие бытовые условия. Ассортимент этих устройств исключительно широк — от простейших бытовых изделий до космических кораблей. Некоторые из изделий существуют в единичных экземплярах, другие — в сравнительно небольшом количестве, третьи выпускаются миллионными тиражами. Мир изделий постоянно обновляется. Новое изделие появляется тогда, когда в нем возникает потребность и когда технологический уровень производства позволяет его создать. Процесс создания нового изделия требует значительного времени и материальных затрат и включает в себя две основные стадии — ***проектирование*** и ***изготовление***.

Проектирование изделия — это процесс создания комплекта технических документов, необходимых для изготовления изделия. Проектно-конструкторская документация состоит как из текстовой, так и графической частей. И если разработка текстовых документов никогда не представляла проблем, то разработка графических документов (чертежей) всегда представляла сложность. Дело в том, что чертеж несет в себе информацию, которую должны понять все специалисты, которые принимают непосредственное участие в изготовлении, а в последующем и эксплуатации данного изделия.

Чертеж детали содержит 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. И желательно, чтобы эта информация обладала максимальным уровнем наглядности. А для этого необходимо применение трехмерных изображений.

Мозг человека устроен так, что все окружающее его пространство воспринимается им в объемном представлении. Любая вещь, которую он представляет себе, будь то ранее виденная или возникающая в его фантазиях, в первую очередь "видится" ему в объеме. Придумывая что-то новое, конструктор говорит себе: "Здесь я сделаю так..., а здесь у меня будет это..." Но как донести свои идеи до исполнителя? Как передать ему нужную для изготовления изделия информацию?

Трехмерное изображение изделия сложно создать, имея под рукой только кульман, карандаш и другие чертежные инструменты. Поэтому в основу чертежа были положены двухмерные изображения изделия, количество и состав которых регламентируется государственным стандартом. Это позволяет размещать на чертеже всю необходимую информацию, однако в значительной степени снижает его уровень наглядности. Правила оформления чертежа – это грамматика общения

конструктора и реализатора его идей, где алфавитом выступают виды, разрезы, размеры и пр. информация об изделии. Но в любом случае, перенося свои замыслы на лист ватмана, конструктор вынужден "держать в голове" объемное представление разрабатываемой конструкции, следить за тем, чтобы все ее элементы были отражены на представленных видах, а также попадали в сечения и разрезы, показанные на чертеже.

С развитием компьютерной техники построение наглядных изображений отчасти решило вопросы визуализации проектов. И заказчики все чаще стали включать в договоры с проектно-конструкторскими организациями требования поместить в разрабатываемые документы трехмерные изображения. Однако обычные (оговоренные в ЕСКД) трехмерные изображения, в частности аксонометрические проекции, позволяют создать трехмерное изображение только в выбранном направлении проецирования, то есть изображение, полученное с некоторой конкретной точки зрения. В то же время могут представлять интерес изображения объекта, полученные с других точек зрения. Дополнение двухмерного чертежа изделия множеством трехмерных изображений, полученных с различных точек зрения, 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 его числовые характеристики — массу, моменты инерции и др. Благодаря этому такую модель можно произвольно поворачивать и рассматривать ее конструктивные формы с любой точки зрения, 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.

Впервые пакеты твердотельного параметрического моделирования с промышленными возможностями стали доступны пользователям персональных компьютеров лишь в 1995 году, который стал переломным для мирового рынка систем *CAD/CAM/CAE*. Одно из лучших решений такого уровня смогла предложить американская компания ***Solid Works Corporation***. Созданная в 1993 году, эта фирма уже через два года, в ноябре 1995-го, выпустила на базе геометрического ядра *Parasolid* свой первый программный продукт. Пакет твердотельного параметрического

моделирования *Solid Works 95* сразу занял ведущие позиции среди продуктов этого класса.

В свое время на НКМЗ приобретались, а также брались на тестирование различные конструкторские системы общего и специального назначения, реализующих эту технологию. По всеобщему признанию конструкторов завода одной из лучших была признана конструкторская система *Solid Works*, которая и явилась в последствии единым стандартом трехмерного проектирования на НКМЗ. Первые две лицензии были приобретены заводом в 2000 году и с тех пор они ежегодно обновляются и дополняются новыми.

К сожалению, вся литература по данному программному продукту издается только в России, а в Украине она стоит весьма дорого. Помимо этого, авторы издаваемых книг вносят, на свое усмотрение, те или иные разделы проектирования и возможности *Solid Works*, оставляя без внимания другие, не менее важные разделы, за пределами книги.

Таким образом, чтобы собрать всю информацию по *Solid Works* воедино, необходимо купить 3-4, а то и более книг, потратив массу времени и средств, чтобы найти нужную в данный момент информацию, роясь в них.

Настоящая работа посвящена рассмотрению вопросов проектирования в *Solid Works Office Professional* на базе версий 2007 – 2008 годов.

Рассматриваемые версии *Solid Works* предназначены для работы на персональном компьютере под управлением операционной системы *Windows XP*. Они универсальны, надежны, просты в освоении и использовании, поддерживают русский язык и ЕСКД. Однако их широкое использование зачастую сдерживается отсутствием учебно-методического обеспечения.

Данная работа является попыткой восполнить этот пробел и представляет собой пособие для самостоятельного освоения компьютерной технологии создания основных конструкторских документов на базе конструкторской системы *Solid Works*. Работа не претендует на роль полноценного издания и может рассматриваться как конспект лекций с подробными комментариями и пояснениями. Материал, изложенный в ней, используется автором в учебном процессе во время чтения лекций по курсу "Автоматизация инженерно-графических работ в среде *Solid Works*" в Инженерном Центре Отдела развития персонала и управления знаниями Новокраматорского машиностроительного завода.

Для работы с программой *Solid Works* не нужно обладать особым даром программиста, достаточно обладать некоторым опытом работы на компьютере и у Вас все получится!

Глава 1

ПОСТРОЕНИЕ ЭСКИЗА НА ПЛОСКОСТИ. ИНСТРУМЕНТЫ И ОБЪЕКТЫ ЭСКИЗА

Содержание

1. ПОСТРОЕНИЕ ЭСКИЗА НА ПЛОСКОСТИ. ИНСТРУМЕНТЫ И ОБЪЕКТЫ ЭСКИЗА 7

1.1 Знакомство с Рабочим столом Solid Works 7

1.2 Выбор плоскости для построения Эскиза 9

1.3 Знакомство с объектами Эскиза 12

1.4 Команды создания объектов эскиза 16

1.4.1 Создание объекта эскиза Точка 17

1.4.2 Создание объекта эскиза Линия 18

1.4.3 Создание объекта эскиза Осевая линия 20

1.4.4 Создание объекта эскиза Многоугольник 21

1.4.5 Создание объекта эскиза Прямоугольник 22

1.4.6 Создание объекта эскиза Параллелограмм 23

1.4.7 Создание объекта эскиза Окружность 24

1.4.8 Создание объекта эскиза Окружность по периметру 26

1.4.9 Создание объекта эскиза Дуга 26

1.4.10 Создание объекта эскиза Эллипс 28

1.4.11 Создание объекта эскиза Неполный эллипс 29

1.4.12 Создание объекта эскиза Парабола 30

1.4.13 Создание объекта эскиза Сплайн 32

1.4.14 Инструменты редактирования Сплайна 37

1.4.15 Создание эскиза Текст 45

Вопросы для самопроверки 50

Ответы на вопросы для самопроверки 53

1. ПОСТРОЕНИЕ ЭСКИЗА НА ПЛОСКОСТИ. ИНСТРУМЕНТЫ И ОБЪЕКТЫ ЭСКИЗА

1.1 Знакомство с Рабочим столом Solid Works

Знакомство с *Solid Works*, как и с любой другой программой, следует начинать с его **Рабочего стола** (рис.1.1).

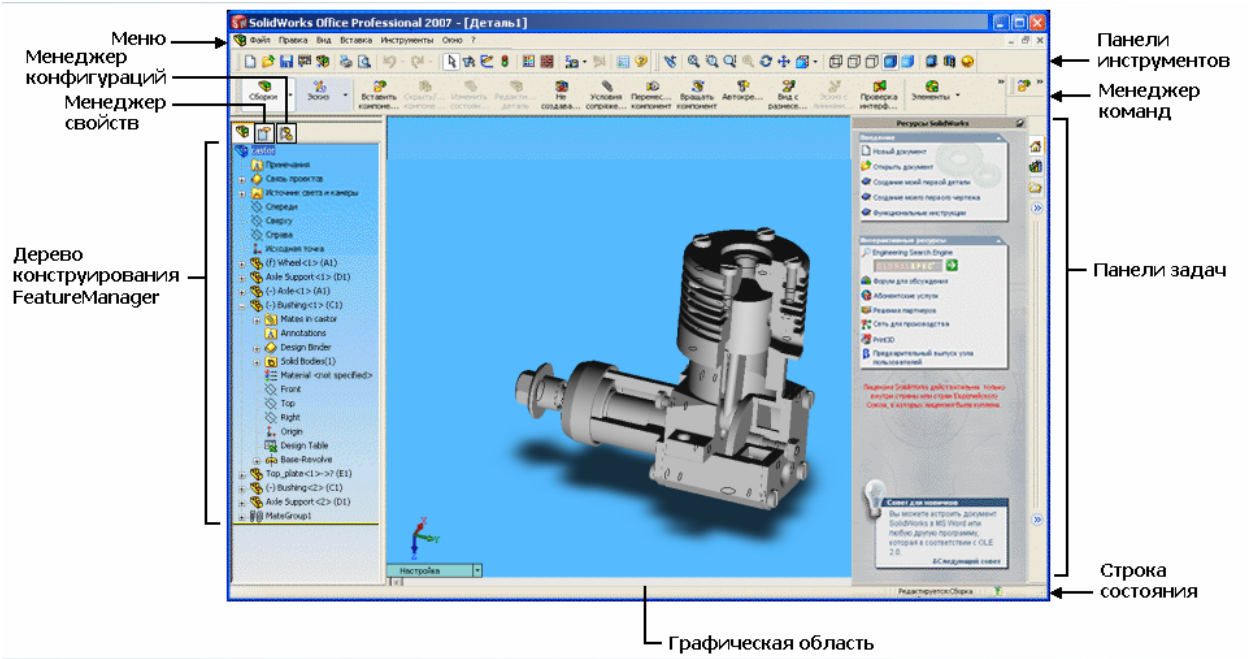


Рис. 1.1 Рабочий стол Solid Works.

Рабочий стол *Solid Works* имеет следующие основные элементы, необходимые для удобства работы с программой во время выполнения проектно-конструкторских работ:

- **Меню,** его еще называют **Главным Меню**, т.к. данная строка содержит все разделы, необходимые для работы с программой и все команды, которые могут быть использованы конструктором в процессе его работы;
- **Панели инструментов**, они расположены, как правило, в верхней части **Рабочего стола** и содержат набор команд (иконок команд) общего назначения, связанного с визуализацией, статистикой, а также управления файлами проекта (создать, открыть, сохранить и др.);
- **Менеджер (диспетчер) команд** – эта панель имеет набор закладок, составленных по характеру выполняемых операций, внутри которых располагаются наборы специализированных команд, связанных с непосредственным воздействием на объекты эскиза, элементы компонентов или другие операции. **Менеджер (диспетчер) команд**, равно как и набор необходимых для работы иконок команд, настраивается

пользователем самостоятельно, в зависимости от собственного опыта и характера выполняемой работы.

- **Графическая область** – самая большая часть **Рабочего стола**, непосредственно на которой и выполняется проектирование нового оборудования;
- **Дерево конструирования** – отдельная область **Рабочего стола**, показывающая историю создания изделия и его свойства, характеризующие изделие в различных его состояниях. **Дерево конструирования**, по умолчанию, содержит три закладки: ***Feature Manager*** – менеджер проекта, ***Менеджер свойств*** и ***Менеджер конфигураций***. В случае, если конструктор подключает к *Solid Works* еще и партнерские приложения, например, *COSMOS Works* и *COSMOS Motion,* то эти закладки также появляются в **Дереве конструирования**, рядом с указанными.
- **Строка состояния** и **Панель задач** являются вспомогательными частями **Рабочего стола** и отображаются на нем в зависимости от состояния проекта и настроения пользователя (многие, чтобы эти панели не мешали работе и не занимали полезную площадь **Рабочего стола,** просто скрывают их).

Как уже говорилось, **Диспетчер команд** может настраиваться самостоятельно каждым пользователем, на "свой вкус". Использовать при работе широкую полоску с набором закладок, выбирая ту или иную, в зависимости оттого, что в данный момент Вы собираетесь выполнять, не всегда удобно. Поэтому рекомендуем разделить команды на две части, как это показано на рис.1.2:

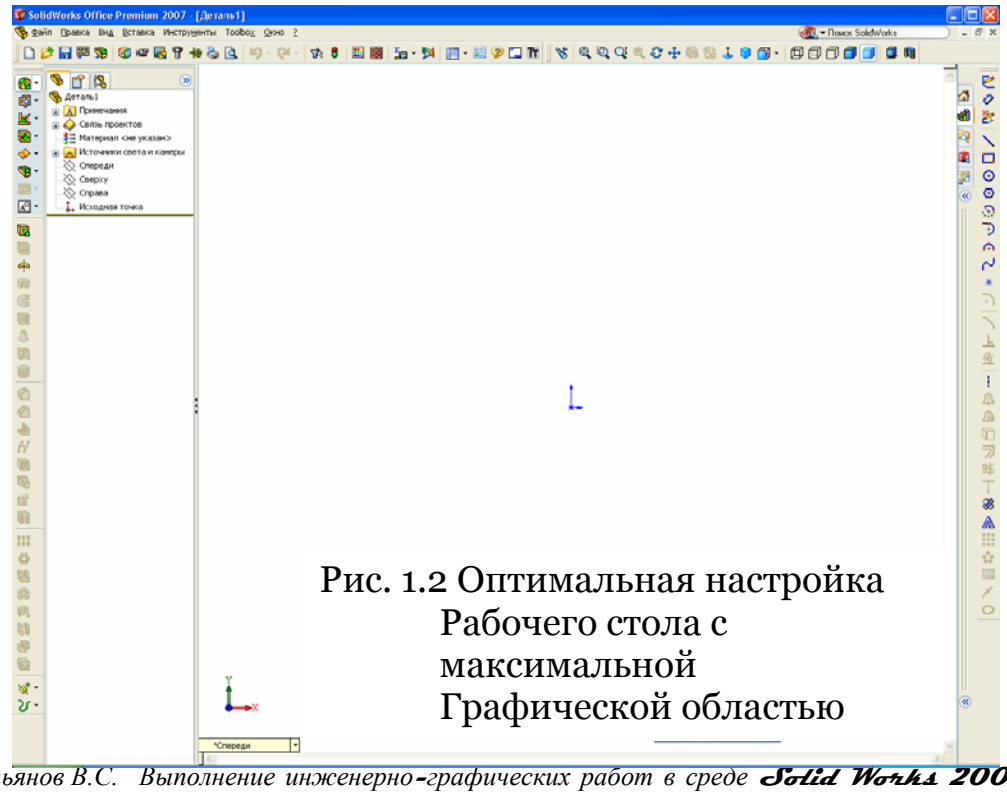


Рис. 1.2 Оптимальная настройка Рабочего стола с максимальной Графической областью

- Справа от **Графической области Рабочего стола** расположить ***Панель инструментов эскиза*** – отвечающую набором команд за построение эскиза на выбранной плоскости;
- Слева **Графической области Рабочего стола** расположить **Диспетчер команд** с необходимым набором панелей для выполнения операций над Эскизом и Элементами модели.

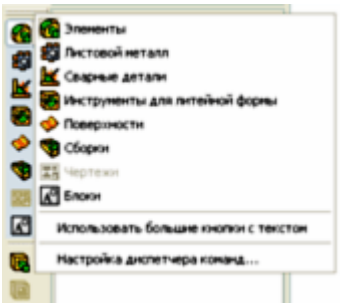
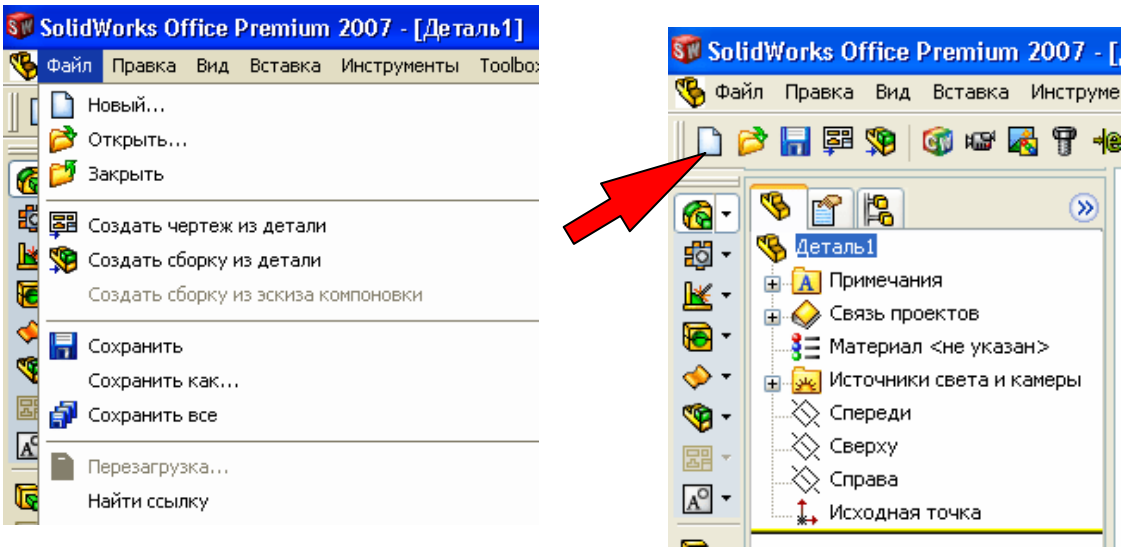


Рис. 1.3 Настройка панели **Диспетчер команд**

В то же время, для удобства пользования **Диспетчером команд**, рекомендуем убрать всю лишнюю информацию с его панелей, т.е щелкнув правой клавишей мыши на полях панели убрать пометку "Использовать большие кнопки с текстом" (рис.1.3)

Цветовая гамма **Рабочего стола** не имеет значения и также назначается пользователем по своему световосприятию. О некоторых особенностях настройки *Solid Works* будет сказано позже, поэтому сейчас не станем на этом заострять особое внимание.

1.2 Выбор плоскости для построения Эскиза.



а) б)

Рис. 1.4 Вход в Solid Works – создание новой детали.

Для того, чтобы приступить к работе в *Solid Works* необходимо загрузить один из заранее подготовленных шаблонов[1]. Сделать это можно одним из двух способов:

1. В **Главном меню** выбрать *Файл → Новый* (рис. 1.4, а), либо
2. На **Панели инструментов** активизировать (щелкнуть левой клавишей мыши) на иконку этой же команды *Создать* (рис.1.4, б)

[1] Шаблоны поставляются вместе с программой, но каждый пользователь имеет возможность создать свой собственный, отвечающий только его, либо корпоративным требованиям.

В любом случае на экране появится окно (рис. 1.5) с предложением выбрать один из трех шаблонов, т.е. создать[2]:

- **Деталь** – цифровая модель изделия, содержащего в своем составе одно тело любой сложности – компонент.
- **Сборку** – цифровая модель изделия, состоящая из двух и более компонентов.
- **Чертеж** ранее созданной детали или сборки

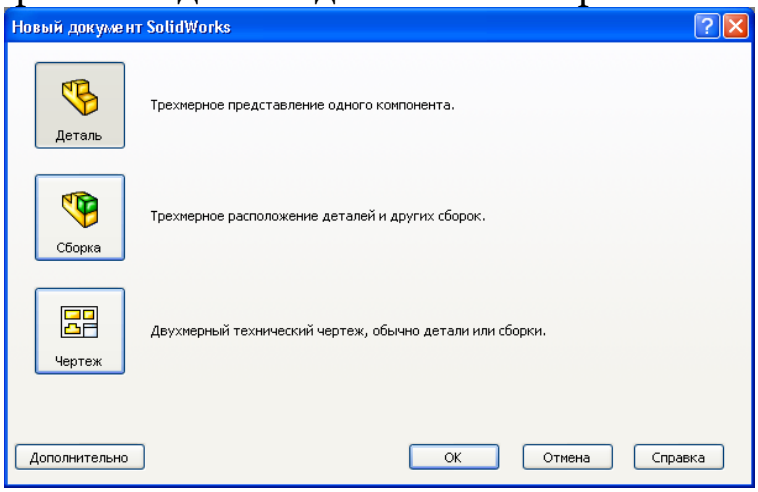


Рис. 1.5 Панель создания нового документа Solid Works

Поскольку Вы только учитесь создавать детали в *Solid Works*, то выбираем шаблон **Деталь** (см. рис.1.5) и нажимаем левой кнопкой мыши на клавишу **ОК**. После того, как *Solid Works* загрузит выбранный шаблон, Вы увидите **Рабочий стол** в том виде, как это было уже показано на рис. 1.2.

Нетрудно заметить в центре **Графической области Рабочего стола** так называемую **Исходную точку** с двумя стрелками, показывающими положительные направления осей координат. Такие же оси (***X, Y, Z***) можно увидеть и в левом нижнем углу **Графической области**, но эти оси выступают на **Рабочем столе** исключительно как компас для пользователя, чтобы в нужный момент помочь последнему правильно сориентироваться в пространстве, определиться с положительными направлениями осей координат системы в настоящий момент времени.

Через **Исходную точку,** вдоль осей координат проходят три виртуальные плоскости (рис. 1.6):

- **Спереди – через Исходную точку**, вдоль осей ***X*** и ***Y***;
- **Сверху** - через **Исходную точку**, вдоль осей ***X*** и ***Z***;
- **Справа**– через **Исходную точку**, вдоль осей ***Z*** и ***Y.***

[2] В *Solid Works* состояние изделия характеризуется самостоятельным типом файла: деталь, сборка или чертеж. При этом между всеми тремя типами существуют ассоциативные связи, которые позволяют отслеживать любые изменения в цифровых моделях, в том числе их взаимное расположение в сборке и на чертеже. Имея одно и то же имя файлы могут различаться между собой только расширением в имени: **Деталь** имеет расширение *sldprt*, **Сборка** – *sldasm, а* ***Чертеж*** – *slddrw*.

Указанные плоскости, равно как и саму **Исходную точку**, можно не только увидеть, а при необходимости и выбрать (активизировать) непосредственно на **Рабочем столе** в **Дереве проекта** (см. рис.1.7).

Для того, чтобы *Solid Works* смог правильно сориентироваться, где, на какой из представленных плоскостей, Вы хотите начертить эскиз будущей детали, необходимо указать на одну из них (щелчком левой клавиши мыши) в любом (см. рис. 1.6 и рис. 1.7) удобном для этого месте, а затем дать команду на то, что именно здесь Вы будете создавать свой Эскиз.

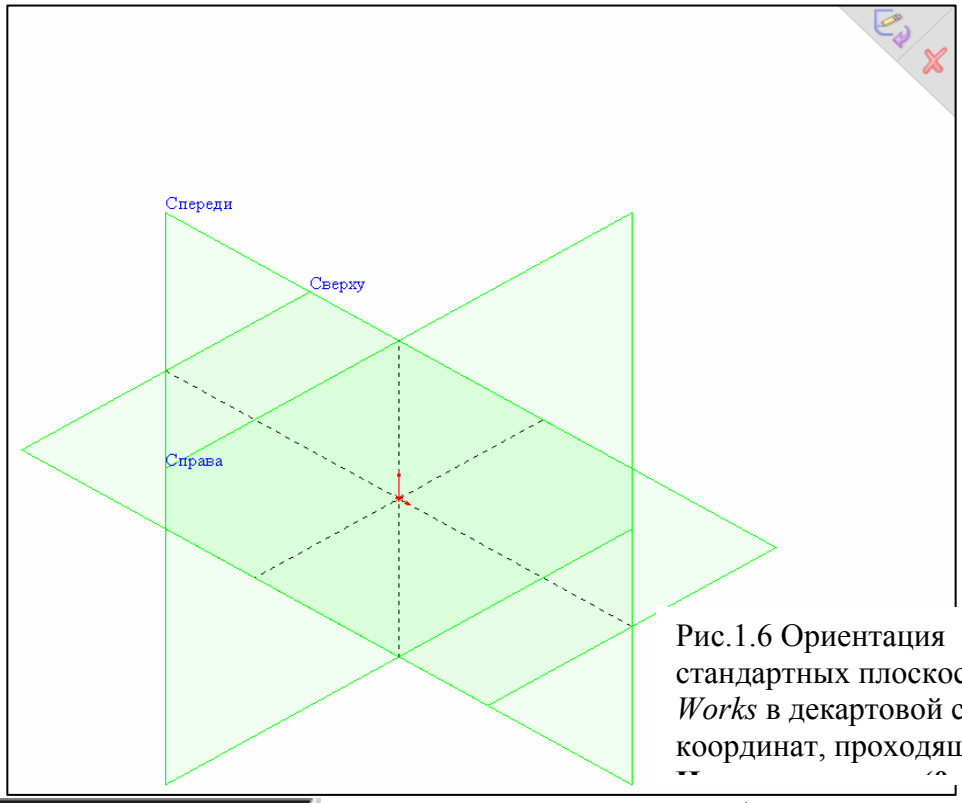


Рис.1.6 Ориентация стандартных плоскостей *Solid Works* в декартовой системе координат, проходящих через

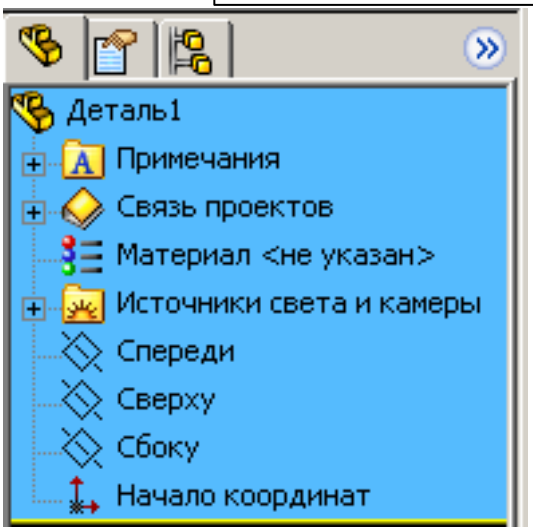


Рис. 1.7 Исходное **Дерево проекта** *Feature Management*

Для этого необходимо на **Панели инструментов Эскиза** (см. рис.1.2) – справа от **Графической области** – выбрать соответствующую иконку команды - *Эскиз* (рис. 1.8).

При этом, в правом верхнем углу **Графической области** появится треугольник(см. рис. 1.6), как метка о том, что в данный момент пользователь находится в режиме редактирования *Эскиза*.

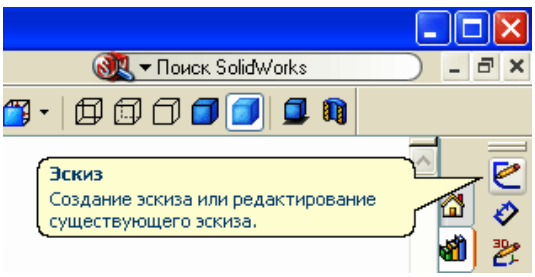


Рис. 1.8 Выбор команды *Эскиз* на **Панели инструментов.**

С этого момента *Solid Works* готов к выполнению всех команд, связанных с построением любых объектов эскиза[3], который будут описывать форму будущего изделия – **Деталь**.

1.3 Знакомство с объектами Эскиза

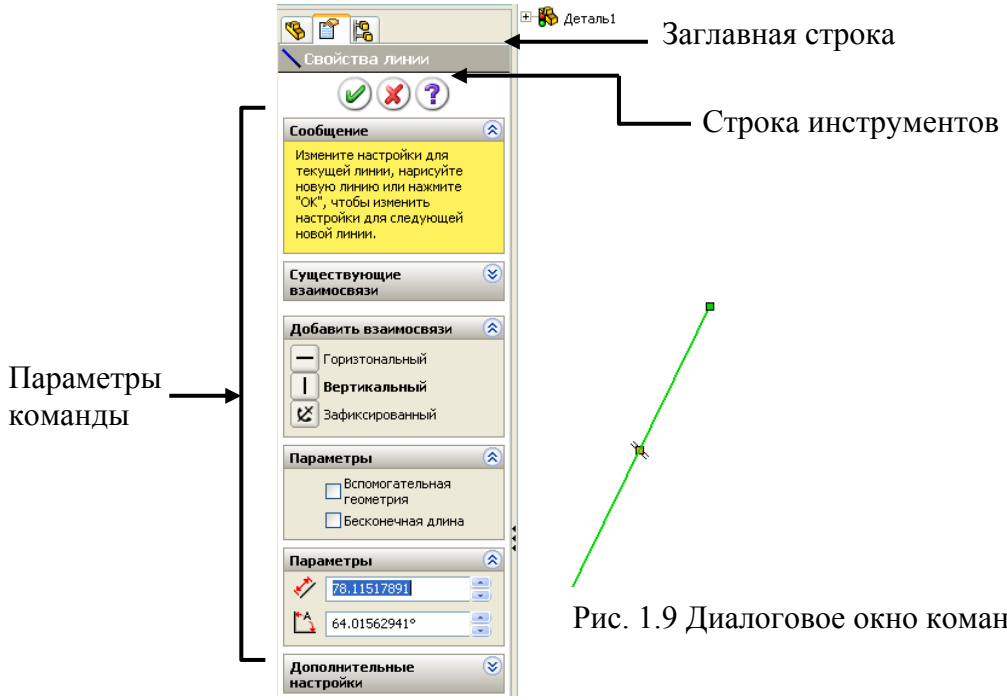


Рис. 1.9 Диалоговое окно команды ***Линия***

Любой конструктор, который хотя бы один раз в жизни выполнил чертеж какого-нибудь изделия, стоя у чертежной доски (ну, хоть задания-то по начертательной геометрии в ВУЗ-е делали? ☺), может сказать, что для этого ему потребуется:

- Линейка – чтобы провести прямую линию;
- Циркуль – чтобы начертить дугу или окружность, и
- Лекало – чтобы построить, если потребуется эллипс или какую-то иную плавную кривую линию.

В *Solid Works* все команды, связанные с построением объектов *Эскиза* находятся в **Главном меню** *Инструменты → Объекты эскиза*, а их инструменты – в панели *Эскиз*.

В таблице 1.1 представлен список команд, при помощи которых можно построить эскиз любой сложности.

Познакомимся с ними более подробно, т.к. зная свойства команд можно более рационально использовать их возможности при работе. Для начала, открыв *Эскиз*, как это только что было описано в предыдущем разделе, выберем, например, команду ***Линия,*** как одну из наиболее

[3] В *Solid Works* принято различать понятия **объект**, **элемент** и **компонент**. **Объекты** – это любые примитивы (линия, дуга, многоугольник и т.д.) построенные при помощи команд, расположенных на **Панели инструментов Эскиза**. **Элементы** – твердые тела (поверхности), полученные посредством решения эскизов заданными определениями. Таким образом, цыфровая модель детали – есть совокупность **Элементов**, которые в цифровой модели сборки изделия являются ее **Компонентами**.

часто применяемую на практике и познакомимся с понятием "свойства команды".

Диалоговое окно команд (рис.1.9) включает в себя:

- Заглавную строку;
- Строку инструментов служебных команд;
- Параметры различного функционального назначения.

Список команд для построения объектов эскиза в *Solid Works*

Таблица 1.1

Иконка	Команда	Описание команды
	Линия	Построение прямых отрезков по двум точкам
	Прямоугольник	Построение прямоугольника и параллелограмма по двум вершинам, лежащих на одной диагонали фигуры.
	Параллелограмм	
	Многоугольник	Построение вписанного или описанного вокруг окружности многоугольника с числом граней от 3 до 40.
	Окружность	Построение окружности с указанием положения ее центра и величины диаметра.
	Окружность по периметру	Построение окружности по трем точкам с автоматическим определением координат центра окружности
	Дуга с указанием центра	Построение дуги, как части окружности с сохранением условий сопряжений
	Касательная дуга	
	Дуга через 3 точки	
	Эллипс	Построение эллиптических кривых с сохранением условий сопряжений
	Неполный эллипс	
	Парабола	
	Сплайн	Математически рассчитанная кривая или поверхность, плавно соединяющая отдельные опорные точки
	Точка	Точечный рисунок. Используется как объект привязки при вспомогательном построении объектов эскиза
	Осевая линия	Объект эскиза, используется для построения эскиза как элемент вспомогательной геометрии.
	Текст	Используется как объект эскиза с последующей возможностью преобразовывать его в твердое тело.

Заглавная строка содержит имя команды и стоящий перед ней маркер – условное изображение той команды, которую выбрал пользователь для работы в данный момент времени – в нашем случае – это ***Линия***.

Строка инструментов содержит инструменты служебных команд в виде круглых кнопок с условными изображениями этих команд. В приведенном примере это инструменты команд **ОК,** **Отмена** и **Справка**. Щелчок по первой приводит к выходу из команды, с сохранением всех данных по ней и закрытию диалогового окна. Щелчок по второй – повторяет действия первой, но при этом, с закрытием диалогового окна, сбрасываются и все выполненные в нем настройки. Активизация третьей кнопки обеспечивает доступ к справочной информации, имеющей отношение к данной команде. В строке инструментов могут присутствовать и инструменты других служебных команд, назначение которых будет оговариваться по мере их появления.

Параметры команды группируются в параметрические блоки с учетом функционального назначения. Каждый из параметрических блоков имеет заглавную строку, в которой представлено имя блока и расположенный справа от него черный треугольник.

Параметрические блоки могут отображаться в свернутом или развернутом виде. В первом случае отображается только имя блока – в нашем примере (см. рис. 1.9) это **Существующие взаимосвязи, Дополнительные настройки**. Во втором случае отображаются входящие в его состав параметры, например **Добавить взаимосвязи, Параметры** и др. Это связано с тем, что при большом количестве параметров невозможно отобразить все блоки в открытом виде. А поскольку выбор или задание значений параметрам производится последовательно, то часть блоков можно держать в закрытом состоянии и открывать их по мере необходимости. Управление отображением параметрических блоков осуществляется щелчком на упомянутом треугольнике[4].

Количество и назначение параметрических блоков определяются характером создаваемого графического объекта. Однако блоки **Существующие взаимосвязи** и **Добавить взаимосвязи** входят в состав всех диалоговых окон объектов эскиза. Они предназначены для работы с **Взаимосвязями**. Порядок работы с параметрами этих блоков будет рассмотрен позже.

[4] Следует заметить, что в большинстве случаев параметры команд в **Менеджере Свойств** *Solid Works* расположены в порядке убывания их значимости при проектировании, поэтому менее ценные блоки параметров команд представлены в нижней части диалогового окна и, как правило, в свернутом состоянии.

Для создания объекта эскиза в общем случае необходимо:

1. *Активизировать команду, рис.1.10, а).* Инструмент команды подсвечивается.

2. *Переместить указатель на графическое поле.* Указатель сопровождается маркером, *рис.1.10, а)* - условным графическим изображением команды.

3. *Выбрать в графическом поле произвольную точку.*

4. Перемещением указателя *создать динамическое изображение объекта, рис.1.10 б).* Оно сопровождается текущими значениями параметров и имеет синий цвет объекта. В **Менеджере Свойств** открывается диалоговое окно команды.

5. Щелчком в произвольной точке графического поля *зафиксировать изображение создаваемого объекта, рис.1.10 в).* Оно принимает зеленый цвет. В ряде случаев необходимо одновременно работать и с диалоговым окном команды и **Деревом конструирования**. Поэтому на поле свойств отображается диалоговое окно команды, а в левом верхнем углу графического поля в свернутом виде Плавающее **Дерево конструирования** (см. *рис. 1.10, б)* и *в).*

6. В диалоговом окне команды выбрать необходимые параметры или задать проектные значения представленным там параметрам.

7. В зависимости от плана дальнейшей работы выполнить одно из следующих действий:

■ Щелкнуть на кнопке **ОК** в диалоговом окне команды, при этом: Диалоговое окно команды закрывается. Команда остается в активном состоянии, что дает возможность создать еще один объект этого же типа. Изображение объекта находится в состоянии выбора (зеленого цвета).

■ Выбрать еще раз эту же команду из **Меню** или **Панели Инструментов Эскиза**, либо нажав клавишу **Enter** – при этом действии *Solid Works* повторяет последнюю выполненную им команду. Происходит выход из команды. Диалоговое окно команды остается открытым. Изображение объекта находится в состоянии выбора (зеленого цвета).

■ Выбрать другую команду, при этом: Происходит выход из последней команды. Диалоговое окно команды закрывается. Изображение объекта находится в состоянии выбора (зеленого цвета). Открывается диалоговое окно новой команды.

■ Нажать клавишу **Esc**. Происходит выход из команды. Диалоговое окно команды закрывается. Изображение объекта находится в состоянии эскиза (синего цвета).

Изложенный выше порядок создания объекта эскиза можно изменить, пропустив пункт 6. При этом объект эскиза фиксируется, т.е. оставляется на "**Рабочем столе**" в состоянии "*Как нарисовано*", со значениями параметров, отличными от проектных. Затем объект эскиза переводится в режим выбора и *редактируется* путем внесения соответствующих изменений в его диалоговом окне (см. рис. 1.10, в). Однако, при этом следует помнить, что изменяемые в диалоговом окне параметры объекта так и остаются "незафиксированными", а следовательно, могут свободно менять свои значения, причем это может быть сделано произвольно, помимо Вашего желания.

Другой способ приведения параметров объекта эскиза в соответствие с проектом — использование размеров, но этому вопросу будет уделено особое внимание немного позже (см. *Тема 2, раздел 2.3).*

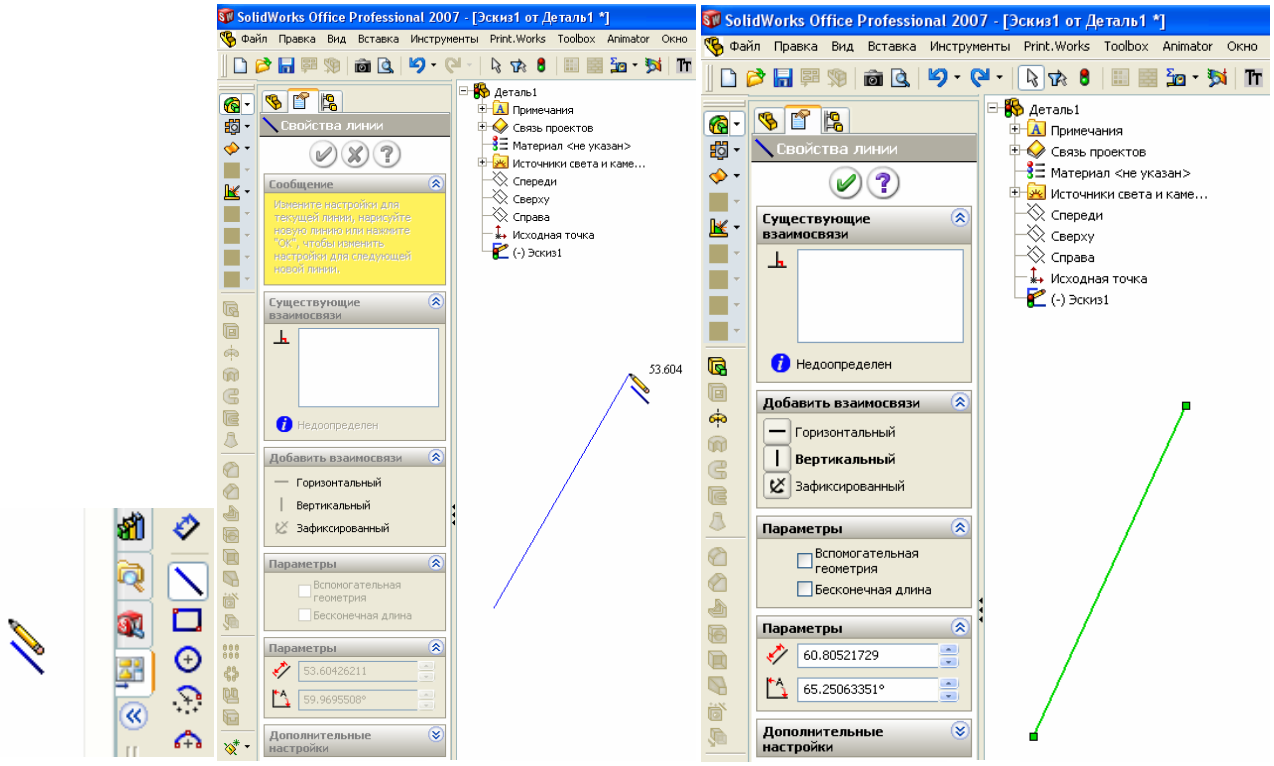


Рис.1.10 Этапы создания объекта *Эскиза*

1.4 Команды создания объектов эскиза

Познакомимся с командами создания объектов эскиза, представленных в табл. 1.1, более подробно, чтобы в последующем не останавливаться на этих вопросах и не отвлекаться от намеченных к рассмотрению тем.

Все рассматриваемые в этом разделе команды можно вызвать двумя доступными способами:

1. Выбрать команду по ее иконке из **Панели инструментов Эскиза**
2. Выбрать команду из **Главного меню**: Инструменты → Объекты Эскиза.

1.4.1 Создание объекта эскиза Точка

Команда ***Точка*** являясь самой простой, создает одноименный объект эскиза. Точка не имеет размеров, поэтому на графическом поле она отображается маркером. Вид маркера определяется его состоянием (рис. 1.11):

- в состоянии выбора это кружочек зеленого цвета,
- в состоянии эскиза — звездочка синего цвета.

Диалоговое окно команды содержит блоки **Существующие взаимосвязи**, **Добавить взаимосвязи** (см. рис. 1.11) и один формообразующий блок — **Параметры,** который содержит всего два параметра — координаты *X* и *Y*.

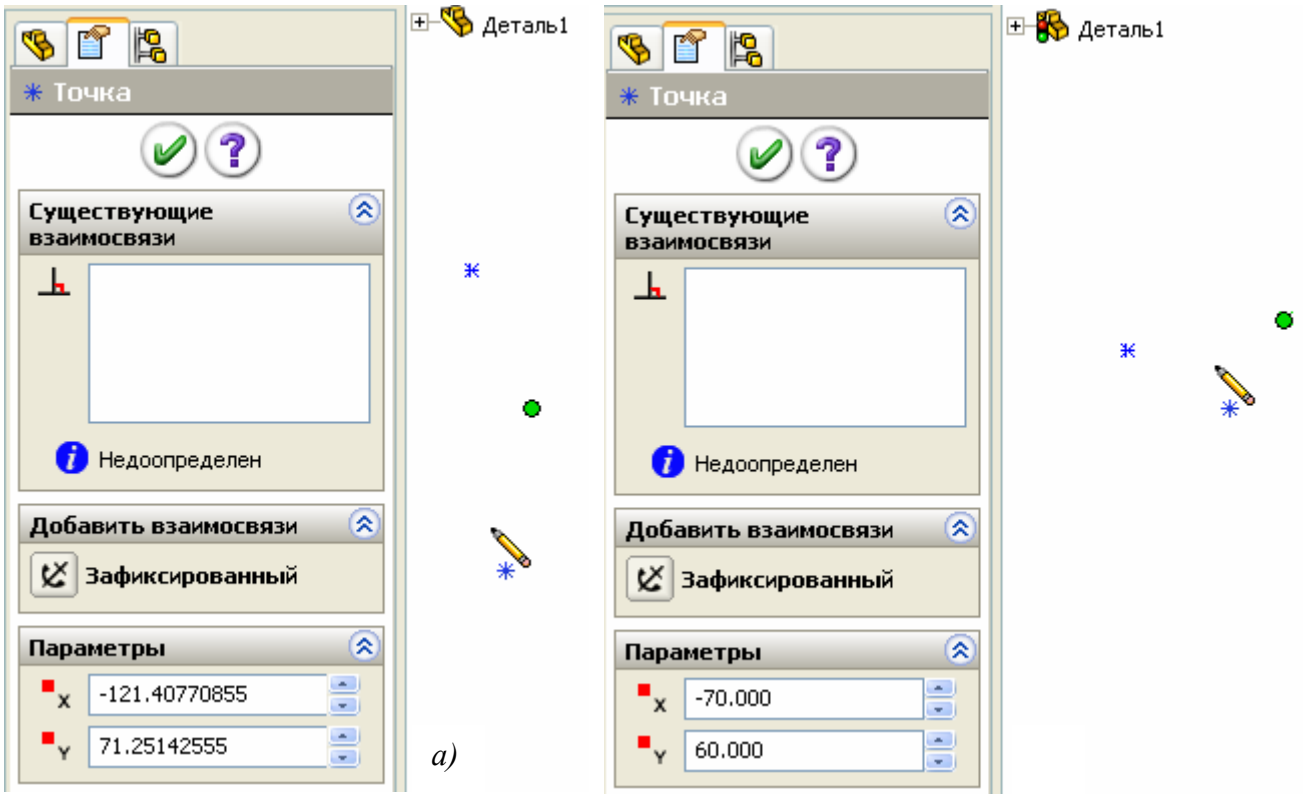


Рис. 1.11 Создание объекта эскиза ***Точка***

1.4.1.1 Для создания объекта эскиза Точка необходимо выполнить следующие действия.

1. *Активизировать команду.*

2. *Выбрать в графическом поле произвольную точку и выполнить щелчок.* В поле свойств открывается диалоговое окно команды, а в графическом поле отображается объект эскиза ***Точка*** в состоянии выбора (рис. 1.11, а).

3. *В текстовых окнах координат задать необходимые значения*[5]. Для этого необходимо ввести указатель мыши в текстовое окно параметра, щелчком зафиксировать его там, удалить имеющееся значение, ввести новое значение и нажать клавишу **Enter**. Маркер точки автоматически перемещается в заданное положение.

4. Нажать клавишу **Esc**. Диалоговое окно команды закрывается, положение точки фиксируется в состоянии эскиза (синего цвета).

1.4.1.2 Для редактирования объекта эскиза Точка необходимо выполнить следующие действия.

1. *Выбрать объекта эскиза* ***Точка,*** при этом она переходит в состояние выбора. Открывается диалоговое окно команды.

2. *В текстовых окнах координат внести необходимые изменения.* Маркер точки автоматически перемещается в заданное положение (см. рис. 1.11, б).

3. Нажать клавишу **Esc**.

1.4.2 Создание объекта эскиза Линия

Команда ***Линия*** создает прямую или ее отрезок. Диалоговое окно команды и вид курсора представлены на рис. 1.12.

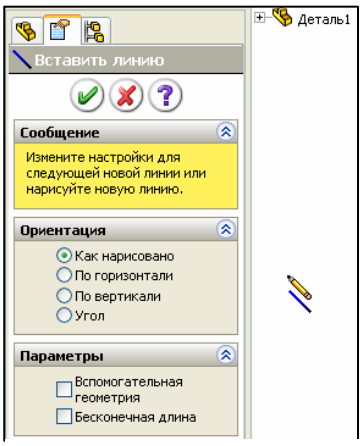


Рис. 1.12 Создание объекта эскиза ***Линия***

Строка инструментов дополнена кнопкой команды **Отмена**. Щелчок на этой кнопке приводит к выходу из команды, при этом ее диалоговое окно закрывается.

Блок **Сообщение** является служебным. В данном случае на желтом фоне выведена рекомендация по дальнейшим действиям: *«Измените настройки для следующей новой линии или нарисуйте новую линию»*.

Блок **Ориентация** предназначен для задания ориентации создаваемой линии. Он включает в себя следующие параметры:

- *Как нарисовано* — создает линию общего положения, то есть линию с произвольной ориентацией (в том числе горизонтальной и вертикальной);
- *По* горизонтали — создает горизонтальную линию;
- *По вертикали* — создает вертикальную линию;

[5] Здесь и далее рассматривается только Первый способ редактирования параметров объектов эскиза. Второй – основной способ, как уже говорилось – редактирование параметров при помощи размеров, будет рассмотрен позже.

o *Угол* — создает линию, наклоненную под заданным углом к горизонтальной линии.

Блок **Параметры** предназначен для задания типа объекта эскиза. Он содержит следующие параметры:

o *Вспомогательная геометрия*. В активном состоянии создает объект вспомогательной геометрии, представляющий собой осевую линию. Для активизации параметра достаточно в окошке перед именем параметра установить флажок.

o *Бесконечная длина*. В активном состоянии создает линию бесконечной длины. Для активизации параметра достаточно в окошке перед именем параметра установить флажок.

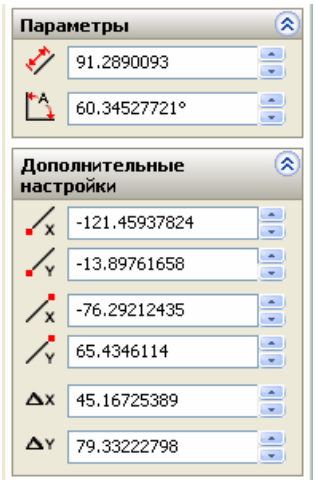


Рис. 1.13

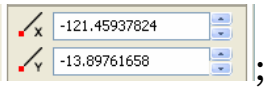
Раскрытое диалоговое окно команды ***Линия*** представлено на рис. 1.10, *а-в* , поэтому рассмотрим его составляющие более подробно используя именно этот рисунок.

Во втором блоке **Параметры** содержатся следующие характеристики начерченной прямой линии:

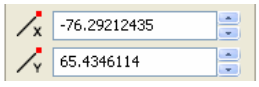
o *Длина* — отображает длину созданной линии;

o *Угол* — отображает угол наклона созданной линии к оси *X*. При этом положительное значение угла наклона отсчитывается по направлению, противоположному направлению движения часовой стрелки.

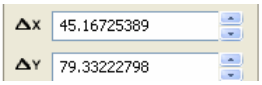
В блоке **Дополнительные настройки** представлены параметры:

o Координаты начальной точки 

;

o Координаты конечной точки 

;

o Приращения координат ($\Delta X, \Delta Y$ - проекции расстояния на координатные оси) 

.

1.4.2.1 Для создания объекта эскиза Линия необходимо выполнить следующие действия:

1 *Активизировать команду* ***Линия*** (см. рис. 1.10, *а*). Открывается диалоговое окно с блоками **Сообщение, Ориентация и Параметры** (см. рис. 1,12).

2 *Выбрать в графическом поле произвольную точку*.

3 Перемещением указателя *создать динамическое изображение линии* (см. рис. 1.10, *б*). При этом, возле курсора, можно заметить

следующую информацию, передаваемую *Solid Works* в **Графической области**:

3.1 *Длину* нарисованного отрезка (56,096 мм);

3.2 *Угол* наклона отрезка (135°)

Обычно, на значения цифр возле курсора в процессе рисования линии мало кто обращает внимание, ведь создается эскиз, т.е. набросок будущего профиля изделия, размеры и взаимное положение объектов эскиза которого будут впоследствии редактироваться. Однако, к "информации на кончике курсора" следует относиться более внимательно, когда рисуется **горизонтальная**

или **вертикальная**

линии. Отметки на желтом фоне в конце курсора покажут автоматическую взаимосвязь этого отрезка с системой координат эскиза.

4 *Зафиксировать положение конечной точки.* В диалоговом окне закрываются блоки **Сообщение** и **Ориентация** и открываются блоки **Параметры** и **Дополнительные настройки** (рис. 1.13).

5 Нажать клавишу **Esc**.

1.4.2.2 Для редактирования Линии необходимо выполнить следующие действия.

1. *Выбрать линию* щелчком левой клавиши на редактируемом объекте эскиза. Линия переходит в состояние выбора (зеленый цвет). Открывается диалоговое окно команды с блоками **Существующие взаимосвязи, Добавить взаимосвязи, Параметры, Настройки** и **Дополнительные настройки**.

2. *Внести необходимые изменения в текстовых окнах* соответствующих параметров.

ВНИМАНИЕ: При внесении изменений в текстовом окне параметра ***Длина*** изменяется положение конечной точки, а при внесении изменений в текстовом окне параметра ***Угол*** центром вращения отрезка является конечная точка.

3. Нажать клавишу **Esc**.

1.4.3 Создание объекта эскиза Осевая линия

Команда ***Осевая линия*** создает одноименный объект эскиза, который в графическом поле отображается тонкой штрихпунктирной линией.

Осевая линия в *Solid Works* имеет огромное значение, не смотря на то, что данный тип линии играет роль вспомогательной геометрии при построении эскиза. Особенностью данного типа линии является тот факт,

что эта линия не является формообразующим объектом эскиза, но незаменима в формировании его отдельных частей. ***Осевая линия*** в *Solid Works* выступает в качестве:

- Вспомогательной линии, как линии привязки объектов друг к другу;
- Оси симметрии эскиза (динамическое и зеркальное отображение объектов эскиза);
- Оси вращения эскиза для построения тел вращения.

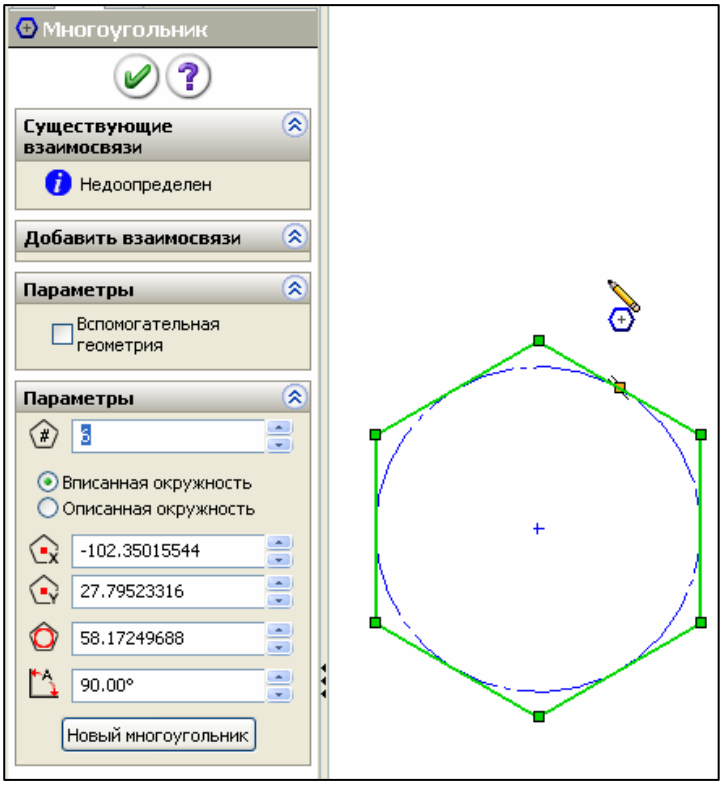
Диалоговое окно команды отличается от окна команды ***Линия*** тем, что в его блоке **Параметры** по умолчанию включен параметр **Вспомогательная геометрия**. Порядок создания и редактирования объекта эскиза ***Осевая линия*** аналогичен порядку создания и редактирования объекта эскиза ***Линия***.

1.4.4 Создание объекта эскиза Многоугольник

Команда ***Многоугольник*** создает правильный многоугольник с числом сторон от 3 до 40. Собственно говоря, что есть окружность – это многоугольник с очень большим количеством сторон. *Solid Works* позволяет пользователю создать объект эскиза ***Многоугольник*** с указанным количеством сторон, предполагая, что многоугольник с большим число сторон не будет кардинально отличаться от объекта эскиза ***Окружность*** (см. далее).

На рис. 1.14 представлен блок **Параметры** диалогового окна команды. Он содержит следующие параметры:

- **Количество сторон** — задает количество сторон (вершин);



- *Вписанная окружность* — задает размеры многоугольника с помощью вписанной окружности;
- *Описанная окружность* — задает размеры многоугольника с помощью описанной окружности;
- **Координата *X*** центра;
- **Координата *Y*** центра;
- **Диаметр окружности** — задает диаметр вписанной или описанной окружности;

Рис. 1.14 Создание объекта эскиза ***Многоугольник***

- **Угол** — задает угол начальной точки. Величина угла отсчитывается от положительного направления оси X по направлению, противоположному направлению движения часовой стрелки.

- **Новый многоугольник** — создает новый многоугольник.

1.4.4.1 Для создания многоугольника необходимо выполнить следующие действия.

1. *Активизировать команду* ***Многоугольник*** . Открывается ее диалоговое окно (см. рис. 1.14).

2. *Выбрать в графическом поле центр* ***Многоугольника***, создать его динамическое изображение и зафиксировать его в состоянии выбора. По умолчанию создается шестиугольник. В графическом поле отображается как сам многоугольник, так и *Вписанная* или *Описанная* окружность (как объект вспомогательной геометрии).

3. *Внести в диалоговом окне команды необходимые изменения*. Особенностью команды является то, что после перевода объекта в состояние эскиза его редактирование, с помощью диалогового окна, **невозможно**. Поэтому, по крайней мере, параметр **Количество сторон** (количество углов) и **Тип окружности** (*Вписанная* или О*писанная*) должны быть определены сразу после его открытия. Остальные параметры могут быть отредактированы позже.

4. Нажать клавишу **Esc**.

1.4.4.2 *Редактирование многоугольника*

(без изменения количества сторон и типа окружности) может быть осуществлено двумя путями:

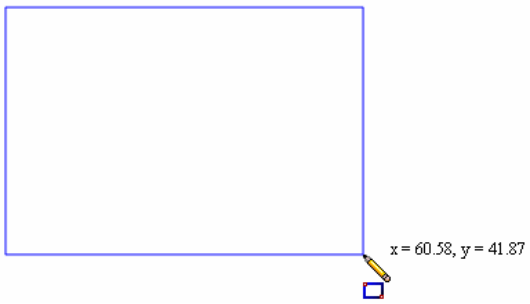
- **Выбором его стороны.** Открывается диалоговое окно линии, в котором необходимо внести соответствующие изменения. Этот путь дает в озможность изменить ориентацию и размеры многоугольника.

- **Выбором окружности.** Открывается диалоговое окно окружности, в котором необходимо внести соответствующие изменения. Этот путь дает возможность изменить положение и размеры многоугольника.

1.4.5 Создание объекта эскиза Прямоугольник

Команда ***Прямоугольник*** создает прямоугольник со сторонами, параллельными координатным осям. **Диалогового окна** команда не имеет.

1.4.5.1 Для создания прямоугольника необходимо:



1. *Активизировать команду.*

2. *Выбрать положение одной из вершин,* растянуть *прямоугольник и отпустить клавишу мыши.* При этом справа от курсора будет отображаться информация длин сторон прямоугольника в координатах *X* и *Y* относительно его начальной вершины (рис. 1.15).

Рис. 1.15 Создание объекта эскиза Прямоугольник

3. *Щелчком в произвольной точке графического поля зафиксировать* ***Прямоугольник*** *в состоянии эскиза.*

1.4.5.2 *Для редактирования прямоугольника необходимо*

выполнить следующие действия.

1. *Выбрать одну из его сторон.* Открывается диалоговое окно линии, в котором необходимо внести соответствующие изменения.

2. *Щелчком в произвольной точке графического поля зафиксировать внесенные изменения.*

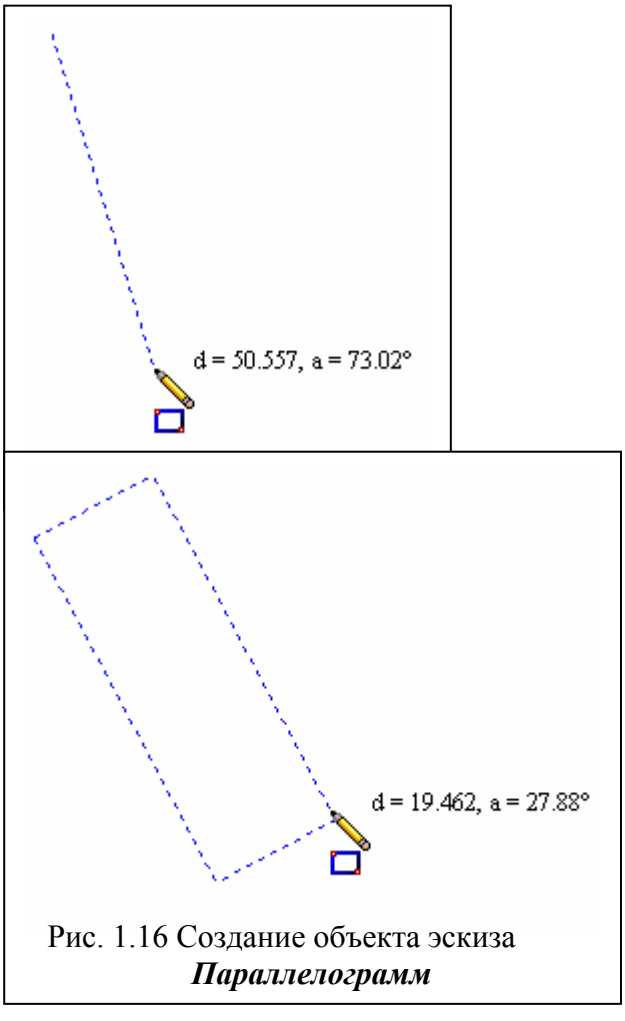


Рис. 1.16 Создание объекта эскиза ***Параллелограмм***

1.4.6 Создание объекта эскиза Параллелограмм

Команда ***Параллелограмм*** создает прямоугольник со сторонами, не параллельными координатным осям. **Диалогового окна** команда не имеет.

1.4.6.1 *Для создания параллелограмма необходимо:*

1. Активизировать команду ***Параллелограмм***

2. Выбрать положение одной из вершин, растянуть одну из его сторон и отпустить клавишу мыши. При этом (рис. 1.16, а) справа от курсора будет отображаться информация о длине стороны (***d***) и угле ее наклона, относительно горизонтальной оси координат (***a***)

3. Растянуть Параллелограмм в перпендикулярном направлении и отпустить клавишу (рис. 1.16, б). При этом справа от курсора будет отображаться информация о длине его второй стороны (***d***) и угле ее наклона, относительно горизонтальной оси координат (***a***)

4. Щелчком в произвольной точке графического поля зафиксировать его в состоянии эскиза.

1.4.6.2 ***Редактирование Параллелограмма*** осуществляется аналогично редактированию ***Прямоугольника***.

1.4.7 Создание объекта эскиза Окружность

Команда ***Окружность*** создает окружность с центром в заданной точке. На рис. 1.17 представлен блок **Параметры** Диалогового окна команды. Он содержит следующие параметры:

- **Создание центра** — создает окружность с центром в заданной точке;
- **Создание периметра** — создает окружность, проходящую через три заданные точки;
- **Координата X** центра;
- **Координата Y** центра;
- **Радиус**.

1.4.7.1 *Для создания окружности с центром в заданной точке*

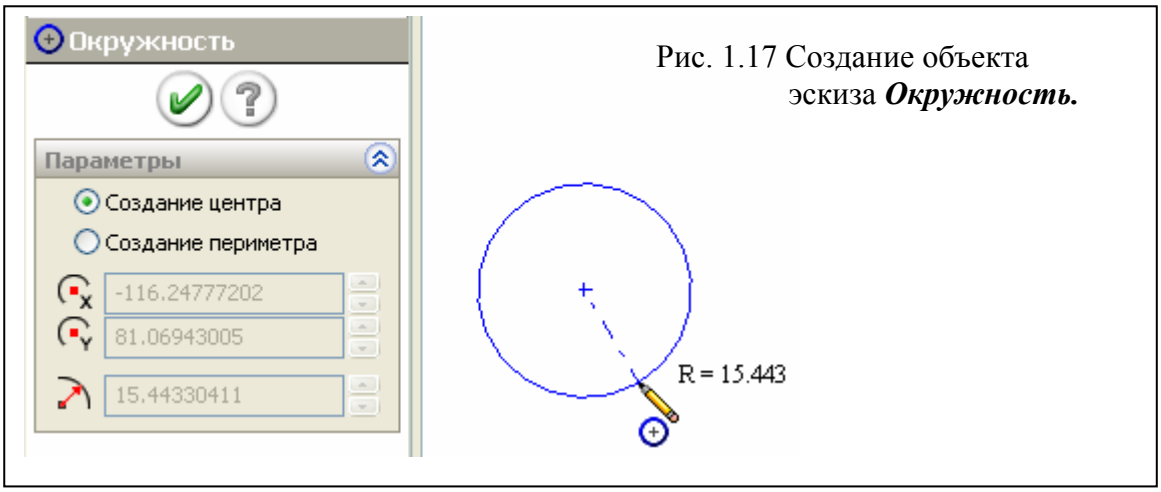


Рис. 1.17 Создание объекта эскиза ***Окружность.***

необходимо выполнить следующие действия (см. рис. 1.17):

1. Активизировать команду Окружность .

2. Выбрать в диалоговом окне команды параметр Создание центра.

3. Выбрать в графическом поле центр окружности.

4. Создать динамическое изображение окружности. При этом справа от курсора будет отображаться информация о величине радиуса (***R***)

создаваемой окружности.

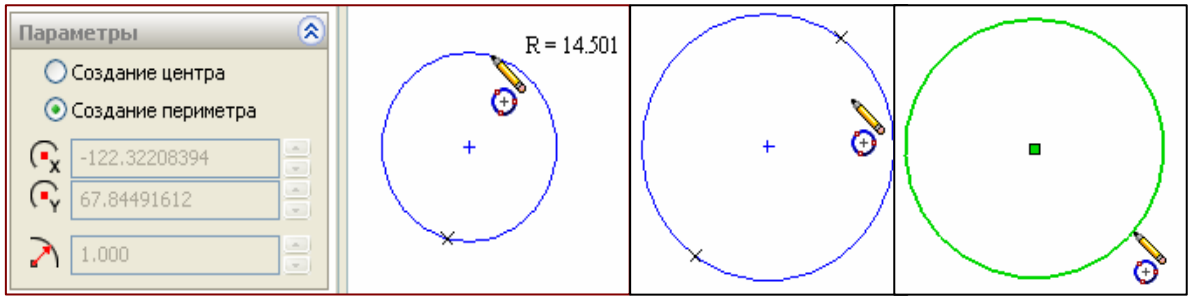
5. Зафиксировать окружность в состоянии эскиза.

6. *Нажать клавишу* **Esc** или **ОК**.

1.4.7.2 *Для создания окружности, проходящей через три заданные точки,* необходимо:

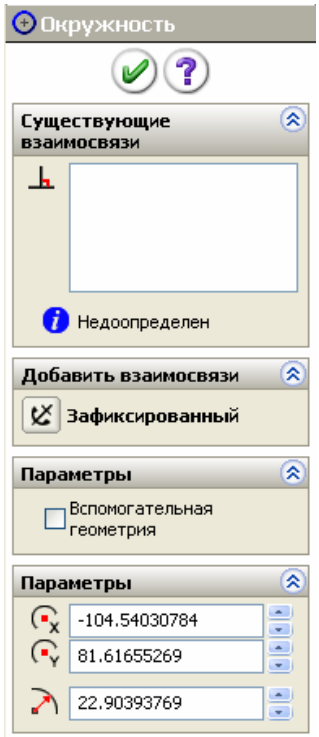
1. Активизировать команду ***Окружность***..

2. Выбрать в диалоговом окне команды параметр ***Создание периметра*** (см. рис. 1.18, а).



а) *б*) *в*)

Рис. 1.18 Создание объекта эскиза ***Окружность*** по параметру *Создание периметра.*



3. Последовательно выбрать заданные точки (рис. 1.18, а, б).

4. Зафиксировать окружность в состоянии эскиза(рис. 1.18, в).

5. Нажать клавишу **Esc**.

1.4.7.3 *Для редактирования окружности*

необходимо выполнить следующие действия.

1. *Выбрать окружность.* Открывается диалоговое окно команды (рис. 1.19).

2. *Внести необходимые изменения* в **Диалоговом окне** команды.

3. *Щелчком в произвольной точке графического поля зафиксировать окружность в режиме эскиза с внесенными изменениями.*

4. *Нажать клавишу* **Esc**.

Рис. 1.19 **Диалоговое окно** команды ***Окружность,*** открывающееся при редактировании объекта

1.4.8 Создание объекта эскиза Окружность по периметру

Команда ***Окружность по периметру*** создает окружность, проходящую через три заданные точки. **Диалоговое окно** команды ***Окружность*** (рис. 1.18, а). Разница состоит только в том, что в нем по умолчанию включен параметр **Создание периметра**.

1.4.9 Создание объекта эскиза Дуга

Команда ***Центр дуги*** создает дугу окружности с центром в заданной точке. На рис. 1.20, а) представлен блок **Параметры** диалогового окна команды. Он содержит следующие параметры:

- **Координата X** центра дуги;
- **Координата Y** центра дуги;
- **Координата X** начала дуги;
- **Координата Y** начала дуги;
- **Координата X** конца дуги;
- **Координата Y** конца дуги;
- **Радиус**;
- **Угол** — угол дуги.

1.4.9.1 Для создания дуги необходимо выполнить следующие действия**.**

1. Активизировать команду ***Центр дуги*** .

2. Выбрать в графическом поле центр дуги.

3. *Создать динамическое изображение окружности* (рис.1.20, б), выбрать на нем начальную точку дуги (**А**), перемещением указателя создать динамическое изображение дуги и переместить указатель в конечную точку дуги. В конечной точке дуги выполнить щелчок левой клавишей мыши. Дуга фиксируется в режиме выбора.

4. *Нажать клавишу* **Esc**.

1.4.9.2 Для редактирования дуги необходимо выполнить следующие действия.

1. Выбрать дугу. Открывается диалоговое окно команды (рис.1.20, а)

2. Внести необходимые изменения в диалоговом окне команды.

3. Щелчком в произвольной точке графического поля зафиксировать дугу в состоянии эскиза.

4. Нажать клавишу **Esc.**

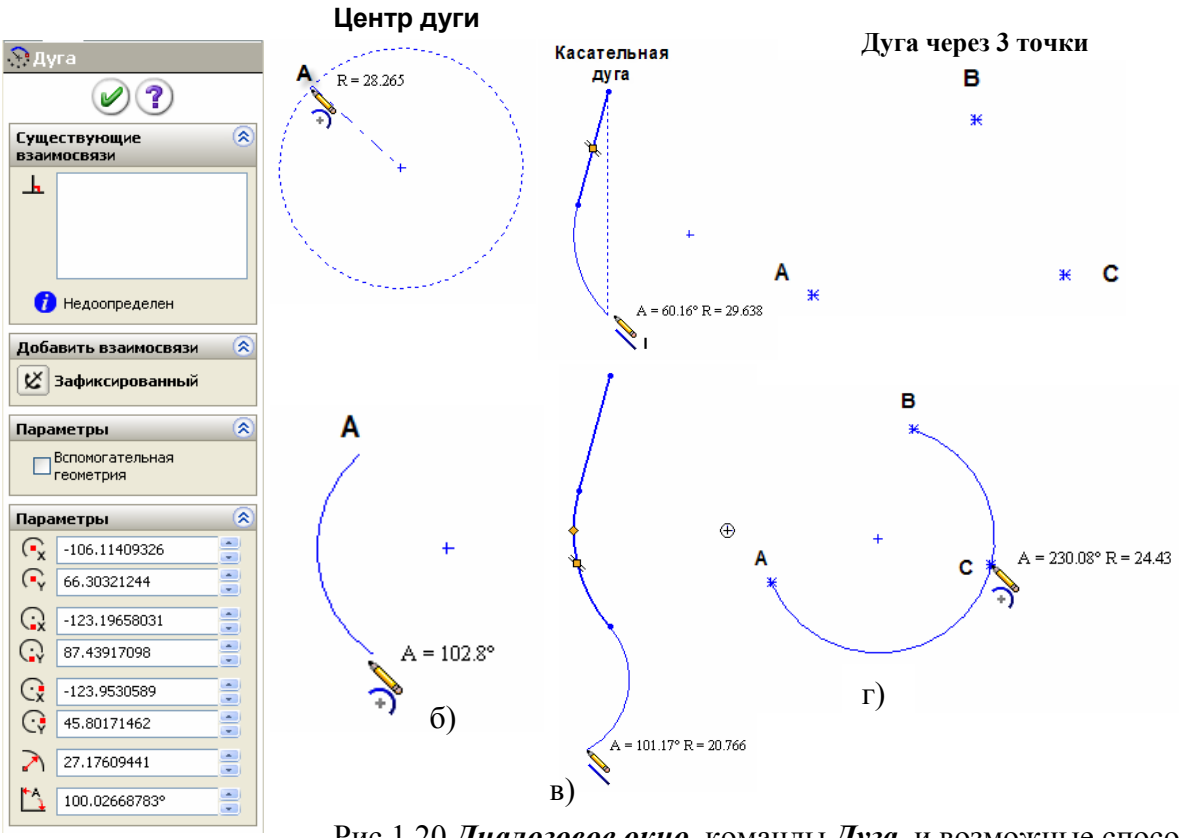


Рис.1.20 ***Диалоговое окно*** команды ***Дуга*** и возможные способы построения этого объекта эскиза.

Команда ***Касательная дуга*** создает дугу, касательную к другому объекту эскиза, например линии или другой дуге (см. рис.1.20, в). Иными словами, созданная дуга имеет общую касательную с исходным объектом в точке соединения. **Диалоговое окно** команды идентично диалоговому окну команды ***Центр дуги***.

1.4.9.3 Для создания дуги необходимо выполнить следующие действия.

1. Активизировать команду ***Касательная дуга***.

2. Выбрать конечную точку имеющегося объекта линии или дуги.

3. Перемещением указателя создать дугу необходимой формы.

4. Выйти из команды, нажав клавишу **Esc**.

Команда ***Дуга через три точки*** создает дугу окружности, которая проходит через три заданные точки. **Диалоговое окно** команды тождественно диалоговому окну команды ***Центр дуги***.

1.4.9.4 Для создания дуги необходимо выполнить следующие действия.

1. Активизировать команду ***Дуга через три точки***.

2. Выбрать заданные точки в последовательности: начальная точка (**A**), конечная точка (**B**), промежуточная точка (**C**).

3. *Выйти из команды, нажав клавишу* **Esc**.

1.4.9.5 Для редактирования Дуги необходимо:

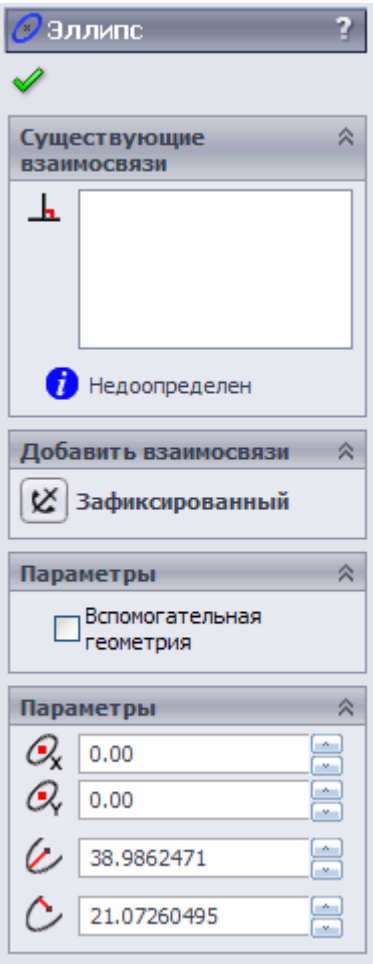
1. Выбрать дугу.

2. Внести необходимые изменения в диалоговом окне команды.

3. Щелчком в произвольной точке графического поля зафиксировать дугу в состоянии эскиза.

4. Выйти из команды, нажав клавишу **Esc**.

1.4.10 Создание объекта эскиза Эллипс



Команда ***Эллипс*** создает эллипс с центром в заданной точке. На рис. 1.21, *а*) представлен блок настройки параметров **Диалогового окна** команды. Он содержит следующие **Параметры**:

- **Координата X** центра;
- **Координата Y** центра;
- **Радиус 1** (половина большой оси);
- **Радиус 2** (половина малой оси).

1.4.10.1 *Для создания эллипса* необходимо выполнить следующие действия**.**

1. Активизировать команду.

2. Выбрать в графическом поле центр эллипса.

3. *Создать динамическое изображение окружности с диаметром, равным большой оси эллипса (**R**)*, и выполнить щелчок в точке, соответствующей началу большой оси, например в точке **A** (рис. 1.21, *б*). Эта точка и центр эллипса определяют направление большой оси.

Рис.1.21, а. Диалоговое окно инструмента Элипс

4. Перемещением указателя *создать динамическое изображение эллипса*, т.е. указать величину – диаметр вписанной окружности - малой оси (см. размер ***r*** на рис. 1.21, *в*), и выполнить щелчок левой клавишей мыши в произвольной точке.

5. *Выйти из команды.*

б ***в***

Рис. 1.21 Построение эскиза элипса

1.4.10.2Для редактирования эллипса необходимо выполнить следующие действия.

1. Выбрать эллипс. Открывается диалоговое окно команды (см. рис. 1.21, *а*).

2. Внести необходимые изменения в **Диалоговом окне** команды.

3. Щелчком в произвольной точке графического поля зафиксировать эллипс в режиме эскиза с внесенными изменениями.

4. Выйти из команды.

1.4.11 Создание объекта эскиза Неполный эллипс

Команда ***Неполный эллипс*** создает эллиптическую дугу с центром в заданной точке. Инструмент команды называется ***Эллипс*** с указанием центра. На рис. 1.22, *а)* представлен блок настройки параметров **Диалогового окна** команды. Он содержит следующие **Параметры**:

- **Координата X** центра ;
- **Координата Y** центра ;
- **Координата X** начальной точки ;
- **Координата Y** начальной точки ;
- **Координата X** конечной точки ;
- **Координата Y** конечной точки ;
- **Радиус 1** (половина большой оси) ;
- **Радиус 2** (половина малой оси) ;
- **Угол** (дуги) .

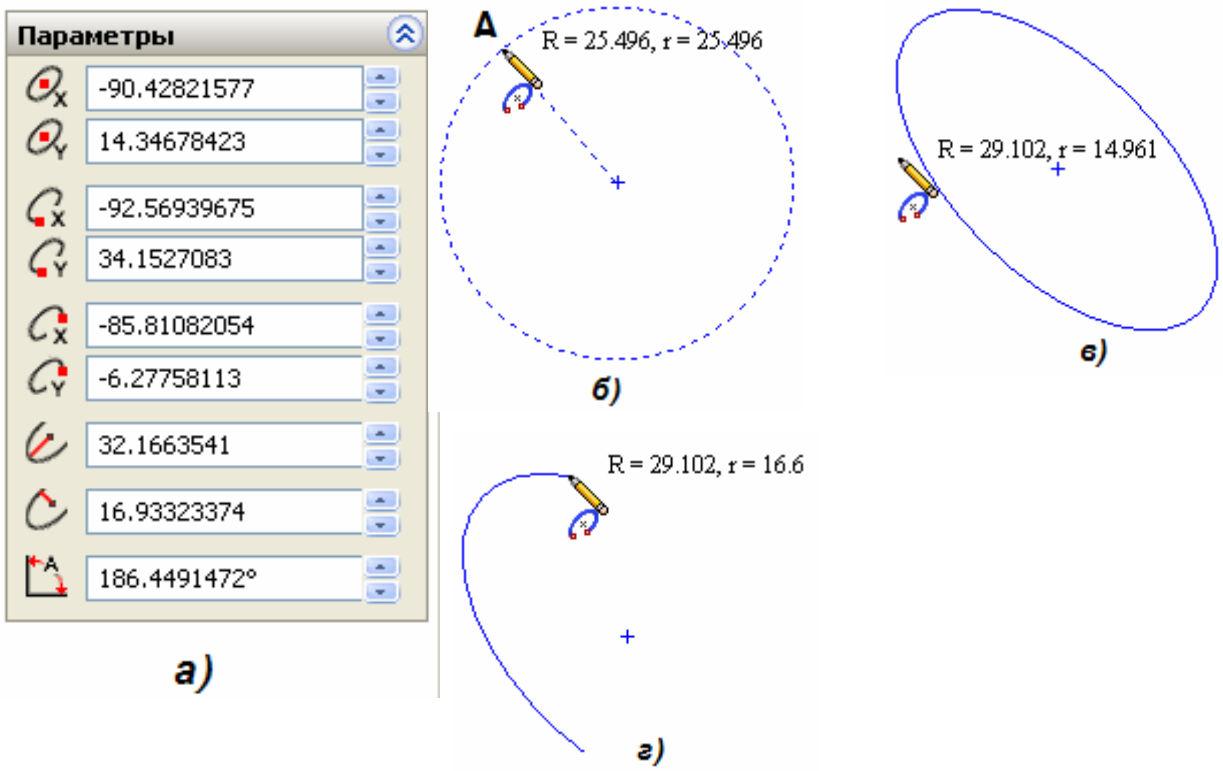


Рис.1.22 Создание объекта эскиза ***Неполный эллипс***

1.4.11.1 ***Для создания Эллиптической дуги*** необходимо выполнить следующие действия:

1.Активизировать команду ***Неполный эллипс*** .

2.Создать динамическое изображение эллипса, выбрать на нем начальную точку дуги (рис. 1.22, *б*), перемещением указателя создать динамическое изображение дуги (рис. 1.22, *в*) и переместить указатель в конечную точку дуги (рис. 1.22, *г*). В конечной точке дуги выполнить щелчок левой клавишей мыши. Дуга фиксируется в режиме выбора.

3.Выйти из команды.

1.4.11.2 ***Для редактирования Эллиптической дуги*** необходимо выполнить следующие действия**:**

1.Выбрать дугу.

2.Внести необходимые изменения в диалоговом окне команды.

3.Щелчком в произвольной точке графического поля зафиксировать дугу в состоянии эскиза.

4.Выйти из команды.

1.4.12 Создание объекта эскиза Парабола

Команда ***Парабола*** создает параболу с центром (фокусом) в заданной точке. На рис. 1.23, *а*) представлен блок настройки параметров

Диалогового окна команды ***Парабола***. Он содержит следующие **Параметры**:

- **Координата X** начальной точки ;
- **Координата Y** начальной точки ;
- **Координата X** конечной точки ;
- **Координата Y** конечной точки ;
- **Координата X** центра ;
- **Координата Y** центра ;
- **Координата X** вершины ;
- **Координата Y** вершины .

1.4.12.1 ***Для создания Параболы*** необходимо выполнить следующие действия:

1. Активизировать команду ***Парабола*** .

2. Выбрать ее центр (фокус), создать динамическое изображение параболы (см. рис. 1.23, *б*) и выполнить щелчок.

3. *Навести указатель на произвольную точку динамического изображения* (см. рис. 1.23, *в*) и выполнить щелчок.

4. *Переместить указатель вдоль параболы до нужной точки* и выполнить щелчок.

5. Выйти из команды.

1.4.12.2 ***Для редактирования Параболы*** необходимо выполнить следующие действия.

1. Выбрать параболу.

2. Внести необходимые изменения в диалоговом окне команды.

3. Щелчком в произвольной точке графического поля зафиксировать дугу в состоянии эскиза.

4. Выйти из команды.

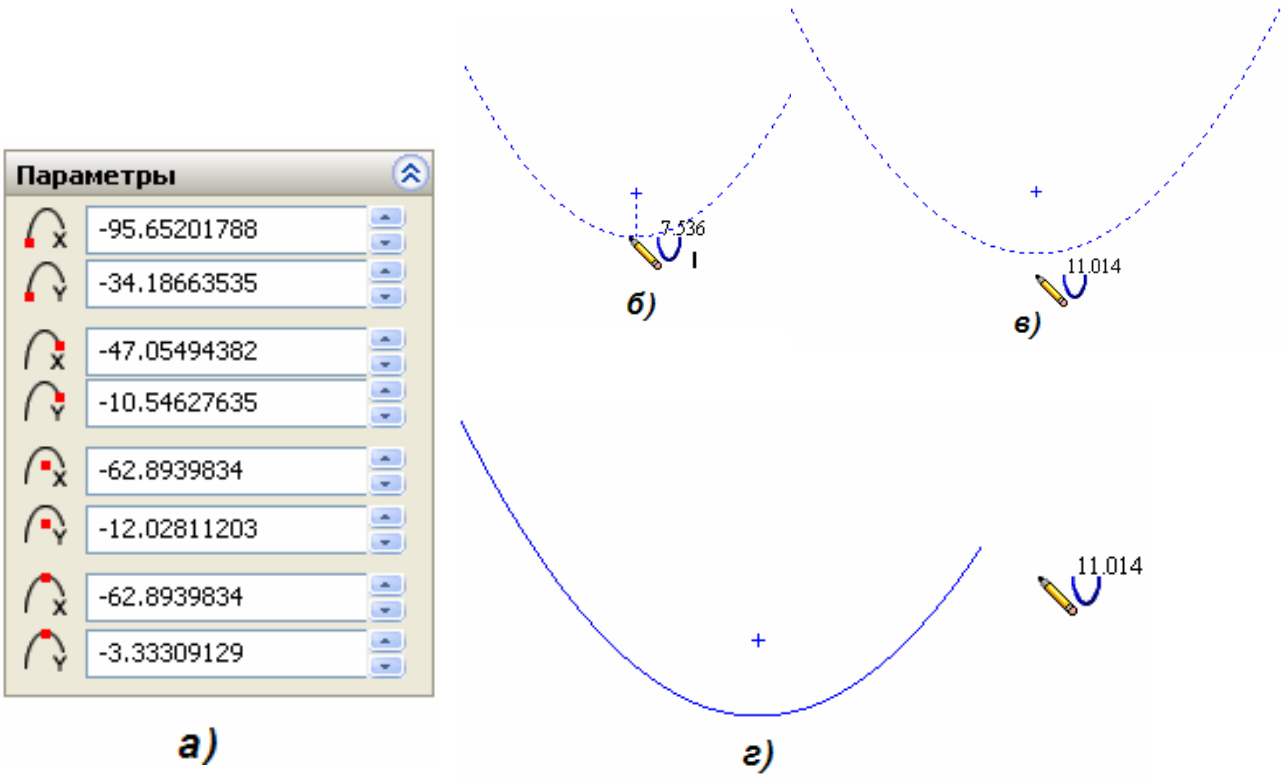


Рис. 1.23 Создание объекта эскиза ***Парабола***

1.4.13 Создание объекта эскиза Сплайн

Команда ***Сплайн***[6] создает плавную кривую, проходящую через заданные (опорные) точки. На рис. 1.24 представлен **Параметрический** блок **Диалогового окна** команды. Он включает в себя следующие параметры:

- **Точка сплайна** — номер заданной (опорной) точки. По умолчанию отображается номер ***1***. Изменение номера точки производится с помощью счетчика, расположенного справа от текстового окна с номером **точки сплайна**.
- **Координата X** точки сплайна — отображается координата ***X*** точки, номер которой представлен в текстовом окне параметра **Точка сплайна**.
- **Координата Y** точки сплайна — отображается координата ***Y*** точки, номер которой представлен в текстовом окне параметра **Точка сплайна**.

[6] ***Spline*** (англ.) – Математически рассчитанная кривая или поверхность, плавно соединяющая отдельные опорные точки.

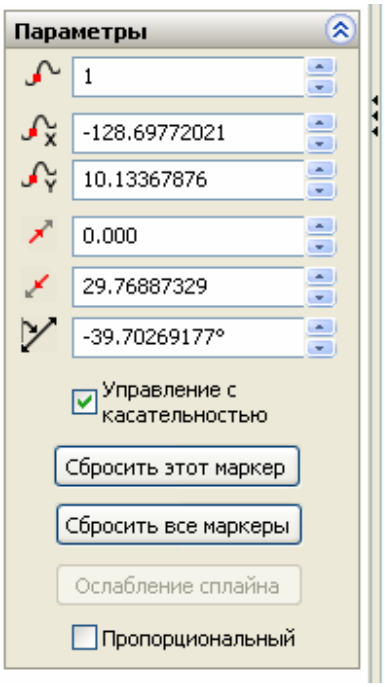


Рис.1.24 **Параметрический** блок **Диалогового окна** команды ***Сплайн***.

- **Величина касательности 1** — контролирует левый вектор касательной, изменяя радиус кривизны сплайна в точке сплайна.
- **Величина касательности 2** – контролирует правый вектор касательной, изменяя радиус кривизны сплайна в точке сплайна. Параметр
- **Радиальное направление касательной** — контролирует направление касательной, изменяя угол наклона сплайна относительно оси координат ***X, Y*** или ***Z***.

ПРИМЕЧАНИЕ. **Параметры Величина касательности 1, Величина касательности 2** и **Радиальное направление касательной** доступны только при включенном параметре **Управление с касательностью**.

- **Управление с касательностью** — управляет сплайном с помощью параметров **Величина касательной 1** и **2** и **Радиальное направление касательной**.
- **Сбросить этот маркер** — возвращает выбранный маркер сплайна в исходное состояние.
- **Сбросить все маркеры** — возвращает все маркеры сплайна в исходное состояние.
- **Ослабление сплайна**. При рисовании ***Сплайна*** в первый раз и при отображении *управляющего многоугольника* для изменения формы *управляющего многоугольника* можно перетащить любой его узел. Если в результате перетаскивания сплайн получился неплавным, повторно выберите сплайн, чтобы отобразить окно ***Property Manager*** (Менеджер свойств), и выберите **Ослабление сплайна** в разделе **Параметры**, чтобы повторно назначить параметры (сгладить) формы сплайна. При

перетаскивании узла управляющего многоугольника команда **Ослабление сплайна** снова становится доступной.

■ **Пропорциональный** — управляет типом созданного сплайна. Существует два типа сплайна — *непропорциональный* и *пропорциональный*. Принципиальная разница между ними состоит в том, что *непропорциональный* сплайн можно редактировать, а *пропорциональный* — **нет**.

1.4.13.1 ***Для создания сплайна*** необходимо выполнить следующие действия.

1. Активизировать команду ***Сплайн*** .

2. Выбрать в графическом поле не менее двух точек. Эти точки принято называть *опорными*. Опорные точки могут быть заданы заранее при помощи команды ***Точка*** (см. п.1.4.1).

3. На последней опорной точке выполнить двойной щелчок. По умолчанию создается *непропорциональный сплайн*. В поле свойств открывается **Диалоговое окно** команды, а в **Графическом поле** фиксируется в состоянии выбора – зеленого цвета – ***сплайн*** с отображением в опорных точках элемента управления с касательностью в пассивном состоянии (серого цвета), как это показано на рис.1.24.

4. Выйти из команды. Отображается сплайн с опорными точками в состоянии эскиза (синим цветом). Его конечные точки отображаются в виде кружочков, а промежуточные — в виде звездочек.

1.4.13.2 ***Редактирование сплайна*** включает в себя две независимые операции**:**

- перемещение сплайна в новое положение без изменения его формы и
- изменение формы сплайна**.**

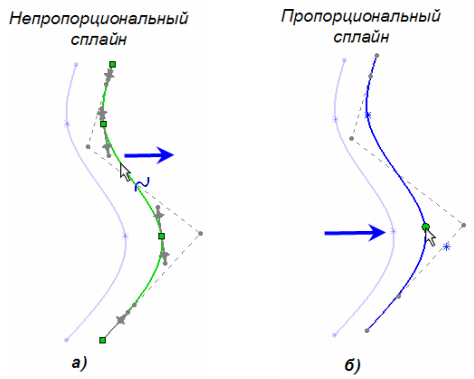


Рис. 1.25 Перемещение сплайна в новое положение без изменения формы

1. Переместить в новое положение без изменения формы можно как *Непропорциональный*, так и *Пропорциональный* сплайн. Для этого достаточно «зацепить» его любую точку (для *Непропорционального* сплайна — *не опорную*) и переместить его буксировкой в нужное положение (см. рис.1.25, *а*).

2. *Изменить форму* **можно только *Непропорционального* сплайна**, находящегося в активном состоянии (то есть в режиме выбора – объект эскиза зеленого цвета). Поэтому *Пропорциональный* сплайн предварительно необходимо преобразовать в

Непропорциональный. Для этого необходимо; в **Графическом поле** выбрать произвольную (<u>но не опорную</u>**!**) точку сплайна — в поле свойств открывается **Диалоговое окно** команды ***Сплайн***, а в **Графическом поле** отображается ***сплайн*** в состоянии выбора; затем снять флажок у параметра *Пропорциональный*.

Изменить форму ***Непропорционального*** **сплайна** можно следующими способами:

1) ***Перемещением опорных точек.*** Это можно осуществить следующими способами:

   - *Буксировкой*. Для этого достаточно "зацепить" опорную точку (рис.1.26, *а*) указателем и, когда точка примет вид красного кружочка, буксировкой переместить ее в нужное положение и "отпустить" курсор.

<u>ПРИМЕЧАНИЕ</u> Если для буксировки выбрать произвольную (но не опорную) точку, это приведет к перемещению всего сплайна без изменения его конфигурации (см. рис.1.25).

После этого ***Сплайн*** принимает синий цвет, а в поле ***Property Manager*** (Менеджер свойств) открывается диалоговое окно ***Точка***, что дает возможность задать новое положение редактируемой точки ее координатами.

   - *Редактированием ее координат*. Для этого помечаем курсором ***Точку***, подлежащую редактированию. В текстовых окнах координат отображаются текущие значения координат выбранной ***Точки***. Для редактирования ***Сплайна*** таким способом необходимо задать их новые значения. На рис. 1.26, *б, в)* представлен результат редактирования сплайна

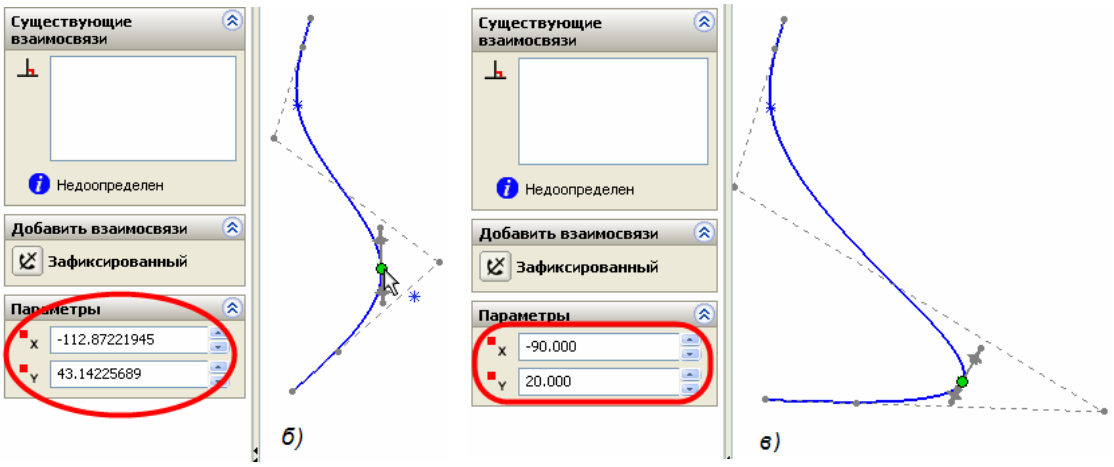


Рис. 1.26 Изменение формы *Непропорционального* сплайна способом *Редактирования ее координат.*

перемещением опорной точки *2* способом *Редактированием ее координат.*

2) ***Использованием элементов управления касательностью.*** *Элемент управления касательностью* представляет собой касательный к ***Сплайну*** в данной точке отрезок прямой, заканчивающийся противоположно направленными стрелками (см. рис. 1.24, 1.25, *а)*, 1.26). Непосредственно после создания сплайна (в состоянии выбора – зеленого цвета) на нем отображаются *элементы управления касательностью* в пассивном состоянии (серым цветом). В этот момент они отображают только направление касательной к сплайну в данной точке.

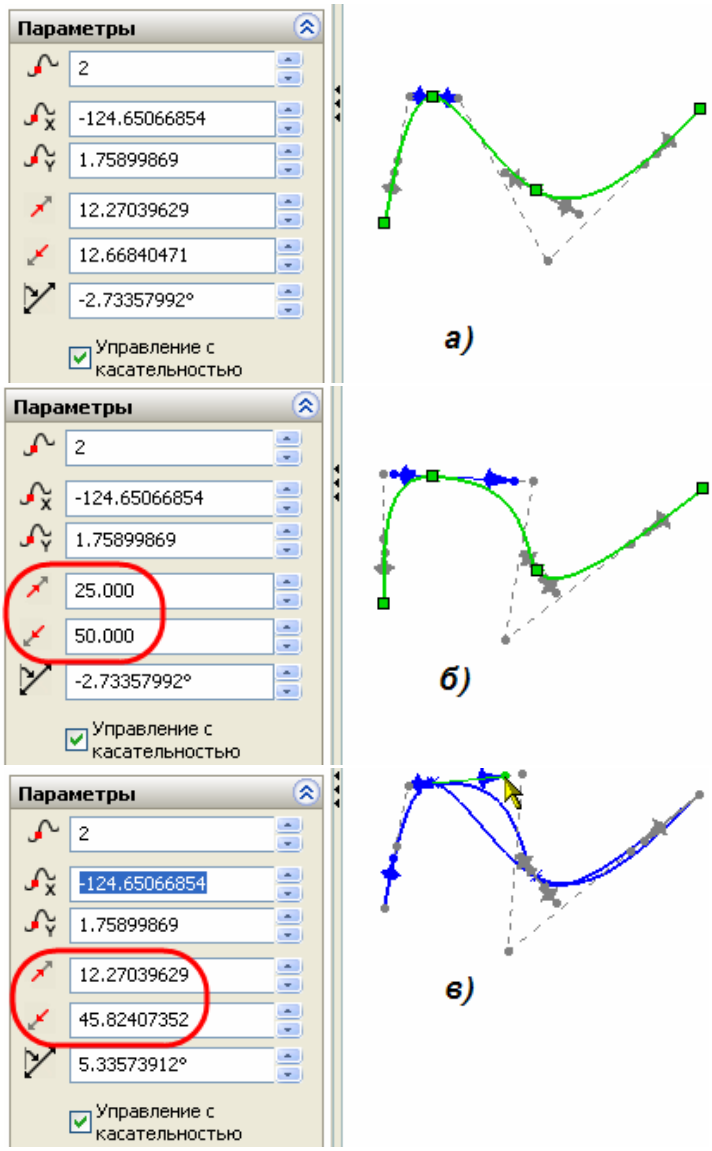
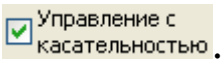


Рис 1.27 Редактирование формы ***Сплайна*** с помощью элементов *Управления касательностью.*

Для редактирования формы сплайна с помощью *элементов управления касательностью* необходимо:

- С помощью счетчика в текстовом окне параметра ***Точка сплайна*** установить номер точки, элемент *управления касательностью* которой предполагается использовать. В приведенном примере, на рис. 1.27, *а)* - это точка **2**.

- Включить на диалоговом окне команды параметр ***Управление с касательностью***  . Подсвечиваются значения параметров ***Величина касательной 1*** и ***2*** , а также параметр ***Радиальное направление касательной*** (см. рис. 1.24). Первые два из этих параметров задают величину кривизны в данной точке, второй — направление касательной.

Для ***изменения величины кривизны*** в данной точке необходимо задать новое значение в текстовом окне параметра ***Величина касательной 1*** и (или) ***2***, как показано на рис. 1.27, *б)* или навести указатель (курсор мыши) на отображение элемента *управления касательностью* и *Буксировкой* изменить его длину, как это представлено на рис. 1.27, *в)*.

Для ***изменения направления касательной*** необходимо задать новое значение в текстовом окне параметра ***Радиальное направление касательной***, как это изображено на рис. 1.28, *а)*, или *Буксировкой* курсором изменить ориентацию элемента управления касательностью.

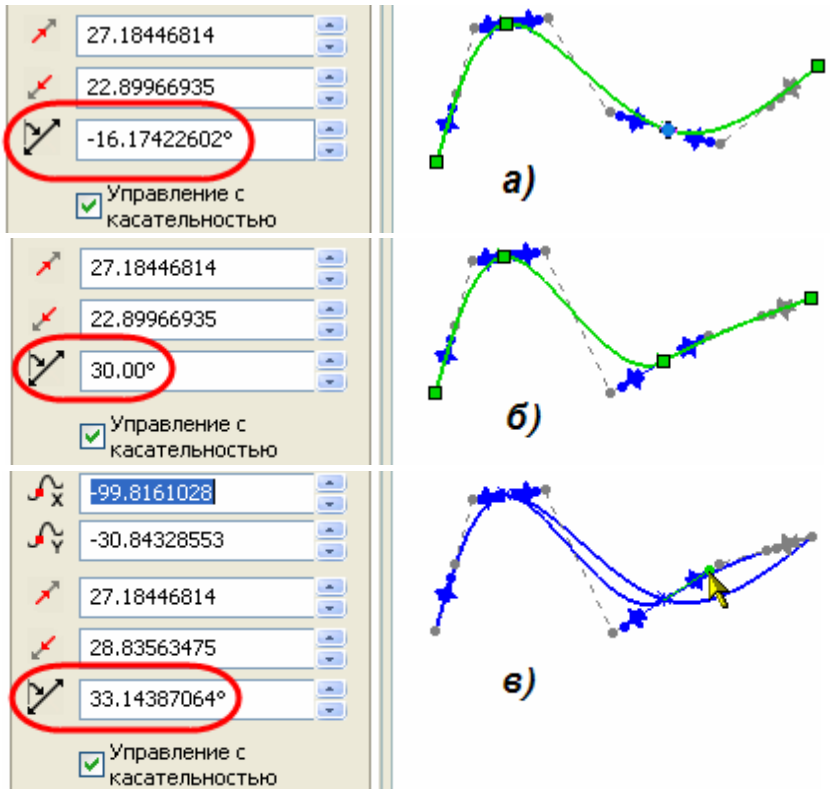


Рис 1.28 Изменение направления касательной при помощи параметра ***Радиальное направление касательной***.

1.4.14 Инструменты редактирования Сплайна

Даже беглое знакомство только с одними **Параметрами** команды ***Сплайн*** говорит в пользу того, что данная команда является самостоятельной и специфичной командой, используемой в *Solid Works* при построении Эскиза сложной геометрической формы, например траектории движения какого-либо другого объекта Эскиза.

Указанное обстоятельство усугубляется еще и тем фактом, что команда ***Сплайн*** имеет собственное меню **Инструменты сплайна,** которое существенно расширяет возможности его редактирования (**Главное меню** *Инструменты → Инструменты сплайна*), которое содержит команды, представленные в таблице 1.2, а графическая интерпритация их работы показана на рис. 1.29-1.31.

Инструменты редактирования *Сплайна*

Таблица 1.2

Иконка команды	Название команды	Описание команды
	Добавить элемент управления касательностью	Добавляет в сплайн элемент управления касательностью. После активизации команды в начальной точке сплайна отображается элемент управления касательностью в виде отрезка прямой синего цвета, заканчивающегося противоположно направленными стрелками. При перемещении указателя его положение на сплайне изменяется. После выбора точки на сплайне он фиксируется. При этом в сплайн добавляется опорная точка. Для удаления элемента управления касательностью в опорной точке достаточно открыть на нем контекстное меню и выбрать в нем команду Удалить. Опорная точка сохраняется. В качестве примера на рис. 1.29, *а)* представлен результат вставки элемента управления касательностью между точками *2* и *3*
	Добавить элемент управления кривизной	Добавляет в сплайн элемент управления кривизной. После активизации команды в начальной точке сплайна отображается элемент управления кривизной в виде стрелки с изломом синего цвета. При перемещении указателя его положение на сплайне изменяется. После выбора точки на сплайне он фиксируется. При этом в сплайн добавляется опорная точка. Для удаления элемента управления кривизной в опорной точке достаточно открыть на нем контекстное меню и выбрать в нем команду Удалить. Опорная точка сохраняется. Для изменения величины кривизны в данной точке необходимо буксировкой переместить конечную точку элемента в нужное положение.

Иконка команды	Название команды	Описание команды
		При этом направление касательной сохраняется. В качестве примера на рис. 1.29, *б)* представлен результат вставки элемента управления кривизной между точками *1* и *2*.
	Вставить точку сплайна	Добавляет в сплайн точку (см. рис. 1.29, *в*), которая приобретает свойства опорной. Для добавления такой точки достаточно выбрать команду и указать положение точки на кривой. Для удаления опорной точки необходимо открыть на ней контекстное меню и выбрать в нем команду **Удалить**.
	Упрощенное изображение сплайна	Упрощает форму сплайна путем удаления части его опорных точек. При этом сохраняется касательность в его конечных точках. Подробное описание работы команды представлено ниже и на рис. 1.30.
	Разместить сплайн...	Позволяет разместить сегменты эскиза в сплайне. Инструмент размещения сплайнов параметрически связан с лежащей в его основе геометрией, поэтому при изменении геометрии обновляется сплайн. Инструмент размещения сплайна выбирает наиболее логичное размещение сплайна на выбранной геометрии, однако, размещение можно изменить. Если выбран объект, участвующий в размещении сплайна, то этот объект удаляется из сплайна. Если выбран объект, не являющийся частью сплайна, то этот объект включается в сплайн.
	Показать маркеры сплайна	Выделяет выбранные опорные точки звездочкой черного цвета с голубым кружочком в центре. Для управления их отображением необходимо выбрать команду.

Иконка команды	Название команды	Описание команды
	Отобразить многоугольник для управления сплайном	Управляющий многоугольник - это последовательность контрольных точек (узлов) в пространстве, используемая для манипулирования формой объекта. При перетаскивании управляющих точек, в отличие от точек сплайна, область изменения локализуется, что позволяет точнее управлять формой сплайна.
	Отобразить точки изгиба (перегиба).	Определяет и управляет отображением точек перегиба кривой, как это показано на рис. 1.29, *г)*. Для отображения или удаления отображения точек перегиба достаточно выбрать команду.
	Отобразить минимальный радиус кривизны	Определяет на кривой точку, в которой радиус кривизны минимален. На графическом поле отображается численное значение радиуса в численном виде, окружность минимального радиуса, а также радиус этой окружности, проведенный в точку с минимальным радиусом кривизны. В приведенном на рис. 1.29, *д)* примере эта точка расположена левее опорной точки *2*. Для отображения минимального радиуса кривизны достаточно выбрать команду, для удаления отображения минимального радиуса кривизны — еще раз выбрать команду.

Иконка команды	Название команды	Описание команды
	Отобразить кривизну	Определяет значение кривизны в каждой точке кривой и отображает ее в виде дополнительной кривой (кривой кривизны) зеленого цвета, которая пересекает сплайн в точках перегиба (рис. 1.29, *д*). Для отображения этой кривой достаточно активизировать команду. В поле свойств открывается диалоговое окно Масштаб кривизны, которое содержит параметр Масштаб с ползун-ковым регулятором, позволяющий управлять отображением кривой кривизны. Для удаления отображения кривой кривизны необходимо повторно выбрать команду.

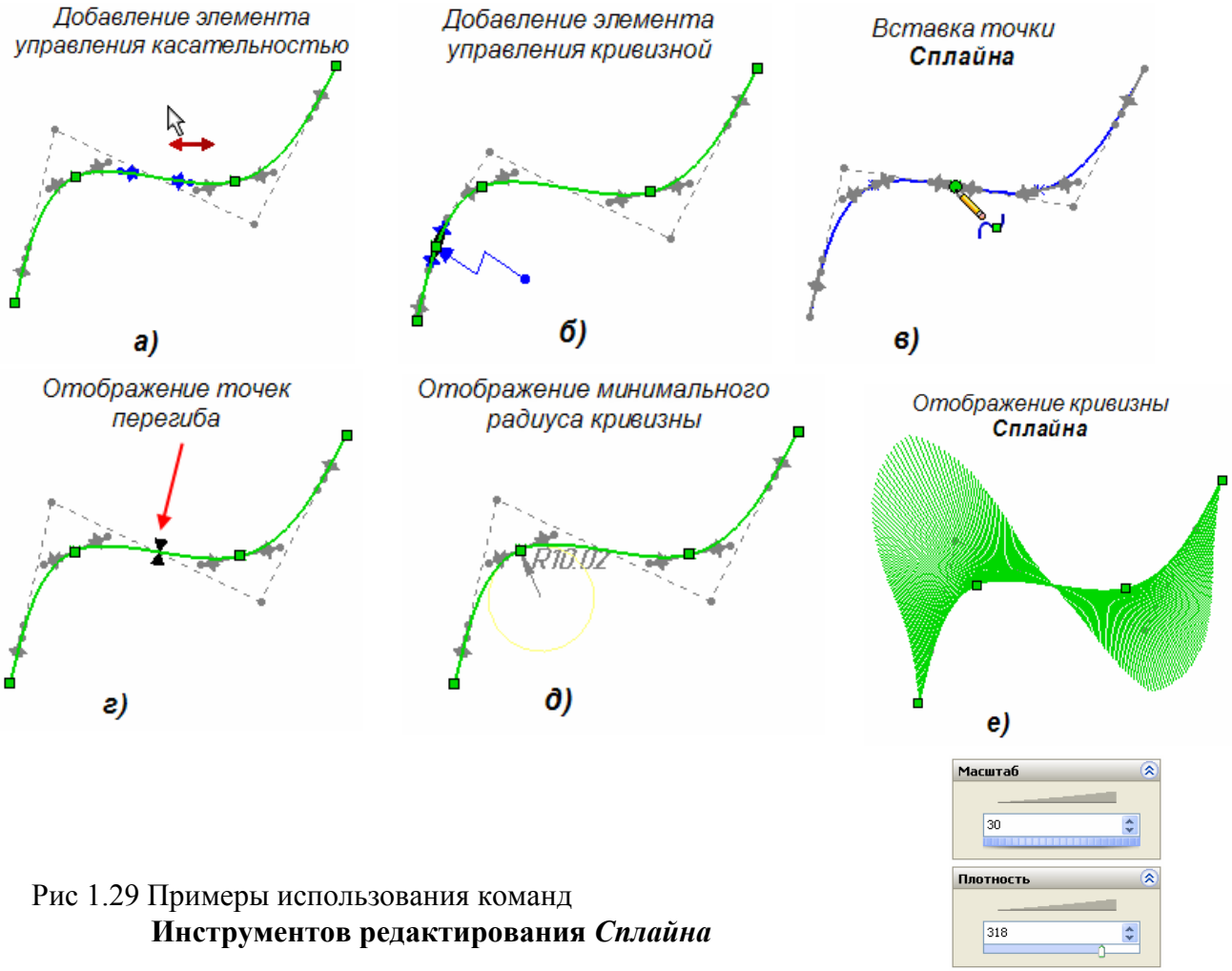


Рис 1.29 Примеры использования команд **Инструментов редактирования *Сплайна***

1.4.14.1 ***Для упрощения исходного Сплайна*** до нужной конфигурации необходимо выполнить следующие действия.

1. Активизировать команду. Открывается ее диалоговое окно, как показано на рис. 1.30, *а)*.

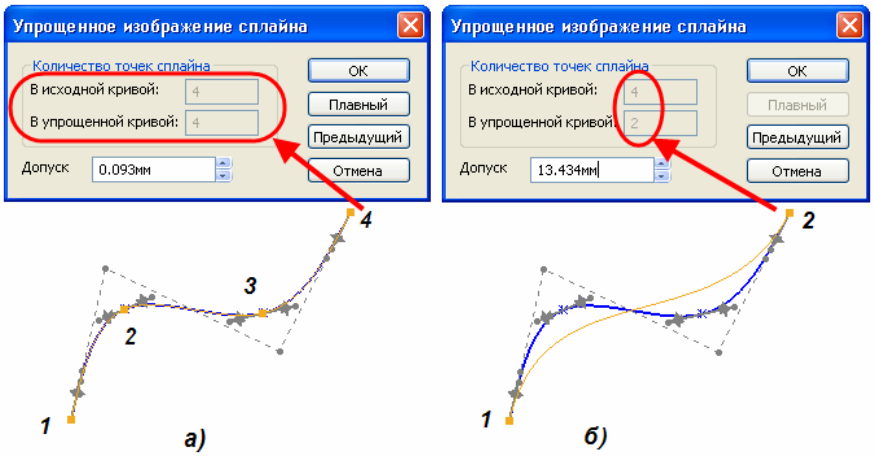
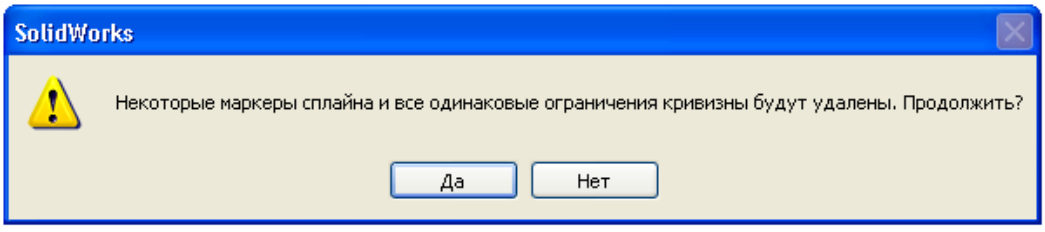


Рис 1.30 Редактирование ***Сплайна*** при помощи команды *Упрощенное изображение Сплайна*

2. Щелкнуть на кнопке **Плавный** или изменять численное значение параметра **Допуск**. После каждого щелчка в текстовом окне на параметре в *упрощенной кривой* отображается количество точек в *упрощенной кривой*, а в **Графическом поле** — ее динамическое изображение, как представлено на рис. 1.30, *б)*.

3. После достижения нужной конфигурации и щелчке на кнопке ***ОК*** открывается диалоговое окно *Solid Works* с запросом: «*Некоторые маркеры сплайна и все одинаковые ограничения будут удалены. Продолжить?* **Да. Нет**». После ответа «**Да**» фиксируется упрощенный ***Сплайн***. ***Сплайн*** может быть упрощен до двух опорных точек.



Диалоговое окно команды ***Упрощенное изображение Сплайна*** , представленно на рис. 1.30 и включает в себя следующие параметры:

- **В исходной кривой** — отображает количество опорных точек в исходной кривой;
- **В упрощенной кривой** — отображает количество опорных точек в упрощенной кривой;

- **Допуск** — управляет формой сплайна с помощью величины отклонения упрощенной кривой от исходной кривой;
- **Плавный** — управляет количеством опорных точек;
- **Предыдущий** — управляет просмотром предыдущей конфигурации сплайна.

1.4.14.2 *Разместить сплайн* .

Дублирует исходные сегменты эскиза (рис. 1.31, *а*) новыми сегментами ***Сплайна*** и создает связующие их в единый ***Сплайн-сегмент***. При этом автоматически обеспечивается оптимальное размещение связующих сегментов. В зависимости от настроек исходные сегменты эскиза могут быть удалены или сохранены. **Диалоговое окно** команды представлено на рис. 1.31, *б)*.

Блок **Параметры** включает в себя следующие параметры.

☑ ***Удалить геометрию***. Управляет отображением исходных сегментов эскиза.

- При включенном параметре исходные сегменты эскиза удаляются.
- Если этот параметр включен - доступен параметр ***Замкнутый сплайн***.
- При отключенном параметре исходные сегменты эскиза сохраняются независимо от сплайна в виде объектов вспомогательной геометрии.
- Если этот параметр отключен, следует выбрать параметр ***Ограниченный***, ***Неограниченный*** или ***Зафиксировать***.

☑ ***Замкнутый сплайн***. Управляет типом сплайна. Если этот параметр включен, создается сплайн с замкнутым контуром, как это показано на рис. 1.31, *г)*. При этом, все промежуточные точки сплайна удаляются, превращая получившуюся линию в не редактируемую кривую. Если этот параметр отключен, создается сплайн с открытым контуром - рис. 1.31, *в)*,

☑ ***Ограниченный***. Связывает созданные сегменты сплайна с исходной геометрией, поэтому при ее изменении сплайн обновляется.

☑ ***Неограниченный***. Допускает указание размеров сплайна, ограничение и перемещение.

☑ ***Зафиксировать***. Фиксирует сплайн, не допускает его перемещения.

☑ ***Изменить соединения***. Изменяет конфигурацию связующих сегментов. Изменение относится только к порядку несоприкасающихся элементов сплайна, а не к объектам эскиза. Для изменения конфигурации

связующих сегментов необходимо щелкнуть на кнопке с именем параметра.

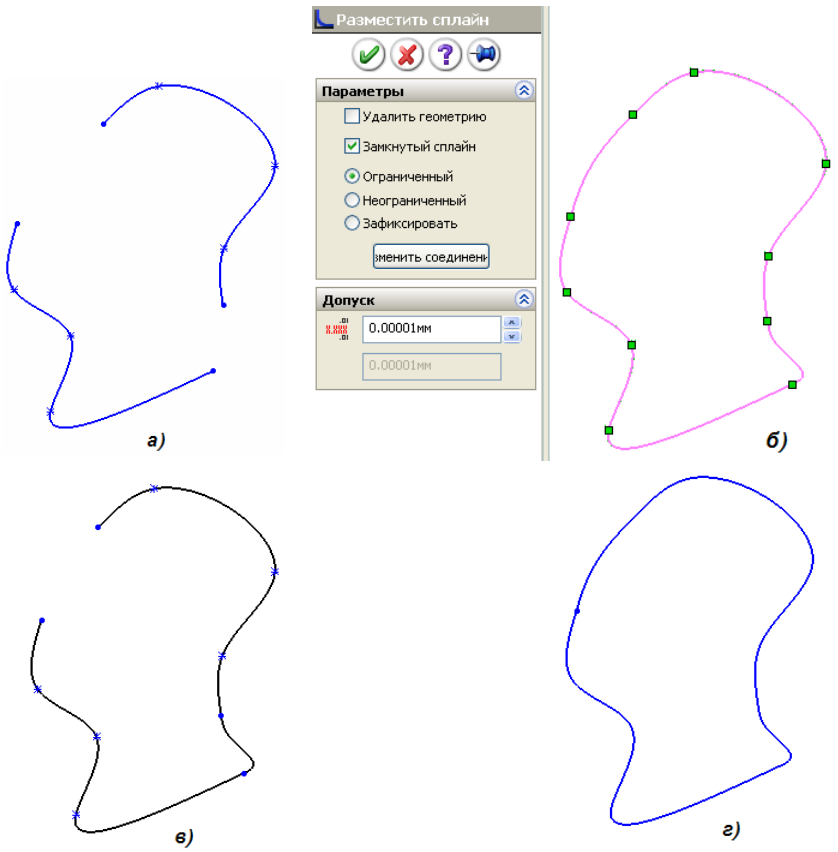


Рис. 1.31 Редактирование ***Сплайна*** при помощи команды ***Разместить сплайн***

Блок **Допуск** содержит следующие параметры:

- **Допуск** — отображает максимально разрешенное отклонение от исходных сегментов эскиза;
- **Отклонения** — осуществляет обновление на основе выбранных значений и геометрии Допуска. Вычисляется автоматически.

1.4.14.3 ***Для создания Сплайна*** с использованием команды ***Разместить сплайн*** необходимо выполнить следующие действия:

1. Активизировать команду. Открывается ее диалоговое окно.

2. В **Диалоговом окне** команды *выбрать необходимые параметры и указать конечные точки заданных сегментов эскиза.*

3. Выйти из команды.

1.4.15 Создание эскиза Текст

При проектировании литых изделий иногда приходится добавлять в конструкцию этой детали такие неконструктивные элементы, как текст. Например, им может быть логотип фирмы-изготовителя данного изделия, либо какая-то другая информация, которую необходимо отразить на изделии, при этом она должна быть читаема и хорошо заметна.

С целью упрощения процедуры создания эскиза будущего "отлитого в металле" текста и предназначена такая команда, как ***Текст*.**

Команда ***Текст*** создает эскиз текста на грани детали. В последующем, путем вытягивания или вырезания, на детали можно создать трехмерные (объемные) надписи. Как и любая ранее рассмотренная нами команда, команда ***Текст*** также имеет свое **Диалоговое окно,** которое представлено на рис. 1.32.

1.4.15.1 Диалоговое окно состоит из двух блоков**: Кривые и Текст.**

- Блок **Кривые** предназначен для задания направляющего объекта, вдоль которого должен располагаться эскиз текста. В качестве направляющего объекта может быть использован любой набор непрерывных кривых или кромок, включая окружности или профили, созданные на основе линий, дуг или сплайнов. Если направляющий объект не задан, эскиз текста отображается в горизонтальном расположении от **Исходной точки** (см. рис. 1.32, *а*).
- Блок **Текст** содержит следующие параметры.
  - ***Текст***. Параметр снабжен текстовым окном для ввода текста.
  - ***Стиль***. Содержит инструменты команд **Полужирный** **B**, *Курсив* **I** и ***Вращать*** .

Для задания тексту полужирного стиля необходимо в текстовом окне блока выделить набранный текст и активизировать команду **Полужирный** **B**, при этом в **Текстовом окне** набранный текст дополняется префиксом и суффиксом: *ВВЕДЕННЫЙ ТЕКСТ*, а в **Графическом поле** текст принимает полужирный стиль.

Аналогично создается и стиль *Курсив* . Разница только в том, что в префиксе и суффиксе вместо буквы b стоит буква i, т.е. *ВВЕДЕННЫЙ ТЕКСТ*.

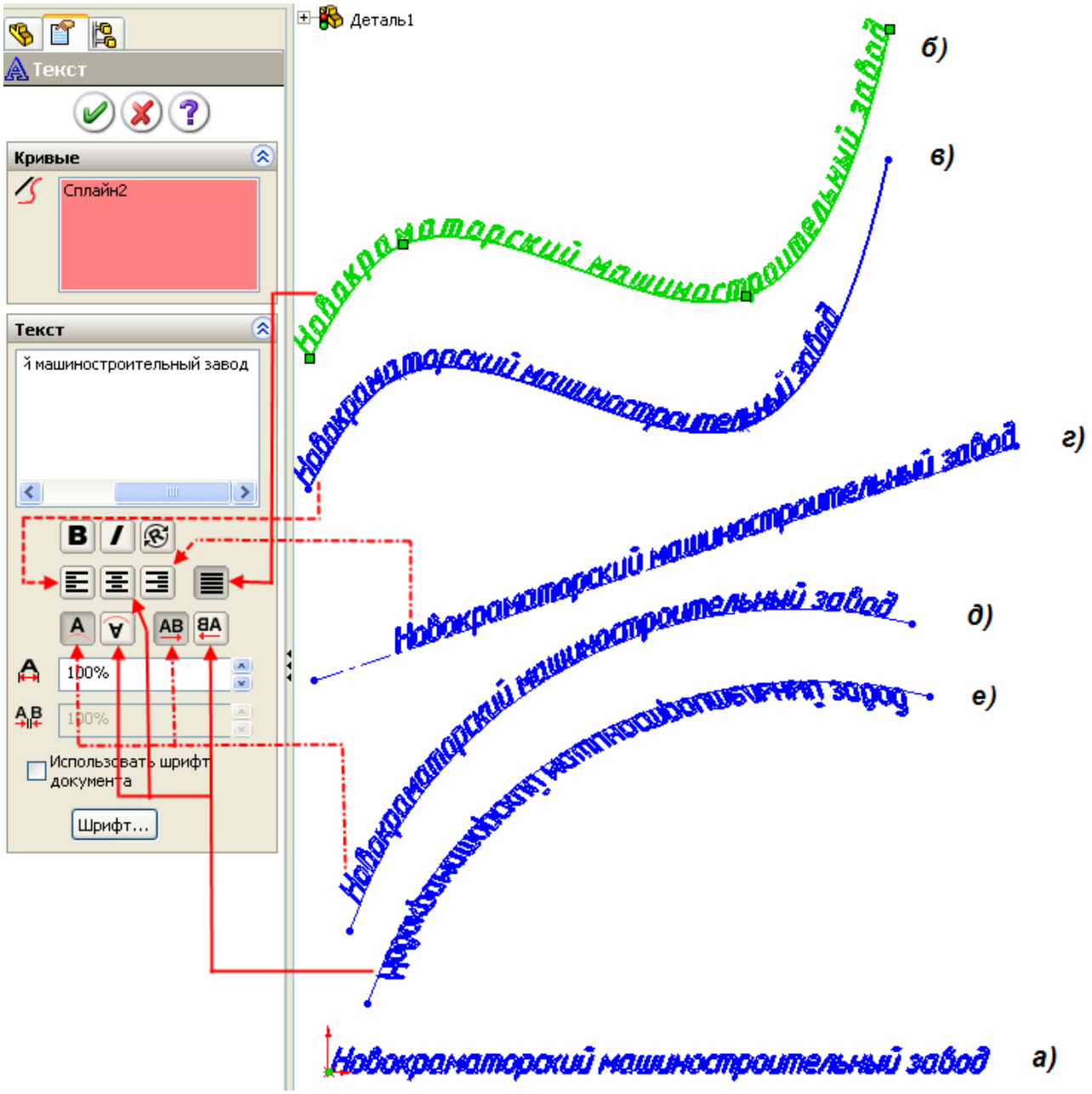


Рис. 1.32 Варианты создания объекта эскиза ***Текст*** с различными настройками его расположения и выравнивания вдоль направляющей кривой.

Команда ***Вращать*** осуществляет поворот (наклон) букв текста без изменения ориентации текста в целом. Порядок работы с командой аналогичен порядку работы с предыдущими командами. Отличие состоит только в том, что в префиксе и суффиксе вместо буквы b или i стоит буква r - *<r>ВВЕДЕННЫЙ ТЕКСТ</r>*. Кроме того, для создания наклона букв в префиксе после буквы r необходимо задать значение угла наклона. Для возврата к нулевым значениям во всех трех случаях следует удалить префикс и суффикс.

- ***Выравнивание***. Содержит инструменты команд выравнивания *По левому краю* (рис.1.32, *в*), *По центру* (рис.1.32, *д,е*), *По правому краю* (рис.1.32, *г*) и *Полное выравнивание* (рис.1.32, *б*), т.е. введенный текст равномерно распределяется по всей длине направляющего объекта. Параметр ***Выравнивание*** доступен только для текста вдоль кривой, кромки или сегмента эскиза.
- ***Переставить***. Содержит инструменты команд *Переставить по вертикали*, *Переставить по горизонтали*, *Переставить слева направо*, *Переставить справа налево*. Параметры *Переставить по вертикали* и *Переставить по горизонтали* доступны только для текста вдоль кривой, кромки или сегмента эскиза.
- ***Коэффициент для ширины***. Равномерно расширяет каждый символ на указанный процент. Параметр недоступен при выборе параметра ***Использовать шрифт документа***.
- ***Интервал***. Изменяет интервал между символами на указанный процент. Параметр недоступен при *Полном выравнивании* текста или при выборе параметра ***Использовать шрифт документа***.
- ***Использовать шрифт документа***. Во включенном состоянии обеспечивает использование шрифта по умолчанию.
- ***Шрифт*** Шрифт... . Управляет выбором шрифта. Работает при отключенном параметре ***Использовать шрифт документа***. После выбора этого параметра открывается **Диалоговое окно Выбрать шрифт** (рис. 1.33).

Это **Диалоговое окно** всем пользователям компьютерных систем очень хорошо знакомо, т.к. оно присутствует практически во всех программных продуктах, ориентированных под операционную систему *Windows*.

1.4.15.2 ***Для установки нужного шрифта*** **необходимо:**

1. В блоке *Высота* включить: либо параметр *Единицы измерения* и назначать высоту шрифта в *миллиметрах,* либо *Размер* и в списке размеров выбрать нужный размер в *пикселях*.
2. В текстовом окне параметра *Шрифт* выбрать в списке имя шрифта;

3. В текстовом окне параметра *Начертание* выбрать в списке необходимое начертание;
4. В случае необходимости в блоке *Эффекты* выбрать соответствующий эффект и щелкнуть на кнопке ***ОК***.

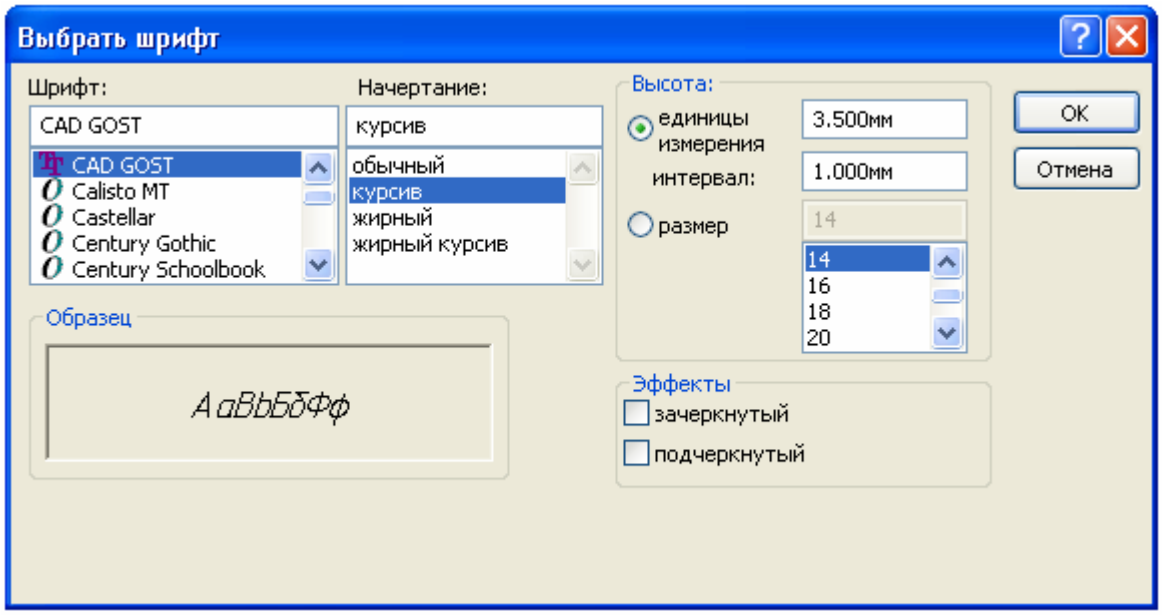


Рис. 1.33 Диалоговое окно команда ***Выбрать шрифт.***

1.4.15.3 ***Для создания текстового объекта эскиза*** необходимо выполнить следующие действия.

1. Выбрать грань для создания эскиза и создать эскиз с направляющей линией, вдоль которой будет располагаться будущий текст.

ПРИМЕЧАНИЕ **При создании эскиза направляющей линии, для формирования направления эскиза *Текст*, необходимо назначить Параметры этой линии как "*Вспомогательная геометрия*". В противном случае операция по определению эскиза *Текст* в объемное тело (вырез) будет невозможна, т.к. начерченная линия будет восприниматься *Solid Works* как незамкнутый контур, контактирующий с эскизами замкнутых контуров – букв текста, на пересечении с которыми, при вытягивании эскиза, будут образовываться тела "нулевой толщины".**

2. *Активизировать команду* ***Текст*** . Открывается **Диалоговое**

окно команды (см. рис. 1.32).

3. Если есть направляющий объект, выбрать его. Имя направляющего объекта отображается в текстовом поле блока. В приведенном примере, на рис. 1.32, в качестве направляющего объекта принят сплайн — ***Сплайн2***.

4. Ввести указатель в текстовое окно параметра ***Текст*** и набрать необходимый текст. В приведенном примере это – ***Новокраматорский машиностроительный завод***.

5. С помощью остальных параметров привести надпись к желаемому виду.

6. Выйти из команды.

Вопросы для самопроверки

Ответьте на вопросы и сравните свои ответы с ответами, приведенными в конце этой главы.

1. Основание модели — это объект, который создается путем построения эскиза (Да/Нет).
2. Вызвать инструмент Дуга через три точки можно, не прерывая работу инструмента Линия (Да/Нет).
3. По умолчанию шаг перемещения курсора составляет 5 мм (Да/Нет).
4. Если вы сохранили файл в режиме построения эскизов, то в следующий раз он откроется в режиме моделирования детали (Да/Нет).
5. Чтобы преобразовать объект эскиза во вспомогательный объект, следует установить флажокв менеджере свойств.
6. Для построения прямоугольника, повернутого на некоторый угол, необходимо воспользоваться инструментом_____.
7. _являются временными линиями, которые применяются для отслеживания положения точки на экране.
8. Для завершения работы какого-либо инструмента построения можно вызвать инструмент или нажать клавишу Esc.
9. Когда вы выделяете объект, к которому должна быть построена касательная дуга, между этим объектом и начальной точкой касательной дуги устанавливается взаимосвязь_____ .
10. Прямоугольник рассматривается как комбинация отдельных_____.

Общие вопросы

11. Дуга, которая строится по трем точкам, — это дуга, определяемая начальной точкой, конечной точкой и некоторой произвольной точкой, лежащей на этой дуге (Да/Нет).
12. Для удаления объектов эскиза можно выделить их и выбрать команду Delete (Удалить) в контекстном меню, которое вызывается щелчком правой кнопки мыши (Да/Нет).
13. Начало координат — это значок синего цвета, отображаемый в центре экрана (Да/Нет).

14. В Solid Works окружности строятся следующим образом: пользователь указывает на экране положение центра окружности, а затем вводит значение радиуса в появившемся диалоговом окне (Да/Нет).

15. Когда пользователь создает новый документ Solid Works, его окно не развернуто на весь экран (Да/Нет).

16. В Solid Works правильный многоугольник рассматривается как комбинация следующих элементов:

1) линий;

2) дуг;

3) сплайнов;

4) никаких из перечисленных.

17. Какие из перечисленных далее кнопок отсутствуют в диалоговом окне Новый документ Solid Works?

1) Part (Деталь);

2) Assembly (Сборка);

3) Drawing (Чертеж);

4) Sketch (Эскиз).

18. Какие из перечисленных далее элементов не учитываются при преобразовании эскиза в объект?

1) Обычные окружности;

2) обычные линии;

3) вспомогательные линии;

4) ни один из перечисленных.

19. Какой менеджер свойств отображается на экране при выделении линии или прямоугольника?

1) Свойства линии;

2) Линия/Прямоугольник;

3) Прямоугольник;

4) ни один из перечисленных.

20. Какой менеджер свойств отображается на экране в процессе построения эллиптической дуги?

1) Дуга;

2) Эллипс;

3) Эллиптическая дуга;

4) ни один из перечисленных.

Ответы на вопросы для самопроверки

1. Да. 2. Да. 3. Нет. 4. Нет. 5. For Construction (Для конструирования). 6. Parallelogram (Параллелограмм). 7. Направляющие линии. 8. Select (Выбрать). 9. Tangent (Касание). 10. Линий.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВЯЗИ

СОДЕРЖАНИЕ

2 Геометрические связи..... 55

2.1 Привязки 55

2.1.1 Объекты привязки в Solid Works 56

2.2 Взаимосвязи..... 59

2.2.1 Основные геометрические взаимосвязи объектов эскиза 59

2.2.2 Дополнительные геометрические взаимосвязи объектов эскиза 65

2.2.3 Управление взаимосвязями 67

2.3 Формирование графических объектов 71

2.4 Размеры 75

2.4.1 Порядок добавления размеров 76

2.4.2 Добавление размеров между двумя объектами эскиза. 81

2.4.3 Добавление размеров между двумя Окружностями, Дугами 82

2.5 Состояние эскиза 87

2 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВЯЗИ

В процессе создания эскиза второй и последующие графические объекты часто необходимо располагать таким образом, чтобы их центральная или начальная точка совпадала с некоторой точкой ранее созданного объекта. Например, необходимо создать окружность с центром в правом верхнем углу ранее созданного прямоугольника (рис. 2.1, *а*) или соединить окружности касательными к ним окружностями, как показано на рис. 2.1, *б)*.

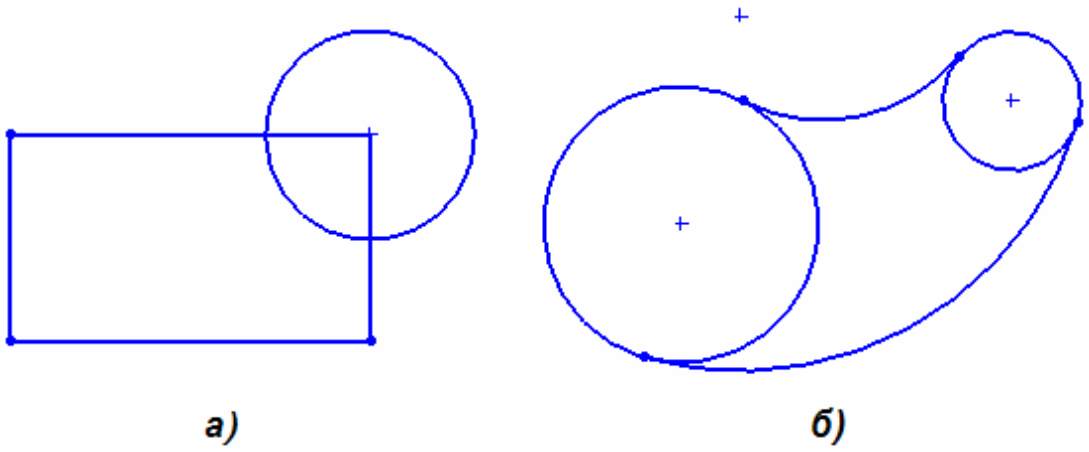


Рис. 2.1 Эскизы с геометрическими взаимосвязями объектов

2.1 Привязки

Визуальное решение этого вопроса не может обеспечить необходимой точности, поэтому в программе предусмотрен механизм *привязок*. Схему его работы рассмотрим на приведенном, на рис. 2.2 примере.

Активизируем команду ***Окружность*** . Будем перемещать указатель в заданную точку. Если привязка к пересечению линий включена, то вокруг этой точки системным путем задается некоторая область графического поля с определенными свойствами. Как только указатель попадает в ее пределы, программа принимает управление

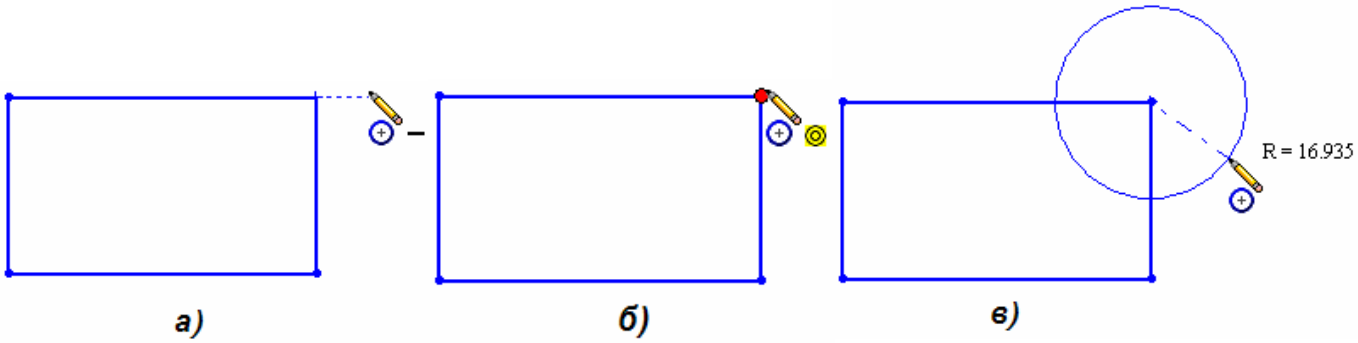


Рис. 2.2 Использование привязок при создании эскиза

указателем на себя и совмещает указатель с точкой привязки (рис. 2.2, *а*).

Признаком такого совмещения является подсветка точки привязки (рис. 2.2, *б*). Это значит, что совпадение указателя с заданной точкой обеспечивается программой *Solid Works*. Поэтому следует зафиксировать центр создаваемой окружности, а затем создать и саму окружность (рис. 2.2, *в*).

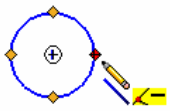
2.1.1 Объекты привязки в Solid Works

В *Solid Works* предусмотрены следующие объекты привязки (рис.2.3):

- *Конечные и угловые точки* объектов эскиза — привязка осуществляется к концевым или угловым точкам всех объектов эскиза, которые содержат такие точки, например, как это показано на рис. 2.2, *б)*;
- *Центральные точки* — привязка к центру следующих объектов эскиза: ***Окружности, Дуги, Скругления, Параболы*** и ***Неполного эллипса***;
- *Средние точки* — привязка к средним точкам ***Линий***, средним точкам сторон ***Многоугольников***, ***Прямоугольников, Параллелограммов, Скруглений, Дуг, Неполных эллипсов, Сплайнов, Фасок*** и ***Осевых линий***;
- *Точки квадранта* — привязка к квадрантам ***Окружностей, Дуг, Скруглений, Парабол, Эллипсов*** и ***Неполных эллипсов***;
- *Пересечения* — привязка к пересечению встречающихся или пересекающихся объектов;
- *Самый близкий* — поддерживает все объекты;
- *Касательность* — привязка к касательным ***Окружностей, Дуг, Скруглений, Парабол, Эллипсов, Неполных эллипсов*** и ***Сплайнов***;
- *Перпендикулярность* — привязка осуществляется таким образом, что указатель представляет перпендикуляр при рисовании линии до другой линии;
- *Параллельность* — привязка осуществляется к ***Линиям, Дугам*** и ***Сплайнам***;
- *Горизонтальные/вертикальные линии* — привязывает ***Линию*** *вертикально* к существующей *горизонтальной* ***Линии*** эскиза и *горизонтально* к существующей *вертикальной* ***Линии*** эскиза;

- *Горизонтально/вертикально к точкам* — привязывает ***Линию*** *вертикально* или *горизонтально* к существующей ***Точке*** эскиза;
- *Длина* — привязывает ***Линии*** к инкрементам, настроенным с помощью *Масштабной сетки*, без отображения этой сетки;
- *Масштабная сетка* — привязывает точку привязки объектов эскиза к *вертикальным* и *горизонтальным* сегментам *Масштабной сетки*; это единственная привязка эскиза, которая не активна по умолчанию;
- *Угол* — привязка осуществляется к углам; чтобы настроить градусы, необходимо в **Главном меню** выбрать *Инструменты* → **Параметры** → *Настройки пользователя* → *Эскиз*, а затем *Взаимосвязи/Привязки* и настроить значение для *Привязки по углу*.

Все привязки снабжены интуитивно понятными маркерами, которые отображаются при наведении на них указателя, например:

- на среднюю точку - ,
- квадрант -  и пр.

Управление привязками осуществляется с помощью **Параметров:** *Разрешить привязку* и *Привязать к геометрии модели* в **Диалоговом окне** *Взаимосвязи/Привязки*, представленном на рис. 2.3:

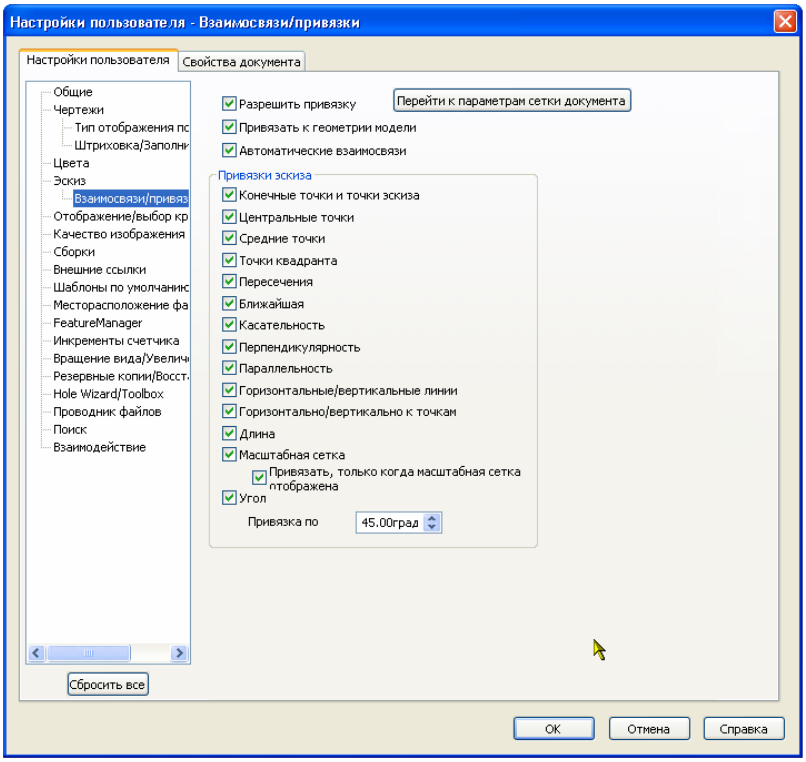


Рис. 2.3 Настройка автоматических точек привязки эскиза

- *Разрешить привязку* — устанавливает все перечисленные выше привязки эскиза, кроме привязки *Масштабной сетки* (по умолчанию параметр включен);
- *Привязать к геометрии модели* — позволяет привязать объекты эскиза к геометрии модели, например к кромкам (по умолчанию параметр включен.

Настройка привязок производится в упомянутом **Диалоговом окне** *Взаимосвязи/Привязки* при включенном параметре *Разрешить привязку*.

2.1.1.1 Для создания привязки необходимо:

1. *Активизировать команду* создания объекта эскиза,
2. *Навести указатель на область создаваемой привязки и, когда точка привязки высветится,*
3. *Зафиксировать положение указателя.*

В некоторых случаях возникает необходимость в разовом использовании той или иной привязки. Для таких ситуаций предусмотрен механизм *Быстрых привязок.*

2.1.1.2 *Для использования Быстрой привязки* необходимо:

4. *Активизировать сначала команду создания объекта эскиза,*
5. *Активизировать* команду привязки, доступ к которой можно получить одним из следующих путей:

- с помощью каскадного меню *Инструменты → Взаимосвязи → Быстрые привязки* (рис. 2.4, *а*);
- с помощью Контекстного меню после выбора в нем команды *Быстрые привязки* (рис. 2.4, *б*);
- с помощью инструмента команды привязки, представленного в панели инструментов *Быстрые привязки* (рис. 2.4, *в*).

Механизм *Быстрых привязок* не зависит от состояния параметра *Разрешить привязку* и постоянно находится в активном состоянии.

2.2 Взаимосвязи

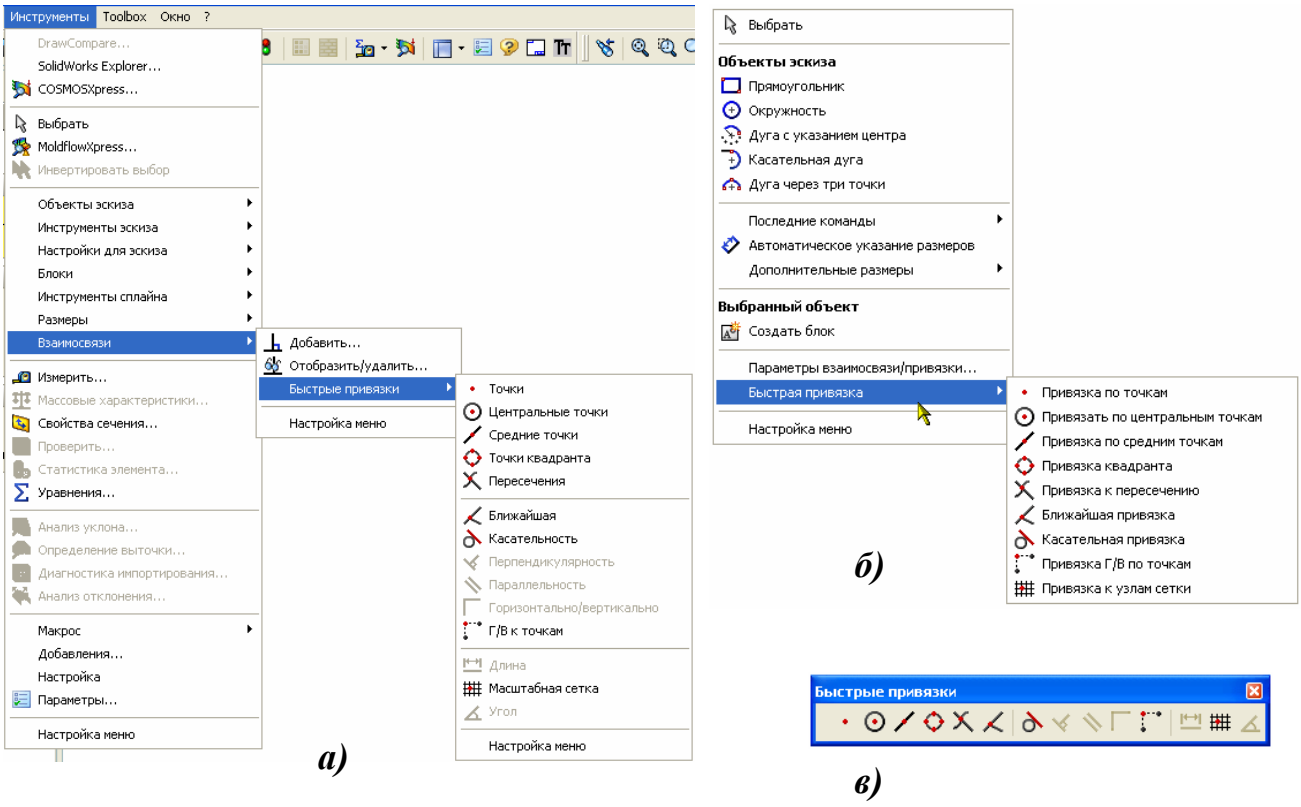


Рис. 2.4 Три способа доступа к командам *Быстрые привязки*

Элементы эскиза могут быть независимыми друг от друга или быть геометрически связаны между собой. Создание необходимого взаимного положения между элементами эскиза осуществляется с помощью механизма, который в программе получил название *геометрических взаимосвязей*.

Например, с помощью *геометрических взаимосвязей* можно сразу построить горизонтальный или вертикальный отрезок, построить взаимно перпендикулярные отрезки прямых, задать отрезку прямой общего положения горизонтальное или вертикальное положение, два отрезка прямой общего положения можно расположить перпендикулярно или параллельно друг другу и т. п.

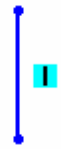
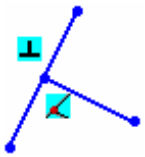
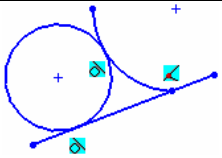
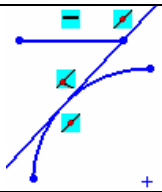
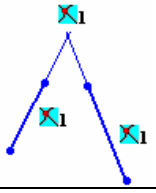
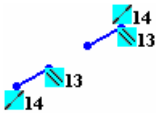
Создавая эскиз, *геометрические взаимосвязи* можно задавать в автоматическом (интуитивно предлагаемом *Solid Works*) и в ручном (принудительно создаваемом пользователем) режимах.

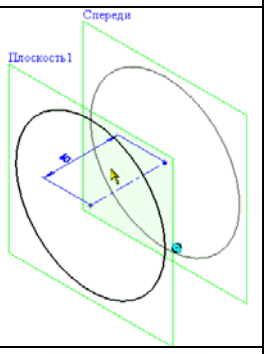
2.2.1 Основные геометрические взаимосвязи объектов эскиза

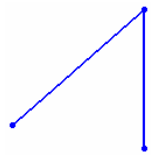
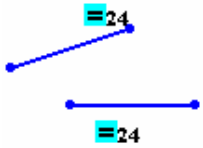
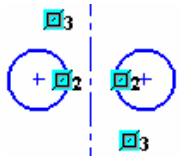
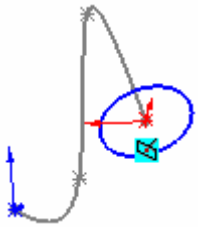
Предусмотренные программой *Solid Works* взаимосвязи представлены в таблице 2.1:

Геометрические взаимосвязи объектов эскиза

Таблица 2.1

Знак	Наименование	Описание	Пример
	Горизонтальность	Обеспечивает горизонтальное положение выбранных ***Линий*** или расположение выбранных ***Точек*** на одной и той же горизонтальной прямой	
	Вертикальность	Обеспечивает вертикальное положение выбранных ***Линий*** или расположение выбранных ***Точек*** на одной и той же вертикальной прямой	
	Перпендикулярность	Обеспечивает перпендикулярность двух выбранных отрезков прямых	
	Касательность	Обеспечивает касательное положение ***Дуги, Эллипса*** или ***Сплайна*** с ***Линией*** или ***Дугой***	
	Совпадение	Обеспечивает совпадение ***Точки*** с ***Линией, Дугой*** или ***Эллипсом***	
	Средняя точка	Обеспечивает положение выбранной ***Точки*** в середине линии	
	Пересечение	Обеспечивает пересечение двух ***Линий*** в заданной ***Точке***, лежащей на одной из них	
	Коллинеарность	Обеспечивает положение выбранных ***Линий*** на одной и той же бесконечной прямой	

Знак	Наименование	Описание	Пример
	Корадиальность	Обеспечивает приведение выбранных ***Дуг,*** расположенных на параллельных плоскостях к одному и тому же Центру и Радиусу	
	Концентричность	Обеспечивает приведение ***Дуг*** к общему центру	
	Параллельность	Обеспечивает параллельность выбранных отрезков прямых	
	Перпендикулярность	Обеспечивает перпендикулярность выбранных отрезков прямых	
	Перпендикулярно	В *трехмерном эскизе* ориентирует ***Линию*** перпендикулярно выбранной ***Плоскости*** (или плоской грани)	
	На поверхности	В *трехмерном эскизе* проецирует выбранные объекты эскиза ***Линия, Дуга, Эллипс*** и Сплайн на обозначенную ***Плоскость.***	
	Параллельно YZ	В *трехмерном эскизе* обеспечивает параллельность ***Линии*** и ***Плоскости*** (или плоской грани) плоскости **Справа**	
	Параллельно XZ	В *трехмерном эскизе* обеспечивает параллельность ***Линии*** и ***Плоскости*** (или плоской грани) плоскости **Спереди**	
	Вдоль Z	В *трехмерном эскизе* обеспечивает	Рис. 2.5, *а*

Знак	Наименование	Описание	Пример
		перпендикулярность ***Линии*** и ***Плоскости*** (или плоской грани) плоскости **Сверху**, ориентирует выбранную ***Линию*** вдоль оси ***Z***	
	Вдоль Y	В *трехмерном эскизе* ориентирует выбранную ***Линию*** вдоль оси ***Y.***	Рис. 2.5, *б*
	Вдоль X	В *трехмерном эскизе* ориентирует выбранную ***Линию*** вдоль оси ***X.***	Рис. 2.5, *в*
	Слить точки	Обеспечивает совпадение *двух* независимых или конечных ***Точек*** элементов эскиза	
	Равенство	Обеспечивает равенство нескольких ***Линий*** или ***Дуг***	
	Симметричность	Обеспечивает симметричное положение двух элементов относительно ***Осевой линии***	
	Зафиксировать	Обеспечивает фиксацию размера и местоположения элемента	
	Точка пронзания	Создает точку встречи (пересечения) эскиза с ***Осью, Кромкой, Линией*** или ***Сплайном***	

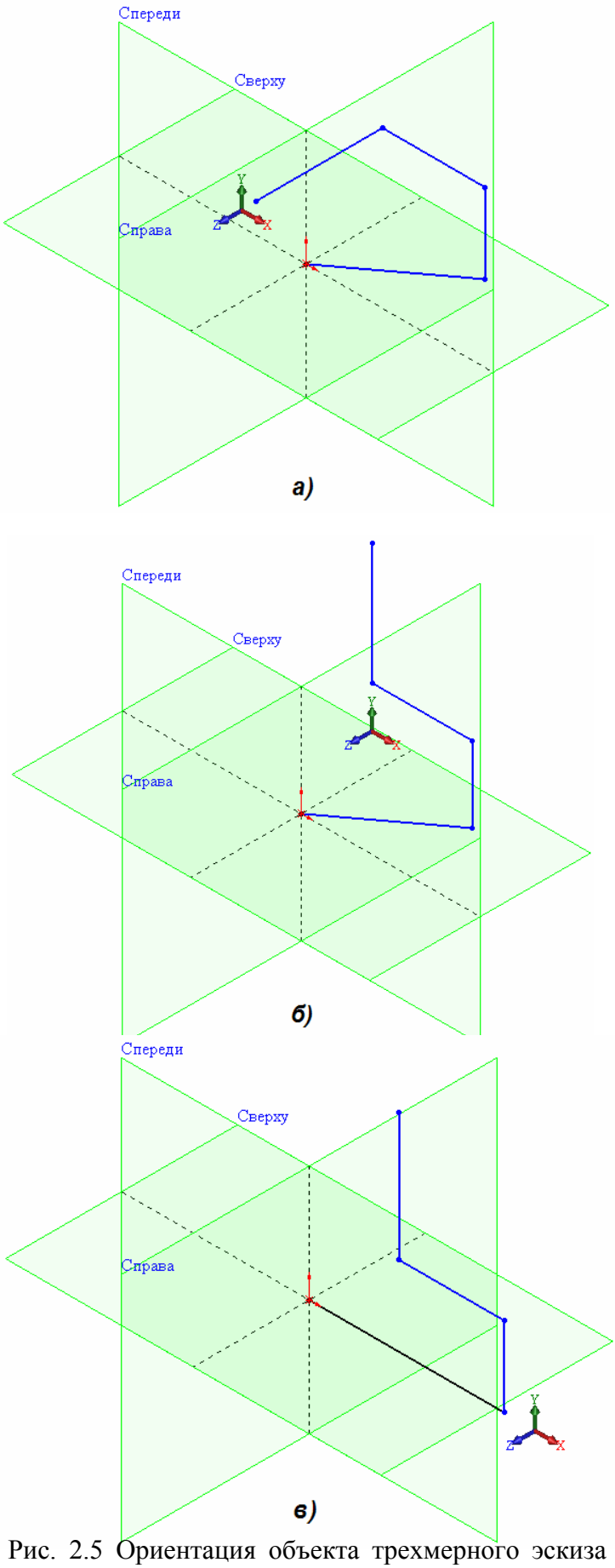


Рис. 2.5 Ориентация объекта трехмерного эскиза вдоль осей координат.

Геометрические взаимосвязи, вне зависимости от того, каким способом они были наложены на объекты эскиза: *автоматически* самим *Solid Works* или же принудительно, вручную - пользователем, отображаются на эскизе в виде знаков – пиктограмм поясняющих ту или иную взаимосвязь между объектами. Наличие этих знаков в эскизе хорошо видно на представленных в табл. 2.1 примерах. Цифры, стоящие возле объектов эскиза указывают на порядковый номер операции, выполненной в ходе построения данного эскиза, чтобы в случае необходимости можно было легко выбрать нужную взаимосвязь из всего списка, отображаемого, по желанию пользователя, для редактирования.

При создании геометрических взаимосвязей между объектами эскиза необходимо учитывать следующее:

- взаимосвязи для ***Линии*** применяются как для *Бесконечной линии*, а не только для отображаемого сегмента ***Линии*** или физической кромки, поэтому некоторые объекты эскиза, после наложения на них *взаимосвязей*, вопреки ожиданиям, могут не соприкасаться, как это видно на рис. 2.6;

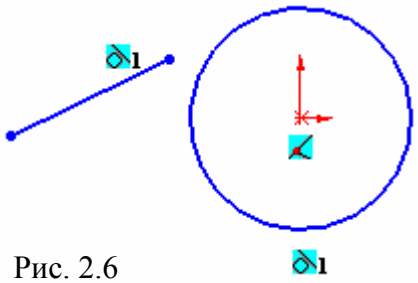


Рис. 2.6

Более того, для наложения *геометрической взаимосвязи* ***Пересечение*** между двумя непересекающимися ***Линиями*** необходимо выполнить следующие действия:

1. Используя клавишу **Ctrl** на клавиатуре, *последовательно выбрать обе виртуально пересекающиеся линии*, при этом выбранные объекты активизируются, т.е. становятся зеленого цвета (рис 2.7, *а*);

2. Выбрать команду ***Точка*** на панели *Эскиз* или с панели *Объекты эскиза* Инструментов **Главного меню**. При этом на **Рабочем столе** отобразится картина, представленная на рис. 2.7, *б)*. Как видно, концы виртуально пересекающихся отрезков удлиняются пунктирной линией до точки пересечения, при этом длины отрезков не меняют своей абсолютной величины.

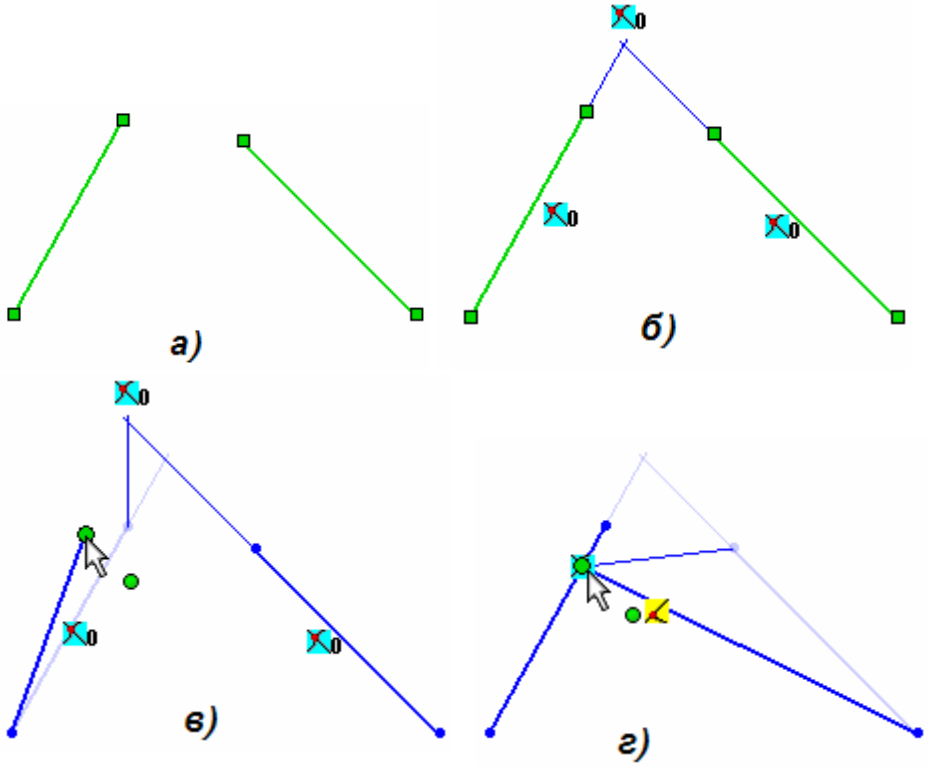


Рис. 2.7 Использование *геометрической взаимосвязи* ***Пересечение*** для виртуально пересекающихся ***Линий.***

Следует заметить, что изменение положения ***Линий***, к которым была добавлена *геометрическая взаимосвязь* ***Пересечение*** не влияет на характер взаимосвязи и ***Линии*** по-прежнему остаются в состоянии пересечения между собой, как это явствует из рис. 2.7, *в, г)*.

взаимосвязи для дуги ***Окружности*** или дуги ***Эллипса*** на самом деле добавляются для полной ***Окружности*** или ***Эллипса*** как это показано на рис. 2.8, где видно, что точка касания, по условию взаимосвязи *Касательность* для ***Дуги*** и ***Линии,*** находится вне объекта ***Дуга***, но на ее продолжении (виртуальное продолжение дуги показано пунктирной линией);

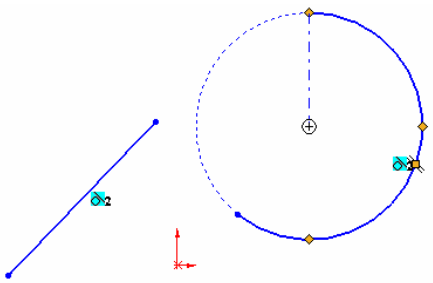


Рис. 2.8

взаимосвязи для элемента, не лежащего на плоскости эскиза, относятся к проекции этого элемента на плоскость эскиза.

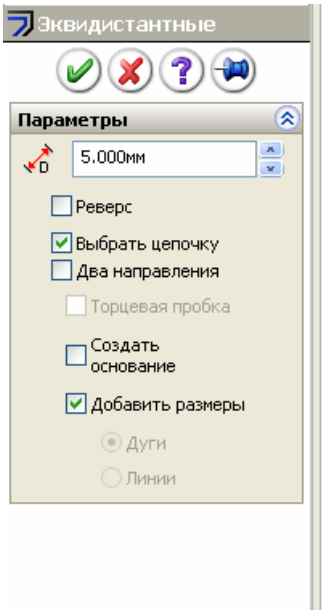
2.2.2 *Дополнительные геометрические взаимосвязи объектов эскиза*

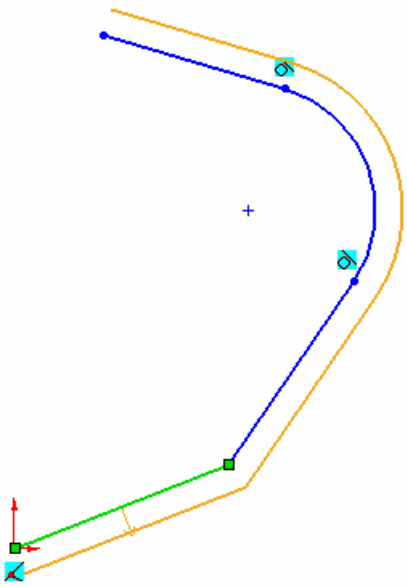
Дополнительные взаимосвязи создаются автоматически при использовании инструментов ***Смещение объектов*** и ***Преобразование объектов***.

Команда ***Смещение объектов*** смещает один или несколько *элементов эскиза, выбранные кромки модели* или *грани модели* на указанное расстояние. При помощи данной команды можно сместить такие объекты эскиза как Сплайны, Дуги, наборы кромок модели, петли и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ: Можно смещать конечные линии, дуги и сплайны. Не разрешается смещение:

1. ***Размещенных сплайнов*** **(см. Тема 1),**
2. **Ранее смещенных сплайнов**
3. **Объектов, чье смещение приведет к самопересекающейся геометрии.**





Если исходный объект изменится, то при перестроении модели также изменится смещаемый объект.

Рис. 2.9 Создание эквидистантной кривой при помощи команды ***Смещение объектов.***

2.2.2.1 Для создания Смещения объектов в эскизе (рис. 2.9) необходимо выполнить следующие действия:

1. В открытом эскизе выбрать один или несколько объектов эскиза, грань или *кромку* модели.
2. Нажать кнопку Смещение объектов на панели инструментов "Эскиз" или выбрать Инструменты → Инструменты эскиза → Смещение объектов.
3. В *PropertyManager* (*Менеджере свойств*) в разделе **Параметры** задать следующие параметры:

- ☑ **Расстояние смещения** . Вводится значение для смещения объекта в эскизе на указанное расстояние. Можно также нажать кнопку мыши и, удерживая ее нажатой, перетащите указатель в графическую область, чтобы выполнить динамический просмотр. Если Вы отпустите кнопку мыши, ***Смещение объекта*** будет завершено.
- ☑ **Реверс**. Изменяет направление однонаправленного смещения.
- ☑ **Выбрать цепочку**. Смещает все смежные объекты эскиза. Если необходимо выполнить смещение только отдельных объектов эскиза, то эта метка снимается.
- ☑ **Два направления**. Смещает объекты в двух направлениях.

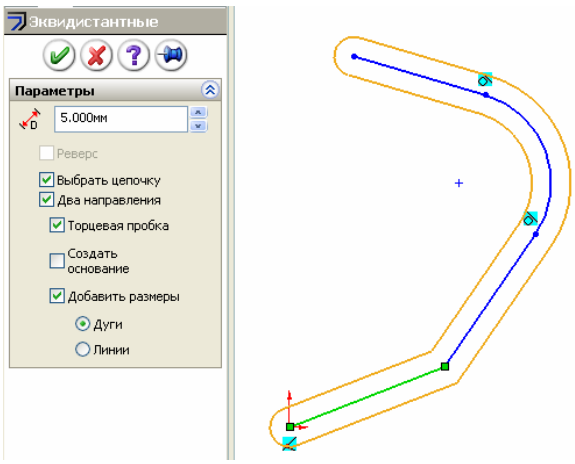


Рис. 2.10 Двунаправленное смещение объектов эскиза с созданием Торцевой пробки на концах эквидистанты.

- **Торцевая пробка**. Удлиняет исходные непересекающиеся объекты эскиза путем выбора **Два направления** и добавления пробки (см. рис. 2.10). Можно создать **Дуги** или **Линии** в качестве типов расширения пробки.
- **Создать основание**. Переводит исходный объект эскиза во вспомогательную линию .
- **Добавить размеры**. Добавляет параметры смещения при выходе из команды в эскиз. Это не влияет на размеры, включенные в исходный объект эскиза.

4. Выбрать **OK** или щелкнуть мышью в **Графической области**.

2.2.2.2*Чтобы изменить размер смещения эскиза необходимо*:

Дважды щелкнуть на размер *Смещения* и изменить его значение. При *двунаправленном* смещении измените размеры каждого отдельного смещения.

Команда ***Преобразование объектов*** преобразует выбранные кромки твердого тела в объекты эскиза и проецирует их на выбранную для его построения плоскость. Команда не имеет *PropertyManager* (*Менеджере свойств*) и будет рассмотрена более подробно позже, при рассмотрении вопросов построения твердых тел.

2.2.3 *Управление взаимосвязями*

Управление взаимосвязями можно осуществлять с помощью:

2.2.3.1*Диалогового окна свойств эскиза.*

Пусть, например, имеется два взаимно перпендикулярных отрезка (рис. 2.11). С помощью рамки выбора, или используя клавишу **Ctrl**, переведем их в режим редактирования. Отрезки подсвечиваются зеленым цветом, а на поле свойств открывается диалоговое окно **Свойства**.

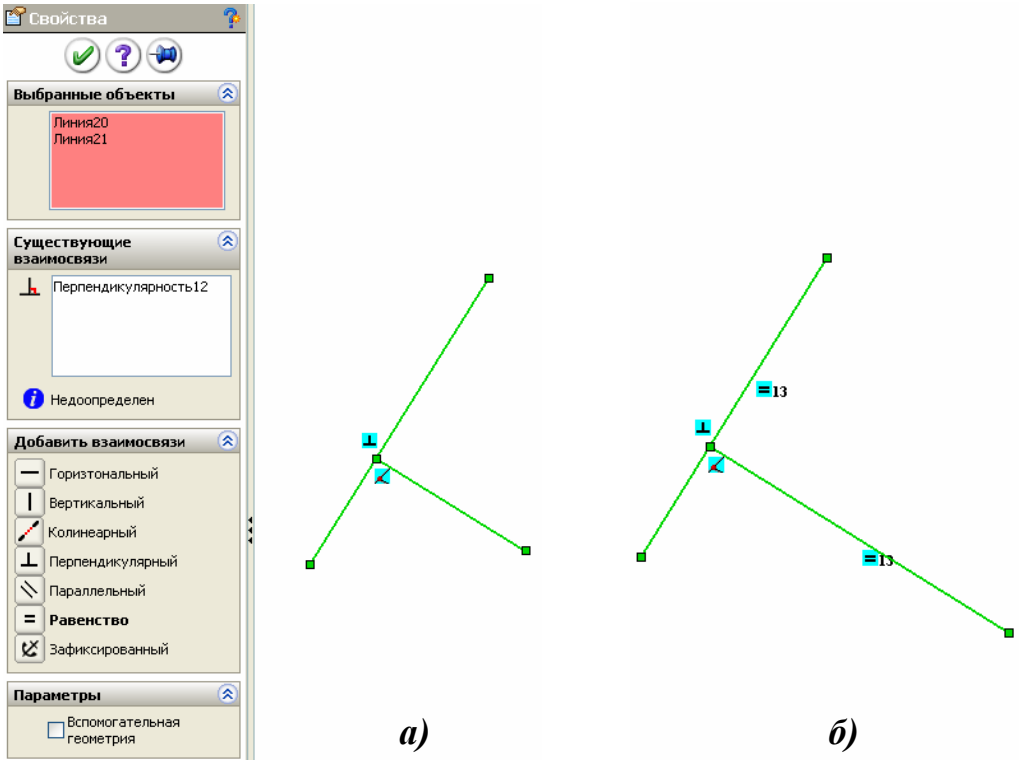


Рис. 2.11 Управление взаимосвязями объектов эскиза при помощи **Диалогового окна** его свойств.

В текстовом окне блока ***Выбранные объекты*** автоматически отображается перечень выбранных элементов эскиза (в данном случае — ***Линия20*** и ***Линия21***), а в текстовом окне блока **Существующие**

взаимосвязи — перечень имеющихся в эскизе взаимосвязей (в данном случае, как показано на рис. 2.11, *а)* — **Перпендикулярность12**). При этом заметим, что отображаются только взаимосвязи между выбранными элементами эскиза.

Под этими окнами расположен параметр ***Информация*** **.** Он отображает состояние эскиза — **Недоопределен**, что объясняется отсутствием размеров.

В параметрическом блоке **Добавить взаимосвязи** приведен перечень взаимосвязей, которые могут быть добавлены в рассматриваемый эскиз. При этом жирным шрифтом выделена наиболее предпочтительная взаимосвязь ***Равенство*** . Для добавления взаимосвязи достаточно щелкнуть мышью на ее маркере или имени.

Если, например, добавить взаимосвязь Равенство , то второй отрезок станет равным первому (см. рис. 2.11, *б*). Заметим, что после выполнения данной операции в **Графической области** эскиза, к выбранным объектам добавляются знаки назначенной *геометрической взаимосвязи* (в нашем случае – ***Равенство***).

Для удаления существующей взаимосвязи между объектами эскиза достаточно вывести на них контекстное меню (щелчком правой клавиши мыши) и выбрать в нем команду **Удалить** или **Удалить все** (см. рис. 2.12).

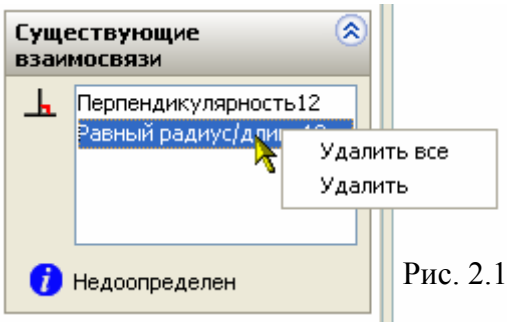


Рис. 2.12

2.2.3.2 Управление взаимосвязями с помощью команды ***Отобразить/Удалить взаимосвязи*** **.**

Команда ***Отобразить/Удалить взаимосвязи*** предназначена для отображения и удаления взаимосвязей из эскиза. Команда может быть взята в **Главном меню** *Инструменты → Взаимосвязи → Отобразить/Удалить…* (рис. 2.4, *а*) или на *Панели* ***Размеры/Взаимосвязи*** *инструментов Эскиза,* после активации объекта(ов) эскиза. **Диалоговое окно** команды представлено на рис. 2.13.

Параметрический блок ***Взаимосвязи*** служит для просмотра взаимосвязей конкретного типа. Он содержит следующие параметры:

- ☑ **Фильтр**. Параметр предназначен для выбора типа подлежащих просмотру взаимосвязей. Перечень типов взаимосвязей представлен в

текстовом окне , параметра в виде раскрывающегося списка. Он содержит следующие типы взаимосвязей:

- *Все в эскизе,*
- *Подвешенный,*
- *Переопределенный/Не решено,*
- *Внешний,*
- *Определенный в контексте,*
- *Заблокирован,*
- *Разорван*
- *Выбранные объекты.*

При выборе последнего типа взаимосвязей открывается дополнительно параметр ***Выбранные объекты*** с текстовым окном, в котором отображаются имена выбранных объектов эскиза (В приведенном на рис. 2.13 примере таковыми объектами являются ***Линия18*** и ***Линия 19***.).

- ***Взаимосвязи***. Отображает перечень существующих взаимосвязей выбранного типа. При этом, следует заметить, что в текстовом окне отображаются взаимосвязи не только для конкретно выбранной пары объектов (в данном случае, см. рис. 2.13, это – ***Пересечение***), но и все другие взаимосвязи, принадлежащие данным объектам по отношению к сопрягаемым с ними. Поскольку каждая из выбранных для просмотры взаимосвязей ***Линия*** входит в контакт с двумя ***Дугами***, поэтому в текстовом окне ***Взаимосвязи,*** весьма логично, отражены еще четыре записи – ***Касательность***, при этом, как уже говорилось ранее, номер возле типа взаимосвязи указывает исключительно на порядковый номер операции, выполненной в данном эскизе в период его формирования.
- ***Информация***. Выводит сообщение о состоянии взаимосвязей, которое может иметь следующие значения:
  - *Подвешенный,*
  - *Удовлетворен,*
  - *Переопределенный*
  - *Не решено.*

Если взаимосвязь была создана в контексте сборки, состояние может принять значение *Заблокирован* или *Разорван*.

- ***Погашен***. Используется при работе с конфигурациями.
- ***Удалить***. Удаляет выбранную взаимосвязь.
- ***Удалить все***. Удаляет выбранные или все взаимосвязи.

Параметрический блок ***Объекты*** предназначен для отображения статуса выбранных элементов эскиза. По умолчанию он представлен в

Диалоговом окне в свернутом виде. Поэтому для просмотра статуса элементов эскиза его необходимо открыть щелчком по расположенному справа от имени блока черному треугольнику. Он содержит следующие параметры:

- ☑ ***Объекты в выбранной взаимосвязи***. В текстовом окне параметра

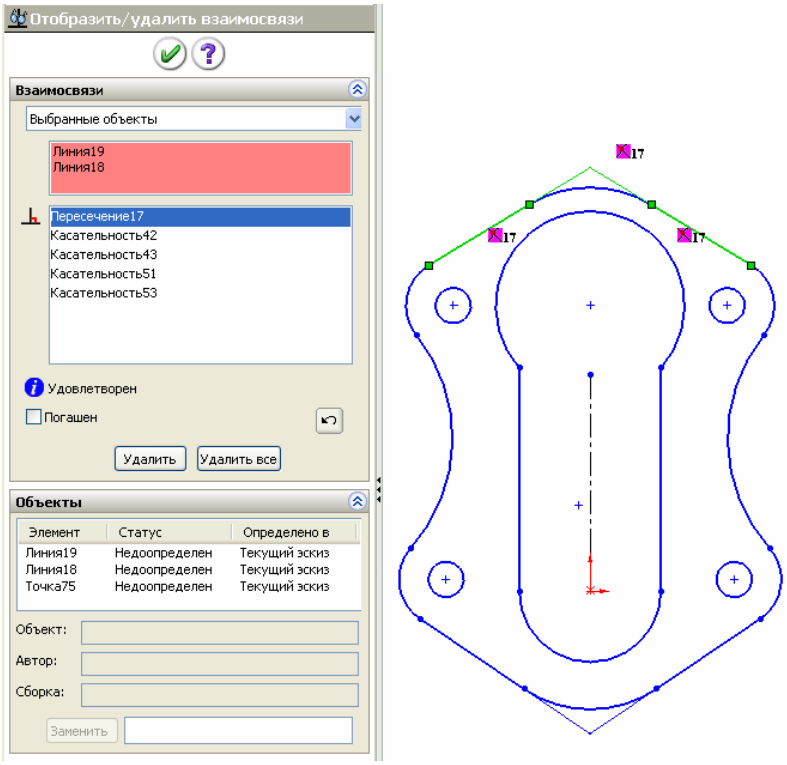


Рис. 2.13 **Диалоговое окно** команды ***Отобразить/Удалить взаимосвязи***

отображается список элементов, относящихся к взаимосвязям, выбранным в текстовом окне параметра ***Взаимосвязи***. Для каждого элемента также отображается их статус (состояние) и документ, в котором этот элемент определен. Состояние элемента отображается в колонке ***Статус*** и может быть следующим: *Полностью определен*, *Недоопределен* и т. д. В колонке ***Определен*** в для каждого элемента указывается соответствующий документ — *Текущий эскиз, Та же модель* или *Внешняя модель*.

- ☑ ***Объект***. Отображает имя объекта для объектов эскиза в *Той же модели* или во *Внешней модели* при работе со сборками.
- ☑ ***Автор***. Отображает деталь, которой принадлежит объект эскиза. Информация для внешних элементов в сборках.
- ☑ ***Сборка***. Отображает имя сборки верхнего уровня, где была создана взаимосвязь для объектов эскиза во *Внешней модели*.
- ☑ ***Заменить***. Заменяет выбранный объект другим объектом. В графическом поле необходимо выбрать объект для параметра ***Объект***, который заменит выбранный и нажать клавишу

Заменить. Если объект для замены не подходит, он считается *Недопустимым* (то есть имеющий недопустимую геометрию).

2.2.3.3 Управление геометрическими взаимосвязями при помощи команды ***Добавить взаимосвязи***.

Команда ***Добавить взаимосвязи*** предназначена для добавления геометрических взаимосвязей между элементами эскиза. Команда может быть взята в **Главном меню** *Инструменты → Взаимосвязи → Добавить…* (рис. 2.4, *а*) или на *Панели* ***Размеры/Взаимосвязи*** *инструментов Эскиза*. При этом, порядок выбора объектов эскиза для выполнения этой операции не имеет значения, т.е. можно либо сначала зайти в команду ***Добавить взаимосвязи***, а затем выбрать объекты эскиза, либо сначала активировать необходимые для этой операции объекты, а уж затем входить в команду.

В качестве примера, на рис. 2.14 представлено **Диалоговое окно** команды ***Добавить взаимосвязи***, при этом объектами эскиза, к которым предполагается добавить новые взаимосвязи, выбраны те же самые объекты, что и в предыдущем примере (см. рис. 2.13).

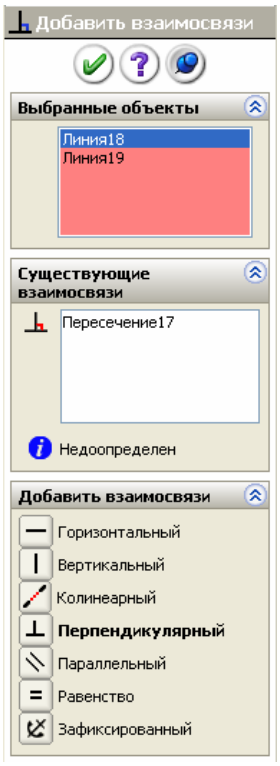


Рис. 2.14 **Диалоговое окно** команды ***Добавить взаимосвязи***.

Как видим, в текстовых окнах Параметрических блоков ***Выбранные объекты*** и ***Существующие взаимосвязи***, так же как и на рис. 2.13, отображены объекты ***Линия18*** и ***Линия19*** и существующая между ними взаимосвязь – ***Пересечение17***. Отличительной особенностью рассматриваемой команды является то, что *Solid Works* предлагает, в зависимости от конкретной ситуации, добавить новые взаимосвязи между выбранными объектами, с учетом уже существующих взаимосвязей.

Параметрический блок ***Добавить взаимосвязи*** предоставляет пользователю такую возможность, но при этом, наиболее вероятное к применению в данной ситуации, выделяет жирным шрифтом (в нашем случае – это ***Перпендикулярный***).

2.3 Формирование графических объектов

В процессе создания объектов эскиза существует необходимость управлять привязками, взаимосвязями и другими свойствами

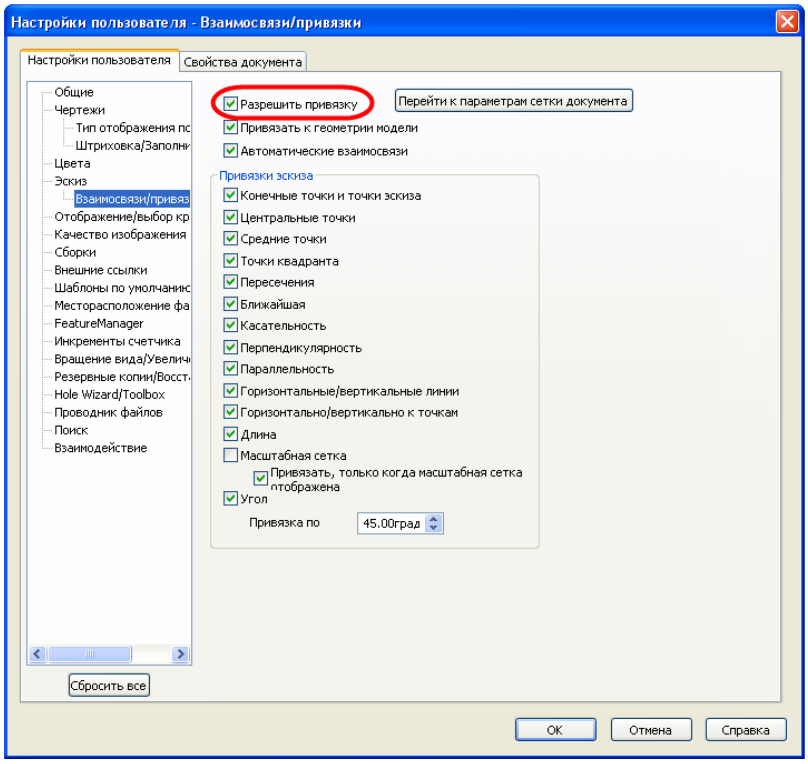


Рис. 2.15 Диалоговое окно Настроек пользователя по формированию графических объектов.

графических объектов. Однако независимое управление этими свойствами недостаточно эффективно. Поэтому в программе имеется интегральный механизм, позволяющий одновременно управлять всем комплексом этих свойств. Этот механизм получил название **Формирование**. Следует подчеркнуть, что он работает только в том случае, когда включен параметр ***Разрешить привязку*** (рис. 2.15). Этот параметр устанавливается в *Настройках пользователя*, которые можно вызвать из каскадного меню по пути: *Инструменты → Параметры → Настройки пользователя → Эскиз → Взаимосвязи/привязки.*

Механизм **Формирования** графических объектов проявляется в виде линий формирования, которые работают вместе с указателем, привязками эскиза и взаимосвязями.

Линии формирования — это штриховые линии синего или желтого цвета, которые отображаются по мере создания эскиза и облегчают выравнивание создаваемого объекта с существующими. *Желтый цвет* линий формирования свидетельствует, что взаимосвязь добавлена автоматически, а синий цвет свидетельствует, что взаимосвязи не добавлены. Однако, если линия формирования синяя и указатель для объекта эскиза (например, линии) содержит маркер в виде горизонтальной черточки – (горизонтальная) или вертикальной черточки (вертикальная), взаимосвязь создается (рис. 2.16, *а*).

Когда указатель приближается к высвеченным меткам (точкам привязки), например к средним точкам, линии формирования используются в качестве ориентира для последующих действий в зависимости от существующих объектов эскиза. В процессе создания объекта эскиза рядом с указателем в зависимости от ситуации отображаются маркеры команд, привязок, взаимосвязей, а также параметры создаваемого объекта.

Более подробно использование этого механизма иллюстрирует следующий пример. Для создания произвольного отрезка линии с началом в Исходной точке, а затем второго отрезка, перпендикулярного к первому отрезку в его средней точке, необходимо выполнить следующие действия (рис. 2.16).

1. Активизировать команду Линия .
2. Ввести указатель в графическое поле. Рядом с ним отображается маркер команды, представляющий собой упрощенное изображение ее инструмента. В данном случае маркер команды имеет вид отрезка прямой (рис. 2.16, *а*).
3. Совместить маркер с **Исходной точкой**, от которой будем рисовать первый отрезов, при этом рядом с указателем дополнительно отобразится маркер взаимосвязи ***Горизонтальность*** в виде горизонтальной черточки (рис. 2.16, *а*).
4. Как только маркер достигнет области привязки - **Исходной точки**, она подсвечивается красным цветом, а рядом с указателем

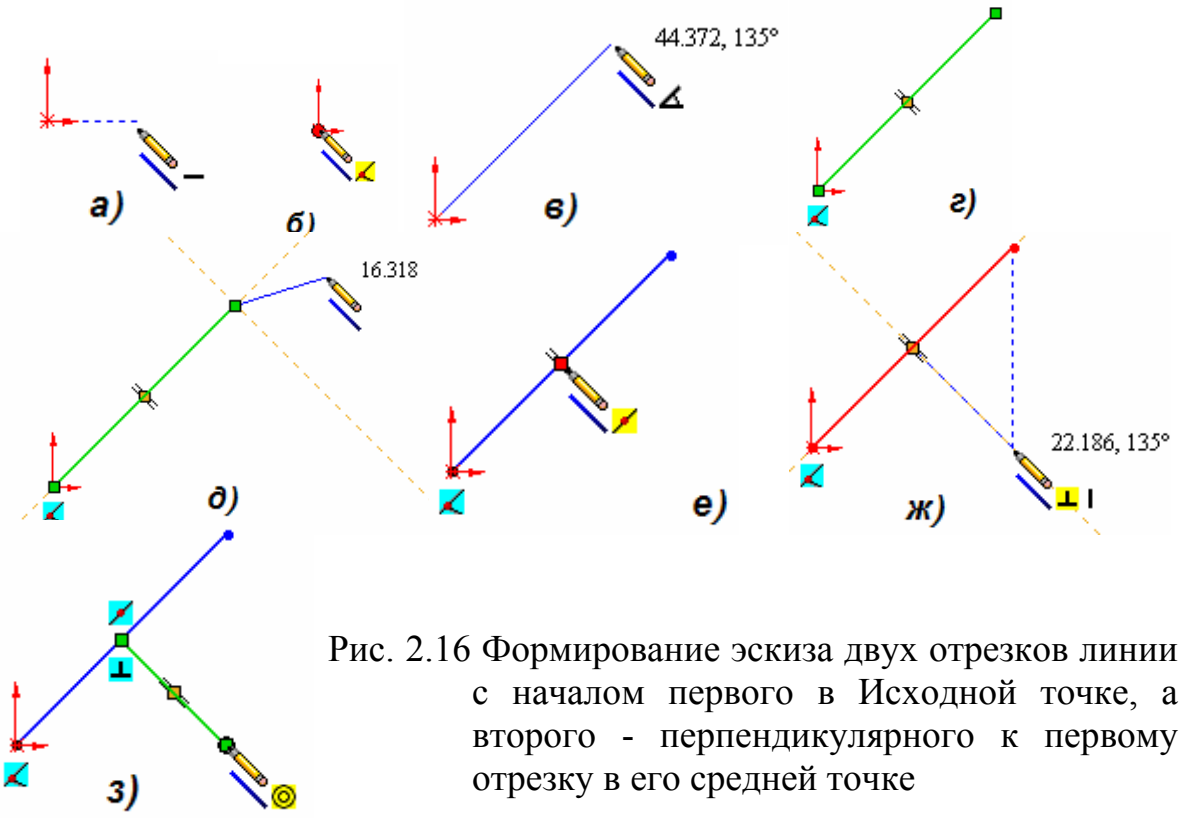


Рис. 2.16 Формирование эскиза двух отрезков линии с началом первого в Исходной точке, а второго - перпендикулярного к первому отрезку в его средней точке

вместо маркера взаимосвязи ***Горизонтальность*** отображается маркер привязки ***Самая близкая*** (рис. 2.16, *б*).

5. Щелчком мыши зафиксировать положение начальной точки линии и несколько сместить указатель вправо вверх. Создается динамическое изображение линии в виде отрезка прямой синего цвета. Синий цвет свидетельствует о том, что создаваемый объект ***Недоопределен*** (иначе говоря, не полностью определен с позиций размеров и взаимосвязей). Рядом с указателем отображается (см. рис. 2.16, *в*) *маркер привязки* ***Угол*** , ***Длина отрезка*** *(44.372 мм)* и его ***Угол наклона*** *к координатной оси* ***X*** *(135°)*. Дальнейшим перемещением указателя можно достигнуть необходимой длины и угла наклона создаваемой линии.
6. Щелчком зафиксировать концевую точку создаваемой линии. Поскольку по условию ограничения по этим параметрам не установлены, то в качестве концевой принимается произвольная точка. Созданная линия принимает зеленый цвет, свидетельствующий о том, что она находится в режиме редактирования (рис. 2.16, *г*). Рядом с **Исходной точкой** отображается маркер привязки, а в поле свойств отображается диалоговое окно команды (см. рис. 1.13).
7. *Сместить указатель*. Создается динамическое изображение новой линии. При этом рядом с указателем отображается маркер команды и маркер привязки с соответствующими значениями параметров новой линии. В конечной точке первой линии отображаются линии формирования желтого цвета. Одна из них совпадает с созданной линией, а вторая перпендикулярна ей, что дает возможность создания линии, перпендикулярной созданной. В середине созданной линии отображается маркер привязки **Средняя точка**.
8. С помощью клавиши Esc выйти из команды. Созданная линия переходит в режим эскиза (принимает синий цвет).
9. Вновь активизировать команду Линия.
10. Ввести указатель в область привязки средней точки. Высвечивается красным цветом средняя точка.
11. Щелчком зафиксировать начальную точку нового отрезка в средней точке исходного отрезка и создать динамическое изображение нового отрезка. Отображаются линии формирования желтого цвета, которые проходят через среднюю точку.
12. В произвольной точке перпендикулярной к созданному отрезку линии щелчком зафиксировать концевую точку нового отрезка и выйти из команды.

2.4 Размеры

В программе размеры выполняют не только свои прямые функции, но и функции редактирования, так как они дают возможность переместить объект на заданное расстояние по отношению к другому объекту. Кроме того, увязывая объектам эскиза размерами, мы имеем возможность дать им более полное определение их местоположения относительно **Исходной точки** эскиза и друг относительно друга.

Оперировать **Параметрами свойств** объектов в их **Диалоговом окне** не всегда удобно и малоэффективно, т.к. человеку свойственно иметь дело с абсолютными величинами, коими являются размеры объектов и дистанции их взаимного расположения, а не с относительными, каковыми выступают координаты конечных точек, центров дуг и т.п. относительно **Исходной точки** Эскиза.

Команды создания и нанесения **Размеров** можно выбрать из каскадного меню **Инструменты** → **Размеры**, а их инструменты — в панели **Размеры/Взаимосвязи** (см. рис. 2.17).

В *Solid Works* предусмотрены следующие команды создания и нанесения размеров:

- ☑ ***Авто***. Создает размеры для одного или нескольких выбранных объектов. В *Solid Works* предусмотрены *Параллельные, Горизонтальные* и *Вертикальные* размеры. Под ***Параллельным*** следует понимать размер между двумя различными элементами объекта, (рис. 2.18) а под ***Горизонтальным*** и ***Вертикальным*** — его проекции на соответствующие координатные оси. Команда ***Авто*** создает один из упомянутых типов размеров. Тип размера определяется в процессе его нанесения путем перемещения указателя в том или ином направлении;
- ☑ ***Горизонтальные*** — создает горизонтальные размеры между выбранными объектами;
- ☑ ***Вертикальные*** — создает вертикальные размеры между выбранными объектами;

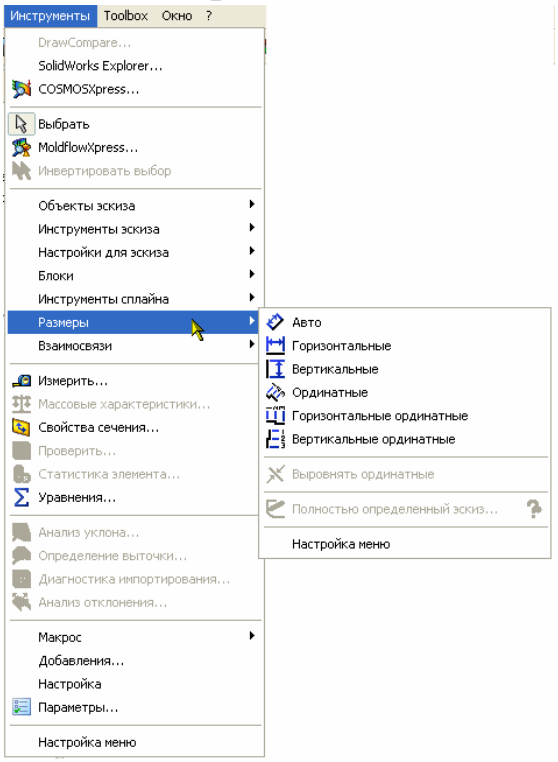


Рис. 2.17 Меню инструментов ***Размеры***

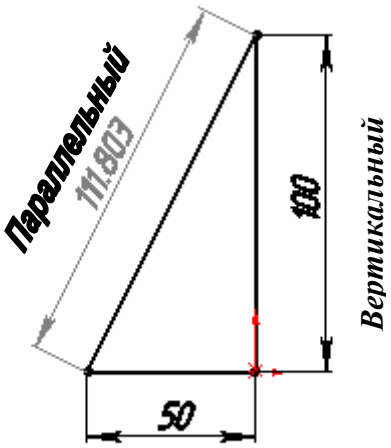


Рис. 2.18

- ☑ ***Ординатные*** — создает набор размеров, начинающихся с нулевой ординаты в чертеже или эскизе;
- ☑ ***Горизонтальные ординатные*** — создает набор горизонтальных размеров, начинающихся с нулевой ординаты в чертеже или эскизе;
- ☑ ***Вертикальные ординатные*** — создает набор вертикальных размеров, начинающихся с нулевой ординаты в чертеже или эскизе;

2.4.1 Порядок добавления размеров

В общем случае порядок нанесения размеров на объекты эскиза сводится к выбору объекта (ов) и "закреплению" положения размера в **Графической области** эскиза. При этом необходимо помнить, что при выборе объекта эскиза, когда Вы находитесь в команде **Размеры**, *Solid*

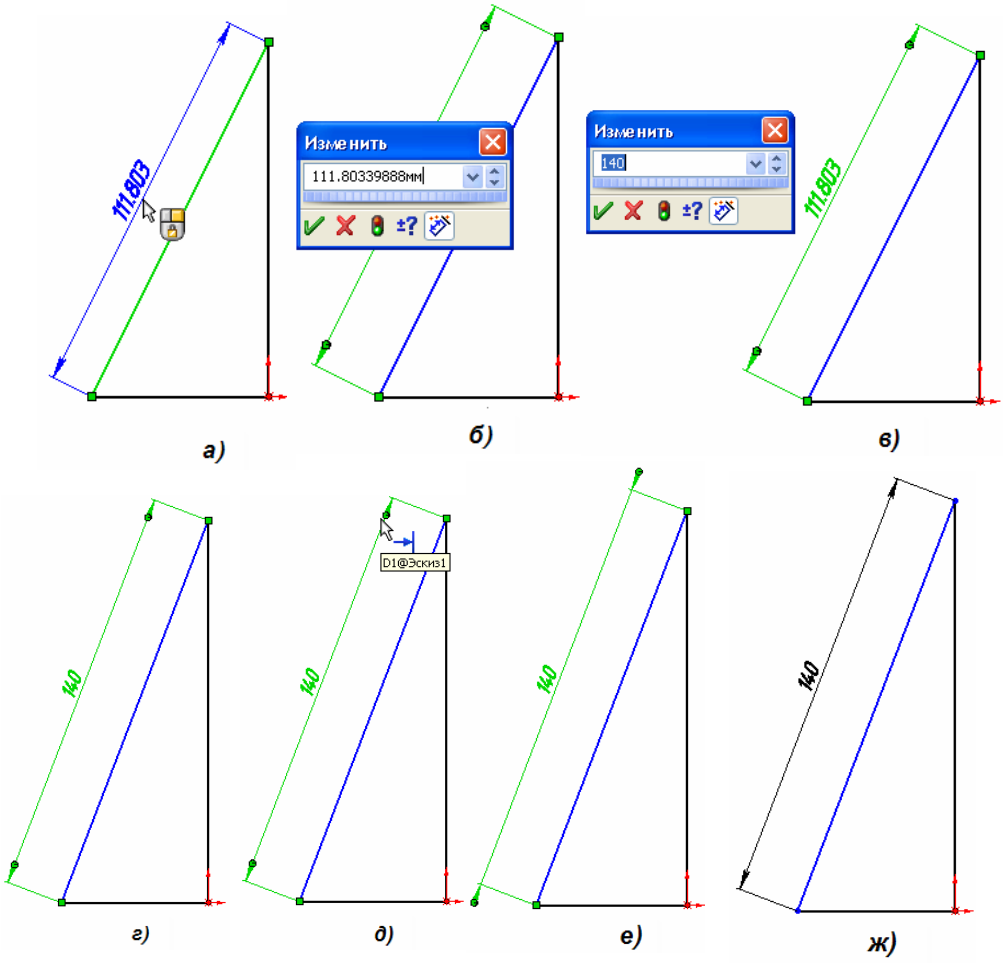


Рис. 2.19 Нанесение (добавление) размеров объектам эскиза.

Works указывает его основной параметр, характеризующий его как данный объект эскиза.

Порядок добавления обычных размеров рассмотрим на примере добавления размера ***Линии*** (отрезка прямой) (рис. 2.19).

1. *Активизируем команду* ***Автоматическое нанесение размеров*** .
2. *Выберем произвольную* (но не конечную) *точку линии* и сместим указатель, как это показано на рис. 2.19, *а)*. Выводится динамическое изображение размера. Перемещением указателя выберем, например, ***Параллельный*** размер. Размер отображается в режиме эскиза (синим цветом).
3. Щелчком зафиксируем полученный размер (см. рис. 2.19, *б*). В поле свойств отображается диалоговое окно ***Размер***. В графическом поле созданный размер переводится в режим выбора, и отображается диалоговое окно **Изменить**. Оно состоит из трех строк (рис. 2.20):

   - ***Верхняя строка*** является **заглавной**. В ней на синем фоне отображается имя диалогового окна и кнопка системной команды **Закрыть** . **Заглавная строка** может быть использована для перемещения диалогового окна в другое место. Для этого необходимо выбрать ее любую точку и *буксировкой* переместить окно в нужное место.

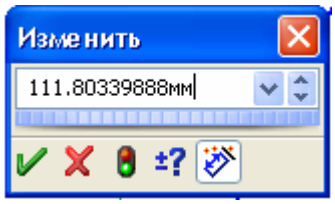


Рис. 2.20

   - ***Вторая строка*** предназначена для отображения и редактирования размерного числа. По умолчанию размерное число выводится на синем фоне. Синий фон свидетельствует о том, что вместо имеющегося там размерного числа можно ввести другое без удаления имеющегося там числа. В правой части строки находится счетчик , при помощи которого можно изменять размерное число с шагом, установленным в *Инструменты → Параметры → Настройках пользователя → Инкременты счетчика*. Роль счетчика выполняет и расположенное прямо под текстовым окном

размерного числа колесико прокрутки. Это колесико впервые появилось в версии *Solid Works 2007*. Взявшись за это колесико курсором, удерживая его левой клавишей, и перемещая курсор влево - вправо можно добиться требуемого результата, аналогично тому, как это делается при помощи счетчика размера .

- ***Третья строка*** представляет собой панель инструментов команд:
  - *Сохранить значение и выйти из диалога* - сохраняет отображаемое в счетчике размерное число, присваивая его значение проставляемому в эскизе размеру.
  - *Восстановить первоначальное значение и выйти из диалога* - сохраняет исходное значение размерного числа до изменения в текстовом окне размерного числа.
  - *Регенерация модели с текущим значением* . Эту функцию можно использовать, если деталь не редактируется в другом документе или в чертеже. Она очень удобна при проектировании, когда не известно точное значение настраиваемого размера и конструктор "прикидывает" его на создаваемом эскизе. Удобство этой функции заключается в том, что, производя регенерацию размера можно динамично наблюдать изменение эскиза в зависимости от введенного числа. Эта функция доступна и для чертежей, если модель не связана с другим документом.
  - *Настройка Инкремента/Декремента*[1] - позволяет изменить значение Инкремента/Декремента счетчика. Для этого следует ввести новое значение в счетчик и нажать **Enter**. Чтобы сделать новое значение параметром по умолчанию, необходимо выбрать параметр *Сделать параметром по умолчанию* до нажатия **Enter**.
  - *Пометить размер для импорта в чертеж.* - следует использовать этот параметр, если проставляемый размер предполагается импортировать в чертеж. Функция доступна только в документах деталей и сборок. Когда

[1] ***Increment*** (англ.) - увеличение, приращение - добавление константы к счётчику, увеличение значения размера на единицу значения переменной. ***Decrement*** (англ.) – уменьшение, отрицательное приращение.

элементы добавляются в чертеж, можно добавить все размеры или только те, которые отмечены.

4. После редактирования числа (рис. 2.19, *в*) и щелчка на инструменте *Сохранить значение и выйти из диалога* ✔ или нажатии клавиши **Enter** в графическом поле фиксируется размер с отображаемым в счетчике размерным числом в режиме редактирования (рис. 2.19, *г*). Об этом свидетельствует зеленый цвет размерного числа, наличие квадратных блоков зеленого цвета в концевых точках выносных линий и кружочки зеленого цвета на стрелках размерной линии. Этот режим дает возможность *буксировкой* переместить размерную линию и размерное число в нужное положение, а также изменить положение и направление стрелок (рис. 2.19, *д*) нажатием на кружочек на одной из них (рис. 2.19, *е*). После щелчка размер фиксируется черным цветом (рис. 2.19, *ж*).

Как правило, добавление линейного или углового размера объекта эскиза осуществляется с помощью команды ***Авто*** . При этом тип размера определяется автоматически после выбора соответствующих элементов объектов эскиза (рис. 2.21), но при этом следует помнить и соблюдать следующие правила:

- *для добавления размера длины* ***Линии*** (отрезка прямой) необходимо выбрать на ней одну (***но не конечную! точку***) или две конечных точки и, в зависимости от необходимости поставить ***Параллельный*** (рис. 2.21, *а*), ***Горизонтальный*** (рис. 2.21, *б*) или ***Вертикальный*** (рис.2.21, *в*), переместить курсор в соответствующее размеру положение (рис. 2.21, *а-в*) в графической области эскиза.;
- *для добавления угла между двумя* ***Линиями*** нужно выбрать по произвольной точке на обеих линиях, при этом, выбор первой

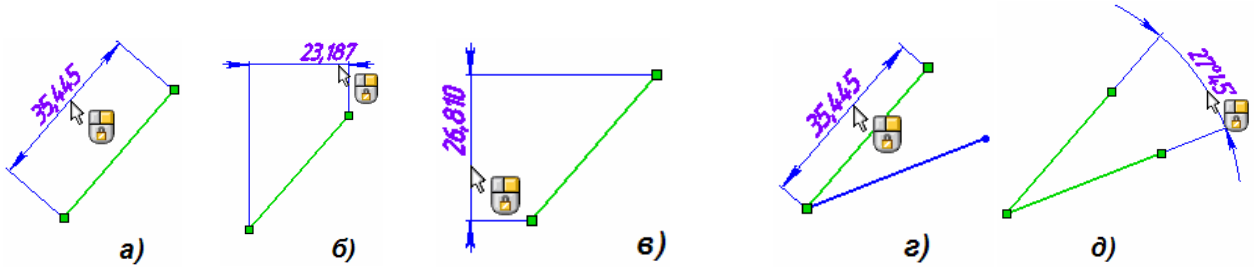


Рис. 2.21 Добавление линейных и угловых размеров к объектам эскиза ***Линия.***

Линии автоматически сопровождается отображением ее линейного размера (рис. 2.21, *г*) и лишь после выбор второй ***Линии*** в графической области эскиза появляется числовое значение угла между выбранными объектами (рис. 2.21, *д*). Размерное число по умолчанию отображается в ***Градусах***, но пользователь сам может настроить свой *Solid Works* на формат

вывода этой информации. Для этого достаточно зайти в *Инструменты → Параметры →Свойства документа → Единицы измерения* и в области *Единицы измерения угла* выбрать желаемый формат вывода углового размера: ***Градусы, Град/Мин, Град/Мин/Сек*** или ***Радианы***.

- *для добавления диаметра* ***Окружности*** — выбрать на окружности произвольную точку; при этом команда автоматически добавляет к размерному числу знак диаметра (рис. 2.22, *а*);
- *для добавления радиуса* ***Дуги*** — выбрать на дуге произвольную точку; при этом команда автоматически добавляет к размерному числу знак радиуса (рис. 2.22, *б*);
- *для добавления длины* ***Дуги*** — выбрать на дуге произвольную точку, а затем две конечные точки; при этом команда автоматически добавляет к размерному числу знак длины дуги (рис. 2.22, *в*);
- для добавления угла дуги — выбрать в произвольном порядке центр дуги и ее конечные точки (рис. 2.22, *г*);

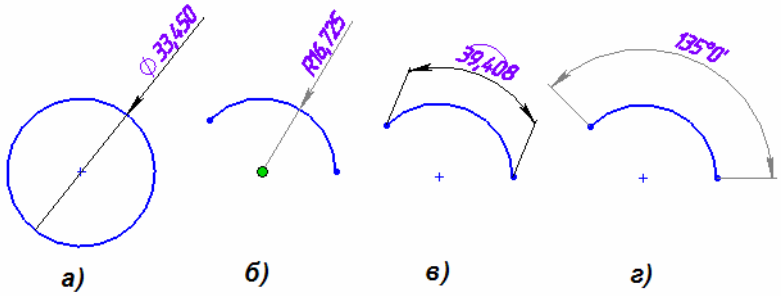


Рис.2.22 Добавление параметрических размеров к объекту эскиза ***Дуга***

Для редактирования значения размерного числа необходимо на размере выполнить двойной щелчок. В поле свойств открывается диалоговое окно ***Размер***, а в графическом поле открывается диалоговое окно **Изменить** (рис. 2.19, *б-в,* 2.20). В его текстовом окне следует ввести новое значение размерного числа и щелкнуть на инструменте команды ***Сохранить значение*** и выйти из диалога.

В размере отображается новое значение размерного числа, а объект эскиза приводится в соответствие с этим размерным числом (рис. 2.19). Таким образом, размер управляет величиной объекта эскиза. Такой размер получил название ***управляющего*** размера, из чего следует, что редактирование объекта эскиза может осуществляться как с помощью параметров его **Диалогового окна** (см**.** *Тема 1, раздел 1.3)*, так и с помощью **Размеров**.

2.4.2 Добавление размеров между двумя объектами эскиза.

Рассмотренный в предыдущем разделе порядок добавления размеров к отдельным элементам не может в полной мере описать построенный Вами эскиз, доведя его до логически законченного вида. Как Вы понимаете, возникает объективная необходимость связывать между собой размерами различные по конфигурации объекты.

Рассмотрим порядок добавления размеров между двумя объектами эскиза. Естественно, что прежде, чем приступать к нанесению размеров, активизируем команду ***Автоматическое нанесение размеров*** и, следуя описанным в предыдущем разделе правилам добавления размеров, поставим размеры между (рис. 2.23):

- **Между двумя точками** — необходимо выбрать эти ***Точки*** в

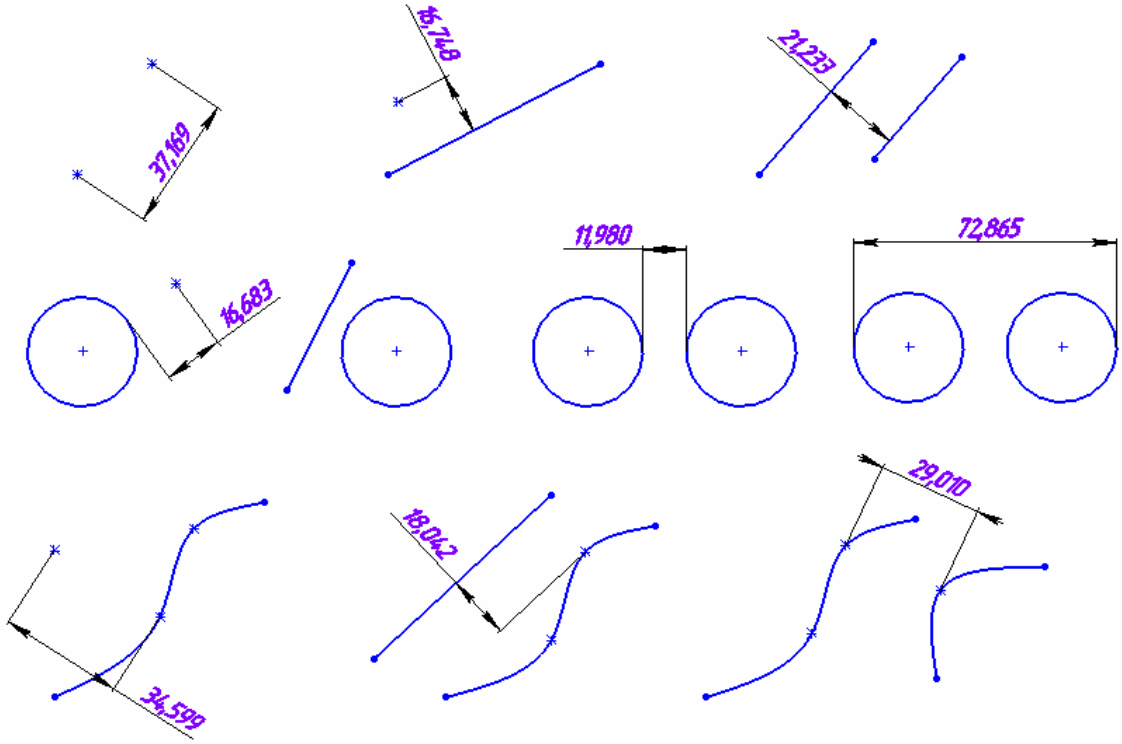


Рис. 2.23 Добавление размеров между двумя объектами эскиза

любой последовательности;

- **Между точкой и линией** — необходимо в любой последовательности выбрать заданную ***Точку*** и любую (***но не конечную!***[2]) точку ***Линии***;

[2] Это очень важное замечание, т.к. в случае, когда Вы делаете привязку выносной линии размера к конечной точке объекта – Вы добавляете взаимосвязь размера именно к конечной точке этого объекта, а не к объекту в целом. В противном случае второй конец объекта может "гулять" по **графической плоскости** эскиза как самостоятельно (от случайного перемещения его Вами же), так и под воздействием различных взаимосвязей со стороны других, соседних объектов этого эскиза..

- **Между двумя параллельными линиями** — необходимо в любой последовательности выбрать по одной произвольной (***но не конечной!***) точке на каждой из ***Линий***;
- **Между точкой и окружностью**[3] — необходимо в любой последовательности выбрать заданную ***Точку*** и, *удерживая клавишу* ***Shift*** *на клавиатуре*, точку ***Окружности***, расположенную примерно на одной прямой, соединяющей заданную ***Точку*** с центром ***Окружности***;
- **Между линией и окружностью** — необходимо выбрать произвольную (***но не конечную!***) точку ***Линии*** и, *удерживая клавишу* ***Shift***, точку ***Окружности***, наиболее близко лежащую к данной ***Линии*** - примерно на перпендикуляре к ***Линии***, проходящем через центр ***Окружности***;
- **Между двумя окружностями** — необходимо в любой последовательности, *удерживая клавишу* ***Shift,*** выбрать по одной точке, лежащей примерно на одной прямой, соединяющей центры этих ***Окружностей***;
- **Между точкой и кривой** — необходимо в любой последовательности выбрать заданную ***Точку*** и точку ***Кривой***, расположенную примерно на одной прямой, их соединяющей, при этом следует помнить о положении курсора при указании места расположения текста размера (см. *добавление размера длины* ***Линии*** *между двумя точками,* рис. 2.21, *б* и *в*);
- **Между линией и кривой** — необходимо в любой последовательности выбрать точку ***Кривой*** и произвольную (***но не конечную!***) точку ***Линии***;
- **Между двумя кривыми** — необходимо в любой последовательности выбрать по одной точке ***Кривой***, лежащих примерно на одной прямой, соединяющей их центры кривизны на выбранных участках.

2.4.3 Добавление размеров между двумя Окружностями, Дугами

Привязка размеров между двумя Дугами, Окружностями, равно как и при комбинации этих объектов между собой, подчиняется особым правилам. Именно поэтому рассмотрение данного вопроса было принято вынести в отдельный раздел.

---

[3] Здесь и далее рассматривается вопрос добавления размера между объектами эскиза и любой точкой ***Окружности,*** лежащей на ней. По умолчанию, *Solid Works,* при простановке размеров, делает привязку к центру ***Окружности*** или ***Дуги***. Как изменить такую привязку, будет рассмотрено в следующем разделе.

Как уже отмечалось, при наложении взаимосвязи между объектами эскиза, *Solid Works* выбирает наиболее характерные для этих объектов параметры, описывающие их как *Объект эскиза.*

ПРИМЕЧАНИЕ: *Solid Works* объединяет такие объекты, как ***Дуга*** и ***Окружность*** в одно понятие – **Дуга**. Другими словами: ***Окружность*** – это ***Дуга*** с углом поворота на 360°.

Для ***Линии*** – это ее длина, для ***Дуги*** и ***Окружности*** – это *радиус* и *диаметр*, соответственно. Поэтому, когда Вы устанавливаете для этих объектов взаимосвязь в виде размера, описывающего их взаимное расположение в пространстве, *Solid Works* "связывает" их центры, как точки, характеризующие начало этих фигур (рис. 2.24, *а*).

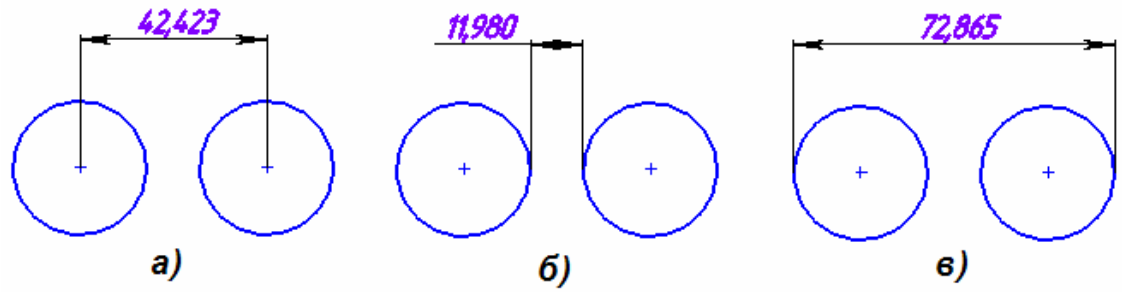


Рис. 2.24 Варианты наложения размеров между ***Окружностями (Дугами).***

Изменить положение (если это не было сделано изначально в процессе назначения размера, как оговаривалось в предыдущем разделе) выносных линий можно следующими способами:

2.4.3.1 Использование ***Дополнительных свойств*** параметра **Размер.**

Рассмотрим это на примере, взяв за основу ситуацию, представленную на рис. 2.24, *а*). Т.е. размер между двух ***Окружностей*** был поставлен с автопривязкой *Solid Works* к центрам объектов.

ВНИМАНИЕ **Добавляя размеры к объектам эскиза *Дуга*** или ***Окружность*** **следует выбирать именно объекты, а <u>не их центральные точки!</u>**

Для исправления ситуации, т.е. для получения результата, показанного на рис. 2.24,)*б* и *в)* выполним следующие действия:

1. *Активизируем размер*, проставленный между ***Окружностями***, для чего щелкнем на текстовой части размера (42,423 мм). Размер подсвечивается зеленым цветом, а в *Property Management (Менеджере Свойств)* открывается **Диалоговое окно** параметра **Размер**.

2. *Выбираем параметр Дополнительные свойства.* Это можно сделать:

   - Щелкнув на кнопку с соответствующей надписью в конце **Диалогового окна** параметра **Размер,** либо
   - Вызвав правой клавишей на текстовой части размера (42,423 мм) контекстное меню, выбрать команду ***Свойства*** (Свойства...).

В любом случае на **Рабочем столе** появляется **Диалоговое окно**, представленное на рис.2.25.

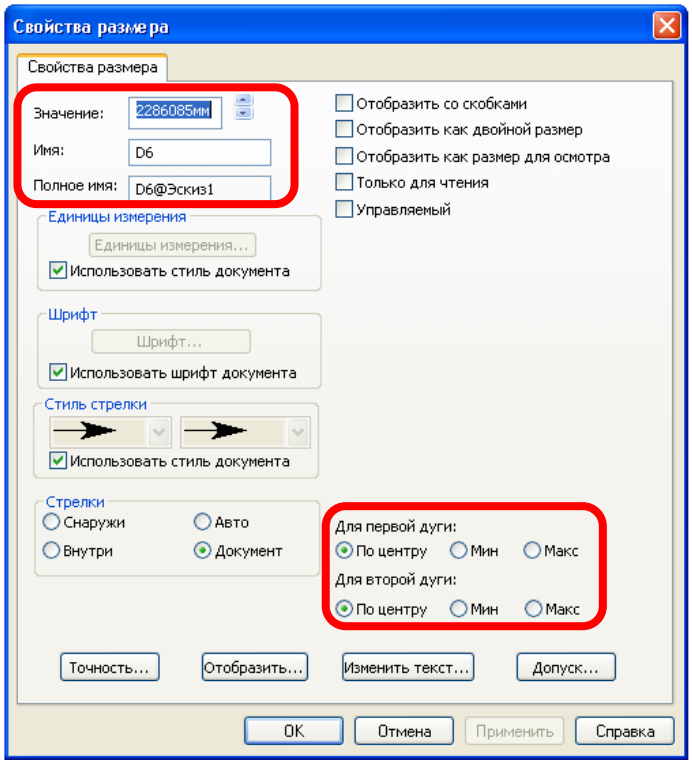


Рис. 2.25 Диалоговое окно ***Дополнительные свойства Размера***

Не вдаваясь в подробности описания всех полей данного окна (смысл их понятен и без особых комментариев), обратим внимание на зоны, выделенные на рис. 2.25 прямоугольниками.

В первую очередь, обратим внимание на зону, расположенную в правом нижнем углу **Диалогового окна**. В ней, поскольку в **Размере** принимают участие две ***Окружности (Дуги)***, для каждой из ***Дуг*** выделена собственная строка, в которой имеются три окошка-"лампочки":

- ☑ ***По центру*** (ставится по умолчанию) – привязка выносной линии к центральной точке ***Окружности***.

- ☑ ***Мин*** - привязка выносной линии к точке на ***Окружности***, наиболее приближенной ко второму объекту эскиза, между которыми поставлен редактируемый размер.
- ☑ ***Макс*** – привязка выносной линии к точке на ***Окружности***, наиболее удаленной от второго объекта эскиза, между которыми поставлен редактируемый размер.

3. Для получения результата, показанного на рис.2.24, *б), делаем пометки на окнах параметра* ***Мин*** для обоих ***Дуг.*** Соответственно, для получения результата, показанного на рис.2.24, *в), делаем,* для обоих ***Дуг,*** *пометки на окнах параметра* ***Макс***.

ПРИМЕЧАНИЕ: В зависимости от ситуации, возникающей при добавлении размеров между *Дугами (Окружностями),* пары параметров *Мин, Макс* и *По центру* можно комбинировать для каждой дуги в отдельности.

ВНИМАНИЕ: Если в процессе выбора точек привязки для добавления размера между *Дугами* (*Окружностями*) были выбраны центра этих объектов, то в Диалоговом окне *Дополнительных свойств* Размера рассматриваемая в примере зона будет пуста, т.е. в этом случае невозможно будет изменить положение выносных линий, т.к. объект эскиза Точка не имеет ни параметра *Мин*, ни *Макс*, ни, тем более, *Центра точки*.

4. Нажимаем клавишу **ОК.**

Параметры, представленные во втором– в левом верхнем углу (см. рис. 2.25) – окне **Диалогового окна *Дополнительных свойств Размера***, в настоящий момент нам малоинтересны, но хотелось бы обратить на них отдельное внимание, т.к. буквально в следующей ***Теме*** они нам понадобятся. Окна имеют следующие значения:

Имя *(в нашем случае – D6)* – имя, присвоенное данному размеру, принадлежащему эскизу (в нашем случае – *Эскиз1)*. Имя размеру *Solid Works* присваивает автоматически, без участия пользователя. При этом, ***D*** *– dimension (англ.)* – размер, ***6*** – порядковый номер данного размера. По желанию пользователя данный параметр может быть изменен на любое другое имя, принадлежащее.

Полное имя *(в нашем случае – D6@Эскиз1)*– полный путь описания принадлежности размера.

Значение – числовое значение данного размера. Этот параметр может быть изменен пользователем непосредственно в этом окне, а может

быть изменен позже, методом, описанном в п.1.3.1 и проиллюстрированном на рис. 2.19 и 2.20.

2.4.3.2 Свободное перемещение выносных линий ***Размера*** в требуемую точку привязки.

Этот способ, на мой взгляд, наиболее удобен для выполнения рассматриваемой операции по редактированию местоположения выносных линий между элементами эскиза, в которых присутствуют ***Дуга(и)*** и(или) ***Окружность(и)***. Этот способ прост, т.к. он основан на визуализации процесса редактирования, а следовательно, пользователь сам в праве выбирать удобное ему новое местоположение выносной линии ***Размера***.

Проиллюстрируем сказанное на примере объектов, показанных на уже знакомом нам по предыдущим вопросам рис.2.24, *а)* – это исходное положение объектов на **Графическом поле** эскиза. Для того, чтобы изменить положение выносных линий размера необходимо выполнить следующие действия:

1. *Активизируем размер*, проставленный между ***Окружностями***, для чего щелкнем на текстовой части размера (42,423 мм). Размер подсвечивается зеленым цветом.
2. *Подводим курсор* (перед выполнением данной операции необходимо выйти из любой команды, в которой Вы находились, прежде чем начать далее описываемые действия) к начальной точке *выносной линии* (рис. 2.26, *а*), которая совпадает, в данном случае, с центром ***Окружности***. При этом, указанная точка помечается красным цветом, а возле курсора (см. рис. 2.26, *а*) появляется знак "+"[4].
3. Прижав левой клавишей мыши указанную точку и, **не отпуская ее** до окончания выполнения операции, *переносим*

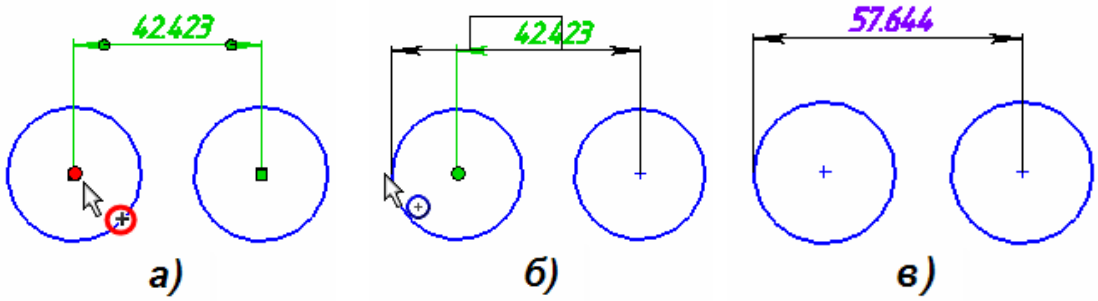


Рис. 2.26 Свободное перемещение выносных линий *Размера* в требуемую точку привязки.

[4] На рисунке этот знак выделен кружком специально, т.к. по геометрическим параметрам выбранного для примера рисунка этот знак попадает на саму линию ***Окружности*** и становится незаметным для читателя.

выносную линию ***Размера*** в новое – требуемое место (рис. 2.26, *б*).

4. *Отпускаем левую клавишу мыши*. Выносная линия остается во вновь назначенном положении (рис. 2.26, *в*).
5. *Повторяем, при необходимости, действия по п.1-4* со второй выносной линией.
6. *Корректируем (изменяем) размерный текст,* если в этом есть необходимость, как об этом было сказано в п. 1.3.1 и проиллюстрированном на рис. 2.19 и 2.20.

В заключении по данному вопросу следует отметить, что редактировать положение выносных линий размера можно на любой стадии проектирования. При этом любой из рассмотренных выше способов может быть использован пользователем по его желанию.

Что касается приоритетов, то я бы отдал предпочтение самому первому способу добавления размеров объектам эскиза типа ***Дуга*** (***Окружность***), рассмотренному в начале раздела 2.4.3, а редактирование, при необходимости, выполнять при помощи ***Дополнительных свойств*** **Размера** (п.2.4.3.1), т.к. способ свободного перемещения выносных линий требует определенных навыков в выполнении этой процедуры, а потому у новичков не пользуется большой популярностью.

2.5 Состояние эскиза

Геометрия эскиза в зависимости от наличия размеров и взаимосвязей может находиться в различном состоянии, что определяет границы его применения. При этом состояние эскиза отображается определенным по умолчанию цветом.

Эскиз и его отдельные объекты могут находиться в одном из следующих состояний:

- **Полностью определен** (отображается **черным цветом**). Геометрические элементы эскиза и их положение полностью описаны с помощью *размеров* и *взаимосвязей*. Допускается добавление в эскиз избыточных взаимосвязей *параллельность, перпендикулярность, равная длина и т. д.*
- **Недоопределен** (отображается **синим цветом**). Геометрические элементы эскиза и их положение не полностью описаны с помощью размеров и взаимосвязей. Иначе говоря, не определены некоторые размеры или взаимосвязи, но их можно добавить или изменить.
- **Переопределен** (отображается **красным цветом**). Имеют место конфликтные или повторные размеры или взаимосвязи. Путем

удаления избыточной информации эти эскизы можно перевести в состояние полностью определенных или недоопределенных эскизов.

- **Не решено** (отображается **розовым цветом**). Геометрия, взаимосвязи или размеры препятствуют расчету эскиза. Эскизы с такими типами геометрии помечаются таким образом: ***Решение не было найдено***.
- **Недопустимый** (отображается **желтым цветом**) — эскиз поддается расчету, но в результате получается недопустимая геометрия, например, нулевая длина линии, дуга нулевого радиуса или самопересекающийся сплайн. Эскизы с такими типами геометрии помечаются таким образом: ***Найдено недопустимое решение.***

С позиций формообразования допускается использование как **Полностью определенных** и **Недоопределенных** эскизов, однако желательно до конца работы по формообразованию **Недоопределенные** эскизы путем их редактирования преобразовать в **Полностью определенные.** Это желательно делать потому, что *Solid Works* все равно, в процессе загрузки цифровой модели Вашего изделия, будет пересчитывать координаты объектов **Недоопределенного** эскиза, определяя их местоположение относительно **Исходной точки** данного эскиза. И хотя эта процедура занимает миллисекунды работы процессора Вашего компьютера, но при очень большом количестве компонентов сборки[5], где количество эскизов может быть больше числа компонентов в несколько раз, это значительно увеличит время загрузки цифровой модели сборки, а, следовательно, будет сильно тормозить работы по редактированию проектируемого изделия. Особенно это будет хорошо заметно на этапе оформления чертежей по данному изделию.

[5] На сегодняшний день (2007 г.) в ОГК ПО самая большая сборка, составляет около ***128 000*** компонентов – проект ТЛС-3000 Алчевского металлургического комбината

ГЛАВА 3
ПОСТРОЕНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ЭСКИЗОВ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Содержание

3. Построение и редактирование эскизов твердотельных моделей 90

3.1 Первый урок по построению эскиза. 90

3.8.1. Построение эскиза Ключ 90

3.8.2. Инструмент редактирования эскиза Удлинить объекты 96

3.8.3. Редактирование эскиза Ключ. 97

3.8.4. Скругление 99

3.8.5. Создание фасок на эскизе 101

3.2 Дополнительные инструменты, используемые при создании эскиза 102

3.2.1. Использование элементов вспомогательной геометрии при построении эскиза. Осевая линия и области ее применения при построении эскиза 102

3.2.2. Использование Осевой линии в качестве вспомогательной при создании эскиза. 104

3.2.3. Зеркальное отражение объектов эскиза 104

3.2.4. Динамическое зеркальное отражение 107

3.3 Маленькие хитрости или как проще создавать эскиз. 110

3.4 Создание линейных массивов из объектов эскиза 114

3.5 Создание круговых массивов из объектов эскиза 120

3.6 Редактирование массивов 124

3.7 Параметризация эскиза. Управление эскизом при помощи уравнений. 125

3.8 Общие настройки Solid Works 134

3.8.1. Настройка панелей инструментов 134

3.8.2. Настройка Диспетчера Команд.....138

3.8.3. Общие настройки пользователя 140

3.9 Пример построения эскиза сложной формы. 145

Вопросы для самопроверки. 152

Задания для самостоятельной работы 154

Ответы на вопросы для самопроверки..... 155

3. ПОСТРОЕНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ЭСКИЗОВ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

В предыдущих главах мы рассмотрели основные команды, с помощью которых производится построение объектов эскиза и их (объектов) редактирование. Однако этих знаний не достаточно, чтобы построить полноценный эскиз, на базе которого будет получена твердотельная цифровая модель (***Модель***) будущего изделия.

Вопросы создания эскиза – наиболее важная часть будущего проекта, поскольку от правильности, а порой и корректности, построения эскиза зависит конфигурация Модели изделия. Именно поэтому так много, на первый взгляд, времени уделяется рассмотрению вопросов создания эскиза. Кроме того, невозможно перейти к изучению вопросов получения Моделей без создания Эскиза.

Итак, мы переходим от теории к практике, т.е. приступаем к изучению вопросов построения ***Эскизов*** твердотельных цифровых моделей. Но это не значит, что с этого момента начнется одна только практика построения ***Эскиза***, по ходу решения тех или иных вопросов мы, параллельно, будем изучать и другие команды, необходимые и помогающие, а во многих случаях – упрощающие и ускоряющие, процесс построения ***Эскиза***.

3.1 Первый урок по построению эскиза.

Для начала рассмотрим самые простые приемы, при помощи которых Вы сможете построить не сложный эскиз. Во время выполнения заданий, представленных в этом разделе, мы познакомимся с такими командами редактирования, как ***Отсечь объекты*** , ***Удлинить объекты*** , ***Скругление*** , а также научимся ***Добавлять взаимосвязи*** и ***Размеры*** между объектами эскиза.

3.8.1. Построение эскиза Ключ

Рассмотрим основы построения эскиза на одном из наиболее простых примеров – построение эскиза *Ключ* (рис. 3.1).

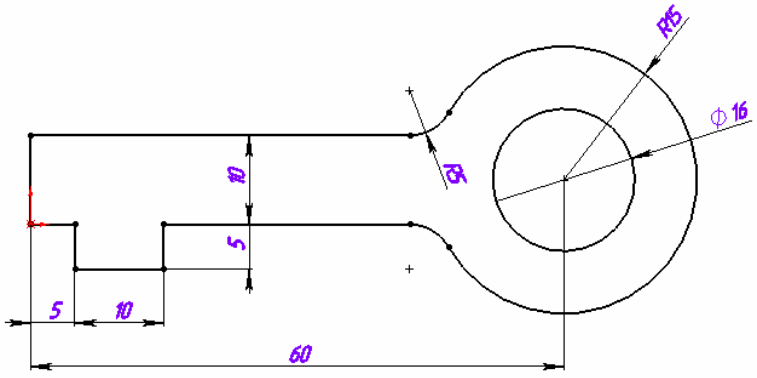


Рис. 3.1 Задание №1 – построить эскиз Ключ

Как видно из представленного на рисунке примера, для выполнения этого задания нам потребуются, как минимум две команды по созданию эскиза: ***Линия*** и ***Окружность***. Знакомство с этими командами было подробно рассмотрено в Теме 1 «Построение эскиза на плоскости» (подразделы. 1.4.2 и 1.4.7).

Для начала загрузим *Solid Works* и зайдем в режим создания *Эскиза*, т.е. загрузим шаблон ***Детали,*** где, выбрав одну из стандартных плоскостей, дадим команду программе на построение эскиза, т.е. активизируем команду ***Эскиз*** (см. ***Тема 1 «Построение эскиза на плоскости»*** *(разделы. 1.2* и *1.3)*.

Построение начнем из ***Исходной точки****, для этого:*

Активизируем команду ***Линия*** и, подведя курсор к **Исходной точке,** нарисуем ту часть *Ключа*, которая представляет собой набор из линейных объектов (рис. 3.2, *а*). Следует помнить, что при создании эскиза вовсе не обязательно придерживаться тех его размеров, которые он примет в окончательном виде. Эскиз рисуется «как придется», сохраняя лишь контуры, а окончательную форму он приобретет только после его редактирования с добавлением размеров и взаимосвязей.

Активизируем команду Окружность и нарисуем две концентрические окружности (рис. 3.2, б).

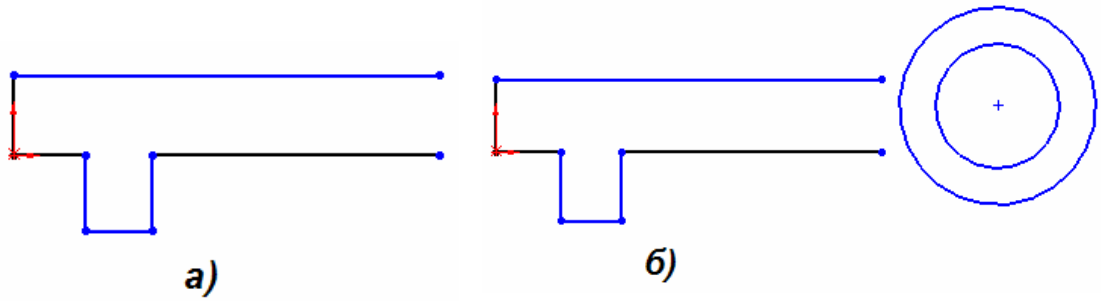


Рис. 3.2 Построение эскиза *Ключ*.

При построении данного эскиза окружности были нарисованы на некотором расстоянии от линейной части эскиза специально, т.к. на этом этапе изучения вопросов проектирования – создания эскиза в *Solid Works* – трудно совместить все нужные точки пересечения одновременно. Данное обстоятельство не должно нас сильно волновать в будущем, поскольку инструменты редактирования, которые мы рассмотрим в этой главе, позволят нам легко выйти из любой ситуации, на подобие возникшей.

Рассмотрим инструменты редактирования, необходимые для построения именно этого эскиза, отдельно, предварительно изучив все их возможные функции.

Инструмент редактирования эскиза Отсечь объекты

Инструмент редактирования эскиза ***Отсечь объекты*** расположен в **Главном меню** *Инструменты → Инструменты эскиза → Отсечь*. Поскольку данный инструмент довольно часто используется при построении эскиза, то полезно вынести иконку этой команды - на ***Панель инструментов*** **Рабочего стола.**

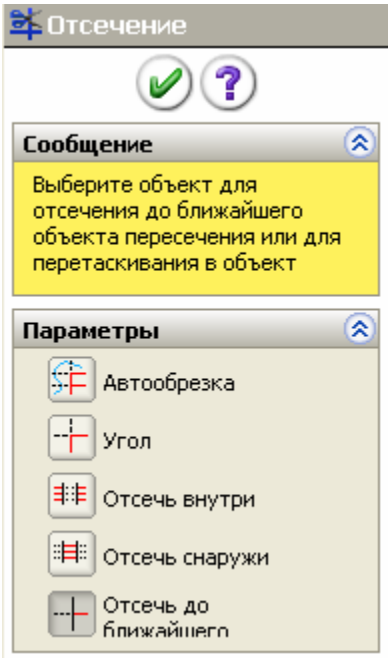


Рис. 3.3 Диалоговое окно инструмента редактирования эскиза ***Отсечь объекты***

Данный инструмент предназначен для удаления ненужных частей объектов эскиза. С помощью него можно обрезать любые объекты эскиза, рассмотренные в предыдущей Теме, при пересечении их друг с другом.

С помощью инструмента ***Отсечь объекты*** можно также растягивать (удлинять) объекты эскиза.

Для включения режима обрезки щелкните на кнопке ***Отсечь объекты*** в менеджере команд ***Эскиз***, при этом откроется менеджер свойств ***Отсечение*** (рис. 3.3), а курсор примет вид .

Диалоговое окно инструмента редактирования эскиза **Отсечь объекты** содержит следующие параметры:

Автообрезка – позволяет пользователю отсекать отдельные объекты эскиза (рис. 3.4, *а*) до ближайшего пересекающего объекта при перетаскивании указателя. При этом, чтобы обрезать ненужную часть эскиза в этом режиме, нужно нажать левую кнопку мыши на **Графической области** и, удерживая ее нажатой, переместить курсор вдоль объектов, подлежащих удалению. Вдоль линии перетаскивания останется след серого цвета (рис. 3.4, *б*). При наведении курсора на нежелательный объект этот объект будет удален, а на его

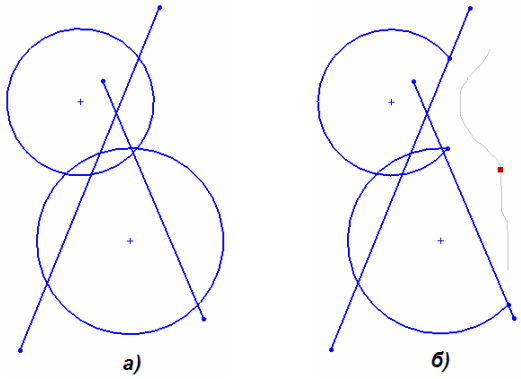


Рис.3.4 Обрезание объектов эскиза при помощи инструмента редактирования ***Обрезать объекты.*** *Автообрезка.*

месте появится маленький красный прямоугольник. Обрезку объектов эскиза можно продолжать, наводя на них курсор в режиме перетаскивания. Когда все ненужные объекты будут удалены, можно отпустить левую кнопку мыши.

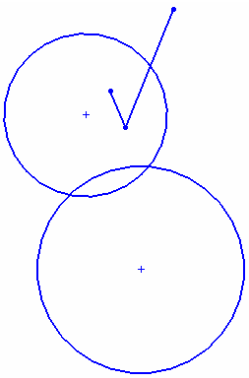


Рис. 3.5 Обрезание объектов эскиза при помощи инструмента редактирования ***Обрезать объекты,*** *Угол.*

- *Угол* - позволяет обрезать или растягивать объекты эскиза таким образом, чтобы результирующие элементы образовывали угол. Действие этого инструмента распространяется только на объекты эскиза – ***Линия.*** Для выполнения операции по отсечению «лишних» концов пересекающихся отрезков (см. рис. 3.4, *а*) нужно, активизировав инструмент ***Отсечь объекты***, выбрать параметр *Угол* и выбрать курсором те части отрезков, которые подлежат сохранению. Выделенные части объектов будут сохранены, а другие части будут удалены, в результате чего образуется угол (рис. 3.5).

Данный инструмент позволяет также растягивать объекты до их пересечения друг с другом, при этом последние (это действие распространяется исключительно на объекты эскиза – ***Линия***) должны быть обязательно разомкнуты. Чтобы их соединить в точке взаимного пересечения, достаточно поочередно выделить объекты, которые требуется растянуть. Результатом действия этой команды будет физическое удлинение выбранных отрезков до точки их видимого

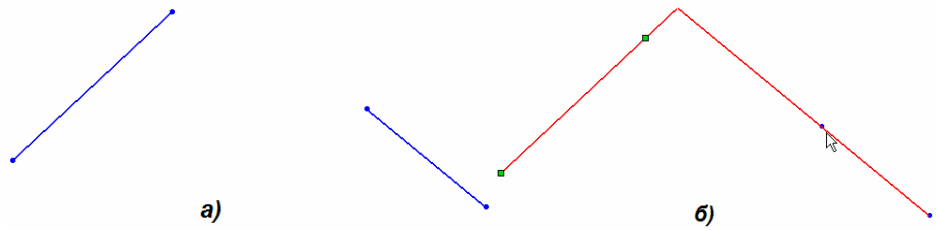


Рис. 3.6 Удлинение объектов эскиза при помощи инструмента редактирования ***Обрезать объекты,*** *Угол.*

пересечения (рис. 3.6).

- *Отсечь внутри* - позволяет обрезать внутреннюю часть выбранного объекта. Эта часть определяется двумя *граничными объектами*. При выборе этого параметра в инструменте редактирования эскиза ***Обрезать объекты,*** необходимо выделить два *граничных объекта*, а затем объект(ы), подлежащие обрезке. Порядок выполнения данной операции показан на рис. 3.7, *а-б.*. После того, как будет выбран *объект для обрезки*, его

часть, находящаяся между двумя *граничными объектами*, будет удалена, а внешние части будут сохранены.

- *Отсечь снаружи* - позволяет обрезать наружную часть выбранного объекта. Данный параметр инструмента ***Обрезать объекты*** полностью идентичен параметру *Обрезать внутри* с той лишь разницей, что при наведении курсора на *обрезаемый объект* удаляются все его части, расположенные за пределами *граничных объектов* (см. рис. 3.7, *в*).

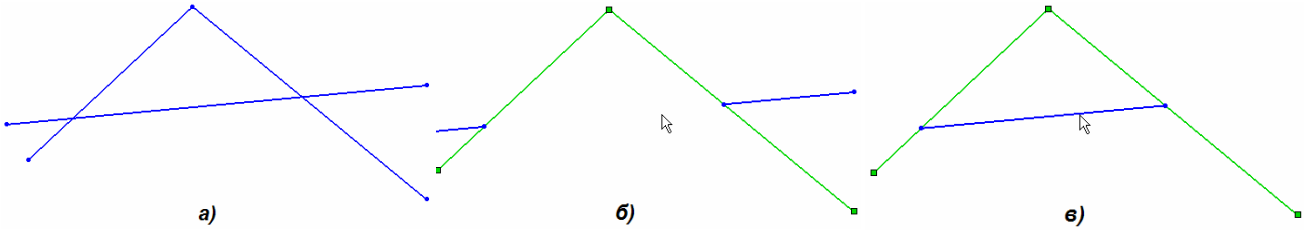


Рис. 3.7 Обрезание объектов эскиза при помощи инструмента редактирования ***Обрезать объекты,*** *Обрезать снаружи* и *Обрезать внутри.*

<u>ВНИМАНИЕ!</u> Действие параметров *Угол, Обрезать снаружи и Обрезать внутри* для данного инструмента распространяется исключительно на объекты эскиза – *<u>Линия</u>* и не может быть применено к другим объектам эскиза.

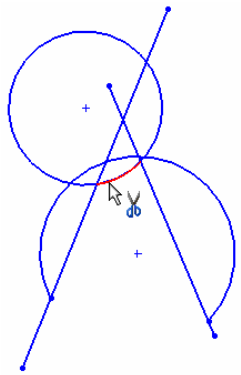


Рис. 3.8 Обрезание объектов эскиза при помощи инструмента редактирования ***Обрезать объекты,*** *Отсечь до ближайшего.*

- *Отсечь до ближайшего* - позволяет обрезать выбранный объект по его ближайшему пересечению. При нажатии этой кнопки курсор принимает форму символа обрезки . Подведите курсор к той части объекта, которую предстоит удалить. Данная часть объекта (или весь объект целиком) будет выделена красным цветом. Нажмите левую кнопку мыши, чтобы удалить выделенный фрагмент. На рис. 3.8 показан фрагмент – дуга окружности, заключенная между двумя прямыми линиями, помеченная для обрезки, при этом дуга в нижней части окружности была уже удалена с помощью этого инструмент (сравни результат с исходным эскизом, показанным на рис. 3.4, *а*).

Данный режим позволяет также растягивать объекты. Для этого нужно:

- Навести курсор обрезки на объект, который требуется растянуть (рис. 3.9, *а*), при этом объект эскиза помечается красным цветом.

- Когда объект окрасится в красный цвет, отвести от него курсор; цвет объекта поменяется на зеленый (рис. 3.9, *б*).
- Перетащить курсор к тому объекту, до которого следует дотянуть выбранный объект (рис. 3.9, *в*). Красным цветом будет показан предварительный вид растянутого объекта.
- Добившись нужного вида, отпустите левую кнопку мыши (рис. 3.9, *г*).

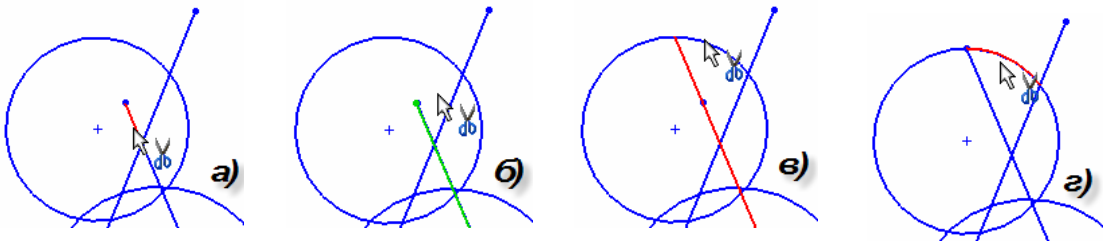


Рис. 3.9 Удлинение объекта эскиза с помощью инструмента редактирования ***Обрезать объекты***, функция *Отсечь до ближайшего.*

Инструмент редактирования эскиза ***Обрезать объекты*** – очень часто используемая команда, т.к. редактировать эскиз необходимо в любом случае, а начертить его начисто с первого раза получается не всегда возможным.

Рассмотренные выше режимы данного инструмента, как мы убедились, позволяют пользователю использовать данный инструмент весьма широко, в зависимости от ситуации, возникшей в Графической области во время создания эскиза. Однако, на мой взгляд, самой удобной и логически правильной является последняя функция – Отсечь до ближайшего, т.к. Solid Works сам подсказывает (красным цветом) какой объект, или его часть, подлежат отсечению, а что остается.

Как показывает опыт – эта функция наиболее часто используется опытными пользователями Solid Works в своей работе.

В процессе рассмотрения функций по отсечению объектов эскиза, неоднократно затрагивался вопрос о том, что та, или иная функция имеет и «обратную сторону» - позволяет, находясь в режиме отсечения, удлинять объекты эскиза до пересечения их с другими.

Опять же, из опыта работы в *Solid Works*, скажу, что использование таких вот совмещенных возможностей функций не всегда приносит пользу работе, поскольку одно неверно сделанное движение курсором или нарушение порядка в выполнении операций может привести к потере всего эскиза или его части. При этом восстановление утраченного эскиза может занять гораздо больше времени, чем мы можем себе это позволить.

Поэтому желательно разделять функции между инструментами редактирования по их основному назначению, а потому предлагаю рассмотреть весьма простой в применении:

3.8.2. Инструмент редактирования эскиза ***Удлинить объекты***

Инструмент редактирования эскиза ***Удлинить объекты*** расположен в **Главном меню** *Инструменты → Инструменты эскиза → Удлинить*. Как явствует из предыдущего раздела, инструмент *Удлинить* является неотъемлемой составной частью инструмента *Обрезать*, т.е. если где-то что-то нужно будет *отрезать*, то непременно потребуется и что-либо *удлинить*. Поэтому инструмент *Удлинить* должен всегда быть «под рукой», а, следовательно, полезно вынести иконку этой команды на ***Панель инструментов*** **Рабочего стола.**

Рассматриваемый инструмент редактирования эскиза не имеет **Диалогового окна** и удлиняет выбранные объекты эскиза до пересечения их между собой по траектории, заданной конечной точкой удлиняемого объекта, будь то ***Линия, Дуга*** или ***Сплайн*** (см. рис. 3.10). Причем, если на пути удлиняемого объекта встречается «помеха» – промежуточный объект, то удлинение выбранного объекта производится до первого встретившего на пути (см. рис. 3.10, *в-г*).

Отличительной особенностью данного инструмента является то, что он «работает» с любыми объектами эскиза, в отличии от дополнительных функций инструмента ***Обрезать объекты***.

Для того, чтобы использовать инструмент ***Удлинить объекты***, необходимо:

1. *Активизировать инструмент* ***Удлинить объекты***. Курсор приобретает соответствующий вид ;
2. *Подвести курсор к концу объекта, требующему удлинения*. Если удлиняемый объект имеет общую точку пересечения на другом объекте эскиза, то *Solid Works* находит эту точку и удлиняет до нее выбранный объект, показывая результат действия красным цветом (рис. 3.10, *а*).
3. Если, результат работы инструмента ***Удлинить объекты*** Вас удовлетворяет, то нужно *щелкнуть левой клавишей мыши* и объект удлинится до тех пор, как это было видно на предварительном просмотре (рис. 3.10, *б*).

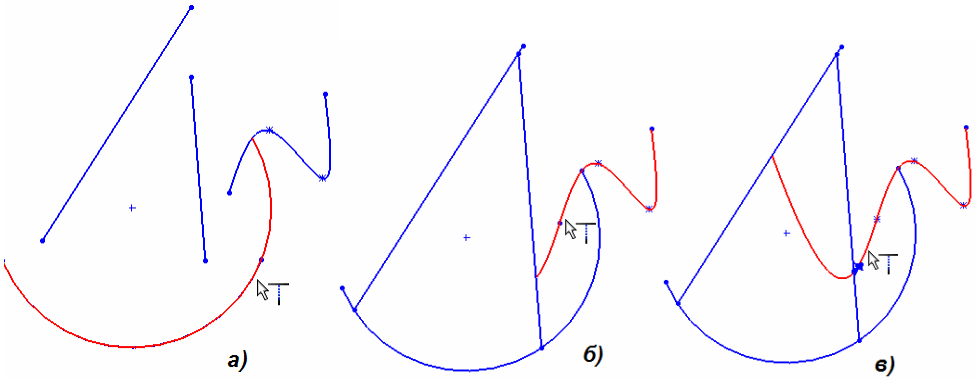


Рис. 3.1 **Удлинение объектов эскиза при помощи инструмента редактирования** *Удлинить объекты***.**

4. Если требуется удлинять выбранный объект до следующего, то для этого нужно повторить действия по п. 2-3 (рис. 3.10, *в*). В противном случае: либо нажать клавишу **Esc**, либо выбрать другую команду, которая, тем самым, завершит действие предыдущей.

3.8.3. Редактирование эскиза Ключ.

Теперь, когда мы знаем, как можно отредактировать то, что у нас получилось в результате набросок эскиза (см. рис. 3.2, *б*), приступим к самому процессу его редактирования:

1. Активизируем инструмент ***Удлинить объекты*** и дотянем горизонтальные отрезки до окружностей, как это показано на рис. 3.11

2. Удалим лишнюю дугу, оставшуюся после окружности между двумя параллельными горизонтальными линиями. Воспользуемся для этого командой ***Обрезать объекты*** с функцией *Отсечь до ближайшего*. Результат этого действия показан на рис. 3.12.

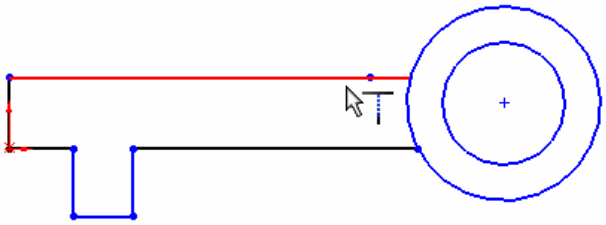


Рис. 3.11 Удлинение отрезков линий до пересечения их с окружностями.

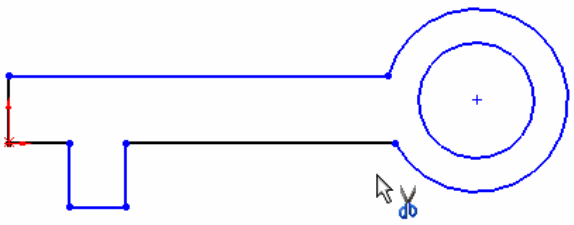


Рис. 3.12 Результат отсечения лишней в эскизе дуги от окружности.

3. Добавим геометрическую взаимосвязь (см. ***Тема 2,*** *раздел 2.2*) ***Горизонтально*** между общим центром дуг эскиза и *Средней точкой* вертикального отрезка конца Ключа для того, чтобы эти объекты располагались на одной оси (рис. 3.13). Для этого:

3.1.*Активизируем команду* ***Добавить взаимосвязь*** и, поочередно выберем указанные в п.3 объекты, при этом,

3.2. чтобы выбрать *Среднюю точку* какого-либо отрезка достаточно щелкнуть на нем **правой** клавишей мыши и в появившемся контекстном меню (рис. 3.14) выбрать соответствующую опцию.

3.3. В блоке **Добавить взаимосвязь** выбираем параметр ***Горизонтально*** и щелкаем на клавише **ОК**.

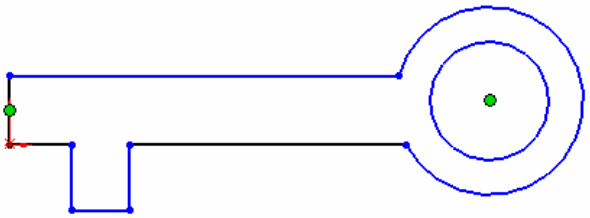


Рис. 3.13 Добавление взаимосвязи между *Средней точкой* и *Центром дуги* – ***Горизонтально***.

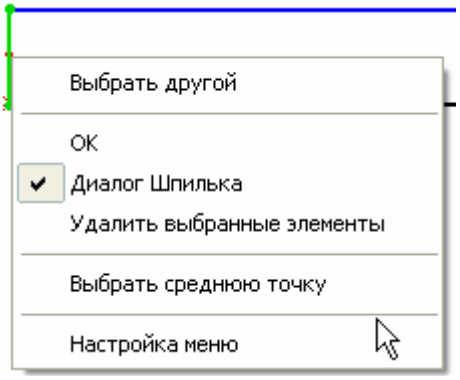


Рис. 3.14 Выбор *Средней точки* на объекте эскиза

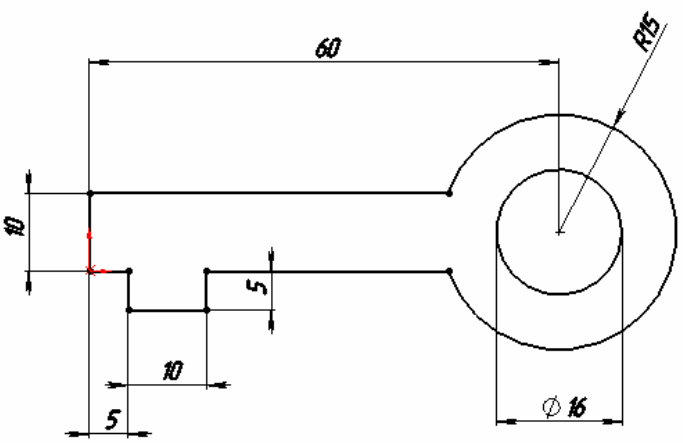


Рис. 3.15 Эскиз, полученный после наложения на его объекты геометрических взаимосвязей – **Размеры.**

4. Чтобы эскиз стал полностью определенным, т.е. его объекты обрели истинные размеры, а соответственно и свое местоположение относительно **Исходной точки,** добавляем, как это уже подробно рассматривалось в ***Теме 2***, *раздел 2.4,* размеры, на уже отредактированный, эскиз. В результате имеем вид, представленный на рис. 3.15.

5. Для полного завершения эскиза ***Ключ*** необходимо скруглить углы в местах контакта ***Дуги*** R15 мм и горизонтальных отрезков, составляющих тело ***Ключа***. Добавляем в оговоренных точках *Скругления* R5 мм.

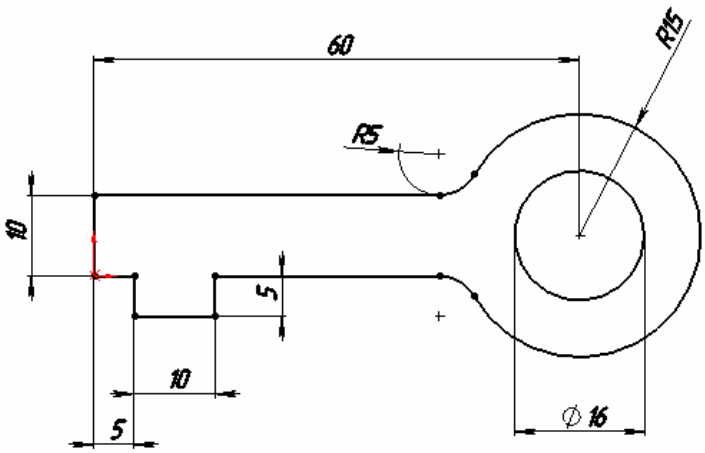


Рис. 3.16 Окончательный эскиз изделия ***Ключ.***

Окончательный результат построенного эскиза мы видим на рис. 3.16, а о самой команде ***Скругление*** и некоторых ее особенностях мы поговорим в следующем, специальном разделе.

3.8.4. Скругление

Инструмент ***Скругление*** создает касательную дугу на пересечении (даже если это виртуальное пересечение) двух объектов эскиза. Он обрезает или растягивает скругляемые объекты, в зависимости от их геометрии.

Активизировать инструмент можно из **Главного меню** по следующему пути: *Инструменты → Инструменты эскиза → Скругление*, или из **Меню** *Инструментов эскиза,* расположенного на **Рабочем столе**.

Скругление можно создать:

- между двумя непараллельными ***Линиями***;
- двумя ***Дугами***;
- двумя Сплайнами;
- Дугой и Линией;
- Сплайном и Линией, а также
- Сплайном и Дугой.

Возможность создания *Скругления* между двумя ***Дугами*** или между ***Дугой*** и ***Линией*** зависит от совместимости геометрии объектов, которые необходимо растянуть или скруглить с заданным радиусом. Например, не представляется возможным создать скругление между двумя ***Дугами***, если в результате этой операции один из объектов будет полностью удален.

Возможность создания Скругления между двумя ***Сплайнами***, ***Сплайном*** и ***Линией***, а также ***Сплайном*** и ***Дугой*** зависит от совместимости элементов, которые необходимо обрезать или растягивать.

Порядок действий, при выполнении операции *Скругление,* не имеет значения, поэтому можно:

- сначала вызвать инструмент *Скругление*, а потом выбрать объекты для скругления, или
- выделить нужные объекты с помощью левой кнопки мыши, удерживая нажатой клавишу **Ctrl**, а затем вызвать инструмент *Скругление*.

В любом случае в *Property Manager (Менеджере свойств)* откроется **Диалоговое окно** инструмента *Скругление* ,

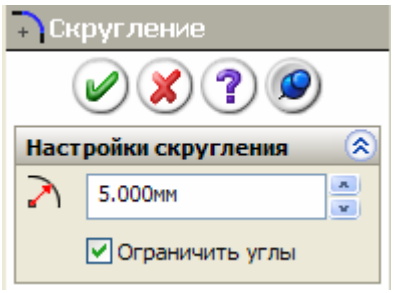


Рис. 3.17 **Диалоговое окно** инструмента *Скругление*

изображенное на рис. 3.17.

Единственный блок **Диалогового окна** имеет:

- Текстовое окно, управляющее радиусом скругления;
- Флажок **Ограничить углы**, который во включенном состоянии поддерживает виртуальную точку пересечения, если вершина имеет размеры или взаимосвязи. Если параметр отключен, а вершина содержит размеры или взаимосвязи, появится сообщение с запросом об удалении этих геометрических взаимосвязей при создании скругления.

ПРИМЕЧАНИЕ **Если в процессе редактирования эскиза последовательно использовать инструмент *Скругление* для создания нескольких скруглений одного и того же радиуса, то размеры (текстовая часть) присваиваются только первому результату, ко всем же остальным скруглениям текст размера *R*... не добавляется, но применяется взаимосвязь *Равный радиус*.**

Рассмотрим работу инструмента ***Скругление*** на примерах возможного пересечения двух ***Линий*** (рис. 3.18).

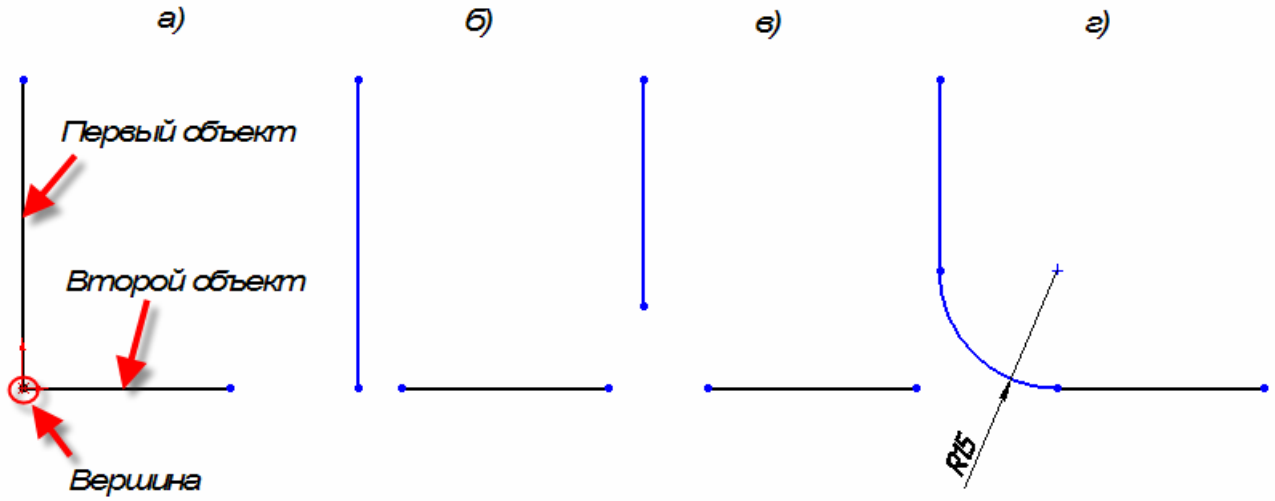


Рис. 3.18 Возможные варианты пересечения двух объектов эскиза и результат работы инструмента ***Скруглить***.

Как видно из рисунка два объекта, подлежащие скруглению, могут иметь:

- Общую вершину, являющуюся их точкой пересечения (рис. 3.18, *а*);
- Не иметь общей точки пересечения, но при удлинении одного из них эта точка появляется в месте их касания (рис. 3.18, *б*);
- Виртуальную точку пересечения, появляющуюся только от обоюдного удлинения обоих объектов эскиза (рис. 3.18, *в*).

Для выполнения операции *Скругление* необходимо:

1. Активизировать инструмент **Скругление** .
2. *Установить радиус скругления* в текстовом окне счетчика *Радиус скругления* и нажать клавишу **Enter.** или щелкните на кнопке **ОК** в менеджере свойств.
3. *Выделить объекты для создания Скругления*. Если два объекта эскиза образуют вершину, как на рис. 3.18, *а),* то для создания скругления между ними достаточно выделить эту вершину.

СОВЕТ **Еще один способ создать скругление между двумя объектами — растянуть вокруг них рамку. Для этого выполнив действия по п.1-2 основного способа создания скругления, нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее нажатой, перетащите указатель мыши так, чтобы образовалась рамка (рис. 3.19), охватывающая объекты эскиза, между которыми вы хотите создать скругление. Когда вы отпустите кнопку мыши, между двумя выделенными объектами будет создано скругление.**

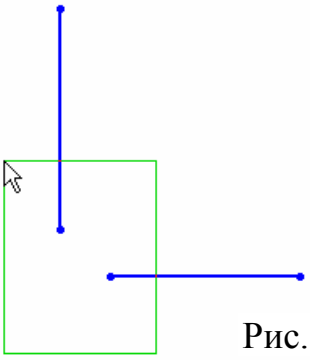


Рис. 3.19

3.8.5. Создание фасок на эскизе

Фаска, равно как и скругление, выступают в эскизе самостоятельными инструментами его редактирования и имеют некоторое сходство по сути выполняемых процедур, но отличаются геометрическими параметрами выполняемых операций. Инструмент ***Фаска*** применяет скругление типа фаски к смежным элементам в двух- и трехмерных эскизах.

Активация данного инструмента выполняется из **Главного меню** по пути *Инструменты → Инструменты эскиза → Фаска* , либо из **Меню** *Инструментов эскиза*, расположенного на **Рабочем столе.**

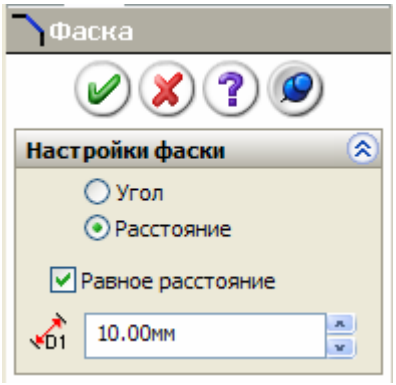


Рис. 3.20 **Диалоговое окно** инструмента эскиза ***Фаска***

Диалоговое окно инструмента редактирования эскиза ***Фаска*** представлено на рис. 3.20 и содержит единственный блок параметров *Настройки фаски,* который, в свою очередь, имеет такие параметры настройки, как:

- *Угол* – создает фаску между смежными объектами эскиза с настраиваемыми параметрами *Расстояние* (длина катета) и *Угол наклона фаски* (рис. 3.21).

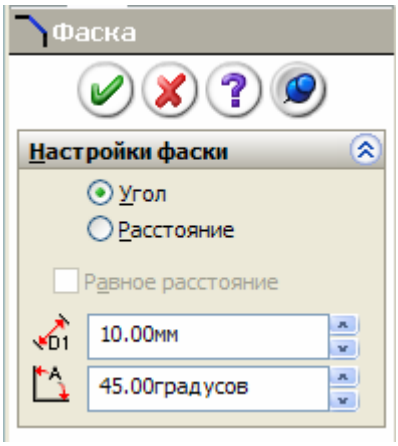


Рис. 3.21 **Диалоговое окно** инструмента ***Фаска*** по параметру *Угол.*

- Расстояние – создает фаску по заданным размерам катета. При этом, выбор этого параметра Настройки позволяет установить флажок на окошке *Равное расстояние*, что предполагает собой создание равносторонней фаски с углом наклона ее грани под углом 45°.

На рис. 3.22 показаны все возможные варианты исполнения фаски в эскизе *Solid Works*.

Как видно из рисунка, данный инструмент прост в использовании, работает аналогично инструменту *Скругление*, но при выборе параметров Настройки *По двум катетам* и *По катету и углу наклона фаски* следует соблюдать порядок выбора кромок. Величины, указанные в размерных окнах D1 и D2 будут присвоены *Solid Works,* соответственно, Первому и Второму (по последовательности выбора) объектам эскиза.

3.2 Дополнительные инструменты, используемые при создании эскиза

3.2.1. Использование элементов вспомогательной геометрии при построении эскиза. Осевая линия и области ее применения при построении эскиза

В предыдущей главе, при рассмотрении вопросов построения объектов эскиза, неоднократно отмечалось, что практически любой объект эскиза (***Линия, Окружность, Дуга, Сплайн*** и др.) могут

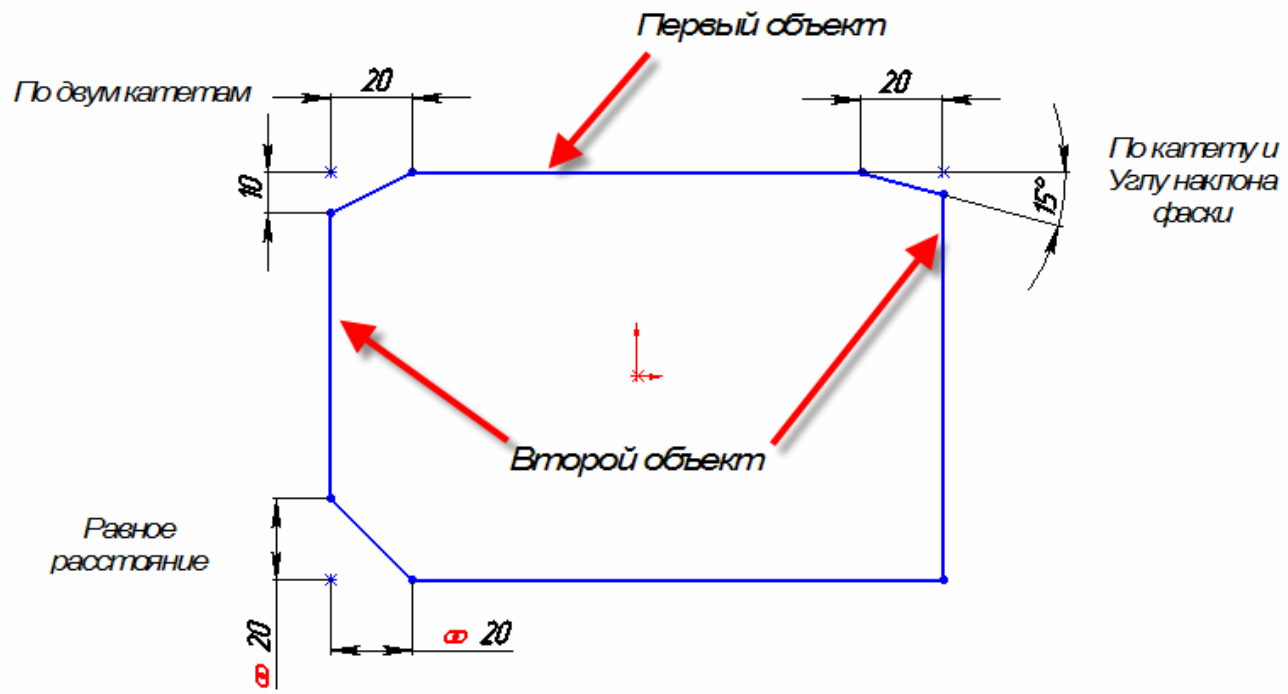


Рис. 3.22 Возможные варианты создания фасок в эскизе *Solid Works*.

быть представлены в **Графической области** в виде, как *Основной* – сплошная линия отображения объекта, так и *Вспомогательной геометрии* – штрихпунктирная линия отображения объекта.

Основной особенностью объектов *вспомогательной геометрии* является то, что они участвуют в процессе формирования эскиза как объекты разметки, привязки и др. *основных* его объектов и не влияют на формирование геометрических форм твердого тела, полученного в результате определения созданного эскиза.

Объект *вспомогательной геометрии* ***Линия*** несет в себе исполнение настолько разнообразных и важных функций, что был выделен в особый объект эскиза - ***Осевая линия*** .

Активизировать эту команду можно, как и любую другую для черчения объекта эскиза, из **Главного меню,** зайдя в нее по пути: *Инструменты → Объекты эскиза → Осевая линия,* или же выбрать ее в **Меню** *Инструментов эскиза* **Рабочего стола**[1]**.**

Осевая линия используется *Solid Works* в следующих случаях, о чем мы более подробно поговорим далее, при их детальном рассмотрении:

- Как вспомогательная линия, служащая линией разметки и привязки других – основных – объектов эскиза;
- Как ось симметрии при зеркальном отражении объектов;

[1] Можно поступить еще проще – начертить линию, используя соответствующую команду, а затем придать ей свойства *Вспомогательной геометрии*, установив флажок на против этого параметра в открывшемся **Диалоговом окне** команды ***Линия***.

- В качестве оси динамического зеркального отражения;
- Как направляющая ось вращения эскиза.

3.2.2. Использование Осевой линии в качестве вспомогательной при создании эскиза.

Иногда, при создании эскиза профиля будущего изделия, невозможно воссоздать тот или иной фрагмент эскиза, не воспользовавшись объектами вспомогательной геометрии.

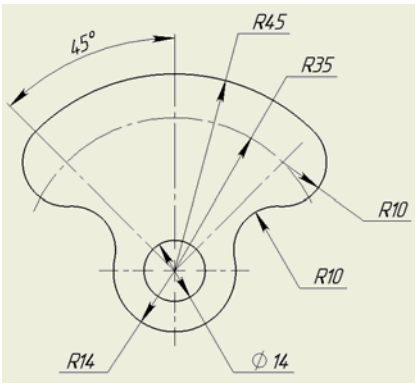


Рис. 3.23 Эскиз ***Противовеса***.

Рассмотрим, в качестве примера, эскиз ***Противовеса***, представленного на рис. 3.23. Особенностью построения данного эскиза является то, что центр дуги ***R10,*** касательной к дуге ***R45***, находится в точке пересечения дуги ***R35*** и вспомогательной осевой линии, расположенной под углом 45° к вертикальной оси ***Противовеса***.

Использование объектов вспомогательной геометрии и добавление геометрических взаимосвязей между ними и объектами основной геометрии позволит нам установить точное местоположение центра дуги ***R10***.

При выполнении данного задания, в качестве объектов *вспомогательной геометрии*, были использованы:

- ***Осевая линия*** , как самостоятельная команда объекта эскиза;
- ***Дуга из центра*** , но при этом для этого объекта был назначен параметр: *Вспомогательная геометрия*.

3.2.3. Зеркальное отражение объектов эскиза .

Довольно часто, при создании эскиза, приходится иметь дело с симметричными образами профилей создаваемых изделий. В том случае, когда некий эскиз имеет одну или несколько осей симметрии, целесообразно использовать такой инструмент, как ***Зеркально отразить объекты*** .

Инструмент ***Зеркально отразить объекты*** создает зеркальное отражение выделенных объектов относительно заданной оси. При создании зеркально отраженных объектов *Solid Works* создает между ними взаимосвязь ***Симметрия***. Если Вы измените *Исходный объект*, то его зеркальное отражение также изменится.

Представленный на рис. 3.23 и рассмотренный в предыдущем разделе эскиз ***Противовеса*** относится к типу симметричных изделий. Здесь, в качестве оси симметрии, выступает вертикальная осевая линия.

Рассмотрим вопрос создания симметричных эскизов на примере построения эскиза ***Противовеса*** (рис. 3.23).

Построение эскиза будем выполнять в два этапа:

1. На первом этапе создадим только половину требуемого эскиза, применив для этого команды построения объектов: ***Осевая линия*** и ***Дуга***. Добавив соответствующие геометрические взаимосвязи и указав размеры на нарисованные объекты, в результате получим эскиз, как показано на рис. 3.24.

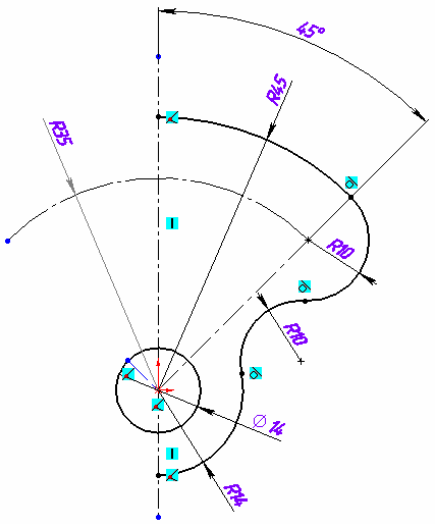


Рис. 3.24 Эскиз половины "зеркальной" детали.

2. Чтобы получить зеркальное отражение созданного эскиза и, тем самым, получить замкнутый контур создаваемого профиля мы должны активизировать инструмент ***Зеркально отразить объекты*** , который расположен в **Главном меню** *Solid Works: Инструменты → Инструменты эскиза → Зеркальное отражение* или же выбрать ее в **Меню** *Инструментов эскиза* **Рабочего стола.**

В результате этого в *Property Manager (Менеджере Свойств)* откроется **Диалоговое окно** инструмента (рис. 3.25), состоящее из справочно-информационного блока и блока настройки параметров инструмента.

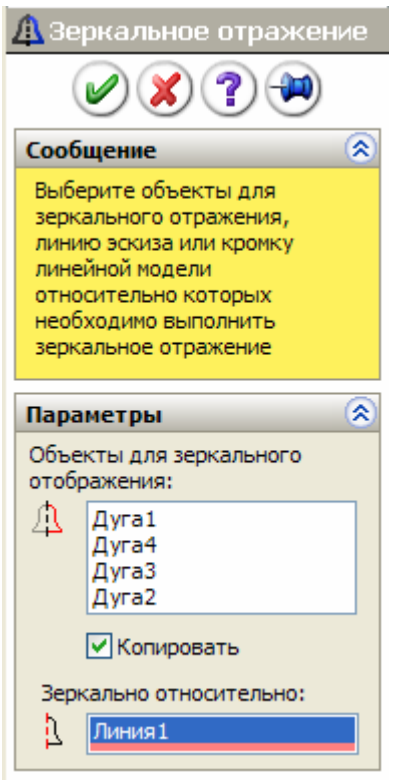


Рис. 3.25 **Диалоговое окно** инструмента ***Зеркально отразить объекты***

В справочно-информационном блоке приводится краткая справка по работе инструмента ***Зеркально отразить объекты,*** в которой дается подсказка о необходимости выбора объектов для зеркального отражения и линии, относительно которой будет производиться копирование выбранных объектов на противоположную от выбранной линии сторону.

Блок ***Параметры*** содержит окна:

- *Объекты для зеркального отражения* – текстовое окно, в котором указываются объекты эскиза, подлежащие обработке в результате проведения операции. Выделим в области чертежа объекты, которые

требуется зеркально отразить (рис. 3.26, *а*). Имена выделенных объектов появятся в области *Объекты для зеркального отражения*. При выделении объектов курсор примет форму мыши с выделенной правой кнопкой . Если щелкнуть правой кнопкой мыши в момент, когда на экране отображается такой курсор, *Solid Works* автоматически перейдет из окна выбора объектов для копирования к следующему окну или, выбрав все нужные объекты перейдите в него самостоятельно, а именно в окно

- *Зеркально относительно* – указывается *Осевая линия* или кромка модели, относительно которой будет выполнено зеркальное отражение выбранных объектов эскиза. При выборе той или иной линии – оси зеркала – на экране появится предварительный вид зеркально отраженных объектов (рис. 3.26, *б*), а курсор примет вид мыши с пометкой **ОК** на ее правой клавише . Нажав ее *Solid Works* выполнит команду и создаст зеркальное отражение выбранных объектов завершив тем самым работу инструмента ***Зеркально отразить объекты***, но прежде чем Вы это сделаете – убедитесь, что в **Диалоговом окне** установлен

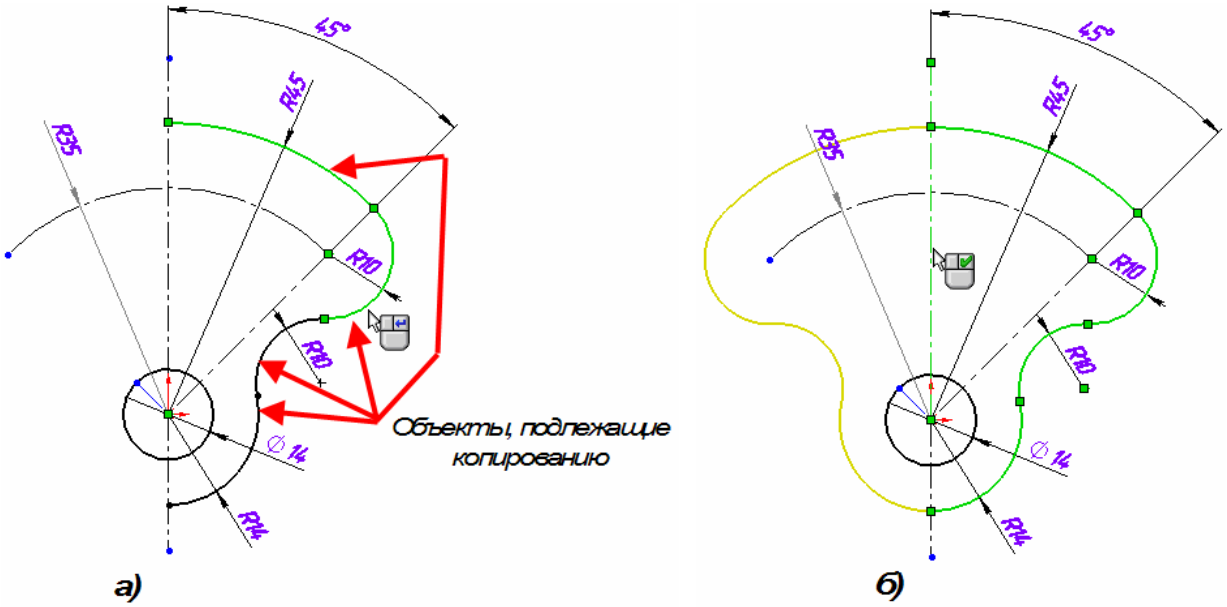
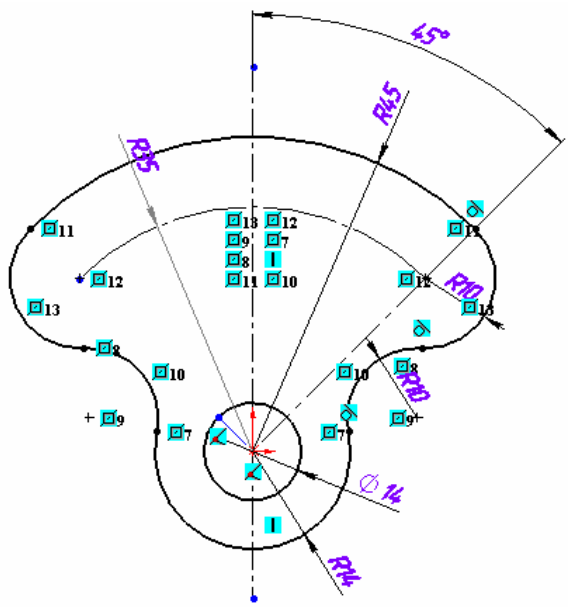


Рис. 3.26 Создание симметричного, относительно вертикальной оси, эскиза ***Противовеса***.

флажок *Копировать* (рис. 3.25). Если сбросить этот флажок, то при зеркальном отражении порождающие объекты будут удалены, а оставлены будут только результирующие объекты.



Результат выполнения операции зеркального отражения объектов эскиза по выше описанным пунктам показан на рис. 3.27. При этом следует обратить внимание на то, что вновь созданные – отзеркаленные объекты эскиза, наряду с сохранением взаимосвязей между объектами – оригиналами, получили такой вид взаимосвязи, как *Симметричность,* что позволит им автоматически изменять свое местоположение и геометрические размеры при изменении этих параметров у

Рис. 3.27 Окончательный результат использования инструмента ***Зеркально отразить объекты***

исходных объектов.

3.2.4. Динамическое зеркальное отражение .

Как мы только что убедились, инструмент ***Зеркально отразить объекты*** в значительной степени способствует и повышению производительности в ходе построения симметричных объектов эскиза, и упрощает процедуру его редактирования в последующем.

Однако *Solid Works* располагает еще более мощным инструментом – это *Зеркальное отражение* объектов *в ходе построения эскиза* (***Динамическое зеркальное отражение***). Данный инструмент является самостоятельной командой и расположен в **Главном меню** *Solid Works: Инструменты → Инструменты эскиза → Динамическое зеркальное отражение* или же в **Меню** *Инструментов эскиза* **Рабочего стола.**

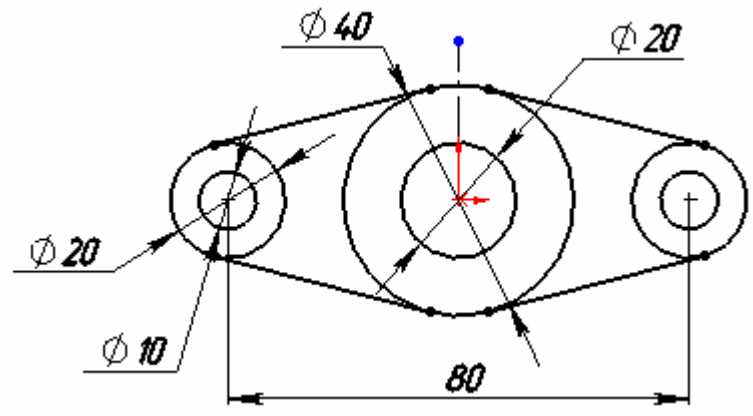


Рис. 3.28 Эскиз ***Фланец.***

Если Вы заранее знаете, что создаваемый эскиз будет симметричен, то при его построении рекомендуется использовать именно этот инструмент – ***Динамическое зеркальное отражение***.

Рассмотрим вопрос создания симметричного эскиза в режиме ***Динамического зеркального отражения*** на примере эскиза ***Фланец,*** показанного на рис. 3.28.

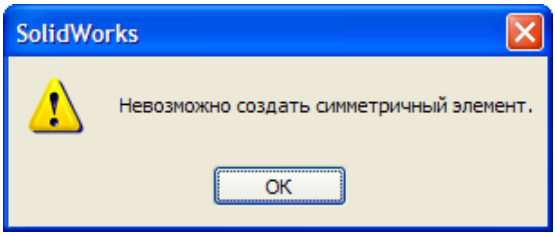
Чтобы построить данный эскиз, выполним следующее:

1. Выберем одну из стандартных плоскостей, например плоскость *Спереди*, и *активизируем команду* ***Эскиз***
2. *Активизируем команду* ***Осевая линия*** и проведем из **Исходной точки** вертикальную осевую линию, как это показано на рис. 3.29, *а*.
3. Активизируем инструмент редактирования эскиза **Динамическое зеркальное отражение**. При этом Осевая линия, которой отводится роль быть осью Динамического зеркала, должна быть активной, т.е. иметь зеленый цвет.

В тот момент, как только будет активизирован данный инструмент, осевая линия приобретает на своих концах специальные метки – две параллельные черточки (‖), сигнализирующие пользователю, что данная *Осевая линия* (а их на эскизе в данный момент может быть несколько) обладает особыми полномочиями – быть осью *Динамического зеркала* (рис. 3.29, *б*).

4. *Активизируем команду* ***Окружность*** и начертим две концентрические окружности, которые в последующем будут иметь размеры Ø10 и Ø20. При этом, создавая эскиз окружностей с одной стороны от *Динамической осевой линии,* а противоположной стороне от нее автоматически будет создаваться зеркальное отображение того, что мы чертим (рис. 3.29, *в*).
5. Не выходя из режима ***Динамического зеркального отражения*****,** начертим две концентрические окружности в последующем Ø20 и Ø40.

<u>ПРИМЕЧАНИЕ</u>: Поскольку вычерчиваемые окружности пересекают *Динамическую осевую линию,* в результате чего происходит наложение одного эскиза на другой, *Solid Works* этого не может допустить, а поэтому на



экране появляется следующее сообщение:

Не стоит сильно беспокоиться по поводу данного сообщения, поскольку это всего лишь предупреждение о том, чего делать не рекомендуется и, нажав клавишу **ОК**, в **Графической области** мы

получим нужную нам окружность и притом только одну, без наложения на нее такой же, зеркально отраженной.

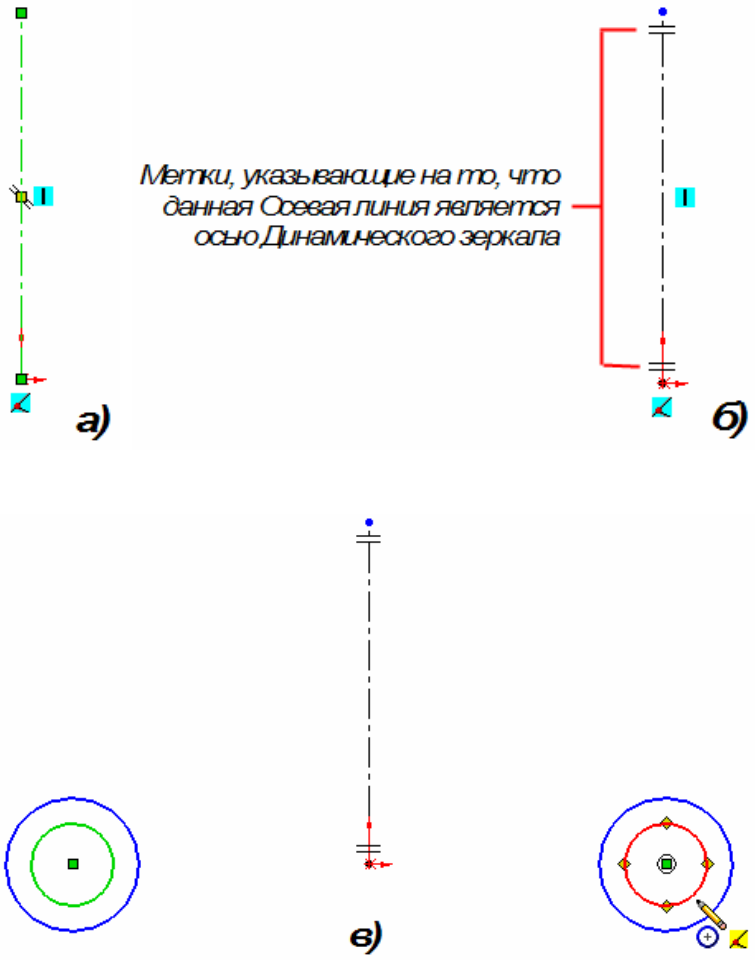


Рис. 3.29 Построение эскиза ***Фланец*** в режиме ***Динамического зеркального отражения***

6. Активизируем команду ***Линия*** и соединим наклонными касательными отрезками окружности Ø20 и Ø40, обращая при этом внимание на Начальную и Конечную точки привязки линий с окружностями (рис. 3.30). Ни в коем случае не привязывайтесь к ***квадрантам*** окружности, т.к. любая привязка – это есть определение местоположения объекта, а привязка к точке, каковой является квадранта окружности – это конкретное определение положения конечной (начальной) точки прямой.

Не исполнение этого правила может привести к тому, что Вы не сможете впоследствии назначить между *Линией* и *Окружностью* такую взаимосвязь, как *Касательность*.

7. Создавая эскиз в режиме *Динамического зеркального отражения, Solid Works* задает автоматические взаимосвязи между сопрягаемыми объектами, но их может быть не

достаточно, поэтому, создав эскиз, *накладываем геометрические взаимосвязи*:

a. *Касательность* – между линиями и окружностями, причем, учитывая автоматически созданную взаимосвязь между вычерченными объектами – *Симметричность,* взаимосвязи накладываются только на одну половину эскиза, а объектам второй половины эти же взаимосвязи передаются «по наследству».

b. *Горизонтальность* – между **Исходной точкой** и центрами окружностей, расположенных по краям эскиза, для того чтобы выставить эти точки на одну ось.

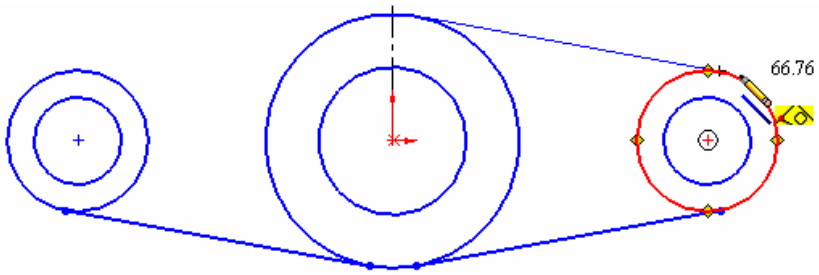


Рис. 3.30 Создание эскиза с автоматическим наложением условий взаимосвязи между сопрягаемыми объектами.

8. *Добавляем размеры на объекты эскиза*, тем самым делая эскиз полностью определенным – эскиз становится черного цвета (см. рис. 3.28).

Мы рассмотрели три из четырех, обозначенных в подразделе 1.2.1, функции *Осевой линии*. Четвертую – использование *Осевой линии* в качестве направляющей оси вращения эскиза, мы рассмотрим намного позже, когда подойдем к рассмотрению этого вопроса, о чем поговорим более подробно в *Главе 4*.

3.3 Маленькие хитрости или как проще создавать эскиз.

Предыдущие разделы подвели нас к тому, что мы с Вами уже можем создавать полноценный эскиз любой конфигурации. Однако, прежде чем приступить к задаче повышенной сложности, хотелось бы обратить внимание на некоторые моменты, которые помогут Вам при построении эскизов.

В первую очередь это касается построения таких объектов, как ***Линия*** и ***Дуга***. Эти объекты наиболее часто встречаются в эскизах, а зачастую только их комбинация и составляет основу любого сложного эскиза. При этом эти два объекта имеют дурную привычку сопрягаться между собой по условию взаимосвязи – *Касательность*.

Согласитесь, что весьма неудобно создавать эскиз, когда постоянно требуется менять команду построения ***Линия*** → ***Дуга*** →***Линия*** →***Дуга ...***

Чтобы облегчить пользователю задачу построения эскизов, где выше приведенная комбинация команд составляет его основу *Solid Works* ввел функцию, позволяющую осуществлять этот переход не выходя из команды. В качестве базовой команды была принята команда ***Линия*** .

Для того, чтобы, используя автопереход перейти от рисования ***Линии*** к ***Касательной дуге*** необходимо выполнить следующие действия:

1. Начертить **Линию**.
2. Из конечной точки ***Линии*** провести, в произвольном направлении, отрезок любой длины (рис. 3.31, *а*) и,
3. Не отпуская левую клавишу мыши, вернуть курсор назад, в конечную точку первого отрезка и,
4. Не отпуская левую клавишу мыши, переместить указатель курсора в требуемом для создания ***Дуги*** направлении (рис. 3.31, *б*).

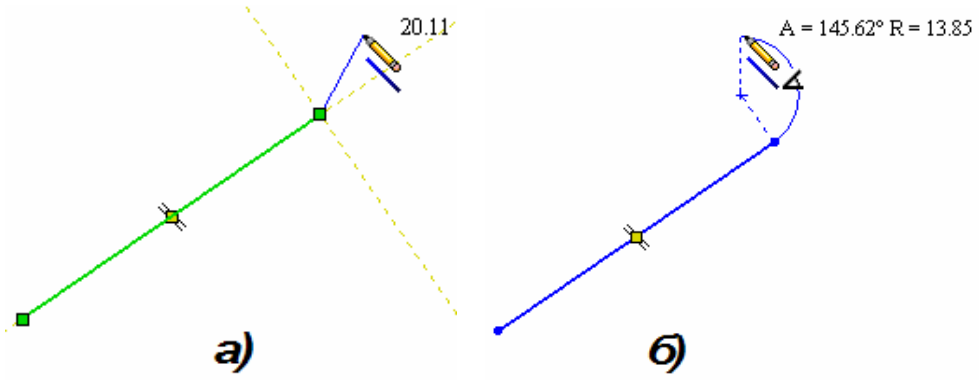


Рис. 3.31 Переход от ***Линии*** к ***Касательной дуге*** посредством функции автоперехода.

5. При необходимости продолжать построение эскиза и если при этом следующим объектом будет ***Линия***, то из конечной точки получившейся ***Дуги*** следует переместить курсор в заданном для построения направлении. Если же полученная в результате построения конечная точка ***Дуги*** будет являться начальной точкой следующей ***Дуги***, то необходимо повторить действия по пунктам 2-4.

ВНИМАНИЕ: В зависимости от движения указателя *Solid Works* определяет, какая дуга необходима: *Касательная* или *Нормальная*. Имеется четыре подразумеваемых зоны (I-IV) и восемь возможных результатов, как показано на рисунке 3.32. При перемещении указателя в

направлении *Касательности* создается *Касательная дуга (дуги 1-4)*. При перемещении указателя в *Нормальном направлении* создается *Нормальная дуга (дуги 5-8)*. Можно перейти от *Касательной дуги* к *Нормальной*, вернувшись в конечную точку и выполнив перемещение в новом направлении.

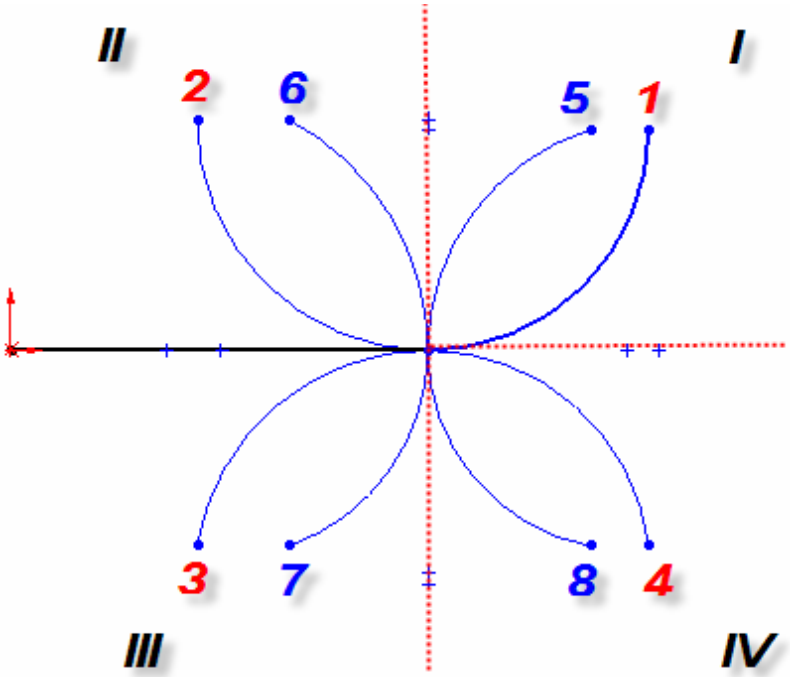


Рис. 3.32 Возможные варианты автоперехода от ***Линии*** к ***Дуге***:
1-4 – *Касательная дуга;* 5-8 – *Нормальная дуга.*

Самым простым и наиболее популярным представителем такого типа эскиза является эскиз ***Шпоночного паза*** (рис. 3.33). Рассмотрим подробнее этапы создания подобного эскиза.

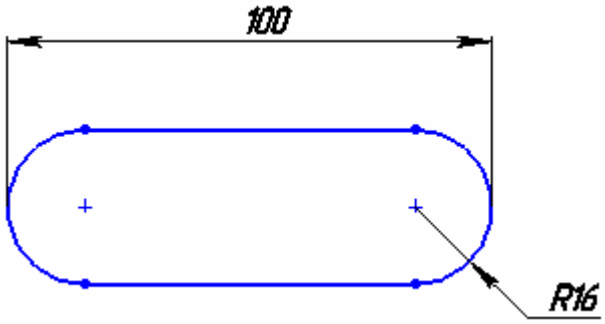


Рис. 3.33 Эскиз ***Шпоночный паз.***

1. Активизируем команду ***Линия*** и, на выбранной для создания эскиза *Плоскости*, проведем *Горизонтальную линию* произвольной длины[2].

[2] Для удобства визуализации автоматически накладываемых на создаваемые объекты взаимосвязей при построении эскиза активизируем функцию: *Вид* → *Взаимосвязи эскиза.* Если метки визуализации наложенных на объекты взаимосвязей мешают Вашей работе, то их можно убрать, деактивируя аналогичным образом.

2. Из конечной точки полученной прямой построим ***Касательную дугу*** произвольного радиуса, используя рассматриваемую в данном разделе методику построения. При этом угол поворота дуги выдерживаем в 180°, о чем свидетельствуют ***Линии формирования***[3] и текст справки по размеру объекта *«A=180°»* возле курсора (рис. 3.34, *а*).

3. Отпустив клавишу мыши, получаем ***Дугу***, из конечной точки которой проводим, пользуясь подсказками ***Линии формирования***, *Горизонтальную линию* до уровня Начальной точки первого отрезка (рис. 3.34, *б*). При этом, метки, сопровождающие курсор в его конечной точке: свидетельствуют о том, что *Solid Works* автоматически

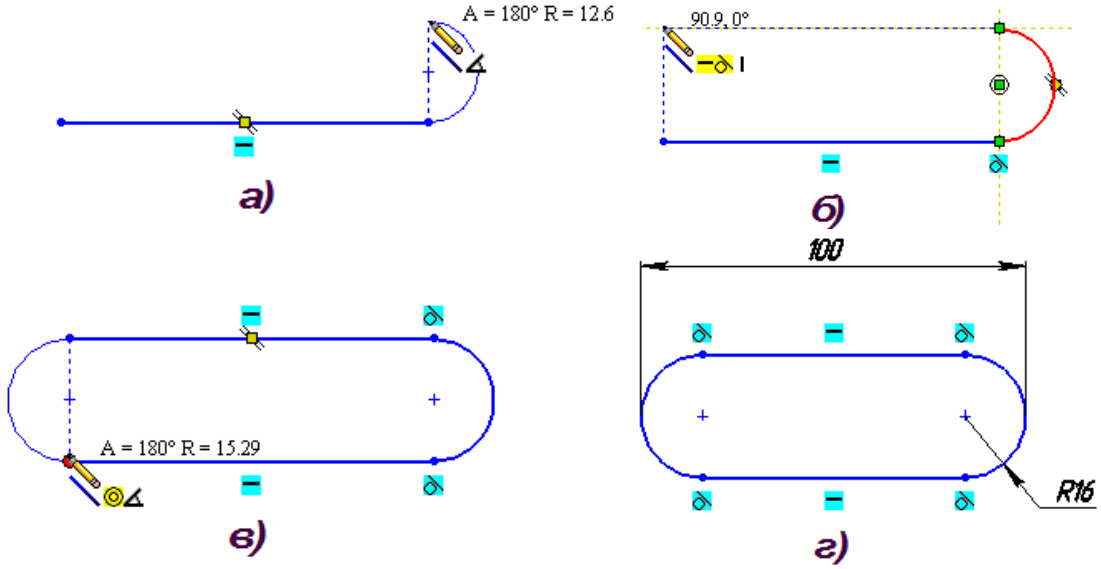


Рис. 3.34 Построение эскиза ***Шпоночный паз***.

создаст для вычерченной ***Линии*** взаимосвязи *Горизонтальность* и *Касательность* (метки на желтом фоне) и, кроме того, Конечная точка второй прямой будет находиться на одной вертикали с Начальной точкой первого отрезка (метка *Вертикальность* не помеченная фоном).

4. Отпустив клавишу мыши отобразим в **Графической области** эскиза вторую линию с ее соответствующими параметрами и взаимосвязями.

5. Завершим построение заданного эскиза ***Дугой*** из Конечной точки второго отрезка до Начальной точки первого (рис. 3.34, *в*), как это было сделано в п.2, используя методику построения, ради которой и был написан данный раздел.

---

[3] ***Линии формирования*** - это пунктирные линии, которые появляются по мере создания эскиза. Когда указатель приближается к высвеченным меткам, например конечным или средним точкам, линии формирования используются в качестве ориентира в зависимости от существующих объектов эскиза.

6. Добавим размеры к объектам эскиза, завершив тем самым полное определение его параметров (рис. 3.34, *г*).

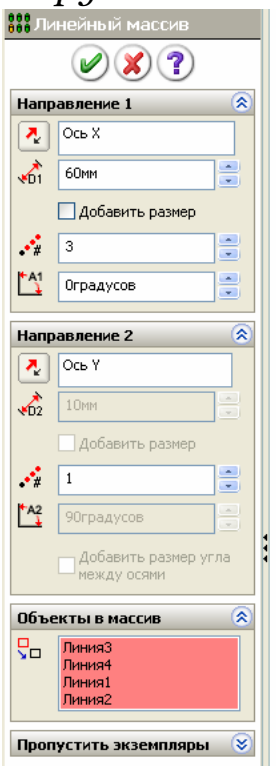
3.4 Создание линейных массивов из объектов эскиза

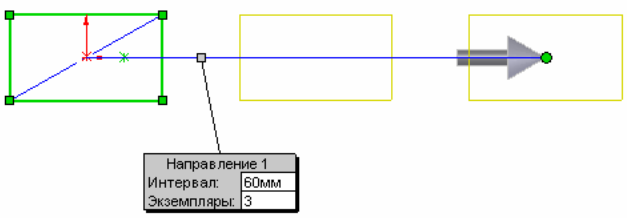
В практике проектирования нередко встречаются изделия, имеющие повторяющиеся с определенной последовательностью (шагом) элементы. Например, пазы отдушин или отверстия под крепеж и др. При этом эти элементы могут располагаться как в один ряд (*строка* или *столбец*, в зависимости от характера расположения детали в изделии), так и в несколько рядов.

Такая последовательность элементов во всех системах проектирования, вне зависимости от характера (плоское или объемное) представления самих результатов проектирования, получила название – *Линейный массив*. Данный тип инструмента относится к разряду команд копирования (размножения) по заданному правилу выбранных объектов.

Линейный массив из объектов эскиза создается в *Solid Works* с помощью одноименного инструмента - ***Линейный массив***.

Чтобы создать линейный массив объекта(ов), необходимо выделить копируемые объекты указателем мыши и щелкнуть на кнопке ***Линейный массив*** в **Главном меню** *Solid Works: Инструменты → Инструменты эскиза →* ***Линейный массив***, или же в **Меню** *Инструментов эскиза* **Рабочего стола.** Вместо стрелки указатель мыши примет вид значка линейного массива.





ВНИМАНИЕ: Если перед тем как щелкнуть на кнопке *Линейный массив*, Вы не выделили объекты, из которых нужно создать массив, то Вам придется выделять их поочередно один за другим указателем мыши. В режиме создания *Линейного массива* указатель мыши не позволяет выделять несколько элементов, растягивая вокруг них рамку.

Рис. 3.35 **Диалоговое окно** *Линейного массива,* состоящего из 1 строки и 3 столбцов.

В результате описанных выше действий в *Property Manager (Менеджере Свойств)* появится **Диалоговое окно** инструмента ***Линейный массив*** , изображенное на рис. 3.35, а в **Графической области** будет показано предварительное изображение создаваемого массива по заданным параметрам.

Диалоговое окно состоит из блоков:

- ***Направление 1*** – направление копирования объектов эскиза вдоль оси для получения линейного массива.

По умолчанию первым направлением заполнения линейного массива является положительное направление оси ***X,*** но при желании это направление может быть изменено на требуемое (см. ниже).

Параметры блока ***Направление 1*** задают линейному массиву:

- ***Реверс направления 1*** - параметр, позволяющий моментально изменить направление заполнения массива на противоположное назначенному *Solid Works* по умолчанию.
- ***Интервал*** - задает шаг между экземплярами массива вдоль первого направления. Помните, что шаг отсчитывается от центра объектов, из которых создается массив. На рис. 3.35 представлено предварительное изображение линейного массива, показываемое в **Графической области**. Как видно из рисунка, количество экземпляров вдоль первого ***Направления 1*** равно трем и расстояние измеряется между центрами двух соседних объектов.
- ***Номер*** - задает количество экземпляров в массиве вдоль первого направления. Уменьшая или увеличивая значение в этом счетчике, Вы можете наблюдать, как количество экземпляров в предварительном изображении массива будет соответственно уменьшаться или увеличиваться. По умолчанию в этом поле стоит значение 2.

Параметры ***Интервал*** и ***Номер*** отображаются в **Графической области** в виде информационной карточки, привязанной ссылкой к направляющей массива.

- ***Угол*** - задает направление, под каким углом к первому распределяются экземпляры линейного массива. Изменяя величину угла от 0 до 360° можно изменять первоначально выбранное *Solid Works* направление заполнения линейного массива, однако следует помнить, что ориентация объектов, из которых создается массив, не будет меняться при изменении данного угла, изменится лишь угол направляющей. На рис. 3.36 показан линейный массив с теми же параметрами, что и на рис. 3.35, но при этом угол наклона направляющей изменен с 0° (по умолчанию) на 40°.

- Флажок ***Добавить размер*** расположен под параметром ***Интервал***. Если этот флажок установлен, то значение шага вдоль ***Направления 1*** будет указано на эскизе как размер между первыми двумя экземплярами массива (рис. 3.37, *а*). Кроме того, между этими экземплярами будет проведена осевая линия

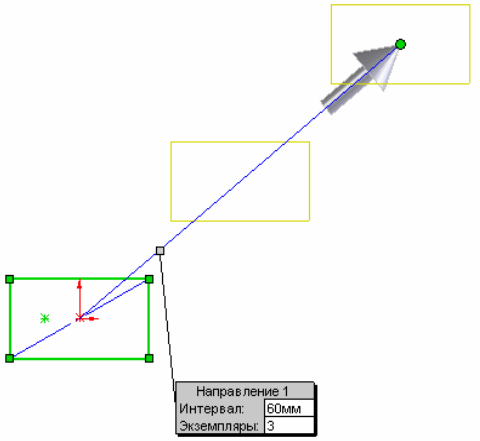


Рис. 3.36 Линейный массив объектов эскиза, с направляющей заполнения массива под углом 40°.

(рис.3.37, *б*). Обратите внимание, что этот размер будет идти не от центра к центру, а от первого объекта первого экземпляра массива к первому объекту второго экземпляра.

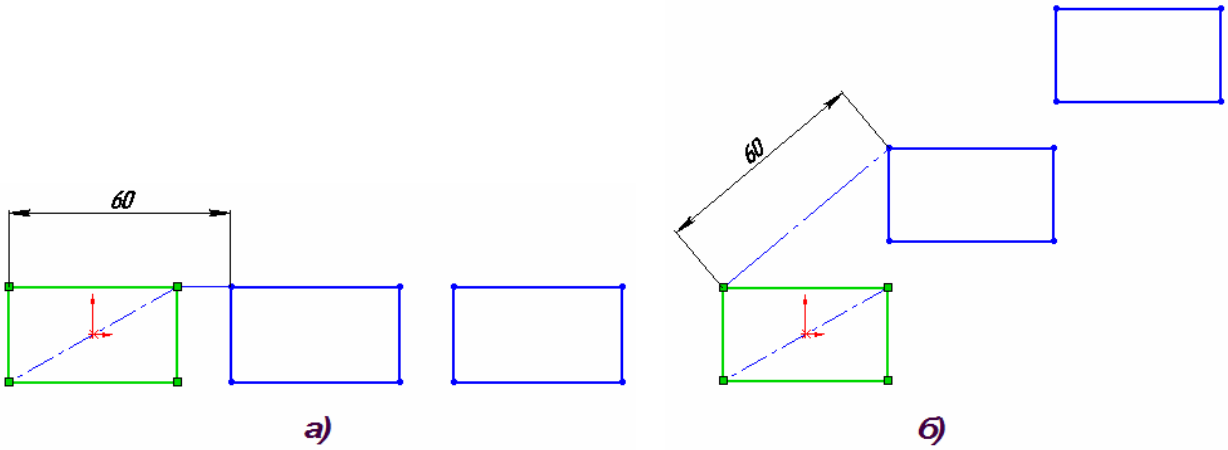


Рис. 3.37 Отображение размеров на эскизе массива при условии активизации флажка ***Добавить размер.***

Направление 2

По умолчанию вторым направлением заполнения линейного массива является положительное направление оси ***Y***. Параметры управления блока ***Направление 2*** абсолютно аналогичны параметрам блока ***Направление 1,*** однако некоторые отличительные особенности данного блока от ранее рассмотренного, делают необходимым рассмотреть их в отдельности:

- ***Реверс направления 2*** - параметр, позволяющий моментально изменить направление заполнения массива на противоположное назначенному *Solid Works* по умолчанию.
- Флажок ***Добавить размер*** расположен под параметром ***Интервал***. Если этот флажок установлен, то значение шага вдоль ***Направления 2*** будет указано на эскизе как размер между первыми двумя экземплярами массива, расположенными вдоль этого направления. Кроме того, между этими экземплярами также будет проведена осевая линия.
- ***Интервал*** - задает шаг между экземплярами массива вдоль второго направления. Как уже говорилось, шаг отсчитывается от центра объектов, из которых создается массив.
- ***Номер*** - задает количество экземпляров в массиве вдоль второго направления. По умолчанию это количество равно **1**, поэтому остальные элементы управления этого блока недоступны. Изменить их статус, т.е. сделать параметры блока управляющими можно, если изменить значение параметра ***Номер*** на значение, большее **1**.

ВНИМАНИЕ: Следует помнить, что простой ввод числа *2, 3, …, n* в текстовом окне параметра не приведет к активизации всех остальных элементов управления. Элементы управления блока *Направление 2* станут активными только в том случае, если число в параметре *Номер* будет изменено счетчиком, расположенным справа от окна.

- Угол - задает, под каким углом ко второму направлению

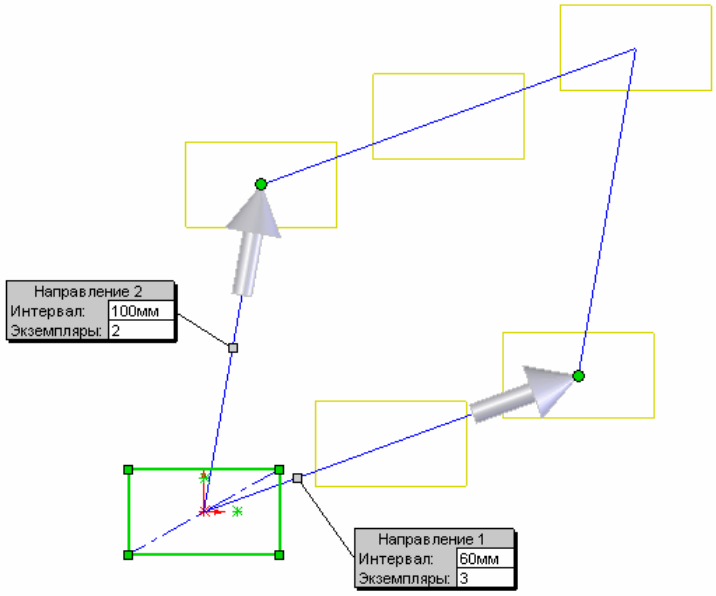


Рис. 3.38 Предварительное изображение линейного массива с углом 20° относительно ***Направления 1*** и 80° относительно ***Направления 2***.

размещаются экземпляры линейного массива. Это значение всегда будет отсчитываться от положительного направления оси ***X***. Как упоминалось ранее, ориентация объектов, из которых создается массив, не меняется при изменении данного угла. По умолчанию этот угол имеет величину 90°. На рис. 3.38 показан линейный массив с углом 20° относительно ***Направления 1*** и 80° относительно ***Направления 2***.

СОВЕТ **Шаг и угол можно задавать динамически, непосредственно изменяя предварительное изображение массива. Для этого нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перетащите в нужное место контрольную точку, которой завершается стрелка на изображении массива. Когда вы отпустите кнопку, в соответствующих счетчиках появятся новые значения шага и угла, которые можно откорректировать более точно, введя «круглые» значения.**

- Флажок ***Добавить размер угла между осями*** - доступен только в том случае, если в окне параметра ***Номер*** блока ***Направление 2*** установлено значение, большее **1**. Если этот флажок установлен, то на угол между двумя направлениями линейного массива будет наложено ограничение, и он будет указан на эскизе как размер. Если же этот флажок сброшен, угол между направлениями не будет показан на эскизе, и взаимосвязь между ними создана не будет. По умолчанию флажок ***Добавить размер угла между осями*** не установлен.
- Блок ***Объекты в массив*** - перечислены объекты, из которых создается массив. Если нужно исключить какой-то объект из числа выделенных, выберите этот объект в списке ***Объекты в массив***. Цвет фона списка станет красноватым. Теперь нажмите клавишу **Delete**. Удаленный объект исчезнет с предварительного изображения массива и не будет выделен среди исходных объектов, сам же он будет подсвечен синим цветом на исходном для копирования массивом эскизе.

СОВЕТ: **Добавлять объекты в текущее выделение и исключать их из выделения можно также с помощью указателя мыши. По мере того как вы будете добавлять или удалять объекты, они будут появляться или исчезать на предварительном изображении массива.**

Блок ***Пропустить экземпляры*** – при необходимости, в текстовом окне этого блока перечисляются все экземпляры,

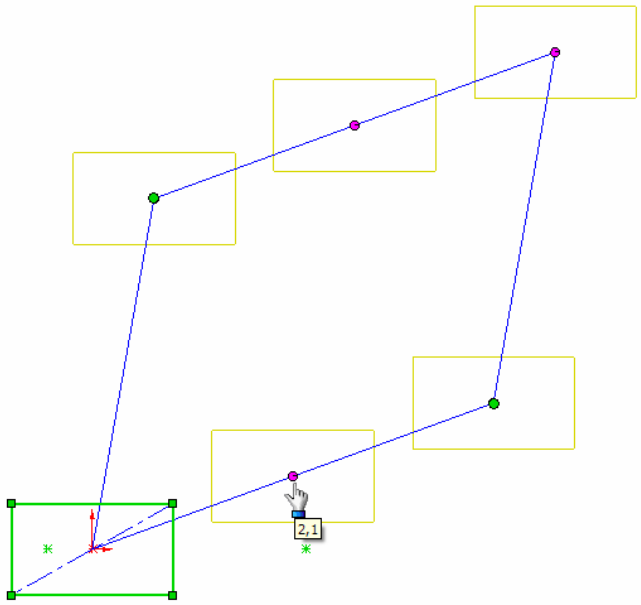


Рис. 3.39 Удаление из линейного массива некоторых его экземпляров.

подлежащие удалению из линейного массива.

Для того, чтобы удалить один или несколько экземпляров массива, необходимо:

1. *Активизировать окно блока* ***Пропустить экземпляры***, щелкнув на его поле курсором. При этом поле окрасится в красноватый цвет, а в центре всех, за исключением исходного, экземпляров появятся красные точки (рис. 3.39).
2. Подвести курсор в центральной точке выбранного для удаления экземпляра массива. Обратите внимание на то, как изменится курсор – из обычной стрелки он превратится в «ручку» (рис. 3.39), а текст в рамке под ней указывает порядковый номер выбранного экземпляра в данном линейном массиве. В примере на рис. 3.39 метка (**2, 1**) указывает на то, что выбранный экземпляр относится ко **2** столбцу **1** ряда (строки).
3. Щелкнуть левой клавишей мыши на центральной точке выбранного экземпляра. В результате, метка экземпляра (в нашем случае – (**2, 1**)) появится в текстовом окне блока ***Пропустить экземпляры***, а помеченный экземпляр пропадет из предварительного просмотра.

Следует помнить, что удаленные экземпляры не удаляются из памяти массива, они хранятся в этом списке и, если Вы хотите восстановить удаленный экземпляр, выделите его в этом окне и

нажмите клавишу **Delete**. Выбранный экземпляр вновь появится на предварительном изображении массива, но при этом его метка пропадет из списка выделенных для удаления экземпляров.

3.5 Создание круговых массивов из объектов эскиза

Круговой массив, равно как и линейный, относится к категории команд копирования, т.к. исходный объект(ы) распределяется по поверхности **Графической области** с соблюдением определенных правил, определенных параметрами команды.

Отличительной особенностью ***Кругового массива*** от только что рассмотренного ***Линейного*** является заполнение им экземпляров массива вокруг назначенного *Центра массива*, т.е. в качестве направляющей выступает дуга (от 0 до 360°).

Круговой массив из объектов эскиза создается в *Solid Works* с помощью соответствующего инструмента ***Круговой массив***.

Чтобы создать круговой массив, необходимо выделить нужные объекты и активизировать инструмент ***Круговой массив*** в **Главном меню** *Solid Works: Инструменты → Инструменты эскиза →*

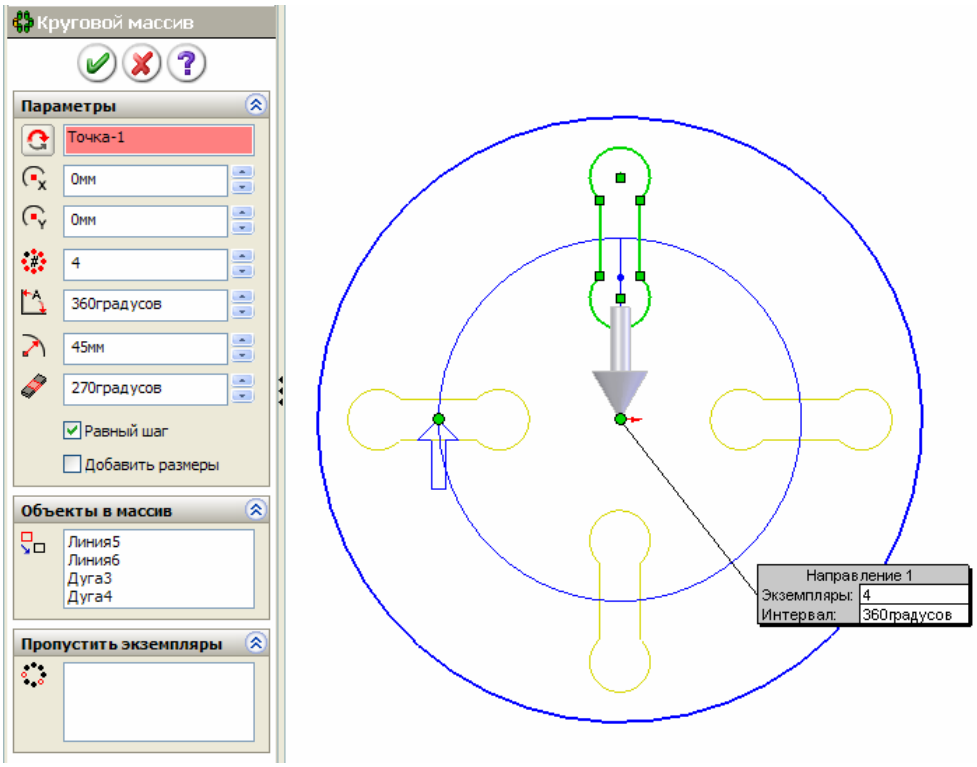


Рис. 3.40 **Диалоговое окно** инструмента ***Круговой массив***.

Круговой массив, или же в **Меню** *Инструментов эскиза* **Рабочего стола.** Вместо стрелки указатель мыши примет вид значка кругового массива, в *Property Manager (Менеджере Свойств)* откроется диалоговое окно инструмента, а в **Графической области** в

режиме предварительного просмотра появится круговой массив выбранных для копирования объектов с заданными по умолчанию параметрами настройки (рис. 3.40).

Диалоговое окно содержит три блока настройки *Кругового массива*:

Параметры – блок, отвечающий за формирование кругового массива, в который включены следующие его определения:

Реверс направления – параметр, отвечающий за направление распределения экземпляров кругового массива *По часовой* или *Против часовой стрелки.*

Данный параметр настройки имеет актуальное значение в случае, когда экземпляры кругового массива распределяются на угол менее 360°. Если же экземпляры распределяются равномерно на угол в 360°, то направление распределения массива не имеет значения.

Точка-1 ***Текстовое поле*** выбора точки – Центра кругового массива, вокруг которого *Solid Works* будет создана воображаемая направляющая окружность распределения экземпляров кругового массива.

По умолчанию *Solid Works* в качестве Центра массива принимает **Исходную точку** с координатами (0, 0):

Центр X – координата Центра массива по *Оси X*, по умолчанию равно 0 мм

Центр Y – координата Центра массива по *Оси Y*, по умолчанию равно 0 мм

При необходимости, координаты Центра массива изменяют на те, которые будут удовлетворять требованиям распределения экземпляров массива в данном эскизе. Для этого достаточно, ухватившись левой клавишей мыши за кончик Объемной стрелочки, указывающей на Центр массива, переместить контрольную точку в требуемое положение.

Обратите внимание на то, как при этом будут изменяться значения в текстовых полях ***Центр X*** и ***Центр Y*** – они примут те значения, которые будет иметь контрольная точка на момент ее фиксации в **Графической области**. Если невозможно точно привязать новое положение контрольной точки к какому-либо существующему объекту эскиза, то, задав предварительно новые координаты Центра массива перетаскиванием контрольной точки, их можно отредактировать, введя в соответствующие текстовые поля числовые значения координат, ***Центр X*** и ***Центр Y.***

Номер – задает количество экземпляров копируемых объектов в круговом массиве. По умолчанию это параметр имеет значение **4**.

Интервал – задает суммарный угол распределения экземпляров копируемых объектов в круговом массиве. По умолчанию это параметр имеет значение **360°**.

Интервал (угол) распределения кругового массива можно изменять как в текстовом поле этого параметра, так и перетаскиванием контрольной точки дуги массива, расположенной на конце плоской стрелки на направляющей окружности кругового массива. В процессе изменения интервала от конца стрелки к Центру массива будет проведена справочная линия (рис. 3.41), показывающая новое местоположение последнего экземпляра массива, а возле курсора, в это

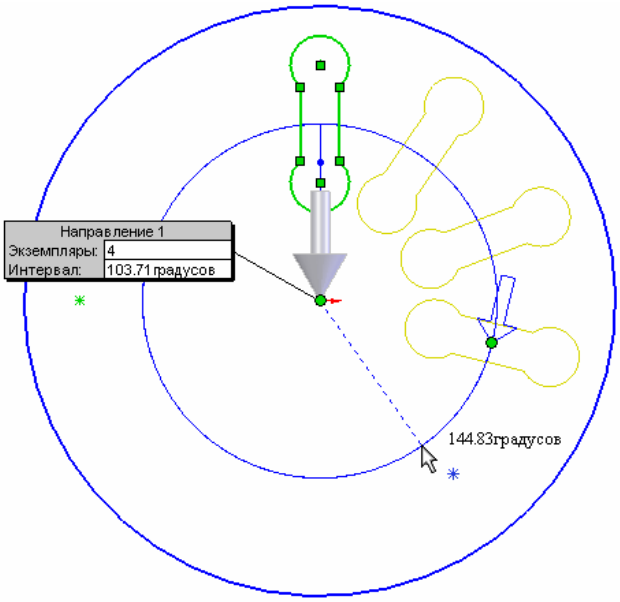


Рис. 3.41 Изменение интервала между копируемыми экземплярами кругового массива, при помощи визуальной настройки данного параметра.

время, будет отображаться текущее значение угла направляющей дуги, вдоль которой будут распределены экземпляры массива после их редактирования.

Следует заметить, что предварительное отображение объектов массива во время выполнения данной процедуры динамически изменяться не будет, экземпляры остаются на прежнем месте до тех пор, пока не будет отпущен курсор. Только в тот момент копируемые массивом экземпляры примут положение, оговоренное им вновь назначенными параметрами.

- ***Радиус*** - задает радиус направляющей окружности (см. рис. 3.40, 3.41), вдоль которой будут располагаться экземпляры кругового массива. Радиус направляющей окружности определяется длиной отрезка от Центра кругового массива до центра масс, копируемого массивом объекта, а поскольку местоположение эскиза объекта строго определено различными взаимосвязями, то при изменении радиуса направляющей окружности ее центр будет перемещаться в направлении стрелки, указывающей на Центр кругового массива.
- ***Угол дуги***. – определяет положение угла наклона центральной точки первого (исходного) экземпляра кругового массива по отношению к Центру кругового массива.

При назначении параметров кругового массива, как уже было сказано ранее, вокруг его центра создается направляющая окружность, радиус которой определяется местоположением центра масс копируемого экземпляра. Кроме того, от центров объектов, выбранных за основу для массива, к центру направляющей окружности прочерчивается вспомогательная линия, равная ***Радиусу***. Параметр ***Угол дуги*** задает угол, под которым, по отношению к исходному состоянию эскиза будет располагаться Центр кругового массива (рис.

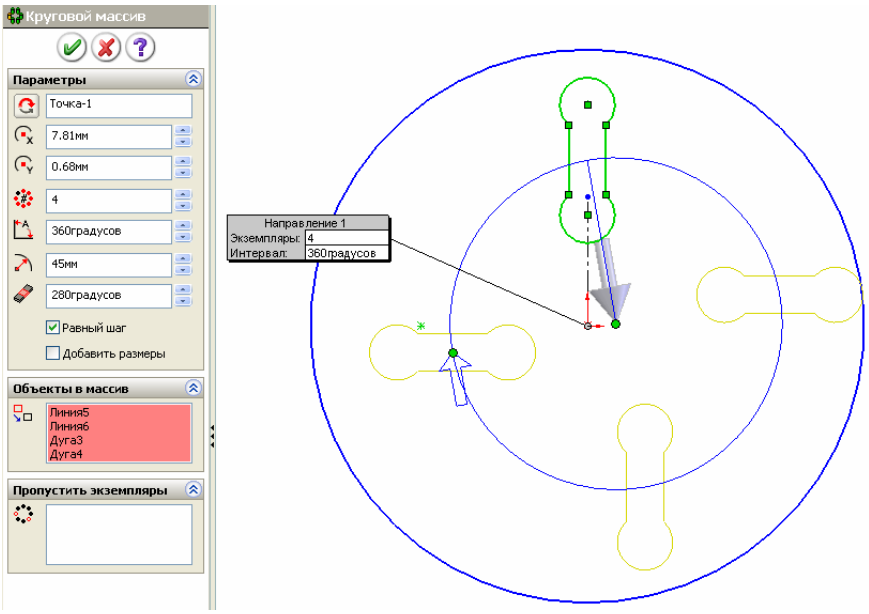


Рис. 3.42 Управление местоположением Центра кругового массива при помощи параметра ***Угол дуги***.

3.42).

Положение центра вспомогательной окружности будет изменяться в соответствии со значением в этом поле (сравни с исходными параметрами, показанными на рис. 3.40).

- Флажок ***Равный шаг*** – активизация ☑ этого параметра позволяет равномерно распределять копируемые массивом экземпляры в пределах заданного ***Интервалом*** угла (рис. 3.43, *а*). Если метка с этого параметра снята, то *Solid Works* распределяет копируемые экземпляры по направляющей окружности с шагом, указанным в текстовом поле параметра ***Интервал*** (рис. 3.43, *б*).

ПРИМЕЧАНИЕ: Остальные элементы управления этого диалогового окна аналогичны тем, которые рассматривались в разделе, посвященном *Линейным массивам*.

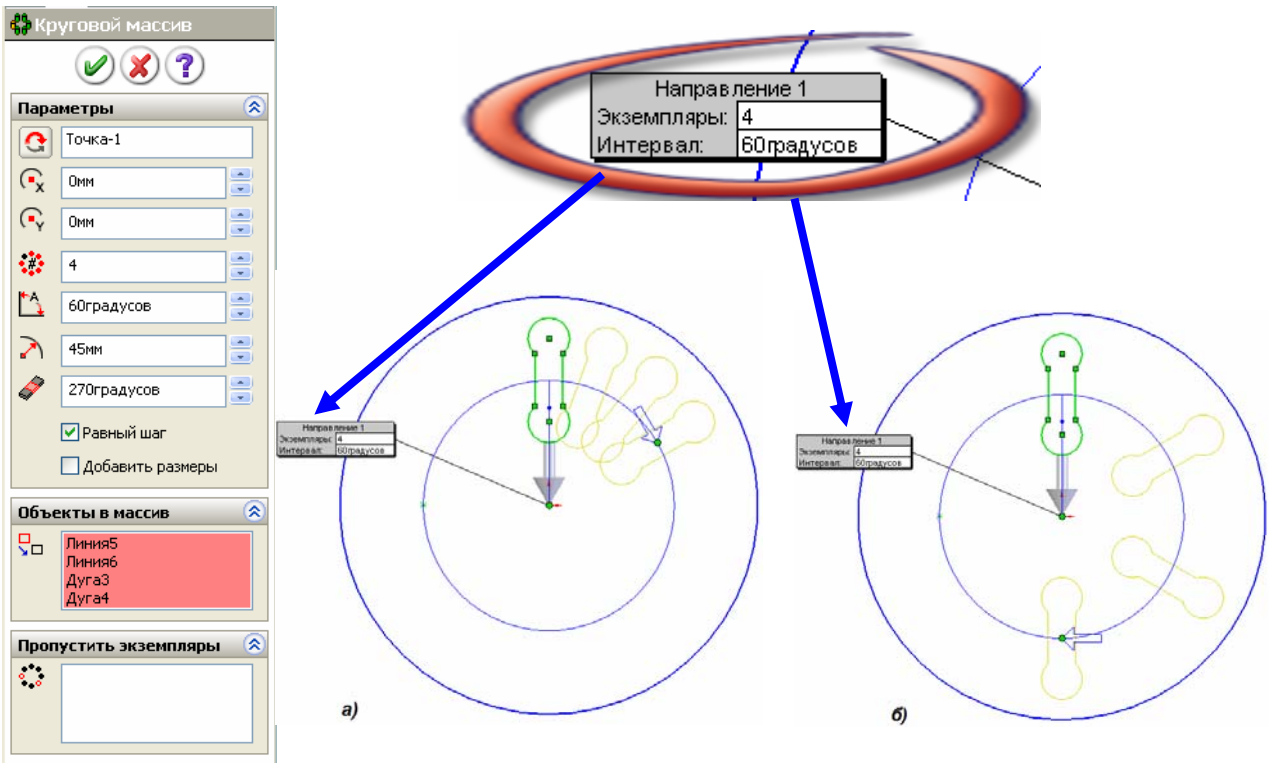


Рис. 3.43 Влияние параметра *Равный шаг* на распределение экземпляров кругового массива по направляющей окружности.

3.6 Редактирование массивов

Редактировать массивы, созданные из объектов эскиза, можно с помощью контекстного меню, которое отображается при щелчке правой кнопкой мыши на любом экземпляре массива. В зависимости от того, массиву какого типа принадлежит этот экземпляр (линейному или круговому), в контекстном меню будет присутствовать команда *Редактировать линейный массив* или *Редактировать круговой массив*.

Фрагмент контекстного меню, вызываемого щелчком правой кнопкой мыши на *Круговом массиве*, показан на рис. 3.44.

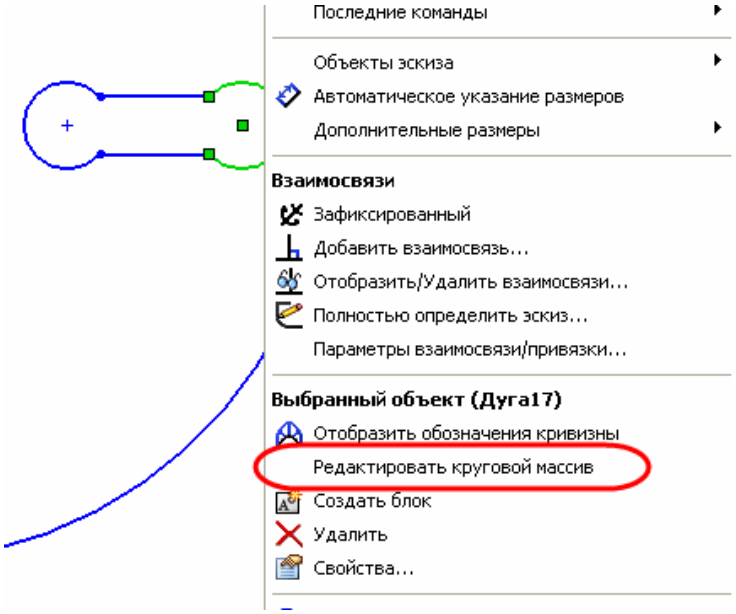


Рис. 3.44 Вызов контекстного меню для редактирования *Кругового массива.*

В зависимости от того, какой массив выделен (линейный или круговой), появится диалоговое окно ***Линейный массив*** или ***Круговой массив***.

Почти все параметры **Диалогового окна** доступны для редактирования. Исключение составляет флажок ***Добавить размеры***, но эта проблема решается простановкой размеров «вручную» непосредственно в **Графической области** эскиза инструментом ***Автоматическое нанесение размеров*** .

3.7 Параметризация эскиза. Управление эскизом при помощи уравнений.

При проектировании однотипных изделий нередко возникает желание облегчить свою работу, переложив ее часть на плечи *Solid Works*. Действительно, зачем тратить свое время на построение эскизов, похожих друг на друга и отличающихся между собой только лишь размерами?

В *Solid Works* существует такое понятие, как *математические отношения между размерами модели.* Создание математических отношений (***Уравнений*** Σ) между размерами модели осуществляется с помощью ***Имен размеров***, используя их в качестве переменных величин.

При создании уравнений можно использовать следующие переменные:

- ***Наименования размеров.*** Каждый размер, проставленный в эскизе и определяющий параметры того

или иного объекта эскиза, имеет собственное ***Имя***, например ***D7@Эскиз5***, которому присваивается определенное размером числовое значение.

- ***Глобальные переменные*** – переменные, имеющие строго определенное, не изменяемое и не зависящее ни от каких сторонних воздействий числовое значение. Эти переменные еще принято называть *Константами* – постоянными, например, «**Vol = 20000**».

Глобальные *переменные* определяются в **Диалоговом окне *Добавить уравнение*** (см. ниже).

- ***Имена связанных размеров*** Использование разделенных значений позволяет связать значения размеров, используя именованные переменные.

Можно указать равные значения для нескольких размеров без использования многочисленных уравнений или взаимосвязей. Когда размеры связываются, любой член группы может быть управляющим размером. Изменение значения одного размера влияет на все связанные размеры. Если размер связан, то радом с размером в **Графической области** появляется обозначение .

Помимо этого, при написании уравнений, устанавливающих математические отношения между размерами можно использовать только поддерживаемые *Solid Works* ***операторы, функции и константы***, список которых приведен в Таблице 3.1[4].

На рис. 3.45 представлен пример эскиза, у которого все размеры связаны математическими зависимостями и являются ***управляемыми***, т.е. их значения зависят от ***управляющего*** размера (в данном случае от размера с именем ***D2=50 мм***).

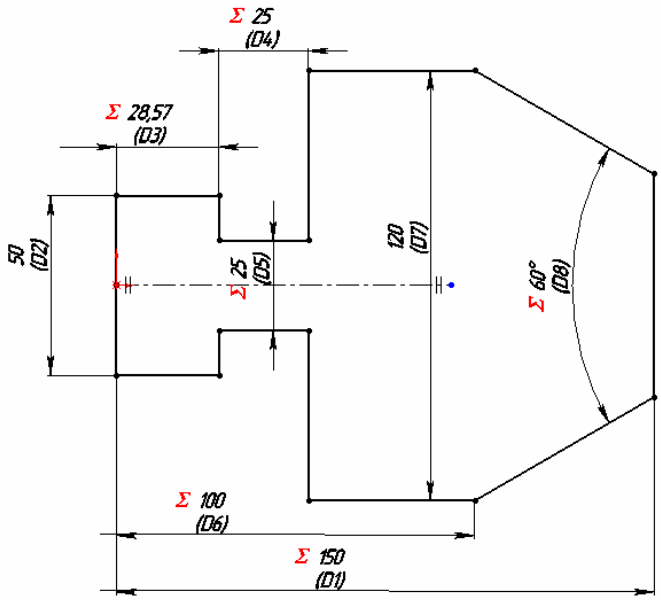


Рис. 3.45 Пример эскиза с параметрически связанными размерами.

[4] При использовании тригонометрических функций в уравнениях укажите угловые единицы, выбрав **Градусы** или **Радианы** в **Угловых единицах уравнения** в диалоговом окне ***Уравнения***.

Поддерживаемые Solid Works операторы, функции и константы, разрешенные к использованию при написании уравнений.

Таблица 3.1

Оператор	Имя	Заметки
+	знак плюс	сложение
-	знак минус	вычитание
*	звездочка	умножение
/	косая черта	деление
^	знак вставки символа	возведение в степень
Функция		
sin (*a*)	синус	*a* - это угол; возвращает значение синуса
cos (*a*)	косинус	*a* - это угол; возвращает значение косинуса
tan (*a*)	касательность	*a* - это угол; возвращает значение тангенса
sec (*a*)	секанс	*a* - это угол; возвращает значение секанса
cosec (*a*)	косеканс	*a* - это угол; возвращает значение косеканса
cotan (*a*)	котангенс	*a* - это угол; возвращает значение котангенса
arcsin (*a*)	арксинус	*a* - это значение синуса; возвращает угол
arccos (*a*)	арккосинус	*a* - это значение косинуса; возвращает угол
atn (*a*)	арктангенс	*a* - это значение тангенса; возвращает угол
arcsec (*a*)	арксеканс	*a* - это значение секанса; возвращает угол
arccosec (*a*)	арккосеканс	*a* - это значение косеканса; возвращает угол
arccotan (*a*)	арккотангенс	*a* - это значение котангенса; возвращает угол
abs (*a*)	модуль	возвращает модуль числа *a*
exp (*n*)	экспонента	возвращает значение e, возведенное в степень *n*
log (*a*)	логарифм	возвращает значение натурального логарифма числа *a* с основанием e
sqr (*a*)	корень	возвращает значение квадратного

	квадратный	корня из *a*
int (*a*)	целая часть числа	возвращает целую часть числа *a*
sgn (*a*)	знак	возвращает знак числа *a* как -1 или 1 Например: sgn(-21) возвращает -1
Константа		
π	Пи	отношение длины окружности к ее диаметру (3.14159265…)

Рассмотрим вопрос создания или изменения уравнения на примере эскиза, представленного на рис. 3.45. Для этого:

1. Отобразим **Диалоговое окно *Уравнения*** Σ одним из ниже приведенных способов:

- Выбрав команду ***Уравнения*** Σ на панели инструментов ***Инструменты*** , расположенную в ***Стандартном меню*** *Solid Works* (рис. 3.46).

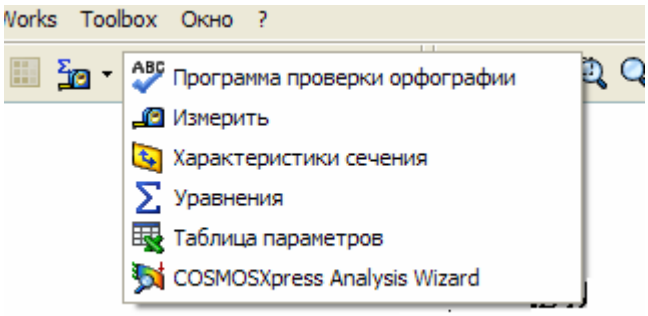


Рис. 3.46 Выбор команды ***Уравнения*** из *Стандартного меню* панели ***Инструменты***

Главное меню → Инструменты → Уравнения Σ.

- Нажав правой клавишей мыши на папке ***Уравнения*** в *Дереве конструирования Feature Manager* и выбрав (рис. 3.47)[5]:
- Добавить уравнение,
  - Редактировать уравнение или
  - Удалить уравнение.

Когда *Уравнения* создаются для эскиза впервые, то текстовое окно *Уравнений* открывается без каких-либо записей, т.е. пустое. Если же для

[5] Данный способ вызова команды ***Уравнения*** может быть применим, если уравнения уже создавались и их нужно отредактировать, добавить или удалить.

данного эскиза *Уравнения* уже ранее создавались, то они отображаются в **Диалоговом окне** команды, как это показано на рис. 3.48.

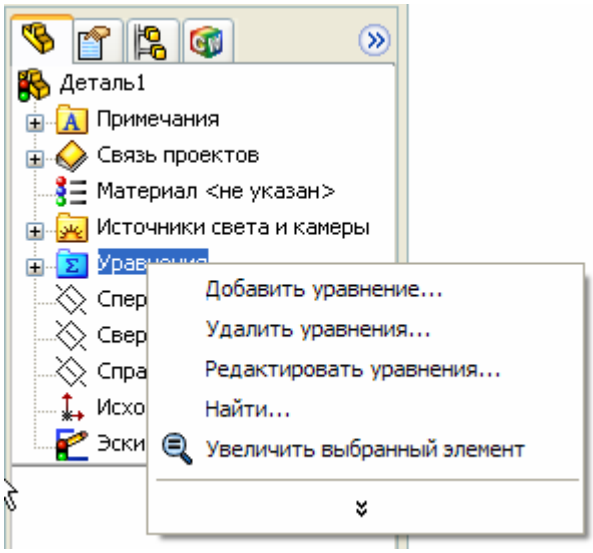


Рис. 3.47 Работа с ***Уравнениями*** из *Дерева конструирования Feature Manager*

В текстовом окне ***Уравнения*** отображаются уравнения со следующей информацией в полях, разбитые по столбцам:

- **Активный**. Отображает информацию о состоянии данного уравнения в текущий момент, при этом данный параметр может иметь следующие значения:

☑ *Уравнение активно*. При этом в поле **Равняется** отображается числовое значение результата, полученного при решении уравнения, показанного в поле **Уравнение.**

☐ *Уравнение не активно*. В поле **Равняется** отображается текстовое сообщение **Погашен**.

- **Уравнение**. Отображает уравнения. Решение уравнений выполняется слева направо (то есть размер слева управляется значением справа), в том порядке, в каком они указаны в списке уравнений.

- **Равняется**. Отображает решения уравнений. Значок указывает на статус каждого уравнения:

✔ - **Решено**. Уравнение решено без ошибок.

❗ - **Не решено**. Возникает при удалении элемента или размера, которые используются в уравнении.

Только для чтения. Возникает при изменении имени сборки, которая содержит уравнение для компонентов сборки.

A - Комментарий. Возникает при добавлении одиночной кавычки (') в начале уравнения, что делает все уравнение комментарием.

Связанная переменная. Возникает, если уравнение является именем связанного размера. Имена связанных размеров не могут редактироваться из диалогового окна ***Уравнения***.

- **Заметка**. Отображает заметки, добавляемые Вами при создании или редактировании уравнений.

2. **Диалоговое окно** команды ***Уравнения*** содержит следующие кнопки, для выполнения соответствующих операций:

☑ ***Добавить*** – создает новое уравнение.

☑ ***Редактировать*** – Выберите эту команду, чтобы отредактировать существующее уравнение.

☑ ***Редактировать все***. Предназначена для редактирования всех уравнений в формате списка.

☑ ***Удалить***. Выберите, чтобы удалить существующее уравнение.

☑ ***Конфигурация***. Выберите, чтобы указать, к каким конфигурациям применяется выбранное уравнение.

☑ **Угловые единицы уравнения**. Выберите один из указанных ниже параметров:

- Градусы
- Радианы

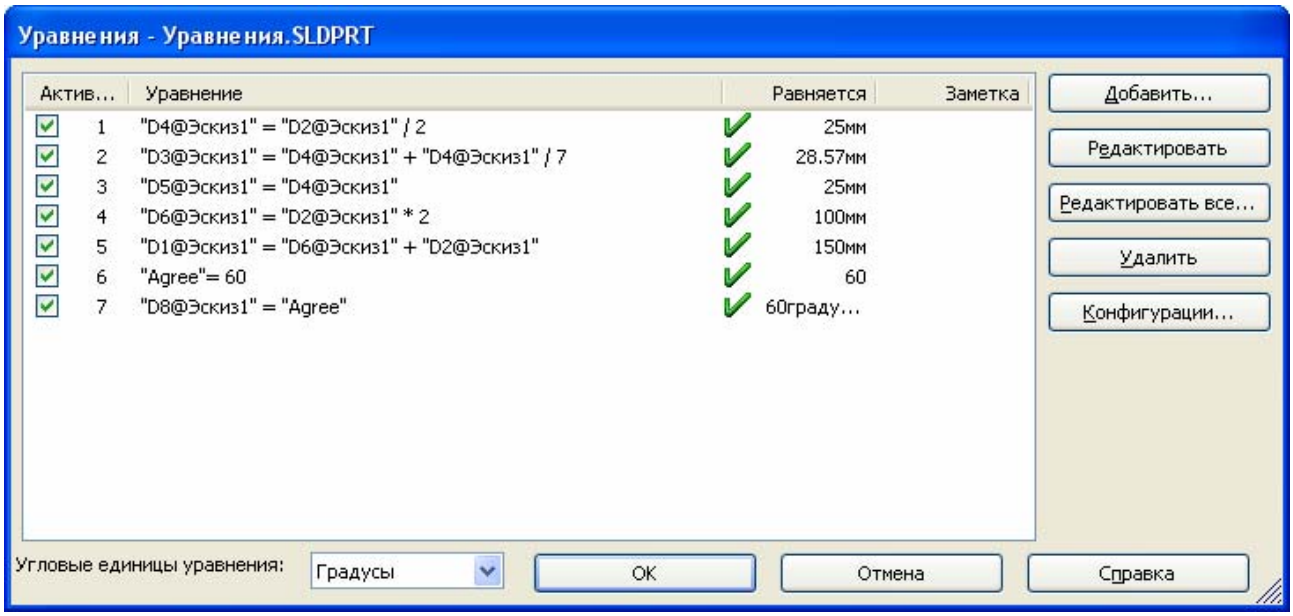


Рис. 3.48 Диалоговое окно ввода\редактирования *Уравнений.*

3. Добавим в существующий список уравнений (рис. 3.48) еще одно, а именно, соотнесем размер **D7=120 мм** (см. рис. 3.45) к размеру «шейки» **D5=25 мм**. Для этого, в вызванном для редактирования (см. рис.3.47) из Дерева проекта **Диалоговом окне *Уравнения*** нажмем на кнопке ***Добавить***.

4. В Графической области появляется окно *Добавить уравнение* (рис. 3.49).

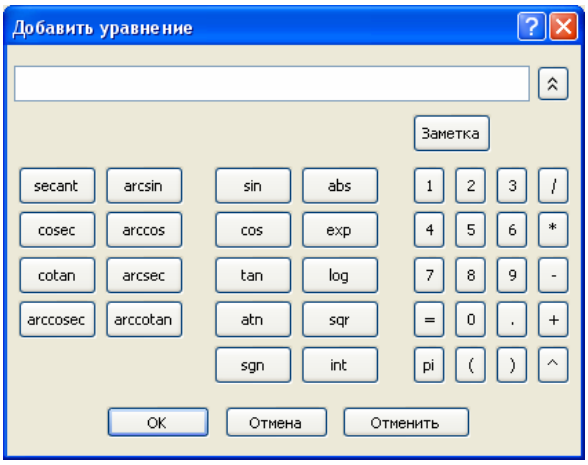


Рис. 3.49 Диалоговое окно ***Добавить уравнение***.

Диалоговое окно содержит набор кнопов с указанием допустимых к использованию в уравнениях функций и их аргументов (см. табл. 3.1), а также блок клавиш калькулятора для набора цифровой информации в строке *Уравнения*, клавиши:

- **ОК** – подтверждает введенное в строке состояния уравнение;
- **Отмена** - отменяет введенное в строке состояния уравнение;
- **Отменить** – отменяет последнее введенное значение функции.

5. Определим уравнением математическое соотношение размеров **D5** и **D7**, как ***D7=D5*4***, для этого:

   5.2.1. Щелчком левой клавиши на размерном тексте **120 (D7)** эскиза вводим в строку состояния уравнения управляемый размер, как переменную ***«D7@Эскиз1»***.

   5.2.2. С клавиатуры компьютера или калькулятора Диалогового окна ***Добавить уравнение*** вводим знак «=».

   5.2.3. Щелчком левой клавиши на размерном тексте **25 (D5)** эскиза вводим в строку состояния уравнения управляющий размер, как переменную ***«D5@Эскиз1»***.

   5.2.4. С клавиатуры компьютера или калькулятора Диалогового окна ***Добавить уравнение*** вводим знак «*» (умножить) и число **4**..

В результате получим запись, показанную на рис. 3.50.

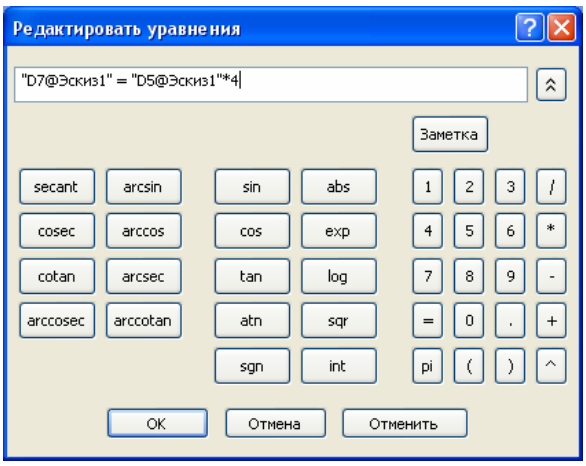


Рис. 3.50 Операция ***Добавления*** нового уравнения.

6. После нажатия клавиши **ОК** на панели ***Редактировать уравнение*** в текстовом окне ***Уравнение*** появится запись нового, только что созданного уравнения с результатом вычисления в поле ***Результат*** (рис. 3.51). Заметьте, что все уравнения решаются до регенерации геометрии.

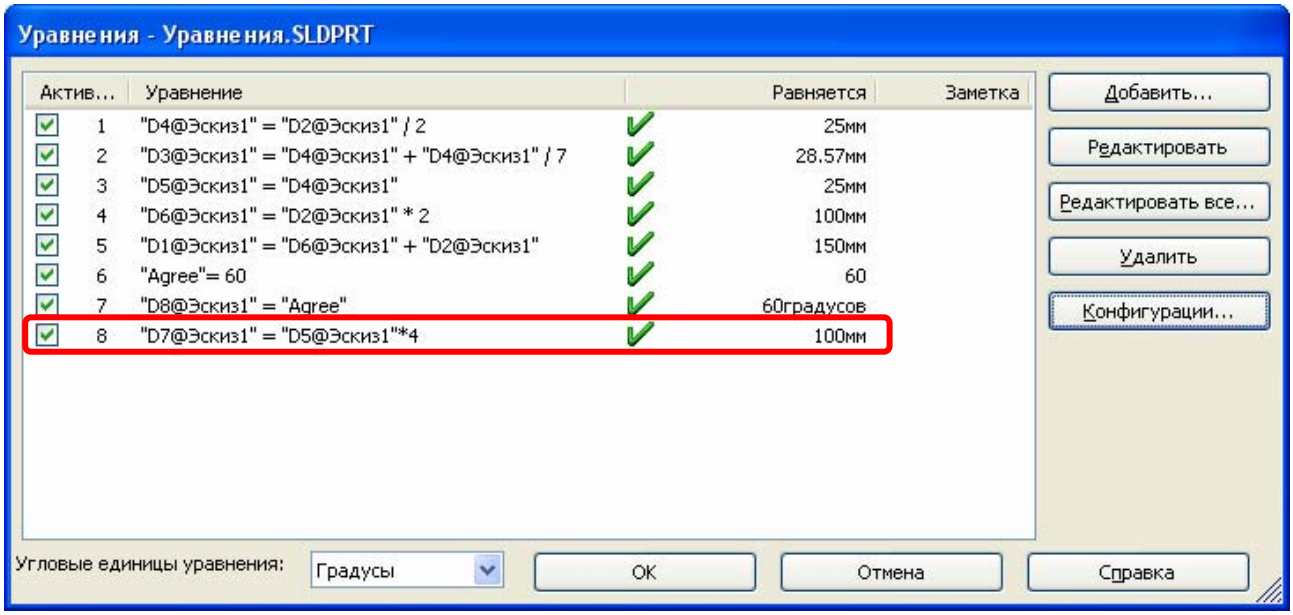


Рис. 3.51 Изменения в списке *Уравнений*, управляющих геометрией эскиза рис. 3.45.

7. Нажав клавишу **ОК** в Диалоговом окне ***Уравнений*** не трудно заметить все изменения, которые претерпел редактируемый эскиз (см. рис. 3.52)

Из представленного описания и поясняющих рисунков не трудно сделать вывод, что команды ***Добавить, Редактировать*** и ***Редактировать все*** похожи по сути друг на друга, и конечным

результатом их действий является эскиз у которого ***управляемые*** размеры помечаются знаком **Σ**.

Рис. 3.52 имеет один ***управляющий*** размер – это ***50 (D2)***, который не имеет никаких пометок возле текстовой части. Поскольку этот размер является ***управляющим***, то давайте посмотрим, как

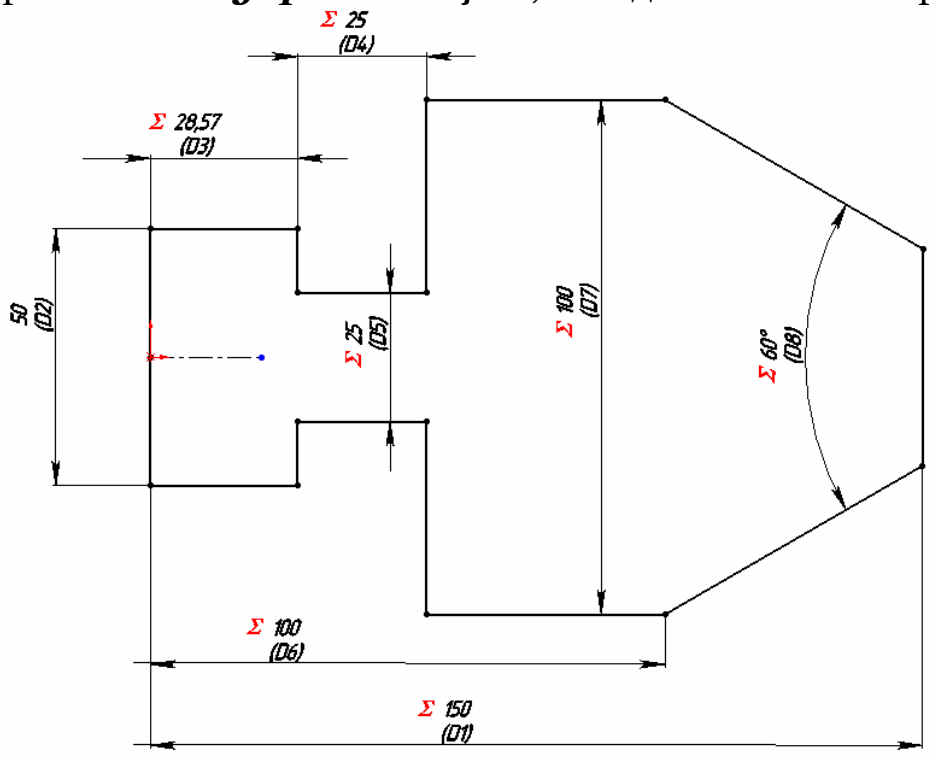


Рис. 3.52 Эскиз после редактирования ***Уравнений***, описывающих его геометрические формы.

изменится эскиз, если мы захотим изменить размер ***50,*** скажем, на ***30***.

Для этого двойным щелчком на тексте ***50 (D2)*** вызовем команду

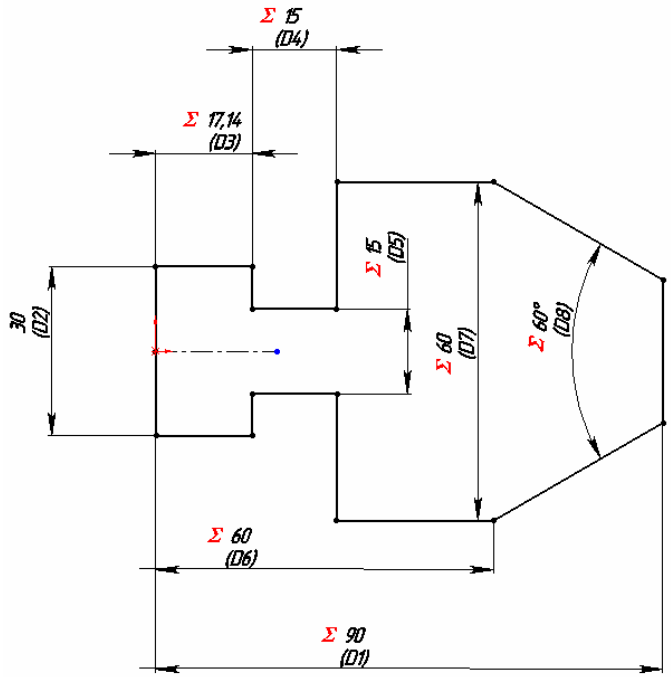


Рис. 3.53. Результат воздействия ***управляющего*** размера на геометрические характеристики всего эскиза посредством ***Уравнений***, описывающих ***управляемые*** размеры.

Изменить и в появившемся окне изменим число 50 на 30. После чего, нажав **ОК,** получим в **Графической области** измененный эскиз, представленный, как результат редактирования эскиза при помощи уравнений, на рис. 3.53.

Таким образом, можно легко установить взаимосвязь не только с размерами объектов одного эскиза, но и с геометрическими характеристиками других эскизов, описывающих данное изделие, а также установить связь и с эскизами любых деталей в сборке.

Мы рассмотрели, по отдельности, достаточное количество команд построения и инструментов редактирования эскиза, которые могут нам пригодиться при создании эскизов любой конфигурации. Но прежде, чем перейти к последнему разделу этой главы – комплексному использованию команд построения и редактирования эскиза – хотелось бы немного поговорить о настройках ***Панели инструментов***, которая будет использоваться (и уже использовалась ранее) в нашей дальнейшей работе.

Принципы, изложенные в следующем разделе, будут приемлемы и для настройки других панелей, используемых при проектировании изделий в *Solid Works*.

3.8 Общие настройки Solid Works

В этом разделе мы рассмотрим основные настройки, которые рекомендуется сделать каждому пользователю, с целью оптимизации работы в системе *Solid Works*.

Как правило, каждый пользователь имеет «свое особое мнение» по вопросам удобства использования ресурсов компьютера и программы, с которой он работает. Однако существуют некоторые правила, позволяющие оптимизировать сам процесс проектирования.

С этими правилами мы и попытаемся Вас ознакомить, чтобы в будущем облегчить Ваш труд, свести к минимуму непроизводительные затраты времени, а сам процесс проектирования превратить в удовольствие.

3.8.1. Настройка панелей инструментов

По умолчанию, после инсталляции, в *Solid Works* на ***Панелях инструментов*** и в ***Менеджерах команд*** отображается какой-то стандартный набор команд, при этом вовсе не обязательно, что данный набор кнопок-команд будет совпадать с Вашими потребностями. Как правило, опытные пользователи сами настраивают для себя ***Панели инструментов*** таким образом, чтобы, как говорится, «все было под рукой».

Поэтому и Вам следует научиться настраивать ***Панели инструментов*** в соответствии с Вашими потребностями.

С давних пор в *Solid Works* принято, что все ***Инструменты эскиза*** располагаются на **Рабочем столе** справа от **Графической области**, а слева от нее расположены ***Панели инструментов***, определяющие состояние начерченного эскиза в твердом теле.

Рассмотрим вопрос добавления кнопок-команд на ***Панель Инструментов эскиза*** на примере одной из полезных, но пока нами не востребованной команды – ***Создание эскиза вдоль линии пересечения тел*** .

Для того, чтобы добавить иконку команды на ***Панель Инструментов эскиза*** необходимо выполнить следующие действия:

1. Активизировать окно ***Настройка***. Для этого достаточно в **Главном меню** выбрать *Инструменты → Настройка* и в **Графической области** появится окно, показанное на рис. 3.54.

На закладке ***Панели инструментов,*** в зоне с одноименным названием, представлен перечень всех ***Панелей***, которые возможны для использования в *Solid Works* при выполнении тех или иных построений в процессе проектирования изделия или оформления чертежа на него.

Каждая ***Панель*** имеет свой определенный набор команд, но и он не является полным, а лишь определяет ее общие черты, которые также подлежат корректировке под каждого пользователя. Для того, чтобы активизировать нужную Вам ***Панель***, достаточно щелкнуть курсором в окошко, расположенное возле имени ***Панели*** и она появится на **Рабочем столе** Вашего компьютера.

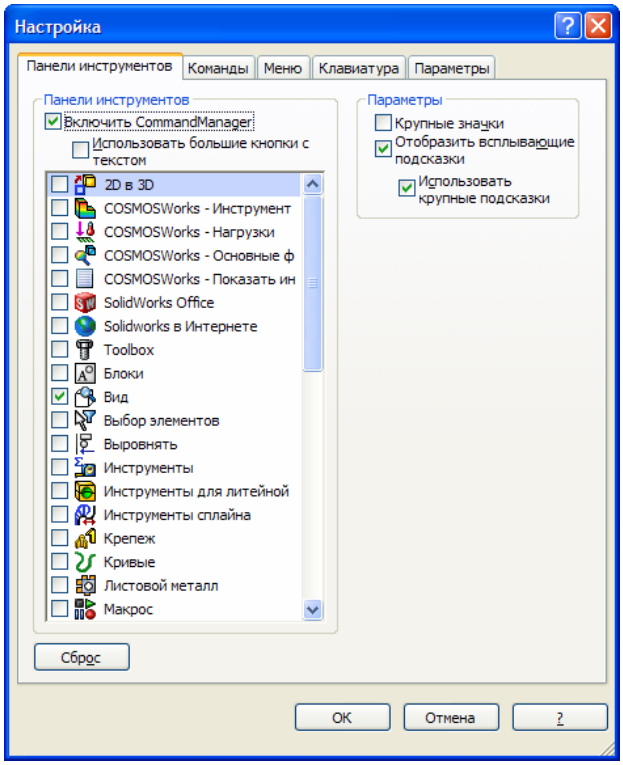


Рис. 3.54 Диалоговое окно команды ***Настройка*** всех панелей инструментов *Solid Works*

Флажок *Включить Command Manager (Диспетчер команд)* отвечает за вид отображения ***Панелей инструментов*** на **Рабочем столе**, а флажок *Использовать большие кнопки с текстом* – за внешний вид **Диспетчера команд** (рассмотрению этого вопроса будет посвящен следующий подраздел).

Зона ***Параметры*** отвечает за состояние и внешний вид самих иконок команд, а названия флажков этой зоны в дополнительных комментариях не нуждается (см. рис. 3.54).

2. Перейдем в закладку ***Команды***.

В окне ***Категории*** представлен набор из тех категорий, которые включают в себя весь набор команд, составляющих ***Панели инструментов*** и, в то же время, отображающих абсолютно все команды *Solid Works* (рис. 3.55).

В рядом расположенном окне ***Кнопки*** представлены иконки команд входящие в набор ***Панелей инструментов*** выбранной ***Категории***.

3. Выберем *Категорию* ***Эскиз*** и найдем в окне ***Кнопки*** нужную нам иконку команды ***Создание эскиза вдоль линии пересечения тел*** (см. рис. 3.55).

4. Ухватив иконку команды левой клавишей мыши, перенесем ее, не отпуская клавишу, в нужное место на *Панели инструментов* ***Эскиза*** (рис. 3.56).

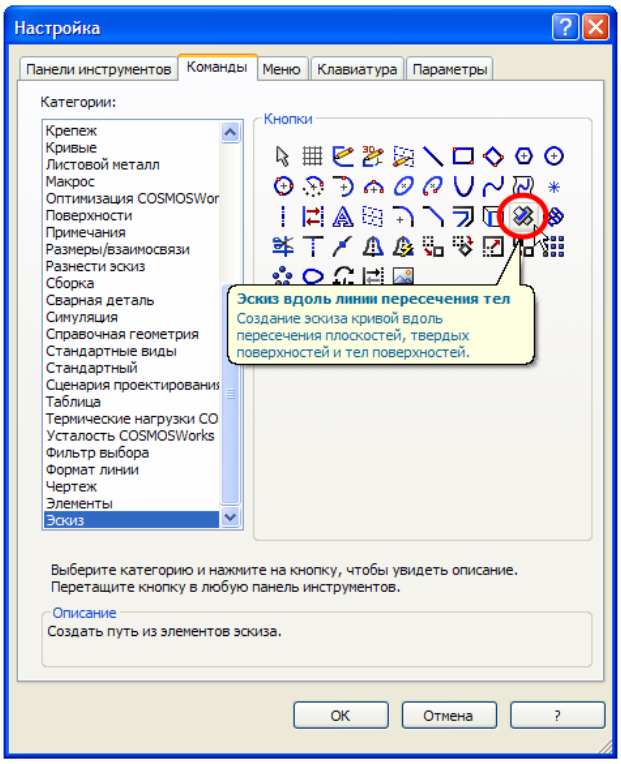


Рис. 3.55 Выбор иконки команды для переноса ее в ***Панель инструментов Эскиза***.

Обратите внимание на то, что место будущей дислокации устанавливаемой иконки команды (сама иконка в этот момент представляется в полупрозрачном виде, см. рис. 3.56) помечено жирной горизонтальной чертой. В это же время под курсором светится метка – зеленый знак плюс, как сообщение о том, что данная команда будет добавлена в имеющийся набор команд *Панели инструментов* ***Эскиза***.

5. Отпустите левую кнопку мыши, и выбранная команда в виде собственной иконки установится в назначенное ей Вами место.

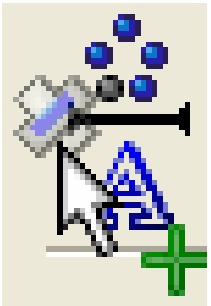


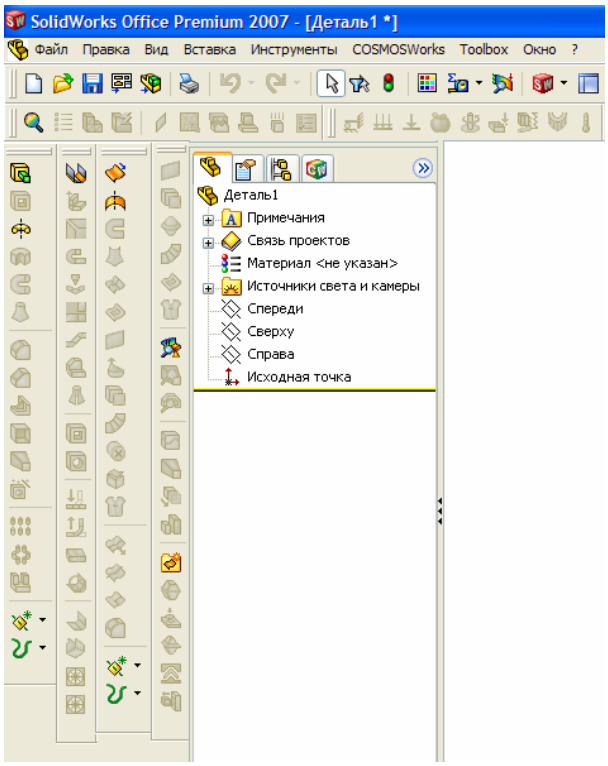
Рис. 3.56

Таким же образом Вы можете поместить любую кнопку на любую панель инструментов и в любой *Менеджер команд*.

Чтобы ***Удалить*** кнопку с *Панели инструментов*, откройте **Диалоговое окно *Настройка*** и с помощью левой кнопки мыши перетащите кнопку с панели инструментов в **Графическую область**, при этом можно не открывать ни закладку ***Команды***, ни выбирать ***Категорию***, к которой эта кнопка принадлежит.

3.8.2. Настройка Диспетчера Команд

Как уже говорилось ранее, предназначение **Диспетчера команд** – упростить процесс выбора инструментов, позволяющих пользователю сократить время на поиски нужной команды. Мы выяснили, в предыдущем разделе, что все инструменты и команды в *Solid Works* группируются в специализированные ***Панели инструментов***. Однако, если все нужные нам для работы ***Панели*** разместить на **Рабочем столе**, то на саму **Графическую область** останется совсем мало места. Так на рис. 3.57 показан фрагмент **Рабочего стола** с необходимым для нормальной работы конструктора набором ***Панелей инструментов***[6], но размещенных по принципу «Все Панели на Рабочем столе».



Как видно из представленного рисунка, слева от *Feature Manager (Менеджера проекта)* на **Рабочем столе** весьма неудобно разместились такие панели, как:

a) ***Элементы*** ;

b) ***Листовой металл*** ;

c) ***Поверхности*** ;

d) ***Инструменты для литейных форм*** , а вверху, под **Стандартным меню**, целую строку заняли ***Панели инструментов*** *COSMOS Works* (в общей сложности – 4 **Панели**):

Рис. 3.57 Пример «загрузки» **Рабочего стола** Панелями инструментов, необходимыми для работы конструктора.

e) *COSMOS Works* ***Основные функции*** ;

f) *COSMOS Works* **Нагрузки** ;

g) *COSMOS Works* ***Инструменты результатов*** и

h) *COSMOS Works* ***Показать основные результаты*** .

Легко заметить, что немалая часть полезного пространства **Рабочего стола** занята командами, которые необходимы для выполнения проектно-конструкторских работ *вообще*, но в данный

[6] Пример настройки Панелей приведен для режима проектирования Деталей.

момент времени не востребованы и, в то же время, «крадут» и без того не большую площадь **Графической области** построения модели изделия.

Исправить этот недостаток поможет нам **Диспетчер команд**. В предыдущем разделе (см. рис. 3.54) было подробно рассказано, как можно активизировать этот раздел в настройках *Solid Works*.

По умолчанию, как только **Диспетчер команд** активизируется, он представляется на **Рабочем столе** в следующем виде, показанном на

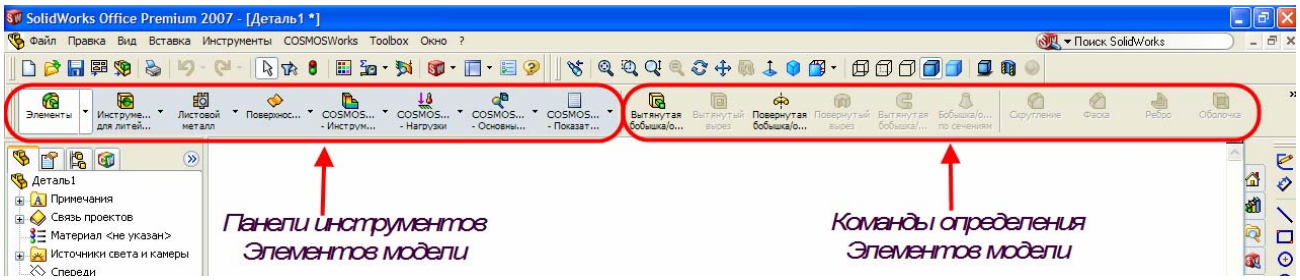


Рис. 3.58 Исходное состояние **Диспетчера команд**

рис. 3.58.

Не трудно заметить, что все выше перечисленные модели собраны **Диспетчером команд** в одну строку, при этом выбор той или иной ***Панели*** приводит к ее активизации и появлению в означенной строке соответствующего набора ***Команд*** определения элементов модели.

К числу дополнительных настроек **Диспетчера команд** можно отнести такие, как:

- *Использовать большие кнопки с текстом* – позволяет отображать или убирать поясняющий текст названия ***Панели*** и ***Определения*** под соответствующими кнопками (см. рис. 3.58);
- *Настройка диспетчера команд...* - выбор этого пункта контекстного меню позволяет создать набор ***Панелей инструментов***, входящих в состав **Диспетчера команд**,

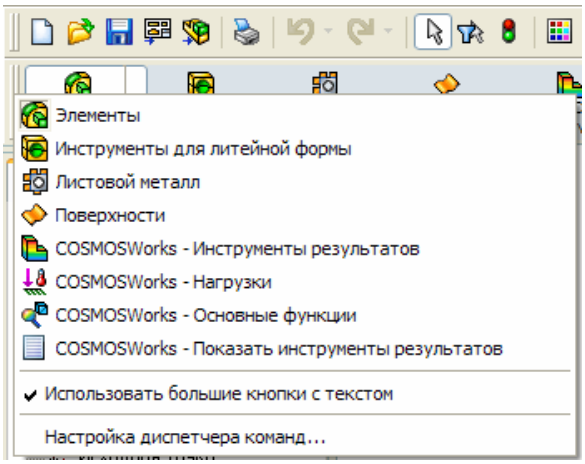


Рис. 3.59 Контекстное меню настройки **Диспетчера команд**.

вызываемые из контекстного меню правой клавишей мыши, когда курсор располагается в зоне заголовка ***Панели* Диспетчера команд** (см. рис. 3.59).

Помимо этого, можно изменить и место расположения **Диспетчера команд**, поместив его слева от *Feature Manager (Менеджера проекта)*, на общепринятое место расположения всех команд ***Определения*** элементов модели. Для этого нужно лишь взяться курсором за заголовок ***Панели* Диспетчера команд** (две параллельные линии в голове ***Панели***) и, удерживая его левой клавишей мыши, перенести на новое место, после чего курсор отпускается.

3.8.3. Общие настройки пользователя

Для настройки *Общих Системных Параметров Solid Works* необходимо вызвать его **Диалоговое окно,** для этого:

1. Из **Главного меню** выбираем ***Инструменты*** → ***Параметры***. В результате чего на **Рабочий стол** всплывает **Диалоговое окно** *Общих настроек пользователя* (рис. 3.60), содержащих следующие параметры настройки *Solid Works*.
2. Выбрать один из описанных ниже вариантов, после чего нажать кнопку **OK**.

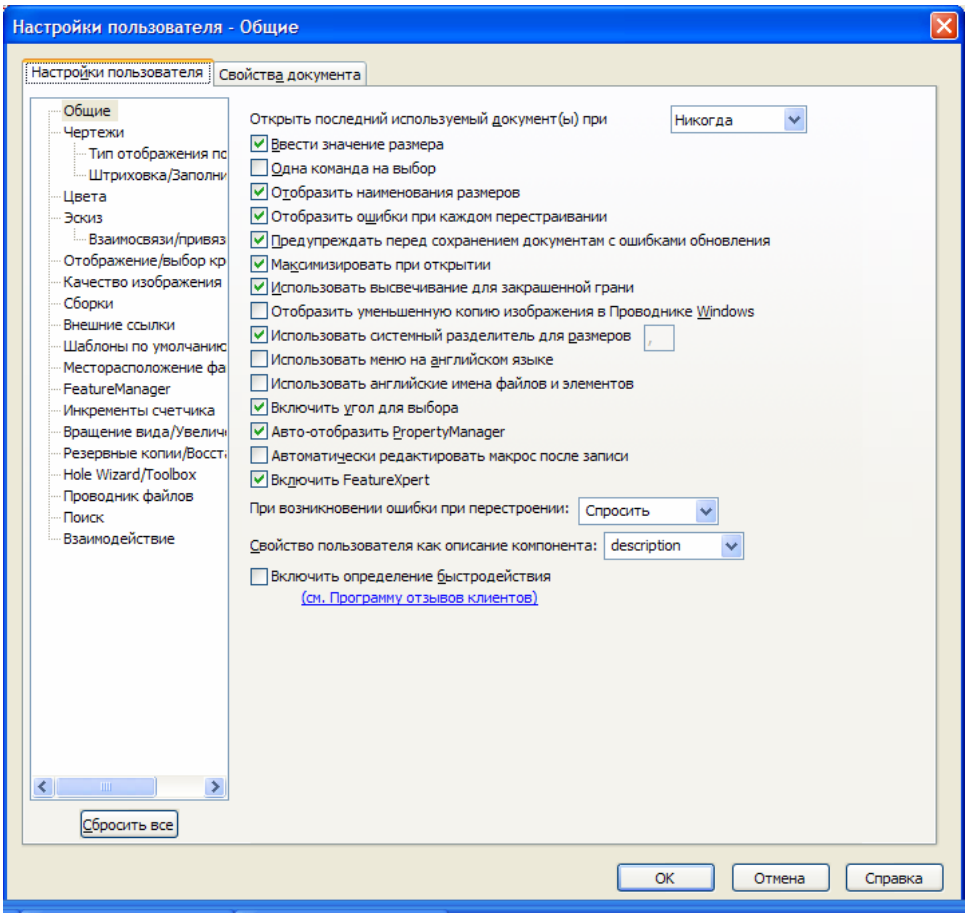


Рис. 3.60 Главное меню настроек Пользователя *Solid Works*

ВНИМАНИЕ: С помощью параметра *Сбросить все* происходит откат всех настроек Пользователя, а не только настроек на активной странице, к системным параметрам по умолчанию.

Открыть последний использовавшийся документ при запуске. Выберите **Всегда** или **Никогда**.

Всегда выбирается только в том случае, если при запуске *Solid Works* требуется автоматически открывать документы, которые использовались при последнем сеансе работы в *Solid Works*.

☑ **Ввести значение размера**. Если активизировать этот параметр, то при вставке размера отображается Диалоговое окно **Изменить**. Если параметр не выбран, то для его изменения придется дважды нажимать на размер для вызова Диалогового окна **Изменить** и изменения его значения.

☑ **Одна команда на выбор**. Выбор инструментов эскиза и нанесения размеров отменяется после каждого использования. (Чтобы временно – в рамках работы с одним инструментом -

отменить этот параметр, дважды нажмите на инструмент, чтобы он остался выбранным и после выполнения одной операции.)

- ☑ **Отобразить наименования размеров**. Отображает имя и значение размера.
- ☑ **Отобразить ошибки при каждом перестраивании**. При отключении этого параметра сообщения об ошибке отображаются только один раз.
- ☑ **Предупреждать перед сохранением документам с ошибками обновления**. Предупреждение дает Вам возможность исправить ошибки перед сохранением документа.
- ☑ **Максимизировать при открытии**. Когда выбран этот параметр, каждый документ открывается с максимальным размером в окне *Solid Works*.
- ☑ **Использовать высвечивание для закрашенной грани**. Когда выбран этот параметр, выбранные грани отображаются однотонным цветом (по умолчанию зеленым). Чтобы указать другой цвет выделения, выберите **Инструменты → Параметры → Настройки пользователя →**, **Цвета**, затем выберите другой цвет для параметров **Выбранная грань → Закрасить**.
- ☑ **Отобразить уменьшенную копию изображения в Проводнике *Windows***. При выборе этого параметра для каждого документа *Solid Works* детали или сборки отображается уменьшенная копия изображения в Проводнике *Windows*, вместо значка. Это графическое изображение создается на основе ориентации вида модели при последнем сохранении документа. Используется палитра из 16 цветов; если для элемента выбран недоступный цвет, программное обеспечение в уменьшенной копии изображения заменит его на похожий цвет. Уменьшенная копия изображений также используется в диалоговых окнах, вызываемом при помощи команд **Открыть**, **Сохранить как**.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если уменьшенные копии изображений не отображаются в диалоговых окнах *Открыть* или *Сохранить как*, возможно, потребуется открыть, а затем сохранить документы. При повторном открытии этих диалоговых окон, уменьшенные копии изображений появятся в них.

ВНИМАНИЕ: В целях оптимизации работы с *Solid Works* не рекомендуется активизировать данный параметр, т.к. любая дополнительная информация (в данном случае уменьшенная копия изображения изделия) большой пользы при выборе изделия в Проводнике *Windows* не принесет, а объем загружаемого файла увеличит, что не совсем

благоприятно скажется при загрузке большой сборки.

☑ **Использовать системный разделитель для размеров**. При отображении десятичных чисел используется установленный по умолчанию системный разделитель десятичных разрядов.

- Чтобы установить параметр по умолчанию, используйте **Панель управления** в системе *Windows*.
- Чтобы установить десятичный разряд, отличный от параметра по умолчанию, отмените выбор этого параметра и введите требуемый символ (обычно это точка или запятая).

☑ **Использовать английский язык**. Этот параметр доступен, если выбран другой язык во время установки, и стандарты, указанные в **Панели управления** *Windows*, определены для этого языка.

ПРИМЕЧАНИЕ: Следует иметь в виду, что для вступления данного изменения в силу необходимо выйти из программы Solid Works и запустить ее еще раз.

☑ **Использовать английские имена файлов и элементов**. Если выбран этот параметр, в Дереве конструирования *Feature Manager* имена элементов и автоматически создаваемые имена файлов отображаются на английском языке. Если выбран этот параметр, существующие имена элементов и файлов на иностранном (не английском) языке не обновляются.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данный параметр доступен при отключенном параметре *Использовать меню на английском языке*, при этом используется программное обеспечение *Solid Works* в операционной системе на иностранном языке, и установлена система *Solid Works* для этого иностранного языка.

☑ **Включить угол для выбора**. Отображается **Угол для выбора** в правом верхнем углу **Графического окна *Эскиза***.

☑ **Авто-отобразить *Property Manager (Менеджер свойств)***. Контроль за появлением *Property Manager* при выборе существующих объектов эскиза, размеров и примечаний в графической области. Если при выборе элемента этот параметр отменен, необходимо выбрать вкладку *Property Manager (Менеджер свойств)* вручную, чтобы получить доступ к этому элементу.

ПРИМЕЧАНИЕ: *Property Manager* всегда отображается автоматически при выполнении команды, для определения которой используется *Property Manager*.

- ☑ **Автоматически редактировать макрос после записи**. Редактор макросов будет открыт после записи и сохранения макроса.
- ☑ **Включить Feature Xpert**. **Feature Xpert** автоматически исправляет детали для их успешного перестроения.
- ☑ **Свойство пользователя как описание компонента**. Задайте или введите имя для определения пользовательской метки **описания**. Например, в диалоговом окне **Открыть** имеется метка **Описание**, которая отображает описание модели. Вместо отображения метки **Описание**, можно отобразить метку, которая будет указана.

ПРИМЕЧАНИЕ: В случае изменения параметра *Свойство пользователя* как описание компонента в документе, который уже сохранен, необходимо вручную добавить новое описание в диалоговом окне *Суммарная информация*.

- ☑ **При возникновении ошибки при перестроении**. Выберите **Стоп**, **Продолжить** или **Запрос**, чтобы управлять действиями во время появления первой ошибки при **перестроении**. Остановить перестроение, чтобы исправить модель, и затем продолжить процесс. В дереве проектирования *Feature Manager* поместите указатель на элемент с ошибкой, чтобы увидеть ее объяснение.
- ☑ **Включить определение быстродействия**. Информация по быстродействию программы посылается в *Корпорацию Solid Works* с целью улучшения продукта. Этот процесс незаметен для пользователя и посылает только информацию о системном и командном использовании для оценки качества и видов использования программного обеспечения. Данная информация конфиденциальна.

При первой встрече с *Solid Works*, не всякий пользователь сможет сразу разобраться с его настройками, поэтому мы рекомендуем Вам выполнить настройку (активизацию) тех параметров, которые отмечены на рис. 3.60 в начале данного раздела.

3.9 Пример построения эскиза сложной формы.

Для закрепления рассмотренного в предыдущих разделах материала, постоим эскиз ***Опоры***, представленной на рис. 3.61.

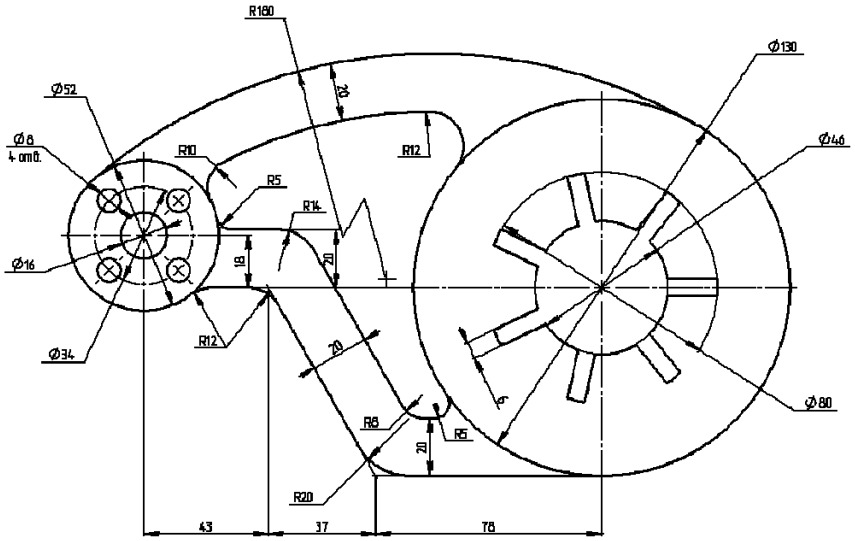


Рис. 3.61 Эскиз ***Опоры***

Построение эскиза начнем, выбрав для этого одну из Стандартных плоскостей, представленных в *Feature Manager* (*Дерево проектирования*) и активизировав команду ***Эскиз*** . В дальнейшем, для построения задания выполним следующие шаги:

1. Выберем на *Панели инструментов* ***Эскиз*** команду

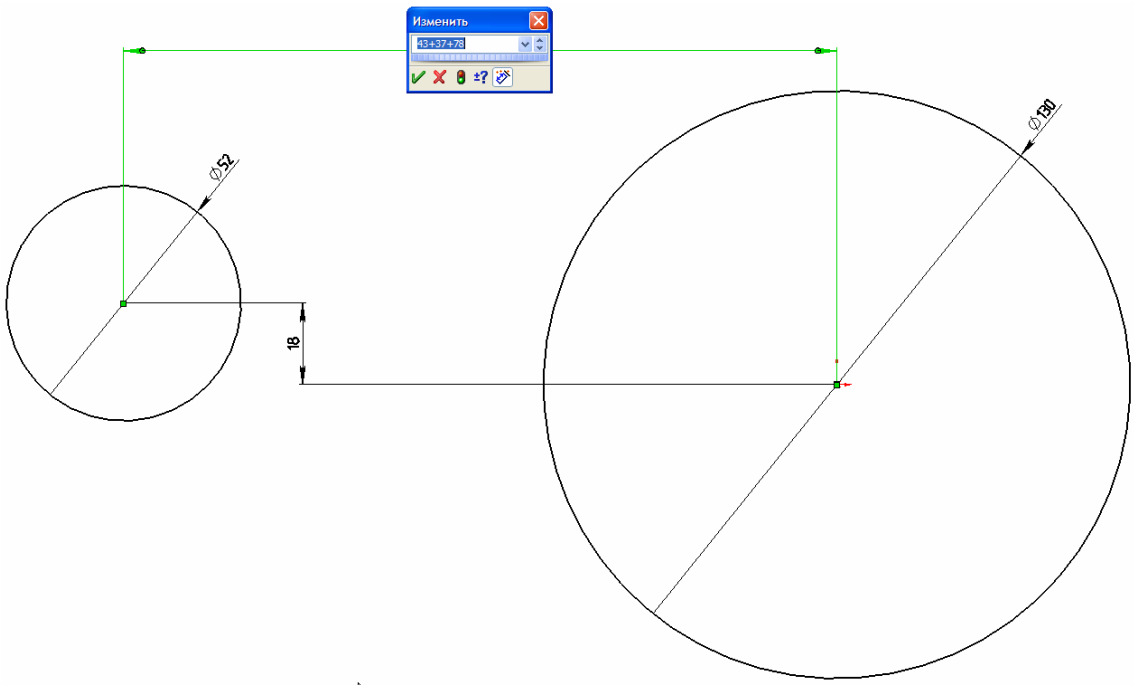


Рис. 3.62 Первый этап построения эскиза – определение общих габаритов.

Окружность и построим две окружности: Ø130 (из ***Исходной точки***) и Ø52.

2. Добавим взаимосвязи этим окружностям в виде размеров, как самих окружностей, так и размеров, определяющих их взаимное расположение. Для этого вызовем команду ***Автоматическое нанесение размеров*** и поставим размеры, показанные на рис. 3.62.

ВНИМАНИЕ: Габаритный размер, определяющий расстояние между осями окружностей вдоль оси *X* по заданию не задан, но определяется, как сумма линейной цепочки размеров (см. рис. 3.61). Для простановки данного размера мы воспользовались (см. рис. 3.62) встроенным в *Solid Works* калькулятором и определили величину этого размера, как сумма значений размеров указанной цепочки, т.е. 43+37+78 = 158 мм.

3. При помощи команды ***Дуга из центра*** построим дугу ***R180 мм***, при этом указав в **Графической области** произвольную точку положения центра ***Дуги***, ее начальную точку разместим на одной из ранее созданных окружностей, установив автоматическую взаимосвязь *Касательность*.
4. Второй конец дуги, вероятнее всего, не займет свое нормальное положение, определяемое заданием, поэтому при отрисовке дуги ее конечную точку размещаем на окружности (Автоматическая взаимосвязь – ***Совпадение***) либо, если геометрические параметры создаваемой дуги не позволяют этого сделать, оставляем второй конец «висящим в воздухе».

ВНИМАНИЕ: Если геометрические параметры создаваемой дуги получаются такими, что второй конец дуги попадает в одну из квадрант окружности, то не следует устанавливать автоматическую взаимосвязь *Совпадение*, т.к. она не позволит нам оформить эскиз должным образом, поскольку эта взаимосвязь, как якорь, будет удерживать конец дуги в этой квадранте. В таком случае лучше не доведите конец дуги до окружности.

5. Добавим взаимосвязь *Касательность* между вторым концом созданной дуги и окружностью, с которой эта дуга должна сопрягаться.
6. При помощи команды ***Линия*** создадим нижнюю замыкающую часть контура эскиза.
7. Добавим взаимосвязи:
   - *Касактельность* - между нижней горизонтальной линией и окружностью Ø130 мм;

- *Совпадение* - между верхним горизонтальным отрезком и центром окружности (в нашем случае это еще и **Исходная точка**).

8. Определяем точное геометрическое описание полученного эскиза, добавляя к построенным объектам размеры, определяющие их взаимное расположение и собственные

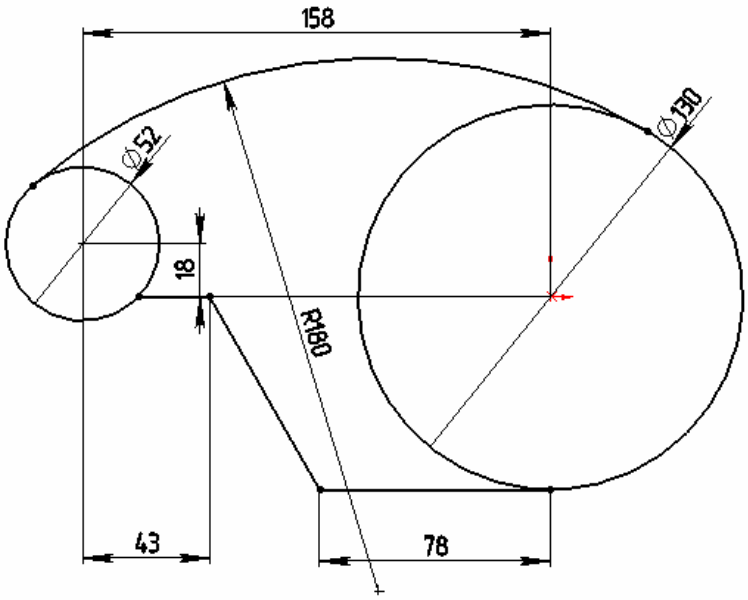


Рис. 3.63 Получение внешнего габарита эскиза

габариты (рис. 3.63).

ВНИМАНИЕ: При добавлении размеров, описывающих габариты нижней части *Опоры* – линейная часть один из размеров линейной цепочки является лишним, при условии, что ее общий габарит (158 мм) уже проставлен. Если сделать попытку поставить «недостающий», например L=37 мм (см. рис. 3.61), то *Solid Works* предупредит Вас о том, что устанавливаемый размер можно оставить, сделав его *управляемым* или *управляющим* (рис. 3.64).

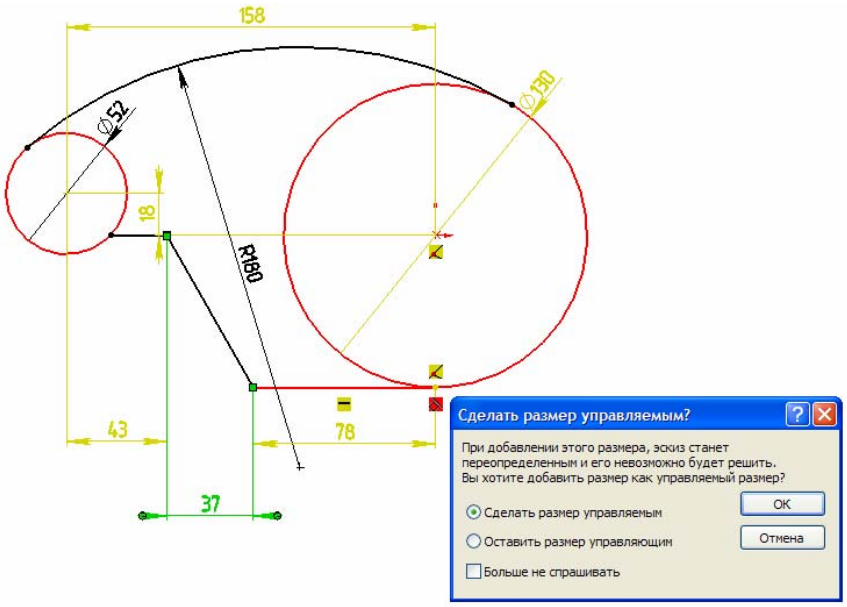


Рис. 3.64 Переопределенный эскиз

Если в всплывающем окне ***Сделать размер управляемым?*** (см. рис. 3.64) пометить параметр *Сделать размер управляющим*, то после нажатия клавиши **ОК** в правом нижнем углу **Рабочего стола** появится сообщение, представленное на рис. 3.65.

Это сообщение появляется как результат работы запатентованной **Solid Works Corporation** новой технологии интеллектуального

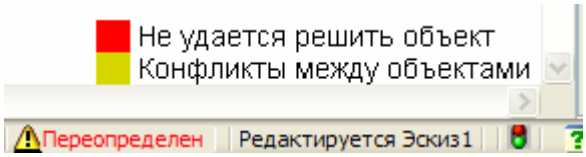


Рис. 3.65 Сообщение SketchXpert о возникших конфликтах и возможных методах решения проблемы

проектирования – **SWIFT** *(Solid Works Intellect Feature Technology)*. Здесь же представлено и объяснение цветовой гаммы, в которую *Solid Works* перекрасил уже нарисованный эскиз (см. рис. 3.64).

Один из модулей **SWIFT** – ***SketchXpert*** позволяет найти решение в возникшей ситуации, но для этого необходимо щелкнуть левой клавишей мыши на поле **Переопределен** (рис. 3.65). Это действие вызывает **Диалоговое окно** модуля ***SketchXpert***, показанное на рис. 3.66.

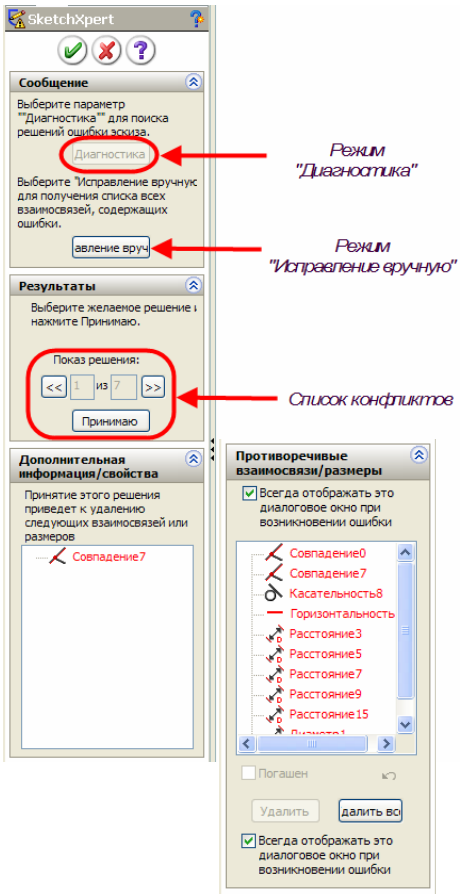


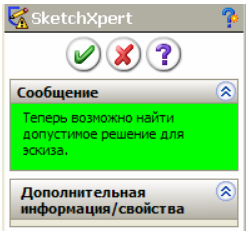
Рис. 3.66 Диалоговое окно *SketchXpert*

Изначально Диалоговое окно имеет только блок **Сообщение**, в котором

пользователю предлагается выбрать либо ручной (***Исправить вручную***), либо автоматизированный (***Диагностика***) режимы выхода из возникшей конфликтной ситуации.

Отличие первого режима от второго заключается лишь в характере отображения вошедших в конфликт взаимосвязей, в том числе и лишних размеров (см. отличия на рис. 3.66). Перебор, по очереди, решений позволяет пользователю самостоятельно определить, какое из отмеченных *Solid Works* решений может быть удалено, чтобы разрешить возникшую конфликтную ситуацию.

После решения возникшей проблемы эскиз больше не является переопределенным, о чем свидетельствует соответствующая запись в блоке **Сообщения *SketchXpert***:



9. Выполним ***Смещение объектов*** внешнего контура ***Опоры*** на 20 мм.
10. Скруглим углы, указанными радиусами, в местах пересечения отрезков, воспользовавшись для этого командой ***Скругление***
11. Радиусы скругления в местах сопряжения отрезков, в том числе и дуги, с окружностями выполним, как результат вычерчивания в этих местах окружностей указанного радиуса (рис. 3.67, *а*) с отсечением, после наложения взаимосвязей *Касательность* лишних частей этих окружностей (рис. 3.67, *б*) при помощи инструмента ***Отсечь объекты***

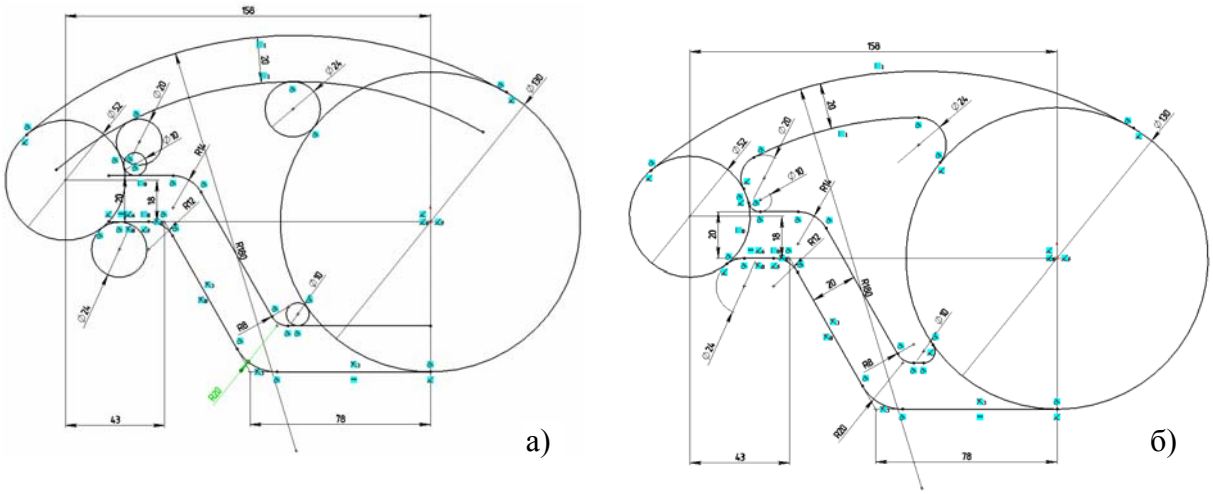


Рис. 3.67 Добавление скруглений и отсечение лишних частей объектов эскиза

12. Строим эскиз шлицевого отверстия в бобышке Ø130 мм. Для этого из центра окружности Ø130 проводим две окружности Ø80 и Ø46.

13. Проведем горизонтальную ***Осевую линию*** и назначим для нее режим ***Динамическое зеркальное отображение объектов***

14. Проводим линии, определяющие шлицевый паз шириной 6 мм (рис.3.68, *а*).

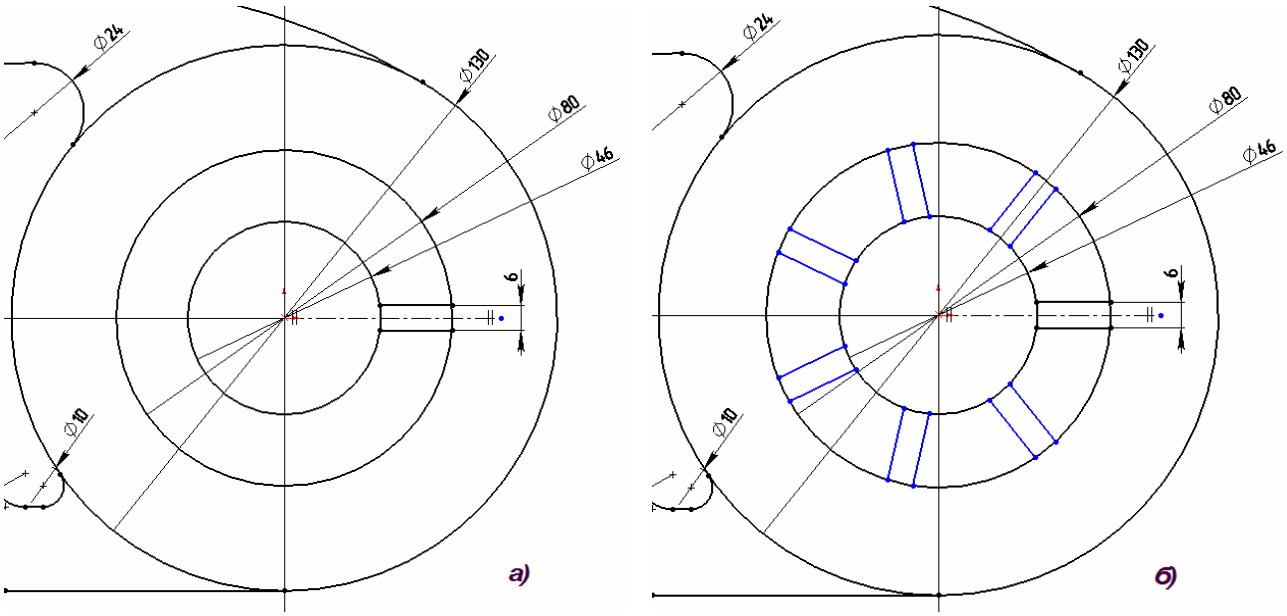


Рис. 3.68 Построение шлицевого паза путем копирования объектов эскиза круговым массивом

15. Используя инструмент редактирования эскиза, ***Круговой массив*** копируем объекты шлицевого отверстия с параметрами:
    - Номер = 7;
    - Интервал - 360°;
    - Равный шаг.

16. При помощи инструмента ***Отсечь объекты*** удаляем не нужные участки дуг на получившемся эскизе.

17. На бобышке Ø52 из центра окружности проводим две окружности: Ø16 и Ø34, причем окружности Ø34 в *Property Manager (Менеджере Свойств)* назначаем параметр линии - *Вспомогательная геометрия*.

18. Из центра окружности Ø52 проводим две ***Осевые линии*** , причем одну – вертикальную, а вторую – наклоненную под углом 45° (угол наклона линии определяем размером).

19. В точке пересечения вспомогательной окружности Ø34 и осевой линии под углом в 45°, при помощи команды ***Окружность*** чертим окружность Ø8.

20. Используя инструмент редактирования эскиза, ***Круговой массив*** копируем объекты шлицевого отверстия с параметрами:
    - Номер = 4;
    - Интервал - 360°;
    - Равный шаг.

Таким образом, мы создали сложный эскиз будущего изделия ***Опора***. Безусловно, не все рассмотренные в этой главе команды были использованы при построении данного эскиза, но это и не являлось основной целью нашей работы в изучаемом разделе.

Основную цель – построение эскиза сложной конфигурации с использованием команд построения, редактирования эскиза и наложения взаимосвязей между объектами эскиза мы выполнили.

Для более надежного закрепления пройденного материала Вам рекомендуется ответить на вопросы самопроверки, приведенные в следующем разделе, и решить задачи из разделе 3.11.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

Ответьте на вопросы и сравните свои ответы с ответами, приведенными в конце этой главы.

1. Инструмент ***Отсечь объекты*** используется также для растяжения объектов эскиза (Да/Нет).
2. В эскизной среде можно создать ***Скругление*** между двумя параллельными линиями (Да/Нет).
3. Можно создать ***Скругление*** между двумя непараллельными и непересекающимися объектами (Да/Нет).
4. Отдельный объект сместить нельзя: чтобы создать копию объекта с помощью инструмента ***Сместить объекты***, необходимо выделить цепочку объектов (Да/Нет).
5. Чтобы открыть диалоговое окно ***Настройка***, необходимо выбрать в меню команду ***Вставка → Настройка*** (Да/Нет).
6. В эскизе, созданном с помощью ***Зеркальной линии***, не отражается замысел проектировщика (Да/Нет).
7. Для создания ***Линейного массива*** в эскизной среде программы *Solid Works* используется инструмент _.
8. Для создания кругового массива в эскизной среде программы *Solid Works* используется инструмент_.
9. Для изменения ***Окружности*** следует выделить ее с помощью инструмента_____, чтобы открыть *Менеджер свойств* ()•
10. Режим автоматического зеркального отражения включает инструмент_____.
11. С помощью инструмента ***Отсечь объекты*** нельзя растянуть объект эскиза (Да/Нет).
12. Предварительное изображение ***Растянутого объекта*** имеет красный цвет (Да/Нет).
13. Между двумя непересекающимися объектами нельзя создать ***Скругление*** (Да/Нет).
14. ***Зеркальное отражение*** объектов эскиза можно создавать с помощью ***Осевой линии*** (Да/Нет).
15. Если установлен флажок *Зафиксирован* в **Диалоговом окне *Линейный массив***, то после создания массива на эскизе указывается размер между первыми двумя экземплярами, расположенными вдоль заданного направления (Да/Нет).

16. Как называется *Менеджер свойств*, который отображается при щелчке на кнопке ***Скругление*** в *Менеджере свойств* ***Эскиз***?

    1) Скругление;

    2) Скруглить;

    3) Скругление поверхности;

    4) Построение скругления.

17. Как называется *Менеджер свойств*, который отображается слева от **Графической области** при выборе в меню команды *Инструменты → Инструменты эскиза →* ***Фаска***?

    5) Фаска;

    6) Построитель фаски;

    7) Построение фаски;

    8) Создать фаску.

18. Какой инструмент используется для создания линии *Динамического* ***Зеркального отражения***?

    9) Динамическое отражение объектов;

    10)Зеркальное отражение;

    11)Динамическое Зеркальное отражение;

    12)ни один из перечисленных.

19. Какой инструмент используется для разбиения объекта эскиза на два или более объекта?

    13)Разбить объекты;

    14)Обрезать эскиз;

    15)Кривая разбиения;

    16)Кривая обрезки.

20. Какой инструмент используется для создания кругового массива в *Solid Works*?

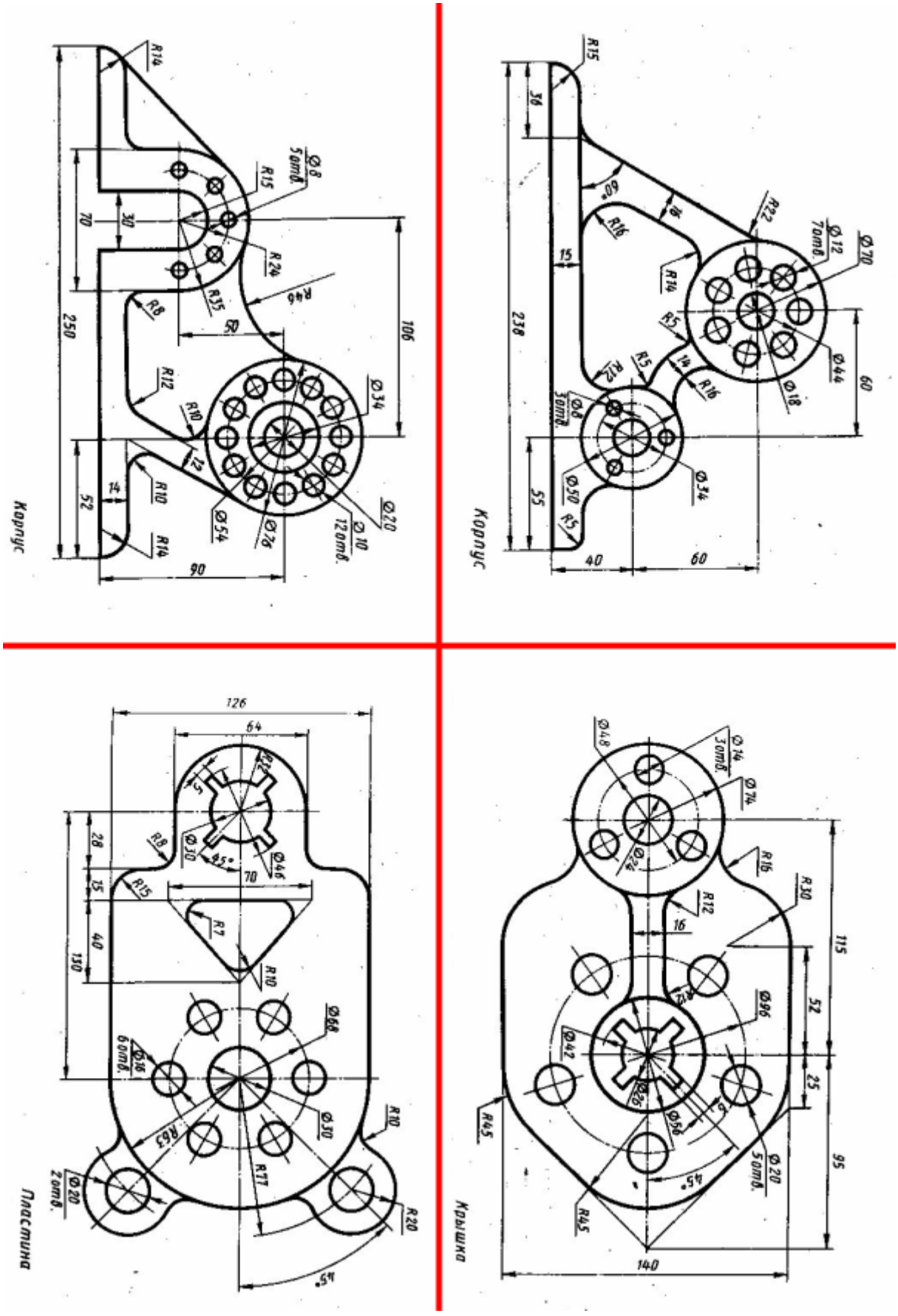
    17)Создать круговой массив;

    18)Круговой массив;

    19)Массив;

    20)ни один из перечисленных.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ



ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Да. 2. Нет. 3. Да. 4. Нет. 5. Нет. 6. Нет. 7. Линейный массив. 8. Круговой массив. 9. Выбрать, Окружность. 10. Зеркально отразить объекты.

ГЛАВА 4

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОСТРОЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Содержание

4. Основные элементы построения твердого тела 157

4.1. Создание твердотельных вытянутых элементов. Команда «Вытянутая бобышка/Основание» 157

4.2. Создание твердотельных повернутых элементов. Команда «Повернутая бобышка/Основание» 180

4.3. Создание вырезов 191

4.4. Моделирование методом выделения контура 203

Вопросы для самопроверки 210

Задания для самостоятельной работы 212

Ответы на вопросы для самопроверки 213

4. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОСТРОЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

В предыдущих главах мы рассмотрели очень важные вопросы, позволяющие нам вплотную приблизиться к решению задач по твердотельному моделированию изделий – основной цели нашего курса.

Мне кажется естественным, если при обсуждении вопросов создания твердого тела с применением той или иной команды мы не будем подробно останавливаться на ранее рассмотренном материале, а говорить об этих вещах, как о свершившемся факте. Иначе мы этот курс никогда не закончим ☺.

В *Solid Works* процесс «превращения» Эскиза в твердое тело принято называть *Определение*, поскольку в процессе моделирования мы определяем, как построенный нами эскиз будет влиять на конфигурацию создаваемой детали.

Начнем изучение вопросов моделирования, как всегда, с самых простых, но наиболее часто встречающихся команд определения.

4.1. *Создание твердотельных вытянутых элементов. Команда «Вытянутая бобышка/Основание»*

После того как Вы построили эскиз, проставили на нем размеры и полностью определили его, вызовите Менеджер команд ***Элементы***[1], а затем щелкните на кнопке ***Вытянутая бобышка/ Основание*** . Эту же команду можно вызвать и из **Главного меню** *Solid Works*, пройдя по выпадающим меню: *Вставить* → *Бобышка/Основание* → *Вытянуть*

Изображение автоматически переключится на объемное, расположив стороны создаваемого тела по осям координат, одновременно, в предварительном просмотре показывая создаваемое тело, а слева от **Графической области** появится Менеджер свойств инструмента ***Вытянуть***, показанный на рис. 4.1.

[1] Менеджер команд в *Solid Works 2008* расположен сверху от **Графической области**, в то время, как в более ранних версиях его можно было расположить в любом месте Рабочего стола. Менеджер команд впервые появился в *Solid Works 2006*.

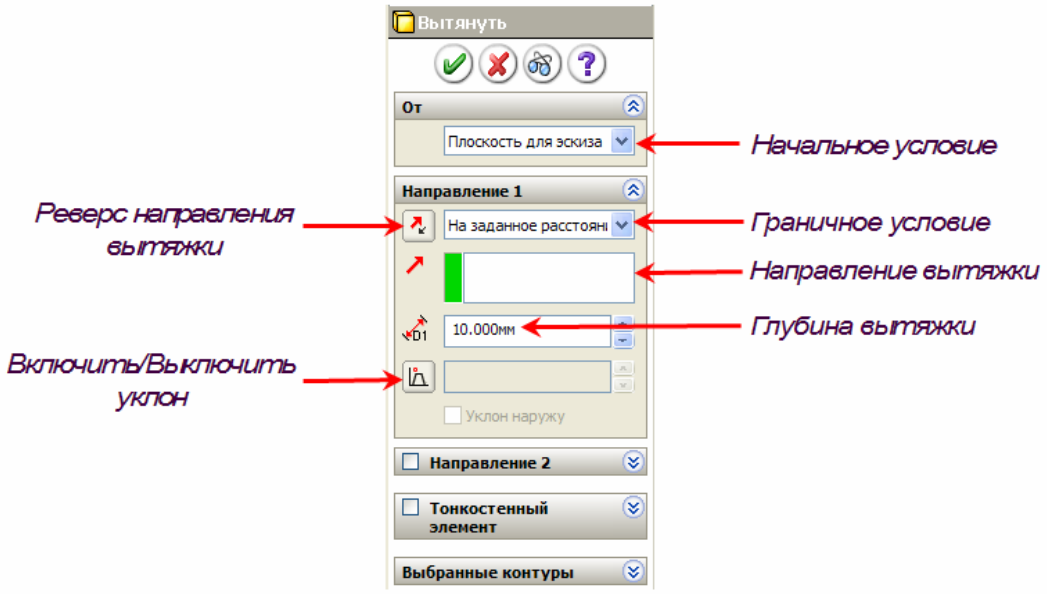


Рис. 4.1 Менеджер свойств команды Вытянутая бобышка/Основание

При этом, в **Графической области** Вы увидите предварительное изображение основания, а на эскизе появится стрелка. Эта стрелка находится на переднем плане и является прозрачной. На рис. 4.2 изображен предварительный вид вытянутого эскиза. Обратите внимание, что если внутри внешнего контура эскиза имеются какие-либо замкнутые контуры, то при вытягивании они будут автоматически вычтены из внешнего контура.

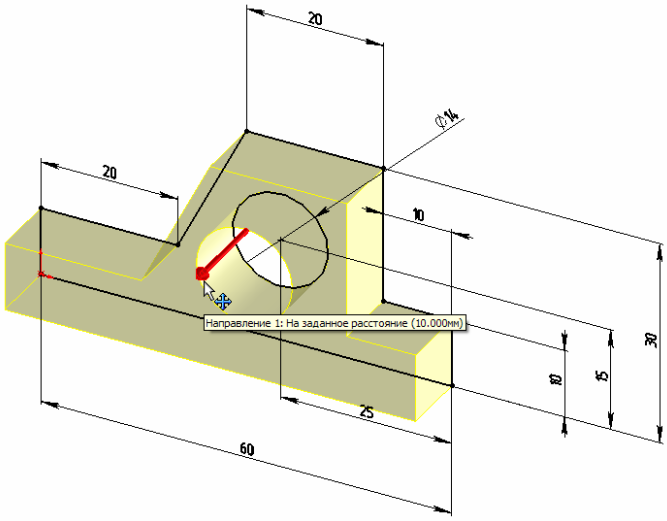


Рис. 4.2 Предварительный вид вытянутого основания

Рассмотрим более подробно блоки управления команды ***Вытянутая бобышка/Основание*** (см. рис.4.1).

- Раздвижная панель ***Направление 1***;
- Раздвижная панель ***Направление 2***;
- Блок начальных условий ***От***;

- ***Тонкостенный элемент***;
- ***Выбранные контуры***.

Раздвижная панель ***Направление 1***

Раздвижная панель ***Направление 1*** задает граничное условие для вытягивания эскиза в одном направлении **От** *Плоскости эскиза*. В состав панели входят блоки, непосредственно с помощью которых описывается данное граничное условие по выбранному направлению, а именно:

Описание граничных условий определения Вытянутая бобышка/Основание.

Раскрывающийся список ***Граничное условие*** - позволяет различными способами определить границу вытянутого элемента. Обратите внимание, что поскольку это первый элемент модели, некоторые из вариантов, доступные в этом списке, не будут использоваться на данном этапе. Кроме того, некоторые дополнительные варианты появятся в списке на более поздних стадиях создания модели будущего изделия.

Варианты определения границы вытянутого элемента:

На заданное расстояние.

Данный вариант выбран по умолчанию и определяет границу вытянутого элемента путем задания глубины вытягивания.

Глубина вытягивания задается в счетчике ***Глубина*** , который отображается на этой раздвижной панели при выборе варианта На заданное расстояние. При этом, можно изменить направление вытягивания на противоположное, щелкнув на кнопке ***Реверс направления*** , расположенной слева от раскрывающегося списка ***Граничных условий***. На рис. 4.2 как раз изображен вид будущего элемента, создаваемого путем вытягивания эскиза с граничным условием На заданное расстояние.

Вытянуть эскиз на заданное расстояние можно также в динамическом режиме, с помощью мыши, если, вызвав менеджер свойств ***Вытянуть*** навести указатель мыши на прозрачную стрелку. Когда цвет стрелки изменится на красный, щелкните левой кнопкой мыши на стрелке, ухватите ее конец и, перемещая указатель, задайте глубину вытягивания; под указателем будет отображаться выноска На заданное расстояние (см.рис.4.2). Значение глубины вытягивания в этой выноске будет динамически изменяться синхронно с перемещением указателя.

Щелкните левой кнопкой мыши в том месте, где должна быть граница вытянутого элемента.

Чтобы завершить создание элемента, воспользуйтесь правой кнопкой мыши или щелкните на кнопке **ОК** в менеджере свойств ***Вытянуть***.

От средней поверхности.

При использовании граничного условия От средней поверхности основание создается путем вытягивания эскиза на равную глубину в обоих направлениях от плоскости, на которой построен эскиз. Например, если суммарная глубина вытянутого элемента равна 30 мм, он будет вытянут на 15 мм вперед от плоскости и на 15 мм назад. Глубину вытягивания также можно задать в счетчике ***Глубина*** , который отображается под этим раскрывающимся списком.

На рис. 4.3 изображен предварительный вид элемента, создаваемого путем вытягивания эскиза с граничным условием *От средней поверхности*.

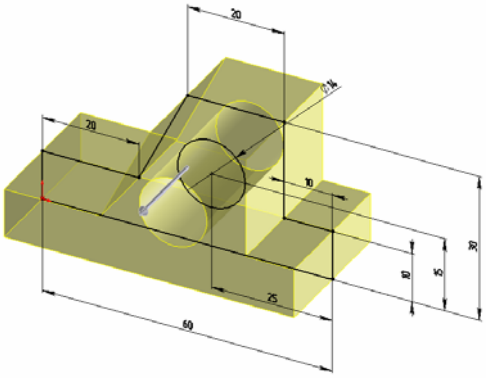


Рис. 4.3 Предварительный просмотр будущего элемента, создаваемого путем ***Вытягивания*** *по граничному условию От средней поверхности.*

Как было сказано ранее, возможности команды ***Вытянуть*** на первом элементе заканчиваются этими двумя граничными условиями, в то время как возможности команды куда более обширны. Рассмотрим их, предварительно создав некоторые элементы, позволяющие нам раскрыть команду ***Вытянуть*** в более полном объеме.

Так, например, имея на момент выполнения команды ***Вытянуть*** некую поверхность, можно воспользоваться граничным условием

До поверхности.

Следует заметить, что выбор данного граничного условия приведет к изменению менеджера свойств команды ***Вытянуть***, а именно: на поле панели выбранного направления появится еще одно окно *Грань/Плоскость*, в котором необходимо указать (щелчком левой

клавиши) поверхность, до которой требуется дотянуть конечную грань вытягиваемого элемента(см. рис. 4.4). Форма поверхности не влияет на характер выполняемой операции и конечная граница вытягиваемого тела будет в точности повторять профиль поверхности, до которой его необходимо дотянуть. В то же время окно ***Глубина*** ,в силу ее ненадобности, пропадает.

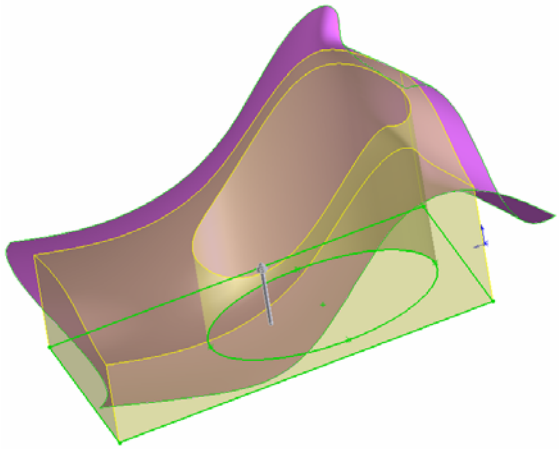


*Рис. 4.4 Предварительный просмотр будущего элемента, создаваемого путем **Вытягивания** по граничному условию До поверхности.*

На расстоянии от поверхности.

Установив, в качестве **Граничного условия**, этот параметр можно, выбрав конечную грань или плоскость для вытягиваемого элемента, получить новый элемент конструкции создаваемого тела, у которого его верхняя грань будет как бы не доходить на заданное, во вновь появившемся на панели ***Направление 1*** окне ***Глубина*** , расстояние (см.рис.4.5). Кроме того, если установить флажок Реверс смещения, то можно вытянуть элемент со смещением на заданную в окне ***Глубина*** величину, но только с противоположной от выбранной поверхности стороны (см. рис. 4.5).

Помимо прочего, на поле панели ***Вытянуть***, при выбранном граничном условии На расстоянии от поверхности, появляется дополнительная функция настройки - *Преобразовать поверхность*.

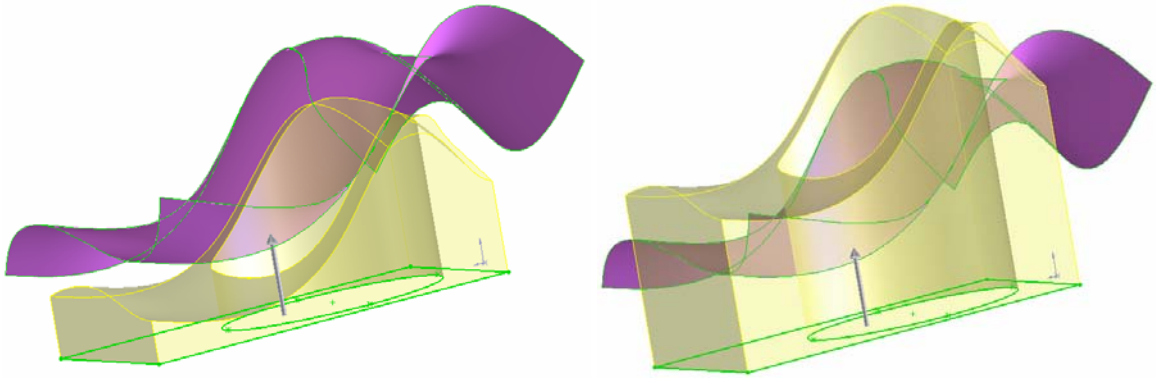


Рис. 4.5 Предварительный просмотр будущего элемента, создаваемого путем ***Вытягивания*** *по граничному условию На расстоянии от поверхности (флажок Преобразовать поверхность установлен в обоих случаях).*

Если флажок *Преобразовать поверхность* сброшен, то виртуальная поверхность, созданная в качестве границы вытянутого элемента, будет иметь связь концентричности с выбранной поверхностью (рис. 4.6). Поэтому она отражает истинное расстояние, на котором эта поверхность расположена.

При установленном флажке *Преобразовать поверхность* центр виртуальной поверхности находится на заданном расстоянии от выбранной, поэтому в качестве границы вытянутого элемента создается справочная поверхность, которая не отражает истинное расстояние до нее.

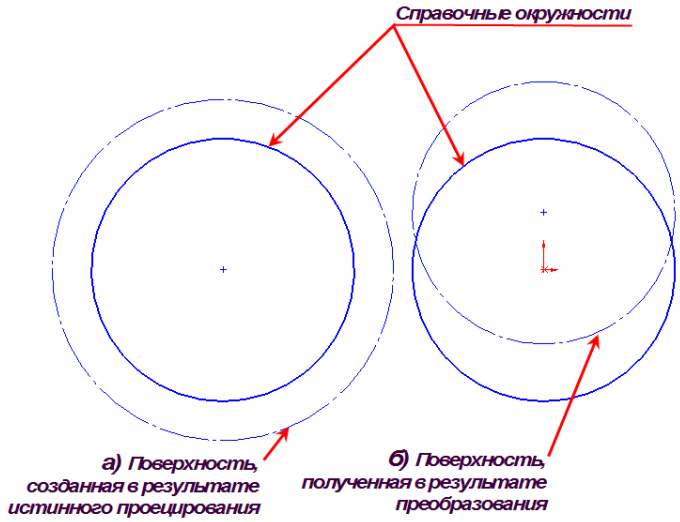


Рис. 4.6 Поверхности с истинным и параллельным переносом

Сказанное становится более понятным, если посмотреть на результаты работы данной функции, представленные на рисунке 4.7 а и б, соответственно..

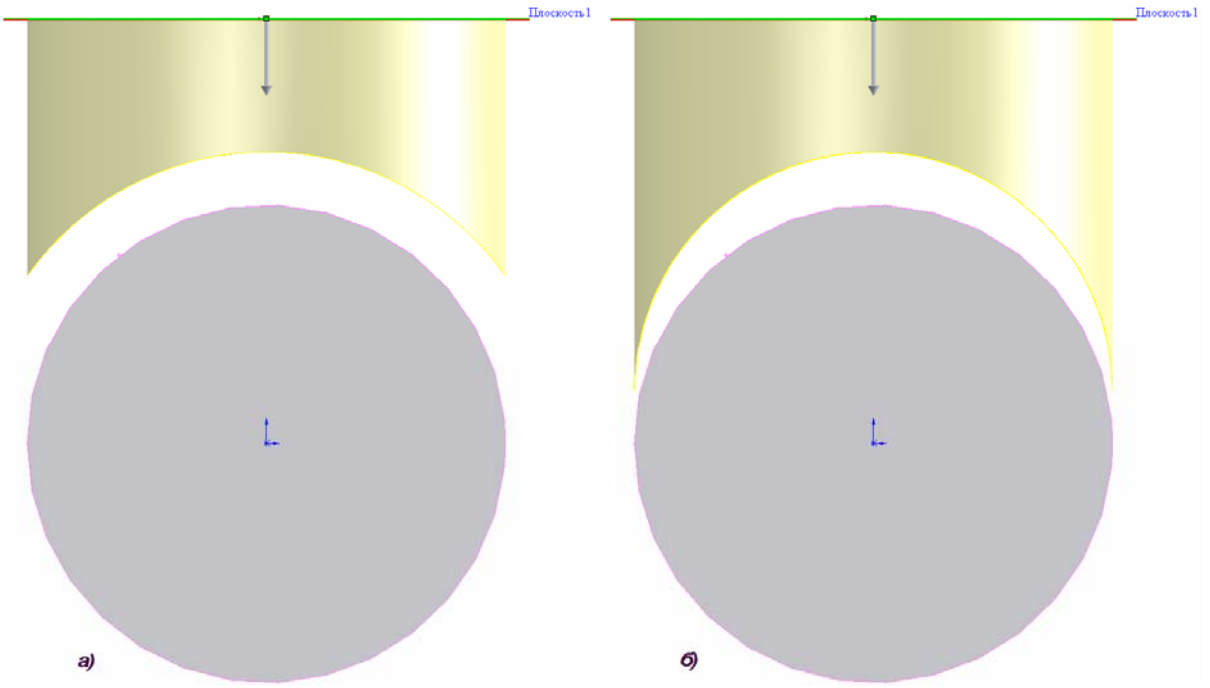


*Рис. 4.7 Эскизы, построенные при снятом (**а**) и установленном (**б**) флажке функции Преобразовать поверхность.*

Насквозь.

Граничное условие *Насквозь* позволяет вытянуть в заданном направлении эскиз, созданный на выбранной поверхности (грани) через все тело созданного ранее основания, с учетом местоположения его наиболее удаленной, от плоскости построения эскиза, точки.

На рисунке 4.8 изображен предварительный вид элемента, создаваемого путем вытягивания эскиза с граничным условием *Насквозь*.

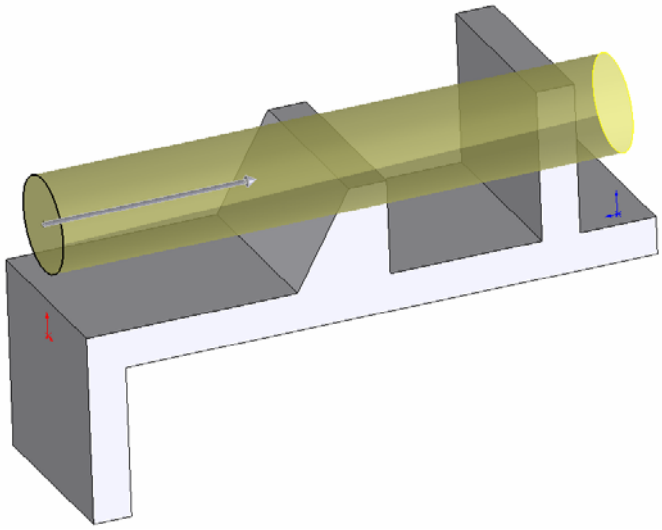


*Рис. 4.8 Предварительный просмотр команды **Вытянуть** с граничным условием Насквозь.*

До следующей

Граничное условие *До следующей* позволяет вытягивать эскиз до ближайшей грани основания, которая пересекает элемент, при условии полного отпечатка данного эскиза на этой грани.

На рисунке 4.9 показан предварительный просмотр результата, полученного при вытягивании элемента с граничным условием *До следующей*, а также его нормальную проекцию со стороны вытягиваемого эскиза. Как видно из представленного рисунка, вытягиваемый в ходе операции элемент лишь частично задевает за первую, встретившуюся на его пути наклонную грань, и потому действие команды было продолжено до следующей грани.

Если бы в приведенном примере отсутствовала задняя грань, ставшая на пути движения элемента, то выполнение команды при заданном граничном условии было бы невозможным.

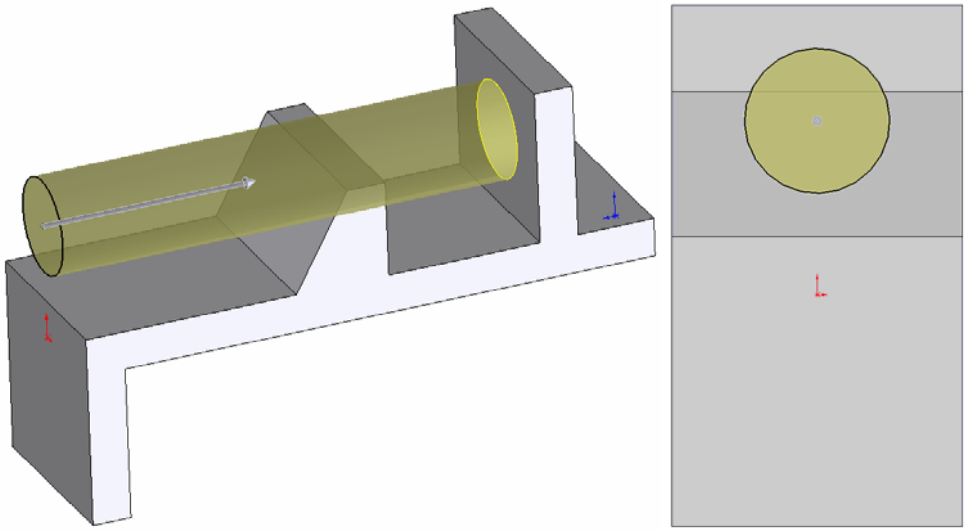


Рис. 4.9 Предварительный просмотр действия команды ***Вытянуть*** *с граничным условием До следующей.*

До вершины.

Использование граничного условия *До вершины* определяет границу вытянутого элемента как виртуальную плоскость, параллельную плоскости эскиза, проходящей через выбранную вершину (рис.4.10). При этом, в качестве вершины могут быть выбраны:

- точка на кромке,
- эскизная точка или
- справочная точка.

Прежде, чем перейти к рассмотрению последнего граничного условия в определении ***Вытянутая бобышка/Основание*** – *До*

тела, следует отметить некоторые особенности данной команды, а именно:

ПРИМЕЧАНИЕ **Вытягивание элемента, созданного из нескольких не связанных между собой замкнутых контуров, приводит к созданию несвязанных тел.**

Данное свойство определения позволяет создавать изделие, состоящее из нескольких его частей. Это обстоятельство весьма полезно, т.к в отдельных случаях позволяет облегчить процесс проектирования не задумываясь об обходных путях, т.е думать об изделии, а не над тем, как его можно построить при помощи данного программного продукта. Кроме того, без этой особенности было бы невозможным решение некоторых задач, которые мы будем рассматривать немного позже.

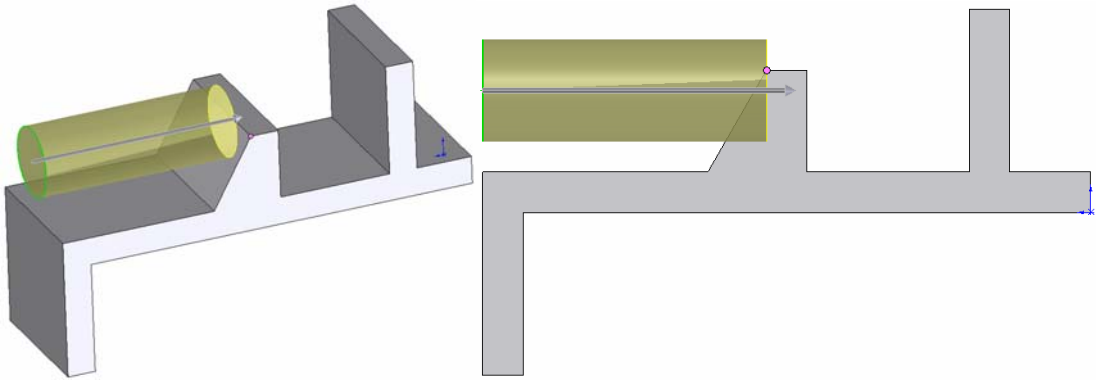


Рис. 4.10 Предварительный просмотр действия команды ***Вытянутая бобышка/Основание*** *с граничным условием До вершины в двух проекциях.*

До тела.

Использование данного граничного условия позволяет задавать в качестве конечной грани элемента одно из ранее созданных тел проектируемого изделия.

К примеру, мы имеем некоторое, построенное определенным образом изделие, представленное на рис. 4.11.

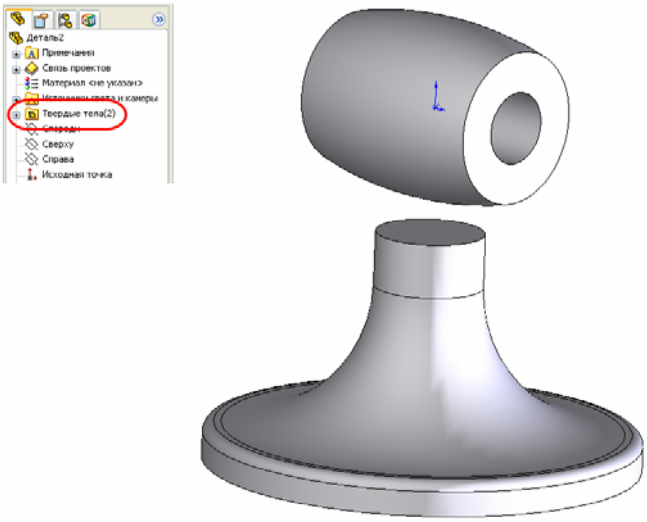


Рис. 4.11 Исходное состояние проектируемого изделия.

Правильнее сказать, проектирование данного изделия не закончено, т.к. оно состоит из двух независимых частей, о чем гласит соответствующая папка *Твердые тела (2)* в *Property Manager (Менеджер свойств)* данного проекта. Причем, цифра "2", стоящая в скобках в конце имени данной папки, указывает количество тел, из которых данное изделие состоит, на текущий момент времени.

Чтобы проектируемое нами изделие приобрело целостный вид, необходимо "дотянуть" основание изделия до его второй составляющей – эллипсоидной бобышки.

Для этого, создав на плоской грани основания эскиз в виде окружности, равной диаметру уже имеющейся ножки основания, вытянем его, указав в граничных условия функцию *До тела*. В появившемся на панели *Property Manager (Менеджер свойств)* определения поле *Твердое тело/Поверхность* укажем на эллипсоидную бобышку, в итоге чего получим результат, представленный на рисунке 4.12.

СОВЕТ **Создав основание, рекомендуется при создании дальнейших элементов всегда устанавливать флажок *Присоединить результат* в менеджере свойств *Элемент*, в противном случае создаваемое изделие будет состоять из раздельных тел.**

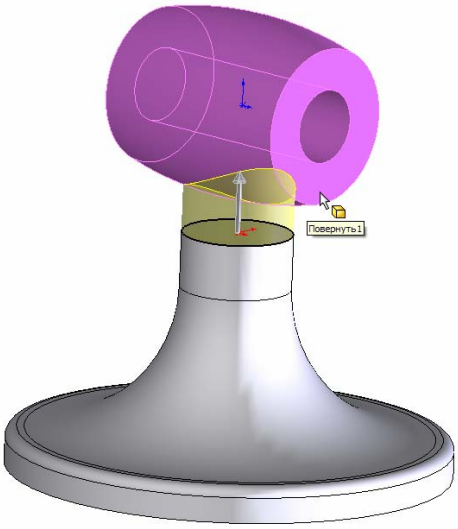


Рис. 4.12 Предварительный просмотр действия команды ***Вытянутая бобышка/Основание*** *с граничным условием До тела.*

Убедившись в правильности выполнения действия по данному определению можно, нажав клавишу **ОК**, заметить, что папка Твердые тела в *Property Manager (Менеджер свойств)* данного проекта изменила значение тел в данном изделии с "2" на "1", что говорит о том, что теперь созданное нами изделие является цельным, неделимым объектом.

ПРИМЕЧАНИЕ Рассмотрев граничные условия *До поверхности* и *До тела* не трудно заметить, что по характеру действий и получаемых от этого результатов оба условия идентичны друг другу, поэтому может показаться, что одно исключает или заменяет другое, однако это не так. На этапе проектирования изделий при помощи команды *Вытянуть* Вы можете в равной степени пользоваться любым из указанных граничных условий, в то время, как условием *До тела* мы будем пользоваться позже, изучая профессиональные инструменты для проектирования литейных форм и сварных конструкций.

Мы рассмотрели те граничные условия, которые позволяют нам вытянуть эскиз, построенный на плоскости, описываемой двумя произвольными координатами, вдоль "свободной" третьей, причем последняя ориентирована перпендикулярно к первым двум. При этом все точки получаемого элемента будут ортогональны профилю вытягиваемого эскиза, а любое, сечение данного элемента плоскостью, параллельной плоскости для построения этого эскиза, будет подобно исходному. Однако могут возникнуть ситуации, когда потребуется отойти от данного правила и тут нам на помощь могут прийти еще два дополнительных граничных условия, имеющихся в арсенале *Solid Works*

и располагающихся на панели менеджера свойств рассматриваемого определения.

Направление вытяжки

Направление вытяжки позволяет задавать направление вытягивания эскиза. Использование этого граничного условия позволяет задать направление вытягивания с помощью эскизной линии, кромки или справочной оси. Обратите внимание, что объект, указывающий направление вытягивания, не должен лежать на плоскости, параллельной плоскости вытягиваемого эскиза.

Чтобы определить направление вытягивания, необходимо его указать в окне *Направление вытяжки* в раздвижной панели **Направление 1** менеджера свойств ***Вытянуть***. Рассмотрим это на примере, показанном на рисунке 4.13, где на исходном основании уже имеется некая наклонная грань и на нам требуется создать ряд дополнительных, параллельных ей.

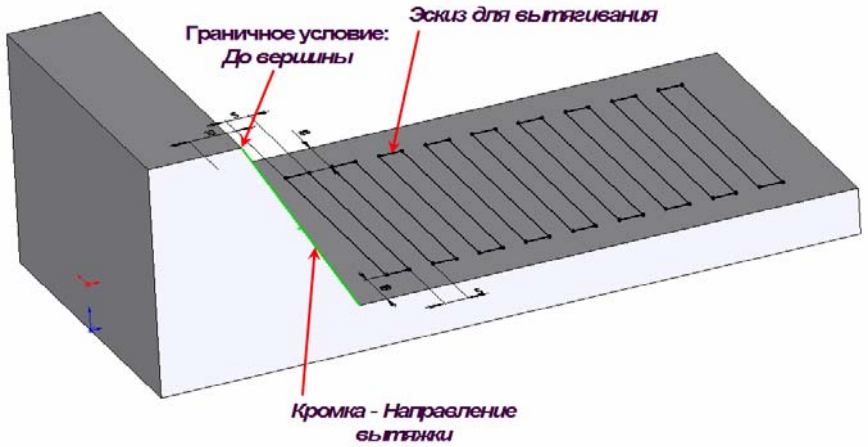


Рис. 4.13 Исходные параметры для выполнения операции по вытягиванию элемента По направлению: Эскиз и его граничные условия.

Вызвав определение ***Вытянутая бобышка/Основание*** зададим определенные заданием граничные условия, выбрав в качестве направления вытяжки одну из наклонных кромок (любую из двух имеющихся на теле основания). Результат – его предварительный просмотр – показан на рис. 4.14.

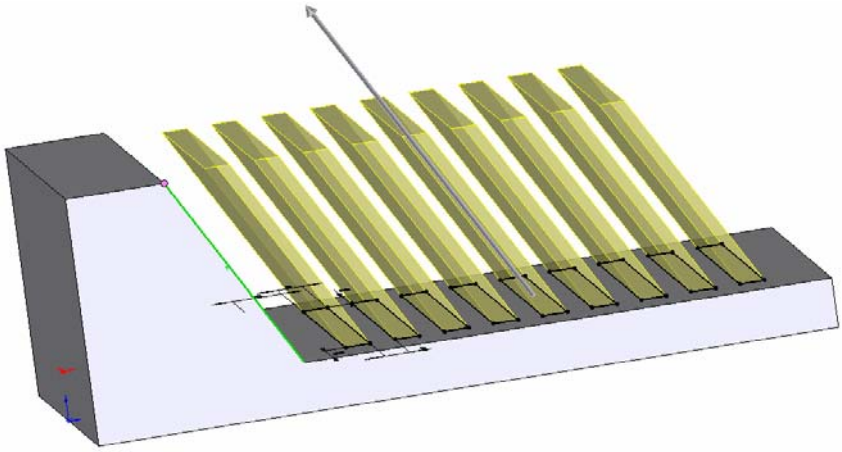


Рис. 4.14 Результат действия назначенных параметров при вытягивании По направлению.

Включить/Выключить уклон.

Кнопка *Включить/ Выключить уклон* задает угол уклона при вытягивании эскиза. При наличии уклона результирующий элемент будет иметь сужение или расширение.

По умолчанию эта кнопка не нажата, и вытянутый элемент не будет сужаться или расширяться. Если же деталь должна иметь уклон, нажмите эту кнопку. При этом появятся счетчик *Угол уклона* и флажок *Уклон наружу*.

В счетчике *Угол уклона* можно задать угол уклона для элемента. По умолчанию элемент будет расширяться в направлении вытягивания, как показано на рис. 4.15, ***а***.

Если вы хотите, чтобы элемент сужался в направлении вытягивания, установите флажок *Уклон наружу*, расположенный под счетчиком *Угол уклона*. Элемент, сужающийся в направлении вытягивания, показан на рис. 4.15, ***б***.

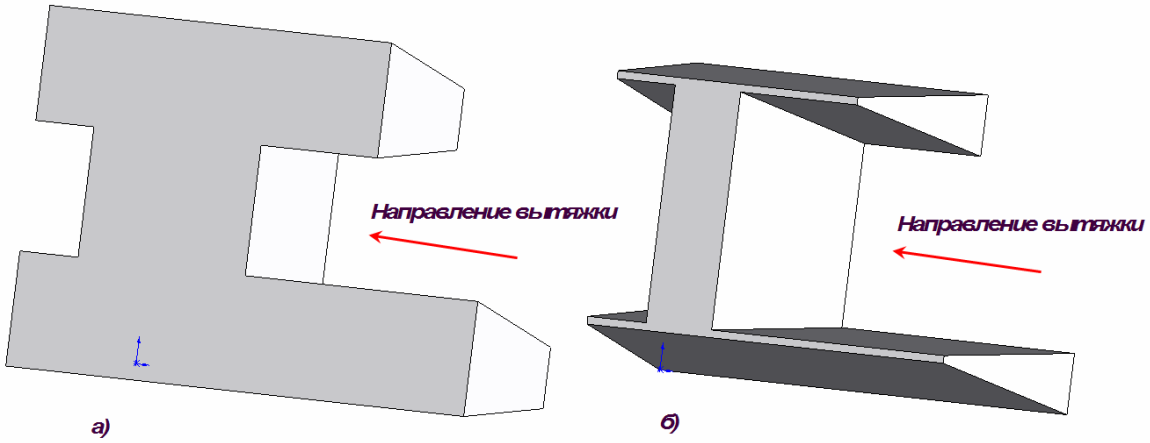


*Рис. 4.15 Элемент расширяющийся (**а**) и сужающийся (**б**) в направлении вытягивания*

ПРИМЕЧАНИЕ: Обратите внимание, что при назначении параметра *Включить/Выключить уклон* его влияние распространяется на все, получаемые в результате определения эскиза боковые грани.

Раздвижная панель Направление 2.

Установка флажка **Направление 2** приводит к открытию одноименной раздвижной панели. Эта раздвижная панель позволяет вытянуть эскиз во втором направлении от плоскости эскиза с другими параметрами. Флажок **Направление 2** недоступен, если выбран тип границы *От средней поверхности*.

СОВЕТ При установке флажка Направление 2 на предварительном изображении элемента появляется еще одна стрелка. С ее помощью можно динамически задать глубину вытягивания во втором направлении.

Элементы управления этой раздвижной панели аналогичны элементам управления панели **Направление 1**. Обратите внимание, что в отличие от варианта *От средней поверхности*, глубина вытягивания и прочие параметры для двух направлений могут быть различны.

Например, в направлении вперед от плоскости эскиза можно вытянуть эскиз на расстояние 30 мм с 6-градусным уклоном внутрь, а в направлении назад — на расстояние 50 мм без уклона, как показано на рисунке 4.16.

Установив значения параметров для обоих направлений, в интерактивном режиме щелкните на кнопке **ОК** или на значке **ОК** в области подтверждения. *Solid Works* создаст элемент с заданными параметрами.

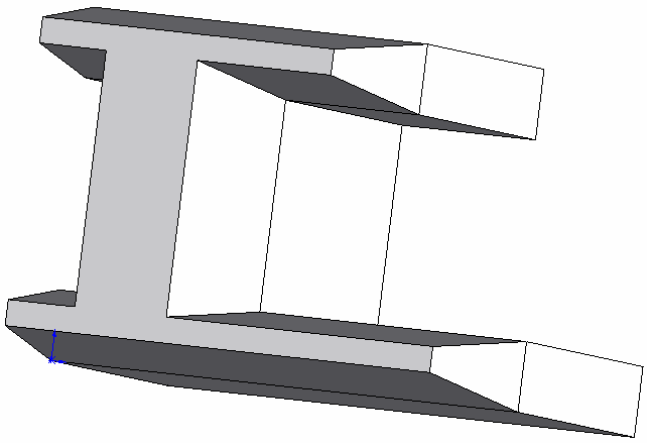


Рис. 4.16 Элемент, вытянутый в двух направлениях с разными параметрами.

Некоторые параметры, задаваемые при создании выступа или основания, обсуждались в предыдущем разделе. В последующих разделах мы рассмотрим оставшиеся параметры.

Раздвижная панель От

Раздвижная панель **От** менеджера свойств *Вытянуть* является одним из главных усовершенствований в *Solid Works*. С ее помощью можно задавать параметры начала вытянутого элемента. Раздвижная панель **От** изображена на рисунке 4.17, а элементами управления этой панели являются:

- *Плоскость для эскиза;*
- *Поверхность/грань/плоскость;*
- *Вершина;*
- *Смещение.*

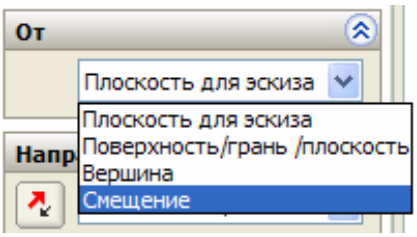


Рис. 4.17 Раздвижная панель ***От*** *менеджера свойств* ***Вытянуть****.*

Плоскость эскиза

При вызове менеджера свойств ***Вытянуть*** на раздвижной панели **От** по умолчанию будет выбран вариант *Плоскость эскиза*. В этом случае вытянутый элемент начинается на плоскости эскиза, и до выхода в свет *Solid Works 2005* другой альтернативы для получения вытянутых элементов не было.

Этот вариант используется главным образом при создании вытянутых элементов, что было продемонстрировано на всех примерах, рассмотренных ранее при изучении материала.

Все, о чем будет вестись речь далее в этом разделе – является полезным усовершенствованием, которое *Solid Works* приобрел за последние годы.

Поверхность/Грань/Плоскость

Если на раздвижной панели **От** выбран вариант *Поверхность/Грань/ Плоскость*, то вытянутый элемент будет

начинаться на выделенной поверхности, грани или плоскости, а не на плоскости эскиза.

При выборе этого варианта на раздвижной панели **От** появляется область выделения *Выберите поверхность/грань/плоскость*, представленная на рисунке 4.18. Само определение этой области не требует каких-либо пояснений и комментариев, остается только лишь выбрать ту плоскость, относительно которой будет выполняться все последующее построение нового элемента.

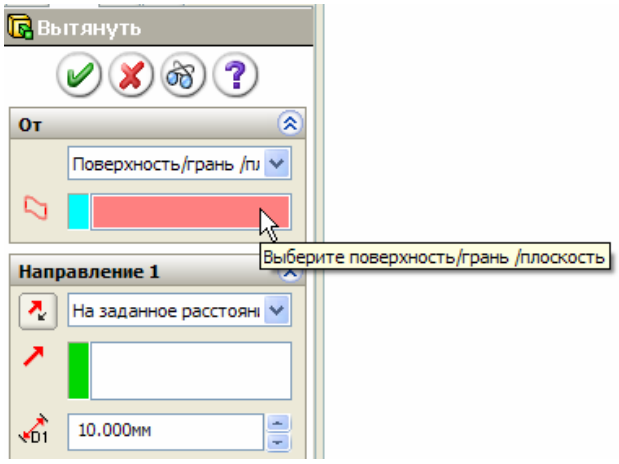


*Рис. **4.18** Развернутая панель **От** при выборе элемента управления Поверхность/Грань/ Плоскость.*

Рисунок 4.19 наглядно поясняет как распределены роли при назначении параметров вытягивания эскиза, при условии, что в качестве элемента управления эскизом выбрано условие **От** *Поверхность/Грань/ Плоскость*. При этом следует помнить, что установленное значение в параметре *Глубина* распространяется на выдавливаемый эскиз исключительно от той поверхности, грани или плоскости вне зависимости от того, на каком расстоянии друг от друга расположены указанные элементы. Кроме того, вытянутая грань нового элемента будет в точности повторять рельеф грани, выбранной в качестве ориентира при назначении этого условия.

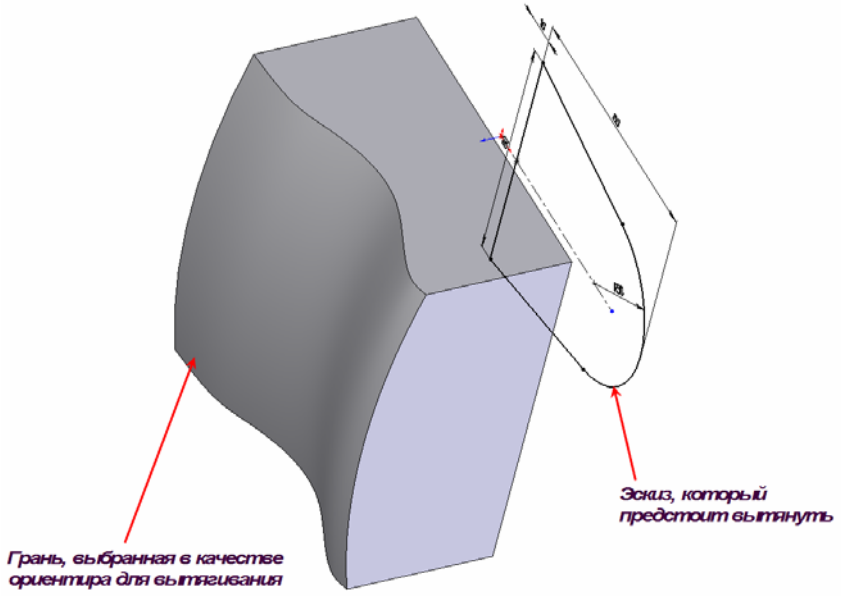


Рис. 4.19 Эскиз для выдавливания и справочная грань

Результат, подтверждающий предшествующие ему рассуждения представлен на рисунке 4.20 в виде вытянутого от справочной поверхности эскиза на глубину 10 мм.

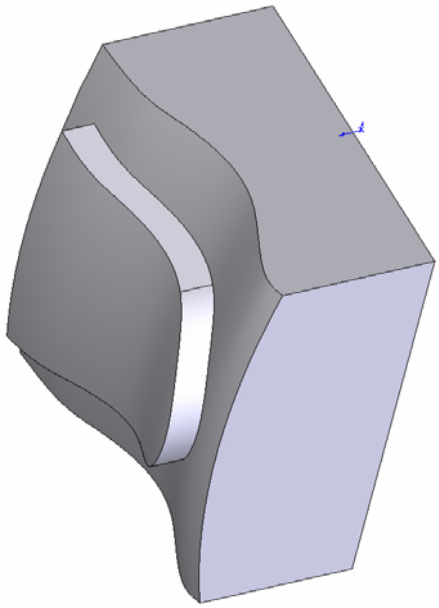


Рис. 4.20 Результат выполнения операции выдавливания с заданным дополнительным условием.

Вершина

Дополнительное граничное условие **От** *Вершины* по характеру идентично условию *Поверхность/Грань/Плоскость*, рассмотренного только что. Исключением является то обстоятельство, что в качестве ориентира для начала вытянутого объекта будет использоваться либо

вершина существующего элемента или конечная точка существующего эскиза.

Для того, чтобы лучше понять работу данного начального условия, достаточно посмотреть на рисунок 4.21, где указаны все параметры, участвующие в работе данного определения.

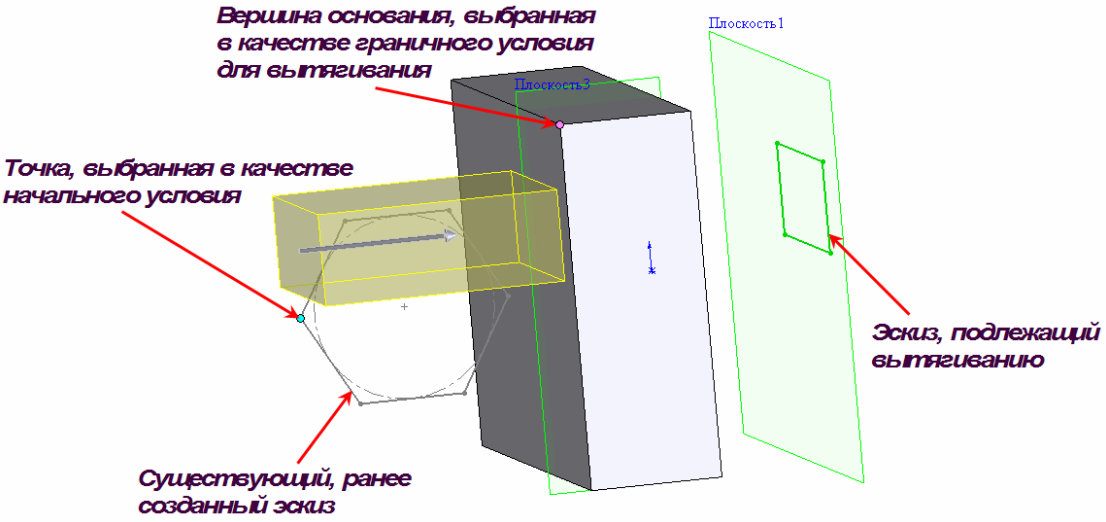


Рис. 4.21 Предварительный просмотр результата вытягивания эскиза по заданным начальным и граничным условиям.

Смещение

Если на раздвижной панели **От** выбран вариант *Смещение*, то вытянутый элемент будет начинаться на заданном расстоянии от плоскости, на которой построен эскиз.

При выборе этого варианта на раздвижной панели **От** появляется счетчик *Введите значение смещения*. Установив значение смещения в этом счетчике можно создавать элемент конструкции проектируемого изделия без дополнительных справочных построений, как-то некоторой плоскости, недостающей для создания эскиза данного элемента.

Поясним сказанное рисунком 4.22, на котором показано некое основание, к наклонной грани которого необходимо добавить некий многогранный выступ, расположенный асимметрично, относительно продольной оси основания.

До недавнего времени, когда *Solid Works* не располагал рассматриваемыми в этом разделе инструментами, добавить подобный элемент конструкции было возможным, но для этого потребовалось бы создать дополнительную плоскость, о чем мы только будем говорить намного позже. Сейчас же потребность в дополнительных построениях отпала, поскольку мы можем назначить в качестве *Начального условия* параметр *Смещение*.

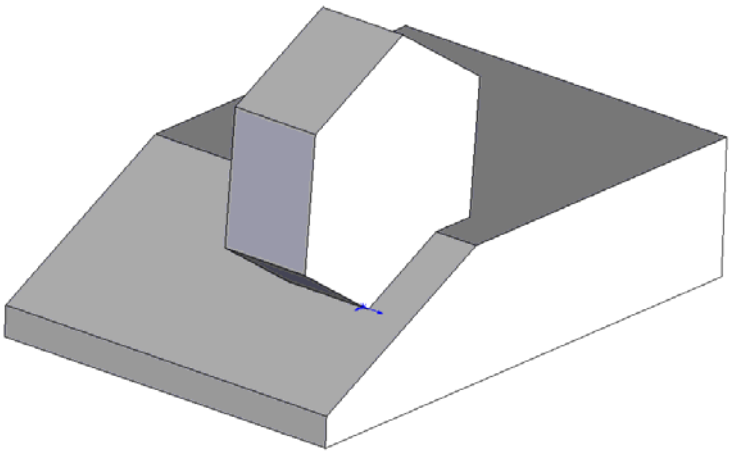


Рис. 4.22 Многоугольный элемент конструкции изделия, необходимый к добавлению к существующему основанию.

Особенностью данного условия является то, что эскиз добавляемого элемента можно чертить на одной из уже существующих граней или плоскостей изделия. Единственным условием для этой грани (плоскости) должна быть ее параллельность плоскости основания будущего элемента.

Назначив *Глубину* вытягивания эскиза, выбрав условие *Смещение* и установив для последнего величину в счетчике необходимо убедиться (см.рис.4.23), в требуемом ли направлении будут выполнены все операции и, в случае необходимости, использовать реверс направления, расположенный слева от каждого из счетчиков. После этого достаточно нажать клавишу **ОК** и получить результат, как на рисунке 4.22.

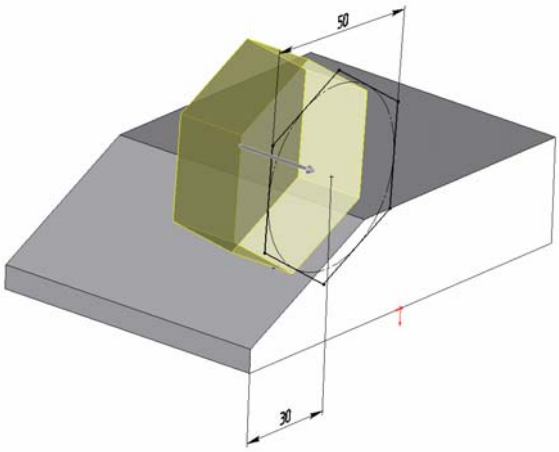


Рис. 4.23 Предварительный просмотр определения при вытягивании эскиза со Смещением.

Создание тонкостенных вытянутых элементов

При проектировании оборудования нередко приходится иметь дело с изделиями, заготовкой которых может служить листовой материал, т.е. данное проектируемое изделие будет иметь одинаковую толщину стенок в любом сечении. Проектированию гнутых изделий из

листового материала будет посвящена отдельная глава, поэтому сейчас мы не будем затрагивать эту тему

В *Solid Works* имеется возможность, без дополнительных затрат времени, создавать элементы конструкций с одинаковой толщиной стенок, не оговаривая способ получения данного изделия. Такое определение носит название ***Тонкостенные элементы***.

Тонкостенные вытянутые элементы можно создавать как на основе замкнутых, так и незамкнутых эскизов.

В предыдущих главах неоднократно акцентировалось внимание на тот факт, что при выполнении эскиза нужно следить за тем, чтобы эскиз обязательно был замкнут, иначе твердое тело, создаваемое им, не будет отвечать характеристикам, которые закладывает в него конструктор. Однако, если требуется создать элемент конструкции со свойствами ***Тонкостенного элемента***, то на панели *Property Manager (Менеджер Свойств)* определения ***Вытянуть*** в соответствующем блоке – ***Тонкостенный элемент*** - необходимо установить флажок.

Если эскиз замкнут, он будет смещаться внутрь или наружу для создания полости внутри элемента, как показано на рис. 4.24.

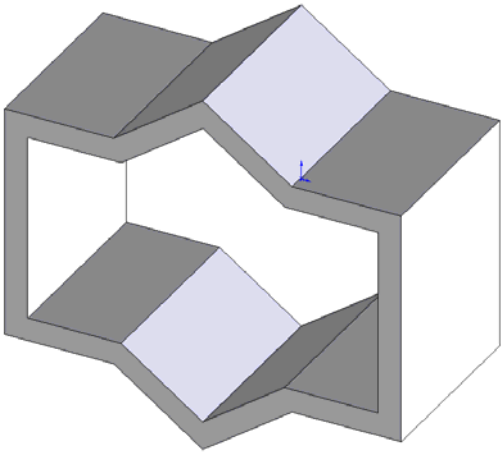


Рис. 4.24 Тонкостенный элемент, созданный с помощью замкнутого контура.

Если эскиз незамкнут (рис. 4.25), то результирующий элемент будет выглядеть так, как показано на рисунке 4.26.

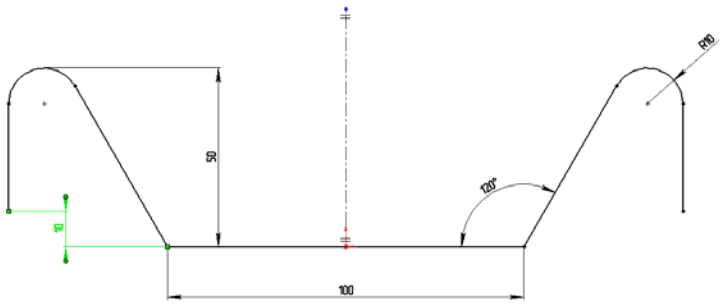


Рис. 4.25 Эскиз с незамкнутым контуром для получения тонкостенного элемента.

Следует заметить, что необходимость устанавливать флажок и задавать свойства ***Тонкостенного элемента*** необходимо только эскизам с замкнутым контуром, в то время как для эскизов с незамкнутым контуром этот параметр устанавливается автоматически, без права пользователю изменить его.

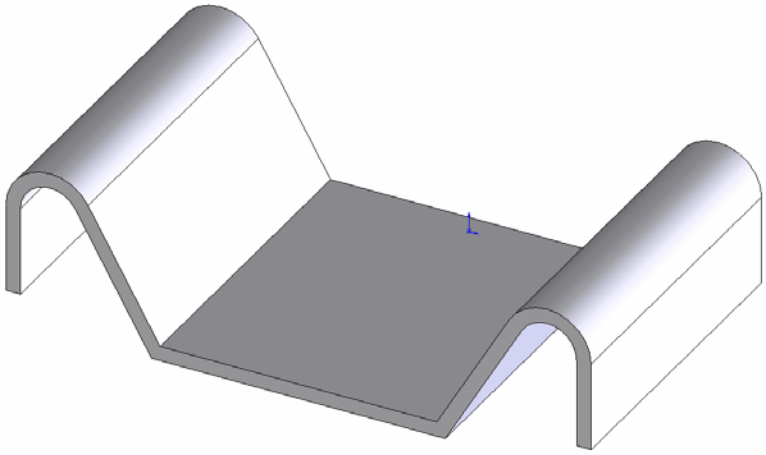


Рис. 4.26 Изделие, полученное вытягиванием эскиза как тонкостенный элемент.

После активации блока ***Тонкостенный элемент*** на панели *Property Manager (Менеджер Свойств)* откроется раздвижная панель, показанная на рисунке 4.27.

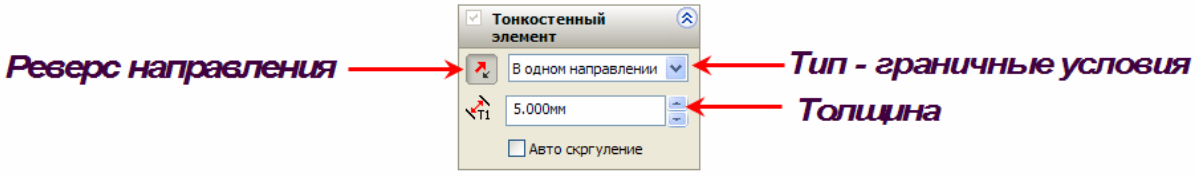


Рис. 4.27 Раздвижная панель ***Тонкостенный элемент.***

Раскрывающийся список Тип

Раскрывающийся список ***Тип*** позволяет задать метод определения толщины тонкостенного элемента, который можно создать одним из выбранных способов:

Режим построения В одном направлении.

Вариант *В одном направлении* используется для добавления толщины с одной стороны эскиза. Толщину можно задать в счетчике *Толщина*, расположенном под раскрывающимся списком ***Тип*** (см.рис.4.27).

В случае замкнутых эскизов направление может быть одним из двух: *внутрь* эскиза или *наружу*. Аналогичным образом, в случае незамкнутых эскизов могут быть два направления: *вниз* или *вверх* от эскиза.

Поменять направление добавления толщины на противоположное можно с помощью кнопки *Реверс направления*, расположенной слева от раскрывающегося списка ***Тип***. Эта кнопка будет доступна только в том случае, если в раскрывающемся списке ***Тип*** выбран вариант *В одном направлении*.

Режим построения От средней поверхности.

При выборе варианта *От средней поверхности* в обоих направлениях от эскиза добавляется равная толщина. Толщину тонкостенного элемента можно задать в счетчике *Толщина*, расположенном под раскрывающимся списком.

Режим построения В двух направлениях.

Вариант *В двух направлениях* используется для добавления разной толщины с двух сторон от эскиза. Значение толщины в ***Направлениях 1*** и ***2*** можно задать соответственно в счетчиках *Толщина направления 1* и *Толщина направления 2*. Эти счетчики появляются под раскрывающимся списком ***Тип***, когда вы выбираете в нем вариант *В двух направлениях*.

Флажок Торцевая пробка

Флажок *Торцевая пробка* отображается только в том случае, если эскиз, выбранный для преобразования в тонкостенный элемент, является замкнутым. Если этот флажок установлен, на двух концах вытянутого тонкостенного элемента создаются торцевые пробки — грани с заданной толщиной. При установке этого флажка под ним появляется счетчик *Толщина пробки*, с помощью которого можно задать толщину торцевых пробок.

Флажок Автоскругление

Флажок *Автоскругление* отображается только в том случае, если для создания тонкостенного элемента выбран незамкнутый эскиз. Если установить это флажок, ко всем острым вершинам на эскизе при преобразовании в тонкостенный элемент будет применено скругление. В результате тонкостенный элемент будет иметь скругленные кромки. Радиус скругления задается в счетчике *Радиус скругления*, который появляется под флажком *Автоскругление* при установке этого флажка.

На рисунке 4.28 показана тонкостенная деталь, построенная по эскизу, изображенному на рис.4.25, но в отличии от подобной детали (см.рис.4.26), построенной по тому же эскизу, эта имеет скругления в нижней части овнования, т.к. при определении параметров ***Тонкостенного элемента*** для данной детали был установлен флажок *Автоскругление*.

ПРИМЕЧАНИЕ: Скруглены будут только те углы тонкостенного элемента, которые могут вместить заданный радиус; если угол не может вместить заданный радиус, то к нему скругление применяться не будет.

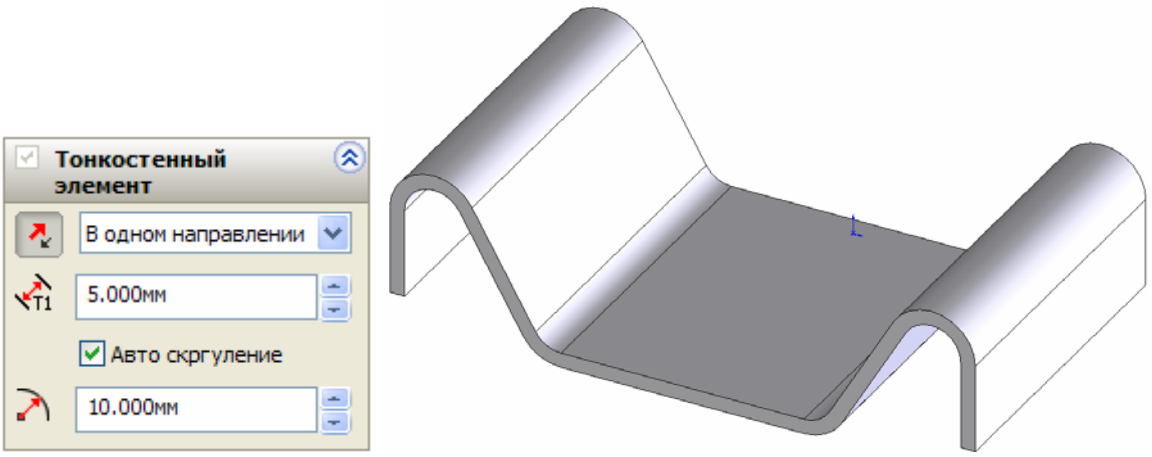


Рис. 4.28 Тонкостенный элемент по эскизу рис.4.25 выполненный с включением функции Автоскругление.

ПРИМЕЧАНИЕ: Раздвижная панель *Выбранные контуры* будет обсуждаться в последующих главах.

4.2. *Создание твердотельных повернутых элементов. Команда «Повернутая бобышка/Основание»*

На рассмотрение такой простой команды, как ***Вытянутая бобышка/Основание*** нами потрачено довольно много времени, но это оправдано, т.к. это одна из основных команд твердотельного моделирования, а потому понимание сути или философии работы *Solid Works* – это основы будущих знаний системы в целом.

Построенный ранее эскиз можно преобразовать в основание модели не только путем его выдавливания в заданном направлении, его можно преобразовать в твердое тело и путем вращения, используя инструмент ***Повернутая бобышка/основание***. По сути дела, и Вы в этом вскоре убедитесь, рассматриваемая нами в этом разделе команда похожа на ранее рассмотренную, как родные сестры. Отличие же их заключается лишь в том, что команда ***Вытянуть*** вытягивала *эскиз*, построенный на *плоскости (грани)* описываемой двумя произвольными осями, вдоль свободной третьей, а команда ***Повернуть*** поворачивает этот же эскиз вокруг какой-то оси (кромки) на некоторый угол, заданный конструктором при проектировании изделия.

Кнопка вызова этого инструмента имеется в менеджере команд ***Элементы***. В предыдущих версиях *Solid Works* элементы вращения можно было создавать только с использованием осевой линии. Однако, начиная с версии *Solid Works* 2005 для вращения эскиза не требуется иметь осевую линию. В качестве оси вращения можно использовать ребро (любую прямую линию) эскиза.

ПРИМЕЧАНИЕ Обратите внимание, что какой бы элемент вы ни использовали для вращения эскиза, будь то осевая линия или ребро, эскиз должен находиться по одну сторону от этого элемента.

В *Solid Works* при определении направления вращения действует правило большого пальца правой руки: если большой палец вашей правой руки указывает в направлении оси вращения, то направление вращения по умолчанию будет совпадать с направлением загибания остальных четырех пальцев (рис. 4.29).

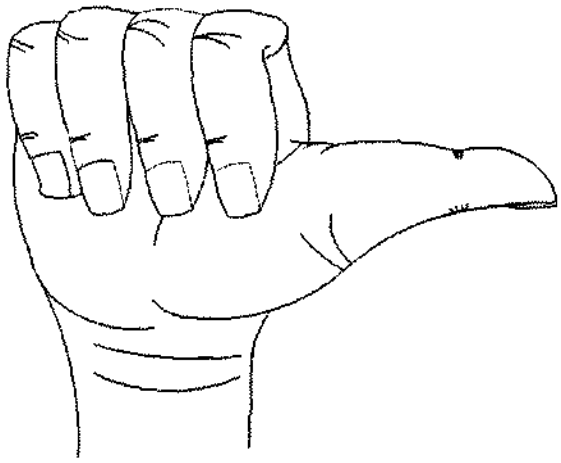


Рис. 4.29 Правило большого пальца правой руки.

Для примера рассмотрим случай, когда осевая линия в области чертежа идет слева направо (направление большого пальца на рисунке 4.29). Теперь если вы будете использовать эту осевую линию для создания элемента вращения (рис. 4.30), то по умолчанию направление вращения будет совпадать с направлением загибания остальных четырех пальцев.

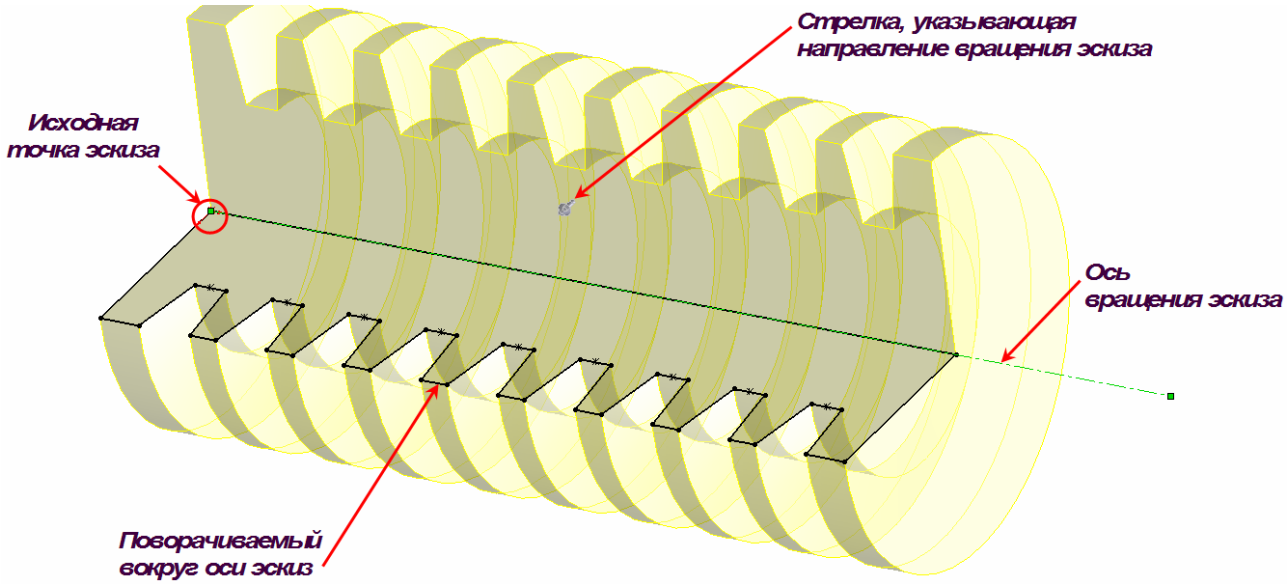


Рис. 4.30 Использование правила большого пальца правой руки при повороте эскиза вокруг заданной оси.

ПРИМЕЧАНИЕ **Можно изменить направление вращения на противоположное с помощью кнопки *Реверс направления*, имеющейся в менеджере свойств *Повернуть*.**

При выборе этого инструмента после создания эскиза эскизная среда будет закрыта, а вместо нее будет вызвана среда моделирования деталей (см.рис.4.30).

Аналогично случаю с вытягиванием, результирующий элемент может быть *твердотельным* или *тонкостенным*, в зависимости от характера эскиза и заданных параметров вращения:

- ☑ Если эскиз является замкнутым, его можно преобразовать как в тонкостенный, так и в твердотельный элемент.
- ☑ Если эскиз является разомкнутым, его можно преобразовать только в тонкостенный элемент.

Рассмотрим более подробно особенности создания твердотельной модели методом поворота созданного эскиза вокруг некоторой оси вращения.

После того как вы построили эскиз, проставили на нем размеры и полностью определили его, вызовите команду ***Повернутая бобышка/основание***, которая находится либо в менеджере команд ***Элементы***, иконка этой команды выглядит следующим образом , либо выберите эту команду из **Главного меню**, пройдя путь:

Вставка → Бобышка/Основание → Вытянуть

Вы увидите, что изображение автоматически станет трехмерным, как это видно из рисунка 4.30, появится менеджер свойств ***Повернуть***, изображенный на рис. 4.31, а в углу графической области появится область подтверждения. Кроме того, программа покажет предварительный вид основания в соответствии с параметрами вращения, выбранными по умолчанию.

Направляющая стрелка также будет представлена на предварительном просмотре, но отображаться она будет серым цветом. Если вы не построили осевую линию, вам будет предложено выбрать ось вращения.

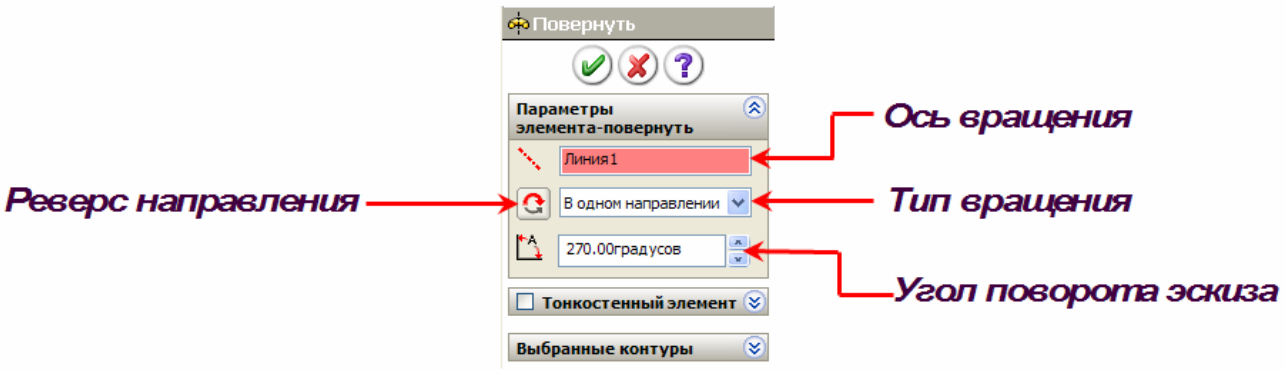


Рис. 4.31 Менеджер свойств ***Повернуть.***

ПРИМЕЧАНИЕ **Даже если Вы можете вращать эскиз вокруг одной из его кромок, рекомендуется построить *осевую линию*. Это связано с тем, что линейные *диаметральные размеры* для элементов вращения можно указывать только при использовании осевой линии.**

Следует пояснить сказанное примером нанесения линейных диаметральных размеров. Для этого создадим простой эскиз *Поршня*, при этом эскиз, представленный рис.4.32, содержит только линейные размеры, определяющие габариты изделия вдоль оси ***X***, а линейные диаметральные размеры нам только предстоит научиться наносить. Здесь есть свои особенности в указании данного типа размера.

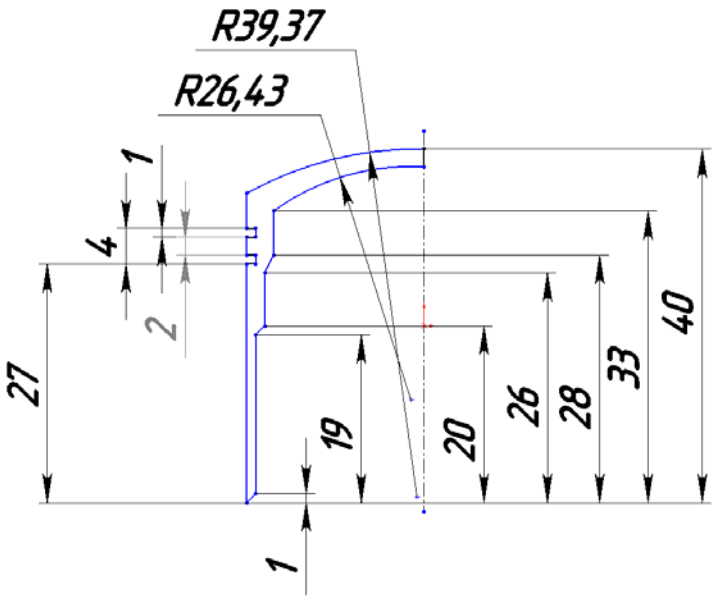


Рис. 4.32 Эскиз детали Поршень с нанесенными линейными размерами.

Для того, чтобы добавить в эскиз размер, указав *Solid Works* на то обстоятельство, что проставляемый нами размер будет иметь свойства диаметра, необходимо:

1. Активизировать команду *Автоматическое нанесение размеров*

2. В произвольном порядке выбрать ***Осевую линию*** и кромку эскиза, для которой будет указываться размер, как диаметр.

3. Если поместить указатель в промежутке между выбранными объектами эскиза и щелкнуть левой клавишей, указав на его местоположение, то данный размер будет указывать истинный размер между выбранными объектами, другими словами, для тела вращения это будет размер радиуса поворота выбранной кромки вокруг назначенной оси вращения (см. размер 20 мм на рис. 4.33).

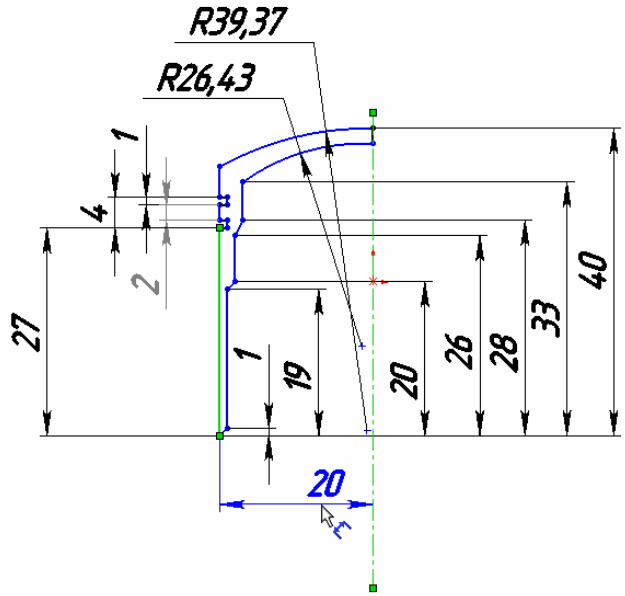


Рис. 4.33 При таком местоположении размерного текста между выбранными объектами эскиза, размер будет читаться как размер радиуса вращения кромки вокруг назначенной оси.

4. Для того, чтобы линейный размер приобрел свойства диаметрального необходимо переместить курсор в положение "за ***Осевую линию***", тем самым назначив ему свойства "удвоенный размер" (см.рис. 4.34).

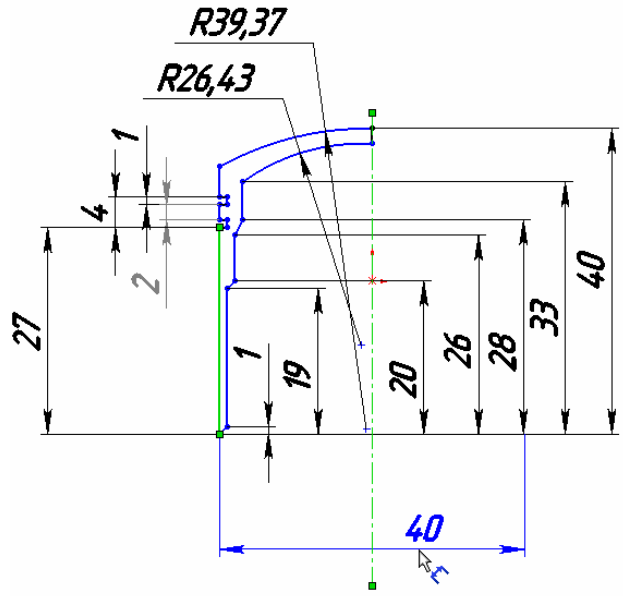


Рис. 4.34 Переместив курсор за осевую линию получаем удвоенный размер или размер диаметра для вращающейся вокруг оси кромки.

Самостоятельно проставьте все недостающие размеры, чтобы подготовить этот эскиз к дальнейшей с ним работе.

Элементы управления менеджера свойств ***Повернуть***

Раскрывающийся список ***Тип вращения*** задает различные способы ограничения создаваемого элемента, к которым относятся следующие способы ограничения:

- ***В одном направлении.***
- ***От средней поверхности***
- ***В двух направлениях***

При использовании варианта ***В одном направлении*** эскиз вращается в одном направлении от плоскости, на которой он построен. Угол поворота задается в счетчике ***Угол***, расположенном под раскрывающимся списком ***Тип вращения*** (см.рис.4.31).

По умолчанию в этом счетчике стоит значение 360°. Поэтому, если Вы создадите элемент с углом поворота по умолчанию, он получится полностью круглым и поэтому направление вращения в этом случае не играет никакой роли.

На рис. 4.35 показано основание поршня, созданное путем поворота эскиза (рис.4.34) на угол 360°.

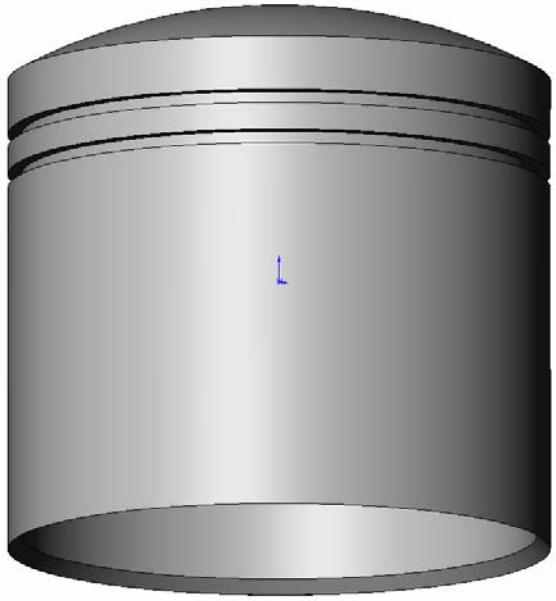


Рис. 4.35 Элемент, созданный путем вращения эскиза на угол 360°.

СОВЕТ **Можно динамически задавать угол вращения путем перетаскивания направляющих стрелок. Можно также задавать параметры вращения через контекстное меню, отображаемое по щелчку правой кнопкой мыши. Все параметры, имеющиеся в менеджере свойств, будут доступны и в этом контекстном меню.**

На рис. 4.36 показан поршень, созданный путем вращения того же эскиза на угол 270°.

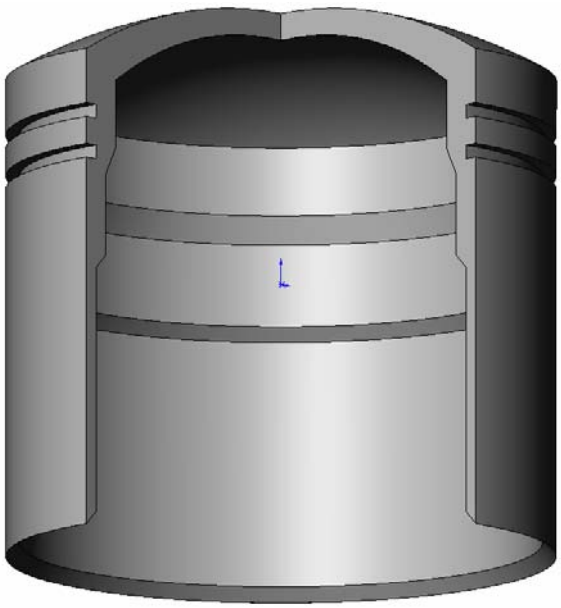


Рис. 4.36 Элемент, созданный путем вращения эскиза на угол 270°.

При использовании варианта ***От средней поверхности*** эскиз вращается на равные углы в обоих направлениях от плоскости, на которой он построен.

Угол поворота также задается в счетчике ***Угол***.

При выборе этого варианта кнопка ***Реверс направления*** будет недоступна.

Вариант ***В двух направлениях*** используется для задания различных параметров вращения в двух направлениях от плоскости эскиза.

Значения углов поворота в ***Направлениях 1*** и ***2*** задаются соответственно в счетчиках ***Угол направления 1*** и ***Угол направления 2***. Эти счетчики отображаются под раскрывающимся списком ***Тип вращения***, когда в нем выбран рассматриваемый вариант ***В двух направлениях***.

Создание тонкостенных элементов вращения

Аналогично тому, как создаются тонкостенные элементы при помощи команды ***Вытянуть*** точно также можно получить тонкостенный элемент вращая эскиз вокруг некоторой оси. Тонкостенные элементы вращения можно создавать на основе *замкнутых* или *разомкнутых* эскизов.

Если эскиз *замкнут*, то блок ***Тонкостенный элемент,*** находящийся на панели *Менеджера свойств* команды ***Повернуть*** будет (по умолчанию) свернут (см. рис. 4.31), но в то же время доступен для того, чтобы можно было его активизировать, поставив флажок в окне с заголовком этого блока. При этом откроется раздвижная панель ***Тонкостенный элемент*** (рис.4.37), которая содержит два окна параметров тонкостенного элемента:

- *Граничные условия* для назначения ***Типа поворота*** стенки элемента от исходного эскиза, которые могут иметь следующие параметры:
  - *В одном направлении;*
  - *От средней поверхности;*
  - *В двух направлениях*
- Окно параметра ***T1*** (и ***T2*** для режима *В двух направлениях*), определяющего толщину стенки элемента.

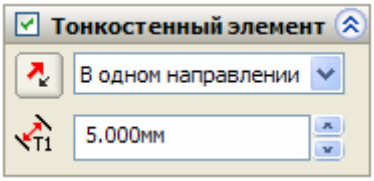


*Рис. 4.37 Активированный блок **Тонкостенный элемент** в Менеджере свойств команды **Повернуть**.*

Располагающаяся слева от окна параметров *Граничных условий* тонкостенного элемента клавиша ***Реверс направления*** , предназначена для изменения положения толщины стенки *внутрь* или *наружу* от исходного эскиза активна, но при этом она активна только в режиме *В одном направлении.*

На рисунке 4.38 показан тонкостенный элемент, полученный поворотом эскиза на 180° вокруг оси, проходящей через его **Исходную точку**.

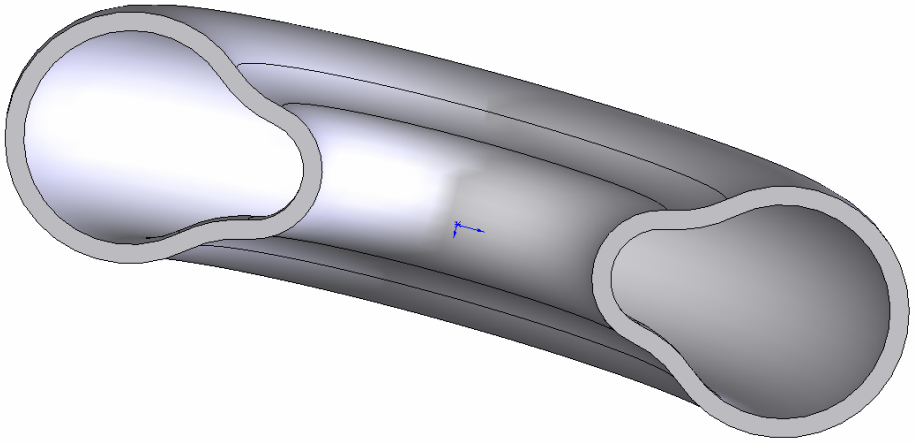


Рис. 4.38 Тонкостенный элемент, построенный методом поворота эскиза вокруг оси на 180°.

Если же эскиз, из которого предстоит создавать элемент вращения, является разомкнутым (рис.4.39), то режим ***Тонкостенный элемент*** активируется *Solid Works* автоматически, но при этом у пользователя, на начальном этапе, имеется возможность сделать выбор в пользу тонкостенного элемента или же преобразовать незамкнутый контур в замкнутый и создать полноценный твердотельный элемент.

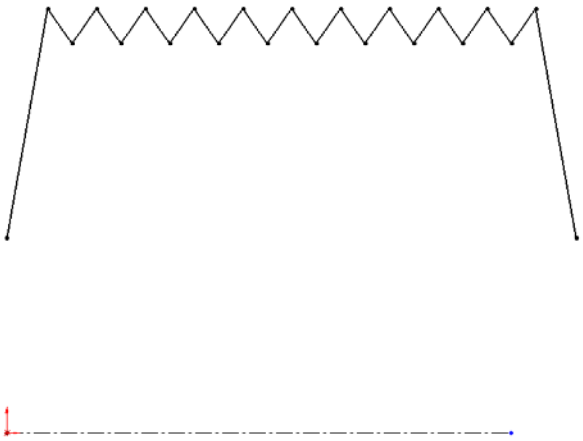
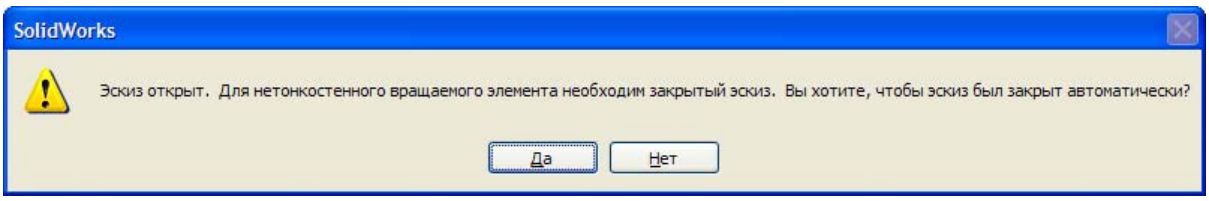


Рис. 4.39 Разомкнутый эскиз

В том случае, когда Вы, имея в **Графической области** эскиз, представленный на рисунке 4.39 вызовете инструмент ***Повернутая бобышка/основание***, то на экране появится информационное окно *Solid Works* с сообщением:



Если Вы щелкнете на кнопке **Да** в этом диалоговом окне, то между первым и последним сегментами эскиза будет автоматически прочерчена линия (рис.4.40), после чего появится менеджер свойств ***Повернуть*** (рис.4.31), а результатом выполнения назначенных параметров будет твердое тело, полученное по замкнутому контуру (рис.4.41).

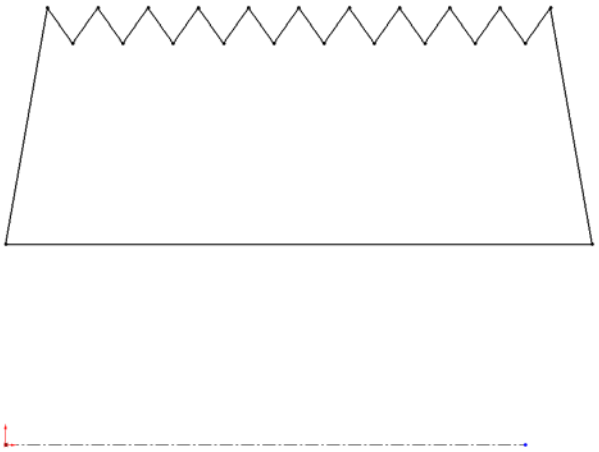


*Рис. 4.40 Замкнутый контур, получившийся после щелчка на кнопке **Да***

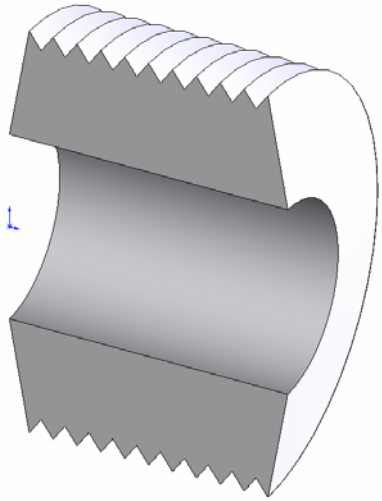


*Рис. 4.41 Результат, полученный от выполнения команды **Повернуть***

Если же выбрать **Нет**, то *Менеджер свойств* инструмента ***Повернуть*** все равно появится, но при этом автоматически откроется раздвижная панель ***Тонкостенный элемент***, и в последующем Вы лишаетесь права изменить этот параметр, т.к. флажок приобретает не редактируемое состояние – "замылен".

Результатом использования инструмента ***Повернуть*** разомкнутого эскиза (рис.4.39) является элемент, представленный на рисунке 4.42.

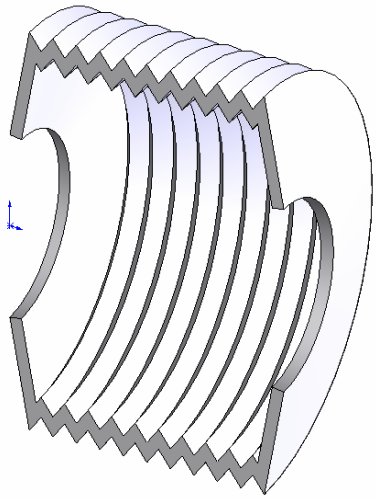


Рис. 4.42 Тонкостенный элемент, полученный поворотом разомкнутого эскиза.

Рассмотрим более подробно элементы управления раздвижной панели ***Тонкостенный элемент*** (рис. 4.37).

Раскрывающийся список ***Тип поворота***

Раскрывающийся список ***Тип поворота*** позволяет выбрать один из методов определения толщины тонкостенного элемента. Эти методы, как уже оговаривалось ранее, могут назначать один из следующих способов ограничения:

1. ***В одном направлении.*** При выборе варианта *В одном направлении* толщина добавляется по одну сторону от эскиза. Значение толщины задается в счетчике ***Направление 1 Толщина***, который находится под раскрывающимся списком.

СОВЕТ **Определяя толщину стенок тонкостенного элемента вращения, помните, что осевая линия не должна пересекаться с эскизом. Если осевая линия пересекается с эскизом вращение его будет невозможно.**

2. ***От средней поверхности.*** При выборе варианта *От средней поверхности* по обе стороны от эскиза добавляется равная

толщина. Значение толщины также задается в счетчике ***Направление 1 Толщина***.

3. ***В двух направлениях.*** Если выбран вариант *В двух направлениях*, то по разные стороны от эскиза добавляется разная толщина. Значения толщины в направлениях **1** и **2** задаются в счетчиках ***Направление 1 Толщина*** и ***Направление 2 Толщина***. Эти счетчики отображаются под раскрывающимся списком ***Тип поворота*** только при выборе варианта *В двух направлениях*.

4.3. *Создание вырезов*

Создание выреза представляет собой процесс удаления материала. Вырезанный элемент можно определить путем растяжения или вращения эскиза, переноса сечения вдоль определенной траектории, натягивания поверхности на несколько сечений или с помощью поверхности. Более подробно о переносах, сечениях и поверхностях вы узнаете из последующих глав. Рассмотрим вытянутые и повернутые вырезы.

Создание вытянутых вырезов

Вытянутый вырез по характеру работы аналогичен инструменту ***Вытянутая бобышка/Основание***, но только с противоположным знаком действия, т.е в результате выполнения операции материал не добавляется, а изымается из созданного ранее основания.

Рассматриваемый инструмент находится как на *Панели Инструментов*: *Элементы* → ***Вытянутый вырез***, так и в **Главном меню** *Solid Works* по адресу: *Вставка* → *Вырез* → ***Вытянуть***...

Как уже было сказано, вырез можно создать на уже имеющемся основании, а потому, для того чтобы выполнить указанную операцию, необходимо сначала создать эскиз того сечения, которое будет удалять некоторый объем материала на проектируемом изделии.

Предположим, что такое основание у нас уже имеется (см.рис.4.43) и нам необходимо прорезать сквозной паз в выступающей части основания. Выберем грань на теле основания, расположенную перпендикулярно к оси будущего паза, чтобы построить на ней эскиз его профиля. В нашем случае для этих целей вполне подходит указанная на рис.4.43 задняя грань, перпендикулярная к плоскости основания.

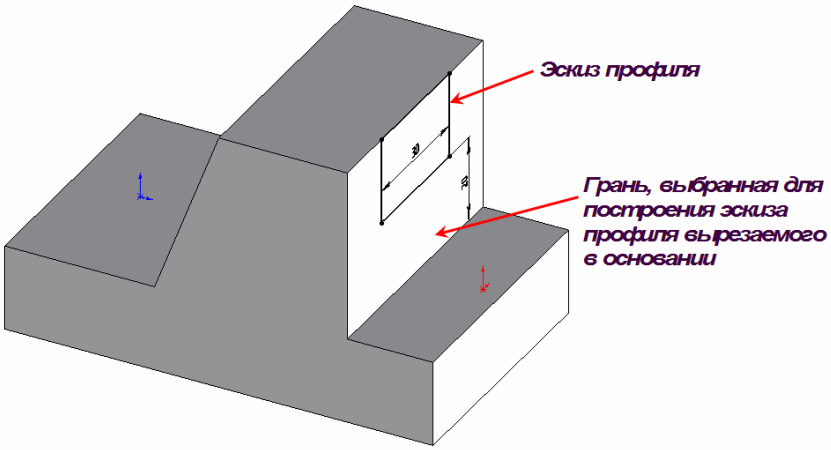


Рис. 4.43 Построение эскиза вырезаемого профиля на грани основания.

После того, как эскиз будет полностью определен при помощи линейных размеров и взаимосвязей, находим по одному из ранее указанных путей инструмент ***Вытянутый вырез*** и выбираем его для исполнения операции.

В результате появится *Менеджер свойств* инструмента ***Вырез-Вытянуть***, представленный на рисунке 4.44.

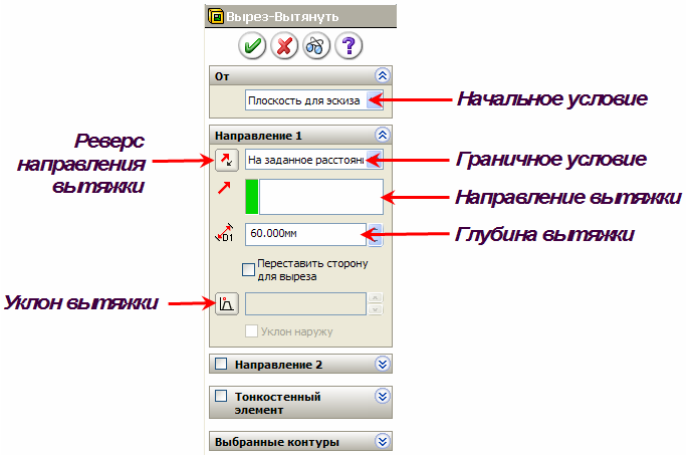


Рис. 4.44 Менеджер свойств инструмента ***Вытянутый вырез.***

Не трудно заметить, что представленный менеджер инструмента во многом схож с менеджером инструмента ***Вытянуть*** (см.рис.4.2), что подтверждает ранее сделанное заявление о схожести этих двух команд.

При выборе данного инструмента в **Графической области** появится предварительный просмотр результата выполнения операции по удалению объема материала из тела (рис.4.45). Предварительный просмотр показывает результат по настроенным по умолчанию параметрам, причем, в отличии от инструмента ***Вытянуть***, модель автоматически на поворачивается в изометрическое отображение в

Графической области и поэтому такую операцию нужно делать вручную.

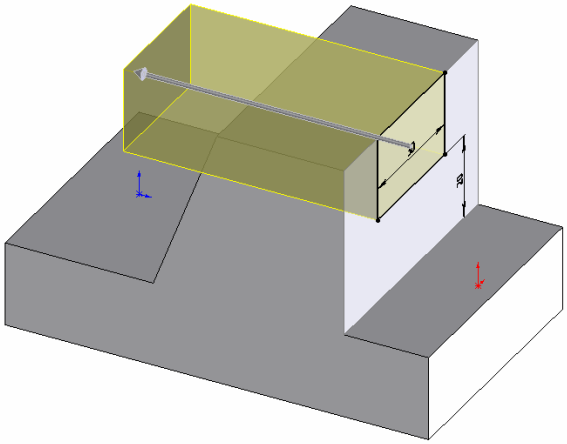


Рис. 4.45 Предварительный просмотр работы инструмента ***Вырез-Вытянуть***

Удаляемый материал отображается во временной графике в виде некоего объема, помещенного в тело, но этот объем наглядно показывает границы действия выбранного инструмента с установленными параметрами. На рис.4.46 показана модель после создания выреза.

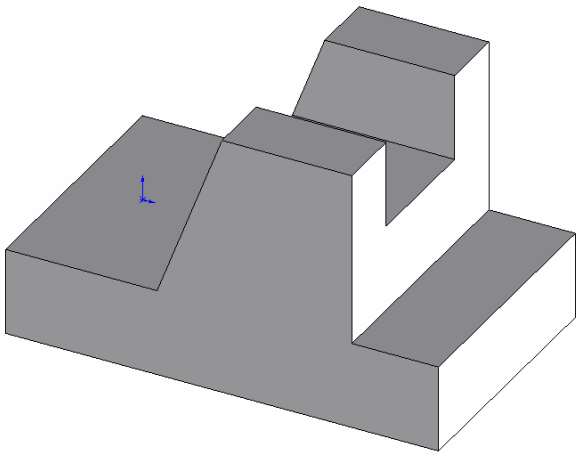


Рис. 4.46 Модель с вырезом

Поскольку инструменты ***Вытянутая бобышка/Основание*** и ***Вытянутый вырез*** идентичны по характеру действия, то и элементы управления этими инструментами также имеют много общего, потому при их рассмотрении мы не будем уделять много внимания тем вопросам, которые были уже рассмотрены в инструменте ***Вытянуть***. Рассмотрим элементы управления менеджера свойств ***Вырез-Вытянуть***.

Раздвижная панель **От**

Аналогично тому, как в инструменте ***Вытянуть***, в инструменте ***Вырезать*** также появилась возможность задавать параметры начала вытянутого выреза. Для этого служит раздвижная панель **От**. Элементы управления на этой раздвижной панели аналогичны предназначенным для вытянутых выступов, поэтому не будем долго останавливаться на данном вопросе.

Особо отметим, ввиду полезности и наиболее широкому применению на практике, лишь один из параметров настройки, устанавливаемый на данной панели. Это начальное условие для эскиза ***Смещение***.

На рисунке 4.47 изображен предварительный просмотр результата действия инструмента ***Вырезать*** для случая применения условия ***Смещение,*** когда эскиз профиля построен на произвольной грани, а результат операции по вырезанию в твердом теле определенного объема, заданного профилем этого эскиза, расположен на некотором расстоянии от плоскости (грани) на которой этот эскиз создан.

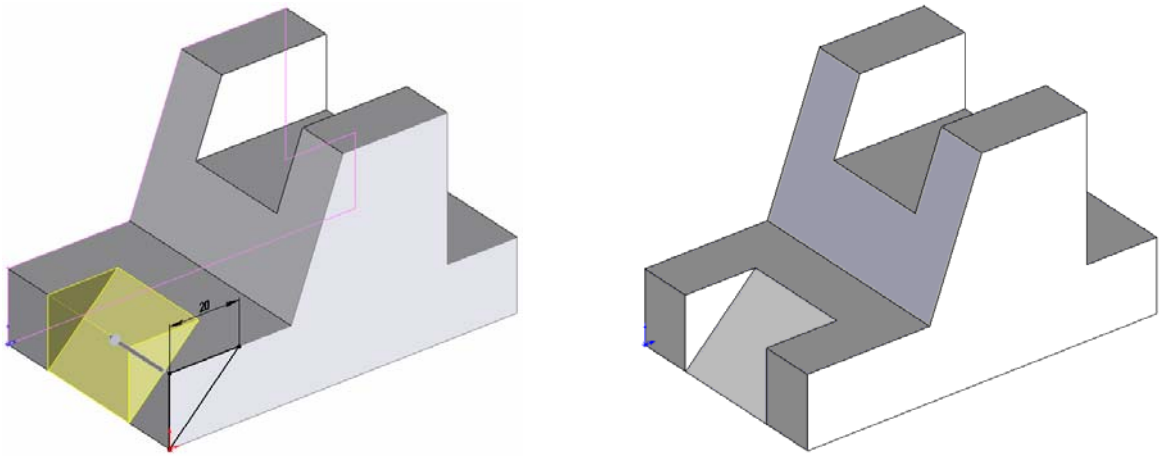


Рис. 4.47 Предварительный просмотр выреза со смещением начала действия инструмента на величину параметра ***Смещение*** *и результирующий элемент, вытянутый от выбранной грани на заданную глубину.*

Наиболее часто данное условие используется при проектировании деталей типа *Вал*, на шейках которого располагаются шпоночные пазы. В более ранних версиях *Solid Works*, когда не было возможности использовать данное начальное условие, для выполнения такого элемента, как шпоночный паз на цилиндрическом теле, поскольку эскиз может быть построен исключительно на плоской грани или плоскости, требовалось построение справочной плоскости, касательной к этой цилиндрической грани. Затем уже, на дополнительно построенной плоскости, чертился эскиз шпоночного паза, который затем и вырезался

из объема проектируемого вала при помощи инструмента ***Вытянутый вырез***.

Теперь же ничего подобного делать не нужно, т.к. использовав в качестве плоскости для эскиза одну из стандартных плоскостей (*Спереди, Сверху* или *Справа*) вытянутый вырез самого шпоночного паза можно сделать, задав требуемое смещение, с учетом глубины проектируемого элемента – шпоночный паз.

На рисунке 4.48 показано, как построенный на плоскости *Сверху* эскиз шпоночного паза будет вырезать материал вала пройдя некоторое расстояние $Y_{см}$, определяемое формулой:

$$Y_{см} = \frac{D_{вала}}{2} - h_{паза},$$

где, $D_{вала}$ - диаметр шейки вала, на которой фрезеруется шпоночный паз;

$h_{паза}$ - определяемая ГОСТ глубина шпоночного паза.

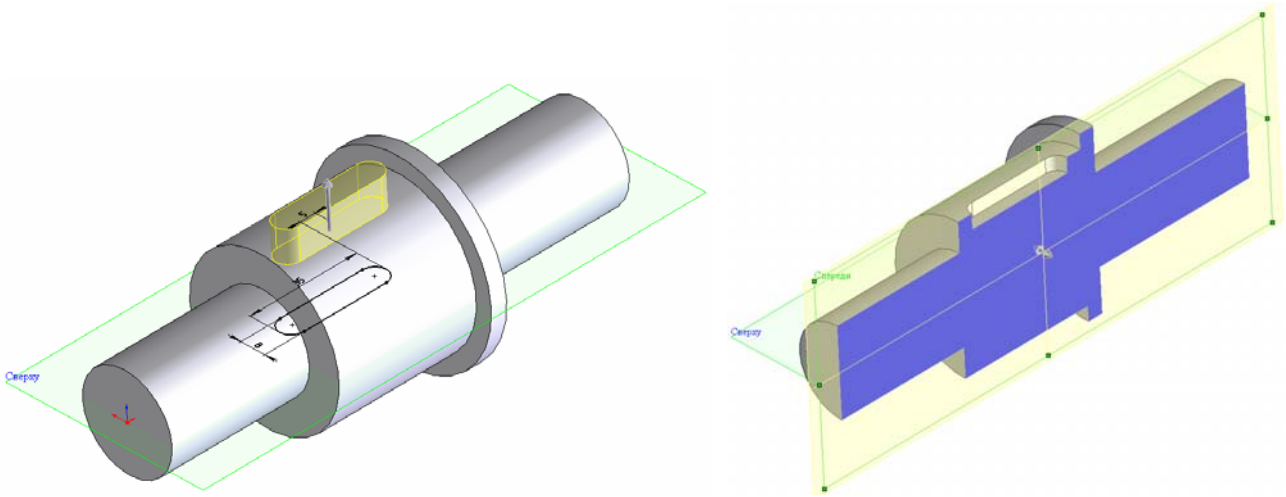


Рис. 4.48 Построение элемента Шпоночный паз на цилиндрической поверхности детали типа Вал.

Раздвижная панель **Направление 1**

В раздвижной панели ***Направление 1*** задаются параметры вытягивания в первом направлении, при этом на поле панели имеются следующие окна:

- Раскрывающийся список ***Граничное условие.***

В раскрывающемся списке ***Граничное условие*** задается способ ограничения вытягивания. Возможны следующие варианты:

☑ *На заданное расстояние;*

☑ *Насквозь;*

- ☑ *До следующего;*
- ☑ *До вершины;*
- ☑ *До поверхности;*
- ☑ *На расстоянии от поверхности;*
- ☑ *До тела;*
- ☑ *От средней поверхности.*

По умолчанию в раскрывающемся списке ***Граничное условие*** выбрано граничное условие *На заданное расстояние*, поэтому на этой раздвижной панели присутствует счетчик *Расстояние*, задающий глубину вытягивания. Если вы выберете граничное условие *Насквозь* или *До следующего*, то этот счетчик отображаться не будет.

Тип счетчика или области выделения, отображаемых в раздвижной панели ***Направление 1***, зависит от того, какой вариант выбран в раскрывающемся списке ***Граничное условие***.

С помощью кнопки ***Реверс направления*** можно поменять направление вытягивания элемента на противоположное. Если вы выберете граничное условие *От средней поверхности*, кнопка ***Реверс направления*** отображаться не будет.

- *Переставить сторону для выреза*

Флажок *Переставить сторону для выреза* определяет сторону, с которой будет удаляться материал. По умолчанию этот флажок сброшен, и материал удаляется с внутренней стороны профиля эскиза выреза. Если вы установите этот флажок, материал будет удаляться с внешней стороны профиля эскиза выреза.

На рисунке 4.49 показаны случаи использования флажка *Переставить сторону для выреза*.

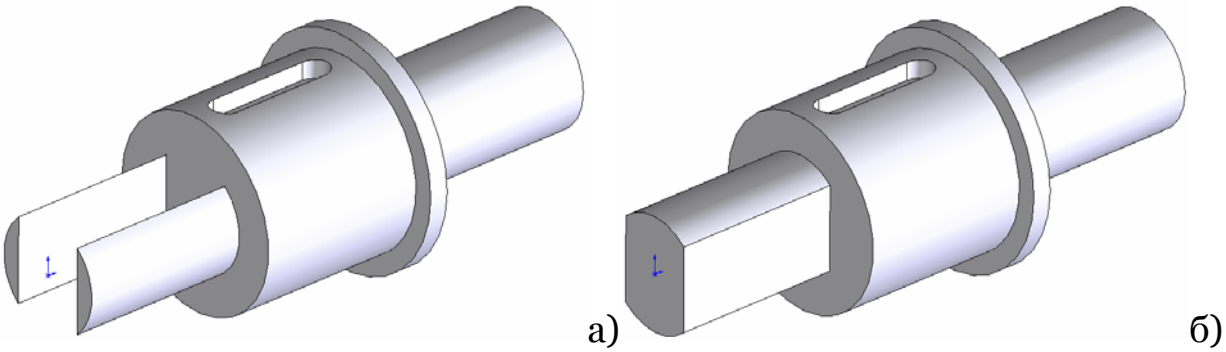


Рис. 4.49 Два варианта использования инструмента ***Вытянутый вырез*** *при работе с одним и тем же эскизом, но при сброшенном (**а**) и установленном (**б**) флажке Переставить сторону для выреза.*

ПРИМЕЧАНИЕ Обратить направление удаления материала можно также, щелкнув на стрелке, которая отображается на эскизе при создании выреза (рис.4.50).

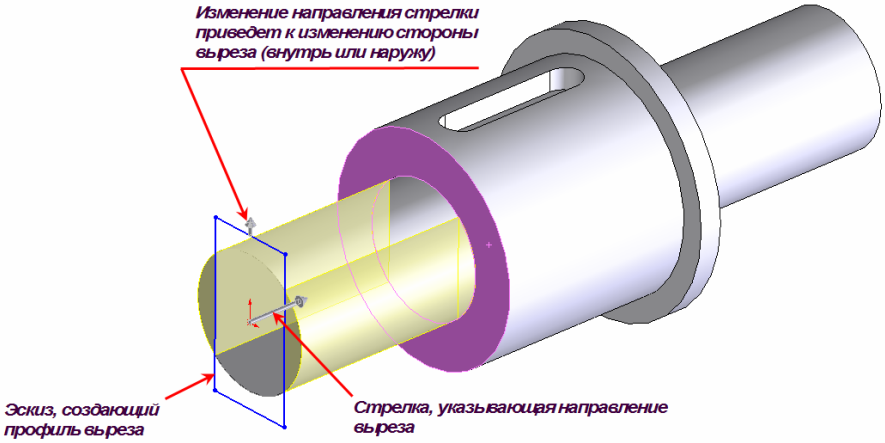


Рис. 4.50 Пояснения к работе инструмента ***Вытянутый вырез****.*

- *Включить/Выключить уклон*

Кнопка *Включить/Выключить уклон* используется для создания вытянутого выреза с уклоном. Счетчик *Угол уклона*, расположенный справа от кнопки *Включить/Выключить уклон*, задает значение угла уклона.

По умолчанию флажок *Уклон наружу* сброшен, поэтому уклон направлен внутрь относительно направления вытягивания. Если установить этот флажок, уклон будет направлен наружу относительно направления вытягивания. На рисунке 4.51 показан вырез с уклоном, созданным при сброшенном и установленном флажке *Уклон наружу*.

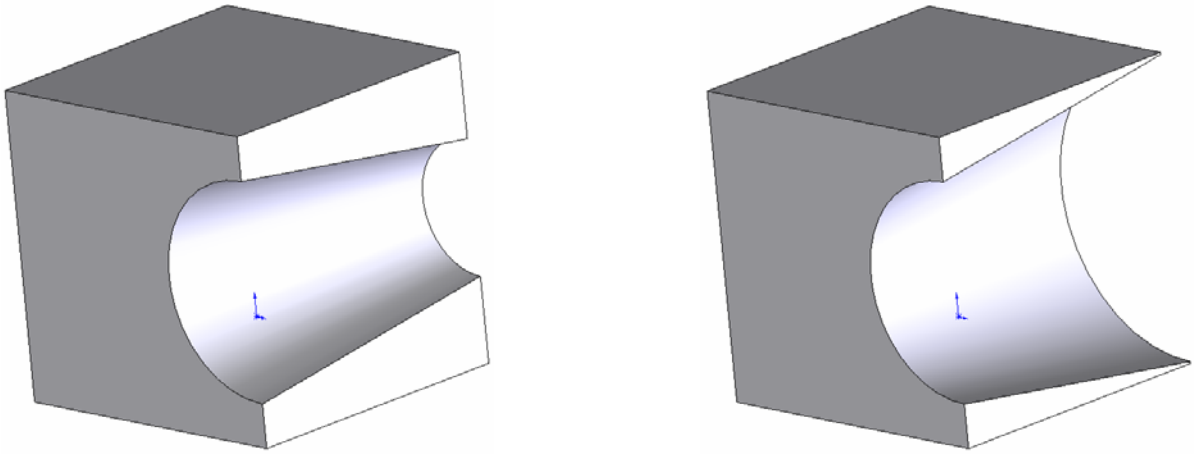


Рис. 4.51 Вырез с различными способами установки уклона.

*Раздвижная панель **Направление 2***

В раздвижной панели ***Направление 2*** задаются параметры ограничения вытягивания по второму направлению. Эта панель имеет такие же органы управления, как и панель ***Направление 1***.

Раздвижная панель Выбранный контур

Раздвижная панель ***Выбранный контур*** используется для добавления вырезов к выделенным контурам. Подробнее о работе с контурами см. в следующем разделе.

Раздвижная панель Тонкостенный элемент

Раздвижная панель ***Тонкостенный элемент*** используется для создания тонкостенных вырезов. Когда вы создаете вырез, то помимо граничного условия необходимо задавать для него толщину эскиза. Чтобы создать тонкостенный вырез, постройте его эскиз, вызовите менеджер свойств ***Вырез-Вытянуть*** и задайте граничные условия в раздвижных панелях ***Направление 1*** и ***Направление 2***. Теперь установите флажок, открывающий раздвижную панель ***Тонкостенный элемент***. Элементы управления на ней те же, что и для тонкостенного выступа.

ПРИМЕЧАНИЕ **Для создания выреза может использоваться как замкнутый, так и незамкнутый эскиз. Обратите внимание, что если эскиз не замкнут, то он должен полностью делить модель на две или более части.**

Вырез, приводящий к появлению нескольких тел

Иногда вследствие геометрических условий, параметров ограничения вытягивания или граничных условий, создание выреза приводит к возникновению нескольких тел. Особенно часто такая ситуация возникает при создании литейных форм, о чем мы будем говорить в Главе _____.

Предположим, что на имеющемся основании был создан эскиз, как показано на рис. 4.52, предназначенный для выполнения операции ***Вырезать*** его из тела данного основания. Как видно из представленного рисунка, созданный на верхней грани эскиз полностью разделяет цельное тело на две части, т.е объем основания теряет свойство "сообщающихся сосудов". Однако, пока мы еще не выполняли ни каких операций основание остается единым телом, о чем свидетельствует информация, представленная в *Feature Manager*

(Дереве Конструирования) в папке *Твердые тела* (см.рис.4.53). Цифра **(1)** в ней говорит именно о том, что данная модель содержит одно твердое тело.

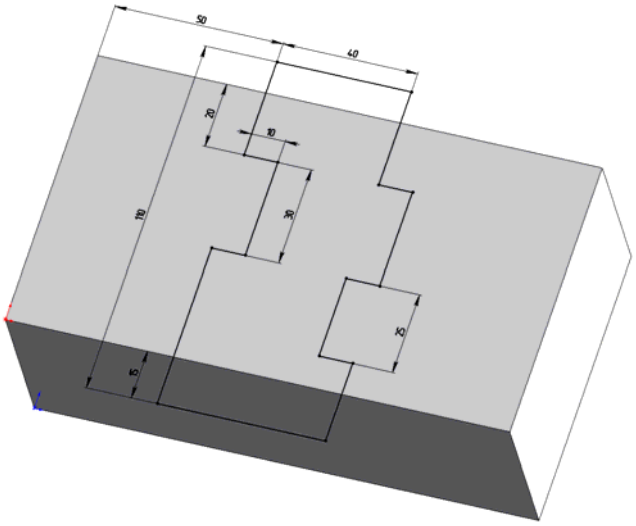


Рис. 4.52 Исходный эскиз выреза, построенный на одной из граней основания.

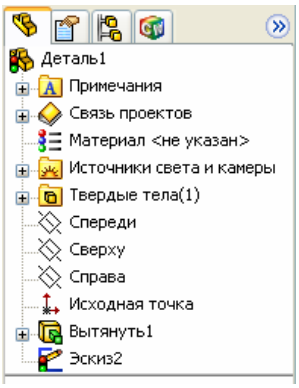


Рис. 4.53 Дерево Конструирования изделия до выполнения операции ***Вытянутый вырез****.*

На рис. 4.54 изображен вырез, созданный с граничным условием *Насквозь*. При данном граничном условии для этого типа эскиза после щелчка на кнопке **OK** в *Менеджере Свойств* ***Вырез-Вытянуть*** откроется диалоговое окно ***Оставить тела*** (см.рис.4.55). Поскольку создание выреза приводит к появлению нескольких тел, в этом диалоговом окне Вы сможете выбрать, какие из тел следует сохранить.

ПРИМЕЧАНИЕ: Описываемые действия относятся к случаю, когда по умолчанию выбраны параметры создания выреза, ограниченного замкнутым контуром с удалением внутреннего объема, ограниченного этим контуром.

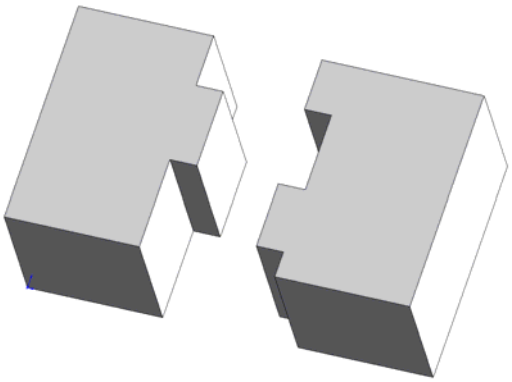


*Рис. 4.54 Результат действия команды **Вытянутый вырез**, при назначении параметра Все тела (рис.4.55)*

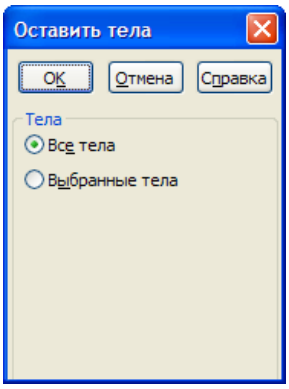


*Рис. 4.55 Диалоговое окно **Оставить тела.***

По умолчанию переключатель установлен в положение *Все тела*. Поэтому после щелчка на кнопке **ОК** все тела, возникшие в результате создания выреза, будут оставлены в модели (см.рис.4.54).

Если вы хотите убрать некоторые из тел, выберите переключатель *Выбранные тела*. При этом диалоговое окно развернется, как показано на рис.4.56, предоставляя Вам возможность сделать выбор тела, которое необходимо оставить.

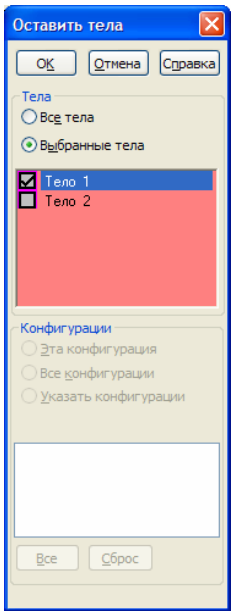


*Рис. 4.56 Вид диалогового окна **Оставить тела** при выбранном режиме Выбранные тела.*

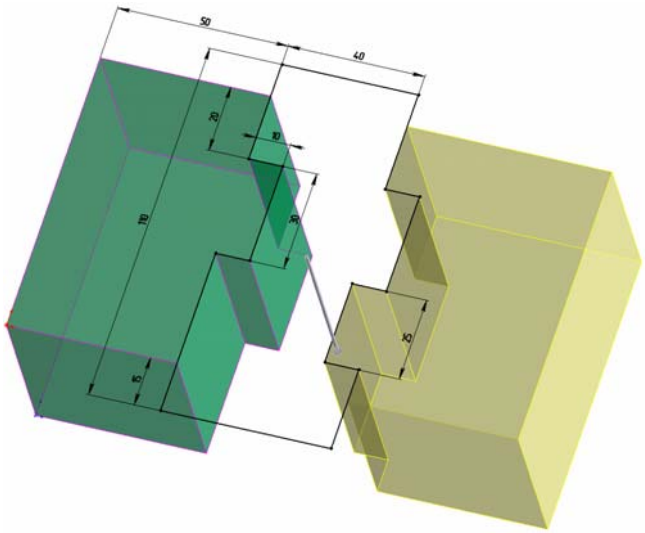


Рис. 4.57 Предварительный просмотр результата выбора оставляемого после завершения операции тела (Тело 1, см.рис.4.56)

Если вы хотите сохранить некоторое тело, установите флажок слева от имени этого тела (см. рис.4.56). Предварительный вид

выбранного тела отображается зеленым цветом (рис.4.57). Выберите тела, которые следует оставить, и щелкните на кнопке **ОК** в диалоговом окне ***Оставить тела***. Соответственно, другое тело будет удалено из **Графической области** построения твердого тела.

Аналогичный результат можно получить, назначив замкнутому эскизу профиля создаваемого выреза параметр ***Тонкостенный элемент*** На рис.4.58 показан вырез, созданный по эскизу указанного профиля при переключателе режима, установленном в положение *Все тела*.

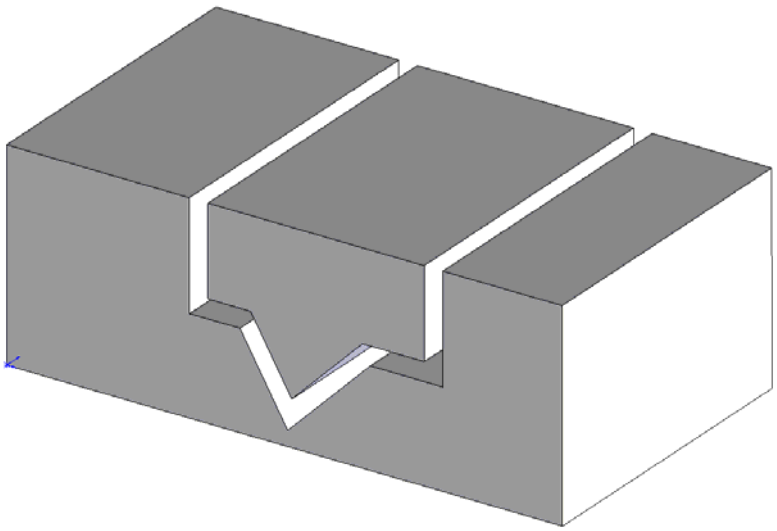


Рис. 4.58 Тонкостенный вырез, при создании которого были оставлены все получившиеся тела.

Создание повернутых вырезов

Повернутые вырезы используются для удаления материала путем вращения эскиза вокруг выбранной оси. Аналогично случаю с повернутым выступом или основанием, ось вращения можно определить при помощи средней линии или кромки на эскизе.

Инструмент ***Повернутый вырез***, аналогично всем предыдущим, вызывается либо из *Менеджера Команд* или *Панели инструментов* ***Элементы***, выбором иконки команды , либо из **Главного меню**:

Вставка → Вырез → Повернуть

При вызове инструмента ***Повернутый вырез*** открывается *Менеджер Свойств* ***Вырез-Повернуть***, показанный на рис.4.59. Элементы управления этого *Менеджера Свойств* аналогичны тем, которые обсуждались нами ранее при рассмотрении инструмента ***Повернутая бобышка/Основание***. На рис.4.60 показан эскиз повернутого выреза, а на рис.4.61 получившийся в результате действия инструмента вырез.

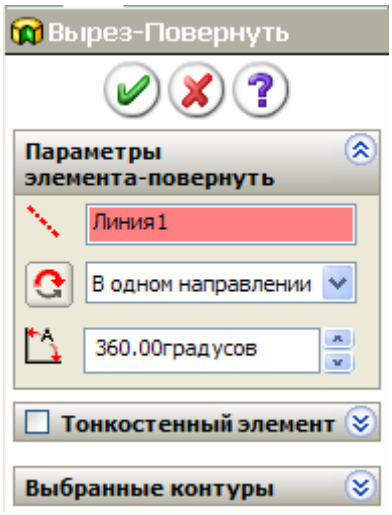


Рис. 4.59 Менеджер Свойств ***Вырез-Повернуть***

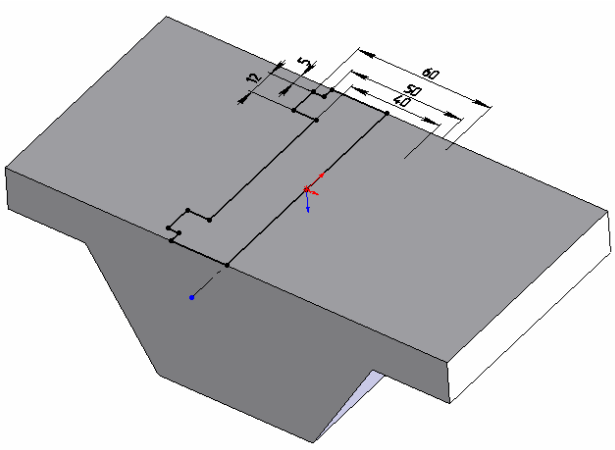


Рис. 4.60 Эскиз повернутого выреза

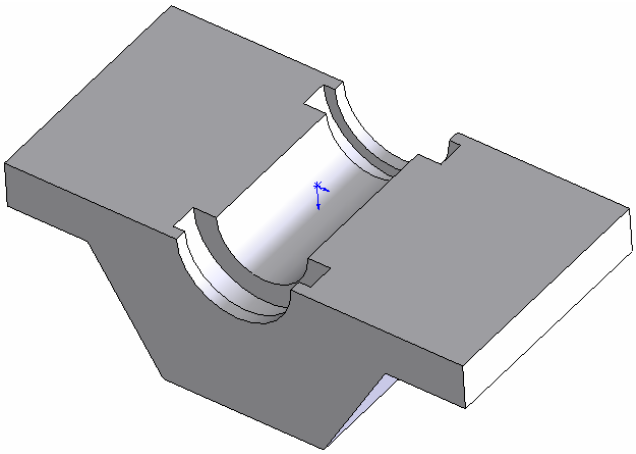


Рис. 4.61 Получившийся, в результате поворота на 360° эскиза, показанного на рис. 4.60, повернутый вырез

ПРИМЕЧАНИЕ: **Можно также сначала вызвать соответствующий инструмент, а потом выбрать плоскость для построения эскиза. В этом случае после того, как вы выйдете из эскизной среды, этот инструмент будет активизирован автоматически, и вы сможете задать параметры в его раздвижной панели. Например, можно вызвать инструмент Revolved Cut (Повернутый вырез), не создавая эскиза. Откроется менеджер свойств Revolve (Повернуть), и вам будет предложено выделить плоскость или плоскую грань для построения нового эскиза либо выбора существующего. Выделите плоскость или плоскую грань и постройте эскиз. Когда вы выйдете из эскизной**

среды, автоматически откроется менеджер свойств Cut-Revolve (Вырез-Повернуть).

4.4. *Моделирование методом выделения контура*

Моделирование *Методом выделения контура* позволяет использовать для создания элементов неполные эскизы. Используя данный метод, вы можете строить эскизы всей модели в одной эскизной среде, а затем производить с ними различные манипуляции, одновременно используя одни и те же эскизы в разных элементах модели. Чтобы пояснить этот принцип, рассмотрим многоэлементную твердотельную модель *Опоры*, показанную на рис.4.62.

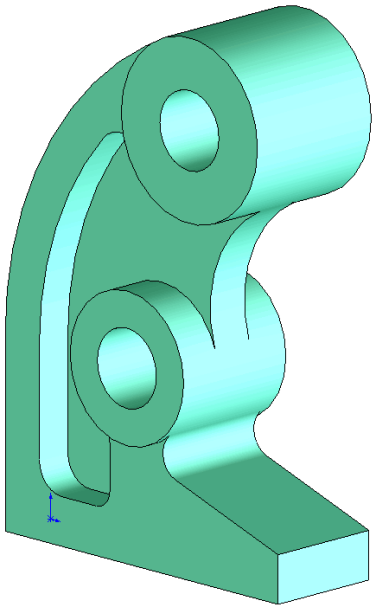


Рис. 4.62 Многоэлементная твердотельная модель Опоры.

Как было сказано выше, в идеальном случае для многоэлементной модели необходимо сначала построить эскиз основания и превратить его в основание. После этого необходимо создать эскиз следующего элемента, и т. д. Иными словами, для каждого элемента требуется создать собственный эскиз. Но, используя *Метод выделения контура*, вы можете использовать контур, созданный на базе эскиза, в нескольких элементах.

На рис. 4,63 показан эскиз, на примере которого мы рассмотрим моделирование методом выделения контура. Построение будем делать по шагам, в следующей последовательности:

1. Построим эскиз, представленный рис.4.63 на одной из выбранных для этого *Стандартных плоскостей (Спереди, Сверху* или *Справа).*

2. Построив эскиз, щелкните правой кнопкой мыши в любой точке **Графической области** для вызова контекстного меню и выберите в нем команду ***Инструмент выделения контуров***[2]. Когда вы выберете команду ***Инструмент выделения контуров***, указатель мыши примет форму символа выделения контура , а в правом верхнем углу экрана появится область подтверждения в виде вот такого значка .

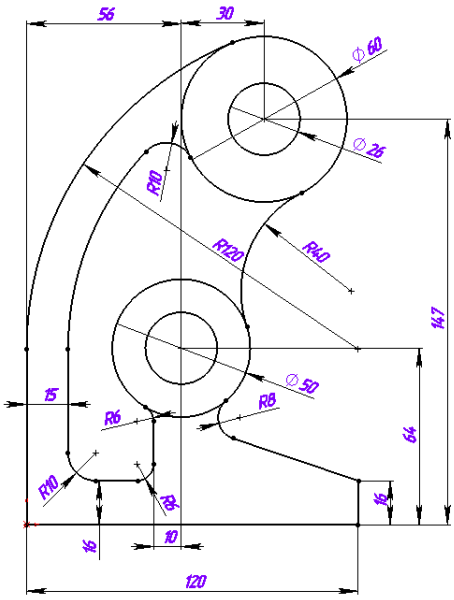


Рис. 4.63 Эскиз детали для создания многоэлементной твердотельной модели

3. Теперь щелкните в точке между двумя окружностями Ø26 мм и Ø60 мм. Область между ними будет выделена (рис.4.64).

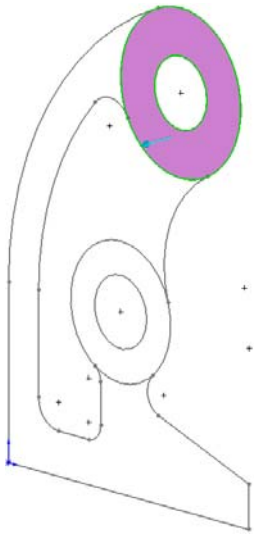


Рис. 4.64 Контур, выделенный для создания вытянутого элемента

[2] Если эта команда отсутствует в контекстном меню, щелкните на стрелке вниз, расположенной в конце списка контекстного меню, чтобы развернуть его полностью. После этого данная команда появится в меню.

4. Вызовите *Менеджер Свойств* ***Вытянуть*** и вытяните выделенный контур с граничным условием *От средней плоскости*, на глубину 50 мм. Щелкнув на клавише **ОК**, получим результат, как показано на рис.4.65.

ПРИМЕЧАНИЕ: Когда вы перемещаете по эскизу символ выделения контура, розовым цветом подсвечиваются области, в которых выделение возможно.

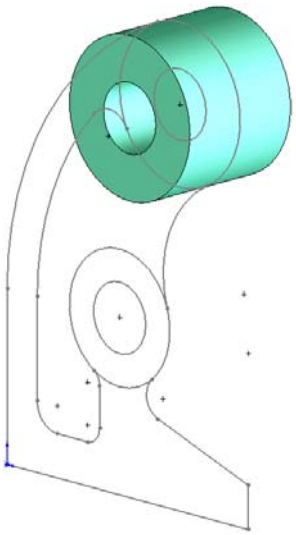


Рис. 4.65 Вид элемента, созданного путем вытягивания выделенного контура

5. Теперь щелкните правой кнопкой мыши в графической области и снова выберите в контекстном меню команду ***Инструмент выделения контуров***.

6. Выделите любой объект на эскизе, затем выделите контур эскиза, определяющий его основание (рис.4.66).

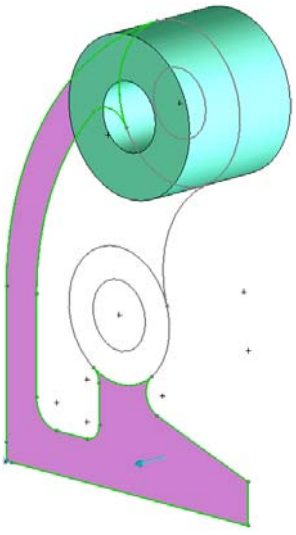


Рис. 4.66 Контур основания, выделенный для создания элемента по контуру эскиза.

7. Вызовите *Менеджер Свойств* ***Вытянуть*** и вытяните выделенный контур с граничным условием *От средней плоскости,* на глубину 40 мм. Щелкнув по клавише **ОК** получим результат, представленный на рис. 4.67.

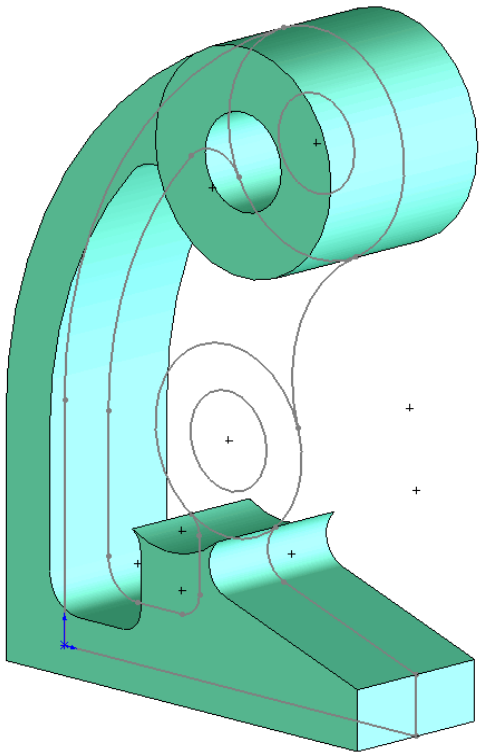


Рис. 4.67 Основание детали, полученное после вытягивания его контура на заданную глубину.

8. Повторно вызовите ***Инструмент выделения контуров*** и выделите любой объект эскиза.

9. Укажите точку между двумя окружностями в нижней части *Опоры* и вытяните контур с граничным условием *Средняя плоскость*, на глубину 45 мм (рис.4.68).

10. Повторите те же действия, что и в п. 8 и 9, но только для контура, определяющего соединительное ребро в проектируемой детали *Опора*, но, при прочих равных условиях, установите глубину вытяжки, равную 25 мм. Результатом будет твердотельная модель *Опоры*, показанная на рис.4.69.

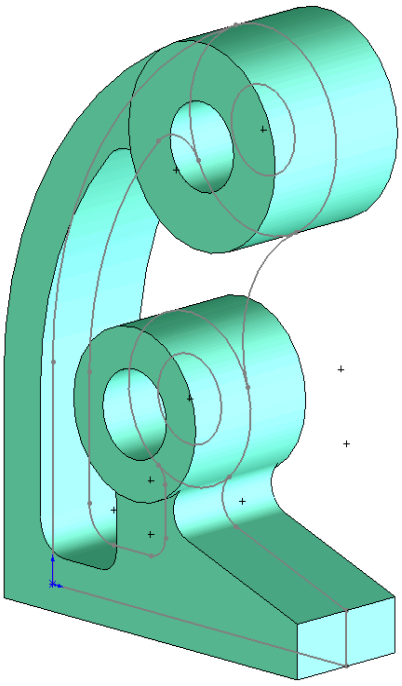


Рис. 4.68 Результат операции по вытягиванию второй втулки Опоры.

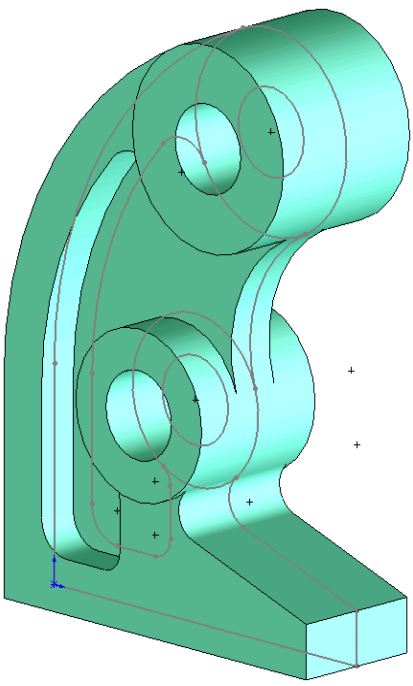


Рис. 4.69 Твердотельная модель Опоры после вытягивания внутреннего ребра.

Создав модель таким способом, вы заметите, что эскиз отображается на самой модели. Поэтому необходимо его скрыть.

11. Щелкните на значке "+", расположенном слева от любого из вытянутых элементов, чтобы развернуть дерево.

12. Выделите значок эскиза и щелкните правой кнопкой мыши, чтобы вызвать контекстное меню. Выберите в этом меню команду ***Скрыть***. Результатом Ваших действий станет твердотельная модель *Опоры,* показанная на рис. 4.62, после создания всех элементов методом выделения контура и скрытия эскиза.

В *SolidWorks 2007* имеется возможность выделять кромки модели как часть контура. Рассмотрим пример.

На рис.4.70 изображены две линии, построенные на верхней грани прямоугольного параллелепипеда. Кромки его верхних граней, образующие вместе с этими линиями контур, можно использовать в качестве эскиза для вытягивания (рис.4.71).

Обратите внимание на то, что одновременно можно вытягивать несколько контуров. Для этого необходимо, выделив любой первый контур, нажать клавишу **Ctrl** и, удерживая ее, выбрать следующий.

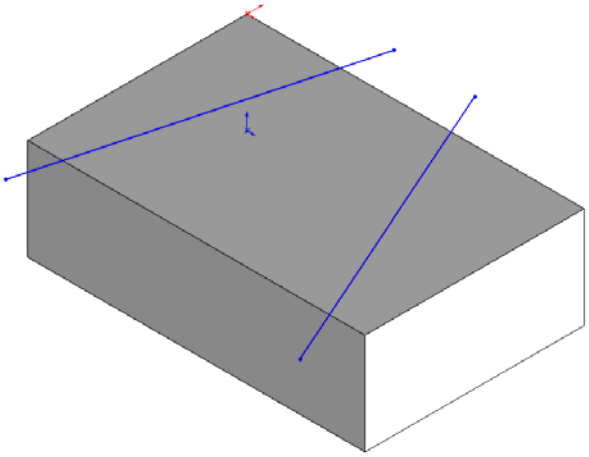


Рис. 4.70 Линии, построенные на верхней грани прямоугольной модели

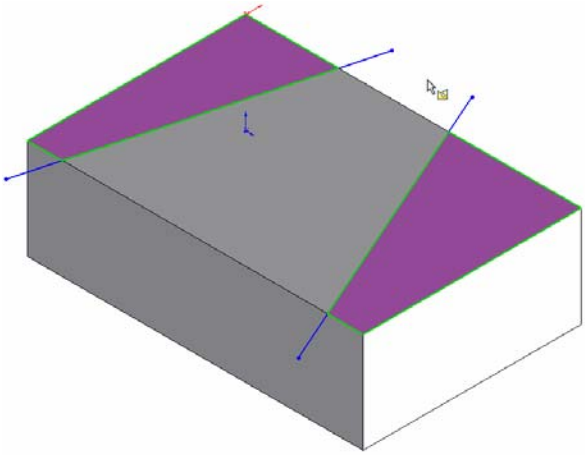


Рис. 4.71 Выделение контура, образованного линиями и кромками модели.

На рис.4.72 показан получившийся в результате вытянутый элемент.

ПРИМЕЧАНИЕ Если вы щелкнете на значке «+», чтобы развернуть вытянутый элемент в дереве конструирования *Feature Manager*, то увидите, что вместо значка простого эскиза в нем будет значок эскиза, выделенного по контуру.

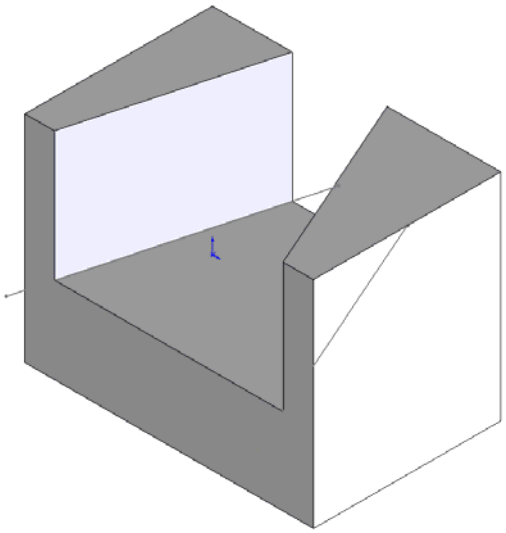


Рис. 4.72 Вытянутый элемент, созданный при использовании кромок модели в качестве контура.

ПРИМЕЧАНИЕ После выделения контура с помощью инструмента выделения контуров и вызова менеджера свойств *Вытянуть* имя выделенного контура будет отображаться в

области выделения раздвижной панели *Выбор контура*.

Можно выделять контуры любых элементов эскиза — элементов вращения, вырезов, линейных переносов, элементов, построенных по сечениям, и т. д.

Инструмент выделения контуров позволяет выделять для создания элементов не только контуры, но и одиночные объекты эскиза.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Ответьте на следующие вопросы и сравните свои ответы с ответами, приведенными в конце этой главы.

1. Поворот эскиза в *Solid Works* осуществляется с помощью менеджера свойств ***Вытянуть*** (Да/Нет).

2. Вы можете также задать глубину вытягивания в интерактивном режиме на предварительном изображении вытянутого элемента (Да/Нет).

3. Когда на экране показывается изображение будущей модели, Вы можете вызывать инструменты, задающие параметры отображения, например ***Эскиз целиком*** (Да/Нет).

4. Когда вы вращаете изображение модели в режиме *Скрыть невидимые линии*, скрытые линии автоматически отображаются в процессе вращения (Да/Нет).

5. Для отображении модели в перспективе используется инструмент _____ .

6. Флажок *Торцевая пробка* отображается в менеджере свойств ***Вытянуть*** только в том случае, когда эскиз тонкостенного элемента является__.

7. Для создания вытянутого элемента с различной глубиной вытягивания в двух направлениях используется флажок .

8. Для автоматического добавления скруглений при создании тонкостенного элемента используется флажок_____ .

9. Отображение теней в режиме закрашивания включается кнопкой .

10. Чтобы возобновить свободное вращение изображения после того, как оно было повернуто вокруг выбранной вершины, кромки или грани, необходимо сделать ____в любом месте графической области.

11. Инструмент ***Вращать вид*** можно также вызвать, выбрав команду ***Вращать вид*** в_____, которое появляется при щелчке правой кнопкой мыши в **Графической области**.

12. При нажатой кнопке *Каркасное представление* вместе с видимыми линиями модели будут отображаться все линии.

13. Поменять параллельный вид на перспективный можно, выбрав в меню команду .

14. Когда вы вызываете инструмент ***Вытянутая бобышка/Основание*** или ***Повернутая бобышка/Основание***, текущий вид автоматически меняется на .

15. Тонкостенные повернутые элементы можно создавать на основе _____или_____ эскиза.

16. Как называется кнопка, которая изменяет ориентацию стандартных видов?

1) Обновить стандартные виды;

2) Сбросить стандартные виды;

3) оба ответа (1,2) неверны;

4) оба ответа (1, 2) верны.

17. Какая из перечисленных далее кнопок отсутствует по умолчанию на панели инструментов ***Вид***?

1) Скрыть невидимые линии;

2) Невидимые линии отображаются;

3) Закрасить;

4) Перспектива.

18. Какой из следующих параметров не показывается на предварительном изображении модели?

1) Глубина;

2) Угол уклона;

3) оба ответа (1,2) неверны;

4) оба ответа (1,2) верны.

19. Если эскиз является замкнутым, его можно преобразовать:

1) в тонкостенный элемент;

2) в твердотельный элемент;

3) оба ответа (1,2) неверны;

4) оба ответа (1,2) верны.

20. Какой инструмент используется в Solid Works для автоматической простановки размеров на эскизе?

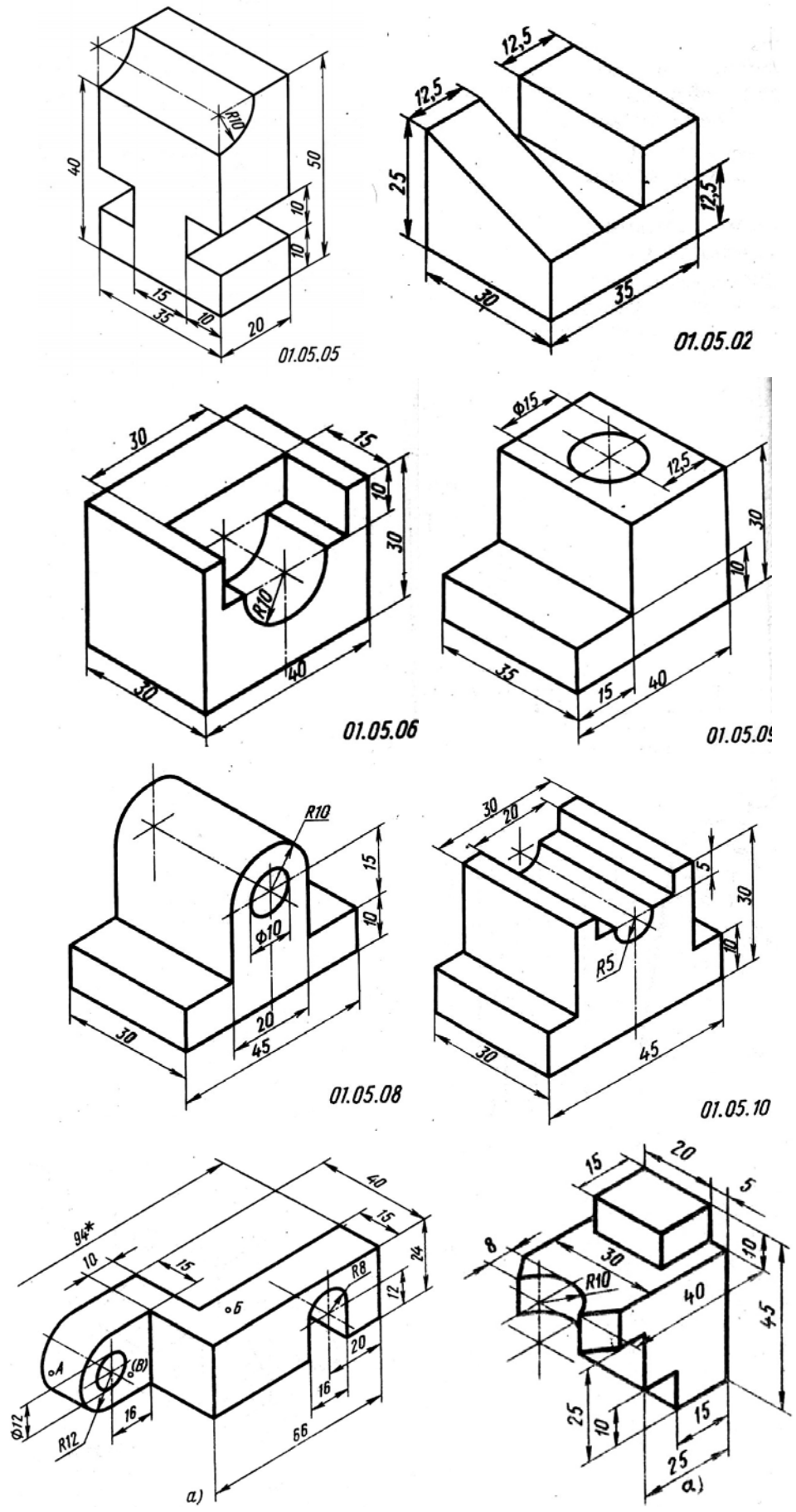
1) Нанести авторазмер на эскиз;

2) Авторазмер;

3) оба ответа (1, 2) неверны;

4) оба ответа (1, 2) верны.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ



ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Нет. 2. Да. 3. Да. 4. Нет. 5. Перспектива. 6. Замкнутым. 7. Направление 2. 8. Авто-скругление. 9. Тени в режиме Закрасить. 10. Двойной щелчок.

Глава 5

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ.

Содержание

5. Профессиональные инструменты моделирования. 215

5.1 Создание простых отверстий 215

5.2 Создание стандартных отверстий при помощи мастера отверстий 219

5.3 Упражнения на создание отверстий под крепеж. 229

5.4 Создание скруглений 238

5.5 Создание фасок 258

5.6 Методы выделения 265

5.7 Создание оболочек 268

5.8 Создание элементов переноса 272

Вопросы для самопроверки. 277

Упражнение 279

Задания для самостоятельной работы. 287

Ответы на вопросы для самопроверки 288

5. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ.

В этой главе рассматриваются различные инструменты моделирования, имеющиеся в *Solid Works*, которые помогают лучше и точнее реализовать замысел проекта. Например, в предыдущих главах вы научились создавать отверстия как вырезы. В этой главе вы научитесь создавать отверстия с помощью инструментов ***Простое отверстие*** и ***Отверстие под крепеж***.

Инструмент Отверстие под крепеж, или *Мастер отверстий*, позволяет создавать стандартные отверстия, классифицируемые по промышленному стандарту, типу резьбы и размеру. *Мастер отверстий Solid Works* является одним из самых мощных виртуальных средств для создания стандартных отверстий, доступных в современных САПР.

Помимо инструментов создания отверстий в данной главе будут описаны и другие профессиональные инструменты проектирования, позволяющие создавать скругления, фаски и оболочки.

5.1 *Создание простых отверстий*

Инструмент ***Простое отверстие*** служит для создания простых отверстий. В предыдущей главе мы рассматривали вопрос, как можно создавать отверстия на базе эскиза, представляющего собой окружность. Но при использовании инструмента ***Простое отверстие*** необходимость в эскизе отверстия отпадает, поэтому отверстия, созданные с его помощью, ведут себя как размещаемые элементы.

Выбрать инструмент ***Простое отверстие*** можно, как любые ранее рассмотренные команды и инструменты одним из способов:

1. Из **Главного меню**, пройдя путь:
   Вставка → *Элементы* → *Отверстие* → ***Простое отверстие*** (рис.5.1);
2. Из *Диспетчера команд* или *Панели инструментов,* при условии, что иконка данного инструмента установлена в них:

   Элементы → ***Простое отверстие***

Чтобы создать простое отверстие, необходимо сначала выделить плоскость, на которую его требуется поместить. Если вы вызовете инструмент ***Простое отверстие***, не указав перед этим плоскость размещения, то вам будет предложено сделать это в *Менеджере свойств* ***Отверстие***.

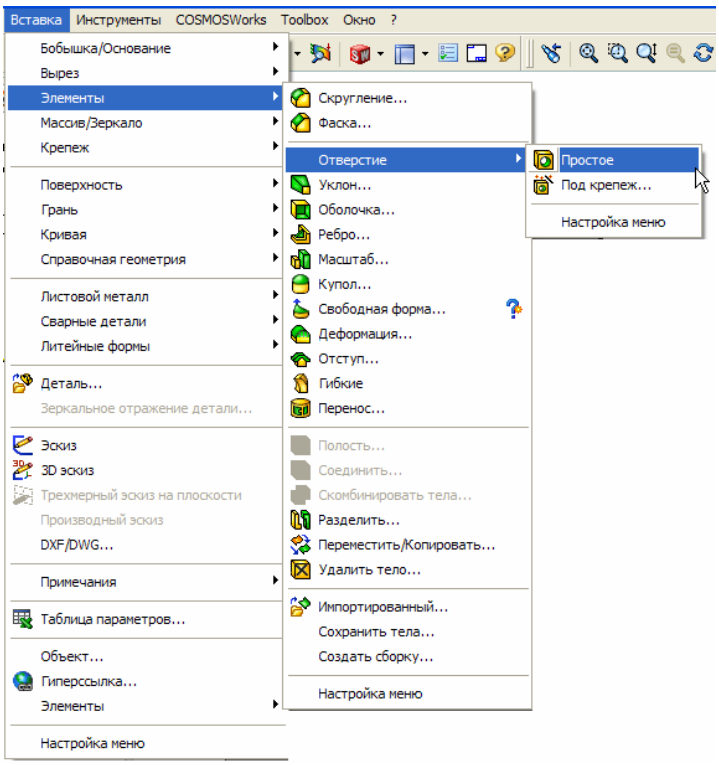


Рис. 5.1 Выбор инструмента ***Простое отверстие*** *из* ***Главного меню****.*

Выделив нужную плоскость, щелкните на кнопке ***Простое отверстие*** , используя для этого один из указанных выше путей выбора инструмента, при этом откроется *Менеджер свойств* ***Отверстие***, показанный на рис.5.2.

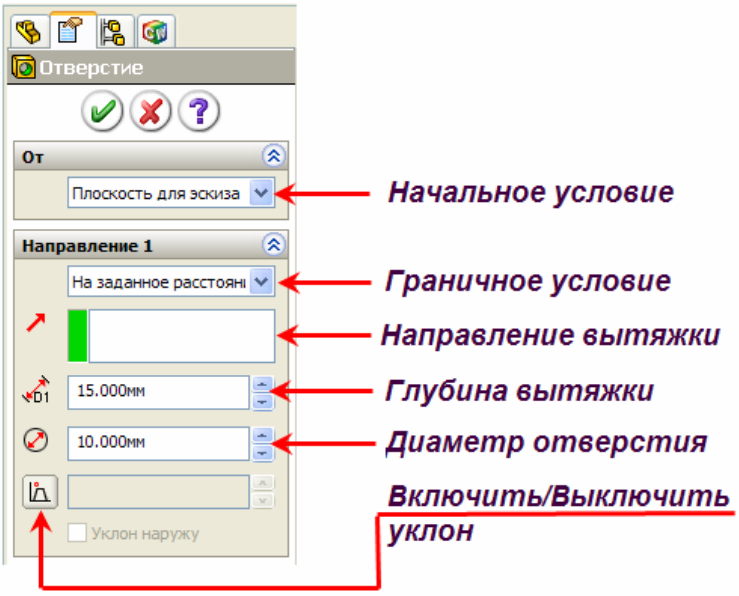


Рис. 5.2 Менеджер свойств ***Отверстие***

Не трудно заметить, что *Менеджер свойств* ***Отверстие*** очень похож на *Менеджер свойств* ***Вырез-Вытянуть***, с той лишь

разницей, что содержит на своей панели дополнительное окно параметра *Диаметр отверстия* (см.рис.5.2), при этом в **Графической области** будет показан предварительный вид отверстия, созданного с параметрами по умолчанию (рис.6.3).

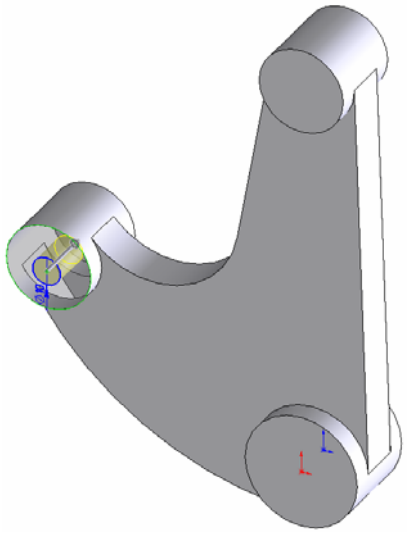


Рис. 5.3 Предварительный вид отверстия с параметрами, назначенными по умолчанию (рис.5.2) при выборе инструмента ***Простое отверстие****.*

Выбрав тип ограничения (назначаем *Насквозь*) в раскрывающемся списке *Граничное условие,* задайте диаметр отверстия (Ø 15 мм) в счетчике *Диаметр отверстия*.

Направление вытягивания, при необходимости, задается в области выделения *Направление вытяжки.*

Отверстию можно также придать и конусообразную форму нажав кнопку *Включить/Выключить уклон* и задав угол уклона в счетчике *Угол уклона*, при этом направление уклона регулируется флажком *Уклон наружу*. Предварительный вид отверстия изменится в соответствии с заданным уклоном.

Задав все необходимые параметры и щелкнув на кнопке **ОК** в *Менеджере свойств* ***Отверстие***, получим результат, как показано на рис.5.4.

Созданное отверстие будет помещено на выделенную плоскость, но необходимо еще задать его местоположение. Для этого, выделив отверстие в *Feature Manager (Дерево конструирования)*, щелкните на нем правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите команду ***Редактировать эскиз***. Откроется эскизная среда, где можно при помощи наложения взаимосвязей и размеров, указать местоположение отверстия на выделенной грани.

Выполняя указанные действия, обратите внимание на *Панель инструментов* ***Элементы***. Все иконки команд данной панели будут

"замылены", т.е. недоступны для выбора, потому что редактируемый эскиз уже имеет определение ***Вытянутый вырез***, созданное инструментом ***Простое отверстие***. Поэтому, для того чтобы внесенные в редактируемый эскиз коррективы вступили в действие, необходимо всего лишь закрыть эскизную среду, выйдя из нее.

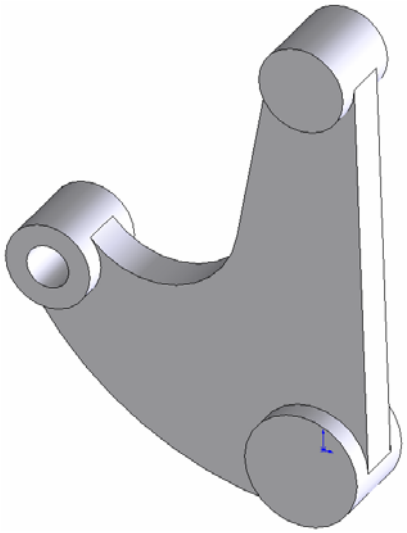


Рис. 5.4 Результат действия инструмента ***Простое отверстие*** *на выбранной грани модели изделия.*

<u>ПРИМЕЧАНИЕ</u>: Прежде чем создавать отверстие, рекомендуется, при помощи *Инструмента эскиза Точка*, нанести на плоскость размещения точку-ориентир, которая будет определять местоположение будущего отверстия. Тогда, уже в процессе создания отверстия, Вы сможете, ухватившись курсором за центр создаваемого отверстия, непосредственно переместить его в нужную позицию, установив автоматическую связь *Совпадение*, как это показано на рис. 5.5.

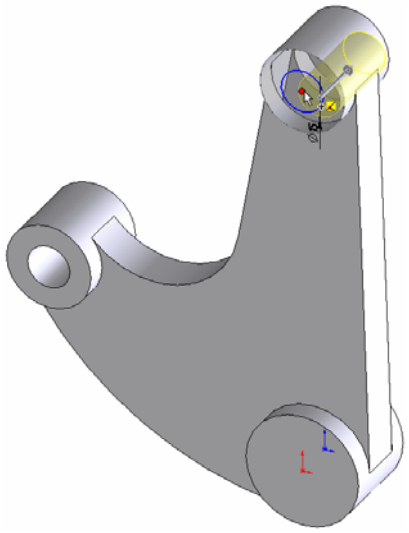


Рис. 5.5 Привязка центра отверстия к точке-ориентиру, предварительно установленной в центре цилиндрической бобышки.

Как видно из представленного описания работы инструмента ***Простое отверстие***, работа с ним не совсем удобна, т.к. требует выполнения лишних процедур, в частности, создания эскиза с объектом ***Точка***, либо последующего, после выполнения операции по созданию элемента ***Простое отверстие***, редактирования эскиза с окружностью созданного отверстия.

СОВЕТ: При создании простых отверстий, т.е. сквозных или глухих отверстий с перпендикулярным к стенкам отверстия дном, оптимально будет использование рассмотренного в Главе 4 инструмента *Вытянутый вырез*, поскольку:

a) При этом местоположение эскиза отверстия определяется еще на стадии его создания.

b) Один эскиз может содержать несколько непересекающихся между собой эскизов будущих отверстий, в то время, как инструментом *Простое отверстие* за один раз можно создать только лишь одно отверстие, что неоправданно увеличит размеры *Дерева конструирования*, а, соответственно, усложнит работу процессора компьютера при работе с таким изделием.

5.2 Создание стандартных отверстий при помощи мастера отверстий

Рассматриваемые в предыдущих разделах методы получения отверстий позволяют получить как сквозное, так и глухое отверстие. Однако на практике редко встречаются глухие отверстия с ровным,

плоским дном, особенно если это отверстия предназначены для установки в них крепежных деталей.

При изготовлении подобного рода отверстий в торце неизбежно остается его конусная – технологическая часть, получающаяся в изделии как след от заточки инструмента – сверла (угол заточки сверла равняется 118°).

Помимо этого на практике нередко встречаются и специальные отверстия, предназначенные для выполнения специфических конструктивных функций в работе проектируемого изделия. Как правило такие специализированные отверстия несут в себе несколько элементов, построение которых по отдельности сильно бы усложнило работу конструктора при выполнении им проектно-конструкторских работ.

Для того, чтобы сократить затраты времени, связанные с проектированием подобного рода конструктивных элементов в *Solid Works* имеется специально созданное приложение, которое представлено отдельным инструментом, называемое ***Отверстие под крепеж*** или как его еще называют – *Мастер отверстий*. Принцип работы *Мастера отверстий* заключается во вставке в тело изделия отверстия с помощью предварительно определенного его поперечного сечения.

Инструмент ***Отверстие под крепеж*** служит для создания основных стандартных отверстий, таких как (рис.5.6):

- Цековка, рис.5.6, ***а)***;
- Зенковка, рис.5.6, ***б)***;
- Отверстии, полученное простым спиральным сверлом, рис.5.6, ***в)***;
- Резьбовых отверстий, рис.5.6, ***г)***;
- Отверстий с трубной резьбой рис.5.6, ***д)***.

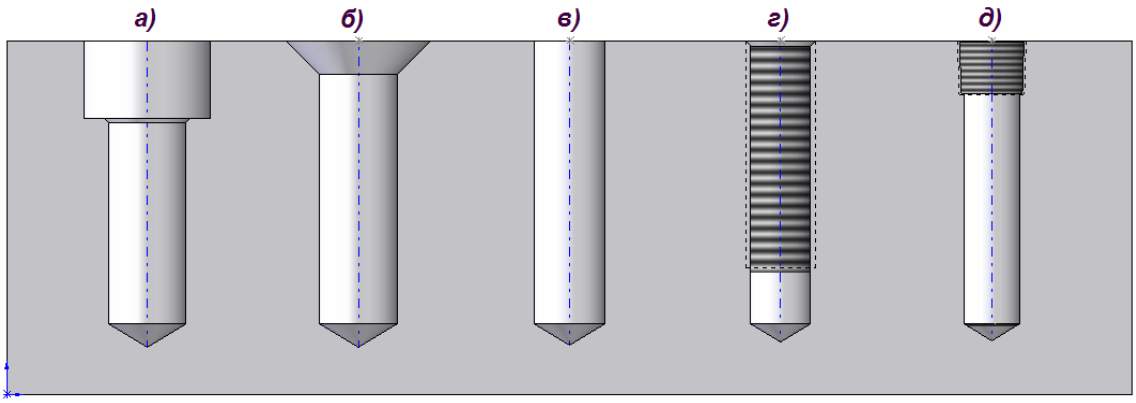


Рис. 5.6 Типы отверстий, получаемые инструментом ***Отверстие под крепеж.***

С помощью инструмента ***Отверстие под крепеж*** можно, на базе выше перечисленных основных типов отверстий, создавать отверстия с произвольными параметрами, описываемые граничными условиями.

Все параметры отверстий, включая параметры ограничения, можно изменять, в том числе уже после создания отверстий.

Задать местоположение отверстия в *Мастере отверстий* можно двумя способами.

Первый способ — указать нужное место заранее. В этом случае, прежде чем вызывать *Мастер отверстий*, необходимо:

1. выделить грань или плоскость, на которой Вы планируете поместить отверстие. Грань может быть плоской или изогнутой.
2. щелкнуть на кнопке ***Отверстие под крепеж*** в *Диспетчере команд* ***Элементы***, либо в **Главном меню**: *Вставка → Элементы → Отверстие → Отверстие под крепеж*
3. в открывшемся *Менеджере свойств* ***Спецификация отверстий*** (рис.5.7) будут отображены параметры настройки вставляемого отверстия, определяющие его ***Тип*** и ***Расположение***, помещенные в соответствующие закладки – разделы.

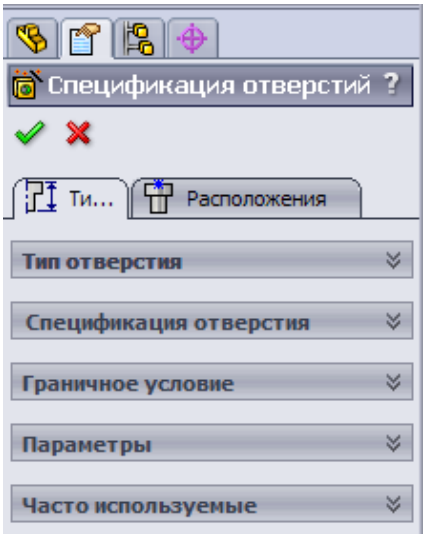


Рис. 5.7 Менеджер свойств Спецификация отверстий

4. Выбрать и описать тип создаваемого отверстия (подробно работу с этой закладкой см. далее в разделе 5.2.1. - Менеджер свойств Спецификация отверстий).
5. Перейти в закладку ***Расположение*** и при помощи команд наложения геометрических взаимосвязей и линейных

размеров определить местоположение создаваемого отверстия или группы отверстий данного типа (подробнее см. в разделе 5.2.2. – Определение местоположения оси отверстия под крепеж).

5.2.1. Менеджер свойств Спецификация отверстий

Рассмотрим более подробно элементы управления *Менеджера свойств* ***Спецификация отверстий***, состоящего из блоков (см.рис.5.7):

- ☑ ***Тип отверстия;***
- ☑ ***Спецификация отверстия***;
- ☑ ***Граничное условие***;
- ☑ ***Параметры***;
- ☑ ***Часто используемые***

5.2.1.1. Тип отверстия

В блоке ***Тип отверстия*** (рис.5.8) выбирается тип вставляемого отверстия и его общие характеристики, специфические для данного отверстия, при этом рассматриваемая панель содержит такие списки параметров настройки, как:

- *Стандарт* – задает промышленный стандарт определения размеров и типов отверстий. Для выбора нужного стандарта служит раскрывающийся список. В представленном на рис.5.8 примере выбран стандарт ANSI (метрические), но, кроме того, можно выбрать и другие стандарты, например ANSI Inch, ГОСТ (при условии, что Вами приобретен, по отдельному контракту, *ToolBox*), BSI, DIN, ISO, JIS, DME Mould Bases, Hasco Metric Mould Bases, PCS Mould Bases, Progressive Mould Bases и Superior Mould Bases.

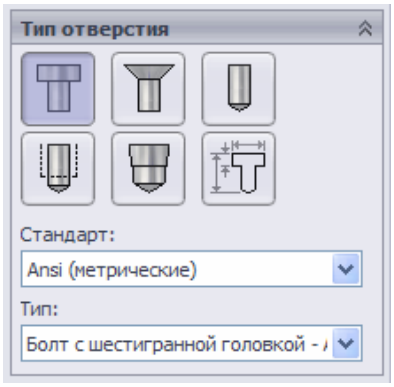


Рис. 5.8 Блок Тип отверстия.

- *Тип* – задает тип крепежного элемента, который будет вставляться в отверстие. От того, какой тип винта будет выбран в раскрывающемся списке, будут зависеть и параметры стандартных отверстий, создаваемых при помощи мастера отверстий. Поэтому указание крепежного элемента при создании отверстия является полезной практикой и уникальной особенностью *Solid Works*. То, какие типы винтов будут содержаться в этом раскрывающемся списке, зависит от стандарта, выбранного в списке *Стандарт*.

5.2.1.2. Спецификация отверстия

Блок ***Спецификация отверстия*** (рис.4.9) позволяет описать размеры создаваемого мастером отверстий элементов для конкретного типа выбранного в предыдущем блоке винта. Блок содержит два основных списка:

- *Размер*, при помощи которого выбирается размер винта, под который строится это отверстие. В раскрывающемся списке находятся те типоразмеры винтов, которые предусмотрены для данного *Типа*, описываемого выбранным *Стандартом*.
- *Разместить*[1] – отвечает за параметры создаваемого отверстия в зависимости от посадки крепежного элемента в нем. Назначаемые параметры посадки могут принимать значения:
  - *Закрыть* – посадка с натягом;
  - *Нормальная* – свободная посадка;
  - *Крупный* – посадка с гарантированным зазором.
- Флажок *Отобразить настраиваемые размеры* (по умолчанию не активизирован). Активизировав данный параметр (рис.4.9), можно вручную изменять стандартные значения по своему усмотрению и требованиям, предъявляемым к встраиваемому элементу конструкции.

[1] Данный параметр активизируется только для таких отверстий, как **Цековка** и **Зенковка**.

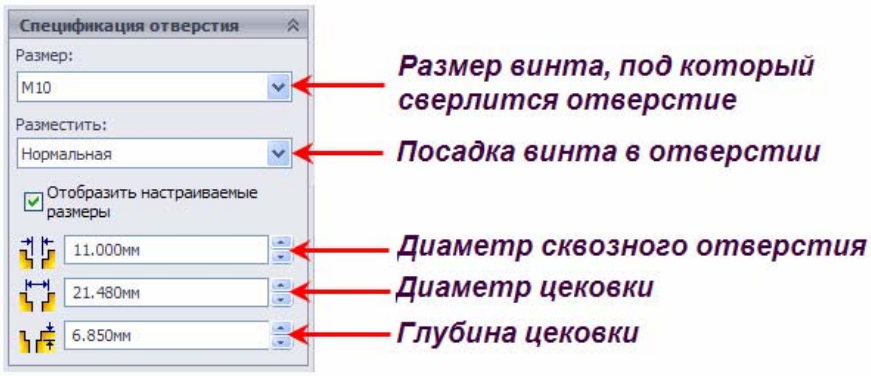


Рис. 5.9 Блок *Стандарт отверстия*

5.2.1.3. Граничные условия

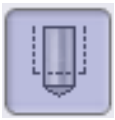
Блок ***Граничные условия***, аналогично подобному в инструментах ***Вытянуть...***, определяет глубину сверления отверстия под крепеж. При этом может быть назначено одно из следующих условий, определяющих этот параметр:

- *На заданное расстояние* - вытягивает элемент от плоскости эскиза на заданное расстояние.
- *Через все* - вытягивает элемент от плоскости эскиза через всю существующую геометрию.
- *До следующего* - вытягивает элемент от плоскости эскиза до следующей поверхности заслоняющей весь профиль. (Следующая поверхность должна быть в этой же детали.)
- *До вершины* - вытягивает элемент от плоскости эскиза до плоскости, расположенной параллельно плоскости эскиза и проходящей через заданную (выбранную) вершину.
- *До поверхности* - вытягивает элемент от плоскости эскиза до выбранной поверхности.
- *На расстоянии от поверхности* - вытягивает элемент от плоскости эскиза на заданное расстояние от выбранной поверхности.

5.2.1.4. Параметры

Блок ***Параметры*** описывает специфические для каждого *Типа* отверстия параметры. Для назначения этих параметров необходимо внимательно смотреть на изображения, поясняющие их суть и описания в *Менеджере Свойств* инструмента ***Отверстие под крепеж*** .

Например, при создании глухого отверстия под резьбу в блоке ***Параметры*** *Solid Works* предлагает выбрать один из вариантов отображения будущего отверстия:

Параметр			
	Диаметр сверла под резьбу	Условный вид резьбы	Удалить резьбу
Отображение отверстия в изделии			
Действия инструмента	Вырезает отверстие диаметра сверла под резьбу	Вырезает отверстие диаметра сверла под резьбу с отображением условного изображения резьбы на видах.	Вырезает отверстие диаметра резьбы.

5.2.1.5. Часто используемые

Блок ***Часто используемые*** позволяет создавать, запоминать и использовать в проектируемых изделиях списка часто используемых отверстий под крепеж, которые можно, создав единожды, использовать повторно. Кнопки параметров выбора часто используемых отверстий определяют следующие функции блока:

- **Использовать параметры по умолчанию/ Нет часто используемых** . Восстанавливает значение параметра **Часто используемые не выбраны** и параметров по умолчанию.
- **Добавить или обновить часто используемый объект** . Добавление выбранного отверстия под крепеж в список **Часто используемые**.
  - Чтобы добавить часто используемый элемент, нажмите , введите имя и нажмите **OK**.
  - Чтобы обновить часто используемый элемент, отредактируйте его свойства на вкладке **Тип**, выберите отверстие в списке **Часто используемые**, затем нажмите и введите новое или существующее имя.
- **Удалить часто используемый** . Удаление выбранного часто используемого элемента.

- **Сохранить часто используемый** . Сохранение выбранного часто используемого элемента. Выберите этот параметр, затем перейдите в папку – библиотеку наиболее часто используемых отверстий, где этот элемент будет храниться. Можно редактировать имя файла.
- **Загрузить часто используемый** . Загрузка часто используемого элемента. Выберите этот параметр, перейдите в папку - библиотеку наиболее часто используемых отверстий, затем выберите часто используемый элемент и загрузите его в модель проектируемого изделия.

5.2.2. Определение местоположения оси отверстия под крепеж

Определившись с *Типом* вставляемого в изделие отверстия можно переходить к вопросу его ориентации на выбранной для построения плоскости (грани). Для этого необходимо перейти в следующую, расположенную рядом с закладкой *Тип*, закладку *Расположение* (см.рис.5.7).

Solid Works автоматически входит в состояние *Эскиз*, при этом без участия пользователя, также автоматически, выбирается инструмент эскиза *Точечный рисунок,* а курсор принимает следующий вид: .

Такое поведение *Solid Works* вполне объяснимо. Дело в том, что поставленная в указанном месте точка воспринимается системой, как место расположения оси будущего отверстия, т.к. ось, при перпендикулярном взгляде на нее, преобразуется в точку.

Обратите внимание на то обстоятельство, что в предварительном просмотре будущего отверстия, создаваемого при помощи *Мастера отверстий*, первое отверстие располагается именно в том месте, где Вы, выбирая грань изделия, перед входом в инструмент ***Отверстие под крепеж***, щелкнули курсором (рис.5.10), и на том месте остался светло-зеленый след в виде точки.

Именно этот след-точку *Solid Works* и воспринял, как точку для расположения отверстия, создаваемого выбранным для этого инструментом.

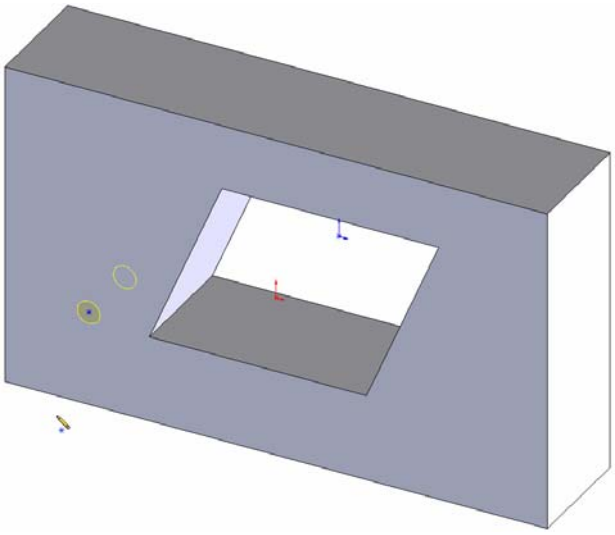


Рис. 5.10 Предварительный просмотр нового отверстия при переходе в режим Расположение.

Конечно, назначенное произвольно местоположение оси отверстия Вас ни в коем случае не устраивает, и для исправления этого положения необходимо воспользоваться ранее изученным материалом по описанию объектов эскиза, т.е. необходимо при помощи наложения взаимосвязей и линейных размеров сориентировать ось-точку в нужном месте.

Но прежде, чем приступать к этой операции подумайте, достаточно ли Вам одного такого отверстия на выбранной грани или необходимо создать группу отверстий данного типа?

Если ответ положительный, то Вы, не обращая ни на что внимание, переходите в режим *Авто-размер* и увязываете положение точки-центра с геометрией проектируемого изделия (рис.5.11).

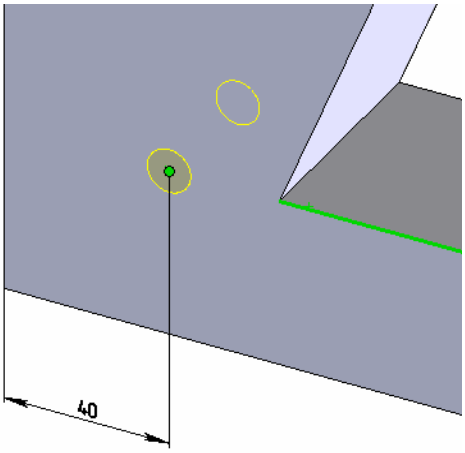
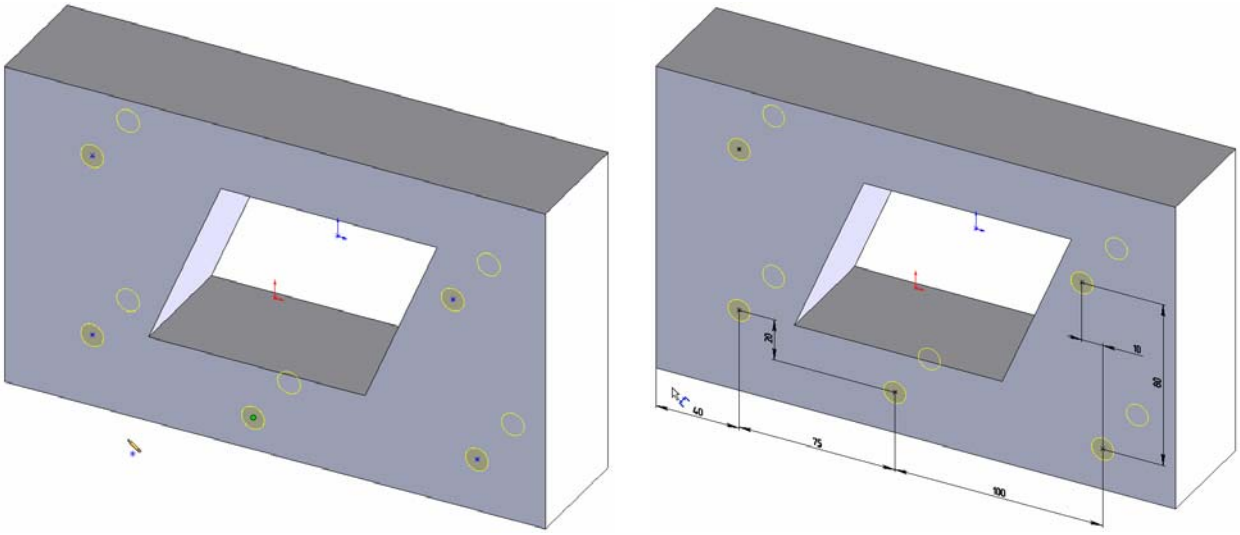


Рис. 5.11 Ориентация оси отверстия на грани при помощи добавления линейного размера (40 мм от левой кромки грани) и наложения условия взаимосвязи Совпадение между кромкой выреза и центром отверстия.

Если же возникает необходимость создать на выбранной грани несколько одинаковых отверстий с параметрами, описанными на предыдущем шаге, то достаточно щелкнуть нужное количество раз примерно в тех местах грани, где должны располагаться эти дополнительные отверстия (рис.5.12, ***а***), а уж затем войти в режим нанесения размеров, для описания их взаимного расположения относительно друг друга и кромок грани изделия (рис.5.12, ***б***).



а) ***б)***

Рис. 5.12 Создание группы произвольно расположенных на грани изделия отверстий при помощи Мастера отверстий.

В том случае, когда возникает необходимость расположить на грани группу отверстий, подчиняющуюся каким-либо правилам расположения (*Линейный* или *Круговой массив*), то, определив местоположение первого элемента массива – центр первого отверстия – необходимо выбрать соответствующий инструмент и построить массив объектов по заданным параметрам. При этом в качестве копируемого объекта будет выступать точка центра первого элемента – отверстия под крепеж.

ПРИМЕЧАНИЕ **Отверстие, созданное с помощью мастера отверстий, состоит из двух эскизов. Первый из них — это эскиз точки размещения, а второй — эскиз профиля отверстия. Если вы выделите плоскость размещения перед тем, как вызывать диалоговое окно *Спецификация отверстий*, результирующий эскиз будет двумерным (см.рис.5.10, 5.13 а). Если вместо того чтобы заранее выделять плоскость, Вы укажете точку размещения после вызова диалогового окна *Спецификация отверстий*, результирующий эскиз будет трехмерным. Более подробно о трехмерных эскизах вы узнаете из последующих глав.**

5.3 Упражнения на создание отверстий под крепеж.

5.3.1. Упражнение 1. Создание отверстий в корпусных изделиях на плоской грани.

В этом упражнении мы рассмотрим пример создания глухих резьбовых отверстий на плоской грани корпусной детали, показанной на рис.5.13, при помощи *Мастера отверстий*. Размеры модели приведены на рис.5.14.

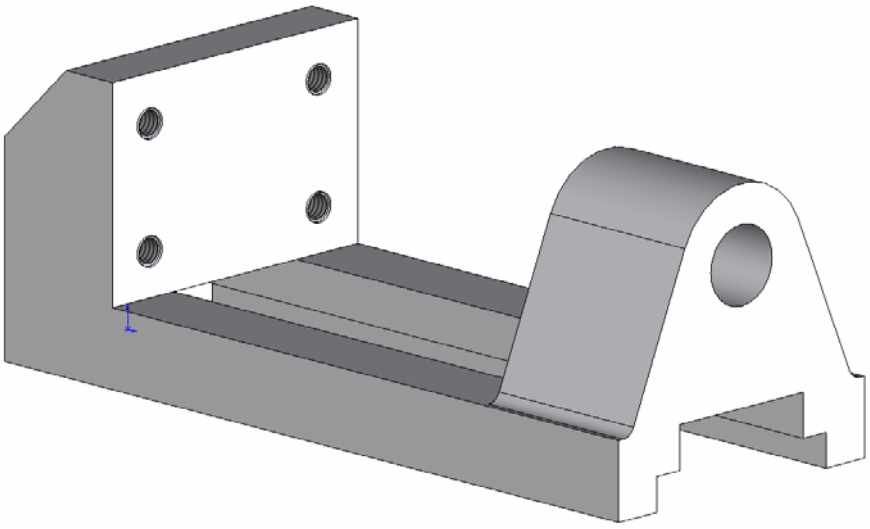


Рис. 5.13 Модель корпусной детали.

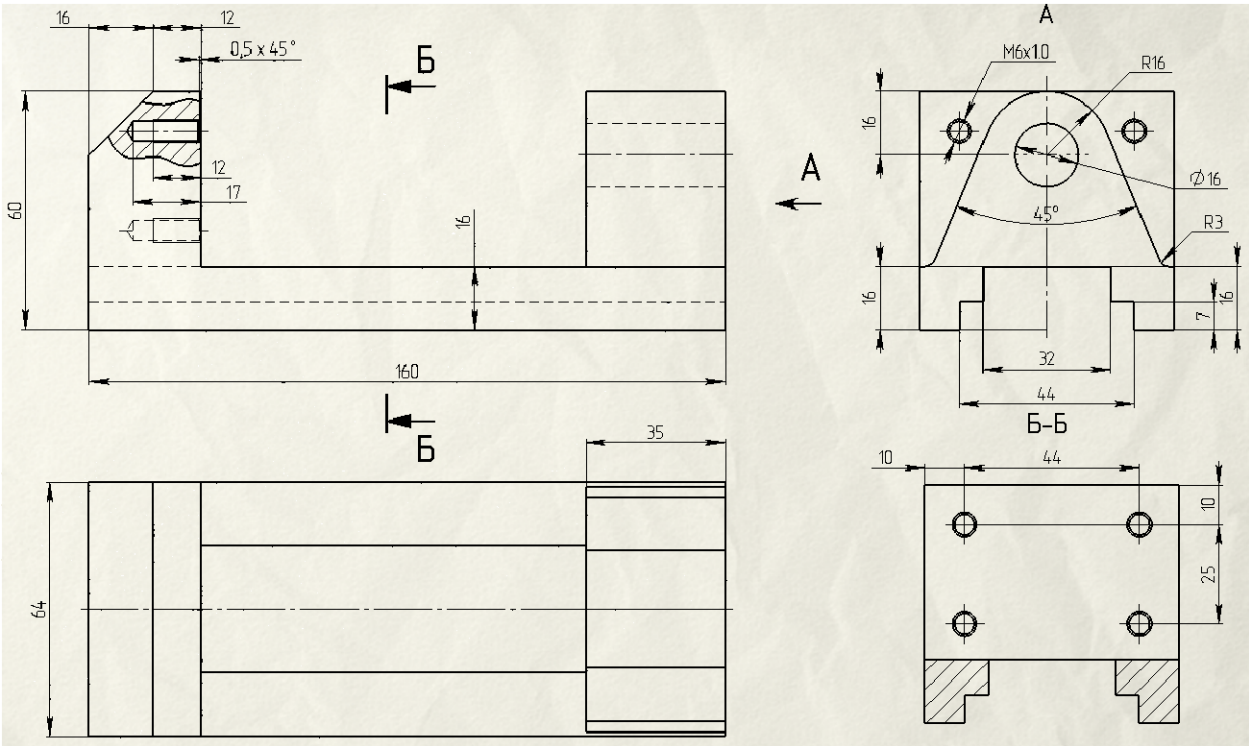


Рис. 5.14 Виды и размеры корпусной детали к упражнению 1

Поскольку целью данного упражнения сводится только лишь к рассмотрению вопроса создания отверстий под крепеж, то прежде, чем переходить к рассмотрению этого вопроса создайте базовый элемент данной корпусной детали по эскизу, приведенному на рис. 5.14, используя опыт и знания, полученные при рассмотрении данного вопроса в предыдущей главе.

В результате ваших построений должна быть построена деталь, представленная на рис. 4.15.

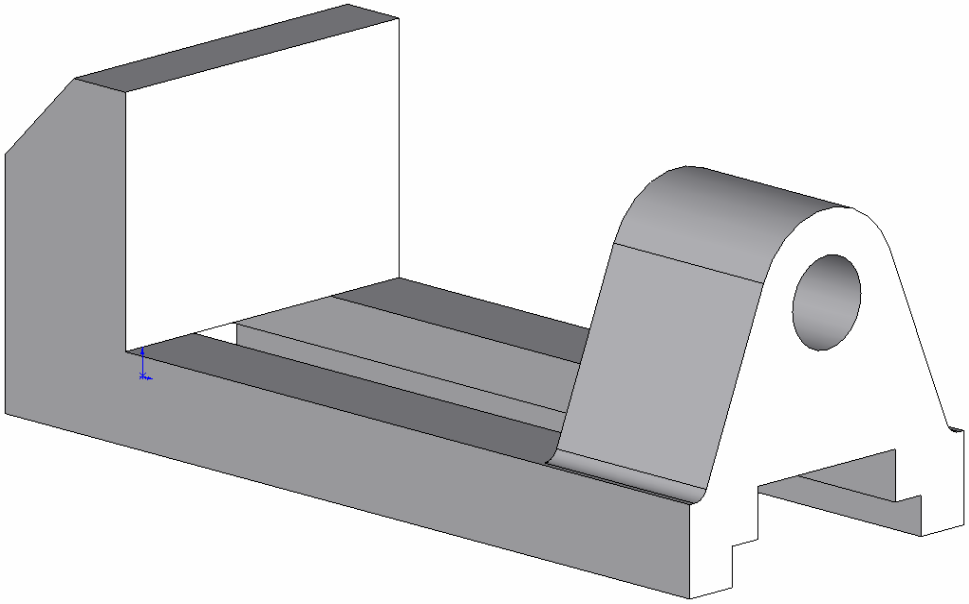


Рис. 5.15 Базовый элемент детали перед расстановкой отверстий под крепеж на торцевой поверхности упора.

5.3.1.1. Создание отверстий под крепеж.

Для того, чтобы на грани упора появились отверстия требуемой конфигурации нам необходимо выполнить следующие действия:

1. Выберем грань, на которой необходимо расположить отверстия под крепеж. Для этого пометим ее щелчком левой клавиши мыши в произвольной точке (рис.5.16).

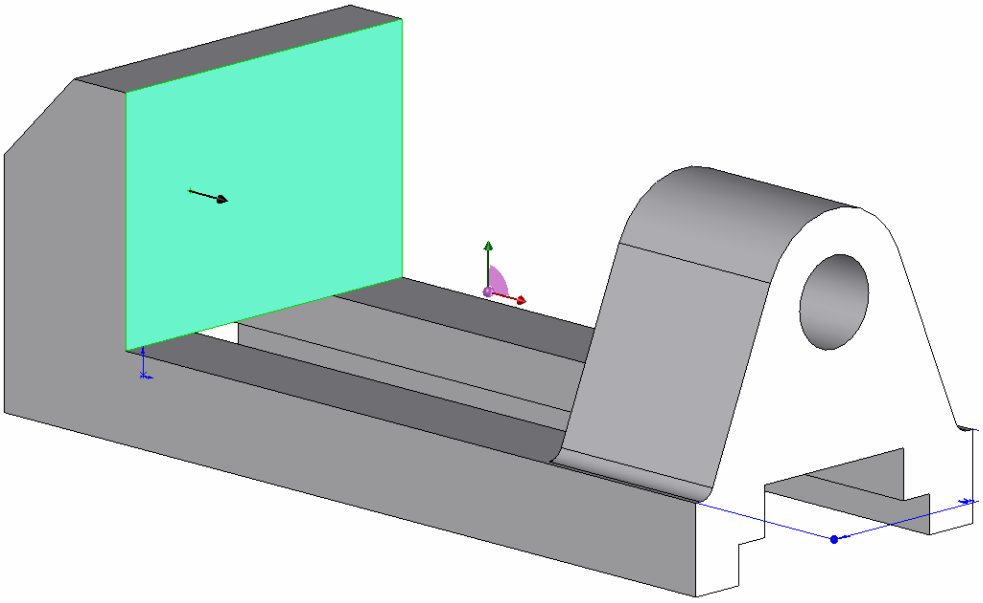


Рис. 5.16 Выбор грани, на которой будет создаваться группа отверстий под крепеж (стрелка выходит из точки, где был сделан щелчок курсора на выбранной грани).

2. Активируем на панели инструментов ***Элементы*** команду ***Отверстие под крепеж*** .
3. Назначим, согласно задания представленного на рис.5.14, параметры глухого отверстия с резьбой в блоках настройки *Тип*, выбрав предварительно *Отверстие под метчик* размером *М6х1.0* и установив глубину сверления отверстия 17 мм с глубиной нарезки резьбы в нем 12 мм.
4. Перейдем в закладку *Расположение* и активизировав инструмент *Авто-размер* выполним привязку центра будущего отверстия к кромкам грани, как это показано на рис. 5.17.
5. Согласно задания (см.рис.5.14) таких отверстий, с параметрами, указанными в п.3, на выбранной грани должно быть 4, при этом располагаются они в виде линейного массива в два столбца и две строки. Взаимное расположение центров отверстий показано на разрезе ***Б-Б*** рис.5.14. Поэтому, для создания линейного массива отверстий под крепеж воспользуемся возможностью *Solid Works* строить линейные массивы объектов эскиза.

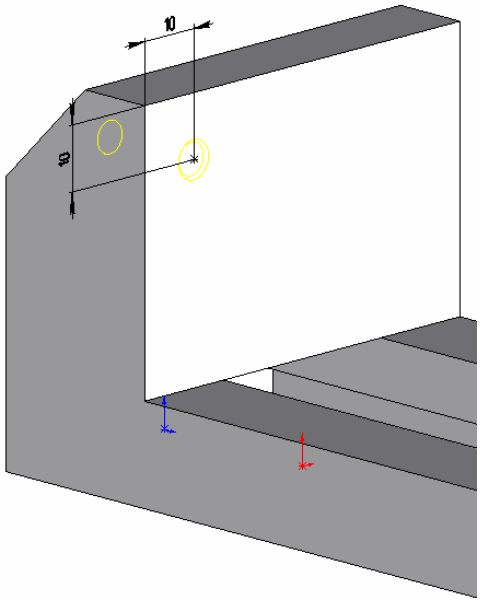


Рис. 5.17 Привязка линейными размерами центра будущего отверстия к кромкам грани.

6. На панели инструментов эскиза выберем команду *Линейный массив эскиза* , предварительно активизировав уже сориентированный на поверхности грани точку – центр будущего отверстия под крепеж.
7. Введем значения параметров координат месторасположения точек массива и их количество по двум взаимно перпендикулярным осям (рис. 5.18).

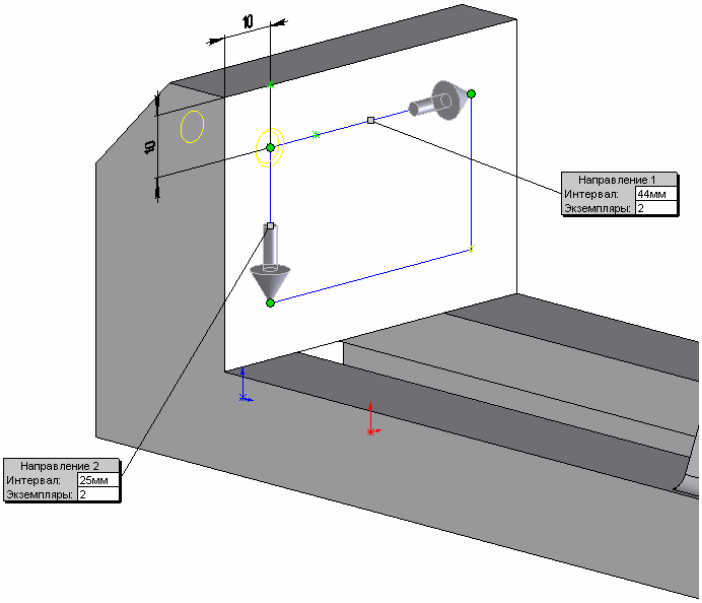


Рис. 5.18 Назначение параметров линейного массива для центров отверстий.

8. Установим для каждого направления флажки *Добавить размер*, а для ***Направления 2*** еще и флажок *добавить размер угла между осями*.
9. Щелчком на клавише **ОК** выйдем из команды *Линейный массив эскиза*.
10. Выйдем из инструмента ***Отверстие под крепеж***, щелкнув еще раз на клавишу **ОК** теперь уже этого инструмента.
11. Результатом этих действий станет деталь, показанная в начале упражнения на рис. 5.13, а на рис. 5.19 представлено сечение этого же изделия, проходящее по осям только что созданных нами отверстий.

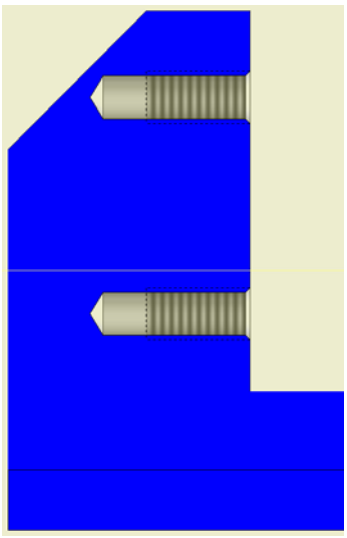


Рис. 5.19 Сечение по отверстиям под крепеж.

СОВЕТ **В современной практике принято избегать моделирования реальной резьбы, поскольку это усложняет геометрию, и когда вы генерируете виды такой модели, разобраться в них оказывается нелегко. Рекомендуется вместо этого использовать условное изображение резьбы (см.рис.5.19): в этом случае вы получите обозначение резьбы на чертежных видах, не прибегая к моделированию реальной резьбы.**

Когда резьбовое отверстие снабжается условным изображением резьбы, это изображение показывается вместе с эскизами точки размещения и профиля отверстия (рис.5.20). Чтобы отредактировать условное изображение резьбы, выделите его в дереве конструирования *Feature Manager*, щелкните на нем правой кнопкой мыши и в появившемся контекстном меню выберите команду *Редактировать определение*. Появится диалоговое окно *Условное*

изображение резьбы. Это диалоговое окно и условное изображение резьбы обсуждаются в дальнейших главах.

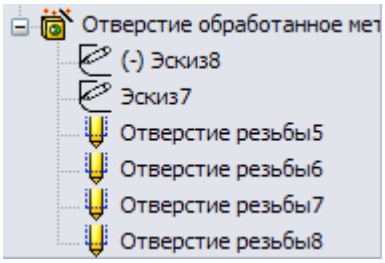


Рис. 5.20 Дерево создания Отверстия обработанного метчиком

Если отверстие снабжено условным изображением резьбы, на чертежных видах можно будет видеть обозначение резьбы. Чтобы увидеть обозначение резьбы сверху, выберите вид *Сверху*. Чтобы увидеть обозначение резьбы *Спереди*, *Сзади* или с боков, выберите соответствующий вид.

5.3.2. Упражнение 2. Создание отверстий под крепеж на цилиндрических и криволинейных поверхностях.

В этом упражнении мы рассмотрим вопросы создания глухих стандартных отверстий при помощи *Мастера отверстий* на неплоских поверхностях. В качестве наиболее распространенного и часто встречающегося на практике примера рассмотрим создание отверстий на цилиндрической поверхности. Размеры модели приведены на рис.5.21.

Представленный на рис.5.21 Вал создадим, используя для этого знания, полученные при рассмотрении инструмента ***Повернутая бобышка/ Основание***, изученного в предыдущей главе. В главе 4 также подробно был рассмотрен и вопрос создания такого элемента изделия, как шпоночный паз, поэтому, в целях экономии времени, не станем останавливаться и на этом вопросе.

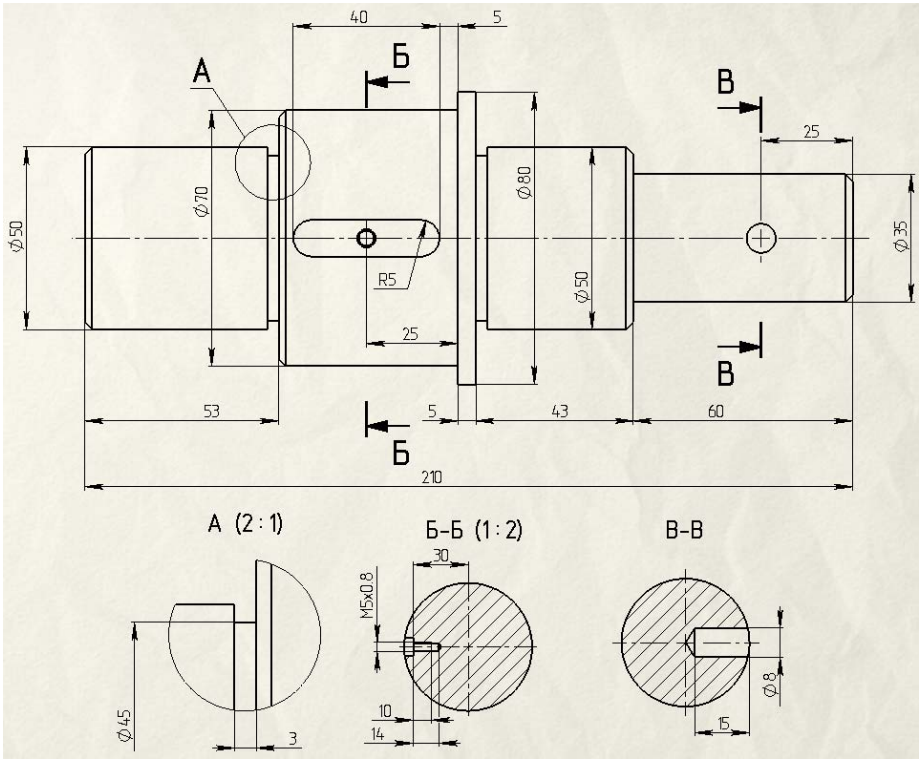


Рис. 5.21 Чертеж вала с отверстиями.

Итак, основываясь на уже пройденном материале, построим исходную модель-заготовку Вала, представленную на рис.5.22.

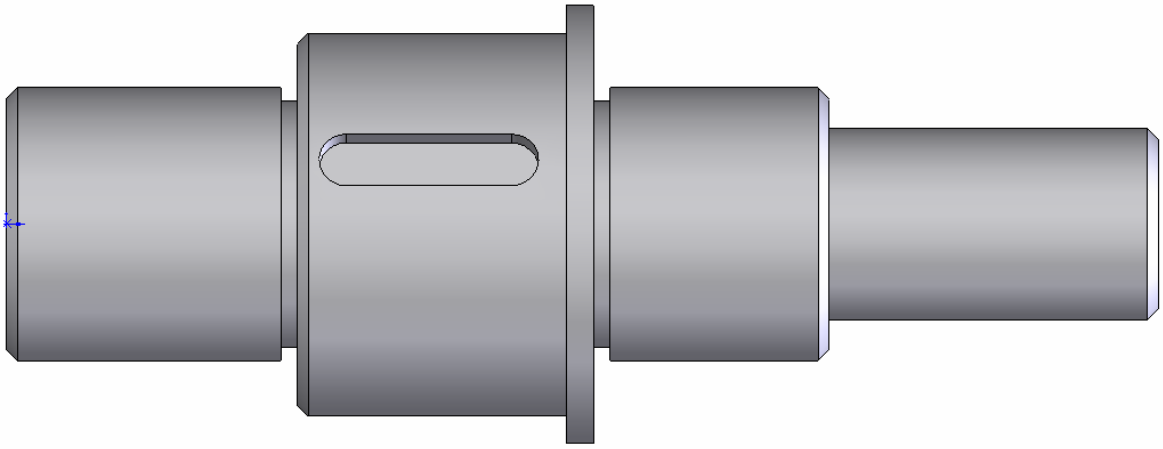


Рис. 5.22 Заготовка детали Вал перед операцией создания в ней глухих отверстий при помощи Мастера отверстий.

Нам не составит труда создать отверстие М8 – 14 х 10, представленное на разрезе Б-Б, поскольку выполнено оно на плоской грани шпоночного паза, а потому, следуя правилам, описанным в п.1-4 и 10 Упражнения 1 мы легко справимся с поставленной задачей.

Несколько сложнее обстоят дела с другим отверстием Ø8 мм, расположенным на шейке вала Ø35 мм. Можно, следуя описанным выше правилам, выбрать в качестве грани для создания центра будущего отверстия цилиндрическую грань шейки вала. Однако в

последующем, а именно при определении местоположения этого центра в пространстве, мы столкнемся с рядом проблемных вопросов, т.к. точка центра будет описываться трехмерным эскизом с которым, во-первых, мы еще не знакомы, а, во-вторых, это только усложнит нам жизнь описывая ее местоположение.

Поэтому, на этапе создания отверстий на неплоских поверхностях мы познакомимся с Вами с таким понятием, как *Справочная геометрия*, а именно:

5.3.2.1. Создание Вспомогательной плоскости, параллельной базовой поверхности.

Рассмотрению вопроса создания *Справочной геометрии* мы уделим особое внимание несколько позже, но сейчас рассмотрим лишь малую его часть, а именно ту, что указана в названии этого раздела.

Как было сказано ранее, неплоская поверхность, для указания центра будущего отверстия нам не подходит. Но у нас, при любом раскладе, имеются минимум три *Стандартные плоскости*, которые проходят через *Исходную точку* и которые могут использоваться нами, как базовые плоскости.

Выберем в *Feature Manager (Дереве Конструирования)* одну из *Стандартных плоскостей*, располагающуюся таким образом, что ось будущего отверстия будет перпендикулярна ей. В нашем примере таковой плоскостью будет *плоскость Сверху* (рис.5.23).

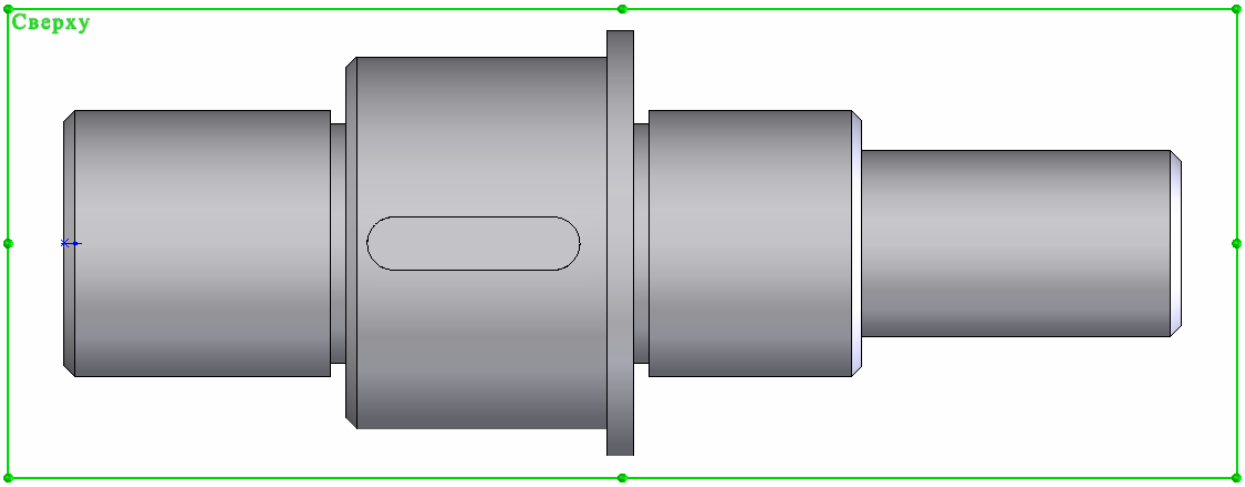


Рис. 5.23 Выбор Базовой плоскости для создания Вспомогательной.

1. Активизируем *плоскость Сверху*, выбрав ее в *Feature Manager (*Дереве *Конструирования)*, при этом в **Графической области** выбранная таким образом плоскость

подсветится зеленым цветом, что поможет на убедиться в правильности сделанного нами выбора (см.рис.5.23).

2. В **Главном Меню** выберем *Вставка → Справочная геометрия → Плоскость* или выберем эту же команду из панели инструментов *Элементы*.
3. В открывшемся диалоговом окне команды ***Плоскость*** в текстовом окне *Справочные объекты* будет прописана выбранная нами в качестве базовой плоскость *Сверху*.
4. Для решения стоящей перед нами задачи необходимо создать дополнительную (справочную) плоскость, которая бы была касательной к нужной нам для работы шейке Вала, т.е. нам нужно создать плоскость, параллельную плоскости *Сверху*, но отстоящую от нее на расстоянии радиуса этой шейки[2].
5. По-умолчанию, когда в текстовом окне *Справочные объекты* выбрана единственная плоскость, *Solid Works* предлагает создать дополнительную плоскость, параллельную выбранной, т.е. именно то, что нам и нужно. Нам остается только лишь ввести требуемое значение для смещения – 17,5 мм[3].
6. Нажмите клавишу **ОК.** Результат, получившийся от описанных выше действий, представлен на рис.5.24.

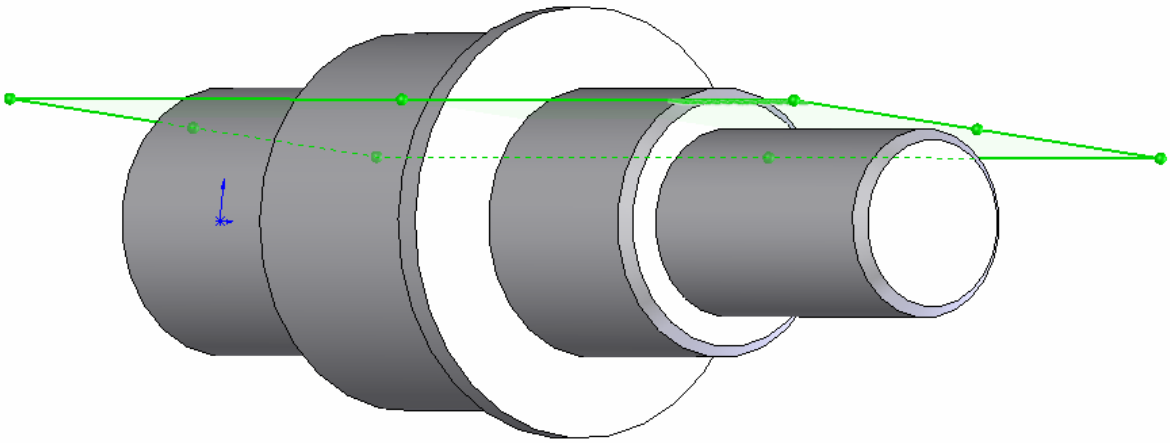


Рис. 5.24 Созданная плоскость параллельно выбранной для построения плоскости Сверху и отстоит от нее на расстоянии 17,5 мм, являясь касательной плоскостью к шейке Вала Ø35 мм.

[2] При условии, что ось Вала проходит через *Исходную точку* системы координат эскиза.

[3] Можно, используя возможности *Solid Works*, а именно встроенный калькулятор, ввести в текстовом окне размера формулу: 35/2 и, нажав клавишу **Enter**, получить результат расчета – 17,5 мм.

7. Активизируйте только что созданную *Справочную плоскость* и, следуя порядку, описанному в п.1-4 и 10 *Упражнения 1*, создайте глухое отверстие Ø8 мм полученное сверлением его на глубину 15 мм от точки касания его с цилиндрической гранью шейки Вала.

СОВЕТ: При выборе *Справочной плоскости* "хватайтесь" за любую из ее границ, в противном случае плоскость не будет выбрана как плоскость для построения на ней центра отверстия под крепеж.

5.4 Создание скруглений

Скругление кромок – необходимый и неотъемлемый элемент любой детали, проектируемой для запуска ее в производство. Без этого элемента невозможно представить себе ни одной литой или штампованной детали. В *Solid Works* скругления можно добавлять на модель как самостоятельные элементы, используя при этом инструмент – ***Скругление***.

Как Вы уже знаете, скругления также можно создавать на эскизах. Но с точки зрения конструирования создание скруглений на эскизах не является удачной практикой. Дело в том, что эскиз должен быть как можно более простым. С помощью инструмента ***Скругление*** Вы можете скруглить внутреннюю или внешнюю грань или кромку модели, что невозможно выполнить используя только лишь возможности, предоставляемые инструментами эскиза.

Используя дополнительные режимы скругления можно создавать более сложные скругления, о чем мы будем говорить в этом разделе.

Создавая скругление можно выбирать любой доступный вариант при назначении границ скругления, т.е можно заранее выделить грань, кромку или элемент, к которому будет применено скругление, а можно сделать это уже после вызова инструмента.

Менеджер свойств ***Скругление***, можно выбрать в менеджере команд *Элементы,* щелкнув на соответствующей кнопке ***Скругление***. Эту же команду можно активизировать из **Главного Меню**, пройдя путь:

Вставка → Элементы → ***Скругление***

В любом случае откроется менеджер свойств ***Скругление***, изображенный на рис.5.25.

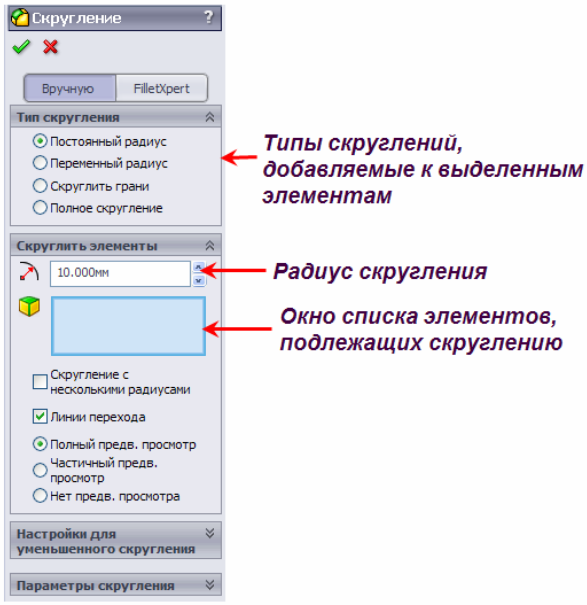


Рис. 5.25 Менеджер свойств инструмента ***Скругление***

Если объекты, которые требуется скруглить, уже выделены, то они автоматически будут прописаны в окне списка элементов, выбранных для выполнения данной операции, при этом, если по умолчанию выбран переключатель *Полный предварительный просмотр*, то в **Графической области** будет показан предварительный вид скругления (рис.5.26).

Если элементы модели, требующие скругления, изначально перед входом в команду не выбирались, то окно списка элементов будет пустым, как на рис.5.25, и Вам будет предложено выделить те кромки, грани, элементы или контуры, которые требуется скруглить.

Если Вы уже имеете модель для ознакомления с инструментом ***Скругление***, то выделите нужные объекты, используя курсор в виде указателя-стрелки. Вы увидите (рис.5.26), что помимо предварительного вида скругления в **Графической области** показывается выноска со значением назначенного для данной кромки радиуса.

Инструмент ***Скругление*** позволяет создавать следующие типы скруглений:

- скругление постоянным радиусом;
- скругление переменным радиусом;
- скругление грани;
- полное скругление.

Рассмотрим каждый из этих типов в отдельности.

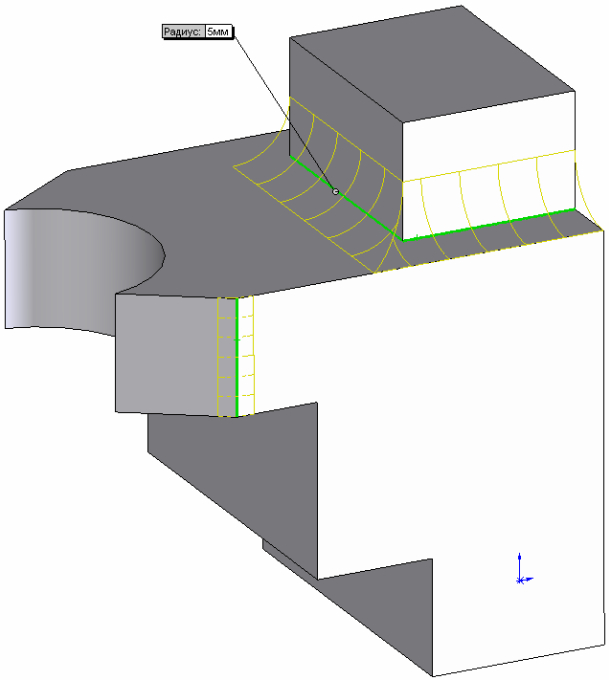


Рис. 5.26 Предварительный просмотр операции по скруглению кромок.

5.4.1. Скругление постоянным радиусом

При выборе типа скругления Постоянный радиус (см.рис.5.25) создается скругление, радиус которого остается неизменным вдоль всего объекта (кромки, грани и т.п.), к которому оно применяется. Этот тип скругления выбран в раздвижной панели ***Тип скругления*** по умолчанию.

Радиус скругления задается в счетчике *Скругление* раздвижной панели *Скруглить элементы* или может меняться прямо в окне выноски (см. рис.5.26). Чтобы ввести радиус скругления в выноске, сделайте на ней одинарный щелчок. Область, где отображается значение радиуса, превратится в поле ввода. Введите новое значение радиуса и нажмите **Enter** на клавиатуре.

Предварительный вид скругления в графической области будет меняться синхронно с изменением радиуса. Имена выбранных для выполнения операции объектов отображаются в области выделения – списке, показанном на рис.5.26, при этом в указанном окне могут отображаться такие имена, как *Кромка, Грань, Элемент* или *Петля*.

Различные варианты выбора объектов и результаты скругления показаны на рис.5.27-5.29.

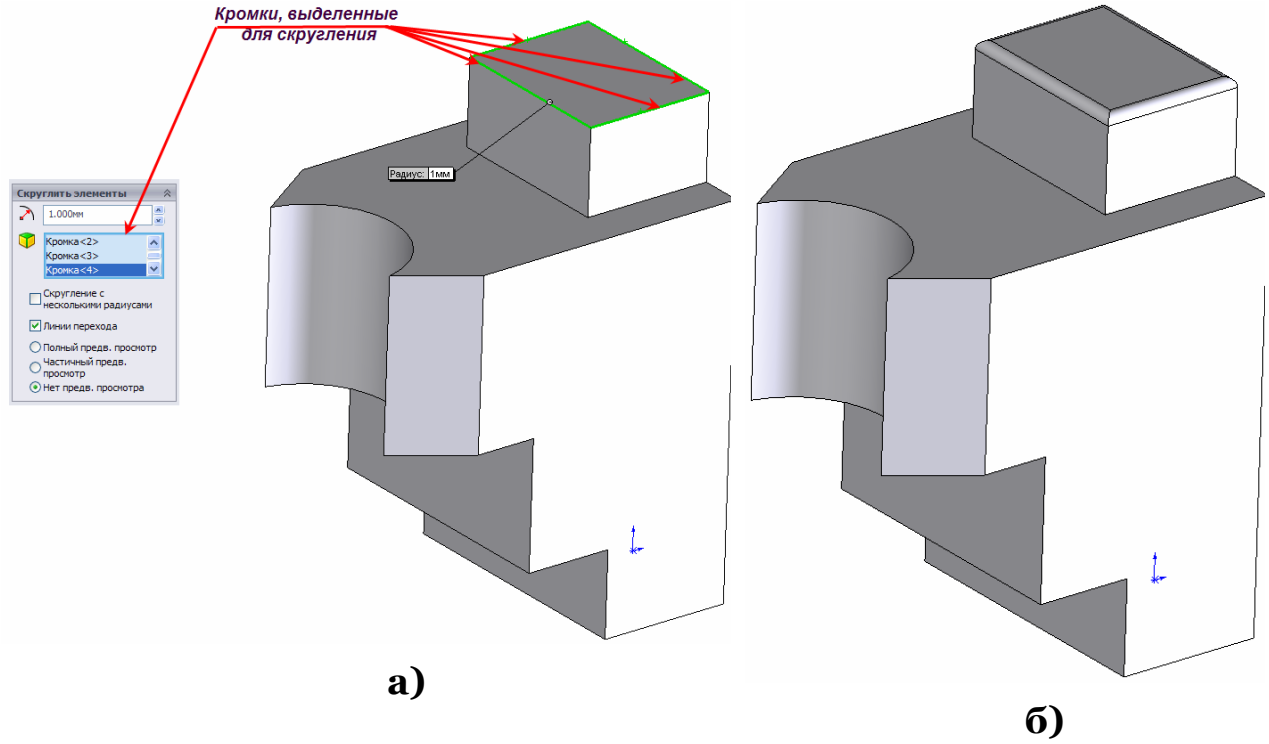


*Рис. 5.27 Ребра, выбранные для скругления (**а**) и результат выполнения операции скругления для них (**б**).*

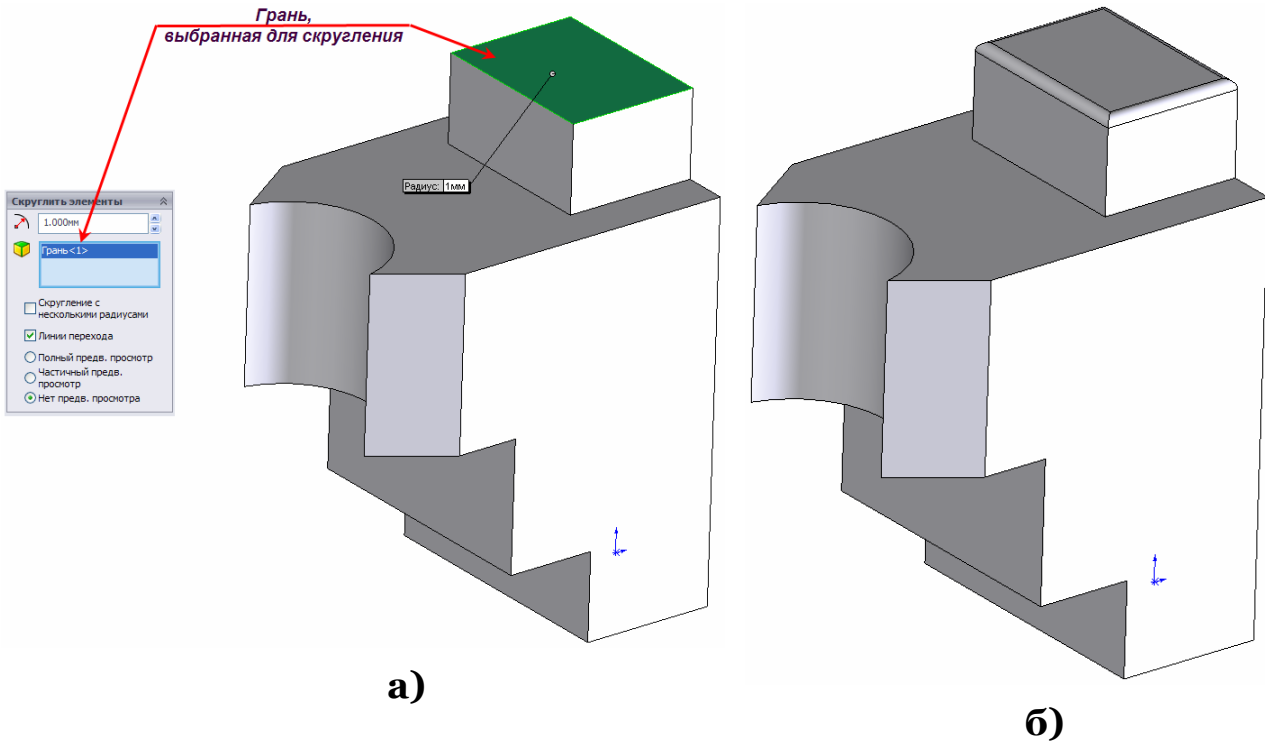


*Рис. 5.28 Грань, выбранная для скругления (**а**) и результат выполнения операции скругления для нее (**б**).*

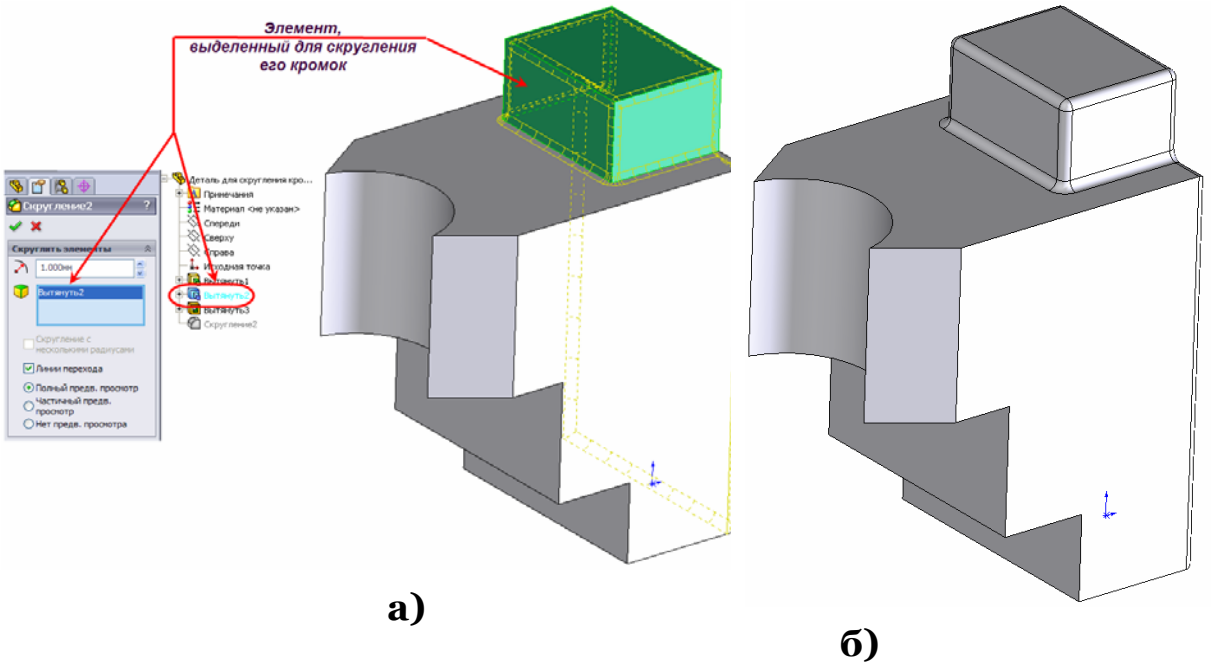


*Рис. 5.29 Элемент, выбранный для скругления (**а**) и результат выполнения операции скругления для него (**б**).*

ПРИМЕЧАНИЕ: Элемент для скругления можно выбрать как до, так и после вызова инструмента *Скругление*. В последнем случае следует развернуть *Feature Manager (Дерево Конструирования)*, которое отображается в Графической области, и выделить в нем нужный элемент. Выбрать элемент также можно, непосредственно выделив его в Графической области. Когда элемент будет выбран, в графической области появится предварительный вид скругления.

СОВЕТ: Если необходимо выполнить операцию по скруглению всех кромок граней одним радиусом, то стремитесь к оптимизации процесса выбора объектов, выбирайте грань целиком, а не каждую ее кромку в отдельности. Сравните список выбранных объектов и результат выполнения операций, представленных на рис.5.27 и 5.28.

5.4.1.1. Скругление с несколькими радиусами

Флажок *Скругления с несколькими радиусами* (см.рис.5.25), имеющийся в менеджере свойств ***Скругление***, позволяет задавать собственный радиус скругления для каждого из скругляемых элементов.

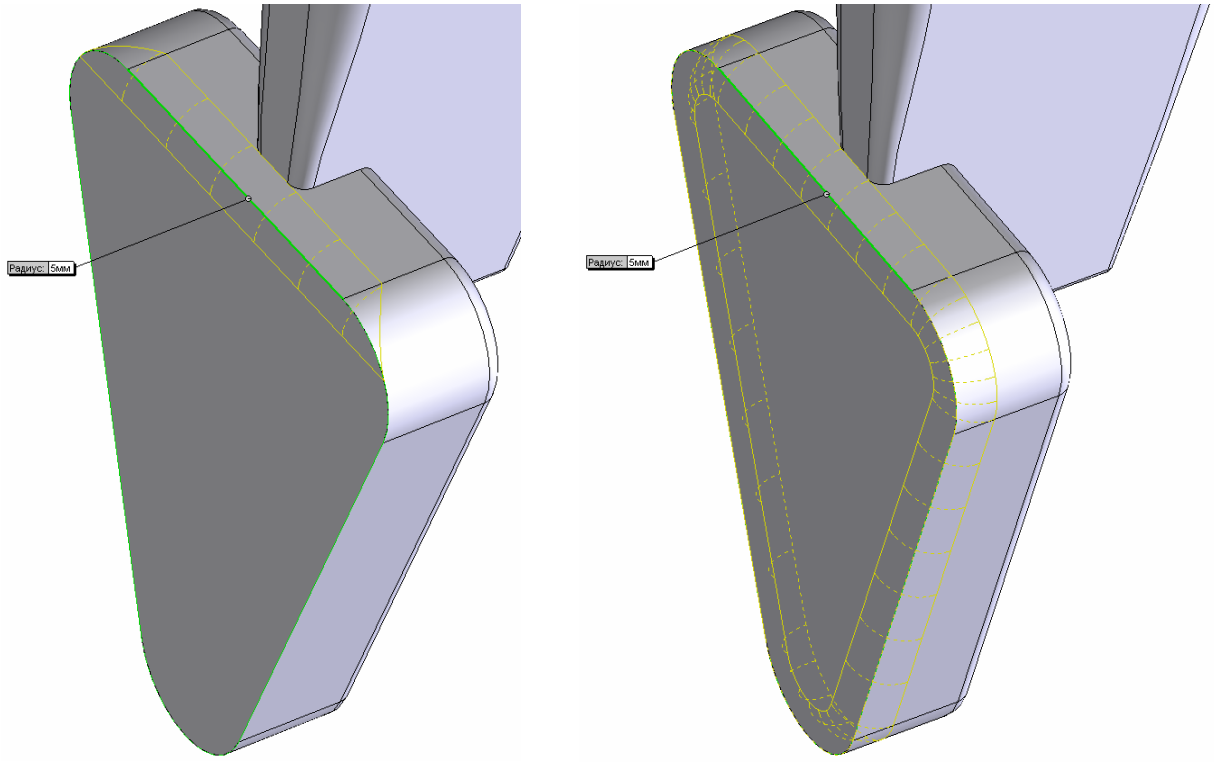
Аналогично тому, как Вы делали выбор объектов для их скругления в предыдущем случае, точно так же для того, чтобы

создать скругление с несколькими радиусами можно либо заранее выделить нужные ребра, грани или элементы, или же сделать это после вызова инструмента *Скругление*.

5.4.1.2. Распространение скругления на смежные объекты

В *Solid Works* можно выбирать, будет ли скругление распространяться на объекты, смежные с выбранным или же будет применено исключительно к выбранной кромке. По умолчанию, при вызове менеджера свойств ***Скругление*** , флажок *Линии перехода* установлен. Поэтому, если Вы выделите для скругления *Кромку, Грань, Элемент* или *Петлю*, программа автоматически выделит другие объекты, смежные с данным. Причем, смежными считаются объекты, объединенные радиусом скругления смежных граней вне зависимости на каком этапе проектирования (в эскизе или уже в твердом теле) данное скругление было получено.

Если сбросить этот флажок, скругление будет применяться исключительно к выделенному объекту. На рис.5.30, ***а***) показан результат скругления при сброшенном флажке *Линии перехода*, а на рис.5.30, ***б***) — при установленном флажке *Линии перехода*.



а) ***б)***

Рис. 5.30 Варианты скруглений при различных значениях параметра Линия перехода

5.4.1.3. Уменьшенные скругления

Уменьшенное скругление создается, когда требуется свести в одной вершине три или более кромки, это особенно важно, когда сведенные в вершине кромки имеют различные радиусы скругления. Такой тип скругления позволяет достичь плавного схождения в одной вершине переходных поверхностей, сгенерированных из кромок.

Чтобы создать уменьшенное округление, достаточно развернуть, свернутую по умолчанию, в менеджере свойств ***Скругление*** раздвижную панель *Настройки для уменьшенного скругления* и выделить три или более кромки, которые сходятся в одной вершине и которые требуется скруглить.

Раздвижная панель изображена *Настройки для уменьшенного скругления* на рис.5.31, а на рис. 5.32 показаны кромки для скругления и результат выполнения этой операции с различными вариантами настройки.

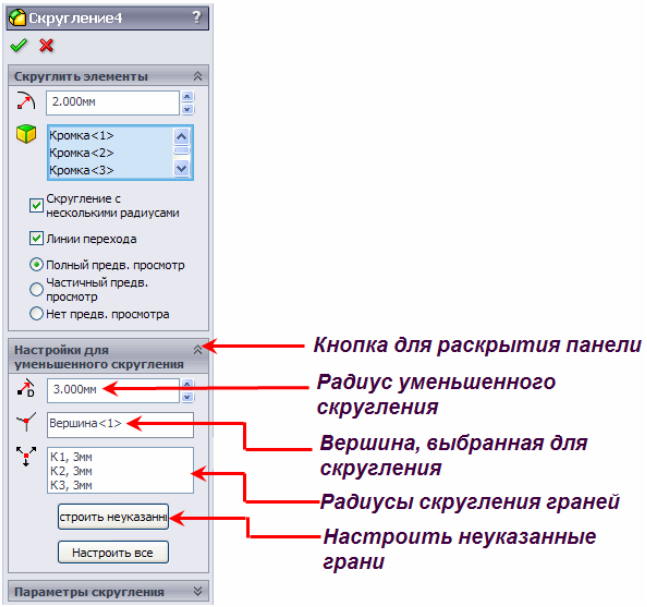


Рис. 5.31 Раздвижная панель Настройки для уменьшенного скругления

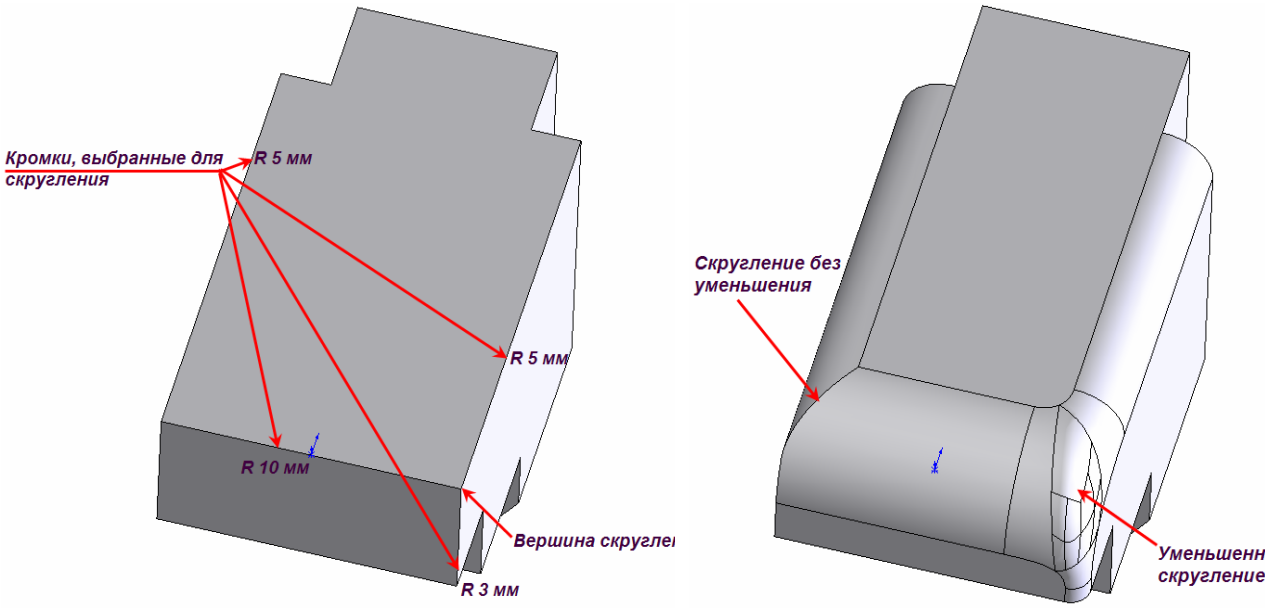


Рис. 5.32 Простое и уменьшенное скругление: настройка и результат.

ПРИМЕЧАНИЕ **Скругление, созданное на одной кромке, можно перетащить на другую кромку. Выделите левой кнопкой мыши скругление в Дереве Конструирования *Feature Manager* или в Графической области. Нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перетащите указатель в нужное место, после чего отпустите кнопку. Можно также скопировать скругление и вставить его на выделенный объект.**

Активизируйте область выделения *Уменьшенные скругления*, щелкнув в ней левой кнопкой мыши, и выделите вершину, где сходятся кромки. В области выделения *Уменьшенные скругления* отобразится имя выделенной вершины. Кромки и вершина, выбранные для скругления, показаны на рис. 5.32.

Когда вершина для создания скругления будет выделена, в **Графической области** появятся выноски с неуказанными расстояниями уменьшения. Имена выделенных кромок отображаются в области выделения *Уменьшения*. Чтобы задать расстояние уменьшения для кромки:

1. Выделите имя нужной кромки в области выделения *Уменьшения*. На изображении модели появится красная стрелка, направленная вдоль этой кромки.
2. С помощью счетчика *Расстояние* задайте расстояние уменьшения.

3. Аналогичным образом задайте расстояние уменьшения для остальных кромок. Можно ввести это расстояние непосредственно в выносках, отображаемых в графической области. Как уже говорилось, предварительный вид скругления автоматически обновляется, когда вы изменяете значения параметров.
4. Кнопка ***Настройка неуказанных*** присваивает расстояние уменьшения, установленное в счетчике *Расстояние*, всем кромкам, где этот параметр еще не задан.
5. Кнопка ***Настроить все*** присваивает расстояние уменьшения, установленное в счетчике *Расстояние*, всем выделенным кромкам.
6. Нажмите **ОК** для завершения процедуры назначения уменьшенного радиуса скругления в вершине схождения кромок.

5.4.1.4. Другие параметры скруглений

В менеджере свойств ***Скругление*** можно задавать множество других параметров скругления, которые позволяют получить аккуратный и эстетичный дизайн. Рассмотрим эти параметры.

☑ ***Выбрать сквозь грани*** – позволяет выбирать кромки для скругления сквозь тело моделируемого изделия, выбирая их, когда те подсвечиваются при наведении на них стрелки курсора.

ПРИМЕЧАНИЕ: Этот режим не всегда бывает удобным в использовании, т.к. при работе со сложной моделью, помимо кромок, подлежащих скруглению, при таком выборе попадаются вовсе не нужные объекты, и особенно этот параметр усложняет выбор, когда в выборе объектов скругления присутствуют, помимо кромок, еще и грани или элементы.

☑ ***Оставить элемент***. Если ваша модель содержит выступы или вырезы и создаваемое скругление достаточно велико для того, чтобы поглотить эти элементы, рекомендуется установить флажок *Оставить элементы*, находящийся в раздвижной панели *Параметры округления*, расположенной внизу менеджера свойств ***Скругление*** и также, по умолчанию, свернутого. Этот флажок установлен но умолчанию, но следует убедиться в этом, прежде чем создавать какие-либо скругления. Если

сбросить этот флажок, то скругление будет поглощать элементы, стоящие на его пути. Обратите внимание, что поглощенные элементы не будут удалены из модели — они просто не будут показываться из-за геометрической несогласованности. Когда вы откатите, погасите или удалите скругление, поглощенные элементы появятся снова. Модель с кромкой, выбранной для скругления, показана на рис.5.33.

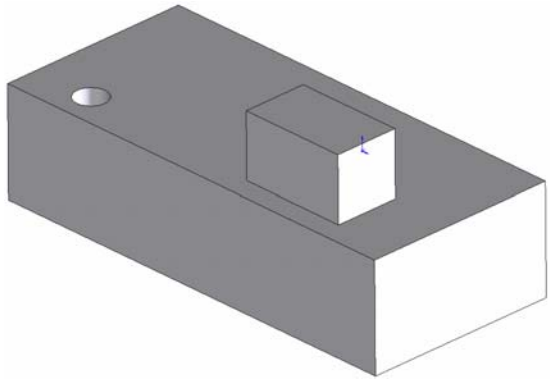
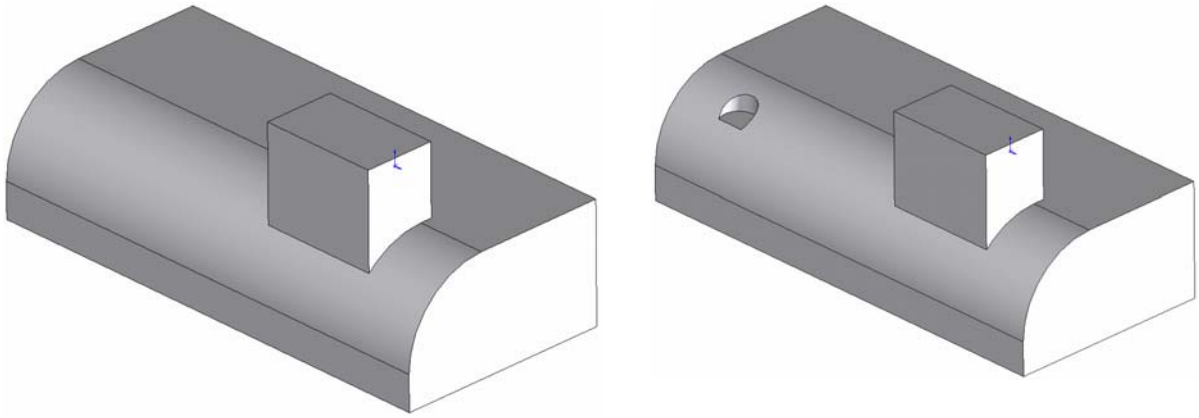


Рис. 5.33 Модель, для иллюстрации действия параметров настройки Оставить элементы.

Результаты, получаемые от действия настроек, при сброшенном (см.рис.5.34, ***а***) и установленном (см.рис.5.34, ***б***), флажке *Оставить элементы*, красноречиво поясняют сказанное.

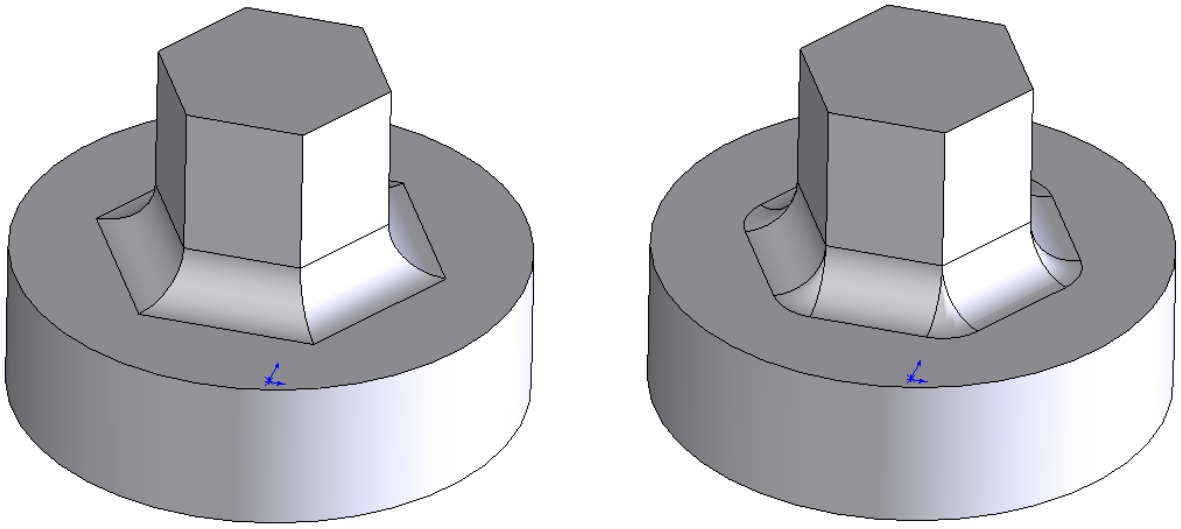


а) ***б)***

Рис. 5.34 Действие параметра Оставить элементы на отображение элементов, попадающих в зону действия инструмента ***Скругление***

☑ ***Скруглить углы***. Флажок *Скруглить углы* позволяет закруглить кромки в тех углах, где создается скругление. Результаты действия на модель этого параметра представлены на рис.5.35, считаю, что представленный

пример в полной мере поясняет значение данного параметра, а потому комментарии здесь излишни.

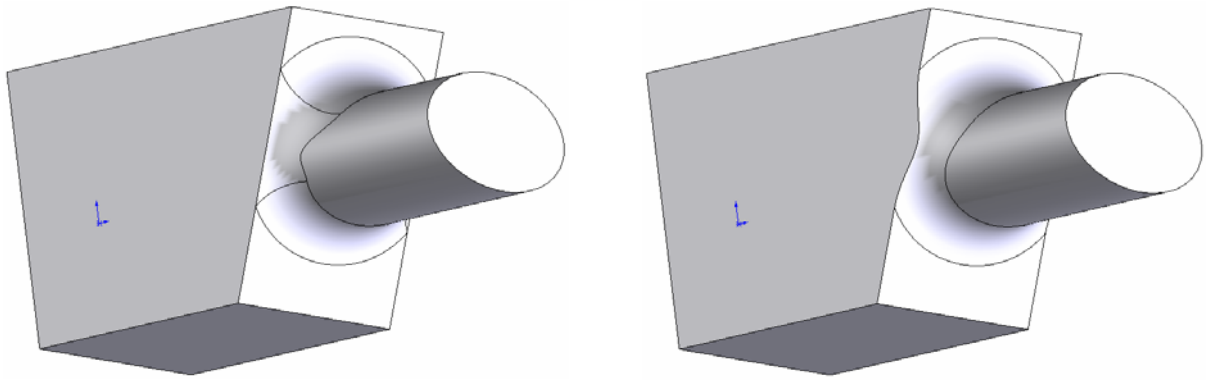


а ***б***

*Рис. 5.35 Скругление, созданное при сброшенном (**а**) и установленном (**б**) флажке Скруглить углы.*

Тип перекрытия. Переключатель *Тип перекрытия* задает физическое условие, которому должно удовлетворять скругление, если оно выходит за некоторую границу. По умолчанию *Solid Works* автоматически принимает наилучший из возможных типов перехода для размещения скругления, в зависимости от геометрических условий. Это происходит, когда в группе *Тип переполнения* выбран переключатель стоит в позиции *По умолчанию*. Рассмотрим другие два возможных условия.

- ☑ ***Оставить кромку***. Если в группе *Тип перекрытия* выбран переключатель *Оставить кромку*, то при выходе скругления за пределы определенной области программа разбивает его на множество поверхностей, и смежные кромки не искажаются. На вершине скругления создается углубление. Скругление, созданное в режиме переполнения *Оставить кромку*, показано па рис.5.36, ***а***.
- ☑ ***Оставить поверхность***. Если в группе *Тип перекрытия* выбран переключатель *Оставить поверхность*, то программа обрезает размещаемое скругление. Это сохранит гладкую закругленную поверхность, но исказит смежные кромки. Поскольку в этом случае поверхность скругления остается гладкой, смежная поверхность увеличивается. Скругление, созданное в режиме переполнения *Оставить поверхность*, показано на рис.5.36, ***б***.



а **б**

*Рис. 5.36 Скругление, созданное в режиме Оставить кромку (**а**) и в режиме Оставить поверхность (**б**).*

5.4.2. Скругление переменного радиуса

Скругление переменного радиуса создается путем задания разных радиусов скругления вдоль выделенной кромки с определенными интервалами. В зависимости от параметров, можно создать плавный или резкий переход между двумя вершинами, для которых задаются радиусы скругления.

Предположим перед нами стоит задача скруглить внешние и внутренние кромки изделия *Струбцина* (рис. 5.30), чтобы придать ей более эстетический вид и понизить степень травматизма, возможного при наличии у ее корпуса острых кромок.

Глядя на заготовку будущего изделия, нетрудно заметить, что в местах сужения поперечин кромки граней настолько близко подходят друг к другу, что при попытке выполнить скругление с обеих сторон постоянным радиусом *Solid Works* выдаст нам сообщение об ошибке, поскольку сняв скруглением материал с одной стороны мы не оставим его для выполнения такой же операции с другой стороны. Кроме того, из-за узкой части элемента на его концах мы не имеем возможности скруглить кромки таким радиусом, каким бы мы хотели, т.е., например, радиусом 10 мм.

В этой связи у нас имеется один единственный выход, а именно, использовать переменный радиус скругления вдоль всей длины кромки, постоянно плавно изменяя его значение от 1 мм до требуемых 10 мм.

Установим в менеджере свойств ***Скругление*** флажок *Переменный радиус* (рис.5.31) и выберем кромки для выполнения действий по их скруглению.

Сравнивая менеджер свойств этого же инструмента, но только при типе скругления с постоянным радиусом (см.рис.5.25), можно заметить, что несколько изменилась панель настроек радиуса скругления. Так менеджер свойств ***Скругления*** с *Переменным радиусом* имеет дополнительные окна со списком вершин и количеством промежуточных точек на скругляемой таким образом кромке (см.рис.5.31).

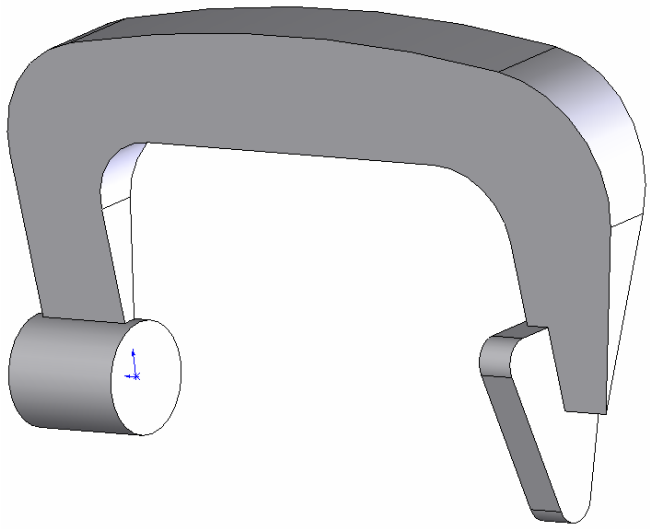


Рис. 5.37 Заготовка изделия без выполненных на ее гранях скруглений

Вершины – это начальная и конечная точки на выбранной кромке. По умолчанию *Solid Works* выделяет их собственными выносками (см.рис.5.32) с надписями "Переменный радиус" и окном значения радиуса в данной вершине.

Промежуточные точки – точки разбиения выделенной кромки на равные части. По умолчанию, каждая кромка при ее выделении разбивается на четыре равные части (начальная и конечная точки вершины, плюс три промежуточные точки). Каждая промежуточная точка установлена с шагом в 25% от общей длины кромки, начиная с исходной вершины. Увеличение числа промежуточных точек приводит к уменьшению шага их расстановки по длине кромки. В каждой промежуточной точке можно задать собственное значение радиуса в ней.

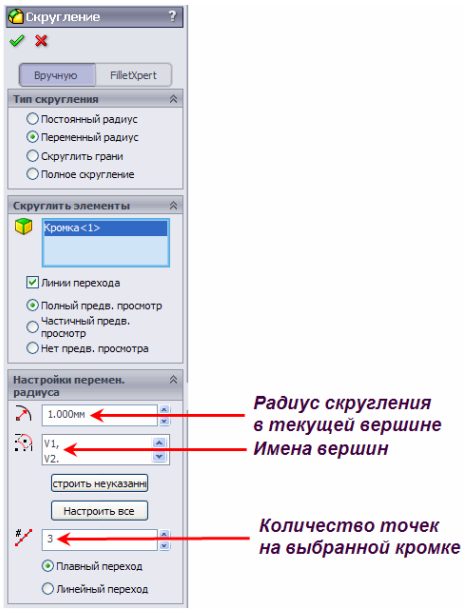


Рис. 5.38 Менеджер свойств инструмента ***Скругление*** *при выбранном типе скругления Переменный радиус.*

Если не задавать значения радиусов скругления в промежуточных точках кромки, скругляемой с переменным радиусом, то *Solid Works* выполнит плавный переход от радиуса в исходной вершине к радиусу, заданному в его второй вершине.

В **Графической области** будет показан предварительный вид скругления, созданного с параметрами по умолчанию. Заметьте, что у каждого из выделенных объектов имеется собственная выноска. Предварительный вид скругления при установленном флажке *Переменный радиус* показан на рис.5.32. Границы выделенного в настоящий момент объекта отображаются зелеными жирными линиями. Предварительный вид скругления в графической области будет меняться синхронно с изменением радиуса.

Нажав клавишу **ОК**, получим результат, представленный на рис. 5.33, при этом нами соблюдены все условия, оговоренные в задании по радиусам скруглений.

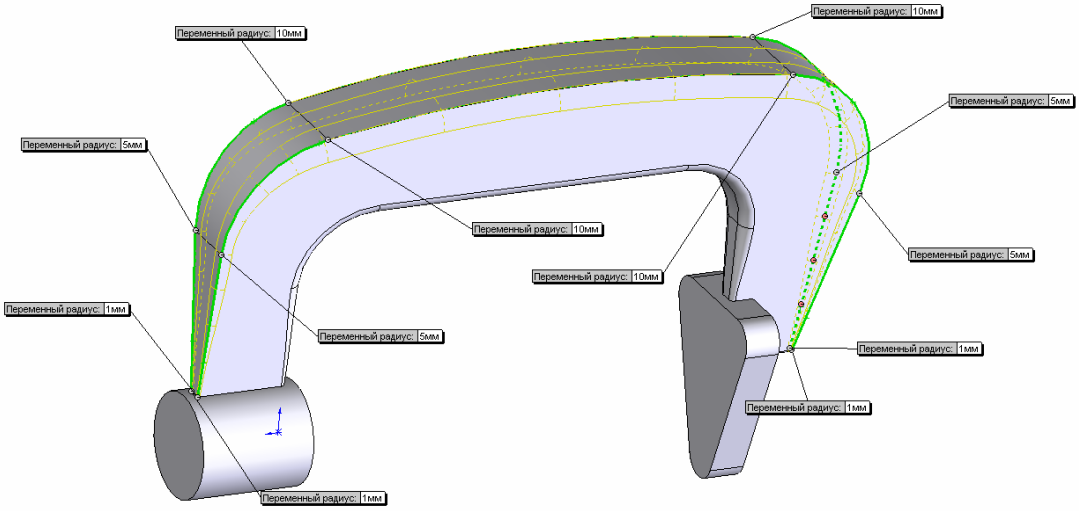


Рис. 5.39 Предварительный вид скругления кромок с переменным радиусом

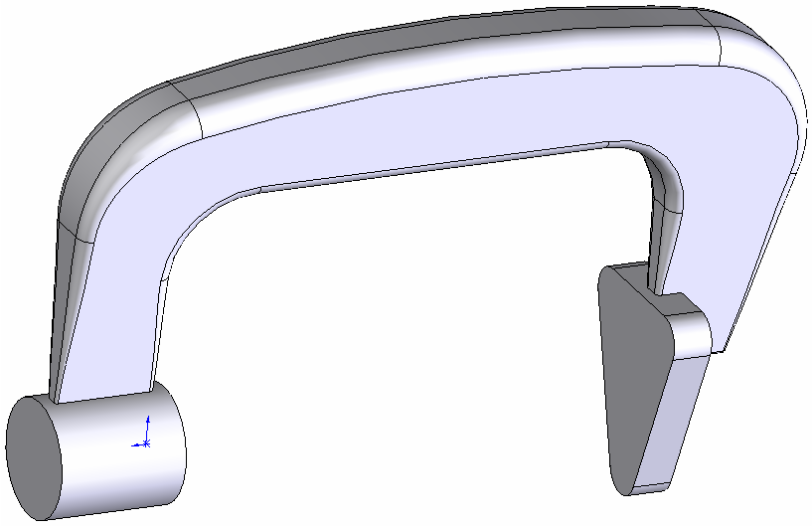


Рис. 5.40 Результат скругления кромок с переменным радиусом.

- ***Плавный переход***. Если выбран переключатель *Плавный переход*, то между всеми точками и вершинами на выделенной кромке, для которых был задан радиус скругления, создается плавный переход.
- ***Резкий переход***. Если выбран переключатель ***Резкий переход***, то между всеми точками и вершинами на выделенной кромке, для которых был задай радиус округления, создается линейный переход. В этом случае касательность участка скругления конкретного радиуса к смежной грани не сохраняется.

5.4.3. Скругление грани

Выбрав па раздвижной панели ***Тип скругления*** переключатель *Скругление грани*, можно создать скругление между двумя совокупностями граней. Менеджер свойств ***Скругление*** при выбранном типе скругления *Скруглить грани* показан на рис.5.41.

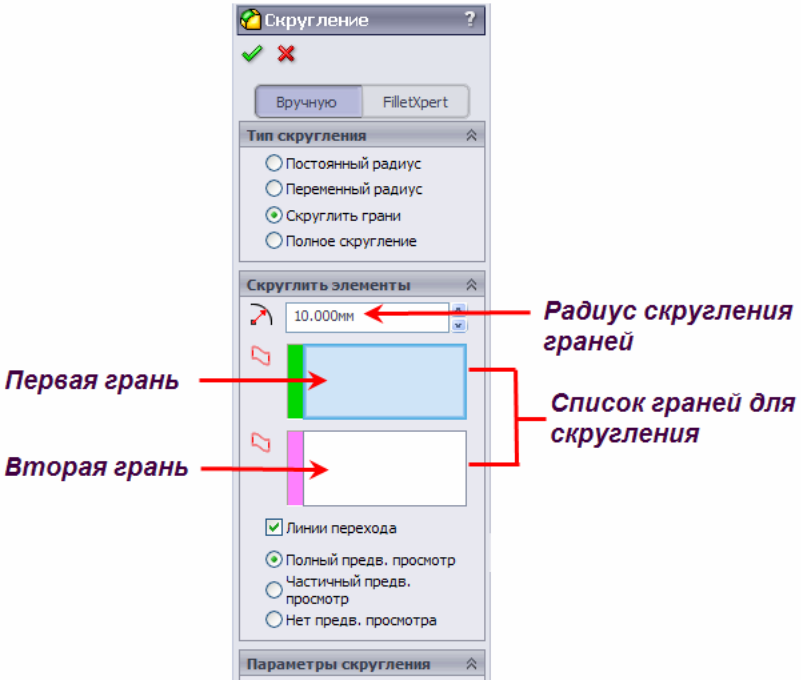


*Рис. 5.41 Менеджер свойств инструмента **Скругление** при выбранном типе скругления Скруглить грани.*

Указывая в окнах списка граней имена граней подлежащих скруглению, Вы тем самым устанавливаете между первой и второй совокупностями граней связь, которая создает переход, при этом для размещения скругления грани, находящиеся между выбранными для скругления, могут быть частично или полностью удалены.

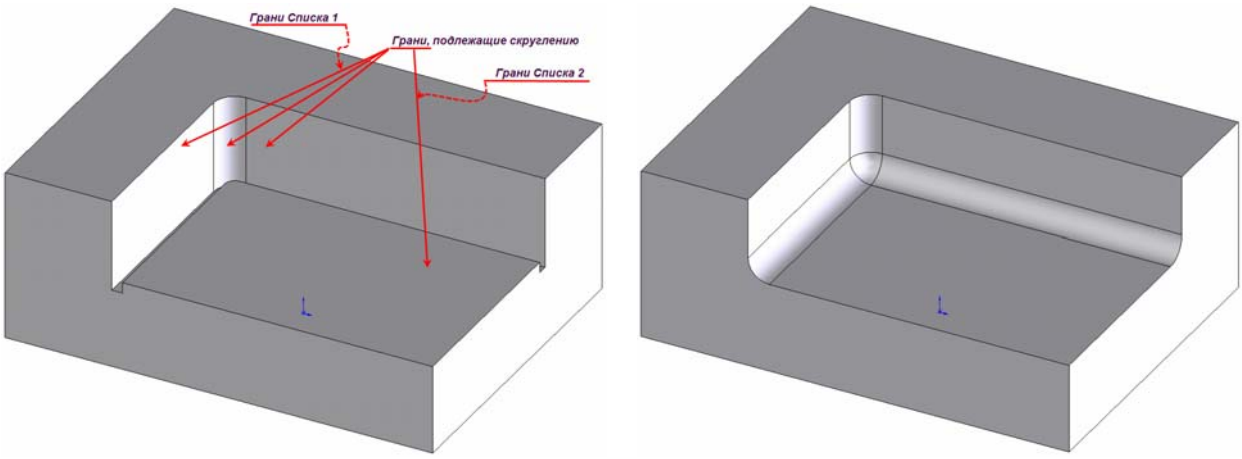
Рассмотрим действие этого инструмента на примере. Предположим, мы имеем элемент детали, показанный на рис. 5.42, ***а***), но при этом необходимо создать скругление между указанными на рисунке гранями радиусом 10 мм.

Вызвав менеджер свойств инструмента ***Скруглить***, назначим тип скругления *Скруглить грани* и укажем, в соответствующем окне, радиус скругления.

Нам, как это видно из рис.5.41, предлагается выделить две совокупности граней для скругления.

Указав на окно Первого списка граней, а затем щелкнув на соответствующей грани в **Графической области**, назначим грани, подлежащие скруглению с заданным параметром. Имена выделенных граней отображаются в области выделения *Список граней 1*, а сами

грани — зеленым цветом на модели. Заметьте, что рядом с моделью появится выноска *Список граней 1* со значением радиуса.



а ***б***

Рис. 5.42 Скругление граней типом Скруглить грани.

Активизировав область выделения *Список граней 2*, щелкнув в ней левой кнопкой мыши, и выделим вторую совокупность граней. Эта совокупность отображается на модели ярко-красным цветом, а в **Графической области** появляется выноска *Список граней 2* со значением радиуса. При этом, в случае правильного назначения всех параметров скругления, в **Графической области** отображается предварительный вид скругления граней.

Флажок *Линии перехода* используется для создания скругления, касательного к смежным граням. По умолчанию этот флажок установлен. Если Вы сбросите его, то принудительной касательности к смежным граням обеспечиваться не будет.

Скругление, в результате создания которого три грани паза были полностью удалены, показано на рис.5.42, ***б***).

5.4.3.1. Скругление граней по линии сопряжения

Радиус и форму скругления граней можно задать, определив линию сопряжения. Линия сопряжения может представлять собой совокупность кромок или разветвляющуюся линию, спроецированную на грань. В этом случае радиус скругления не задается пользователем, а определяется расстоянием между линией сопряжения и кромками скругляемых граней.

Чтобы скруглить грани по линии сопряжения, необходимо, предварительно вызвав в данном режиме менеджер свойств ***Скругление***, выполнить следующие действия:

1. Развернуть панель *Параметры скругления*

2. Область выделения *Список граней 1* станет активной, и Вам будет предложено выделить две совокупности граней для скругления. Левой кнопкой мыши выделите первую совокупность граней. Имена выделенных граней появятся в области выделения *Список граней 1*, а на модели эти грани будут показаны зеленым цветом.
3. Теперь щелкните в области выделения *Список граней 2*, чтобы активизировать ее, и выделите вторую совокупность граней. Выделенные грани будут показаны на модели ярко-красным цветом.
4. В графической области отобразится предварительный вид скругления, созданного с параметрами, установленными по умолчанию. Поскольку флажок *Распространить вдоль линии перехода* по умолчанию установлен, то выделять смежные грани в обеих совокупностях не требуется.
5. Щелкните левой кнопкой мыши в поле *Линия сопряжения* и выделите одну или несколько линий. Предварительный вид скругления изменится в соответствии с сделанным выбором.
6. Щелкните на кнопке **ОК** в менеджере свойств ***Скругление***. Скругление граней по линии сопряжения с непрерывной кривизной

При установленном флажке *Непрерывная кривая* скругление грани имеет везде непрерывную кривизну. Обратите внимание, что непрерывная кривизна может быть обеспечена только для скругления по линии сопряжения, поэтому линии сопряжения необходимо задать для обеих совокупностей граней.

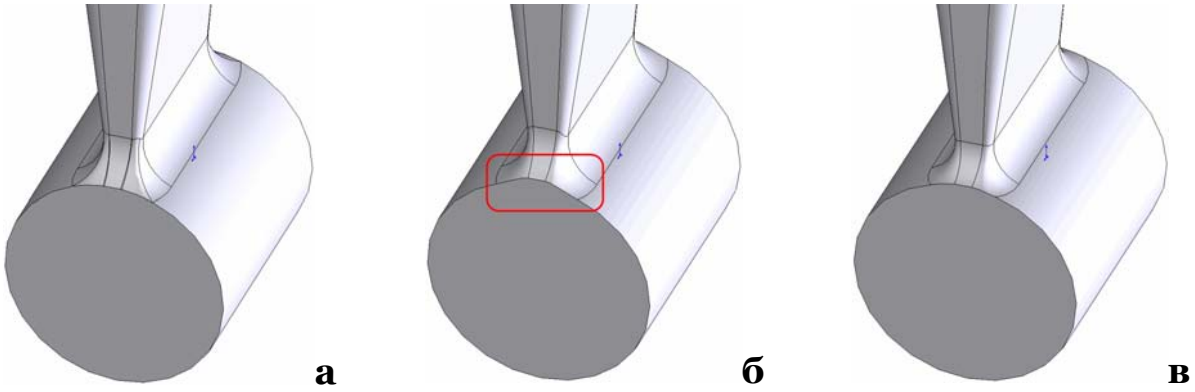
5.4.3.2. Скругление с постоянной шириной

В *Solid Works* у инструмента ***Скругление*** появился новый режим *—Постоянная ширина*. В некоторых случаях это весьма важный, в отличие от двух предыдущих, режим скругления граней в изделии. Особенно полезно использовать данный режим в ситуациях, когда скругление применено к граням, расположенным друг относительно друга под углом, отличным от 90°, или когда одна грань опирается на сферическую или изогнутую грань.

Для того, чтобы включить этот режим скругления необходимо, предварительно задав радиус скругления и указав грани в *Списке граней 1* и *Списке граней 2,* в раздвижной панели *Параметры скругления* установить флажок в режиме *Постоянная ширина*.

В качестве примера рассмотрим ранее рассматриваемую нами *Струбцину* (см. рис.5.40). В частности, нас будет интересовать та

часть изделия, где цилиндрическая часть Струбцины соединена с ее корпусом (рис.5.43). Результаты, получаемые от скругления указанных граней, представлены на рис.5.43. В качестве альтернативного метода, представлен результат, получаемый от скругления рассматриваемых элементов постоянным радиусом, подробно рассмотренным в разделе 5.1.

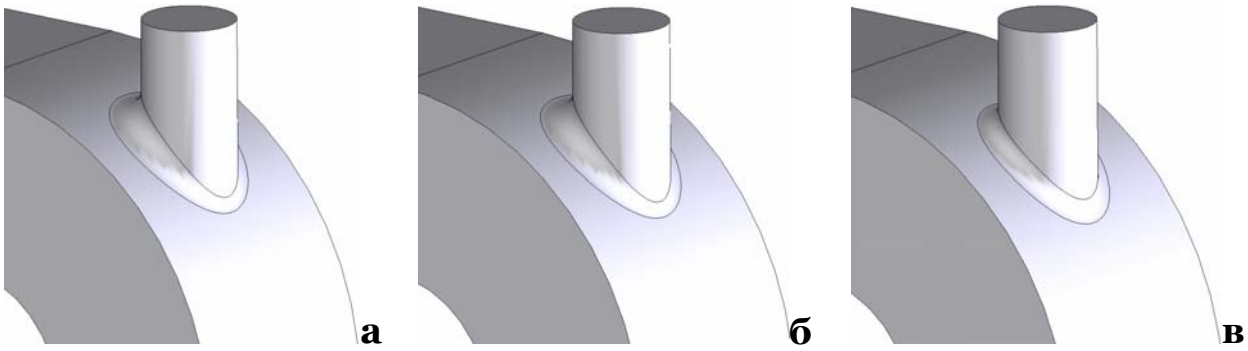


Постоянным радиусом | *Постоянная ширина* **отключен** | *Постоянная ширина* **включен**

Рис. 5.43 Варианты скругления граней при помощи различных режимов скругления.

Заметьте, что сбоку у скругления, при отключенном режиме *Постоянная ширина* (см. рис.5.43, ***б***) появляется лишний материал (выделено зоной), образующий острый угол с другой гранью. Если же флажок *Постоянная ширина* установить, то к выбранным граням будет применено скругление постоянной ширины, более гладкое, нежели это получается при использовании режима скругления по кромке с постоянным радиусом (рис.5.43, ***а***).

Без особых комментариев предлагаю посмотреть на результаты, получаемые от выполнения тех же команд на элементе строповочный прилив (рис.5.44), часто применяемый на литых деталях.



Постоянным радиусом | *Постоянная ширина* ***отключен*** | *Постоянная ширина* ***включен***

Рис. 5.44 Варианты скругления граней при помощи различных режимов скругления.

5.4.4. Полное скругление

Полное скругление — это такое скругление трех граней, когда радиус скругления подбирается автоматически, в зависимости от толщины материала между двумя гранями, лежащими на некотором удалении друг от друга, при этом третья, объединяющая их плоская грань преобразуется в цилиндрическую – непосредственное скругление, имеющее полукруглую форму.

Чтобы создать *Полное скругление*, необходимо вызвать менеджер свойств ***Скругление*** и установить переключатель *Тип скругления* в положение ***Полное скругление***.

Раздвижная панель *Скруглить элементы* изменит свой вид, как показано на рис.5.45. Область выделения *Список граней 1* будет активна, и вам необходимо будет поочередно выделить *центральную* и *боковую* совокупности граней:

1. Выделите первую грань первой совокупности боковых граней (*Список граней 1)*. Выделенная грань будет показана на модели зеленым цветом.
2. Теперь щелкните в области выделения *Центральная грань* и выделите центральную грань. Выделенная грань будет показана на модели синим цветом.
3. Щелкните в области выделения *Список граней 2* и выделите грань второй совокупности боковых граней. Выделенная грань будет показана на модели розовым цветом.
4. В **Графической области** будет показан предварительный вид полного скруглення. Щелкните па кнопке **ОК** в менеджере свойств ***Скругление***.

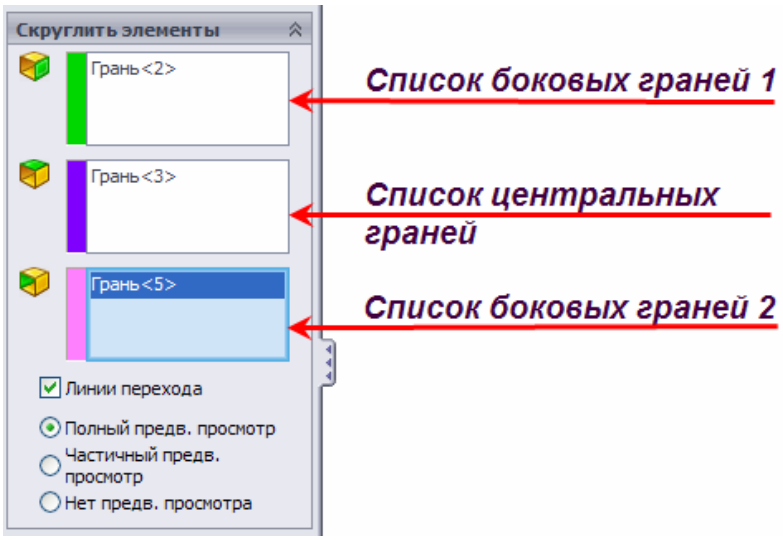


Рис. 5.45 Раздвижная панель Скруглить элементы для режима Полное скругление

На рис. 5.46 показаны две из выбранных граней; третья — это нижняя, невидимая нами грань, параллельная первой. Результат полного скругления выбранных граней представлен на рис. 5.47.

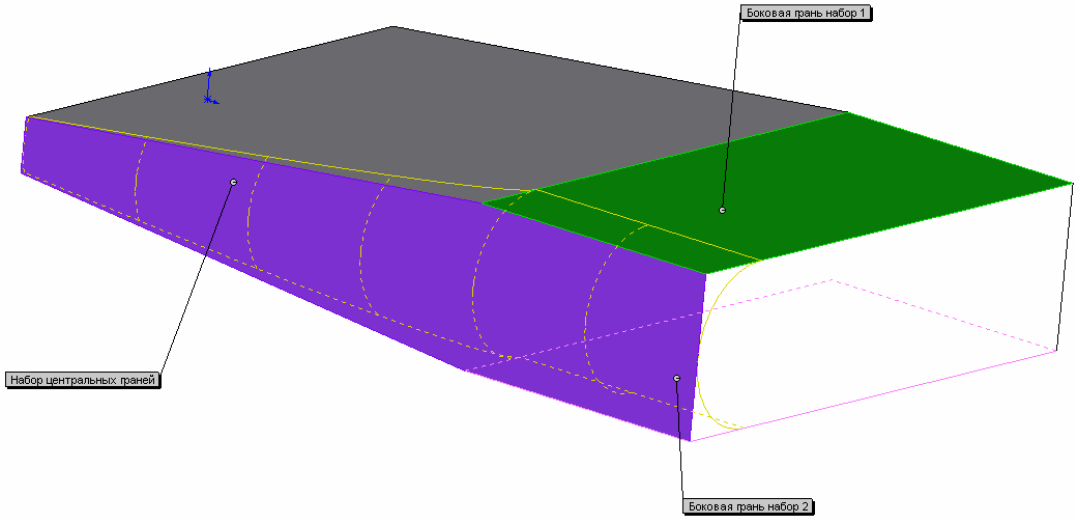


Рис. 5.46 Грани, выбранные для полного их скругления и результаты предварительного просмотра этой операции.

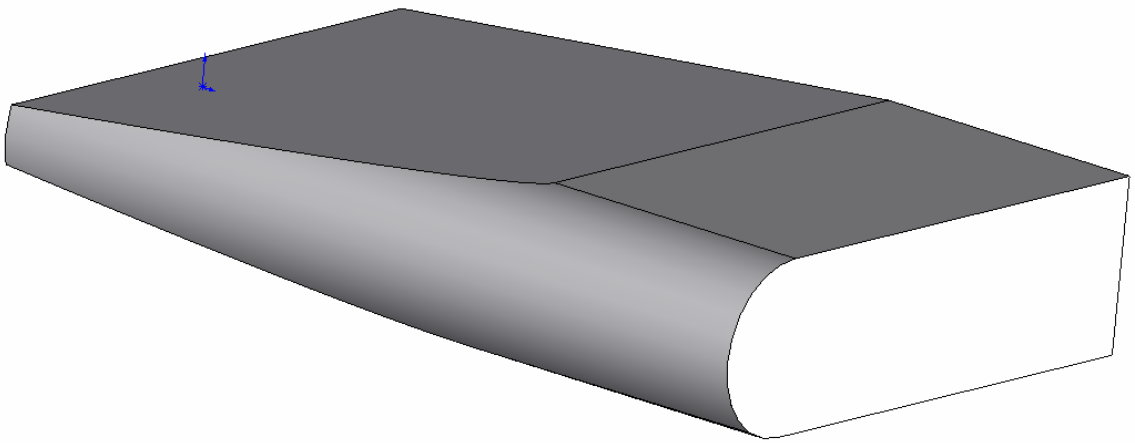


Рис. 5.47 Результат полного скругления граней.

5.5 Создание фасок

Не реже, чем рассмотренное в предыдущем разделе скругление, при проектировании изделий, в качестве элементов, определяющих форму кромок, используется фаска.

Фаска — это скос на кромке, имеющий своей целью уменьшить область сосредоточения механических напряжений. Фаски делаются также для устранения нежелательных острых углов и кромок. В *Solid Works* фаски создаются с помощью специального инструмента ***Фаска***, который вызывается:

a) щелчком на кнопке ***Фаска*** в менеджере ***Элементы***;

b) из **Главного меню:** *Вставка → Элементы →* ***Фаска***;

c) из *Панели инструментов Элементы →* ***Фаска***

При этом открывается менеджер свойств ***Фаска***, изображенный на рис.5.48.

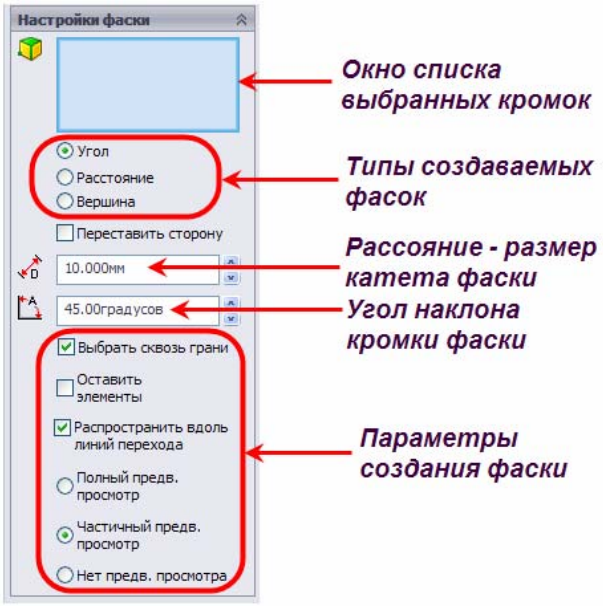


Рис. 5.48 Менеджер свойств инструмента ***Фаска***.

При помощи инструмента ***Фаска*** можно создавать такие типы фасок, как:

- Фаски на кромках с заданным углом наклона грани фаски
- Фаски на кромках с указанием линейных размеров катетов фасок.
- Фаски на вершинах.

5.5.1. Создание фаски на кромках

На кромках фаски создаются чаще всех остальных типов создания этого элемента изделия. Причем наиболее часто используется фаска с равными катетами, или фаска с углом наклона грани в 45°.

Чтобы создать фаску па кромках, необходимо вызвать, одним из описанных выше методов, менеджер свойств инструмента ***Фаска*** и выделить кромки, на которых нужна создать эти элементы изделия.

Когда Вы выделяете кромку для создания фаски, в **Графической области** появляется предварительный вид фаски с выноской, в которой задается расстояние и угол. Кроме того,

указанные параметры фаски можно задавать и традиционным способом – в соответствующих окнах *Расстояние* и *Угол*, расположенных в менеджере свойств инструмента (см.рис.5.48).

По умолчанию, как наиболее востребованном, переключатель установлен в положении *Угол*, поэтому в **Графической области** отображается выноска со значениями угла и расстояния рис.5.49.

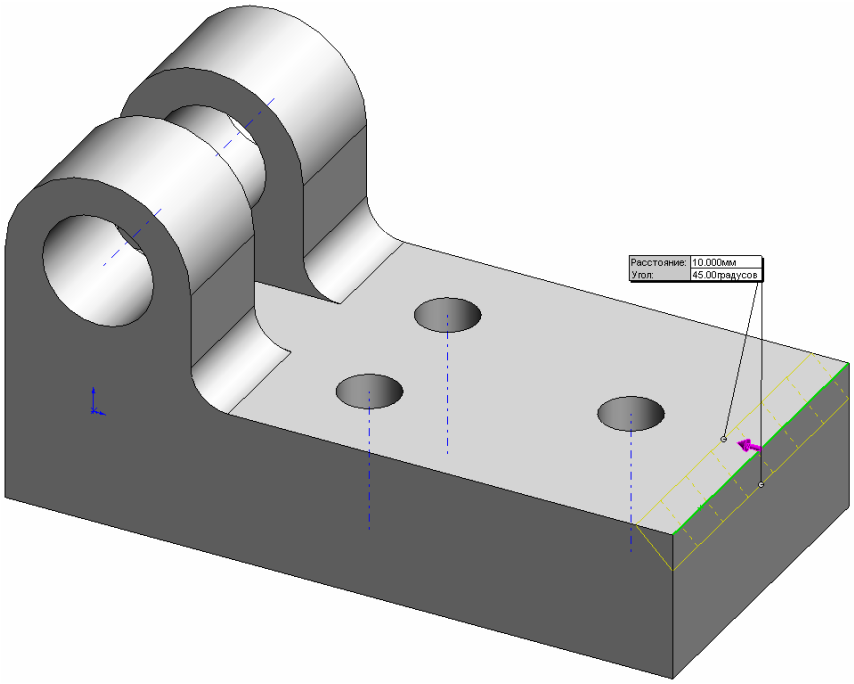


Рис. 5.49 Предварительный просмотр фаски, создаваемой на кромке изделия и выноски с параметрами создаваемого элемента.

На модели выделенный объект – кромка или грань - подсвечивается зеленым цветом, а рядом с ним появляется стрелка, указывающая на вершину треугольника профиля фаски, от которой будет вестись отсчет угла ее наклона[4].

Направление измерения расстояния определяется флажком *Переставить сторону* (см.рис.5.48). Если установить этот флажок, то направление стрелки на предварительном виде фаски также поменяется на противоположное. Обратить направление измерения расстояния можно также, щелкнув непосредственно на стрелке в **Графической области**.

Имя выделенной кромки появляется в области выделения (окне) *Кромки и грани или вершина*.

Аналогично тому, как инструмент ***Скруглить*** имеет возможность распространять действие на все сопряженные кромки

[4] Имеет смысл только для фасок с углом наклона, отличным от 45°.

компонента, так и менеджер свойств ***Фаска*** имеет на раздвижной панели флажок *Распространить вдоль линии перехода* и область предварительного просмотра. По умолчанию флажок *Распространить вдоль линии перехода* установлен, поэтому кромки, касательные к выделенной, выделяются автоматически (рис.5.50).

По умолчанию также нажата кнопка *Частичный предв. просмотр*. Чтобы увидеть предварительный вид фаски со всеми подробностями, нажмите кнопку *Полный предв. просмотр*.

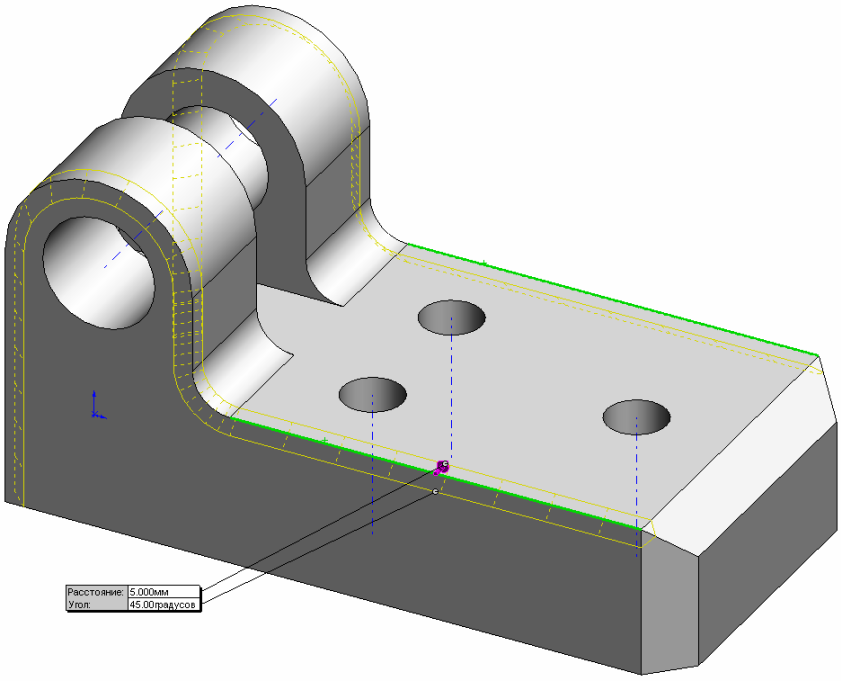


Рис. 5.50 Создание фаски с установленным условием ***Распространить вдоль линии перехода***

ПРИМЕЧАНИЕ: Рекомендуется вести проектирование изделия с флажком, установленным в режим *Полный предв. просмотр*, поскольку при отключении этого режима предварительный просмотр фасок на ранее выбранных для выполнения этой операции кромках будет скрыт, что может привести пользователя в замешательство, т.к. подобные действия *Solid Works* говорят о невозможности выполнения данной процедуры для выбранных объектов.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для создания фаски можно выделить и целую грань. В этом случае фаска появится на всех кромках выделенной грани

Если на панели менеджера свойств ***Настройки фаски*** выбрать переключатель *Расстояние*, то вместо флажка *Переставить сторону* появится флажок *Равное расстояние*.

Вместо параметров *Угол* и *Расстояние* на панели менеджера свойств ***Настройки фаски***, а также в выноске появятся параметры *Расстояние 1* и *Расстояние 2*, определяющие размеры катетов будущей фаски. При этом, чтобы правильно установить параметры фаски и не перепутать направления для снятия материала с кромок, следует обращать внимание на выноски и предварительный просмотр будущего элемента (рис.5.51). Эти ключевые моменты помогут Вам правильно сориентироваться и вовремя изменить введенные параметры создаваемого элемента.

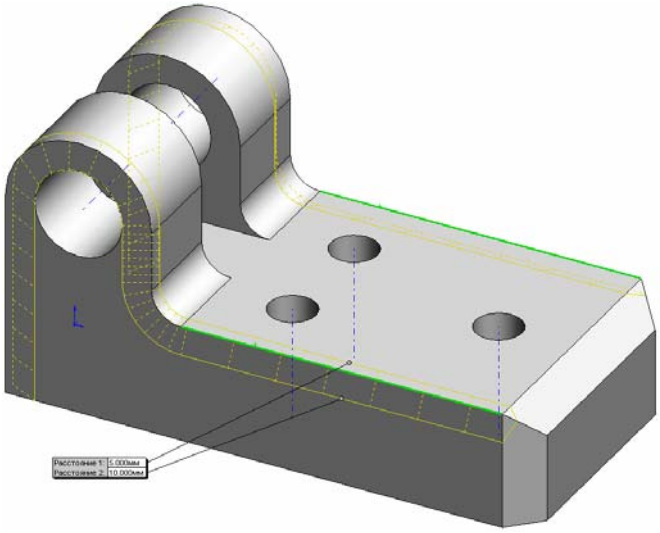


Рис. 5.51 Настройка фаски с разными сторонами катетов.

По умолчанию флажок *Равные расстояния* сброшен, но если требуется создать фаску с равными расстояниями в обоих направлениях, то этот флажок необходимо установить. В таком случае счетчик *Расстояние 2* исчезнет с панели ***Настройки фаски***.

Задав все параметры, щелкните на кнопке **ОК** в менеджере свойств ***Фаска***, чтобы получить результат, как это показано на рис.5.52.

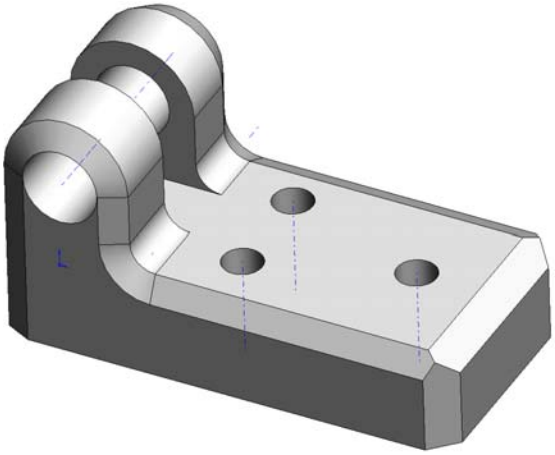


Рис. 5.52 Основание с фасками.

5.5.2. Создание фаски на вершине

Не всегда результат, полученный от операции по снятию фасок с кромок изделия, может Вас удовлетворять как конструктора, проектирующего данное изделие, как с технологической, так и с эстетической стороны. Ярким тому примером является изделие, полученное нами в предыдущем разделе и представленное на рис.5.52. Думаю, что Вы не в восторге от той вершины, которая получилась в результате выполнения предыдущих операций. Такое случается не часто, но уж если произошло, то нужно с этой проблемой бороться и *Solid Works* предлагает весьма разумное решение по данной проблеме.

Если бы такая ситуация возникла в жизни, при изготовлении изделия, скажем, в металле, то решение пришло бы само собой – срезать фаску на вершине. *Solid Works* предлагает тоже самое, а именно - *Создать фаску на вершине*. В результате выбранная вершина будет срезана на заданное расстояние.

Чтобы создать фаску на вершине, необходимо проделать следующие действия:

1. Вызвать менеджер свойств инструмента ***Фаска***.
2. Установить переключатель панели ***Настройки фаски*** в положение *Вершина*.
3. Выделить вершину; в графической области появится предварительный вид фаски с выноской, в которой задаются расстояния.

На рис.5.53 показана вершина, на которой будет создана фаска, ее размеры вдоль кромок, образующих данную вершину и предварительный вид фаски.

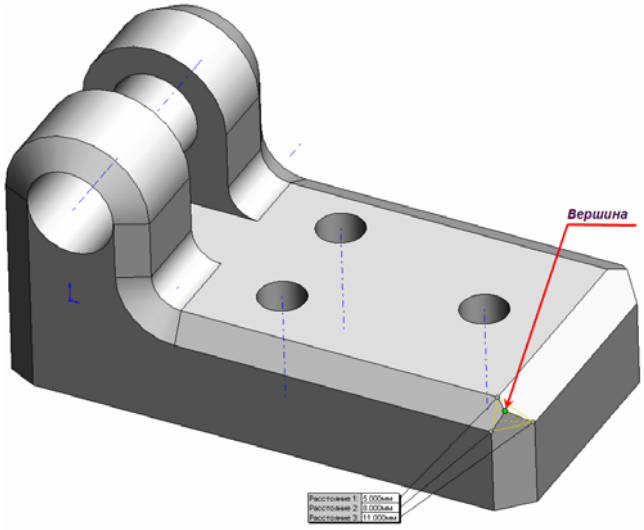


Рис. 5.53 Создание фаски на вершине

Задавать расстояния вдоль каждой кромки можно либо в счетчиках *Расстояние 1* , *Расстояние 2* , *Расстояние 3* панели ***Настройки фаски*** или вводить их непосредственно в выноске (см.рис.5.53), при этом следите за предварительным просмотром создаваемой фаски. Как только введенное Вами число расстояния для какой-либо кромки превысит допустимое значение, т.е. будет больше, чем само срезаемое ребро у вершины, предварительный просмотр этой фаски пропадет из **Графической области**.

Если требуется создать фаску с одинаковым расстоянием в каждом направлении, тогда просто установите флажок *Равное расстояние*, расположенный сразу над окнами счетчиков задаваемых расстояний. При этом окна счетчиков пропадут, оставив всего лишь одно – *Расстояние*.

Задав все параметры, щелкните на кнопке **ОК** в менеджере свойств ***Фаска***. Результат – Основание модели с фаской показан на рис.5.54.

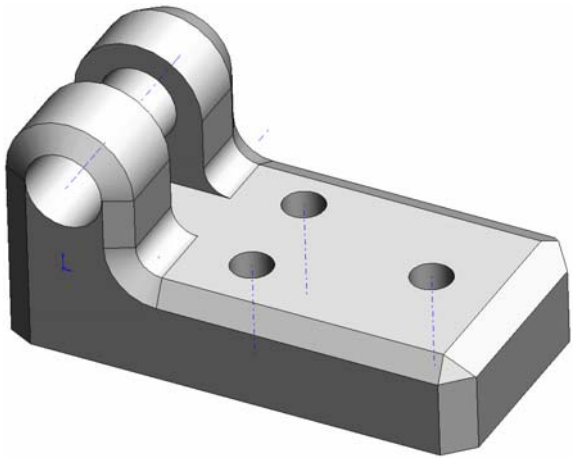


Рис. 5.54 Основание с фаской созданной на вершине

5.5.3. Сохранение элементов

Если Ваша модель имеет выступы или вырезы (рис.5.55,***а***), но при этом создаваемая фаска достаточно велика и может поглотить эти элементы, рекомендуется установить флажок *Оставить элементы*.

Если этот флажок сброшен, то фаска будет поглощать элементы, которые находятся на ее пути(рис.5.55,***б***). Обратите внимание, что элементы, поглощенные фаской, не будут удалены из модели — они просто не будут показываться из-за геометрической несогласованности, но если Вы откатите, погасите или удалите фаску, поглощенные элементы появятся снова.

Если же при выполнении операции по созданию фаски в оговоренных выше условиях установить флажок *Оставить элементы,* то получим результат, представленный на рис. 5.55,***в***.

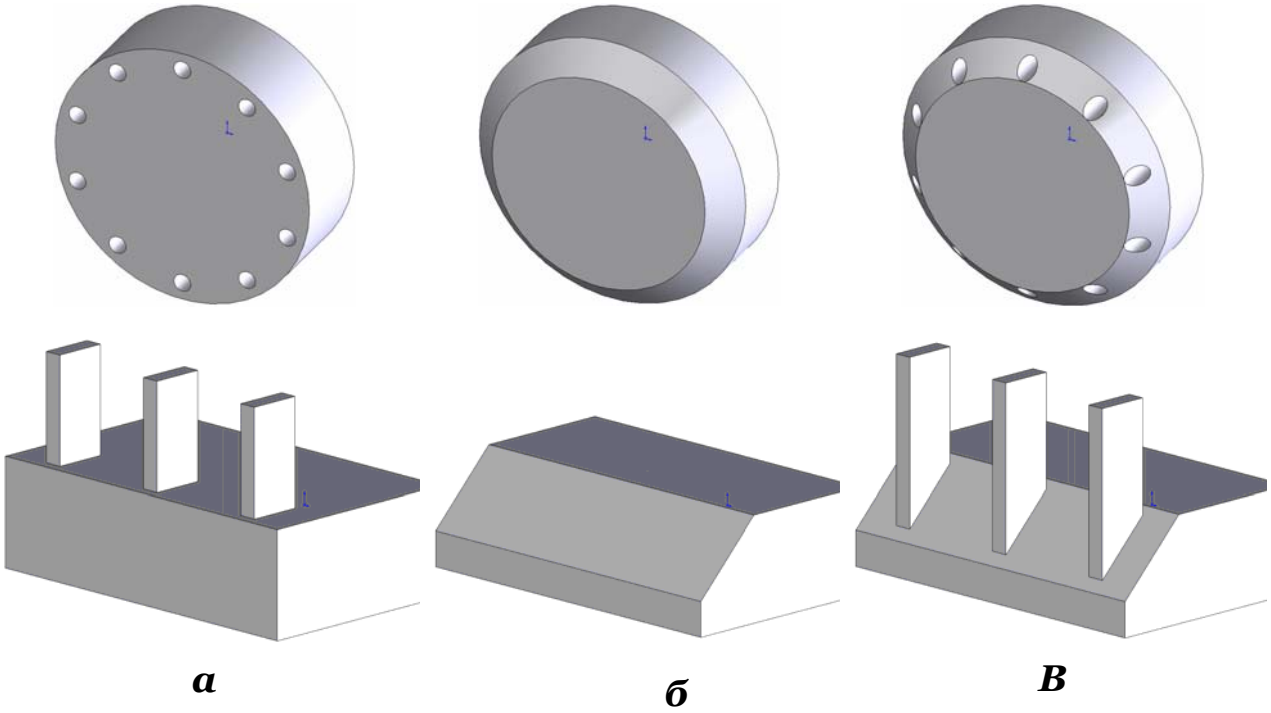


Рис. 5.55 Влияние параметра Оставить элементы на конфигурацию изделия.

5.6 Методы выделения

Вы познакомились как с базовыми средствами моделирования, так и с рядом средств, предназначенных для опытных пользователей. Теперь Вам предстоит научиться некоторым методам выделения кромок, граней и др., которые позволят вам повысить продуктивность и скорость моделирования. Знать методы выделения весьма полезно, т.к. при работе со сложными по конфигурации, а в добавок еще и с большими по размерам изделиями, порой приходится иметь дело с мелкими элементами их конструкции. В этом разделе мы рассмотрим методы выделения, повышающие эффективность работы при создании скруглений и фасок.

У данного раздела есть одна особенность: начиная с него все команды, изучаемые в нем, будут рассматриваться с позиции *Solid Works 2008*. Все разделы, представленные до сих пор, в полной мере описывают работу всех инструментов более ранних версий *Solid Works*, кроме того, все они вызывались из Меню или Панелей инструментов соответствующих команд. Далее же нам неоднократно придется обращаться за помощью к контекстному меню (вызывается щелчком правой клавиши мыши), а в версии *Solid Works 2008* этот

момент претерпел серьезные изменения, по сравнению со своими более поздними версиями.

5.6.1. Команда Выбрать другой

Команда ***Выбрать другой*** — это наиболее часто используемое средство для последовательного перебора объектов, предназначенных к выделению. Она применяется в сложных многоэлементных моделях, где выделение затруднено.

Прежде чем вызывать какой-либо другой инструмент, выделите любой объект (кромку или грань) и щелкните правой кнопкой мыши, чтобы вызвать контекстное меню. Выберите в нем команду *Выбрать другой*, которая представлена в виде иконки , при этом в **Графической области** отобразится список Выбрать другой, показанный на рис.5.56; при этом указатель мыши примет форму символа циклического перебора .

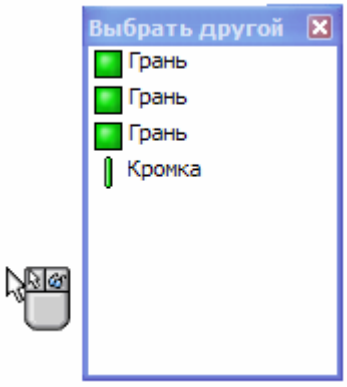


Рис. 5.56 Список Выбрать другой

Список будет содержать объекты, которые непосредственно окружают выделенные объекты. При наведении указателя мыши на объект в списке, он будет подсвечен в области чертежа. Чтобы выделить объект с помощью этого списка, достаточно выбрать его в нем.

После выбора объекта список *Выбрать другой* исчезает.

Если выделить грань и вызвать список *Выбрать другой*, выделенная грань временно станет невидимой, что позволит легко выделить грани, отображаемые под ней.

Подводя курсор к любой другой видимой грани, последняя помечается в **Графической области** красным цветом (рис.5.57). Чтобы скрыть любую другую грань, щелкните на ней правой кнопкой (очки на условном изображении мыши, в которую превратился курсор, обозначают ***видимость***). Таким образом, убирая все "мешающие работе" грани Вы можете добраться до нужной и выбрать

ее. Выбор требуемой для работы грани осуществляется все той же мышью, но только делается этот выбор уже правой клавишей.

5.6.2. Команда Выбрать петлю

Команда *Выбрать петлю* используется для выбора петель, а кроме того, с ее помощью можно последовательно перебирать различные петли, перед тем как подтвердить свой выбор. Эта команда весьма полезна, когда требуется выделить петлю в сложной модели.

Выделите любую кромку петли с помощью указателя-стрелки и щелкните правой кнопкой мыши, чтобы вызвать контекстное меню. Выберите в нем команду *Выбрать петлю*.

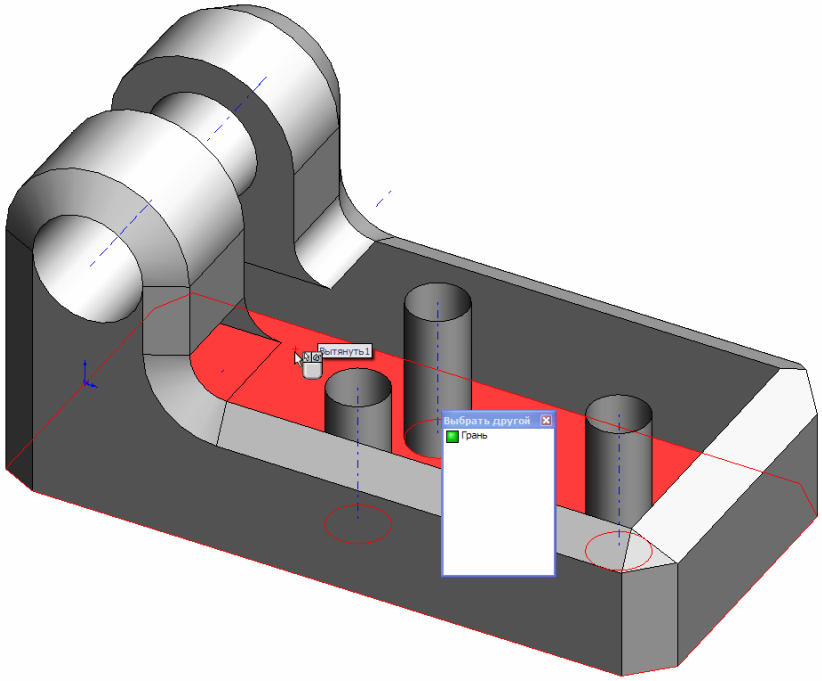


Рис. 5.57 Выбор невидимой с исходного положения грани при помощи команды Выбрать другой.

Петля, которую можно создать для данной кромки, будет подсвечена зеленым цветом, и рядом с ней появится желтая стрелка. Наведите указатель на эту стрелку и, когда она станет красной, начните перебирать петли, щелкая левой кнопкой мыши. Повторяйте это, пока не окажется выделенной нужная петля.

5.6.3. Команда Выбрать касательность

Команда *Выбрать касательность* автоматически выделяет кромки или грани, касательные к выделенной грани. Эта команда отображается в контекстном меню только в тех случаях, когда имеются грань или кромка, касательные к выделенной грани или кромке.

Чтобы воспользоваться этой командой, выделите с помощью указателя-стрелки любую грань или кромку, вызовите контекстное меню, щелкнув правой кнопкой мыши, и выберите в нем команду Выбрать касательность.

ПРИМЕЧАНИЕ **Имеющаяся в контекстном меню команда *Выбрать среднюю точку* используется обычно при построении двумерных или трехмерных эскизов. Более подробно о трехмерных эскизах вы узнаете из последующих глав.**

5.7 Создание оболочек

Создание *оболочки* — это процесс удаления материала из модели, результатом которого является модель, полая внутри и имеющая стенки заданной толщины.

При выполнении этой операции также удаляются одна или несколько выделенных граней модели. Если вы не выделите ни одной грани для удаления, результатом будет закрытая полая модель. Стенкам можно придавать различную толщину.

Оболочка создается с помощью инструмента ***Оболочка***. Вызвать инструмент ***Оболочка*** можно одним из представленных ниже способом:

- Щелкнув на кнопке *Оболочка* в менеджере команд ***Элементы***;
- Вызвать из **Главного меню**, использовав при этом путь: *Вставка → Элементы → Оболочка*;
- Выбрать инструмент ***Оболочка*** на *Панели инструментов* ***Элементы***.

Откроется менеджер свойств *Оболочка 1*, изображенный на рис.5.58.

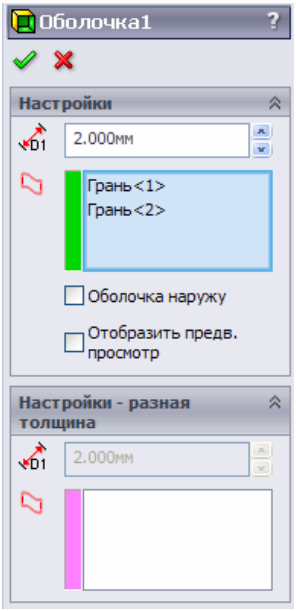


Рис. 5.58 Менеджер свойств Оболочка.

Вам будет предложено выделить грани, которые следует удалить.

1. Выделите одну или несколько граней, предназначенных для удаления. Выделенные грани будут подсвечены зеленым цветом, а их имена появятся в области выделения *Удалить грани.*
2. Задайте толщину стенок (2 мм) с помощью счетчика *Толщина.*
3. Щелкните на кнопке **ОК** в менеджере свойств *Оболочка.*

Грани, которые будут удалены, показана на рис.5.59, а получившаяся оболочка — на рис.5.60.

Встроенная эвристика команды создания оболочки в *Solid Works* позволяет программе определить, какое количество материала должно быть удалено, в зависимости от геометрических условий. Например, на рис.5.61 при меньшей толщине стенок возможно создание однородной оболочки, точно повторяющей форму модели. На рис.5.62 большая толщина стенок приводит к тому, что создать однородную оболочку не представляется возможным. Поэтому программа не станет удалять материал в тех местах, где это невозможно из геометрических соображений.

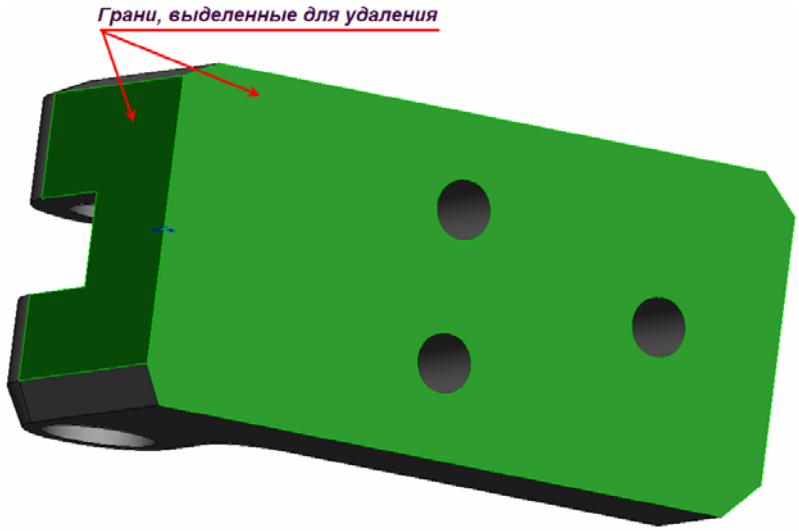


Рис. 5.59 Подготовка модели к созданию оболочки заданной толщины граней – выбор граней для удаления.

Рис. 5.60 Модель – оболочка заданной толщины.

ПРИМЕЧАНИЕ: **Если толщина оболочки превышает радиус округленна, то скругление не станет частью оболочки, поэтому в результате округления образуются острые кромки. То же самое относится к созданию фасок. Грани, выделенные для удаления, могут быть плоскими или изогнутыми. Но возможность создания оболочки путем удаления изогнутой грани зависит от того, насколько геометрия этой грани позволяет обеспечить заданную толщину стенок и удовлетворить другим геометрическим условиям.**

Если нужно создать оболочку на внешней стороне модели, установите флажок *Оболочка наружу*.

В *Solid Works* появилась возможность предварительного просмотра оболочки. Чтобы увидеть предварительный вид оболочки, нужно установить флажок *Показывать предварительный просмотр* в раздвижной панели ***Параметры*** менеджера свойств *Оболочка 1*.

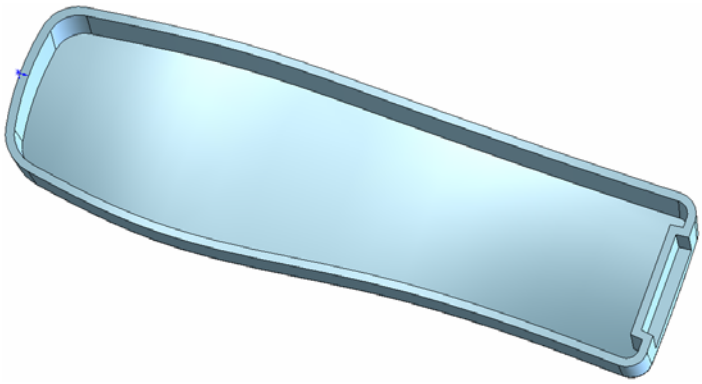


Рис. 5.61 Оболочка с малой толщиной стенок.

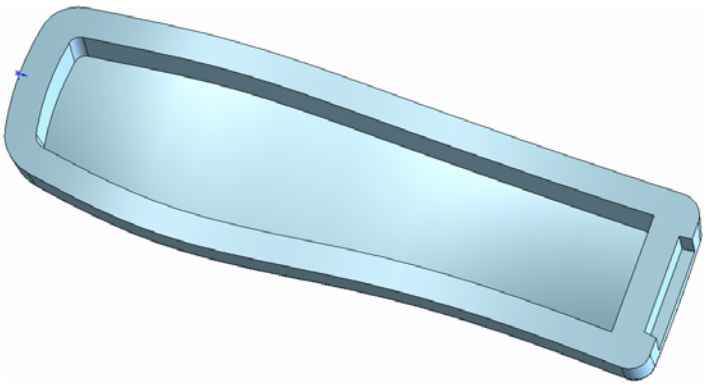


Рис. 5.62 Оболочка с большой толщиной стенок.

5.7.1. Создание оболочки со стенками разной толщины

Для разных граней оболочки можно задавать неодинаковые значения толщины.

1. Вызовите менеджер свойств *Оболочка1*;
2. Выделите грани, которые требуется удалить, и задайте однородную толщину (в рассматриваемом примере была установлена толщина стенок - 2 мм) с помощью счетчика *Толщина* в раздвижной панели ***Параметры***;
3. Щелкните в области выделения ***Грани с разной толщиной***, чтобы войти в режим выделения.
4. Выделите грани, для которых вы хотите задать другое значение толщины;
5. Установите нужное значение толщины в счетчике *С разной толщиной*, при этом, для каждой выбранной в этом списке граней можно устанавливать собственную толщину;
6. Щелкните на кнопке **ОК**.

Грани, выбранные для формирования оболочки с неодинаковой толщиной стенок, показаны на рис.5.63, а получившаяся оболочка — на рис.5.64.

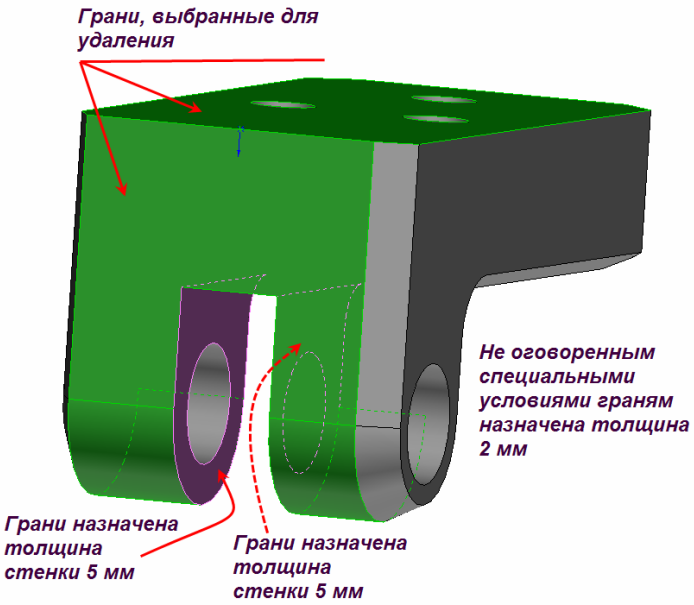


Рис. 5.63 Грани, выбранные для удаления и грани, которым назначена другая толщина.

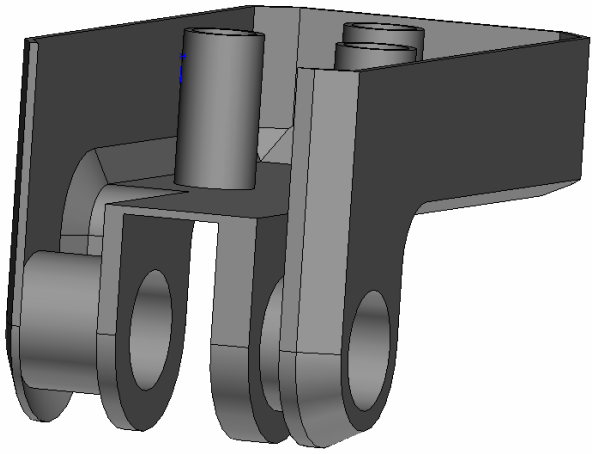


Рис. 5.64 Готовая оболочка с заданными параметрами толщин граней.

5.8 Создание элементов переноса

С помощью инструмента ***Перенос***[5] можно создать выпуклый либо вогнутый рельеф или рисунок в виде замкнутого многопетлевого эскиза на выбранной плоской либо изогнутой грани, касательной к плоскости эскиза. Такого рода геометрию можно также создать путем вытягивания эскиза от выбранной поверхности как выступа или выреза. Между двумя этими способами создания рельефов имеется два основных различия.

[5] В англоязычной версии *Solid Works* этот инструмент называется ***Wrap*** – свертывание (*англ.*).

Первое различие *— Метод Проецирования.*

При использовании инструмента ***Перенос*** соблюдается правило истинной длины, что означает, что фактическая длина геометрического элемента сохраняется при проецировании его на поверхность. При построении же вытянутого выступа или выреза в режиме **От** будет соблюдаться правило истинной проекции. Поэтому исходные размеры проецируемого объекта будут искажены.

Второе различие *— Направление боковых граней геометрического элемента.*

При использовании инструмента ***Перенос*** они всегда перпендикулярны справочной поверхности, а при построении вытянутого выступа или выреза в режиме **От** они будут перпендикулярны плоскости эскиза или параллельны вектору направления.

Рассмотрим вопросы использования данного инструмента на конкретном примере. Предположим, что нам необходимо воспроизвести на поверхности изделия *Корпус* надпись – фирменный знак предприятия-изготовителя – **NKMZ**. Данная деталь (см.рис.5.65) изготавливается методом литья, а потому буквы фирменного знака должны быть также отлиты на поверхности этого изделия. Представленная на рис.5.65 модель специально показана в режиме отображения ее кривизны, при этом, чем ровнее поверхность изделия, тем темнее его сторона. Плоские грани – абсолютно черные.

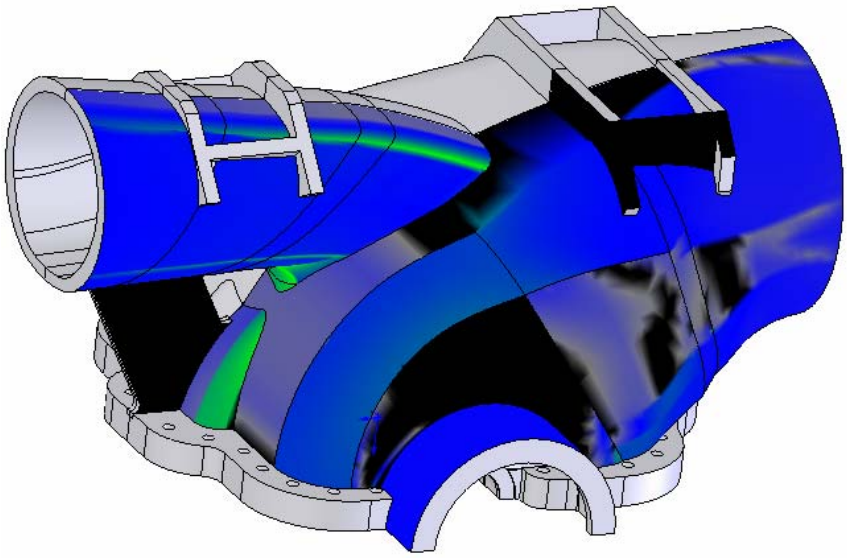


Рис. 5.65 Исходная модель изделия Корпус.

О том, как создать эскиз – ***Текст*** мы с Вами подробно говорили в Главе 2. Там, в частности шла речь о создании эскиза на плоской грани, а потому вопросов с созданием элемента *Текст* на плоских

поверхностях у нас быть не должно: создали эскиз и при помощи инструментов ***Вытянутая бобышка/Основание*** или ***Вытянутый вырез*** получили требуемый элемент модели.

Чтобы создать элемент типа ***Текст*** на криволинейной поверхности – необходимо как раз и использовать рассматриваемый нами инструмент ***Перенос.*** Для этого, учитывая особенности строения нашего изделия (см.рис.5.65):

1. Создадим дополнительную поверхность, параллельную плоскости разъема и расположенную выше грани, на которой должна быть сделана требуемая надпись (рис.5.66).

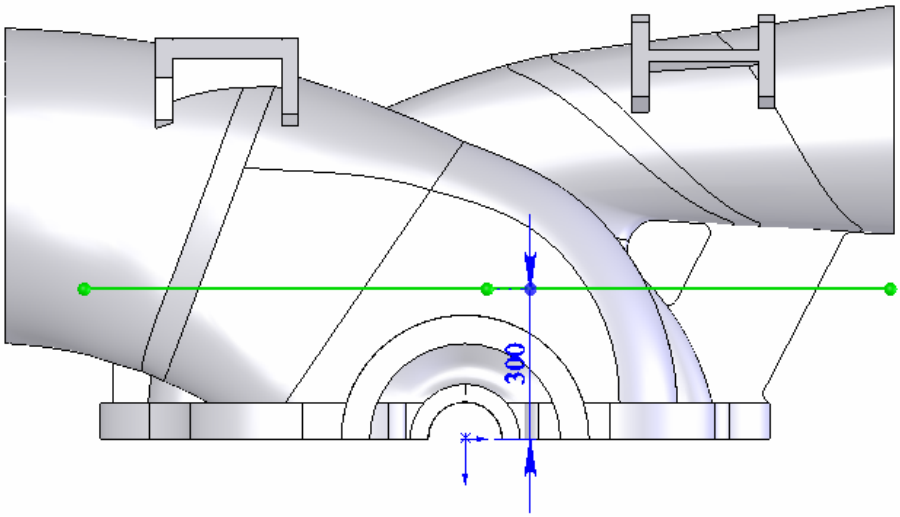


Рис. 5.66 Первый этап для получения выпуклой\вогнутой надписи на криволинейной поверхности – создание вспомогательной плоскости.

2. На созданной плоскости создадим эскиз – текст NKMZ.
3. Выберем для дальнейшей работы инструмент ***Перенос***, используя для этого один из вариантов:
   - Щелчком на кнопке *Перенос* в менеджере команд ***Элементы***;
   - Из **Главного меню**, используя путь: *Вставка → Элементы → Перенос;*
   - Из панели инструментов: *Элементы → Перенос.*

В любом случае откроется менеджер свойств *Сообщение*, и Вам будет предложено выделить плоскость или грань, на которой следует создать замкнутый контур или разместить существующий эскиз.

4. Выделим созданный только что нами эскиз – текст NKMZ, после чего появится менеджер свойств ***Переносить слова***, показанный на рис.5.67.

- По умолчанию на раздвижной панели *Параметры свертывания* выбран переключатель *Выступ*. В этом случае на поверхности модели создается выпуклый рельеф.
- Если же на раздвижной панели *Параметры свертывания* выбрать переключатель *Вырез,* то на выделенной плоской или изогнутой поверхности будет создан оттиск.
- При выборе переключателя *Разделить* эскиз проецируется на плоскую или изогнутую поверхность, разделяя ее на отдельные зоны, аналогично команде *Линия разъема*.

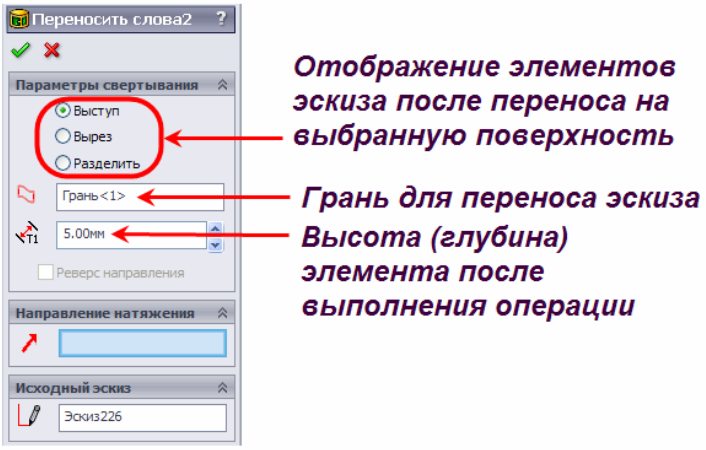


Рис. 5.67 Менеджер свойств Переносить слова

5. Выделим грань, на которой требуется создать рельеф. В графической области будет показан предварительный вид элемента переноса, созданного с параметрами по умолчанию.
6. Зададим с помощью счетчика *Толщина* высоту выступа элементов эскиза после выполнения данной операции (например, 5 мм).
7. Щелкнем на кнопке **ОК** в менеджере свойств ***Переносить слова.***

Эскиз элемента переноса и грань, выбранная для создания рельефа, показаны на рис.5.68, а окончательный результат действия инструмента ***Перенос*** представлен на рис. 5.69.

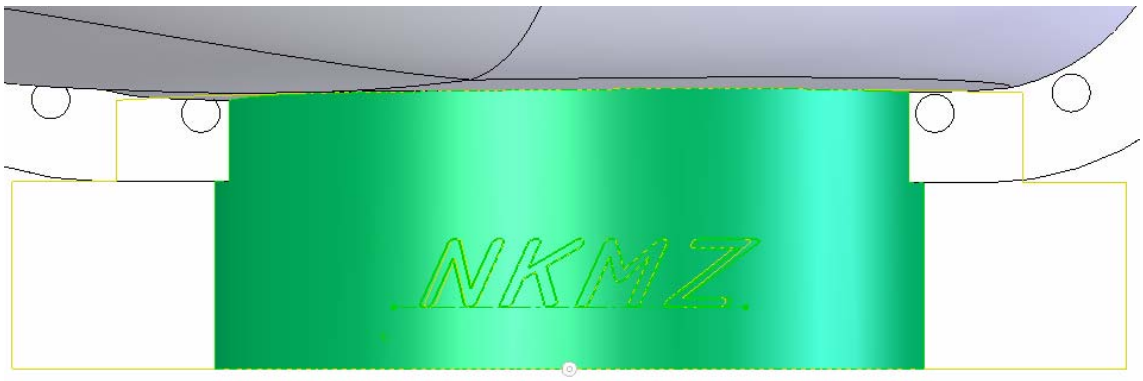


Рис. 5.68 Грань и эскиз текста для переноса на нее.

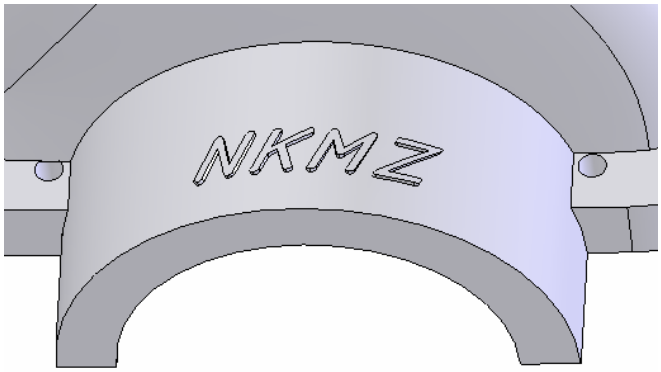


Рис. 5.69 Созданный при помощи инструмента ***Перенос*** *рельеф на цилиндрической поверхности.*

В особых случаях, когда требуется создать специфическое направление вытяжки рельефа, можно воспользоваться специальной возможностью, предоставляемой *Solid Works* и на раздвижной панели *Направление натяжения* (см.рис.5.67) задать направление проецирования эскиза.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

Ответьте на вопросы и сравните свои ответы с ответами, приведенными в конце этой главы.

1. С помощью менеджера свойств *Отверстие* можно создавать расцекованные отверстия, раззенкованные отверстия и резьбовые отверстия (Да/Нет).

2. Отверстия, созданные с помощью мастера отверстий и менеджера свойств *Отверстие*, не являются параметрическими (Да/Нет).

3. Мастер отверстий не позволяет создавать определяемые пользователем отверстия (Да/Нет).

4. Нельзя заранее выбрать кромки или грани для создания скругления (Да/Нет).

5. В *Solid Works* можно создавать оболочки со стенками неодинаковой толщины (Да/Нет).

6. Для создания оболочки на внешней стороне модели служит флажок .....

7. Путем задания различных радиусов вдоль выбранной кромки с заданными интервалами создается .....

8. Имена граней, выбранных для удаления при создании оболочки, отображаются в области выделения .....

9. Если требуется создать фаску с неодинаковыми расстояниями в двух направлениях, следует сбросить флажок .....

10. Для создания скругления с непрерывной кривизной служит флажок .....

11. Для создания стандартных отверстий служит инструмент .....

12. После задания всех параметров отверстия в диалоговом окне *Спецификация отверстия* открывается диалоговое окно ....., где можно указать местоположение отверстия.

13. Для создания плавного перехода между точками и вершинами на выбранной кромке, в которых задан радиус, следует выбрать переключатель .....

14. Параметры стандартного высверленного отверстия задаются на вкладке ..... диалогового окна *Спецификация отверстия*.

15. По умолчанию в менеджере свойств *Фаска* выбран переключатель .....

16. Если заранее выбрать плоскость для создания отверстия с

помощью *Мастера отверстий*, то результирующий эскиз будет:

1) Двумерным эскизом;

2) Плоским эскизом;

3) Сплайном Безье;

4) Трехмерным эскизом.

17. Для какого типа скруглений не задается радиус?

1) Скругление грани с линией сопряжения;

2) Скругление постоянного радиуса;

3) Скругление переменного радиуса;

4) Полное скругление.

18. В какое положение устанавливается переключатель раздвижной панели *Параметры переменного радиуса* для создания плавного перехода в скруглений с переменным радиусом?

1) Резкий переход;

2) Параметрический переход;

3) Плавный переход;

4) Поверхностный переход.

19. Если при создании оболочки не выбрать для удаления ни одну грань, что получится в результате?

1) Полная твердотельная модель;

2) Тонкостенная полая модель;

3) Автоматически будет удалена одна из граней;

4) Ни один из вышеперечисленных вариантов.

20. Как называется диалоговое окно, открывающееся при щелчке на кнопке *Мастер отверстий* в менеджере команд Элементы?

1) Отверстие;

2) Спецификация отверстия;

3) Отверстие под крепеж;

4) Параметры отверстия.

УПРАЖНЕНИЕ

В этом упражнении мы, на основе тех знаний, которые получили при рассмотрении данного раздела, создадим модель литой детали, показанную на рис.5.70. Размеры модели приведены на рис.5.71.

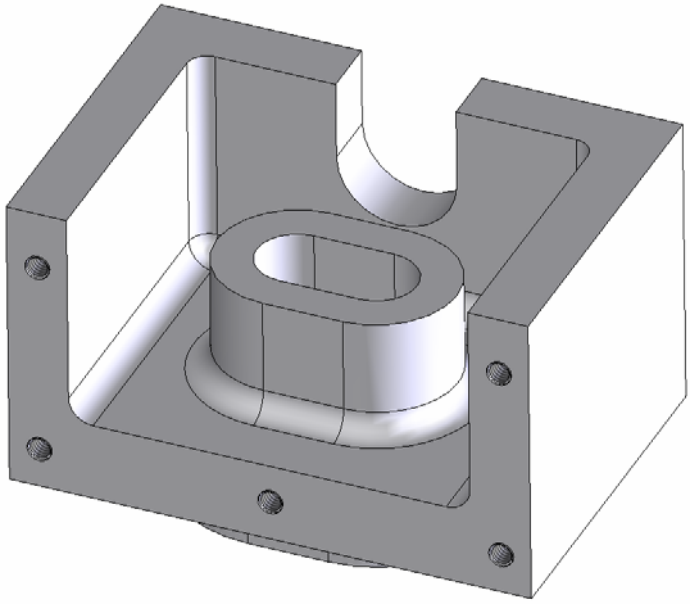


Рис. 0.1 Твердотельная модель для Упражнения 3

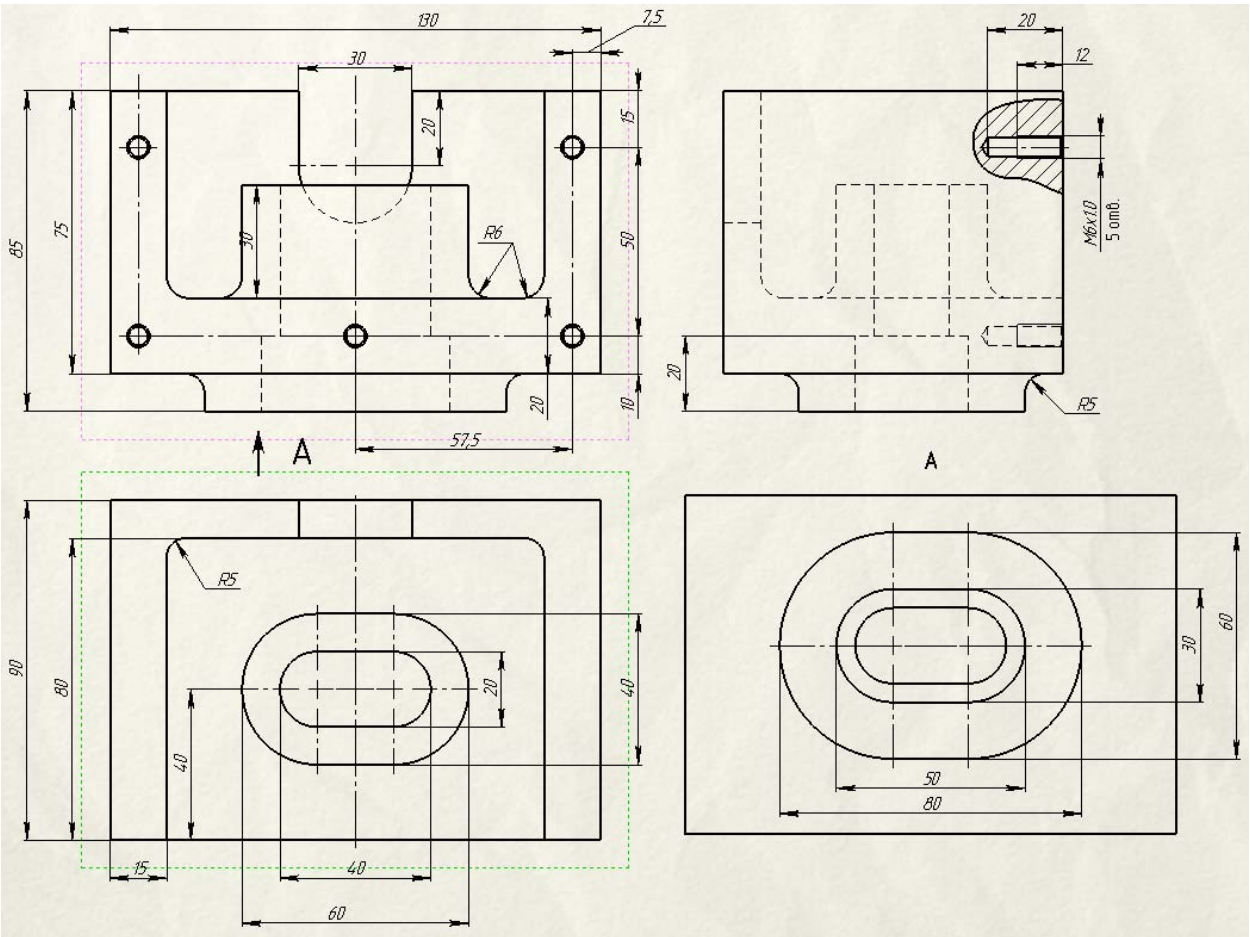


Рис. 0.2 Размеры твердотельной модели

Основной элемент детали.

Поскольку рассматриваемая деталь в качестве основного элемента конструкции имеет прямоугольный параллелепипед со стенками разной толщины, то и построение этого изделия также будем рассматривать с этих позиций.

1. Запустите *Solid Works* и создайте новый документ детали в диалоговом окне *Создание документа Solid Works*.
2. Постройте на плоскости ***Сверху*** эскиз *Прямоугольника* со сторонами 75х130 мм с центром в *Исходной*.
3. Построенный эскиз необходимо вытянуть на расстояние 90 мм, чтобы получить "заготовку" для будущего изделия.
4. Для выполнения следующей операции нам понадобится инструмент ***Оболочка*** , чтобы удалить не нужный нам объем материала внутри созданного параллелепипеда. Вызовем этот инструмент одним из известных нам по предыдущему разделу способов.
   4.1. В окне *Удалить грани* укажем на грани, показанные на рис.5.72, при этом параметру *Толщина* назначим значение 15 мм.
   4.2. Откроем раздвижную панель *Настройки – разная толщина* и в окне *Грани с разной толщиной* укажем грани, также показанные на рис.5.72, назначив им толщины 10 мм для грани ***А*** и 20 мм для грани ***Б*** (см. также рис.5.71).

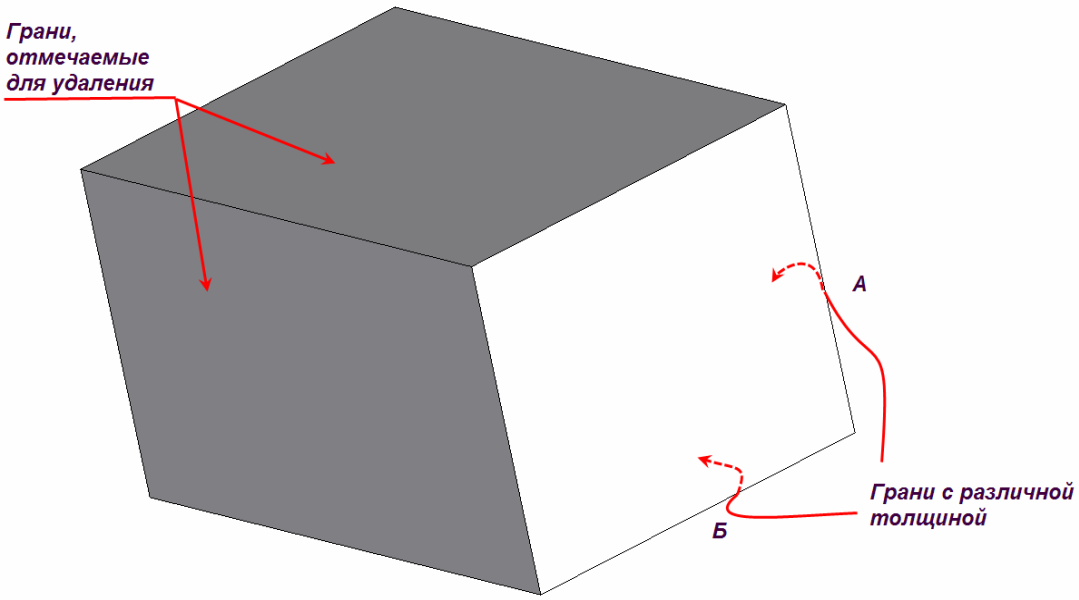


Рис. 0.3 Выбор граней для создания Оболочки.

5. Нажав **ОК** получи тело (см.рис.5.73) с удаленными двумя

гранями, но при этом толщина его стенок будет соответствовать заданным в задании.

6. При помощи инструмента ***Вытянутый вырез*** выполним паз на грани ***A*** (см.рис.5.72), создав предварительно на ней эскиз, соответствующий форме и местоположению будущего паза на выбранной грани.

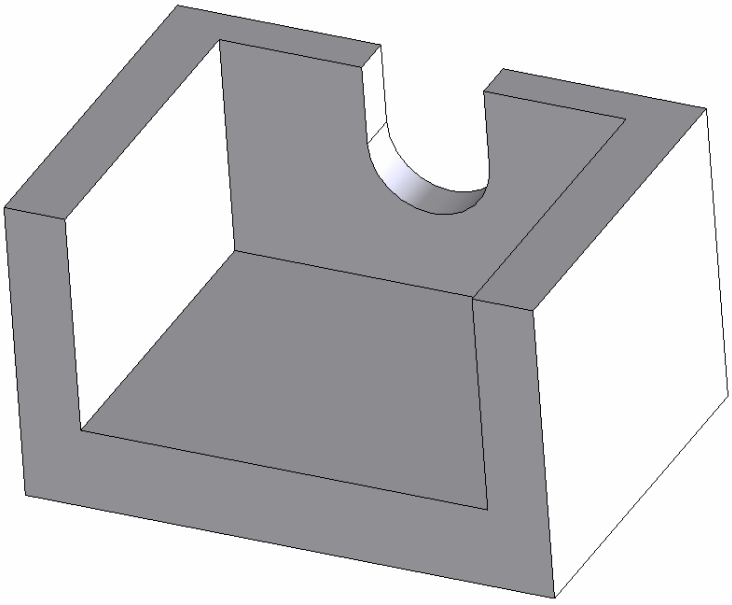


Рис. 0.4 Сформированное основание твердотельной модели.

Создание бобышек-приливов

1. Выберем внутреннюю грань созданного на предыдущих этапах Основания изделия и построим на ней эскиз бобышки, как это указано в задании (см.рис.5.71).

   Обращаю внимание на то, что в качестве эскиза мы рисуем только внешний контур бобышки, не смотря на то, что по заданию нам необходимо получить бобышку с отверстием. Так мы делаем потому, что вытягивание тонкостенной бобышки на этом этапе не имеет смысла, т.к. выбранная нами для создания эскиза грань – сплошная, а следовательно, все равно после придется резать в нем отверстие.

2. Выберем инструмент *Вставка → Бобышка/Основание → Вытянуть* и дадим определение созданному эскизу, вытянув его на 30 мм от плоскости построения.

3. Так как бобышка на противоположной грани стенки коллинеарная осям только что нами созданного элемента и отличается от него только лишь размерами, то воспользуемся для построения ее эскиза кромками уже имеющейся бобышки. Для этого:

3.1. Выберем внешнюю грань стенки Основания для создания на ней нового эскиза.

3.2. Подметим любую кромку уже построенной бобышки (рис.5.74).

3.3. Выберем для работы на *Панели инструментов эскиза* команду *Эквидистанта*, задав параметр эквидистанты 10 мм ($\frac{60-40}{2} = 10\ мм$, см.рис.5.71) и установим флажок *Выбрать цепочку*

3.4. Щелкнув по клавише **ОК** получим результат, представленный на рис.5.74.

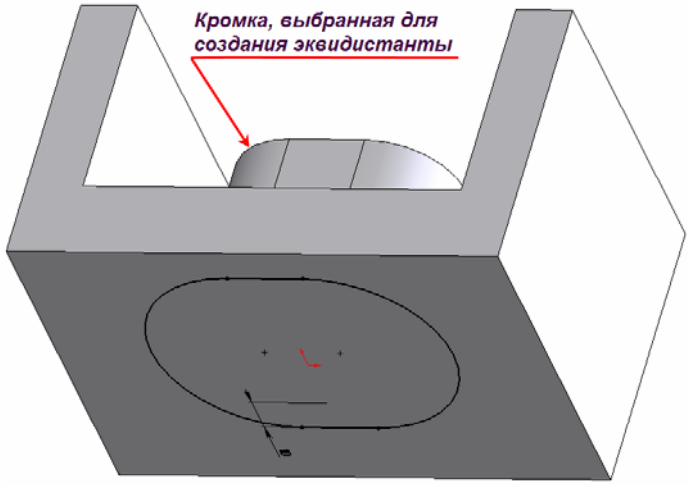


Рис. 0.5 Эскиз бобышки, созданный как эквидистанта кромки существующего элемента.

4. Выберем инструмент *Вставка → Бобышка/Основание → Вытянуть* и дадим определение созданному эскизу, вытянув его на 10 мм от плоскости построения.

5. Поскольку отверстия в созданных только что бобышках представляют собой эквидистантные кривые, то и эскизы для них также создадим используя принцип подхода, описанного выше для эскиза бобышки на внешней грани стенки Основания.

6. Выбрав в качестве плоскости для построения эскиза торцевую грань внешней бобышки, создадим на ней:

   6.1. Эскиз отверстия, с эквидистантой 10 мм к кромке внутренней бобышки Основания.

   6.2. Эскиз отверстия, с эквидистантой 15 мм к кромке внешней бобышки Основания.

7. Выберем инструмент *Вставка → Вырез → Вытянуть* и дадим определение созданным эскизам:

7.1. Первому эскизы зададим параметр *Насквозь*.

7.2. Второй эскиз вытянем на глубину 20 мм, как это определено заданием (см.рис.5.71).

8. Результат построения – разрез по оси бобышек - представлен на рис.5.75.

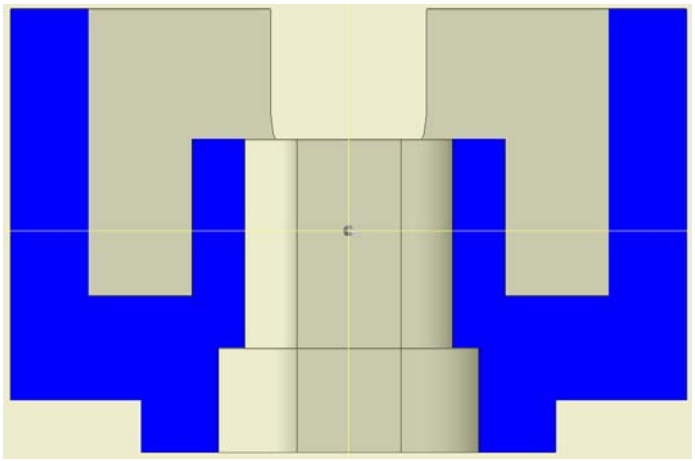


Рис. 0.6 Отверстия, созданные в бобышках Основания.

Создание глухих отверстий под крепеж

Для установки в твердотельной модели таких элементов, как глухие отверстия под крепеж, воспользуемся инструментом *Мастер отверстий под крепеж*, а поскольку таких отверстий, расположенных в торцевой стенке изделия несколько, то их местоположение будет определять *Массив, управляемый эскизом*.

Рассмотрим выполнение этой операции более детально.

1. Выберем стенку, на которой необходимо создать массив глухих отверстий, и построим на ней точечный эскиз. Точки эскиза будут указывать места расположения, в последующем, глухих отверстий (рис.5.76). Другими словами, мы с Вами сейчас выполнили работу разметчика в цехе, при этом на представленном рисунке видны условия взаимосвязей, наложенных на точки эскиза.

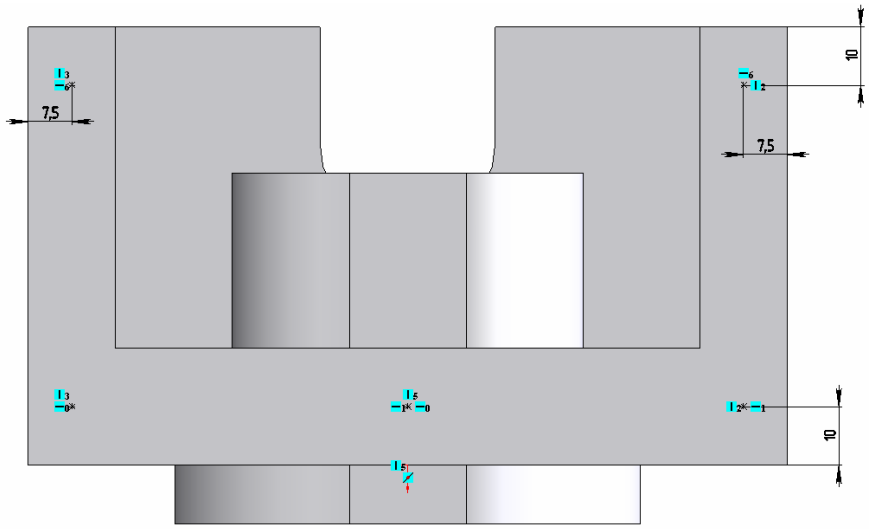


Рис. 0.7 Эскиз разметки отверстий под крепеж.

2. Выйдем из эскиза.
3. Щелкнем левой клавишей в любой точке той же грани, где только что создавали точечный рисунок. Грань подсветится зеленым цветом, а место клика будет содержать светло-зеленую точку.
4. Выберем для построения глухих отверстий под крепеж на панели *Элементы → Отверстия под крепеж.*
5. В разделе ***Тип***, назначим параметры отверстия обработанного метчиком, в соответствии с требованиями задания (см.рис.5.71):
   5.1. Диаметр отверстия – *М6*;
   5.2. Глубина сверления отверстия – 20 мм;
   5.3. Глубина нарезки резьбы – 12 мм.
6. Перейдем в раздел ***Расположение*** и определим местоположение создаваемого отверстия. Для этого:
   6.1. Выберем на *Панели Инструментов эскиза* команду ***Добавить взаимосвязь***.
   6.2. Выберем любую точку эскиза, созданного в п.1 и точку, определяющую на предварительном просмотре центр создаваемого отверстия.
   6.3. Назначим для выбранных объектов условие взаимосвязи – ***Совпадение***.
7. Нажмем клавишу **ОК**, чтобы завершить работу команды. Результат представлен на рис.5.77.

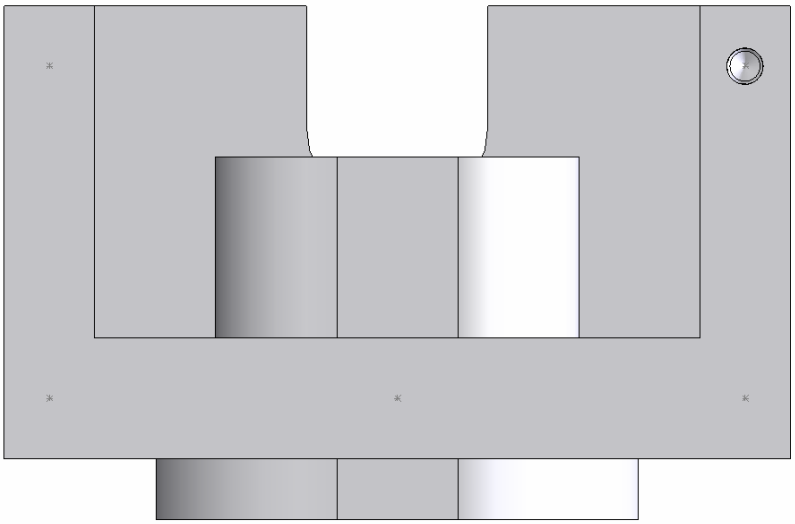


Рис. 0.8 Глухое отверстие под крепеж, установленное в выбранном месте стенки Основания.

8. Выберем на *Панели Инструментов* ***Элементы*** или из **Главного меню** *Вставка → Массив/Зеркало → Массив, управляемый эскизом.*

9. В окне раскрывающейся панели *Копировать элементы* укажем на только что созданное глухое отверстие под крепеж, выбрав его либо в *Дереве проекта*, либо указав его щелчком левой клавиши непосредственно в **Графической области** (см.рис.5.77).

10. На панели *Выбор* в окне *Справочный эскиз* укажем на точечный эскиз разметки отверстий (см.рис.5.76), установив параметр построения – *Центроида*. Предварительный просмотр выполнения операции построения покажет расположение будущих отверстий на поверхности грани. Центра создаваемых массивом отверстий будут совпадать с точками созданного ранее эскиза разметки.

11. Нажмем клавишу **ОК** для завершения команды.

12. При помощи инструмента ***Скругление*** выполним скругление кромок Основания, как это определено заданием (см.рис.5.71). Окончательный результат представлен на рис.5.78, при этом он полностью совпадатет с моделью, представленной на рис.5.70, в начале Упражнения 3.

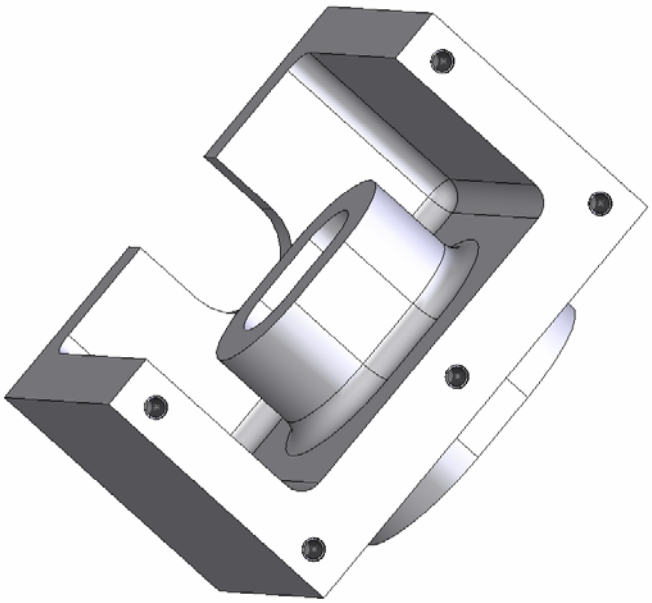
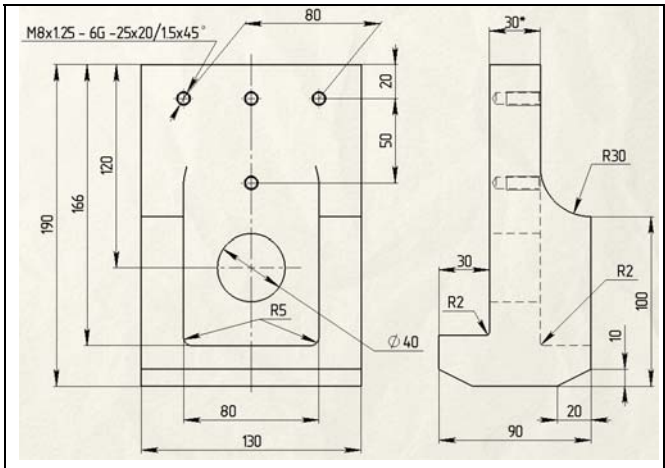
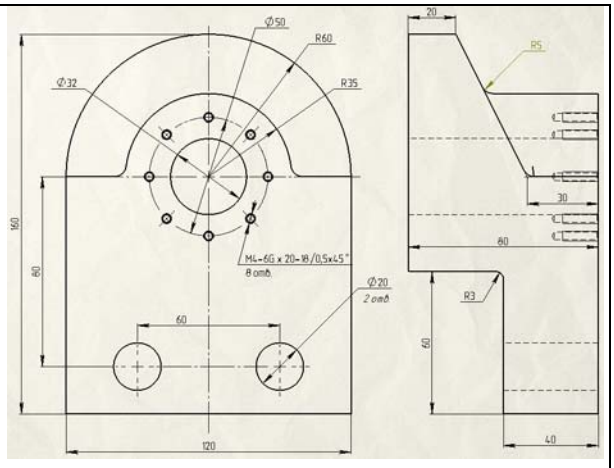


Рис. 0.9 Окончательная модель Основания.

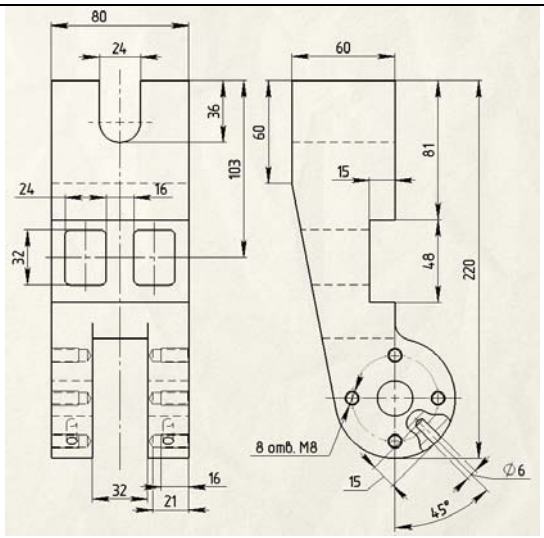
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.



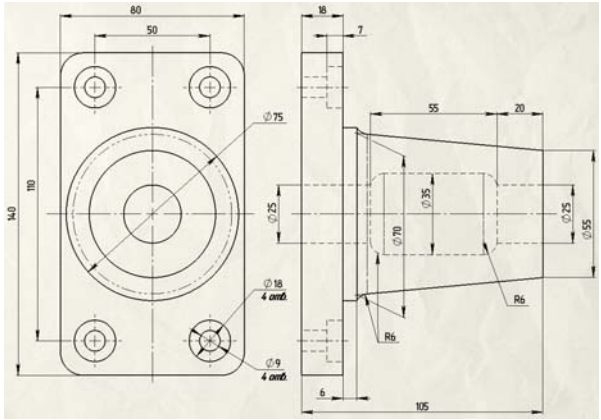
Вариант №1



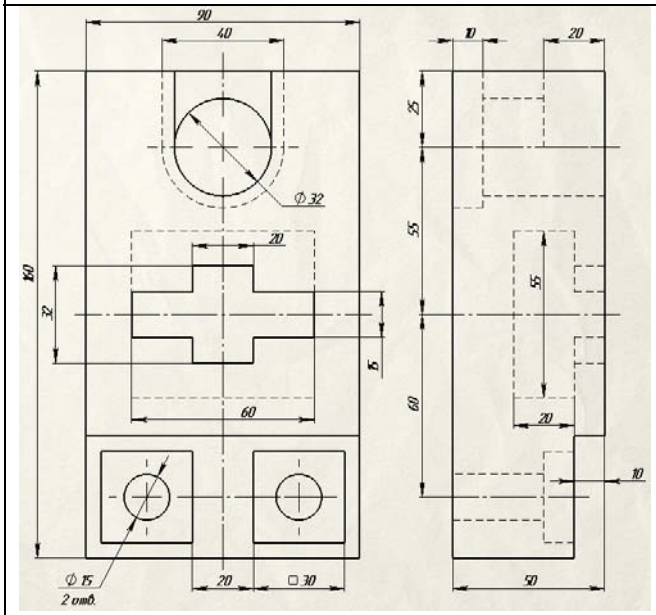
Вариант №2



Вариант №3



Вариант №4



Вариант №5

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Да.
2. Нет.
3. Нет.
4. Нет.
5. Да.
6. Оболочка наружу.
7. Скругление переменного радиуса.
8. Удалить грани.
9. Равные расстояния.
10. Непрерывная кривая.
11. Отверстие под крепеж.
12. Расположение.
13. Настройки для уменьшенного скругления.
14. Тип.
15. Угол.
16. Двумерным эскизом.
17. Полное скругление.
18. Плавный переход.
19. Тонкостенная полая модель.
20. Спецификация отверстия.

Глава 6

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОПИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Содержание

Глава 6. Специальные инструменты копирования элементов..... 291

Зеркальное отражение 291

Зеркальное отражение элементов 292

Зеркальное отражение граней 295

Зеркальное отражение с геометрическим массивом и без него . 296

Зеркальное отражение тел 298

Массивы элементов..... 300

Создание линейного массива 301

Одномерный линейный массив..... 302

Двумерный линейный массив 304

Пропуск экземпляров 306

Создание кругового массива элементов 308

Создание массива, управляемого эскизом 310

Массив, управляемый эскизом, с использованием центроиды... 313

Массив, управляемый эскизом, с использованием выделенной точки 313

Создание массива, управляемого кривой 313

Создание массива, управляемого таблицей 317

6. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОПИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ.

Изучив материал предыдущих глав, в особенности познакомившись с материалами, изложенными в предыдущей главе, Вы уже можете приступать к проектированию относительно не сложных компонентов. Однако, для того чтобы построить, пусть даже и не очень сложную модель, порой приходится сталкиваться с некоторыми специфическими вопросами построения отдельных ее частей.

Рассмотрению вопросов построения этих важных элементов и будут посвящены разделы данной главы.

6.1. *Зеркальное отражение*

С понятием "Зеркальное отражение" мы с Вами уже знакомились, изучая вопросы построения эскиза. Однако не всегда можно решить задачу моделирования изделия, задавая конфигурацию ее профиля еще на стадии формирования эскиза будущего изделия. В этом случае прибегают к методике построения одного сложного элемента конструкции, с последующим зеркальным отображением его относительно выбранных плоскостей (граней), используя при этом такой инструмент *Solid Works*, как ***Зеркальное отражение***.

Инструмент ***Зеркальное отражение***, как и многие другие инструменты, с которыми мы уже знакомы, равно как и те, с которыми нам только предстоит познакомиться, весьма многообразен, имеет широкий спектр используемых в работе функций и служит для симметричного копирования выделенного элемента, грани или тела относительно заданной плоскости, называемой *зеркальной плоскостью*. Роль *зеркальной плоскости* может играть существующая или же специально созданная справочная плоскость или плоская грань.

Выбрать для использования инструмент ***Зеркальное отражение*** можно одним из уже ранее известных нам способов:

- В *Command Manager (Менеджере команд)*

  Элементы → Зеркальное отражение

- Из **Главного меню**

  Вставка → Массив/Зеркало → Зеркальное отражение

- Из *Панели инструментов*

Элементы → Зеркальное отражение

При этом откроется Менеджер свойств *(Property Manager) Зеркальное отражение*, изображенный на рис.6.1.

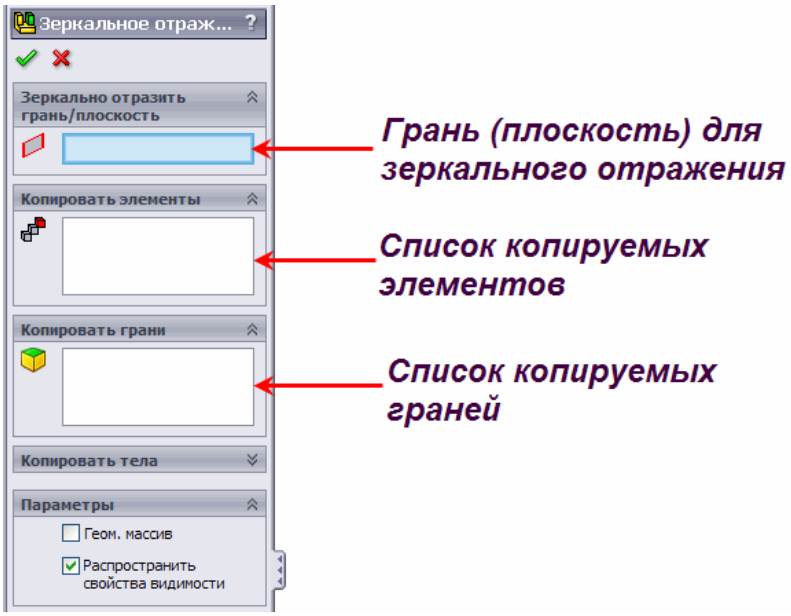


Рис. 6.1 Менеджер свойств инструмента Зеркальное отражение.

Как уже было сказано, с помощью инструмента ***Зеркальное отражение*** можно отражать:

- *Элементы,*
- *Грани* и
- *Тела.*

Ознакомимся с принципами работы данного инструмента на конкретных примерах, отражающих специфику ее использования для оговоренных элементов конструкции моделируемого тела.

Зеркальное отражение элементов

Это наиболее востребованная операция при выполнении инженерно-графических работ, используемая конструктором в его работе. В качестве примера области применения при проектировании инструмента ***Зеркальное отражение*** рассмотрим изделие, представленное на рис.6.2.

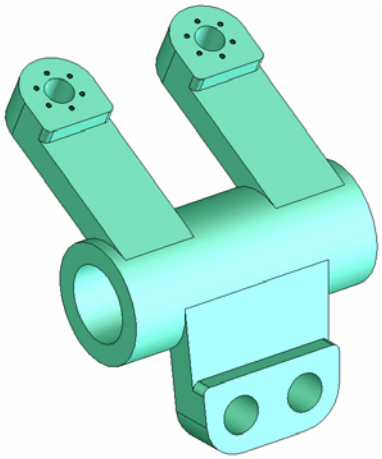


Рис. 6.2 Рычаг с двумя симметричными упорами

Не трудно заметить, что представленное изделие имеет два одинаковых упора, расположенных симметрично относительно центральной оси данного рычага. В этой связи, с целью снижения затрат времени на проектирование подобного элемента, более рациональным подходом при моделировании будет концентрация усилий, направленная на исполнение первого (одного) упора с последующим копированием его при помощи инструмента ***Зеркальное отражение*** .

Не вдаваясь в подробности построения "заготовки" рассматриваемой модели, пусть мы имеем изделие в том его состоянии, как оно представлено на рис.6.3.

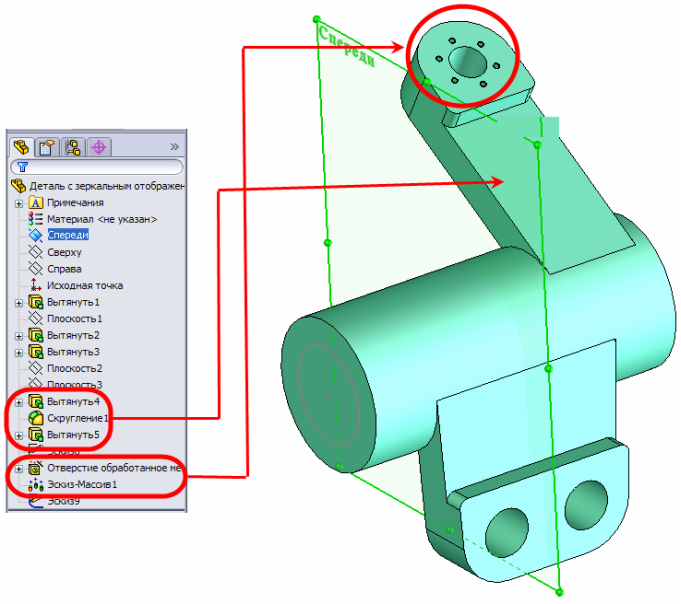


Рис. 6.3 Элементы, подлежащие зеркальному отображению относительно плоскости Спереди.

Чтобы зеркально отразить указанные на рис.6.3 элементы, вызовите *Менеджер свойств* ***Зеркальное отражение*** (см.рис.6.1).

1. В окне раскрывающейся панели *Зеркально отразить грань\плоскость* нужно указать на плоскость (или грань), в которой как в зеркале "отразятся" выбранные элементы. В нашем примере таковой является плоскость *Спереди*, которую удобно выбрать в *Дереве конструирования Feature Manager* (см.рис.6.3).
2. После того, как будет назначена поверхность исполняющая роль зеркала, активизируется (помечается цветом) область выделения *Зеркально отобразить элементы,* раскрывающейся панели ***Копировать элементы***, где размещается список элементов для зеркального отображения. Для формирования этого списка необходимо указать (**в любом порядке!)** копируемые элементы непосредственно в **Графической области**, либо, открыв *Дерево конструирования Feature Manager,* выбрать эти же элементы из него.
3. По мере формирования списка копируемых элементов, в **Графической области** будет отображаться в предварительном просмотре формирующееся изделие, как это показано на рис.6.4.

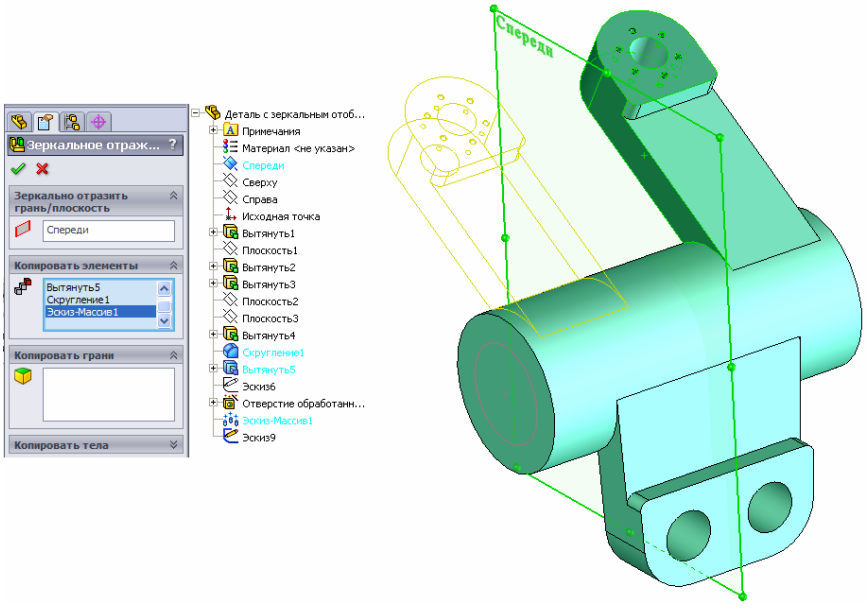


Рис. 6.4 Формирование списка копируемых зеркальным отображением элементов и их предварительный просмотр в ***Графической области****.*

4. Для завершения работы с выбранными элементами инструмента ***Зеркальное отражение*** достаточно

нажать клавишу **ОК**, чтобы получить результат, представленный на рис.6.2 в начале данного раздела.

ПРИМЕЧАНИЕ: ***Зеркальную плоскость или грань, а также отражаемые элементы можно выделить до вызова менеджера свойств Зеркальное отражение.***

Зеркальное отражение граней

Поскольку любой построенный в **Графической области** элемент имеет грани, описывающие его форму, то вполне логичным является и тот факт, что при зеркальном отображении можно использовать именно такое описание элементов, т.е. зеркально отображать грани копируемых элементов.

Чтобы зеркально отразить грань, необходимо:

1. Вызвать *Менеджер свойств* ***Зеркальное отражение*** (см.рис.6.1).
2. Выделить плоскость или плоскую грань, относительно которой будут отражены выбранные грани.
3. В раскрывающейся панели ***Копировать грани*** активизировать окно *Зеркально отобразить грани* и выделить требуемые грани. **Выделенные грани должны образовывать замкнутое тело**, в противном случае зеркальное отражение невозможно.

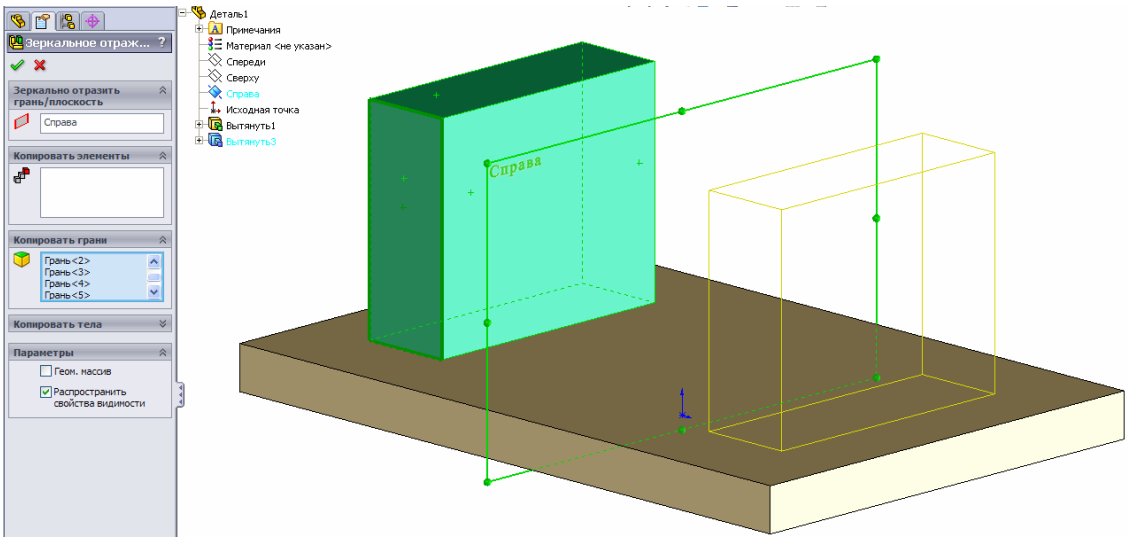


Рис. 6.5 Плоскость Справа, грани, выбранные для зеркального отображения и их предварительный просмотр в ***Графической области****.*

4. Чтобы завершить операцию отражения, щелкните на кнопке **ОК** в *Менеджере свойств* ***Зеркальное отражение*** .

Сравнивая оба варианта копирования элементов, используя различные способы описания их геометрического представления, можно заметить, что при зеркальном отображении элементов, через отображение их граней процедура копирования более трудоемка. Однако, в отдельных случаях, при проектировании сложного изделия, имеющего ярко выраженную топографию поверхности, такой метод копирования является единственно возможным для достижения поставленной цели.

При *Зеркальном отображении граней* следует помнить об условиях, которые необходимо принимать во внимание, выполняя эту процедуру:

- Зеркальные копии граней должны совпадать с телом исходной детали.
- Зеркальные копии граней не должны появляться на иных гранях, кроме исходной.
- Выделенные грани не должны образовывать сложную геометрию.
- Выделенные грани не должны лежать более чем на одной грани.
- Выделенные грани должны образовывать замкнутое тело.

При невыполнении этих требований *Solid Works* выдаст сообщение об ошибке.

Зеркальное отражение с геометрическим массивом и без него

При создании отраженного элемента можно использовать так называемый геометрический массив. Эта функция включается флажком *Геометрический массив* в раздвижной панели ***Параметры***, как показано на рис.6.6.

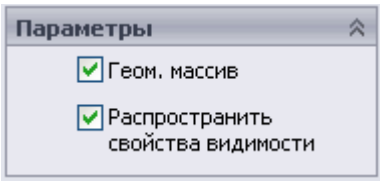


Рис. 6.6 Раздвижная панель ***Параметры***

По умолчанию флажок *Геометрический массив* сброшен. Поэтому, если Вы зеркально отражаете элемент, имеющий взаимосвязь с каким-то другим элементом, эта же взаимосвязь будет применена к отраженному элементу.

Рассмотрим, в качестве примера, вариант зеркального отображения вытянутого выреза, выполненного с граничным условием *На расстоянии от поверхности*. Создавая зеркальное отображение данного выреза относительно некоторой плоскости со снятым флажком *Геометрический массив,* установленная для исходного элемента взаимосвязь будет полностью применима и для отображенного выреза (рис.6.7). В результате дно выреза будет копировать профиль ограничивающей ее грани с заданным по условию построения отступом.

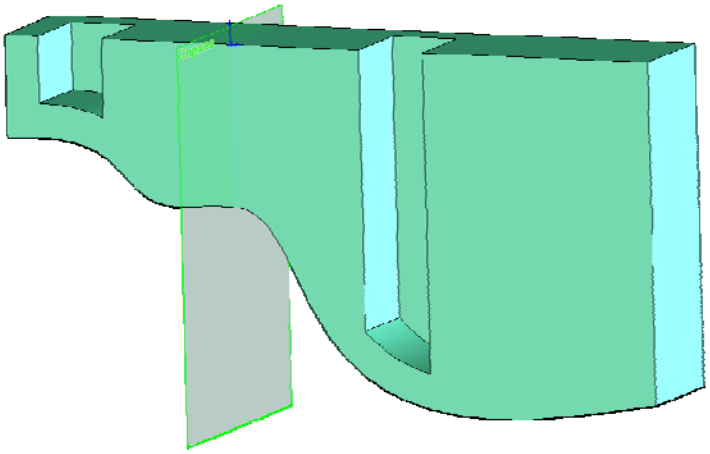


Рис. 6.7 Зеркальное отображение элемента Вытянутый вырез со снятым флажком Геометрический массив.

Если же флажок *Геометрический массив* установить, в процессе создания зеркально отраженного элемента, то в этом случае зеркально отраженный элемент не будет зависеть от имеющихся взаимосвязей. Результатом будет просто точная копия выделенных элементов. На рис.6.8 изображен зеркально отраженный элемент, созданный при установленном флажке *Геометрический массив*.

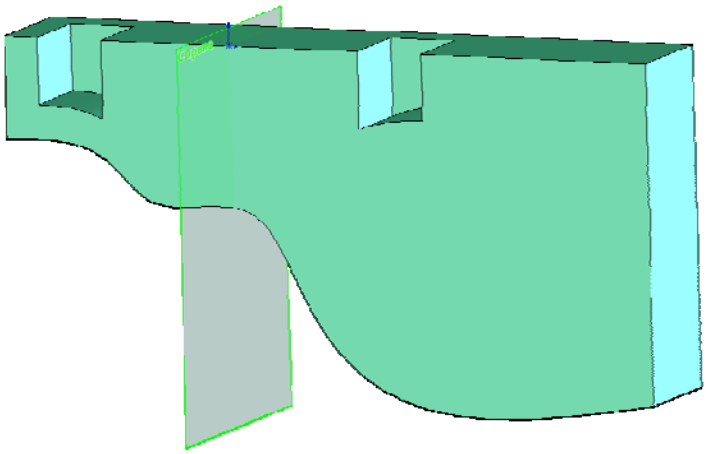


Рис. 6.8 Зеркальное отображение элемента Вытянутый вырез с установленным флажком Геометрический массив.

Другими словами, *Геометрический массив* применяется только в тех случаях, когда необходимо отразить только геометрию элемента (его кромки, грани), а не весь элемент в целом.

Зеркальное отражение тел

Порой, при проектировании сложных изделий, а также при создании моделей деталей в контексте сборки, о чем будет вестись речь далее, при рассмотрении вопросов создания сборок, возникает необходимость построения так называемых, многотельных моделей деталей. Документы таких деталей могут содержать несколько твердых тел. Например, при проектировании колеса со спицами известны требования к ободу и оси. Однако не известно, как проектировать спицу. Используя многотельные детали, можно создать обод и ось, а затем создать спицу для соединения с этими телами.

А уж коль *Solid Works* поддерживается режим многотельных моделей, то с помощью инструмента ***Зеркальное отражение*** можно также отражать не связанные между собой тела. Причем, во многих случаях только этим способом можно построить требуемую модель изделия, т.к. в результате зеркального отражения будут получаться несколько, не связанных между собой, твердых тел. Данное обстоятельство в принципе противоречит понятию *деталь*, т.к. в нашем понимании деталь содержит одно тело, а если тел несколько, то это уже несколько деталей, возможно объединенных в сборку посредством взаимосвязей.

Рассмотрим вопрос зеркального отражения тел на примере построения изделия *Дверная ручка* (рис.6.9). Особенностью построение данного изделия является то, что при его создании известно расстояние между осями его стоек, с которых и начинается моделирование, но при этом отсутствует соединяющая эти два элемента деталь – сама ручка.

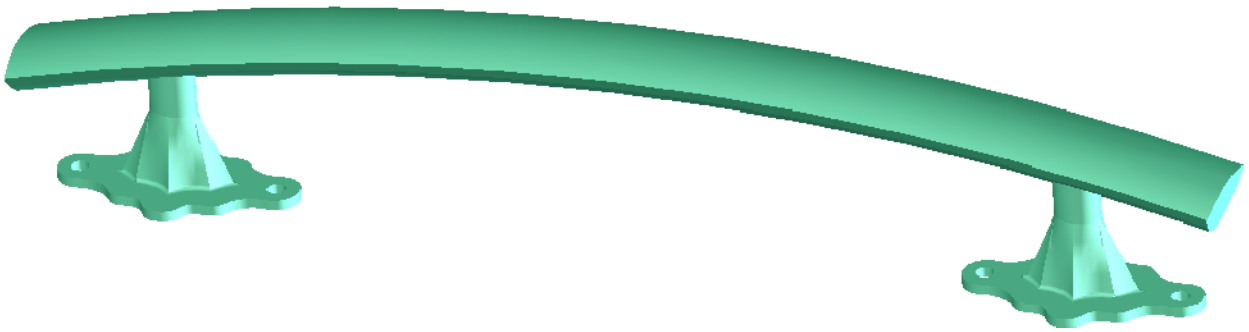


Рис. 6.9 Модель изделия Дверная ручка

Учитывая сложность замысла дизайнера в плане исполнения формы стоек дверной ручки, их оригинальность исполнения, будет естественным с самого начала смоделировать только одну стойку этого изделия, а затем выполнить ее зеркальное отражение относительно

некоторой вспомогательной плоскости, находящейся посередине между стойками дверной ручки (рис.6.10).

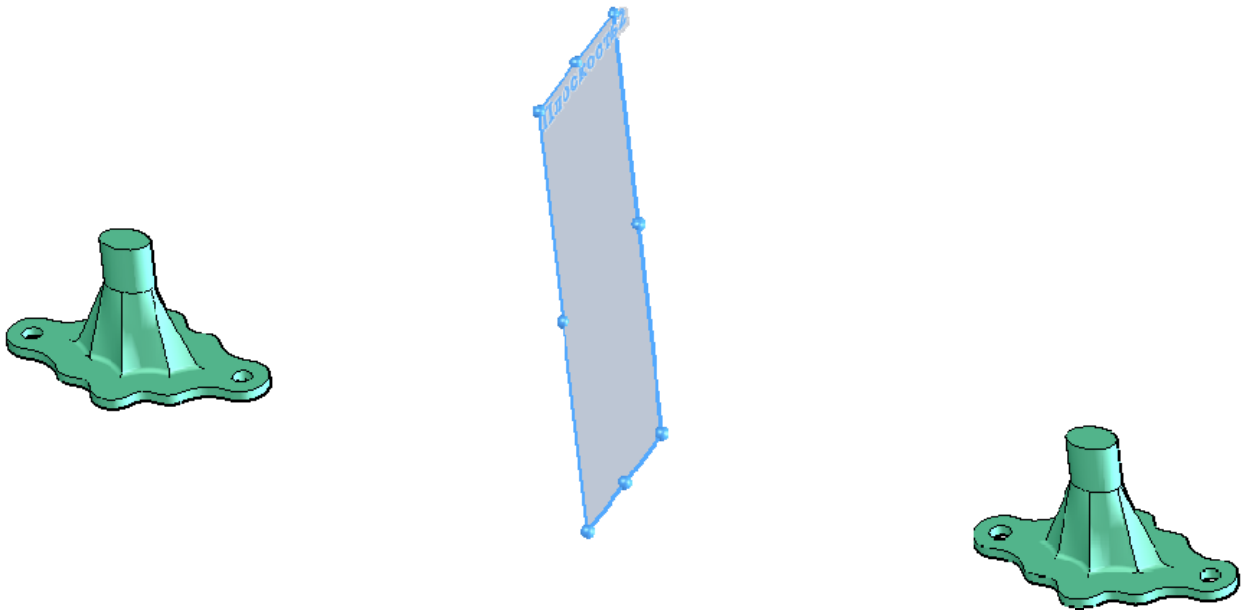
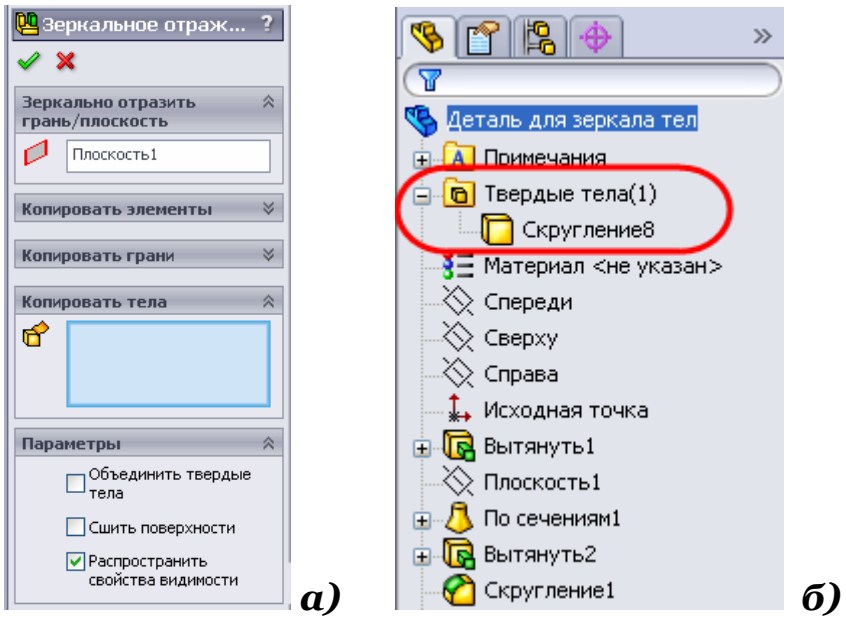


Рис. 6.10 Зеркальное отражение стойки относительно вспомогательной плоскости.

Чтобы зеркально отразить тело относительно некоторой плоскости, необходимо выполнить следующие действия:

1. Вызовите менеджер свойств ***Зеркальное отражение*** (рис.6.11, а) и выделите плоскость или плоскую грань, которая будет служить зеркальной плоскостью отражения.



а) ***б)***

Рис. 6.11 Менеджер свойств инструмента Зеркальное отражение и выбор твердого тела для его зеркального отражения

2. Откройте раздвижную панель *Копировать тела* и выделите нужное тело в папке *Твердые тела* (рис.6.11, б). Имя выделенного тела появится в области выделения *Отразить твердые/поверхностные тела*.

3. Снимите флажок с параметра *Объединить твердые тела* (рис.6.11, а). В противном случае операция не сможет быть выполнена, ввиду того, что между объектами копирования будет располагаться пустота, и *Solid Works* укажет Вам на это в виде сообщения об ошибке.

Параметр *Сшить поверхности* (рис.6.11, а) используется при зеркальном отражении поверхностей. Если флажок *Сшить поверхности* установлен, то зеркально отраженное и исходное тела будут «сшиты» друг с другом. Более подробно о поверхностях и поверхностных телах вы узнаете из последующих глав.

4. В **Графической области** будет показан предварительный вид отраженного тела (см.рис.10).

5. Щелкните на кнопке **ОК** в менеджере свойств ***Зеркальное отражение*** .

ПРИМЕЧАНИЕ: ***Если Вы измените исходный элемент, грань или тело, такое же изменение произойдет с зеркально отраженным элементом, гранью или телом.***

Если Вы хотите зеркально отразить все элементы модели, используя область выделения Отразить элементы, необходимо выделить все элементы. Если же вы хотите использовать область выделения Отразить тела, то необходимо выбрать тело в папке Твердые тела. При этом зеркальному отражению подвергнутся все элементы, входящие в данное тело.

6.2. Массивы элементов

Отдельную, большую группу команд, осуществляющих копирование элементов модели, составляют инструменты, создающие массивы элементов (по образу массивов в *Эскизе*), т.е. располагающие их в определенном порядке, оговоренном типом создаваемого массива и правилами его формирования. Но, в отличии от "плоского массива", с которым мы уже имели дело при рассмотрении вопросов построения эскиза, массивы элементов имеют больше типов их формирования.

В *Solid Works* предусмотрены такие типы массивов, как:

- ***линейные массивы,***
- ***круговые массивы,***

- ***массивы, управляемые эскизом,***
- ***массивы, управляемые кривой и***
- ***массивы, управляемые таблицей.***

Рассмотрим все указанные типы массивов в установленном выше порядке.

6.3. *Создание линейного массива*

Прежде чем создавать линейный массив элементов, необходимо уже иметь хотя бы один такой элемент. Рассмотрим вопрос формирования линейного массива на примере создания массива глухих отверстий под крепеж в некоторой корпусной детали.

Чтобы создать линейный массив, необходимо выбрать данный инструмент одним из доступных (или удобных Вам) способов: щелкните на кнопке *Линейный массив* в менеджере команд ***Элементы*** или выберите в **Главном меню** команду *Вставка → Массив/Зеркало → Линейный массив*.

Откроется менеджер свойств *Линейный массив* (рис.6.12) и появится область подтверждения .

Как видно из представленного рисунка, линейным массивом могут быть размножены *Элементы, Грани* и *Тела*. Кроме того, массив может быть как одно-, так и двумерным. Рассмотрим все особенности формирования различных типов линейного массива.

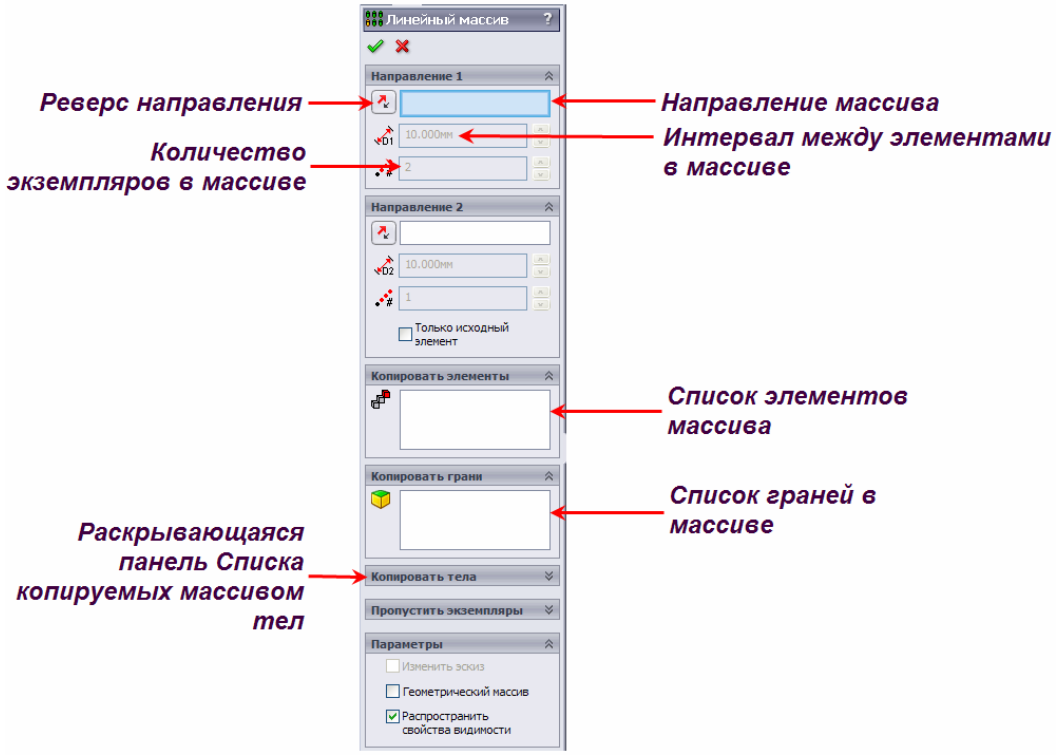


Рис. 6.12 Менеджер свойств Линейный массив.

Одномерный линейный массив

Одномерный линейный массив – это, говоря языком математики, матрица-строка или матрица-столбец копируемых элементов. При вызове менеджера свойств *Линейный массив* по умолчанию открываются раздвижные панели *Направление 1*, *Копировать элементы* и *Копировать грани* (см.рис.6.12).

Для удобства пользования инструментом *Линейный массив* я рекомендую Вам следовать не традиционным путем назначения параметров, сверху вниз по *Менеджеру свойств*, а сначала выделить те элементы, грани или тела, которые будут подвержены копированию массивом. Это необходимо сделать в самом начале, потому что назначая параметры ***Направления 1*** (см.ниже) в **Графической области** в режиме реального времени будет отображаться предварительный вид создаваемого массива (рис.6.13), а, следовательно, массивом можно оперативно управлять еще на стадии его формирования.

Следует заметить, что при раскрытии окна *Копировать тела* окна *Копировать элементы* и *Копировать грани* (см.рис.6.12) автоматически скрываются, т.к. в понятие *Тело* включаются все грани и элементы, принадлежащие данному телу.

В открывшейся по умолчанию панели ***Направление 1*** Вам предлагается выделить линейную кромку или ось, задающие направление заполнения массива, при этом вовсе не обязательно, чтобы выбираемая кромка принадлежала грани, на которой будет располагаться будущий массив элементов. Главное правило выбора кромки или оси, определяющей направление распространения массива – для направления массива подходит любая кромка модели, совпадающая с требуемым направлением распространения массива.

Как только Вами будет выбрана кромка, определяющая направление массива (е имя появится в области выделения *Направление массива*), автоматически откроются для редактирования окна *Интервал* и *Количество экземпляров* (на рис.6.12 эти окна "замылены"), в которых следует установить соответствующие параметры линейного массива.

Также, на изображении модели (рис.6.13) направляющий элемент (в нашем случае – передняя кромка изделия) будет показан зеленым цветом, и рядом с ним будет отображаться выноска ***Направление 1*** с двумя полями ввода, в которых указано количество экземпляров в массиве и интервал между ними. Между прочим, эти поля можно использовать для ввода параметров массива, наряду с окнами *Менеджера свойств*.

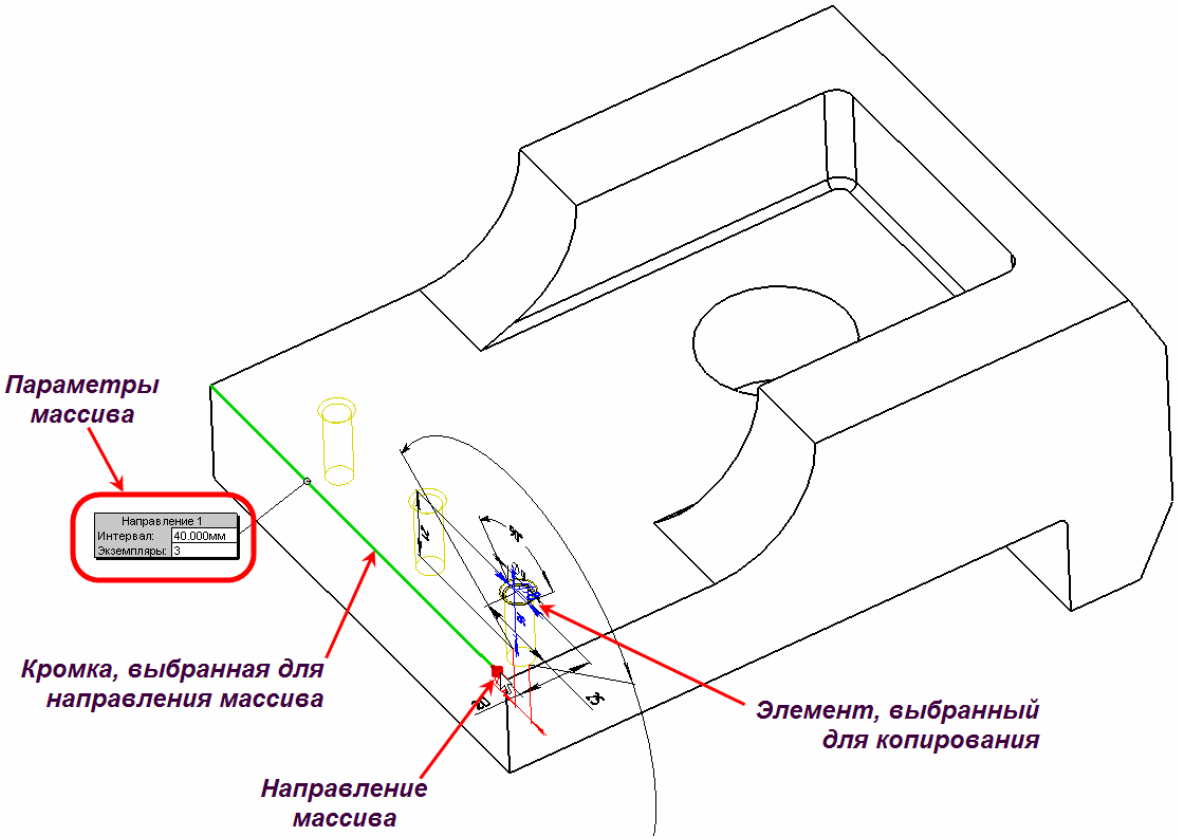


Рис. 6.13 Назначение параметров Линейного массива и его предварительный вид.

Рядом с полем направляющего элемента в *Менеджере свойств* ***Линейный массив*** имеется стрелка *Реверс направления* (см.рис.6.12), позволяющая изменить направление заполнения массива на противоположное. Изменить направление массива можно и путем выбора стрелки направления массива (см.рис.6.13), щелчком левой клавишей мыши.

После того, как все параметры массива будут установлены, а предварительный просмотр полностью убедит Вас в их правильности, можно нажимать клавишу **ОК** в области подтверждения. Результатом выполнения операции будет модель с расположенными с равным шагом в один ряд копируемые элементы (рис.6.14).

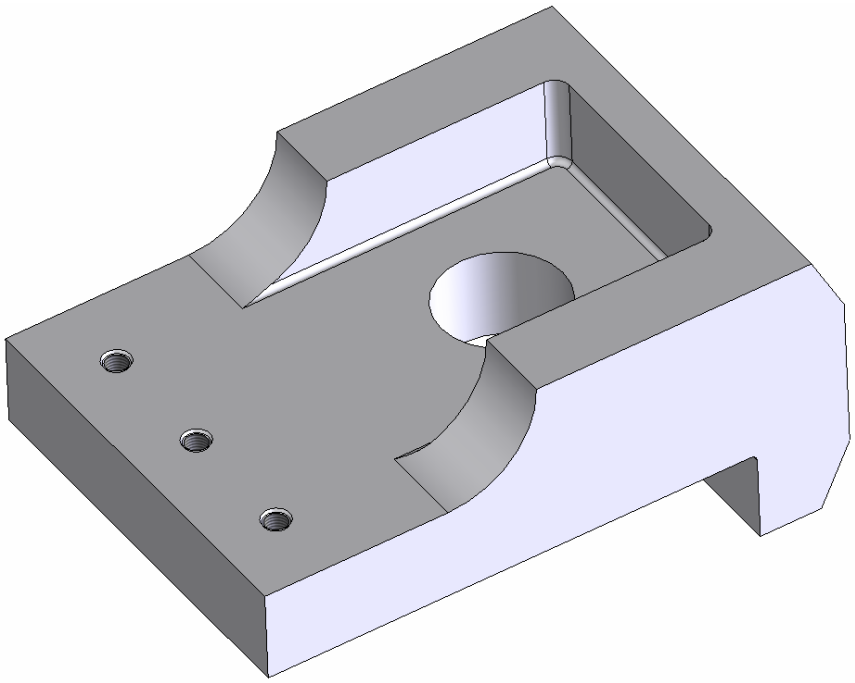


Рис. 6.14 Деталь с одномерным Линейным массивом элементов Отверстие под крепеж

ПРИМЕЧАНИЕ: ***При выделении элемента, на базе которого будет создан массив, размеры этого элемента отображаются в Графической области (см.рис.6.13). Эти размеры можно выбрать в качестве направляющих.***

Подобно тому, как зеркальное отражение может применяться к граням и телам, массивы могут создаваться не только из элементов, но и из граней и тел. Следует отметить, что выбранные грани должны образовывать замкнутое тело, иначе создать массив не удастся.

Двумерный линейный массив

Подробно ознакомившись с принципами построения одномерного массива элементов, будет не трудно понять принципы создания двумерного массива. Раздвижная панель ***Направление 2***, показанная на рис.6.12, определяет параметры второго направления заполнения массива.

Подобно тому, как Вы определяли направление распространения одномерного линейного массива, выбирая кромку на поверхности тела, второе направление заполнения массива также задается выбором кромки в требуемом направлении. При этом весь ряд, созданный путем определения параметров для первого направления, размножается во втором направлении уже как самостоятельный элемент (рис.6.15).

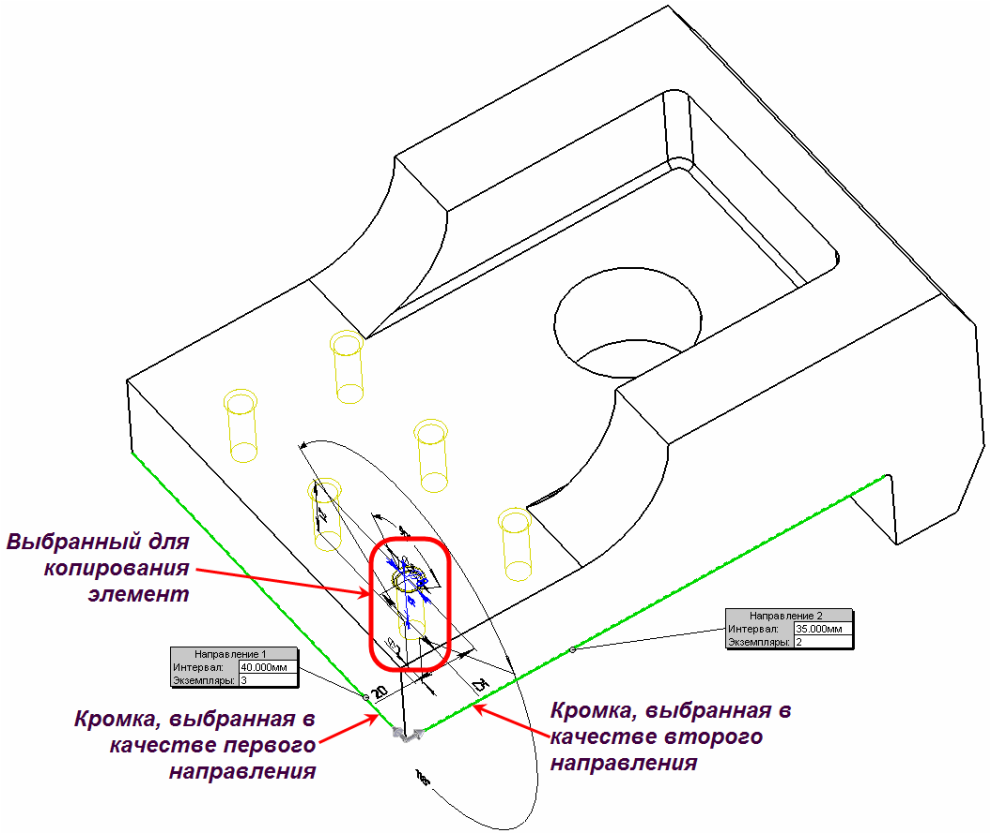


Рис. 6.15 Назначение параметров двумерного Линейного массива

Как видно из рис.6.15, все ряды экземпляров отверстия, располагаемые вдоль первого направления, размножаются также во втором направлении. Это связано с тем, что в раздвижной панели ***Направление 2*** сброшен флажок *Только исходный элемент* (см.рис.6.12).

Если же требуется расположить во втором направлении только исходный выделенный элемент, как это показано на рис.6.16, то флажок *Только исходный элемент* следует установить.

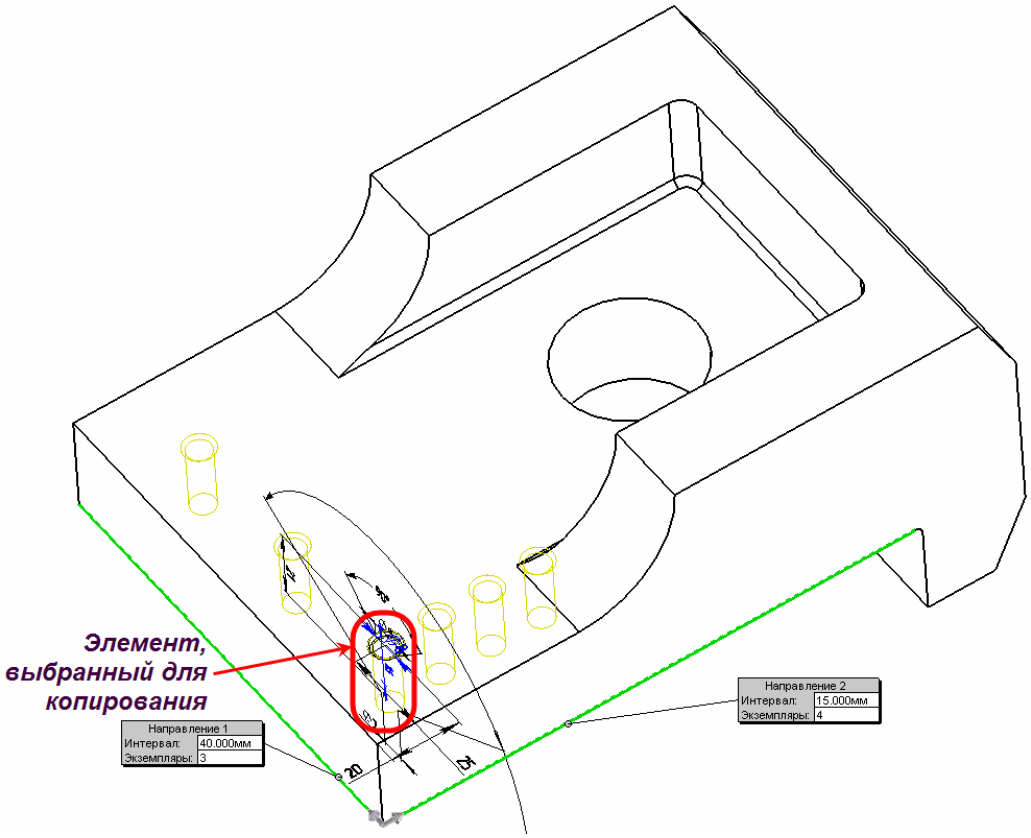


Рис. 6.16 Копирование элемента во втором направлении с установленным флажком Только исходный элемент.

Пропуск экземпляров

Из рядов как двумерного, так и одномерного массивов можно исключать некоторые из создаваемых этими массивами элементов. Эта операция возможна при активации раздвижного окна ***Пропустить экземпляры***, расположенного внизу *Менеджера свойств Линейного массива* (см.рис.6.12 и рис.6.17). В действительности, исключенные экземпляры не удаляются, а всего лишь не показываются в массиве. Их можно восстановить на любой стадии цикла проектирования.

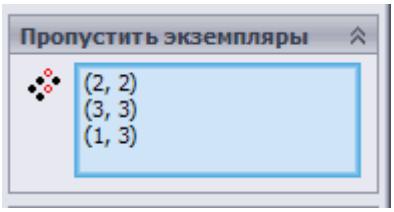


Рис. 6.17 Раскрывающаяся панель Пропустить экземпляры Менеджера свойств Линейный массив.

Как только указанная панель будет раскрыта в *Менеджере свойств Линейный массив,* в центрах всех экземпляров массива, появятся розовые точки – маркеры элементов (рис.6.18). Маркеры появятся на всех элементах, кроме исходного, т.к. исходный экземпляр не может быть исключен из массива.

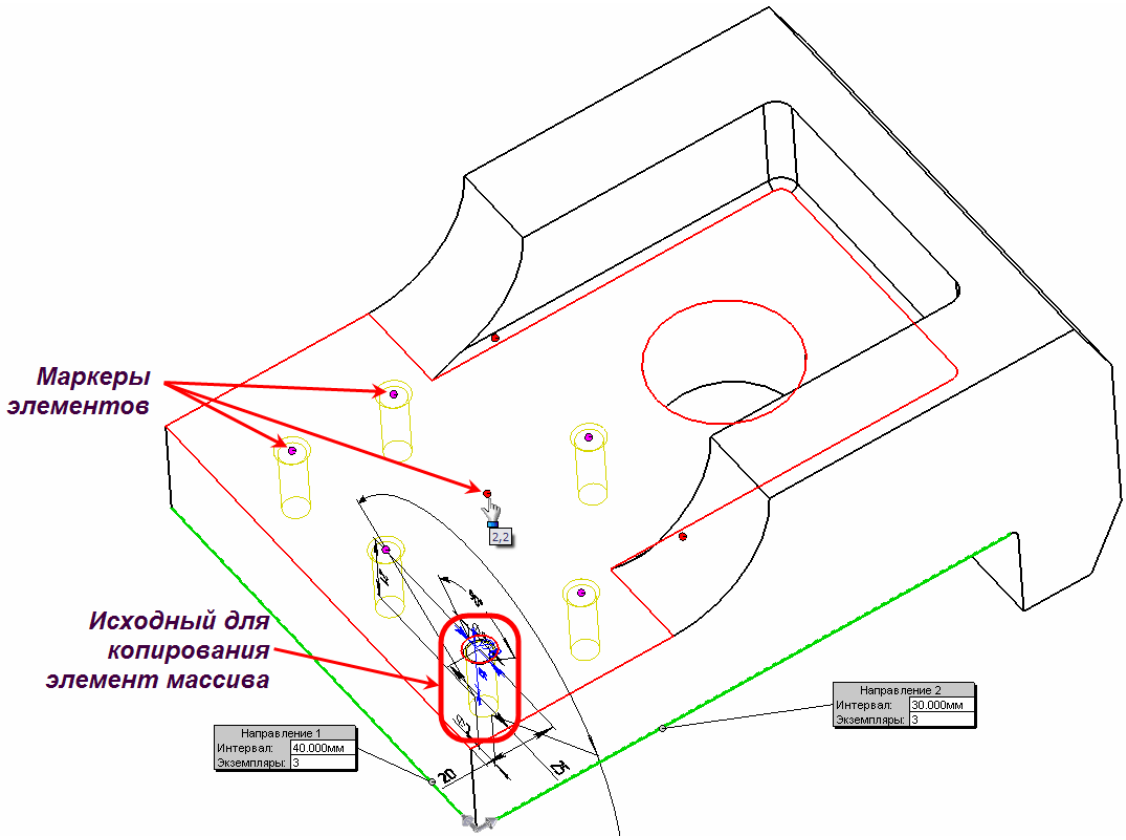


Рис. 6.18 Выбор экземпляров элементов для вывода их из Линейного массива.

Наведя указатель мыши на розовую точку маркера того элемента, который требуется исключить из экземпляров данного массива, уазатель мыши примет форму символа пропуска экземпляров

, при этом в специальном окне под указателем отобразится параметры матрицы позиции выбранного экземпляра.

Чтобы исключить элемент из массива, щелкните левой кнопкой мыши. Вместо розовой точки появится красная, и на изображении будущего массива данный элемент пропадет (см.рис.6.18). Координаты пропущенного элемента появятся в области выделения ***Пропустить экземпляры*** одноименной раздвижной панели (см.рис.6.17). Нажав клавишу **ОК** в *Менеджере свойств,* получим результат от выше описанных действий, представленный на рис.6.19.

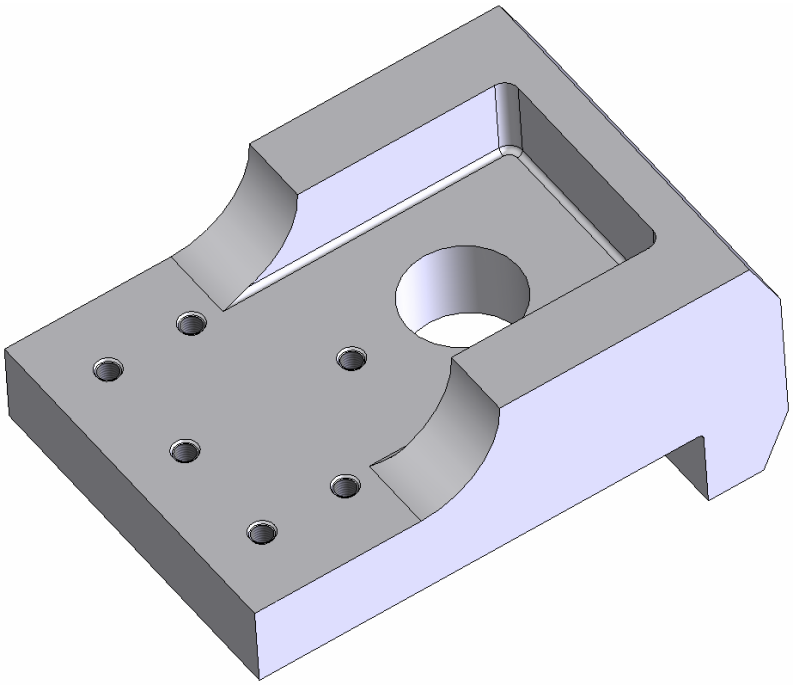


Рис. 6.19 Модель изделия с пропущенными экземплярами элементов двумерного массива.

Восстановить пропущенный экземпляр можно, удалив его координаты из области выделения ***Пропустить экземпляры*** или щелкнув на красной точке в графической области при редактировании определения данного *Линейного массива*.

6.4. *Создание кругового массива элементов* .

Создание кругового массива элементов аналогично созданию кругового массива объектов эскиза с той лишь разницей, что при копировании элементов в виде кругового массива можно использовать в качестве направляющей – оси массива – вспомогательную ось цилиндрического элемента, его цилиндрическую или круговую кромку.

Предварительно создав элемент модели, который требуется размножить при помощи кругового массива (рис.6.20), необходимо загрузить сам инструмент ***Круговой массив*** , *Менеджер свойств* которого представлен на рис. 6.21.

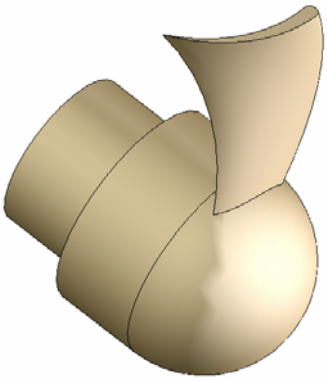


Рис. 6.20 Подготовленный к размножению круговым массивом элемент модели – лопасть вентилятора.

Как видно из рис.6.21, в качестве массива оси используется только один параметр, которым может быть:

- центральная ось элемента вращения,
- любая прямолинейная кромка или
- любая круговая кромка (см.рис.6.21)

Подобно *Линейному массиву* элементов, *Круговым массивом* можно копировать как элементы, так и грани твердого тела. По умолчанию флажок *Равный шаг* установлен, что позволяет использовать в качестве *Угла распределения массива* суммарный угол, в пределах которого будут равномерно распределены экземпляры массива, при этом угловой интервал между экземплярами будет вычислен автоматически. Если флажок *Равный шаг* сбросить, то с помощью счетчика *Угол* нужно задавать угловой интервал между экземплярами вручную.

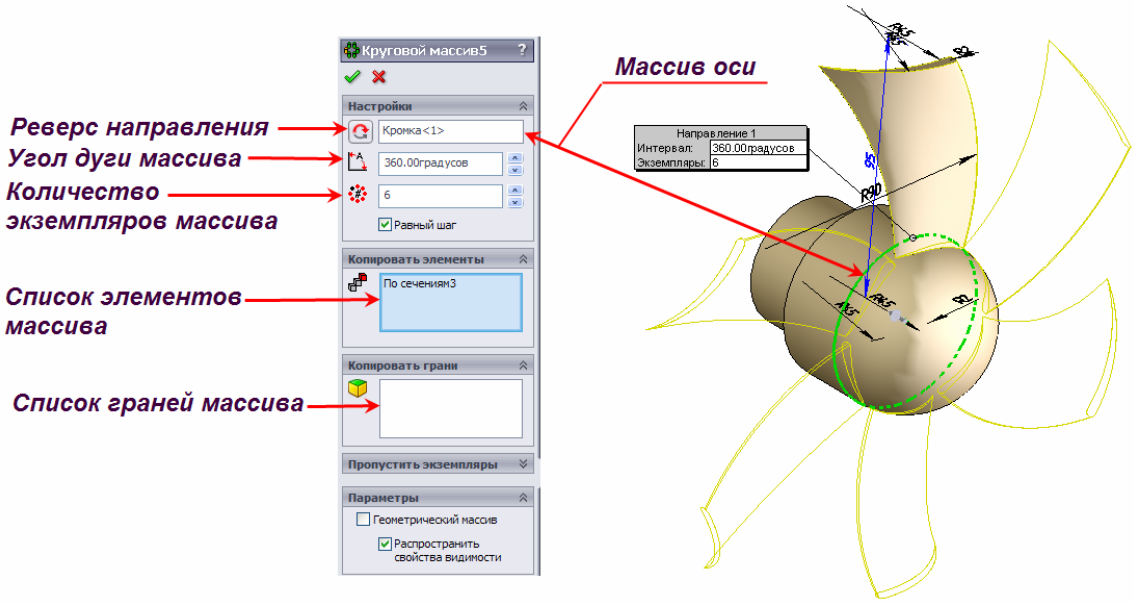


Рис. 6.21 Менеджер свойств инструмента Круговой массив и предварительный просмотр массива элементов.

Кнопка *Реверс направления*, расположенная слева от области выделения *Ось массива* (см.рис.6.21), позволяет изменить угловое направление заполнения массива на противоположное, но она имеет смысл только при угле заполнения массива меньше 360°. По умолчанию задано направление по часовой стрелке. Если нажать кнопку *Реверс направления*, то элементы массива будут распределяться в направлении против часовой стрелки.

ПРИМЕЧАНИЕ: ***Вместо того чтобы задавать угол и количество экземпляров с помощью соответствующих счетчиков, можно вводить эти значения непосредственно в выноске (см.рис.6.21). Это полезная практика, позволяющая сэкономить время.***

Всегда лучше создавать массивы элементов, чем строить сложные эскизы или раз за разом заново создавать один и тот же элемент. Это также помогает отразить замысел проекта в модели. Массивы, созданные в режиме Деталь, весьма полезны при моделировании сборок. Более подробно о моделировании сборок вы узнаете из последующих глав.

6.5. *Создание массива, управляемого эскизом*

Массив, управляемый эскизом является одним из самых полезных видов массива, особенно на этапе создания изделий в контексте сборки и создается в случаях, когда требуется расположить элементы, грани или тела в порядке, который не является ни линейным, ни круговым.

Чтобы создать массив, управляемый эскизом, необходимо сначала построить эскиз с объектами ***Точка*** в тех местах, где должны располагаться экземпляры массива, как это показано на рис.6.22. По завершении построения эскиза из него следует выйти, не выполняя никаких действий по его определению.

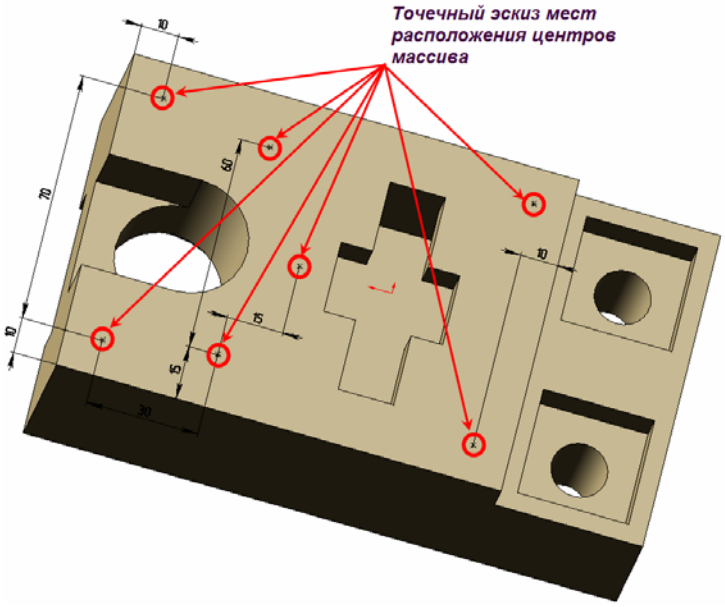


Рис. 6.22 Точечный рисунок осей массива, управляемого эскизом.

На первый взгляд может показаться, что построение массива таким способом – трудоемкий и малоэффективный путь для решения задачи создания элементов массива. Однако рекомендуется использовать именно этот способ создания эскиза для крепежных отверстий в деталях, создаваемых в контексте сборки даже в тех случаях, когда массив можно описать явным способом, т.е. как круговой или линейный. Об этом мы будем говорить с Вами более детально в последующих главах, при рассмотрении вопросов проектирования сборок.

Вторым этапом в построении массива, управляемого эскизом является создание исходного элемента, размножаемого данным способом.

Построив эскиз (место расположения исходного элемента на грани проектируемого изделия не регламентировано) и создав исходный элемент (рис.6.23), вызовите *Менеджер свойств* ***Массив, управляемый эскизом***, показанный на рис.6.24, одним из доступных Вам способом:

- ☑ Из *Менеджера команд*, как
  Элементы → Массив, управляемый эскизом
  (Добавляется через диалоговое окно ***Настройка***)
- ☑ Из **Главного меню**:
  Вставка → Массив/Зеркало → Массив, управляемый эскизом
- ☑ Из *Панели инструментов*:
  Элементы → Массив, управляемый эскизом
  (Добавляется через диалоговое окно Настройка),

где Вам будет предложено выделить эскиз, определяющий вид массива, и грань исходного элемента.

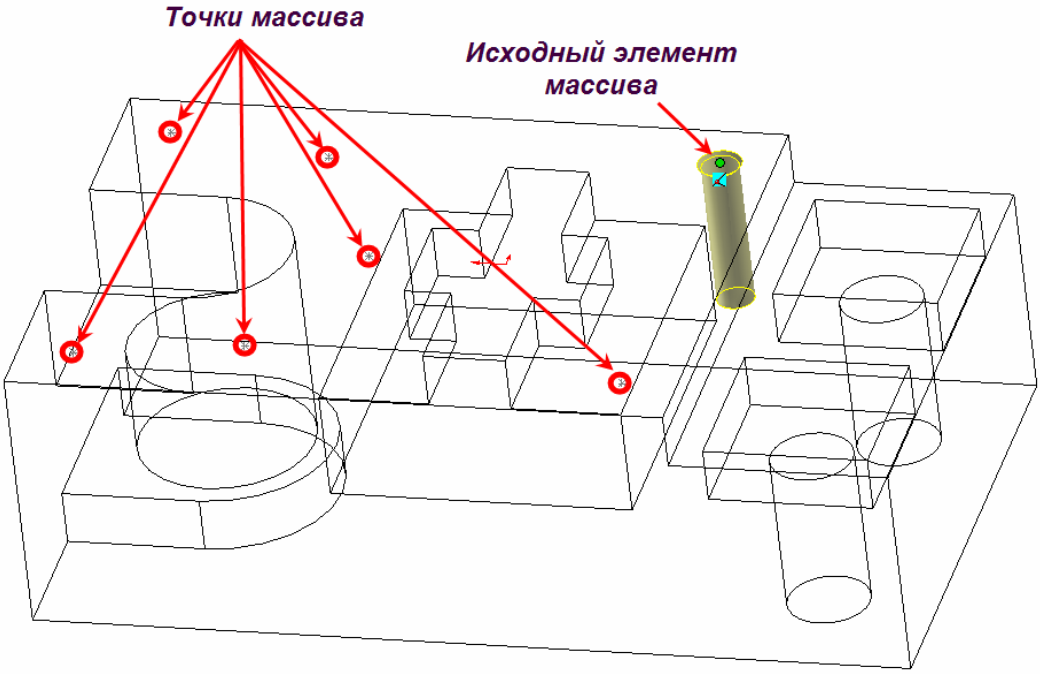


Рис. 6.23 Исходный элемент массива на поверхности изделия.

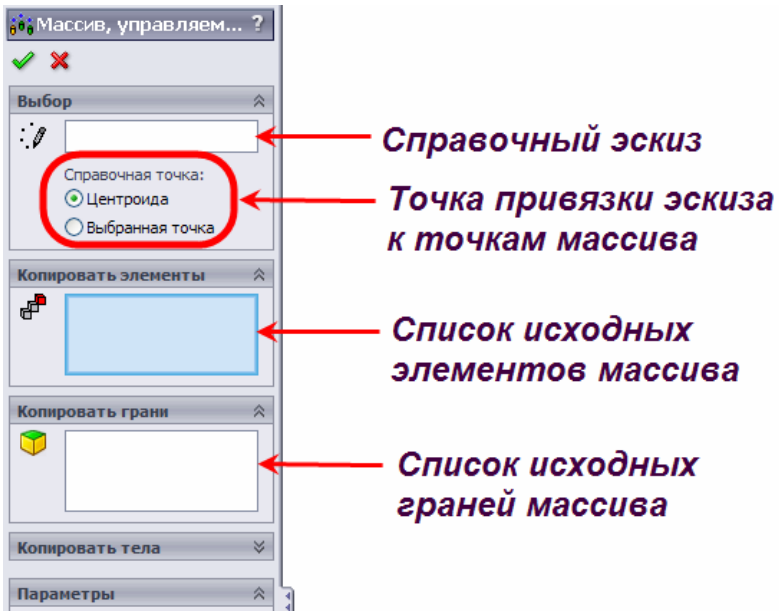


Рис. 6.24 Менеджер свойств инструмента Массив, управляемый эскизом

Выделите один или несколько элементов, составляющих основу массива, заполнив список исходных элементов в соответствующем окне *Менеджера свойств* команды (см.рис.6.24).

Теперь щелкните в поле *Справочный эскиз* и выделите в **Графической области** любую из точек эскиза. Можно также выделить эскиз во всплывающей панели *Дерева конструирования (Feature Manager)*.

Щелкните на кнопке **ОК** в *Менеджере свойств* ***Массив, управляемый эскизом***.

На рис.6.25 показан результат выполнения данной команды - получившийся массив отверстий в теле проектируемой детали.

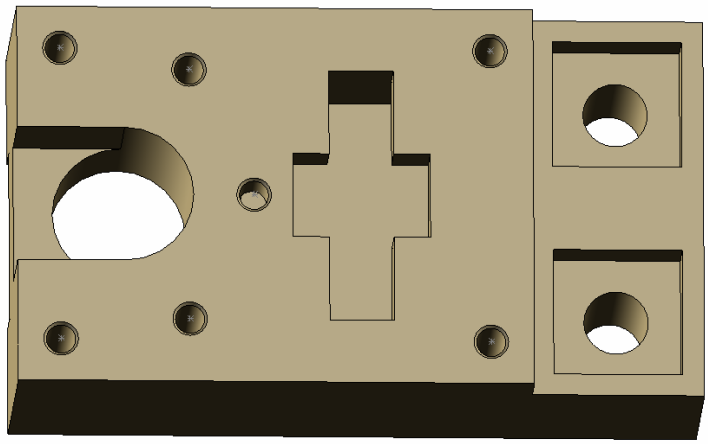


Рис. 6.25 Отверстия, полученные в детали при помощи массива, управляемого эскизом.

Массив, управляемый эскизом, с использованием центроиды

Когда Вы вызываете *Менеджер свойств* ***Массив, управляемый эскизом***, по умолчанию в переключателе *Справочная точка* раздвижной панели ***Выбор*** выбрано значение *Центроида* (см.рис.6.24). Поэтому ориентиром для создания массива служит центроида – для отверстий это их центр или ось вращения, для других фигур – центральная точка профиля, лежащая на пересечении диагоналей.

Массив, управляемый эскизом, с использованием выделенной точки

Если в переключателе *Справочная точка* раздвижной панели ***Выбор*** выбрать значение *Справочная точка*, то ориентиром для создания массива будет служить выделенная точка. Когда Вы выбираете это значение, появляется область выделения *Справочная вершина*.

Выделите вершину: эта вершина будет использоваться в качестве ориентира при создании массива.

6.6. *Создание массива, управляемого кривой*

Крайне редко, но приходится использовать на практике такой вид массива элементов, как ***Массив, управляемый кривой***. Этот вид массива используется, когда требуется расположить

элементы, грани или *тела* вдоль некой выбранной справочной кривой. При этом, в качестве справочной кривой может быть принят:

- объект эскиза или кромка,
- разомкнутый профиль или
- замкнутая петля.

Вызвать инструмент ***Массив, управляемый кривой*** можно одним из доступных способов, а именно:

☑ Из *Менеджера команд* ***Элементы***, щелкнув по кнопке ***Массив, управляемый кривой***

☑ Из *Главного меню* ***Вставка → Массив/Зеркало → Массив, управляемый кривой***

☑ Из *Панели инструментов* ***Элементы → Массив, управляемый кривой***

В результате этих действий откроется *Менеджер свойств* ***Кривая***, представленный на рис.6.23.

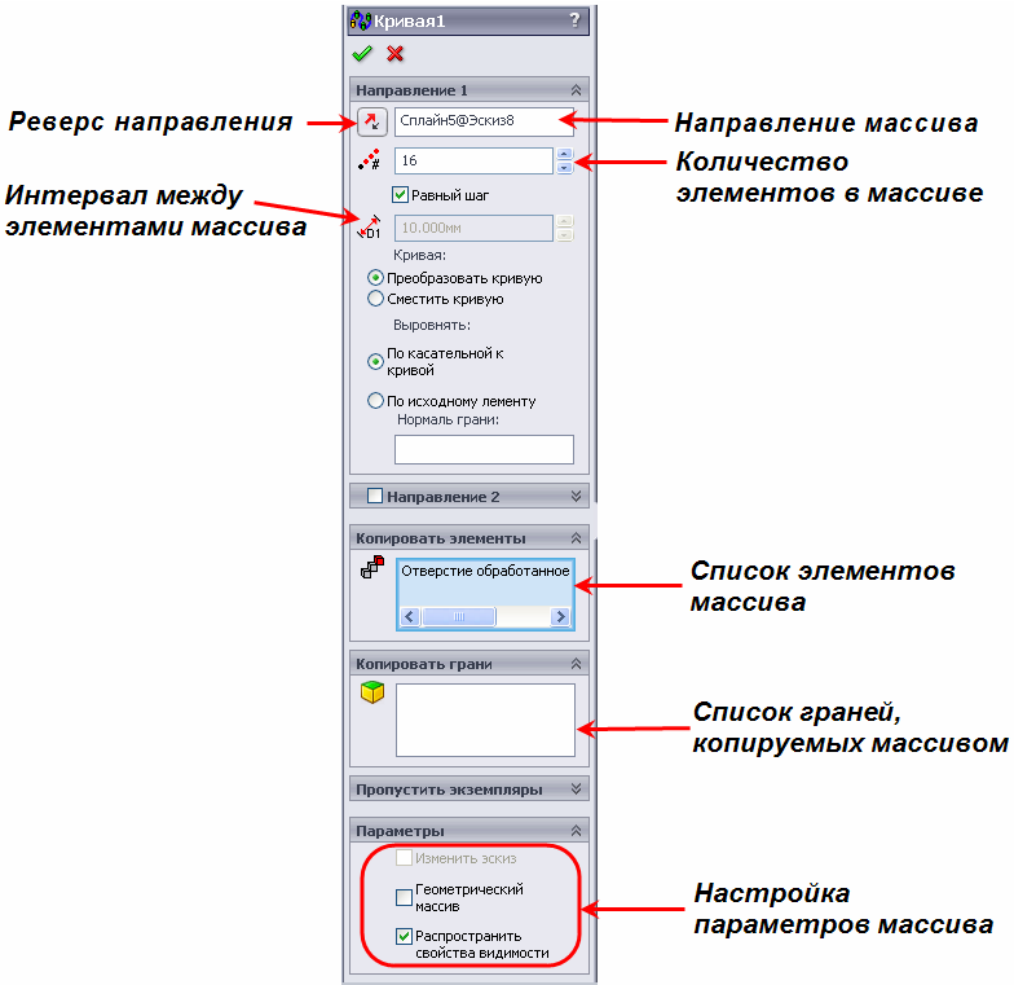


Рис. 6.26 Менеджер свойств инструмента Массив, управляемый кривой..

Рассмотрим вопрос создания массива, управляемого кривой на конкретном примере. Предположим, нам необходимо создать некий массив глухих отверстий под крепеж эллиптического тела, как это показано на рис.6.24. Построению кривой следует уделить очень важную роль, т.к. она должна соответствовать требованиям неразрывности между ее элементами, а потому ее создают либо *Сплайном*, либо преобразованием сложного эскиза в кривую (*Вставка → Кривая → Объединенная кривая*), либо, как это сделано в рассматриваемом примере, созданием кривой, эквидистантой к граничной кромке тела.

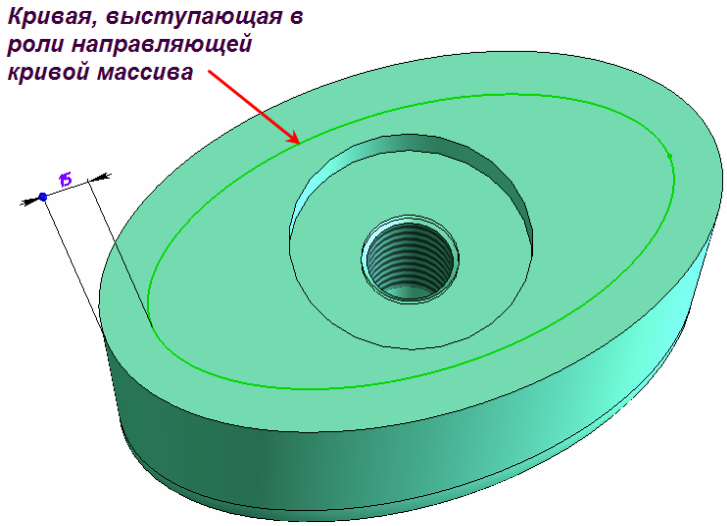


Рис. 6.27 Построение кривой для массива отверстий.

Выйдя из *Эскиза*, в котором была создана кривая линия – направляющая будущего массива, на плоской грани создаем отверстие, массив которого мы собираемся с Вами получить на выбранной грани (рис.6.25).

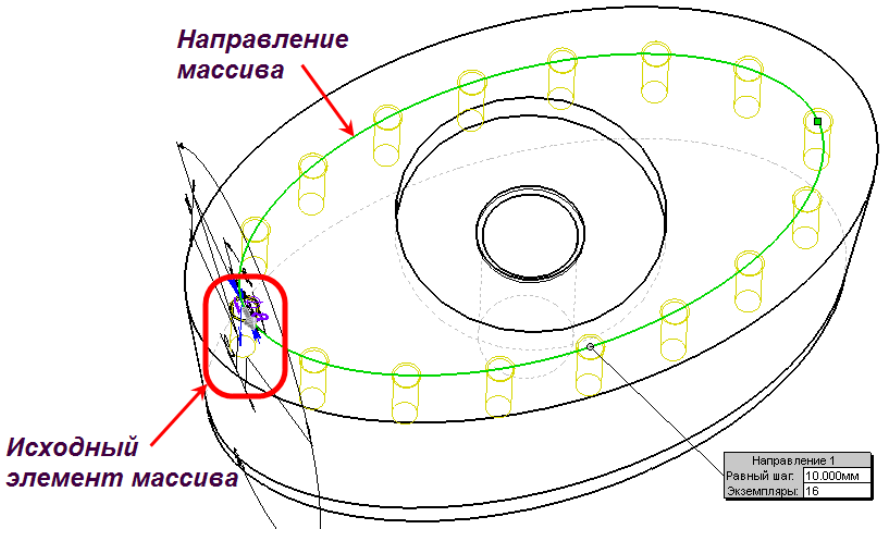


Рис. 6.28 Выбор параметров для построения Массива, управляющего кривой.

Когда вы вызовете менеджер свойств ***Массив, управляемый кривой***, Вам будет предложено выделить кромку, кривую или сегмент эскиза, задающий рисунок массива, и грань исходного элемента в окне зоны *Направление массива* (см.рис.6.23).

Выделите справочную кривую, как это показано на рис.6.25, в результате чего имя выделенной кривой появится в области выделения ***Направление массива***, а в **Графической области** будет показана выноска *Направление 1*. Как уже говорилось ранее, эта выноска содержит два поля: *Равный шаг* и *Экземпляры*, которые отвечают, соответственно, за шаг между копируемыми экземплярами элементов и их количество в массиве.

Выделив объект, взятый за основу массива, в **Графической области** можно будет наблюдать предварительный вид создаваемого массива, установив необходимые параметры для него в раздвижной панели *Направление 1* или в соответствующих окнах *Менеджера свойств* ***Кривая.***

Щелкнув на кнопке **ОК** в *Менеджере свойств,* получим требуемый для построения массив, при этом, как и во всех предыдущих, рассмотренных нами видах массивов, в *Массиве, управляемом кривой* можно также управлять видимостью копируемых объектов, указывая на пропущенные экземпляры.

Помимо указанных, раздвижная панель *Направление 1 содержит дополнительные* элементы управления, которые используются в тех случаях, когда необходимо выполнить специфические настройки для параметров создаваемого массива, а именно (см.рис.6.23):

☑ Флажок ***Равный шаг*** используется для равномерного распределения всех экземпляров массива вдоль выбранной кривой. По умолчанию этот флажок сброшен. Поэтому необходимо задать интервал между экземплярами и общее число экземпляров, которые необходимо создать. Если установить этот флажок, то счетчик *Интервал* будет недоступен, и достаточно будет задать только количество экземпляров. Интервал между экземплярами будет вычислен автоматически.

☑ Переключатель ***Кривая:*** раздвижной панели *Направление 1* определяет способ использования кривой при создании массива. В ней имеется два значения: *Преобразовать кривую* и *Сместить кривую*.

☑ Переключатель ***Выровнять:*** на той же раздвижной панели задает метод выравнивания, применяемый при создании массива, при этом возможны два метода выравнивания: *По касательной к кривой* и *По исходному элементу*.

Указанные параметры управления оказывают влияние на копируемые элементы с кромками и гранями, отличными от дуги или окружности, т.е. для тех фигур, для которых ориентация их границ имеет значение для определения тела в пространстве.

Остальные элементы управления *Менеджера свойств* ***Массив, управляемый кривой*** имеют те же функции, что и соответствующие элементы, используемые при ***Зеркальном отражении*** и создании других видов массивов.

Установив флажок в заголовке раздвижной панели *Направление 2*, вы можете задавать параметры массива для второго направления.

ПРИМЕЧАНИЕ: ***В Solid Works можно создавать массивы массивов, массивы зеркальных отражений и зеркальные отражения массивов.***

6.7. Создание массива, управляемого таблицей

Массив, управляемый таблицей, создается путем задания пар координат (**X, Y**) в некоторой (созданной специально для этой цели) системе координат. Эти пары координат указывают местоположение элементов, граней или тел, на основе которых создается массив.

Для создания такого типа массива необходимо, как уже указывалось выше, сначала создать *Систему координат* с помощью кнопки ***Система координат*** , расположенной на панели инструментов ***Справочная геометрия*** или же вызвать эту команду из **Главного меню** по указанному пути:

Вставка → Справочная геометрия → Система координат .

Система координат определяет направление, вдоль которого будут распределяться элементы создаваемого массива.

После того, как будут созданы *Система координат* и исходный элемент для копирования, вызовите *Менеджер свойств* инструмента ***Массив, управляемый таблицей*** одним из доступных для Вас способов:

- ☑ Из *Менеджера команд* ***Элементы***, щелкнув по кнопке ***Массив, управляемый таблицей***
- ☑ Из *Главного меню* ***Вставка → Массив/Зеркало → Массив, управляемый таблицей***
- ☑ Из *Панели инструментов* ***Элементы → Массив, управляемый таблицей***

При этом откроется диалоговое окно *Массив, управляемый таблицей*, изображенное на рис.6.29.

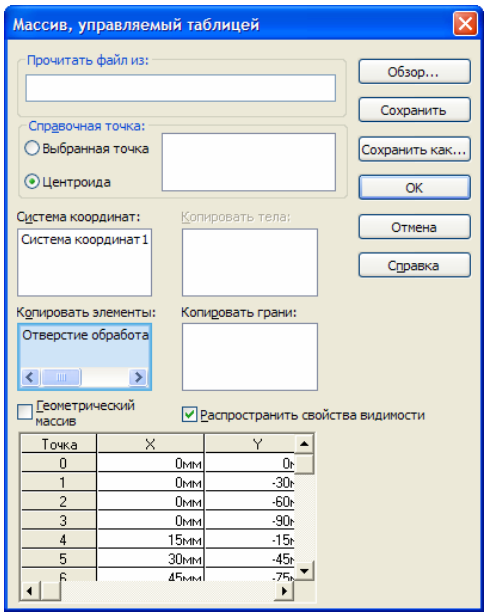


Рис. 6.29 Диалоговое окно инструмента Массив, управляемый таблицей.

Выделите *Элемент*, на основе которого предстоит создать массив, а также *Систему координат* (в **Графической области** или в *Дереве конструирования*).

Введите координаты экземпляров массива в таблицу диалогового окна *Массив, управляемый таблицей*. В процессе ввода координат в графической области будет показываться предварительный вид создаваемого массива. Введя все координаты, щелкните на кнопке **ОК**.

На рис.6.30 показаны элемент – Отверстие и *Система координат*, выбранные для создания массива. На рис.6.31 показан массив, управляемый таблицей, фрагмент которой представлен на рис.6.29, после задания всех координат.

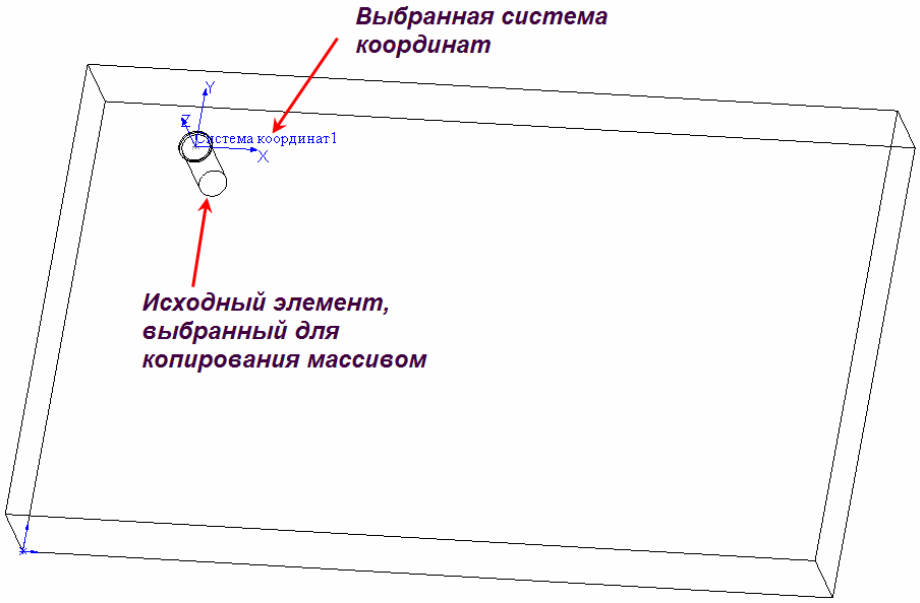


Рис. 6.30 Элемент и система координат, выбранные для массива

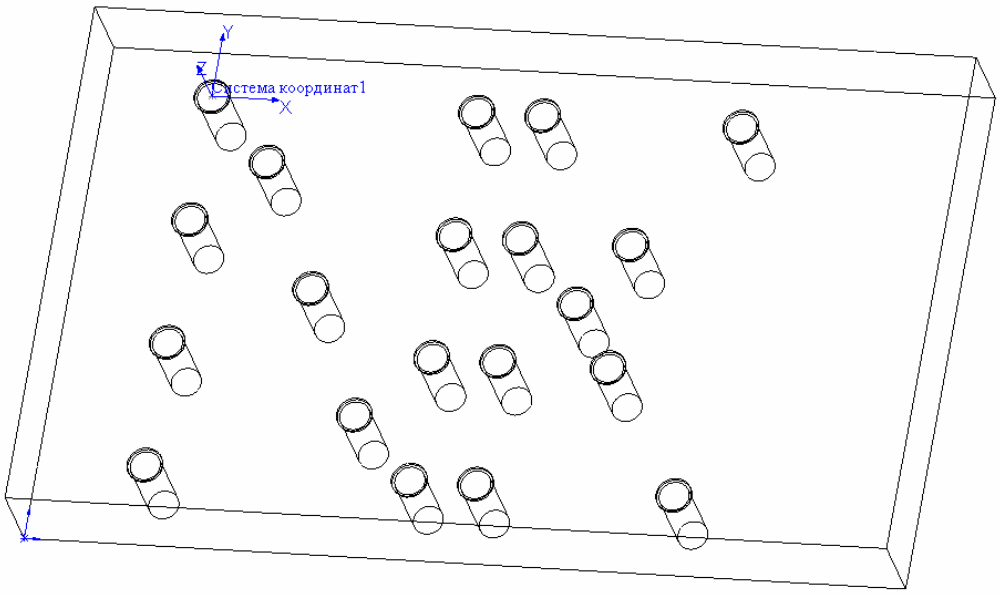


Рис. 6.31 Массив, управляемый таблицей после задания всех координат.

Можно сохранить данные массива, управляемого таблицей, в виде отдельного файла – шаблона (файл шаблона будет иметь расширение ***.sldptab***), и получить те же координаты, прочитав (выбрав) этот файл с помощью кнопки *Обзор*, имеющейся в *Диалоговом окне* ***Массив, управляемый таблицей*** (см.рис.6.29).

Остальные элементы управления этого диалогового окна имеют те же функции, что и соответствующие элементы, описанные ранее.

Глава 7

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Содержание

7. Моделирование сложных геометрических элементов 321

7.1. Создание трехмерных эскизов – "3D - эскиз" 321

7.2. Создание элементов справочной геометрии 326

7.2.1. Создание плоскостей 326

7.2.2. Создание оси 327

7.2.3. Создание вспомогательной Системы координат ... 329

7.3. Элементы по траектории. Вытянутая бобышка. 331

7.3.1. Вытягивание по траектории с назначенными параметрами 333

7.3.2. Скручивание элемента, вытянутого по траектории 334

7.3.3. Использование направляющих кривых для создания тела сложной формы по траектории..... 336

7.3.4. Вытягивание элементов по траектории с одной направляющей кривой..... 338

7.3.5. Вытягивание элементов с двумя направляющими кривыми 339

7.3.6. Раздвижная панель Начать/закончить касание..... 339

7.3.7. Создание тонкостенного элемента, вытянутого по траектории 340

7.3.8. Специальные траектории. Построение пружины сжатия. 340

7.4. Элементы по траектории. Вытянутый вырез 347

7.4.1. Создание выреза по траектории с использованием, в качестве профиля, твердого тела. 348

7.5. Элементы по сечениям. Бобышка/Основание по сечениям 353

7.5.1. Раздвижная панель Начальное/Конечное ограничение 358

7.5.2. Раздвижная панель Направляющие кривые 359

7.5.3. Раздвижная панель Параметры 361

7.5.4. Раздвижная панель Настройки осевой линии 362

7.5.5. Добавление сечения к элементу..... 364

7.6. Элементы по сечениям. Вырез по сечениям 364

7. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В ранее рассмотренных главах предпочтение отдавалось, на первый взгляд простым, но наиболее часто востребованным инструментам проектирования, которые наиболее часто применяются конструктором на практике. Учитывая специфику и технологические возможности производства НКМЗ, круг решаемых конструктором задач с учетом снижения металлоемкости и трудоемкости изготовления спроектированного им оборудования, в большинстве случаев вопросы, рассматриваемые в этой главе, большинству из специалистов конструкторских подразделений не пригодятся.

Однако, если вопрос владения инструментами моделирования средствами *Solid Works* изучен в полной мере, то решение задач, возникающих в процессе работы над проектом, не вызовет огромных затруднений, а быть может и подтолкнет Вас к оригинальному техническому решению возникшей проблемы.

Прежде чем приступить к рассмотрению вопросов этой главы, хотел бы заметить, что, поскольку излагаемый здесь материал выходит за рамки обычного представления об объемном моделировании, то к некоторым вопросам, рассмотренным нами в предыдущих главах, мы вынуждены будем вернуться, чтобы оценить возможности *Solid Works* еще и с этой стороны.

Первое, что может показаться нетрадиционным, в этом вопросе – это новое для нас понятие:

7.1. Создание трехмерных эскизов – "3D[1] - эскиз"

При рассмотрении вопросов создания всевозможных элементов твердотельных моделей, рассматриваемых в предыдущих главах, мы использовали такое понятие, как ***Двумерный эскиз***, т.е. такой эскиз, который построен на плоскости с взаимно перпендикулярными осями координат. Вытягивание же твердого элемента из этого эскиза осуществлялось, как правило, вдоль третьей, свободной от вычерчивания эскиза, оси, либо эскиз просто проворачивался вокруг некоторой оси, но все равно в плоскости, перпендикулярной той, на которой начерчен данный эскиз.

Однако существует ряд специфических задач, встречающихся при проектировании механического оборудования, когда двумерного эскиза становится недостаточно, ввиду сложности траектории перемещения контура, образующего создаваемое твердое тело.

---

[1] Dimension (англ.) – измерение (мат.)

Примеров таких изделий можно привести не мало, например, перила ограждения вокруг некоторого объекта, разводка трубопровода по машине, рулон полосы, пружина и др.

Как видно, на примере пружины растяжения, представленной на рис.7.1, внешне простая ее форма требует создания сложного эскиза (см. в разделе 7.3), описывающего траекторию движения профиля проволоки пружины, проходящую практически вдоль всех осей координат системы. А ее основное тело – цилиндрическая часть – не просто является окружностью траектории, а еще и "вытянутой" траекторией вдоль оси, перпендикулярной основному профилю – спиралью.

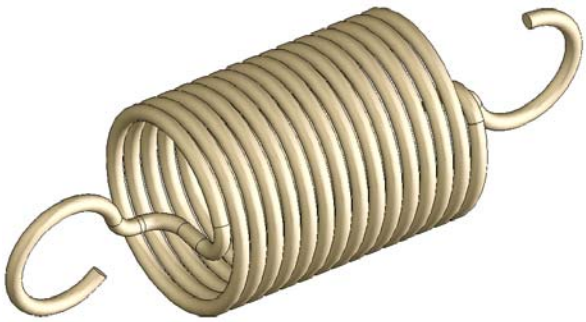


Рис. 7.1 Пружина растяжения.

Для построения пространственных траекторий в *Solid Works* и служит трехмерный эскиз. От основной эскизной среды ***Трехмерный эскиз*** отличается незначительно. Самым большим ограничением его использования является ограниченность применения в нем инструментов эскиза, доступных в ***Двумерном эскизе***. К числу доступных объектов трехмерного эскиза и инструментов их редактирования относится набор команд, представленных в Таблице 7.1.

Подробное описание работы с представленными инструментами уже рассматривалось в **Главе 1**, при рассмотрении вопросов построения эскиза в ***Двумерном эскизе***, все приемы и характер работы с данными инструментами полностью соответствуют рассмотренному ранее материалу, а потому не будем останавливаться на их рассмотрении в этом разделе.

Отличительными особенностями при создании ***Трехмерного эскиза*** являются:

- ☑ Отсутствие необходимости выбора эскизной плоскости;
- ☑ Появление в исходной точке Пространственного маркера (рис.7.2);
- ☑ Появление под стандартным курсором объекта эскиза маркера активной плоскости (например, XY, YZ, или ZX, см. рис.7.2).
- ☑ Переключение между стандартными плоскостями осуществляется при помощи клавиши Tab.
- ☑ Объекты Трехмерного эскиза удобнее рисовать в Изометрическом представлении плоскостей.

Объекты и инструменты трехмерного эскиза

Таблица 7.1

Объекты эскиза		
Инструмент	Наименование	Описание
	Линия	Создает основную линию эскиза, определяющую его профиль.
	Осевая линия	Создает вспомогательную линию.
	Точка	Создание точечного рисунка
	Многоугольник	Создает правильный многоугольник с числом сторон от 3 до 40.
	Прямоугольник	Создает прямоугольника по двум точкам его диагонали.
	Прямоугольник из центра	Создает прямоугольник, включающий центральную точку
	Прямоугольник через 3 точки под углом	Создает прямоугольник под указанным углом по трем базовым точкам
	Прямоугольник через 3 точки из центра	Создает прямоугольник с центральной точкой под выбранным углом.
	Параллелограмм	Создает стандартный параллелограмм
	Линия маршрута	Добавление линии маршрута, соединяющей объекты в эскиз с линиями разнесения или трехмерный эскиз
	Окружность	Создает стандартную окружность через центр.
	Окружность по периметру	Создает окружность по 3 точкам ее периметра
	Центр дуги	Создание дуг на основе центральной, начальной и конечной точки.

Объекты эскиза		
Инструмент	Наименование	Описание
	Касательная дуга	Создание дуг, касательных к объектам эскиза.
	Дуга через 3 точки	Создание дуг по указанным трем точкам (начальная, конечная и средняя точка)
	Сплайн	Создание эскиза сплайна
	Сплайн на поверхности	Создание эскиза сплайна на существующей поверхности сложной геометрической формы
	Плоскость	Вставка плоскости в трехмерный эскиз
Инструменты эскиза		
Инструмент	Наименование	Описание
	Вспомогательная геометрия	Преобразование объектов справочной геометрии в основные и наоборот
	Скругление	Срезается угол на пересечении двух объектов эскиза, при этом создается касательная дуга
	Фаска	Применяет скругление типа фаски к смежным элементам.
	Преобразование объектов	Создает одну или несколько кривых в эскизе путем проектирования кромки, петли, грани, кривой, внешнего контура эскиза, группы кромок или группы кривых эскиза на поверхность эскиза
	Эскиз вдоль линии пересечения тел	Создание эскиза кривой вдоль пересечения плоскостей, твердых поверхностей и тел поверхностей
	Отсечь	Отсечение объектов эскиза с использованием различных параметров.

Объекты эскиза		
Инструмент	Наименование	Описание
	Удлинить	Увеличение длины оборванных объектов эскиза до указанных границ.
	Линия изгиба	Добавление изгиба в линию

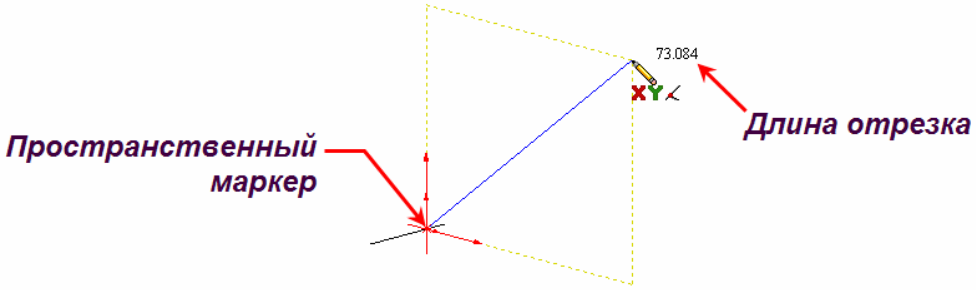


*Рис. 7.2 Построение эскиза линии в плоскости **XY***

Руководствуясь особенностями построения эскиза, оговоренными выше, используя при этом объекты и инструменты эскиза, перечисленные в табл.7.1, на рис.7.3 представлены траектория (а) и готовое изделие (б), по траектории которого был "протянут" данный профиль его сечения. Для пояснения действий, определяющих маршрут движения курсора во время построения траектории (см.рис.7.3, а) маршрут на рисунке представлен векторами направлений движения. Причем, цвет стрелки маршрута совпадает с цветом направления оси, представленной компасом *Solid Works* :

- Зеленый – вдоль оси **Y**;
- Красный – вдоль оси **X**;
- Синий – вдоль оси **Z**.

Из представленного рисунка также отчетливо видно, что во время создания эскиза этой траектории приходилось дважды "менять руку" (см.рис.7.3, а), т.е. менять стандартную плоскость черчения, а именно:

$$XY \rightarrow YZ \rightarrow XY$$

Но при этом, представленный на рис.7.3, а) эскиз представляет собой одну целую, замкнутую линию в трехмерном пространстве эскиза, что подтверждается видом готового изделия, показанного на рис.7.3, б).

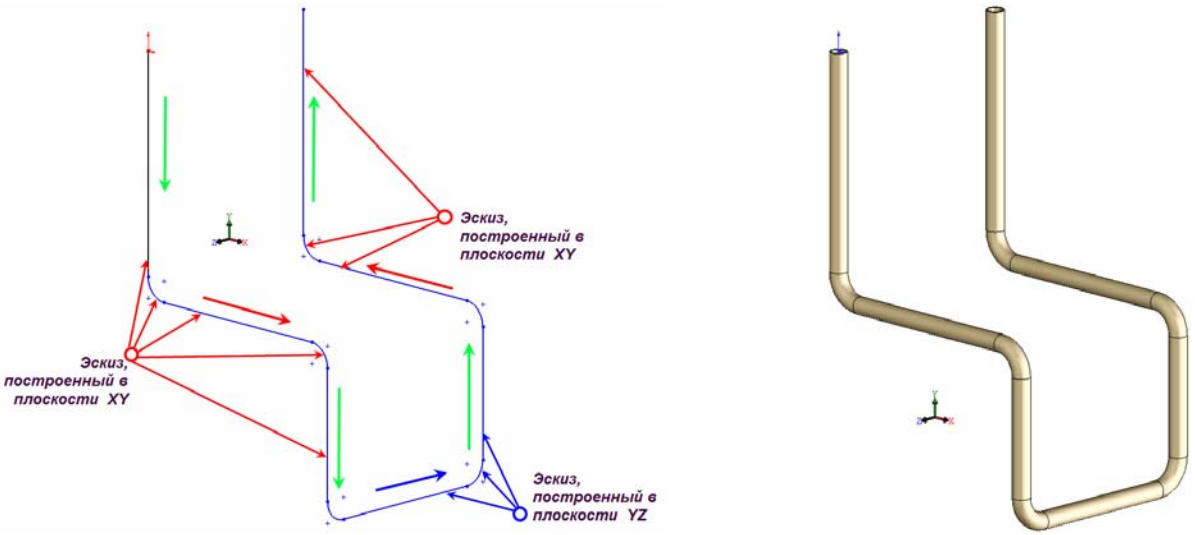


*Рис. 7.3 Трехмерный эскиз траектории изгиба (**а**) трубы в изделии (**б**).*

7.2. Создание элементов справочной геометрии

Элементы ***Справочной геометрии*** являются вспомогательными компонентами в методологии процесса проектирования изделия в среде *Solid Works*, они определяют форму или очертание поверхности или твердого тела. К справочной геометрии относятся:

- ☑ ***Плоскости***,
- ☑ ***Оси***,
- ☑ ***Системы координат***, а также
- ☑ ***Точки***.

Обычно элементы ***Справочной геометрии*** используются для того, чтобы восполнить проблемные места при создании элементов сложной геометрии, чему собственно, и посвящена настоящая глава. Однако нередко элементы справочной геометрии используются и в других случаях, например при выполнении различного рода расчетов с использованием *COSMOS Works\Motion* или, например, при создании линий разъема литых изделий, при создании уклонов и др.

7.2.1. Создание плоскостей

Справочные плоскости являются наиболее востребованным элементом ***Справочной геометрии*** при проектировании в *Solid Works*. Плоскости можно создавать как в документах деталей, так и сборок, при этом ***Плоскости*** можно использовать для рисования, для создания разреза модели, в качестве нейтральной плоскости для уклона, плоскости зеркального отображения и т.д.

Поскольку при проектировании изделия может возникнуть любая жизненная ситуация, связанная с размещением в пространстве вспомогательной плоскости, то инструменты *Solid Works* располагают достаточно большим арсеналом средств, способных решить практически любую поставленную перед ним задачу этого типа.

Чтобы создать вспомогательную плоскость:

1. Нажмите кнопку ***Плоскость*** (панель инструментов *Справочная геометрия*) или выберите
   Вставка → Справочная геометрия → Плоскость.
2. В *Менеджере свойств (Property Manager)* в разделе **Выбор** выберите тип плоскости (см. Таблицу 7.2), которую необходимо создать, и элементы, необходимые для создания плоскости, расположенные в *Дереве Конструирования* и поверхности проектируемого изделия.

7.2.2. Создание оси

При создании в *Solid Works* любых цилиндрических или конических поверхностей, равно как и их фрагментов, имеющих центральную ось вращения, вспомогательная ось создается *Solid Works* автоматически. К типу вспомогательных относятся и оси, которые используются пользователем в момент создания эскиза тела вращения.

Отобразить или же скрыть вспомогательную ось можно средствами управления видимостью справочной геометрии *Solid Works*, расположенных в

Главное меню → *Вид* → *Временные оси*.

Вспомогательные оси могут выполнять любую возлагаемую на них функцию, связанную с размещением элементов кругового массива или, например, исполнять роль оси вращения какого-либо объекта эскиза.

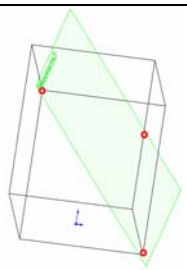
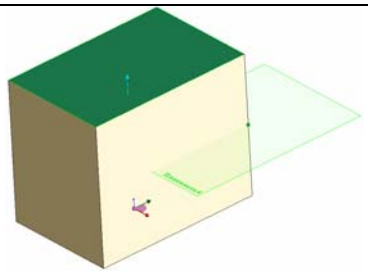
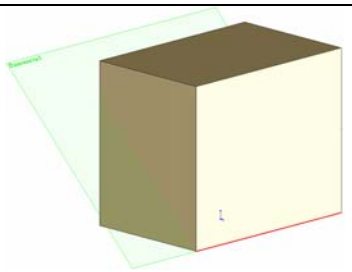
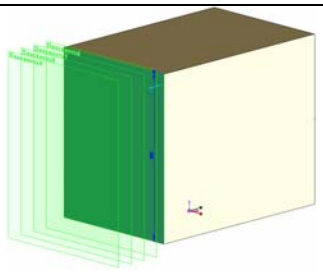
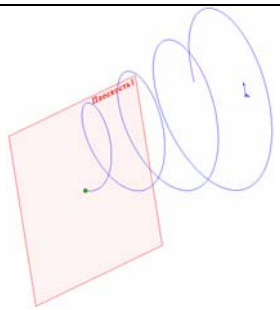
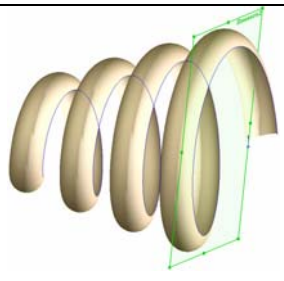
Однако в некоторых случаях, связанных, например, с размещением в круговой массив компонентов сборки, необходимая для задания направления вращения массива ось отсутствует, и решить эту проблему можно только при помощи элемента справочной геометрии ***Ось***.

Чтобы создать вспомогательную ось:

1. Нажмите кнопку ***Ось***. (панель инструментов *Справочная геометрия*) или выберите
   Вставка → Справочная геометрия → Ось.

Типы плоскостей, создаваемых Solid Works

Таблица 7.2

Тип плоскости		Описание команды	Результат выполнения команды
	Через линии\точки	Создайте плоскость, проходящую через кромку, ось или линию эскиза и точку или через три точки.	
	Параллельная плоскость через точку	Создание плоскости через точку параллельно плоскости или грани	
	Под углом	Создание плоскости через кромку, ось или линию эскиза под углом к грани или плоскости.	
	Расстояние смещения	Создание плоскости, параллельной плоскости или грани и смещенной на указанное расстояние.	
	Перпендикулярно кривой	Создание плоскости, проходящей через точку и перпендикулярной кромке или кривой.	
	На поверхности	Создание плоскости на неплоской грани или угловой поверхности	

2. В *Менеджере свойств (Property Manager)* в разделе **Выбор** задайте *Справочные объекты* , необходимые для создания оси, как элемента справочной геометрии в модели проектируемого изделия.

Справочные оси можно создавать, используя при этом следующие объекты:

Таблица 7.3

Способ задания направления оси		Порядок выбора объектов
	Одна линия/кромка/ось	Выберите линию эскиза, кромку или выберите **Вид → Временные оси**, затем выберите отображаемую ось.
	Две плоскости	Выберите две плоские грани или выберите **Вид → Плоскости**, а затем выберите две плоскости.
	Две точки/вершины	Выберите две вершины, точки или средние точки
	Цилиндрическая/коническая поверхность.	Выберите цилиндрическую или коническую грань.
	Точка и грань/плоскость.	Выберите поверхность или плоскость, а также точку вершины или среднюю точку. Результирующая ось будет перпендикулярна выбранной поверхности или плоскости и пройдет через выбранную вершину, точку или среднюю точку. Если поверхность неплоская, точка должна быть на поверхности

7.2.3. Создание вспомогательной Системы координат

В *Solid Works* принято выполнять все необходимые расчеты массовых и инерционных характеристик моделируемого тела относительно системы координат, проходящих через ***Исходную точку*** модели, расположенную в точке пересечения трех ***Стандартных плоскостей*** (Спереди, Сверху и Справа).

Однако, при расчете изделия на прочность (например, при расчете нагрузок на вал от воздействия на него реакций в опорах – подшипников качения) или в случае, когда местоположение стандартной исходной точки не устраивает Вас для расчета инерционных параметров твердого тела, возникает необходимость создания специальной (дополнительной) системы координат, относительно которой и выполняются необходимые расчеты требуемых параметром.

Чтобы создать вспомогательную систему координат:

1. Нажмите кнопку ***Система координат*** (панель инструментов *Справочная геометрия*) или выберите

Вставка → Справочная геометрия → Система координат

2. В *Менеджере свойств (Property Manager),* см.рис.7.4, необходимо указать вершину, определяющую положение новой исходной точки, где будет базироваться создаваемая система координат
3. Указать кромки, определяющие направление осей дополнительной системы координат, при этом выбранные направления должны быть строго перпендикулярны друг другу. Для выбора направлений создаваемых осей координат достаточно иметь только две кромки, определяющие заданные направления. Третья ось выбирается системой *Solid Works* автоматически, как ось, перпендикулярная двум выбранным направлениям (см.рис.7.5).

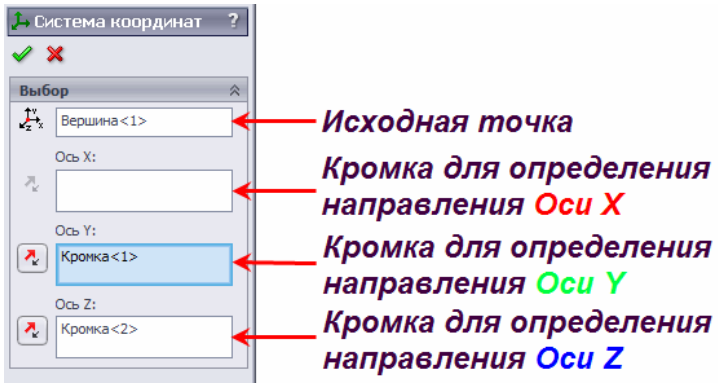


Рис. 7.4 Менеджер свойств инструмента создания вспомогательной системы координат.

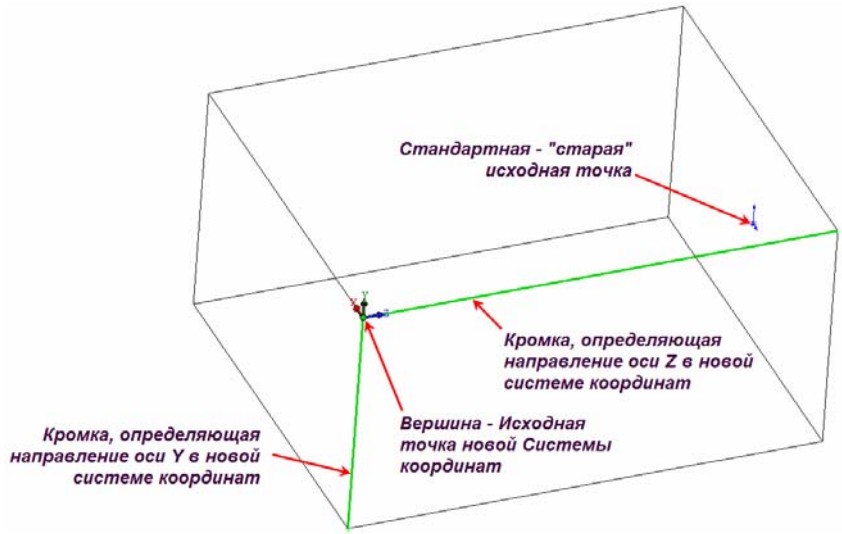


Рис. 7.5 Назначение параметров "новой" системы координат.

Как видно из представленных на рис.7.6 результатов расчета инерционно-массовых характеристик твердого тела, смена системы координат влияет лишь на инерционные характеристики тела, определяемые положением его центра масс. Остальные же характеристики, не зависящие от положения центра масс тела, остаются

неизменными, вне зависимости от того, какая система координат была принята за исходную точку отсчета.

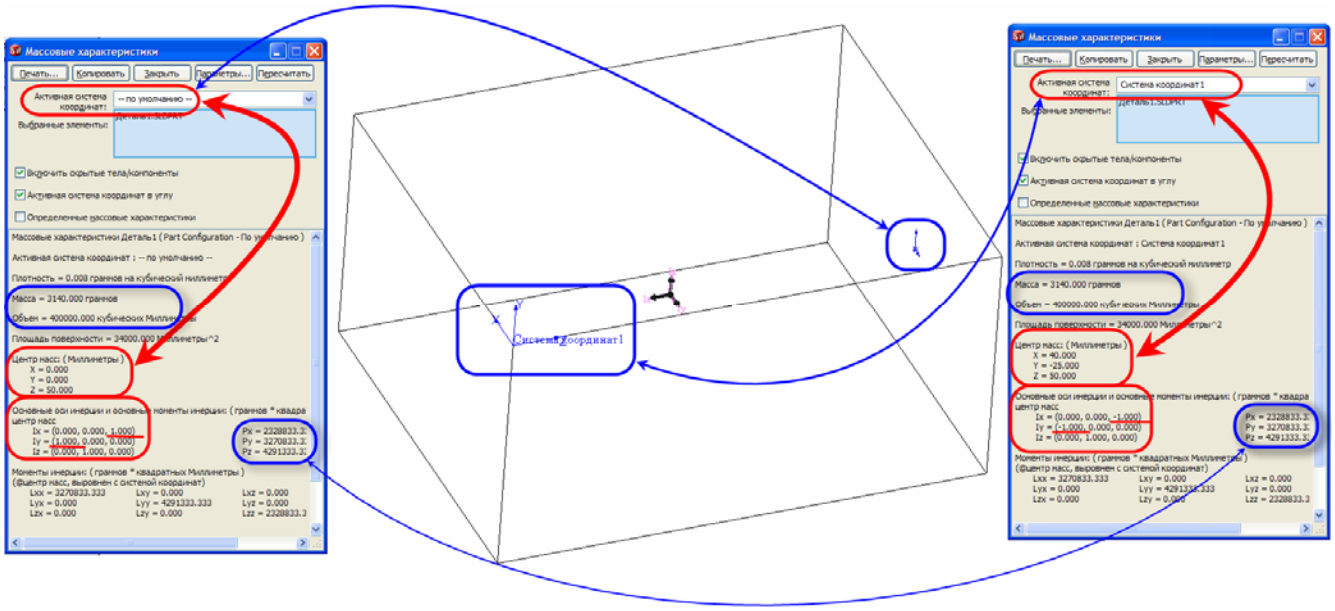


Рис. 7.6 Влияние выбора активной системы координат на значения инерционно-массовых характеристик твердого тела.

7.3. Элементы по траектории. Вытянутая бобышка.

Элементы, вытянутые по траектории, являются одними из наиболее популярных и важных составляющих процесса проектирования сложных изделий.

О необходимости применения данного инструмента уже говорилось ранее (см.раздел 7.1), равно как и рассматривались образцы подобного рода изделий (см.рис.7.1 и 7.3). Как правило, для получения подобного рода изделий, выполненных по траектории, необходимо наличие:

- ☑ *Пространственной траектории*, создаваемой при помощи трехмерного эскиза, подробно рассмотренного в разделе 7.1
- ☑ *Эскиза профиля* будущего изделия, расположенного в одном из концов вышеуказанной траектории.
- ☑ Учитывая сложность маршрута, как правило, создаваемого трехмерным эскизом, для построения *Эскиза профиля* потребуется еще и *Вспомогательная плоскость*, создание которой было рассмотрено в разделе 7.2.

Итак, поскольку все составляющие будущего изделия, описываемого некоторой траекторией движения профиля, нам хорошо знакомы, мы можем приступать к рассмотрению этого вопроса, опираясь на полученные нами ранее знания.

Создадим все необходимые, для выполнения поставленной задачи, компоненты (см.рис.7.7) будущего элемента построенного по траектории.

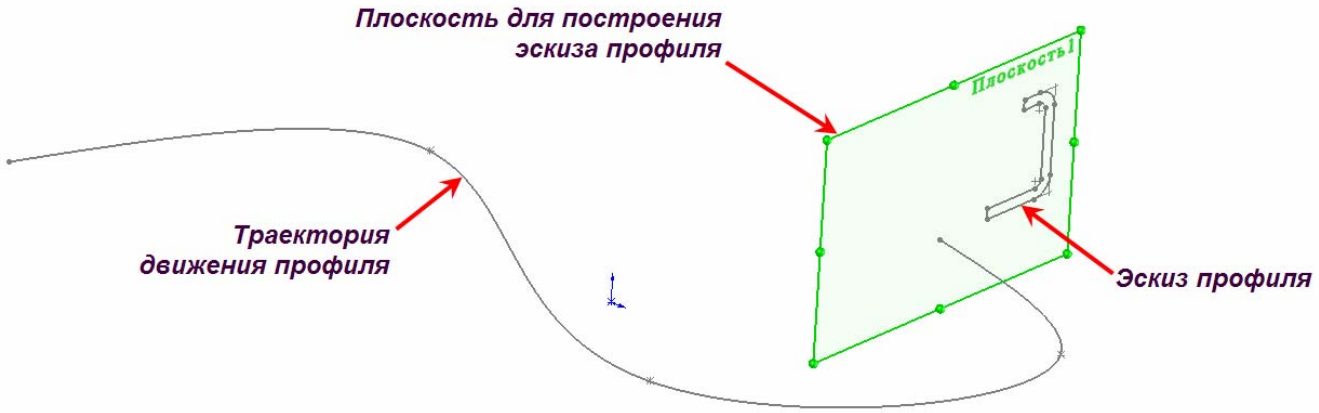


Рис. 7.7 Основоопределяющие профили элемента по траектории

Менеджер свойств (Property Manager) ***По траектории*** (рис.7.8) вызывается либо из Панели инструментов Элементы, либо из

Главное меню → *Вставка* → *Бобышка\Основание* → *По траектории*

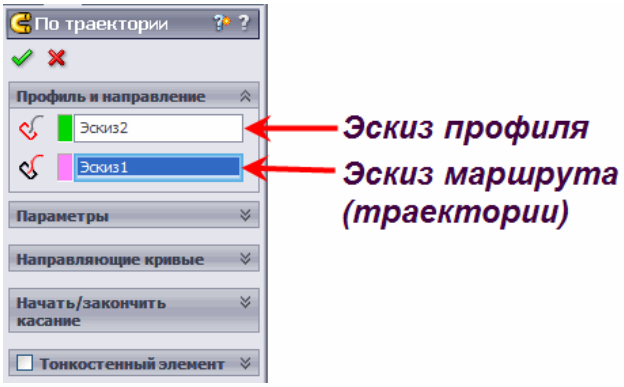


Рис. 7.8 Менеджер свойств инструмента По траектории

Основная раскрывающаяся панель *Менеджера свойств* – это панель ***Профиль и направление***, содержащая (см.рис.7.8) окна для выбора эскиза профиля и эскиза траектории, по которой этот профиль должен быть проведен.

Следует заметить, что для незамкнутого маршрута профиля (см.рис.7.7) вовсе не обязательно, чтобы его эскиз соприкасался с одной из конечных точек траектории, а это означает, что в качестве направляющей траектории может выступать любая преобразованная в эскиз маршрута кромка твердого тела.

Однако, если траектория является замкнутой кривой, то плоскость с эскизом профиля должна ее пересекать.

В самом простом случае, представленных на рис.7.7 эскизов и выбор их в качестве параметров, определяющих форму и профиль будущего изделия в *Менеджере свойств* ***По траектории*** , вполне достаточно для создания тела, которое показано на рис.7.9.

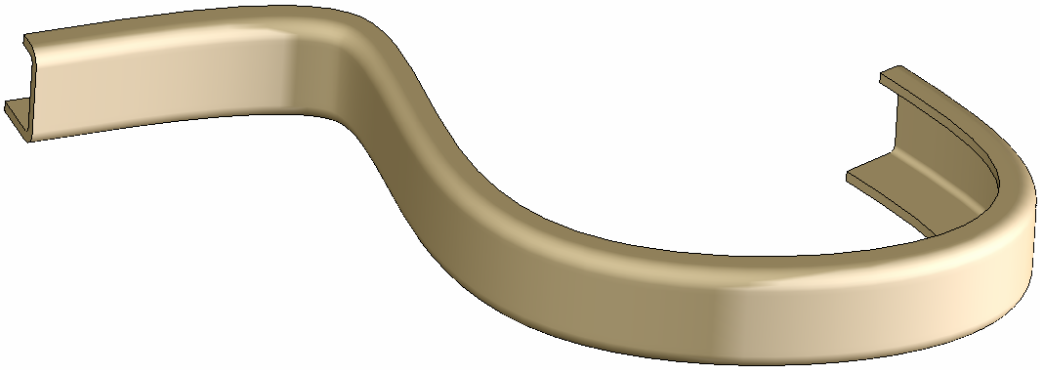
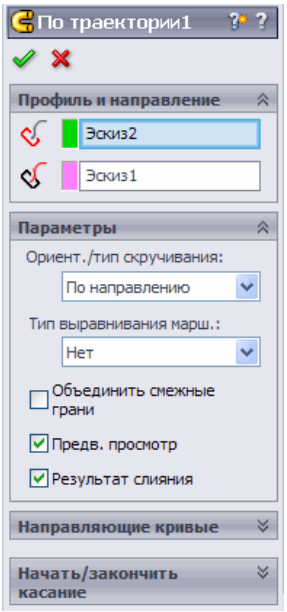


Рис. 7.9 Тело по траектории, полученное на основе эскизов профиля и маршрута рис.7.7 и настроек Менеджера свойств рис.7.8.

Далее будут рассмотрены другие параметры вытягивания тела по траектории, доступные в *Менеджере свойств* ***По траектории*** и скрытые, по умолчанию, как показано на рис.7.8.

7.3.1. Вытягивание по траектории с назначенными параметрами

Рассмотренный выше пример демонстрировал самый простой, но, одновременно с этим и самый распространенный, наиболее часто встречающийся на практике способ создания твердых тел по траектории. Однако, возможности инструмента ***По траектории*** гораздо шире представленных ранее.



Рассмотрим некоторые из них, расширяющие диапазон рассматриваемого инструмента за счет настраивания его параметров, определяющих характер взаимоотношений уже известных нам по предыдущему разделу элементов тела по траектории, как *Профили* и *Траектория (маршрут)*.

При создании вытянутого по траектории элемента в раскрывающемся списке *Ориентация/Тип скручивания*, который находится в раздвижной панели ***Параметры***, по умолчанию выбран параметр *По направлению*. *Менеджер свойств* инструмента, с активированной панелью ***Параметры*** представлен на рис.7.10.

Рис. 7.10 Менеджер свойств инструмента По траектории с раскрытым окном Параметры.

Раскрывающийся список *Ориентация/Тип скручивания* содержит следующие параметры:

- По направлению;
- По направлению к начинающему сечению;
- Скручивание вдоль маршрута;
- Скручивание вдоль маршрута, перпендикулярно к начинающему сечению;
- По направлению и 1ой направляющей кривой;
- По 1ой и 2ой направляющей кривой

Там же находится раскрывающийся список *Тип выравнивания траектории*. Используя этот список, вы можете задать параметры сглаживания для создания гладких вытянутых элементов в тех случаях, когда кривизна траектории вытягивания меняется скачками.

Если Вы, задав *Профиль* и *Маршрут*, создаете вытянутый элемент в режиме *По направлению*, вытягиваемое сечение будет выравниваться по нормали к траектории в каждой ее точке, как это видно на рис. 7.11, а). Если же выбран режим *По направлению к начинающему сечению*, то сечение будет перемещаться вдоль траектории, не поворачиваясь относительно первоначальной ориентации. Таким образом, начальная и конечная поверхности вытянутого элемента будут параллельны (см.рис.7.11, б).

Как можно заметить, это никак не сказывается на прямолинейных участках маршрута, однако данный параметр настройки следует учитывать, если траектория имеет криволинейные участки, поскольку на них, вследствие сохранения параллельности начального и конечного профиля, сечение тела будет изменяться.

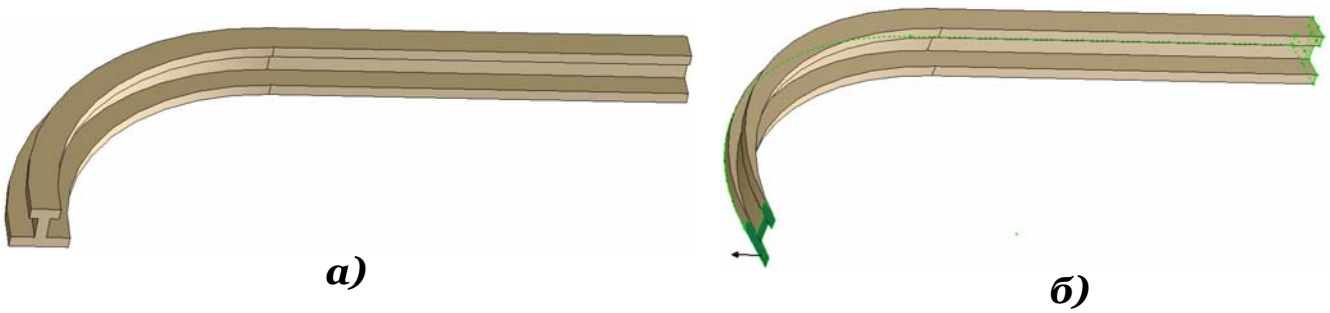


Рис. 7.11 Два варианта построения профиля с различными параметрами настройки касательности его к траектории вытягивания.

7.3.2. Скручивание элемента, вытянутого по траектории

Другой группой, не менее интересных вариантов создания вытянутого по траектории тела, с приданием ему специфических свойств, является группа параметров настройки, связанная со скручиванием

профиля вдоль маршрута его вытягивания. При создании элемента, вытянутого по траектории, его можно скрутить, выбрав вариант *Скручивание вдоль маршрута* в раскрывающемся списке *Ориентация/Тип скручивания*. При этом, под раскрывающимся списком появятся дополнительные раскрывающиеся списки, позволяющие назначить единицы измерения угла скручивания и его значение (рис.7.12).

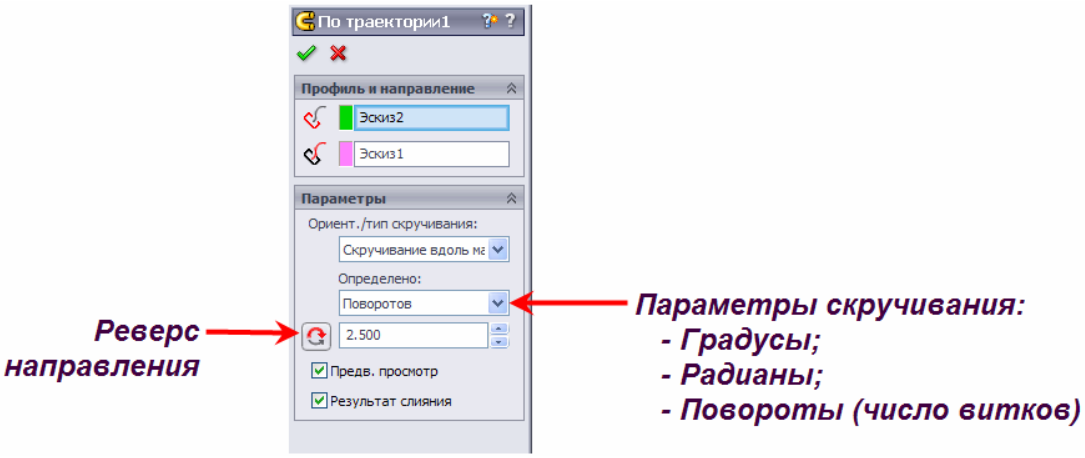


Рис. 7.12 Менеджер свойств инструмента По траектории при назначении параметров скручивания.

С помощью этих элементов управления вы можете применить скручивание к элементу, вытянутому по траектории. По умолчанию в раскрывающемся списке *Единицы* выбран вариант *Градусы*. В этом случае необходимо указать угол, на который производится скручивание, в счетчике *Угол скручивания*. Кнопка *Реверс направления* позволяет изменить направление скручивания на противоположное. Другие варианты выбора в раскрывающемся списке *Единицы* позволяют задать степень скручивания в радианах или витках.

Аналогично варианту, рассмотренному в предыдущем разделе и представленному на рис.7.11, скручивание также можно произвести таким образом, чтобы конечная грань была параллельна профилю, а сечение оставалось бы перпендикулярным к траектории на всем ее протяжении. Для этого выберите в раскрывающемся списке *Ориентация/Тип скручивания* вариант *Скручивание вдоль маршрута, перпендикулярно к начинающему сечению* и установите параметры скручивания.

Результаты выполнения выше указанных настроек представлены на рис.7.13

а) ***б)***

*Рис. 7.13 Результаты построения твердого тела по траектории со скручиванием: вдоль маршрута (**а**) и вдоль маршрута перпендикулярно к начинающему сечению (**б**).*

7.3.3. Использование направляющих кривых для создания тела сложной формы по траектории.

Вытягивание с направляющими кривыми является одним из важнейших методов профессионального моделирования. В вытянутом элементе с направляющими кривыми сечение меняется в соответствии с направляющей кривой при движении вдоль траектории вытягивания.

Для создания такого элемента требуются:

- ☑ профиль,
- ☑ траектория вытягивания и
- ☑ направляющая кривая.

После создания эскизов профиля, траектории и направляющей кривой необходимо привязать направляющую кривую к профилю. При этом следует удостовериться в том, что направляющая кривая пересекает профиль.

Вызовите менеджер свойств вытягивания по траектории. Выберите профиль и траекторию. Результирующий элемент будет отображен в области построений в режиме предварительного просмотра. Разверните панель *Направляющие кривые*, если она скрыта по умолчанию, при этом, рассматриваемая в предыдущем разделе панель *Параметры*, может быть свернута – она нам не потребуется. *Менеджер свойств* инструмента ***По траектории*** с раскрытой панелью *Направляющие кривые* приведен на рис.7.14.

С целью изучения данного вопроса, построим элементы будущей модели, необходимые нам для построения (рис.7.15). Распределив "роли" между построенными элементами, как это показано на рис. 7.15, ***а***), и щелкнув на клавише **ОК**, получим результат, представленный на рис.7.15, ***б***).

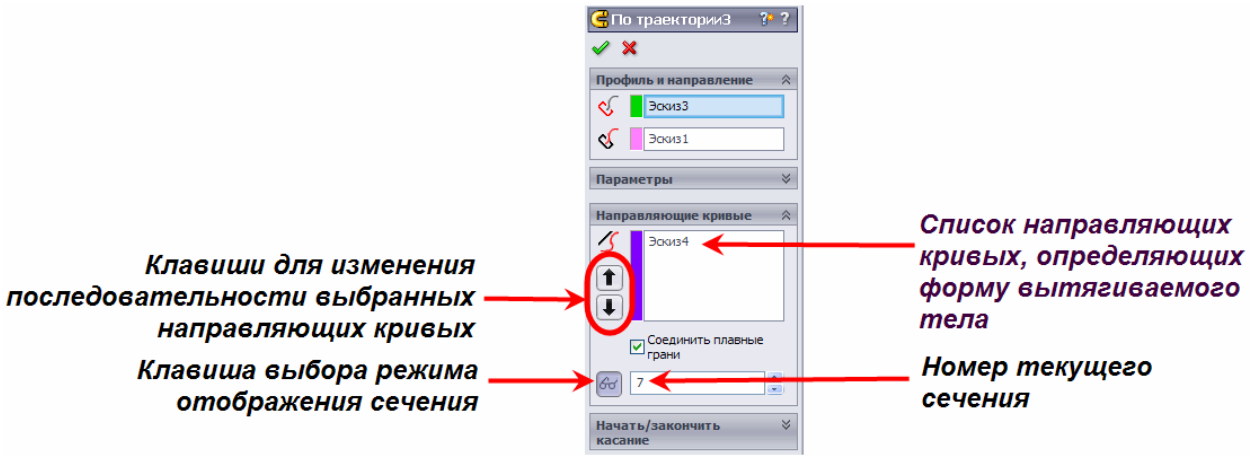


Рис. 7.14 Менеджер свойств инструмента По траектории в режиме создания тела с применением направляющих кривых.

В предыдущем случае (рис.7.15, ***а)*** и ***б)***) *траекторией вытягивания* была прямая линия, а *направляющей кривой* была дуга. В следующем случае (рис.7.15, ***в)*** и ***г)***) - дуга выбрана в качестве траектории, а прямая линия теперь является направляющей кривой. Как видим, при одних и тех же элементах – эскизах тела по траектории, назначение управляющих параметров значительно влияет на окончательный результат построения проектируемого тела.

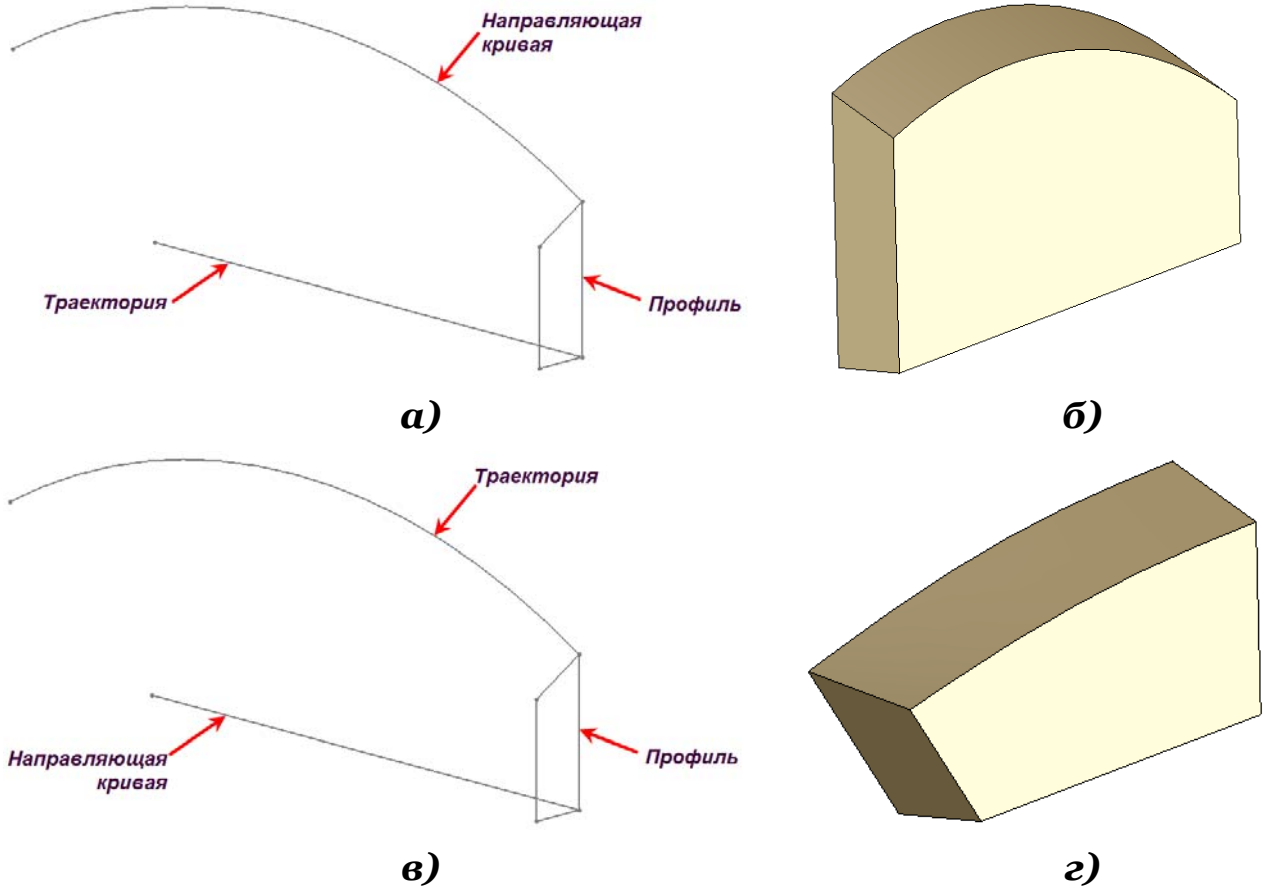


Рис. 7.15 Выбор эскизов для построения тела по траектории и их влияние на конечный результат.

Кнопки *Переместить вверх* и *Переместить вниз*, расположенные слева от списка *Направляющие кривые* (см.рис.7.14), используются для изменения последовательности выбранных направляющих кривых, если таковые имеются в количестве больше одной (см. пример их использования далее).

Флажок *Объединить плавные грани*, установленный по умолчанию, используется для слияния гладких поверхностей в одну общую поверхность элемента. Если в процессе редактирования элемента сбросить этот флажок, то после создания вытянутого элемента выводится предупреждение (рис.7.16).

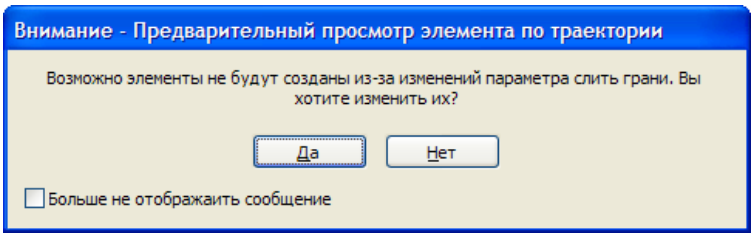


Рис. 7.16 Вид предупреждения, при изменении параметра слияния граней

Если Вы все же создаете вытянутый элемент с направляющими кривыми и при снятом флажке *Объединить плавные грани*, то поверхности созданного таким образом элемента не будут объединены. Это приведет к ступенчатому изменению кривизны поверхности элемента в каждом его сечении.

ПРИМЕЧАНИЕ: Помните, что если вы создаете вытянутый по траектории элемент без слияния гладких поверхностей, то результирующий элемент генерируется быстрее и соседние поверхности и кромки проще объединяются. Кроме того, создаваемый элемент точно совпадает с линиями и дугами в направляющей кривой.

Кнопка *Показать сечения* (см.рис.7.14) в раздвижной панели *Направляющие кривые* используется для отображения промежуточных сечений при создании элемента, с направляющими кривыми. При щелчке на ней появляется счетчик *Номер сечения*. Задавая номер сечения в этом счетчике, можно отображать отдельные сечения элемента вдоль траектории вытягивания. Максимальное значение в этом счетчике ограничено числом сечений в элементе, определяемых *Solid Works* автоматически, в зависимости от кривизны направляющей линии.

7.3.4. Вытягивание элементов по траектории с одной направляющей кривой

Имея в своем распоряжении элементы для построения тела по траектории, как это было сделано в предыдущем разделе, можно создавать твердые тела, выбрав вариант *По направлению и 1-ой направляющей кривой* на раздвижной панели ***Параметры***, т.е. можно создать элемент,

при создании которого движение профиля задается траекторией и одной направляющей кривой. Для этого достаточно, вызвав *Менеджер свойств* ***По траектории*** выделить профиль, траекторию и направляющую кривую.

По умолчанию в раскрывающемся списке *Ориентация/Тип скручивания* выбран вариант *По направлению*. Выбрав вместо него вариант *По направлению и 1-ой направляющей кривой* и щелкнув на кнопке **ОК**, чтобы завершить создание элемента, получим результат ничем, практически, не отличающийся от того, что был нами получен ранее (см.рис.7.15, ***б***). При этом, "поиграв" с параметрами *По направлению* и *По направлению и 1-ой направляющей кривой*, можно заметить, что выбор либо одного, либо другого варианта ни коим образом не отражается на окончательном результате построения твердого тела по траектории с направляющей кривой.

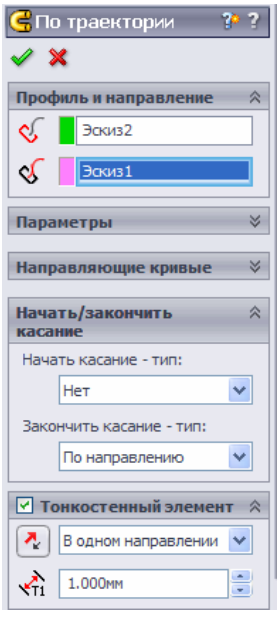
7.3.5. Вытягивание элементов с двумя направляющими кривыми

Используя вариант *По 1-й и 2-й направляющей кривой*, можно создать элемент с двумя направляющими кривыми. Для этого надо выбрать данный параметр в раскрывающемся списке *Ориентация/Тип скручивания* раздвижной панели ***Параметры*** и далее щелкнуть на кнопке **ОК** для завершения создания элемента.

7.3.6. Раздвижная панель Начать/закончить касание

Эта панель содержит дополнительные параметры настройки ориентации профиля по отношению к направляющим кривым и траектории вытягивания.

Раздвижная панель *Начать/закончить касание (рис.7.17)* в *Менеджере свойств* вытягивания по траектории используется для задания условий ориентации касательной на концах создаваемого элемента.



- Раскрывающийся список *Начальное касание - тип* определяет способ построения касательной в начале создаваемого элемента. Данный список содержит такие варианты, как:
  - *Нет* — этот вариант выбран по умолчанию и обозначает создание элемента без задания касательной в начале.
  - По *траектории* — касательная в начале вытягиваемого элемента направлена вдоль траектории вытягивания.

Рис. 7.17 Менеджер свойств инструмента По траектории.

Раскрывающийся список *Закончить касание - тип* определяет способ построения касательной в конце создаваемого элемента. Параметры, содержащиеся в раскрывающемся списке *Закончить касание - тип*, точно совпадают с вышеописанными.

7.3.7. Создание тонкостенного элемента, вытянутого по траектории

Построив твердое тело любой конфигурации, можно, как это уже оговаривалось в ***Главе XXX***, представить его в виде тонкостенного элемента, придав его граням свойство ***Оболочки***.

Однако, Вы можете создавать тонкостенные вытянутые по траектории элементы путем задания толщины стенки, используя раздвижную панель ***Тонкостенный элемент.*** Эта панель (рис.7.17) включается при помощи флажка, расположенного слева от нее. Параметры на этой панели те же самые, что и для элементов ***Вытянутая бобышка/основание*** и ***Повернутая бобышка/основание***, которые были описаны ранее. Вытянутый по траектории тонкостенный элемент показан на рис.7.18.

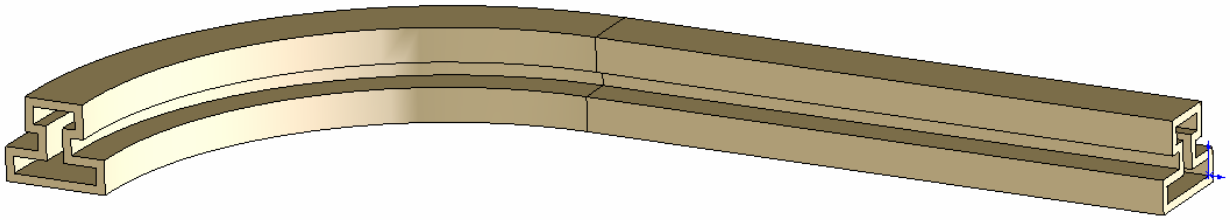


Рис. 7.18 Тело, вытянутое по траектории с назначением параметра Тонкостенный элемент

7.3.8. Специальные траектории. Построение пружины сжатия.

Пружина – одна из самых распространенных деталей общего машиностроения, создание которой можно осуществить исключительно методами вытягивания эскиза по траектории.

Поскольку данный элемент довольно часто встречается в проектируемом оборудовании, то разберем методику создания пружины подробно и пошагово.

Прежде, чем мы приступим к процессу моделирования пружины в *Solid Works,* нам необходимо знать ее основные параметры, получаемые в результате расчета по принятым к использованию в машиностроении методикам. Предположим, что подобный расчет нами уже был выполнен, в результате чего, проектируемая нами пружина имеет следующие характеристики, сведенные в таблицу 7.4.

Геометрические характеристики пружины

Таблица 7.4

№ п\п	Параметр	Условное обозначение	Величина
1.	Наружный диаметр, мм	$D_{пр.}$	100
2.	Диаметр проволоки, мм	$d_{пров.}$	8
3.	Шаг витков пружины, мм	S	16
4.	Высота пружины, мм	H	150

Как уже было сказано ранее, пружина, с точки зрения *Solid Works* – это твердое тело, содержащее в своей основе эскиз профиля проволоки, вытянутый по некоторой *спиралевидной* траектории.

Именно это обстоятельство, указанное в определении пружины, что траектория этого изделия представляет собой специфическое графическое представление, а именно 3D эскиз, дает нам право рассмотреть вопросы построения пружины самым внимательным образом.

Поскольку в основе пружины лежит эскиз ее траектории, именно с нее мы и начнем построение данного объекта:

I. По общепринятой в машиностроении методике расчета гнутых изделий, все их линейные параметры определяются по нейтральной линии сечения, т.к. она, в результате пластической деформации металла, остается неизменной длины, в отличие от наружных и внутренних волокон сгибаемого изделия.

Учитывая вышесказанное, для построения траектории в виде спирали, строим на выбранной плоскости окружность, диаметр которой будет определять положение нейтральной линии пружины, т.е. (см.табл.7.4):

$$D_{пр.\,нейтр.} = D_{пр.} - d_{пров.} = 100 - 8 = 92\ мм$$

II. Выходим из *Эскиза*, оставляя, по-умолчанию, построенный эскиз в активном состоянии (цвет эскиза – зелёный).

Примечание: **Для выполнения следующей операции нам необходимо иметь активный эскиз профиля пружины, поэтому, если по каким-то причинам данный эскиз был деактивирован, то Вам необходимо восстановить его активность, щёлкнув указателем на самом эскизе в Графической области, либо на его имя в *Дереве конструирования*.**

III. Создаем траекторию будущей пружины, для этого, при активном эскизе её профиля, в изометрическом его представлении для удобства визуализации процесса проектирования, выбираем из ***Главного меню*** команду:

Вставка → Кривая → Спираль/плоская спираль

Менеджер свойств инструмента ***Спираль*** представлен на рис.7.19, при этом необходимо помнить, что траекторию, в виде спирали можно построить по двум из любых трех известных параметров – это:

1) Шаг спирали;
2) Высота спирали;
3) Число витков в спирали.

В этой связи, панель ***Определение*** содержит раскрывающийся список, содержащий следующие пары параметров, определяющих способ построения спиралевидной траектории:

- ☑ Шаг и Вращение (читай, число витков);
- ☑ Высота и Вращение;
- ☑ Высота и Шаг;
- ☑ Спираль (имеется в виду *плоская спираль*, например, как пружина в часовом механизме или как полоса, свернутая в рулон).

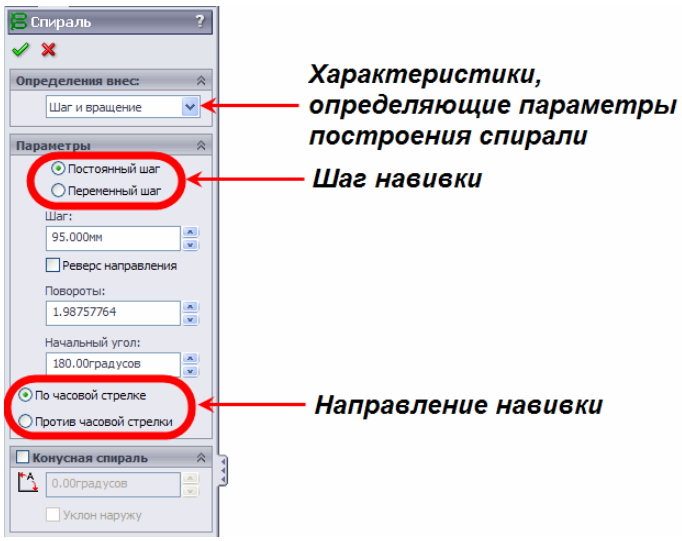


Рис. 7.19 Менеджер свойств инструмента Спираль

Раскрывающаяся панель ***Параметры***, в зависимости от того, какая пара определителей спиралей была выбрана в панели ***Определение***, содержит соответствующие окна для внесения их числовых значений.

Кроме того, при помощи инструмента ***Спираль*** можно создавать спиралевидные траектории как с постоянным, так и с переменным шагом, для чего в панели ***Параметры*** достаточно лишь установить флажок в соответствующем окне выбора шага навивки (см.рис.7.19).

Примечание: Спираль с переменным шагом можно создавать только для тех пар, в которых этот параметр присутствует, т.е. только для пар "Шаг и Вращение" и "Высота и Шаг".

Параметр *Начальный угол* отвечает за положение начальной точки спиралевидной траектории относительно *Исходной точки* и *Осей координат* системы. В этой связи числовое значение данного параметра принципиально не влияет на характеристики создаваемой траектории, а потому может быть любым положительным числом. Однако, в целях оптимизации процесса проектирования, рекомендуется назначать величину *Начального угла*, кратного 90°, т.к. *Стандартные плоскости* перпендикулярны друг другу, а, соответственно, расположены между собой под углом 90°, что в последующем может быть очень полезно при дальнейших построениях.

Примечание: Поскольку пружина сжатия имеет поджатыми 1.5...2 витка с обоих ее концов, для ее торцовки с целью повышения устойчивости во время работы, то для построения пружины по заданию, принимаем *Переменный шаг* навивки витков пружины. При этом *Менеджер свойств* инструмента *Спираль* принимает вид, показанный на рис.7.20.

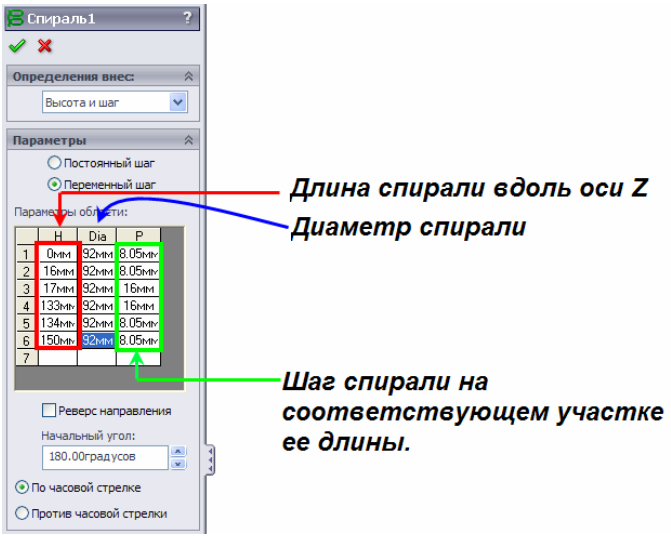


Рис. 7.20 Менеджер свойств инструмента Спираль при параметре Переменный шаг.

IV. Следующим этапом в определении вида траектории для проектируемой пружины с переменным шагом будет назначение параметров шага в зависимости от номера витка пружины или ее линейного размера по оси ***Z***, в зависимости от выбранной пары параметров.

Поскольку нами для построения пружины была выбрана пара *Высота и Шаг*, то расчет шага пружины будем осуществлять по параметру ***H*** – линейный размер пружины вдоль оси ***Z***.

При выполнении расчета пользуемся следующей методикой:

1) Поскольку первые и последние 1.5...2 витка пружины должны быть поджаты, т.е., по возможности, соприкасаться своими боковыми поверхностями друг к другу, а диаметр проволоки проектируемой пружины равен 8 мм (см.табл.7.4), то шаг между этими витками S_{1-2} на отрезке H_{1-2} **= 16 мм**, принимаем равным ***8.05 мм***. Дополнительные 0,05 мм были добавлены потому, что при отсутствии этого гарантированного зазора между витками возможно, на каком-то участке спирали, проникновение одного витка в тело соседнего, что может привести к ошибке при построении пружины.
2) При назначении шага пружины на определенном отрезке (числе витков) следует помнить, что ***величина шага на заданном участке изменяется плавно от его значения в начале участка, до величины, указанной в конце отрезка (витка)***. Другими словами, если бы мы на рабочей части нашей пружины ($H_{2-n} = H - S_{1-2} = 150 - 16 = 134$ *мм*) $H_{2\text{-}134}$ задали бы шаг $S_{2\text{-}134}$ = 16 мм, то на данном участке (от 16 до 134 мм длины пружины) шаг плавно бы менял свое значение от 8,05 мм до 16 мм, что нам не приемлемо.
3) Чтобы избежать такой ошибки мы идем на преднамеренное добавление "лишнего" участка – переходного, на протяжении которого происходит плавное изменение шага. Этот участок делаем не большим по протяженности, так чтобы переход с одного шага на другой был менее заметен визуально и не влиял бы на внешний вид пружины. В нашем случае назначим длину "переходного" участка в один миллиметр, т.е его параметры будут составлять: ***H = 17 мм***, ***S = 16 мм***
4) Следующий участок – рабочая часть пружины, где ее шаг, на всем протяжении ***H = 133 мм***, остается постоянным, т.е. ***S = 16 мм***
5) Следуя п.3методики, на "переходном" отрезке длиной 1 мм, шаг пружины вновь будет изменять свое значение, но теперь уже в меньшую сторону, т.е. с 16 мм на 8.05 мм.
6) Оставшуюся часть пути, т.е. 1.5...2 последних витка, до полной длины пружины – 150 мм – ее спиралевидная траектория будет иметь постоянный шаг ***S = 8,05 мм***

Результаты расчета, сведенные в таблицу 7.5, затем перенесем в таблицу *Параметров построения* пружины с переменным шагом, как это показано на рис.7.20.

Результаты расчета шага пружины, в зависимости от ее длины

Таблица 7.5.

№ п\п	Текущая длина спирали, мм	Диаметр спирали, мм	Текущий шаг спирали, мм
1.	0	92	8.05
2.	16	92	8.05
3.	17	92	16.0
4.	133	92	16.0
5.	134	92	8.05
6.	150	92	8.05

Примечание: Добавление строки в таблицу *Параметры области* (см.рис.7.20) можно щёлкнув правой клавишей мыши в ячейке с порядковым номером строки таблицы и в раскрывшемся контекстном меню выбрать команду *Добавить строку*. При этом новая строка будет вставлена перед той, на номере которой производилось добавление.

V. Щелчок по клавише **ОК** создаст спиралевидную траекторию, предварительный вид которой с указанием меток изменения ее параметров представлен на рис.7.21.

VI. Строим эскиз сечения проволоки, навиваемой пружины. Для этого выбираем ту *Стандартную плоскость*, которая проходит через *Начальную точку* построенной спирали. В нашем случае таковой будет являться плоскость ***Сверху***, поскольку она расположена на осях ***X*** и ***Z***, а, следовательно, выбранный нами, в качестве начального, угол в 180° тоже будет лежать на этой плоскости.

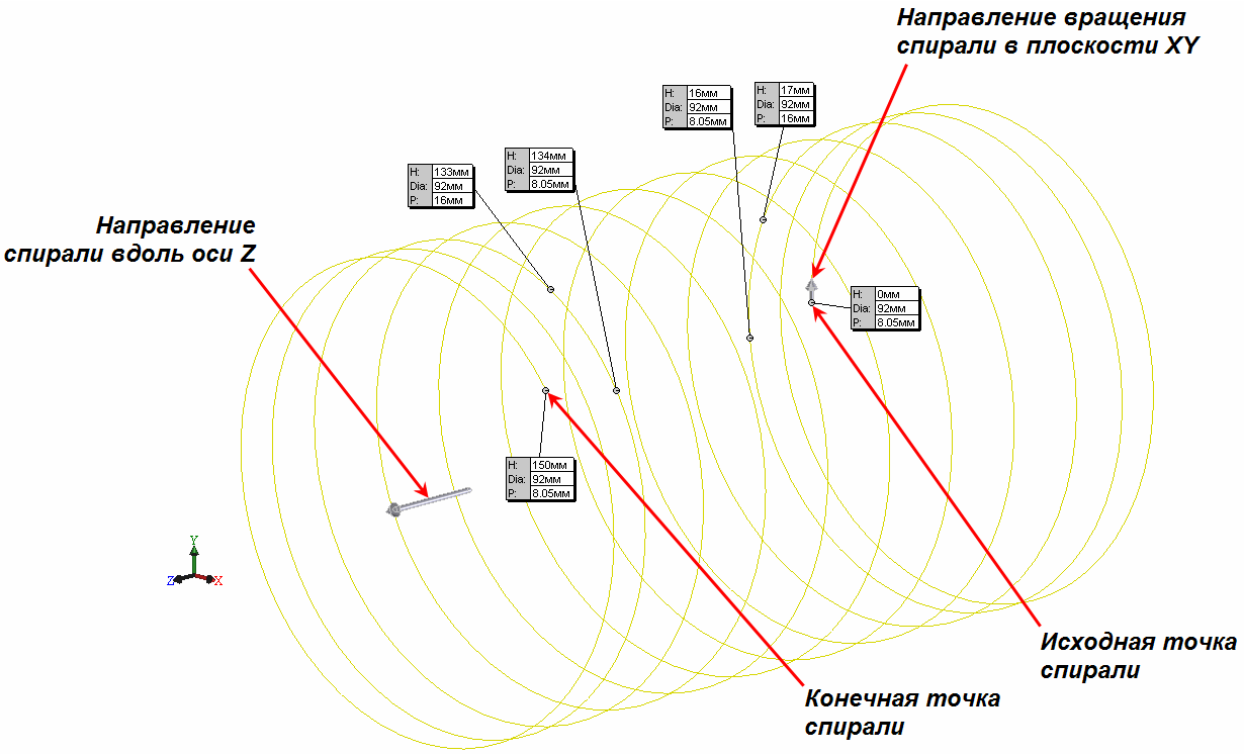
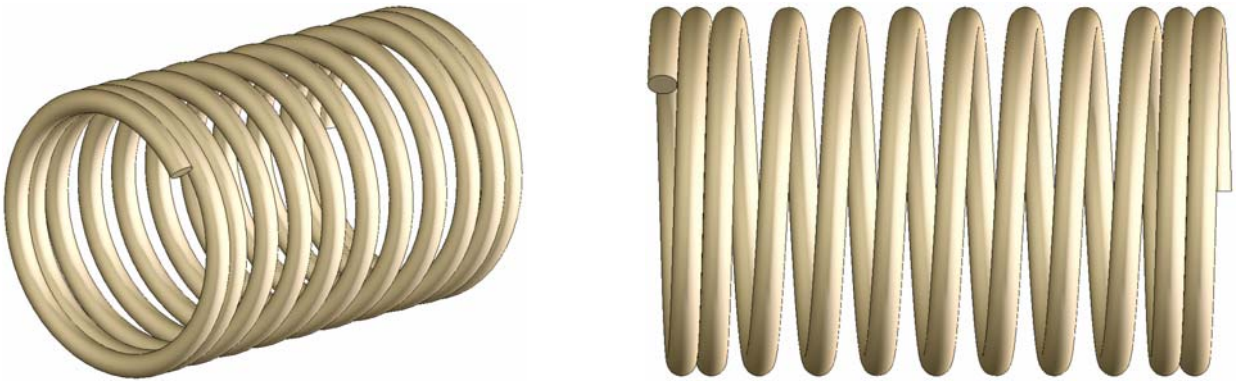


Рис. 7.21 Предварительный вид спирали, построенной по введенным параметрам, как Пружина с переменным шагом.

Эскизом профиля проволоки пружины будет окружность Ø8 мм, при этом между центром этой окружности и спиралью устанавливаем дополнительную взаимосвязь – *Точка пронзания* , что позволит нам точно связать оба этих элемента для выполнения последующих операций.

Выходим из *Эскиза*.

VII. Завершающий этап построения пружины. На этим этапе мы выбираем инструмент ***По траектории*** и, назначив в качестве вытягиваемого профиля эскиз поперечного сечения проволоки, а в качестве маршрута – спиралевидную траекторию, после нажатия на клавишу **ОК** получаем цилиндрическую пружину (рис.7.22), построенную по ее расчетным параметрам.



а) **б)**

Рис. 7.22 Цилиндрическая пружина сжатия.

Не трудно заметить, что у построенной по выше описанной методике пружины крайние витки поджаты друг к другу, что позволяет осуществить их качественную торцовку, с целью обеспечения устойчивости пружины при работе.

"Торцовку" пружины осуществляем при помощи инструмента ***Вытянутый вырез*** , расположив эскиз отсекаемой поверхности таким образом, чтобы в конечных точках проволока пружины имела притупленный конец, толщиной (1/3...1/4) $d_{пров.}$

Окончательный вид цилиндрической пружины сжатия показан на рис.7.23.

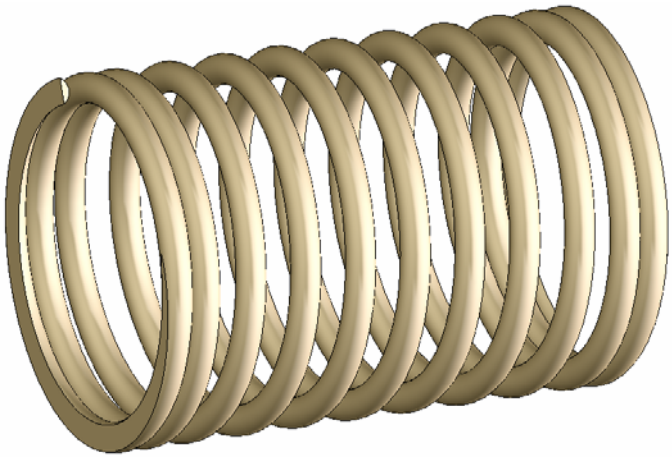


Рис. 7.23 Цилиндрическая пружина сжатия с подрезанными торцами.

7.4. Элементы по траектории. Вытянутый вырез

При помощи инструмента ***По траектории*** можно создавать не только вытянутые твердые тела, но и вытянутые по траектории вырезы.

Для создания выреза по траектории необходимо вызвать соответствующий инструмент - ***Вытянутый вырез*** , который

расположен в той же панели инструментов ***Элементы***, что и предыдущая команда.

Щелкните по кнопке ***Вытянутый вырез*** в *Менеджере команд* (после его настройки), чтобы вызвать *Менеджер свойств* данной команды, приведенный на рис.7.19. Элементы управления этого менеджера свойств совпадают с теми, которые были описаны ранее для *Менеджера свойств* ***По траектории***; единственное отличие в том, что все параметры задаются для выреза, поэтому мы не будем подробно рассматривать именно эту часть данного инструмента.

Однако, в *Solid Works 2008* появилась очень полезная функция в раскрывающейся панели ***Профиль и направление*** (рис.7.19) – *Твердое тело по траектории*, изучению которой мы обратим особое внимание, разобрав работу с ней на примере.

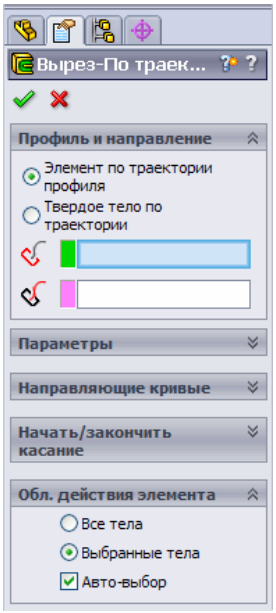


Рис. 7.24 Менеджер свойств инструмента Вырез по траектории.

7.4.1. Создание выреза по траектории с использованием, в качестве профиля, твердого тела.

Вероятно многим приходилось в своей практике, при проектировании различного оборудования, создавать элементы, подобные тем, что представлены на рис.7.20 – смазочные канавки на подшипниках скольжения (в нашем примере рассматривается фрагмент плоской детали, например, Планки).

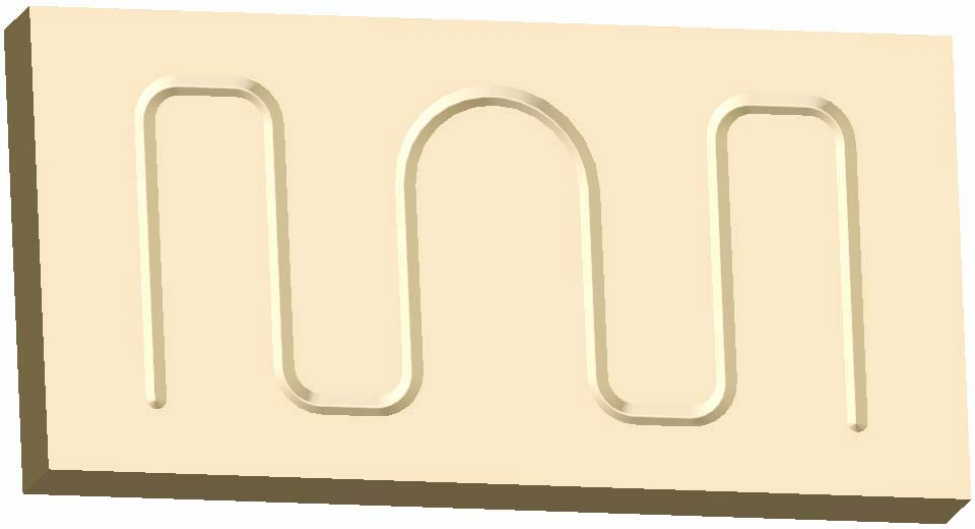


Рис. 7.25 Вытянутый вырез по траектории

Поскольку рассматриваемая функция не имеет аналога в ранее рассмотренной команде ***Вытянутая бобышка по траектории***, а тем более, что она вообще впервые появилась в инструментарии *Solid Works*, рассмотрим построение этого элемента в подробностях.

В принципе, построение этого элемента – канавка по траектории, можно осуществить и имеющими в распоряжении конструктора инструментами ***Вырез по траектории*** более ранних версий *Solid Works*, равно как и назначив для ее выполнения функцию, назначаемую По-умолчанию – *Элемент по траектории профиля*, однако трудоемкость выполнения рассматриваемого элемента с применением данной функции, значительно возрастет.

Итак, для создания любого элемента *Вытянутый вырез по траектории* требуются:

- ☑ Профиль или твердое тело и
- ☑ Траектория (маршрут) выреза.

Маршрут движения вырезаемого по траектории профиля может быть произвольным, но:

- Не быть самопересекающимся;
- Не иметь острых углов.

Дальнейшее построение элемента *канавка под смазку* будем рассматривать как пошаговую инструкцию ее выполнения.

1. Используя *Инструменты эскиза* строим траекторию будущей канавки на выбранной для этих целей грани. Результат этих действий показан на рис.7.21.

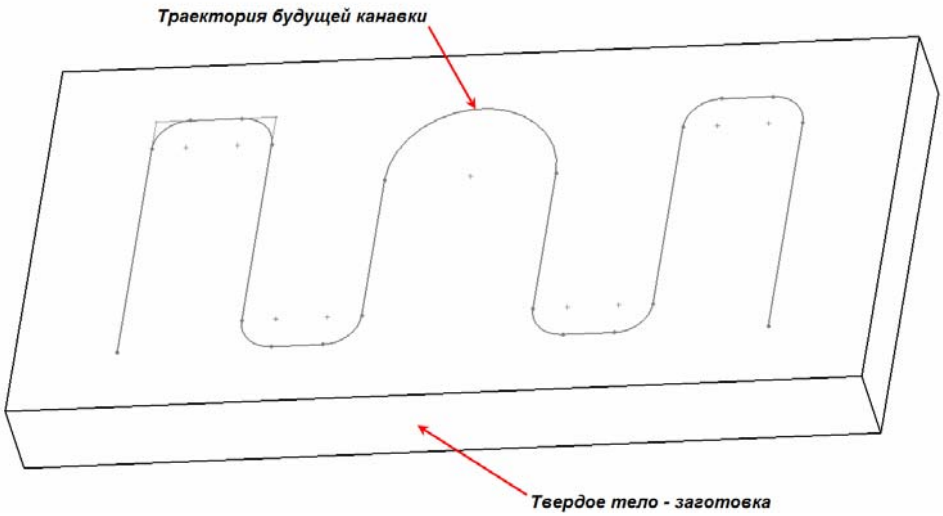


Рис. 7.26 Первый этап построения – создание траектории движения инструмента.

2. Для построения эскиза будущего формообразующего профиля инструмента канавки создадим вспомогательную плоскость, перпендикулярную одному из концов созданной для движения инструмента траектории (рис.7.22).
3. Строим эскиз профиля будущей канавки, с учетом ее "проникновения" в тело заготовки. При этом, поскольку мы рассматриваем работу функции *Создание выреза по траектории с использованием, в качестве профиля, твердого тела,* в качестве эскиза будет выступать профиль режущей части пальцевой фрезы, заточенной для выполнения заданной канавки (рис.7.23, ***а***).

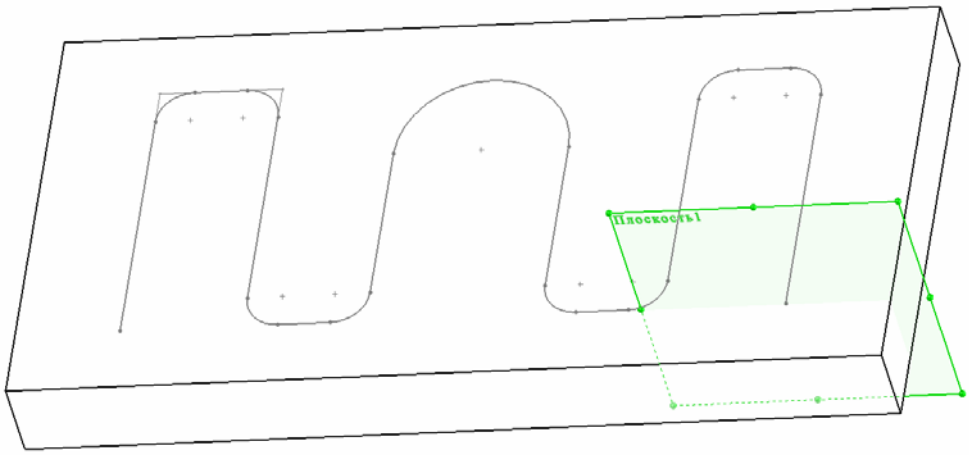
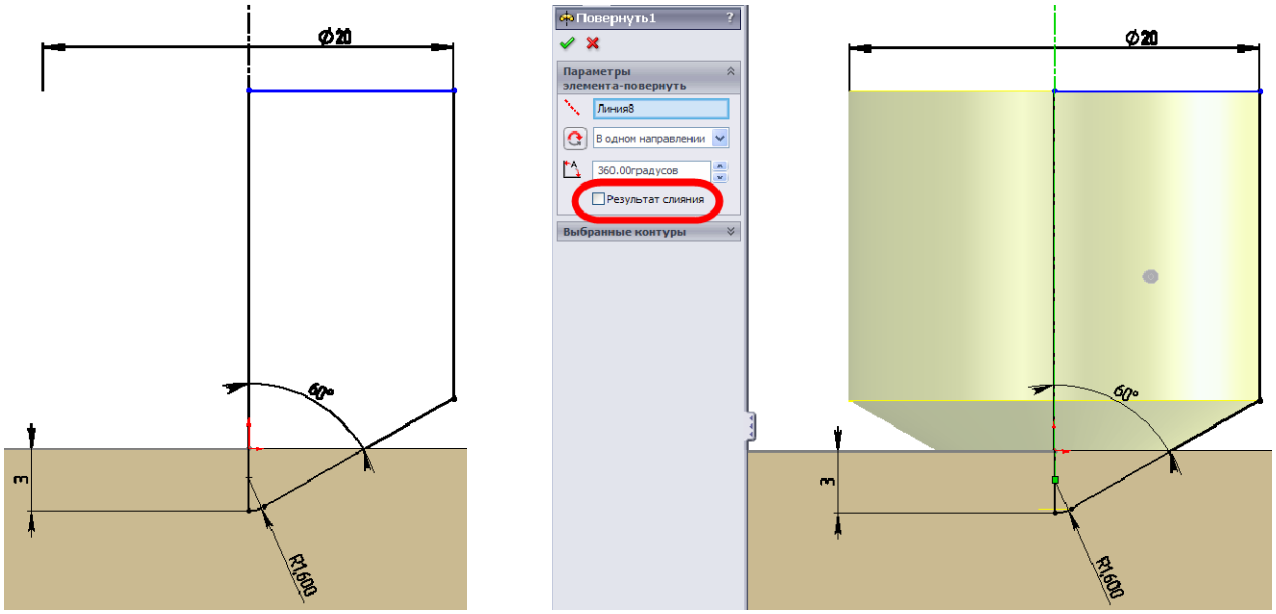


Рис. 7.27 Построение вспомогательной плоскости в начале траектории.

4. Создаем твердое тело методом поворота эскиза (рис.7.23, ***а***) вокруг оси, но при этом ОБЯЗАТЕЛЬНО снимаем флажок с параметра *Результат слияния* в *Менеджере свойств* ***Повернуть*** (рис.7.23, ***б***).



а) **б)**

Рис. 7.28 Построение твердого тела – пальцевой фрезы, создающей профиль канавки под смазку.

5. Нажав клавишу **ОК** в *Менеджере свойств* ***Повернуть***, в *Дереве конструирования* получим запись о том, что построенная нами модель содержит два твердых тела: заготовка планки и пальцевая фреза (рис.7.24).

6. Активизируем инструмент ***Вытянутый вырез*** и выберем, для достижения поставленной нами цели, функцию *Твердое тело по траектории*. *Менеджер свойств* инструмента ***Вырез по траектории*** представлен на рис. 7.25

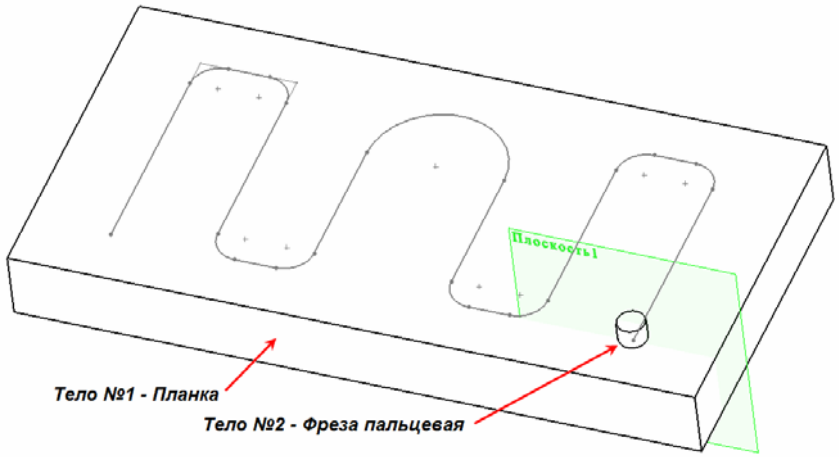


Рис. 7.29 Фреза и Планка – два самостоятельных тела в одной модели.

7. Выбрав, в качестве маршрута движения фрезы эскиз с траекторией ее движения, а в качестве твердого тела – тело

созданного нами образа фрезы, нажмем клавишу **ОК** в *Менеджере свойств* инструмента ***Вырез по траектории***. Результатом будет созданная на выбранной нами изначально грани канавка под смазку, с теми ее характеристиками, которые были заложены в траекторию канавки и режущий инструмент для ее изготовления (рис.7.26).

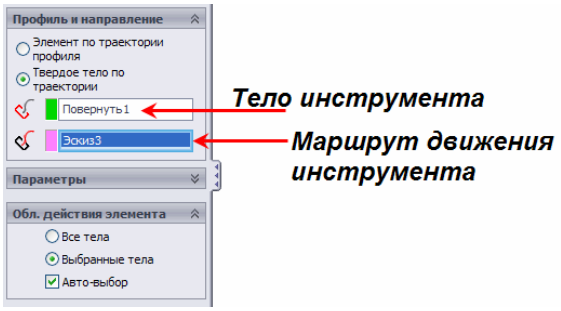


Рис. 7.30 Менеджер свойств инструмента Вырез по траектории с функцией Твердое тело по траектории

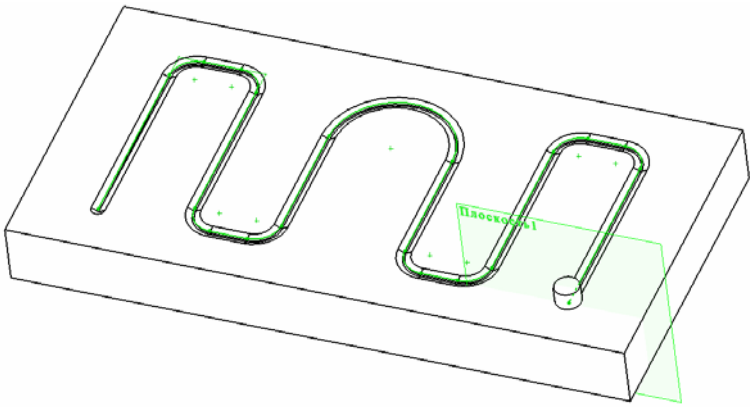
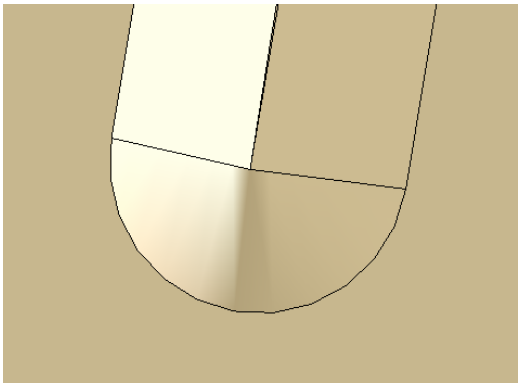
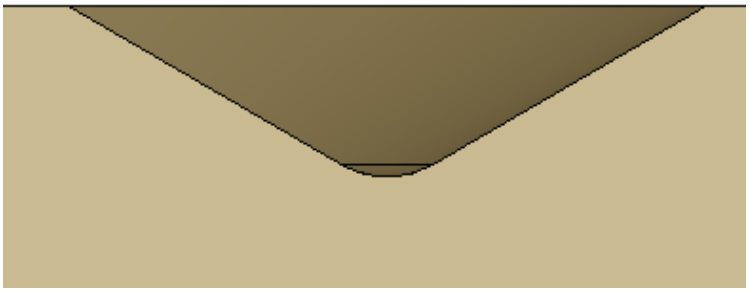


Рис. 7.31 Результат построения выреза Твердым телом по траектории

8. Для того, чтобы "уже отработавшая" фреза не мешала работе с деталью, ее следует скрыть, используя для этого известные инструменты *Solid Works* по управлению визуализацией объектов модели.
9. В результате описанных выше действий нами была создана канавка под смазку, представленная на рис.7.20, но при этом концы канавки имеют правильный отпечаток того режущего инструмента, при помощи которого она была создана (рис.7.27). Это особенно важно, т.к. если бы мы выполняли вырез канавки по траектории, используя при этом функцию по-умолчанию – *Элемент по траектории профиля* (см.рис.7.19), то получили бы врез эскиза в тело под прямым углом, что требовало бы дополнительных трудозатрат на его (врез) исправление.



а)



б)

Рис. 7.32 Торец канавки и ее профиль в разрезе.

7.5. Элементы по сечениям. Бобышка/Основание по сечениям

Как следует из названия данной главы, она посвящена проектированию в *Solid Works* изделий сложной геометрической формы. В таком случае, не будет ложным и то утверждение, что самые сложные, порой замысловатые по форме, контуры изделия можно создать только при помощи инструмента ***Элементы по сечениям***.

Равно, как и простые, по форме и содержанию инструменты ***Вытянутая Бобышка/Вырез***, рассматриваемый в ниже представленных разделах инструмент, также имеет две формы своего существования:

1. *Бобышка/Основание по сечениям* и
2. *Вырез по сечениям*

Чтобы глубже понять смысл работы рассматриваемого инструмента, нужно представить себе "физику процесса", выполняемого *Solid Works* при решении данного вопроса. Наверняка многие видели (хотя бы в кино или по телевидению) как строятся корабли или самолеты, видели стоящие на стапелях "скелеты" будущих лайнеров. Хотя эти "скелеты" и кажутся бесформенными существами, но уже в этом состоянии прослеживаются контуры создаваемой машины. Когда же несущая конструкция будет обшита со всех сторон листовым материалом, то изделие примет окончательную форму, задуманную конструктором еще на стадии его проектирования.

Элементы по сечениям, подобно рассмотренному примеру, создаются *путем натягивания поверхности на несколько одинаковых или разных по форме сечений*, в результате чего можно создать поверхность произвольной формы (рис.7.33). При этом следует помнить, что:

- ☑ Формообразующие сечения могут быть как параллельны, так и не параллельны.
- ☑ Сечения для сплошных тел должны быть замкнутыми.

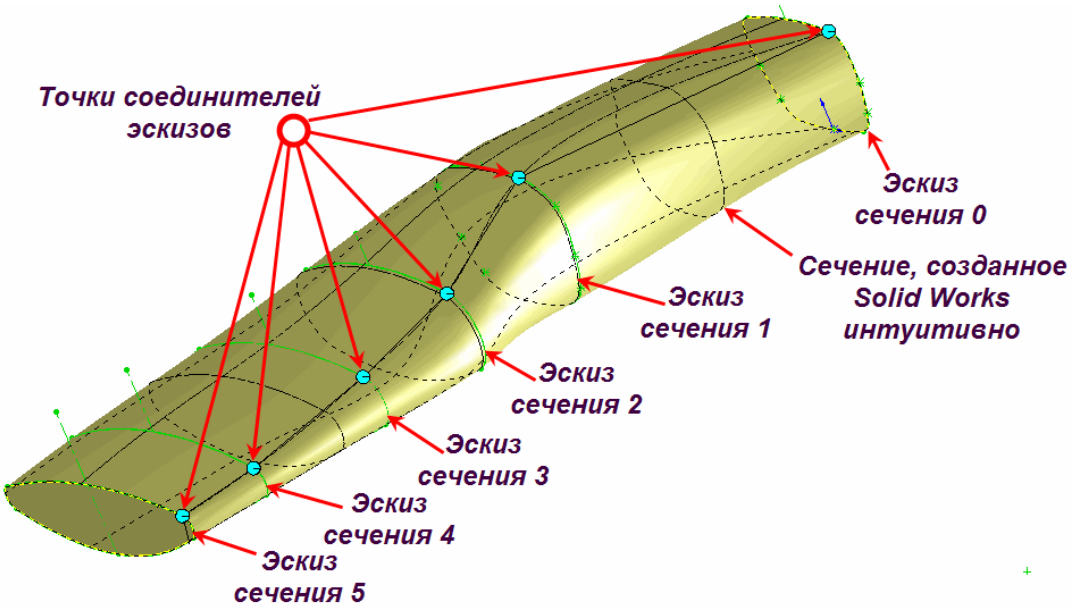


Рис. 7.33 Структура тела, построенного по сечениям

Чтобы создать элемент по сечениям, необходимо предварительно создать, так называемый, каркас будущего изделия, содержащий как минимум два, а при необходимости и более, сечений, определяющих его форму. Эскизы сечений (см.рис.7.33) строятся, как правило, на вспомогательных плоскостях, расположенных на некотором расстоянии друг от друга[2]. Чем сложнее проектируемое изделие по форме, тем больше для него требуется вспомогательных плоскостей и промежуточных эскизов профилей сечений тела.

Создав требуемое количество профилей сечений, щелкните на кнопке ***Бобышка/Основание по сечениям*** , в любом удобном для этого месте:

- Из **Главного меню**:
  Вставка → Бобышка/Основание → ***По сечениям***
- Из *Панели инструментов* или из *Менеджера команд:*
  Элементы *→ Бобышка/Основание по сечениям*

При этом, в соответствующем для этих целей месте, откроется *Менеджер свойств* ***По сечениям*** , представленный на рис.7.34.

Последовательно, от первого профиля до последнего, необходимо выбрать все созданные на первом этапе эскизы профилей каркаса будущего изделия. Выбранные для построения модели профили сечений

[2] Созданию вспомогательных плоскостей был посвящен раздел 7.2 настоящей главы.

будут отображены списком раскрывающейся панели ***Профили*** *Менеджера свойств* ***По сечениям*** (см.рис.7.34).

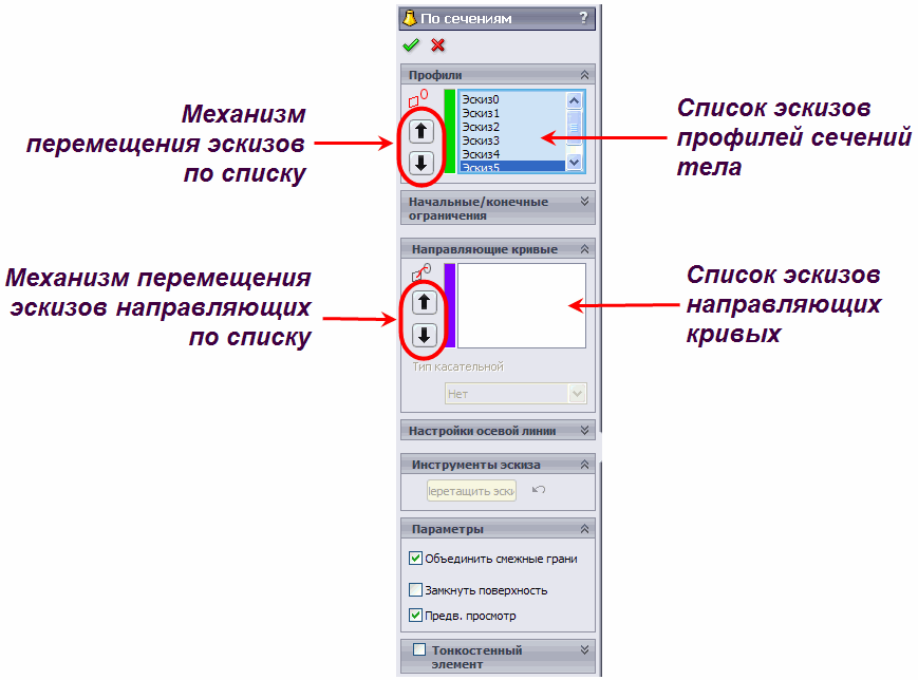


Рис. 7.34 Менеджер свойств инструмента Бобышка по сечениям

Примечание: Профили сечений должны выбираться строго по порядку их следования вдоль оси создаваемого элемента. В случае нарушения порядка выбора профилей сечений их нужно упорядочить при помощи *Механизма перемещения эскизов по списку* (см.рис.7.34).

После выбора профилей в **Графической области** построений появится предварительный вид создаваемого элемента вместе с соединительной линией между сечениями. На рис.7.33 представлен "идеальный" случай, когда *Соединительная линия* расположилась в строгом соответствии с ее местоположением по топографии профилей сечения. Однако довольно часто, особенно при построении профилей сложной формы, предварительный просмотр получаемого по сечениям тела представляет результат в искаженном, деформируемом виде, как это показано на рис.7.35.

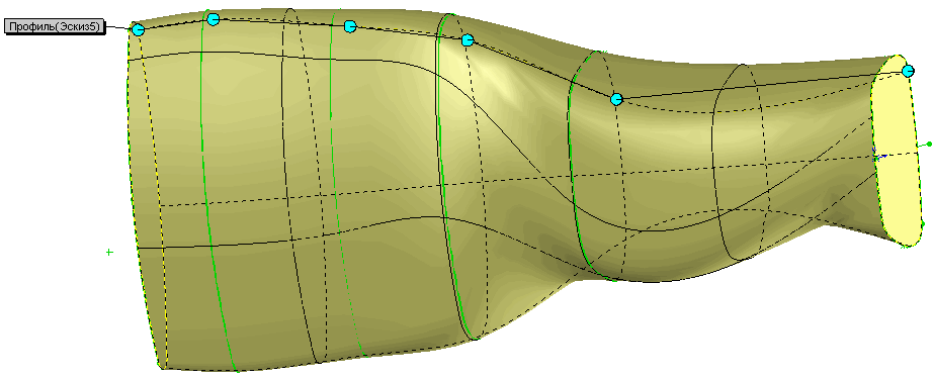


Рис. 7.35 Искажения поверхности тела, созданного по сечениям

В таком случае одна *Соединительная линия,* создаваемая *Solid Works* по-умолчанию, не исправит образовавшиеся на теле дефекты, а потому следует вызвать дополнительные инструменты, для исправления получившихся искажений.

Для выхода из создавшегося на рис.7.35 положения необходимо вызвать скрытые *Соединительные линии,* располагающиеся в узлах профилей сечений твердого тела. Все *Соединительные линии* вызываются командой *Отобразить все соединители* из контекстного меню[3]. В результате тело, создаваемое по сечениям, будет представлено в таком виде, как это показано на рис.7.36.

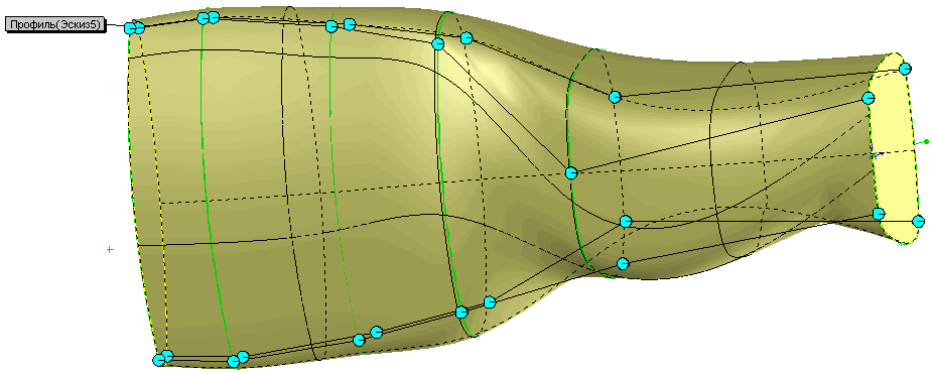


Рис. 7.36 Предварительный просмотр твердого тела по сечениям со всеми отображенными соединителями профилей.

Таким образом, элемент по сечениям можно изменить при помощи маркеров на линии, соединяющей профили сечений. Как это видно из рис.7.36, маркеры голубого цвета соответствуют конечным точкам соединительной линии, при этом сами маркеры находятся в произвольных узлах профилей сечений. Для получения же требуемого профиля необходимо так расположить маркеры по его сечениям, чтобы они находились в вершинах граничных узлах соответствующего профиля. Граничными узлами будем называть точки перехода одного объекта эскиза профиля (дуга, линия, сплайн) в другой.

Примечание: **Число соединителей, отображаемых при выборе этого параметра, зависит от максимального количества вершин в начальном или конечном сечении. Если начальное или конечное сечение представляет собой круг, эллипс или замкнутый сплайн, отображается только один соединитель.**

Чтобы отредактировать деформированный профиль, нужно переместить маркер, указав тем самым новое положение соединительной линии. Для этого достаточно подвести курсор к выбранному для редактирования маркеру, отчего все маркеры, принадлежащие данной *Соединительной линии,* станут красного цвета и, удерживая маркер левой

[3] Контекстное меню вызывается щелчком правой клавиши мыши в любой точке **Графической области** построения твердого тела по сечениям.

клавишей мыши, переместить его в новое положение, соответствующее его правильному местонахождению на теле.

Процесс управления формой элемента по сечениям при помощи соединительных линий называется *синхронизацией сечений*. Предварительный вид элемента (см.рис.7.36), у которого изменено положение *Соединительных линий*, показан на рис.7.37, сам же элемент, полученный в ходе редактирования, представлен на рис.7.38.

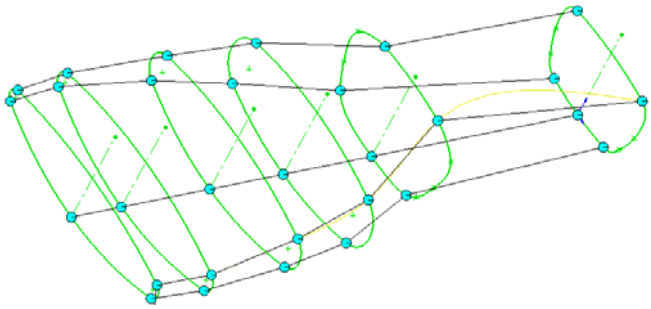


Рис. 7.37 Предварительный вид элемента по сечениям с откорректированным положением маркеров по узлам сечений.

Рис. 7.38 Элемент по сечениям после завершения операции.

СОВЕТ Для создания элемента по сечениям можно применить эскиз, который уже используется в другом элементе.

ПРИМЕЧАНИЕ: Изменение формы или закручивания при построении элемента по сечениям с использованием *Соединительной линии*, созданной по умолчанию, называется глобальным скручиванием. Это означает, что если вы меняете положение одной соединительной точки на профиле, то другие точки профиля автоматически меняют положение относительной первой.

При глобальном скручивании негладкого профиля, имеющего вершины, маркеры соединительных линий перемещаются только от одной вершины профиля к другой.

Помимо создаваемых *Solid Works,* в модель можно вставлять дополнительные *Соединительные линии*, чтобы манипулировать формой элемента по сечениям. Соединители могут добавляться как к прямым, так и к криволинейным профилям.

Чтобы добавить соединитель, нужно щелчком правой кнопки мыши в области построений вызвать контекстное меню и выбрать в нем пункт *Добавить соединительную линию*. Таким образом, можно добавить произвольное число соединителей. После добавления соединительных линий вы можете менять их положение, перетаскивая соответствующие маркеры.

СОВЕТ Чтобы скрыть все соединительные линии, выберите пункт контекстного меню *Скрыть все соединители*. При этом соединители не будут отображаться, но все настройки формы

элемента, заданные этими соединителями, сохранятся. Чтобы скрыть какой-либо соединитель отдельно, выделите его и выберите пункт контекстного меню *Скрыть соединитель*.

Если выбрать пункт контекстного меню *Сбросить настройки* соединителей, то все дополнительные соединители и их настройки будут удалены из элемента, а вместо них будет отображен исходный соединитель по умолчанию.

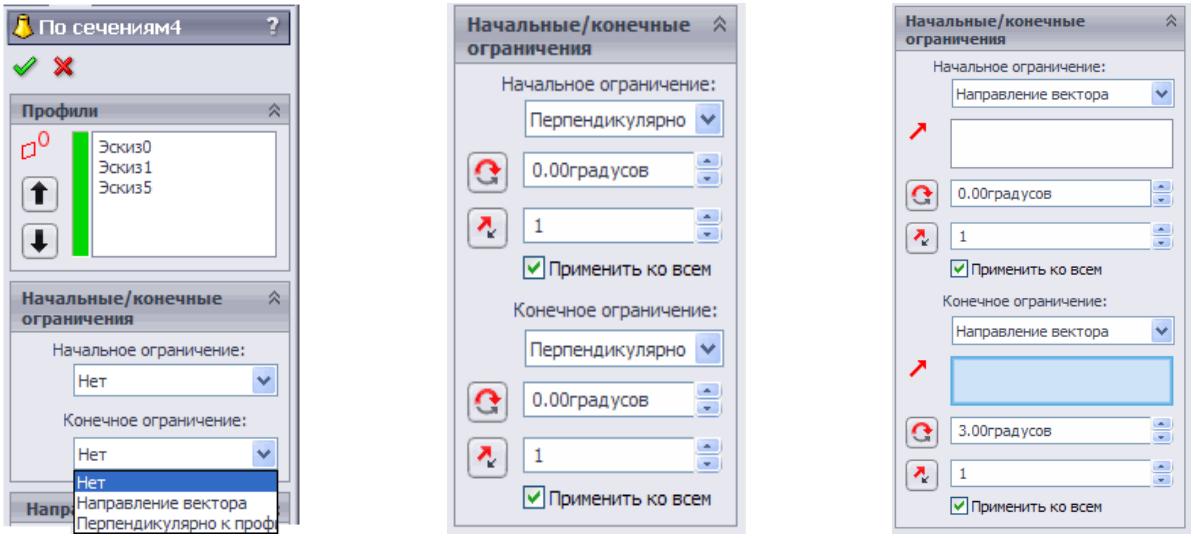
7.5.1. Раздвижная панель Начальное/Конечное ограничение

Раздвижная панель ***Начальные/конечные ограничения*** в *Менеджере свойств* элемента по сечениям предназначена для задания ограничений, действующих для начального и конечного сечений элемента. Это могут быть ограничения:

- перпендикулярности,
- касательности,
- непрерывности.

По умолчанию в раскрывающихся списках *Начальное ограничение* и *Конечное ограничение* (рис.7.39, ***а***) выбран вариант **Нет**. Это означает, что никаких ограничений на элемент не накладывается. Помимо этого, можно выбрать и другие параметры настройки ограничений, а именно:

☑ Параметр *Перпендикулярно к профилю* – определяет направление касательной в начале или в конце элемента по нормали к профилю. Если выбрать этот вариант в раскрывающемся списке *Начальное ограничение* или *Конечное ограничение*, то у начального или конечного сечения появится стрелка. Кроме того, на раздвижной панели ***Начальное/Конечное ограничение*** появится ряд дополнительных элементов управления (рис.7.39, ***б***).



а) ***б)*** ***в)***

Рис. 7.39 Настройка начальных и конечных ограничений в Менеджере свойств инструмента По сечениям.

Длину касательной можно задавать с помощью стрелок, прикрепленных к начальному и конечному сечениям, а также с помощью счетчиков *Длина касательной в начале* и *Длина касательной в конце*.

С помощью счетчиков *Угол уклона*, можно задавать уклоны внешней грани создаваемого тела по отношению к начальному и конечному сечениям.

Флажки *Применить ко всем* по умолчанию установлены как для *Начального ограничения,* так и для *Конечного*, в результате чего для всех вершин сечений задается одинаковая длина касательной. Если же сбросить эти флажки, то можно задавать длину касательной для каждой вершины в отдельности.

☑ Параметр *Направление вектора* используется для задания направления касательной в начале или в конце элемента путем выбора вектора. При выборе этого параметра в раздвижной панели (см.рис.7.39, ***в***) появляются область выделения *Вектор направления* и счетчики для задания длин касательных и склонения. Необходимо выбрать векторы направления касательных в начале и в конце элемента. Можно также задать длину касательных с помощью счетчиков на раздвижной панели ***Начальное/Конечное ограничение***.

7.5.2. Раздвижная панель Направляющие кривые

Рассмотренный нами пример (см.рис.7.36...7.38) наглядно показывает, что создавая N-ное количество сечений можно построить очень сложное по своей конфигурации изделие. Однако, этот же пример показал, что все созданные нами сечения, в конечном счете, объединяются *Соединительными линиями*, которые и определяют форму тела на участках между существующими сечениями, сглаживая переход от одного профиля к другому.

Данное обстоятельство доказывает возможность создания тела по сечениям при минимальном количестве промежуточных профилей[4], но при наличии предварительно созданных конструктором дополнительных направляющих, исполняющих роль *Соединительных линий,* позволяющих контролировать изменение сечения элемента при переходе от одного профиля к другому.

Для того, чтобы использовать при построении тела по сечениям направляющие кривые, их нужно предварительно создать в виде самостоятельных эскизов, как это показано на рис.7.40. При этом эскизы, задающие направляющую кривую, должны совпадать с эскизами

[4] В идеальном случае промежуточных профилей должно быть только два: начальный и конечный.

существующих сечений, для чего между эскизами сечений и направляющих кривых создаётся такой вид сопряжения, как ***Точка пронзания***.

Раздвижная панель ***Направляющие кривые*** приведена на рис.7.41, при этом не трудно заметить, что в списке кривых, определяющих профиль будущего тела, могут присутствовать как двумерные, так и 3D эскизы, в зависимости от характера кривизны, описываемого данным эскизом.

Таким образом, при наличии формообразующих объектов будущего тела со сложной геометрией ее форм, необходимо:

1) В раскрывающейся панели ***Профили***, строго по порядку их расположения вдоль продольной оси будущего тела, указать профили его сечений.
2) В раскрывающейся панели ***Направляющие кривые***, в произвольном порядке, выбрать эскизы кривых, описывающих топографию поверхности создаваемого тела по сечениям.
3) При отсутствии в необходимости вносить какие-либо другие параметры для инструмента построения твердого тела по сечениям, щелкнуть на кнопку **ОК** для завершения работы с данным элементом.

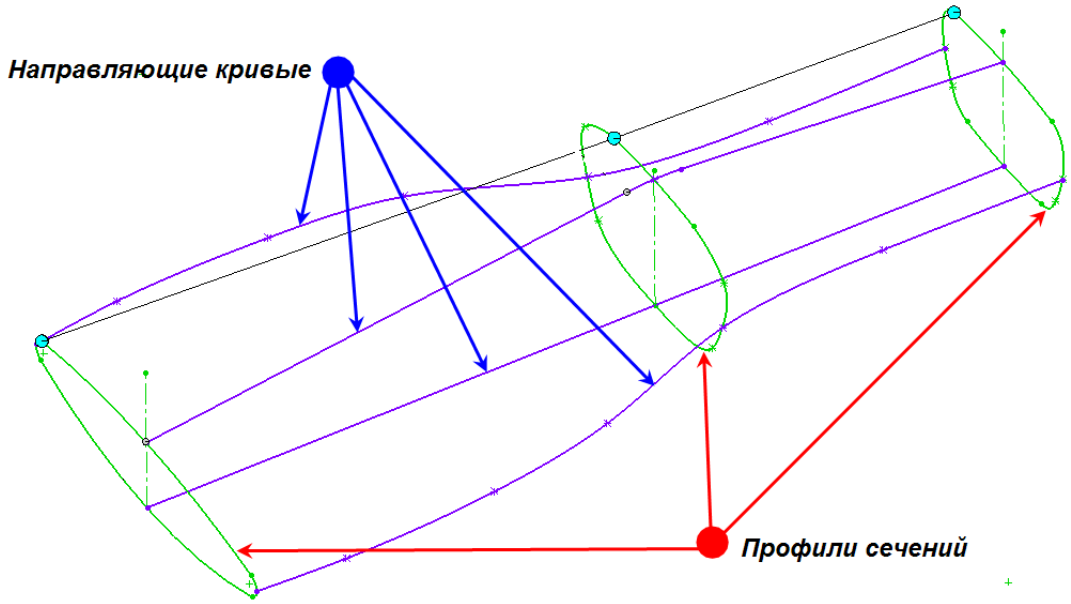


Рис. 7.40 Профили и направляющие кривые тела по сечениям

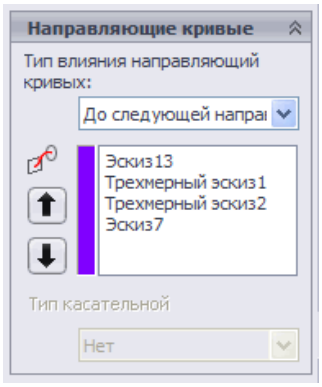


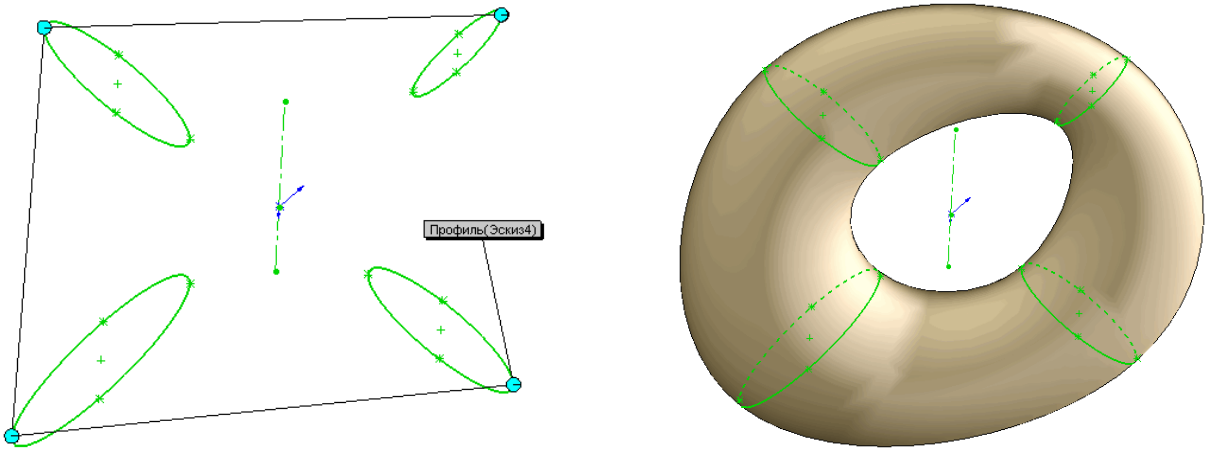
Рис. 7.41 Раздвижная панель Направляющие кривые Менеджера свойств инструмента По сечениям.

7.5.3. Раздвижная панель Параметры

Раздвижная панель ***Параметры*** в *Менеджере свойств* элемента по сечению предоставляет множество способов улучшить создание элемента по сечению. Большинство настроек, содержащихся на этой панели, совпадают с настройками вытянутых по траектории элементов. Кроме них имеется еще один элемент, управляемый при помощи флажка ***Замкнуть поверхность.***

Флажок ***Замкнуть поверхность*** позволяет построить замкнутый элемент, т.е. такой элемент, у которого начальное и конечное сечения совпадают.

Примером такой операции может служить твердое тело, профили сечения которого показаны на рис.7.42, ***а***), где в качестве профилей сечения выбраны все четыре эскиза, но при этом, не замкнутая на первом эскизе *Соединительная линия* соединит недостающую четверть тела с исходным эскизом профиля, в случае установки флажка на параметре ***Замкнуть поверхность***. В результате мы получим элемент по сечениям, представленный на рис. 7.42, ***б***).



а) ***б)***

Рис. 7.42 Элемент по сечениям, при включенном параметре Замкнуть поверхность

Создание замкнутых элементов по сечениям с назначением параметра ***Замкнуть поверхность*** вызвана тем обстоятельством, что другим способом назначить замыкающим исходный профиль не представляется возможным. Это связано с тем, что в списке профилей сечений каждый эскиз может быть выбран лишь один раз и повторный выбор его же второй раз будет воспринят *Solid Works* как сигналом к выводу этого эскиза из уже сформированного списка профилей сечений.

7.5.4. Раздвижная панель Настройки осевой линии

Раздвижная панель ***Настройки осевой линии*** используется для создания элемента по двум и более сечениям вдоль определенной траектории. Траектория, которая определяет преобразование сечений, называется *осевой линией*. Параметр *Осевая линия* следует применять в тех случаях, когда необходимо соблюсти симметричность при изменении профиля сечения вдоль всего пути его следования от исходного эскиза к конечному. Использования в качестве направляющей кривой параметра *Осевая линия* позволяет избежать необходимости построения большого числа эскизов истинно направляющих кривых, которые бы обеспечивали указанную симметричность изменения профиля по всему элементу по сечениям.

Раздвижная панель ***Настройки осевой линии*** изображена на рис.7.43. Элементы управления этой панели выполняют следующие основные функции:

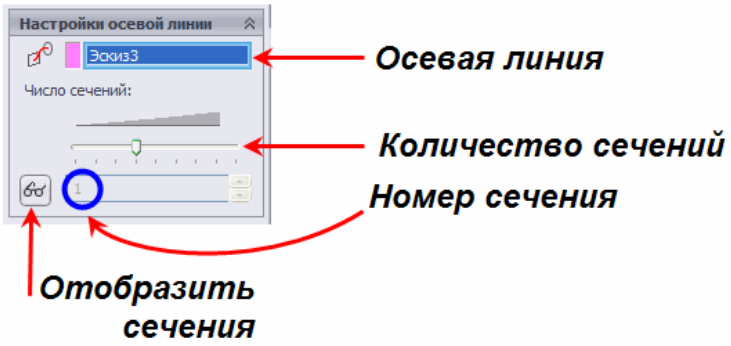


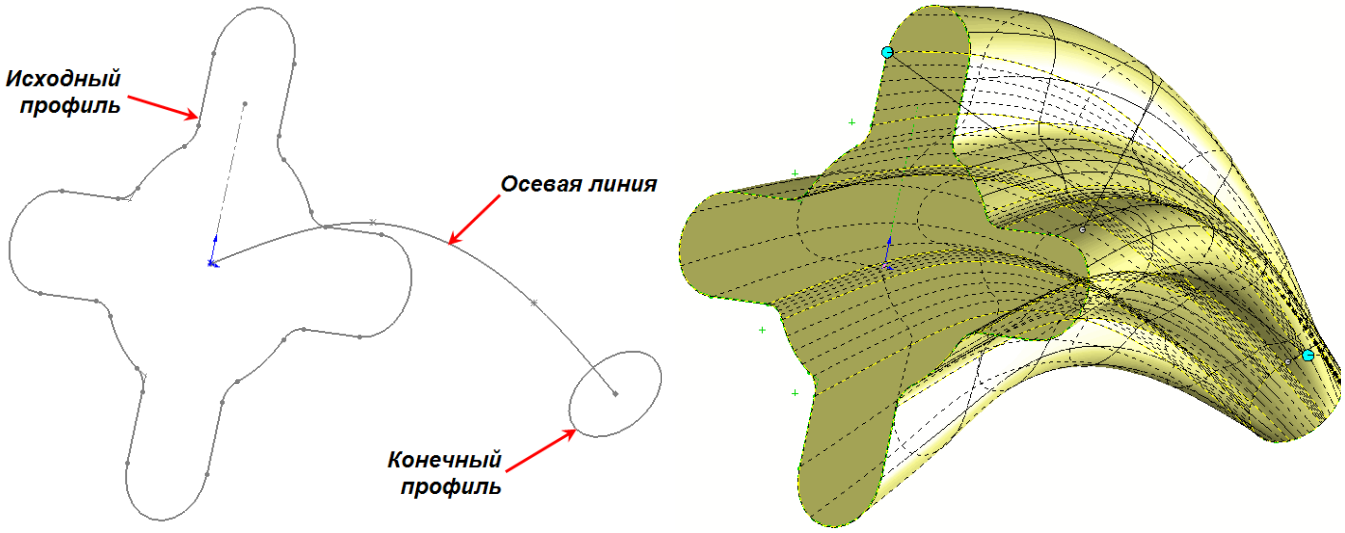
Рис. 7.43 Раскрывающаяся панель Настройки осевой линии Менеджера свойств элемента По сечениям.

Область выделения *Осевая линия*. После раскрытия панели параметров следует определить (назначить) ту направляющую, которая будет исполнять роль осевой линии. Выделив эскиз с осевой линией, его имя появится в области выделения *Осевая линия*.

Ползунок *Количество сечений* на раздвижной панели ***Параметры осевой линии*** определяет количество промежуточных сечений. Эти промежуточные сечения определяют точность и гладкость создаваемого элемента.

Кнопка *Отобразить сечения* и счетчик *Номер сечения* на этой раздвижной панели используются для отображения промежуточных сечений.

Эскизы профилей и осевой линии для создания элемента по сечениям приведены на рис.7.44, ***а***), а на рис.7.44, ***б***) показан полученный элемент.



а) ***б)***

*Рис. 7.44 Исходные профили и направляющая осевая линия **а)** для построения элемента **б)** по сечениям*

СОВЕТ **Если вам необходимо создать гладкий элемент, крайними сечениями которого являются окружность и многоугольник, рекомендуется разбить окружность на дуги. Число дуг в окружности должно совпадать с числом сторон многоугольника. В этом случае количество соединяющихся точек в обоих сечениях будет одинаково, что обеспечит создание более гладкой поверхности между сечениями.**

Аналогично тому, как это было возможно сделать при выполнении простых команд по созданию твердотельных элементов методами вытягивания, например, при выполнении операций построения элемента по сечениям, можно также создавать тонкостенные элементы по сечениям. Для этого необходимо определить параметры толщины изделия в раздвижной панели ***Тонкостенный элемент***.

Настройки, имеющиеся на этой панели, совпадают с аналогичными настройками для элементов вытягивания и вращения, которые обсуждались ранее. Тонкостенный элемент, построенный по сечениям рис.7.44, ***а***) с использованием раздвижной панели ***Тонкостенный элемент*** *Менеджера свойств*, приведен на рис.7.45.

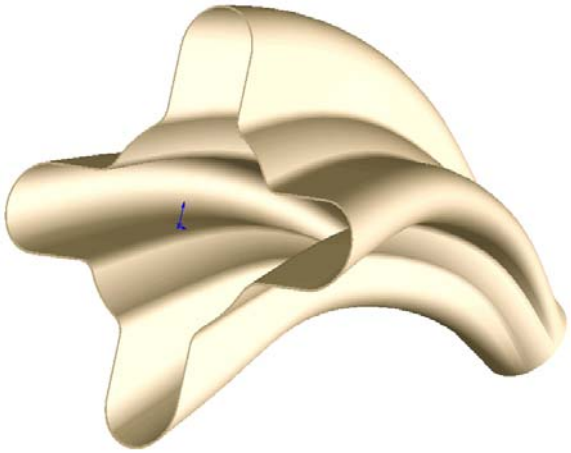


Рис. 7.45 Тонкостенный элемент, построенный по сечениям.

7.5.5. Добавление сечения к элементу

После создания элемента по сечениям вы можете добавить к этому элементу дополнительное сечение.

Чтобы добавить сечение к элементу, выделите одну из его боковых граней и щелкните правой кнопкой мыши для вызова контекстного меню. Затем выберите в этом меню пункт ***Добавить сечение*** - будет отображен менеджер свойств *Добавить сечение*, а в **Графической области** построений появится плоскость, которую можно динамически перемещать и вращать.

Для перемещения плоскости наведите указатель мыши на маркер в виде стрелки. Маркер окрасится в красный цвет. Перетащив этот маркер, можно переместить соответствующую плоскость.

Для поворота плоскости выделите одну из ее кромок и перетащите в нужном направлении. Перемещая и вращая плоскость, установите ее в нужное положение, чтобы получить желаемое сечение элемента.

Задав положение плоскости, щелкните на кнопке **ОК** в *Менеджере свойств*.

7.6. Элементы по сечениям. Вырез по сечениям

При помощи инструмента ***По сечениям*** можно создавать не только вытянутые твердые тела, но и вытянутые по сечениям вырезы.

Для создания выреза по сечениям необходимо вызвать соответствующий инструмент - ***Вырез по сечениям***, который расположен в той же панели инструментов ***Элементы***, что и предыдущая команда.

Щелкните по кнопке ***Вырез по сечениям*** в *Менеджере команд* (после его настройки), чтобы вызвать *Менеджер свойств* данной команды. Элементы управления этого менеджера свойств полностью совпадают с

теми, которые были описаны ранее и представленные рис.7.34 для *Менеджера свойств* ***Бобышка/Основание по сечениям*** , единственное отличие состоит лишь в том, что все параметры задаются для выреза, поэтому мы не будем подробно рассматривать эту часть данного инструмента.

Глава 8

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Содержание

8. Проектирование сварных балочных конструкций 367

8.1 Создание библиотеки профилей сварных элементов конструкций .. 368

8.2 Создание элементов Конструкции сварных деталей 372
Параметр Применять обработку углов 373
Параметр Зеркальный профиль 375
Параметр Угол поворота 377
Поиск профиля 377

8.3 Формирование концов балок в местах их пересечения 378

8.4 Создание дополнительных элементов Конструкций 381
Создание Угловых соединений 381
Создание торцевых пробок 385
Добавление скругленных сварных швов 387

8.5 Создание узлов сварных деталей 389

8.6 Свойства пользователя в сварных деталях 391
Назначение свойств пользователя 391
Значения свойств пользователя 393

8.7 Списки вырезов сварного изделия 394

8.8 Чертежи сварных деталей 395
Создание списка вырезов сварного изделия на поле чертежа . 396
Расстановка позиций в чертежах сварного изделия 396

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Практически любая металлоконструкция конструкция, будь то стрела башенного крана, либо площадка обслуживания прокатного стана, или просто бак для масла, устанавливаемый в маслоподвале, представляют собой каркасные модели, в основе которых выступают сварные балочные конструкции (рис.8.1). По определению, такие конструкции относятся уже не к деталям, а сборам, однако мы рассматриваем их как "сварные детали", поскольку в основе всей сварной конструкции лежит единый эскиз (см. ниже), определяющий её конфигурацию.

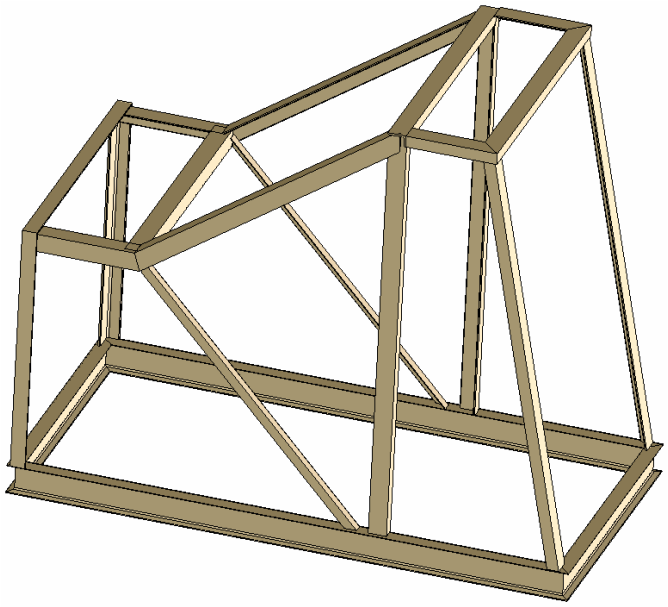


Рис. 8.1 Сварная балочная конструкция

Безусловно, проектировать подобную металлоконструкцию можно, используя для этого средства проектирования сборочных узлов (см. Главу 12), однако *Solid Works* имеет встроенный модуль, позволяющий справиться с этой задачей намного проще и быстрее.

Приступая к проектированию сварной металлоконструкции необходимо помнить, что все элементы конструкции содержат следующие атрибуты:

- В конструкциях используются профили, как стандартные, например, *уголок, двутавр, труба* и т.д., так и пользовательские, т.е. созданные конструктором по эскизам применяемого на производстве проката.
- Профили определяются параметрами **Стандарт, Тип** и **Размер**.

- Можно создавать собственные профили с указанием **Стандарта, Типа** и **Размера** и добавлять их в существующую библиотеку профилей сварных деталей.
- Элементы конструкции могут включать несколько сегментов, но все сегменты могут использовать только один профиль.
- Несколько элементов конструкции (каждый со своим профилем) могут принадлежать одной сварной детали.
- В элементе конструкции могут пересекаться ***только два тела*** в любой отдельной точке.

Попытаемся разобраться в правилах использования указанных атрибутов на примере проектирования некой сварной металлоконструкции, представленной на рис.8.1.

8.1 Создание библиотеки профилей сварных элементов конструкций

Как уже было сказано ранее, в *Solid Works* можно создавать библиотеку профилей, используемых при проектировании сварных балочных конструкций. Наиболее распространенные и применимые на практике – это рельсобалочные профили, типа *двутавр, швеллер, уголки*, а также закрытые профили – *трубы: круглые и прямоугольны*. Помимо этих профилей, на практике могут использоваться и специальные профили, применяемые для проектирования сварных конструкций на конкретном предприятии.

По условиям поставки, *Solid Works* поставляется с минимальной библиотекой профилей, поддерживаемых стандартами ***ISO*** и ***ANSI*** (в дюймах), в то время, как нами применяются в конструкциях профили, изготовленные по ***ГОСТ***. Следовательно, впервые приступая к проектированию сварных балочных металлоконструкций, нам самим придется создавать собственную библиотеку профилей.

Данная операция выполняется лишь единожды, а затем эта библиотека может с успехом кочевать из проекта в проект, по различным версиям *Solid Works* без каких-либо изменений (естественно, кроме случаев, когда вносятся изменения в сам ГОСТ).

Создавая ***Профиль*** *сварной детали*, необходимо придерживаться следующей методики:

1. Откройте новую деталь (*Файл → Новый → Деталь).*
2. Нарисуйте на выбранной для эскиза *Стандартной плоскости* профиль, учитывая следующее:
   - ***Исходная точка*** эскиза становится по умолчанию **точкой пронзания**, при создании элемента конструкции сварной детали с помощью этого эскиза.

- В качестве альтернативной точки пронзания, при создании элемента конструкции сварной детали, можно выбрать любую вершину ***Профиля***.
- При создании ***Профиля*** можно добавить характерные точки эскиза в эскиз профиля и выбирать их в качестве альтернативных **точек пронзания** при создании элемента конструкции сварной детали.

На рис.8.2 представлен эскиз ***Профиля*** – *Двутавр*, у которого отмеченные кружками точки были добавлены в эскиз в качестве дополнительных точек пронзания, а **точкой пронзания** по умолчанию была назначена точка Центра инерции сечения, располагающаяся в ***Исходной точке*** эскиза профиля.

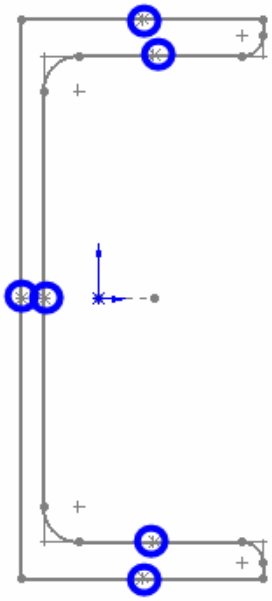


Рис. 8.2 Основные и дополнительные точки пронзания эскиза Профиля

Примеры исполнения эскизов других стандартных профилей представлены на рис.8.3, ***а-г***.

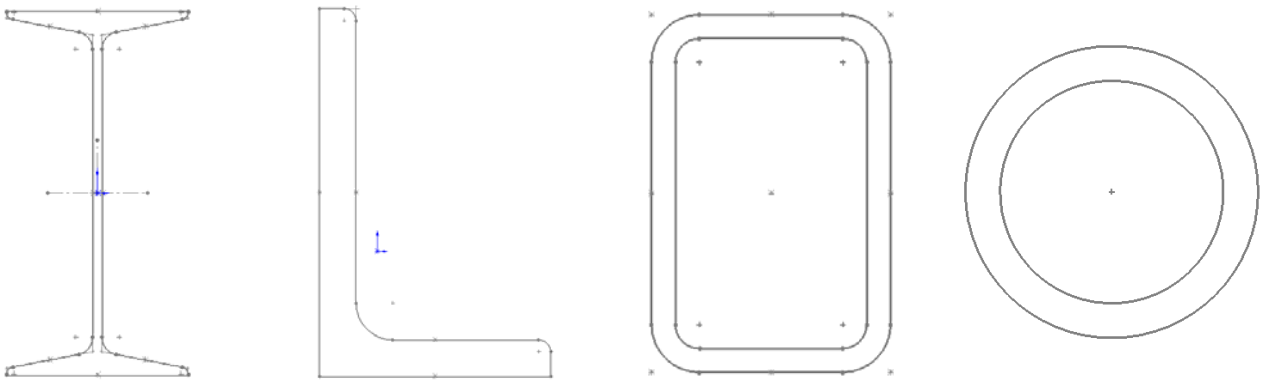


Рис. 8.3 Примеры Профилей, используемые при проектировании элементов конструкции сварной детали.

3. Закройте эскиз.

> **Примечание:** **Для выполнения следующего шага по созданию библиотеки Профилей элементов конструкции сварной детали Эскиз должен оставаться активным, т.е. выделен цветом (по умолчанию – зеленым). В противном случае, активизируйте эскиз, выбрав его в *Дереве Конструирования (Feature Manager).***

4. Выберите в **Главном меню:** *Файл → Сохранить как…*
5. В диалоговом окне *Сохранить как…* выберите:
   - В поле *Тип файла* **Lib Feat Part** (Детали библиотечных элементов) имеющих расширение **(*.sldlfp)**.
   - В поле *Имя файла* введите узнаваемое имя созданного Вами *Профиля*, например, *Швеллер 12П* или *Уголок 90х56х8* и т.п.

Поскольку *Профили* определяются параметрами **Стандарт, Тип** и **Размер**, то Эскиз каждого *Профиля* должен располагаться в соответствующей его назначению папке.

Профили сварных деталей должны располагаться в папке: *<каталог установки>*[1]**\data\weldment profiles**, внутри которой создаются соответствующие папки, описывающие **Стандарт, Тип** и **Размер** профиля (рис.8.4). Т.о., полный путь к профилю *Уголок 90х56х8*, приведенный в качестве примера на рис.8.4, выглядит следующим образом:

C:\Program Files\SolidWorks\data\weldment profiles\ГОСТ
Уголок горячекатаный неравнополочный\Уголок 90х56х8.sldlfp

Значок детали, рядом с ее названием в *Дереве Конструирования (Feature Manager)* изменится на значок библиотечного элемента , при этом значок эскиза созданного и сохраненного таким образом профиля, также дополнится условным символом , указывающим на его принадлежность к эскизу со специфическими свойствами.

Как легко заметить (см.рис.8.4) папка, описывающая **Размер**, содержит внутри себя некоторое количество файлов, описывающих *Профили* группы **Тип**. Данное обстоятельство объясняется тем, что для каждого размера профиля необходимо создать собственный библиотечный файл эскиза детали по описанной выше методике.

[1] Как правило каталог установки располагается на C:\Program Files\SolidWorks\

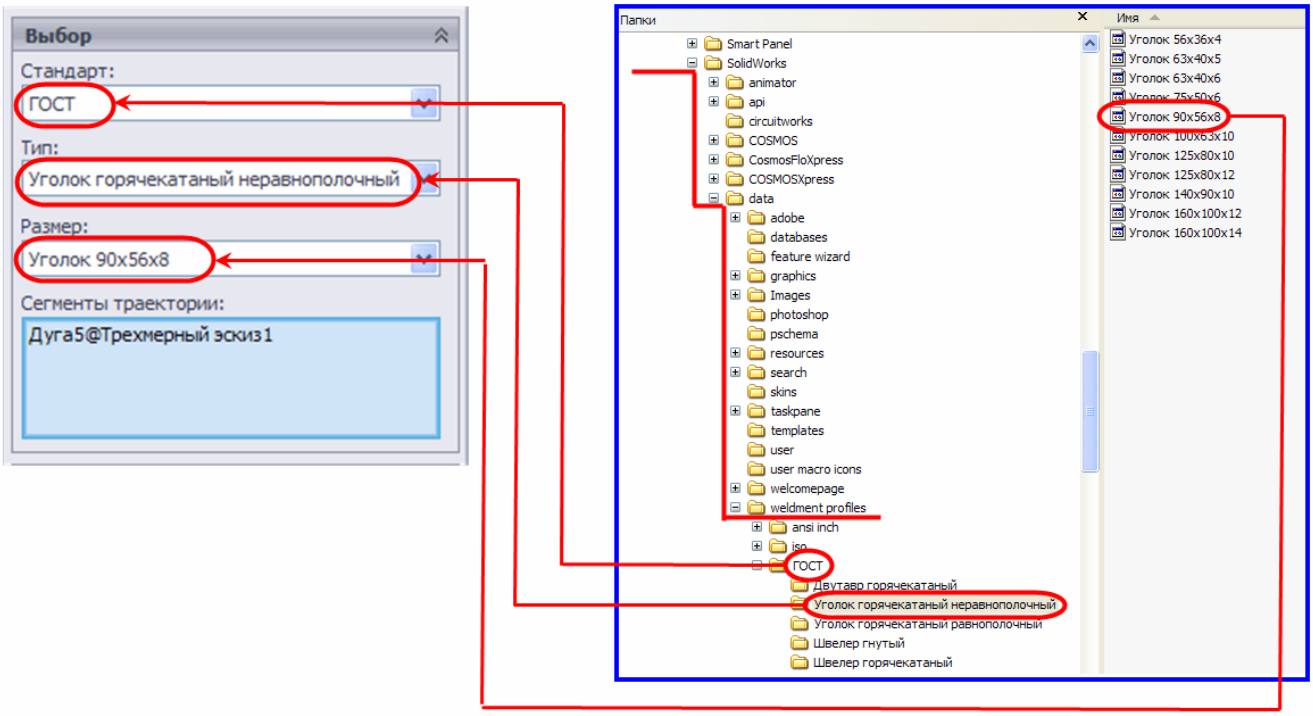


Рис. 8.4 Определение местоположения файла Детали библиотечного элемента Профиля сварной конструкции.

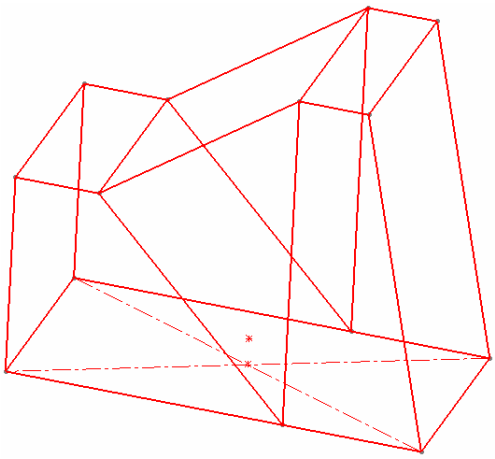
При необходимости, можно сохранить профили в отдельной папке, располагающейся не по указанному в методике пути, а в только Вам известном (удобном) месте. Для этого Вам придется предварительно выполнить некоторые работы по настройке установленного на вашем компьютере *Solid Works*, а именно:

1. Создать в любом месте вашего компьютера *Главную* папку с описанием принадлежности находящейся в ней информации к библиотеке элементов профилей,
2. Создать одну или несколько папок *Стандартов*,
3. Создать одну или несколько папок *Типов*, заполнив их соответствующим количеством *Типоразмеров Профилей*, как это было указано ранее в методике.
4. Указать *Solid Works* путь к созданной папке, для чего выберите ***Инструменты → Настройки пользователя → Месторасположение файлов → Отобразить папки для...→Профили сварных деталей***.
5. Нажмите кнопку **Добавить** и найдите в открывшемся окне *Проводника* только что созданную *Главную* папку.

При выполнении проектно-конструкторских работ, связанных с проектированием сварных деталей, будут доступны все пути к *Профилям*, прописанные в настройках *Solid Works*.

8.2 Создание элементов Конструкции сварных деталей

Проектирование сварной балочной конструкции начинается с создания ее эскиза. В качестве эскиза элемента конструкции сварной детали выступает трехмерный эскиз каркаса будущего изделия. Так, для сварной конструкции, представленной на рис.8.1, был разработан эскиз, представленный на рис.8.5.



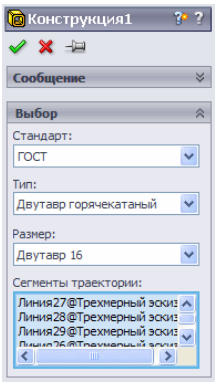
Не трудно заметить абсолютное подобие эскиза и созданного на его основе готового изделия.

При создании эскиза могут быть использованы как линейные, так и криволинейные объекты эскиза (дуги, сплайны), кроме того, конечный эскиз металлоконструкции может быть представлен несколькими двумерными эскизами с плоскостями или объединенным: двумерного и трехмерного.

Рис. 8.5 3D-эскиз металлоконструкции

Когда эскиз будущей металлоконструкции готов, можно приступать к "материализации" его объектов, т.е. назначению элементам созданного эскиза элементов конструкции сварной детали.

Для этой операции в *Solid Works* имеется специальный инструмент – ***Конструкция*** , расположенный на *Панели инструментов* ***Сварные детали***[2]. Активизация данного инструмента откроет *Менеджер свойств* ***Конструкция***, представленный на рис.8.6.



Менеджер свойств ***Конструкция*** на панели ***Выбор*** содержит раскрывающиеся окна **Стандарт**, **Тип** и **Размер** назначение которых было подробно освещено в предыдущем разделе. Помимо этого на рассматриваемой панели имеется еще одно окно – Сегменты траектории, в котором отображается выбранный набор объектов эскиза в **Графической области**.

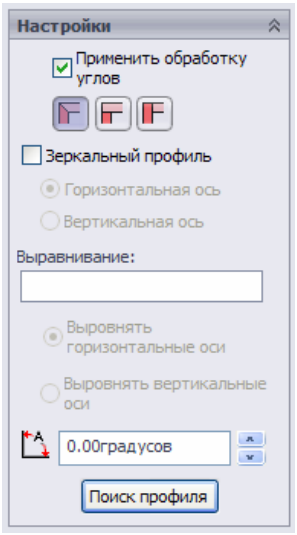
Рис. 8.6 Менеджер свойств инструмента Конструкция

Как только будет выбран хотя бы один из объектов эскиза, в *Менеджере свойств* ***Конструкция*** добавится еще одно диалоговое окно – ***Настройки*** (рис.8.6), в котором можно выполнять следующее:

---

[2] Этот инструмент можно выбрать из **Главного меню** по ссылке: ***Вставка*** → ***Сварные детали*** → ***Конструкция***

☑ ***Применять обработку углов*** сразу же при назначении *Профиля* объекту эскиза или же, приняв решение о выполнении этой операции позже, например, при ***Отсечении*** (см.раздел 8.3) элементов конструкции, снять флажок с указанного параметра.



☑ Назначить ***Зеркальный профиль***, т.е. развернуть назначенный сегменту профиль, относительно точки пронзания, на 180°.

☑ Изменить ***Угол поворота*** так, чтобы элемент конструкции повернулся на несколько градусов относительного смежного элемента конструкции.

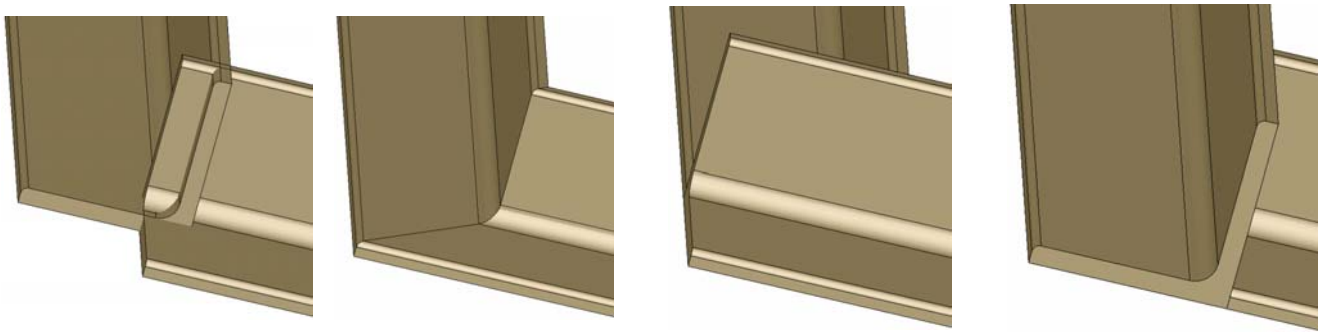
☑ ***Назначить Поиск профиля***, чтобы изменить **точку пронзания** (см.раздел 8.1) между смежными элементами конструкции.

Рис. 8.7 Диалоговое окно Настройки Менеджера свойств инструмента Конструкция

Остановимся более подробно на рассмотрении каждого из указанных параметров диалогового окна ***Настройки***, поскольку умелое их использование во многом облегчает задачу создания элементов конструкции сварной детали.

Параметр Применять обработку углов

Как уже говорилось, обработку смежных концов элементов *Конструкции* можно не выполнять на этапе создания элементов, а делать это при редактировании сварной детали в дальнейшем. Для этого достаточно снять флажок с параметра ***Применять обработку углов***. Результат, получаемый при назначении этого параметра, показан на рис.8.8, ***а***.



а ***Без обработки углов***

б ***Кромка под углом***

в ***Стыковое соединение 1***

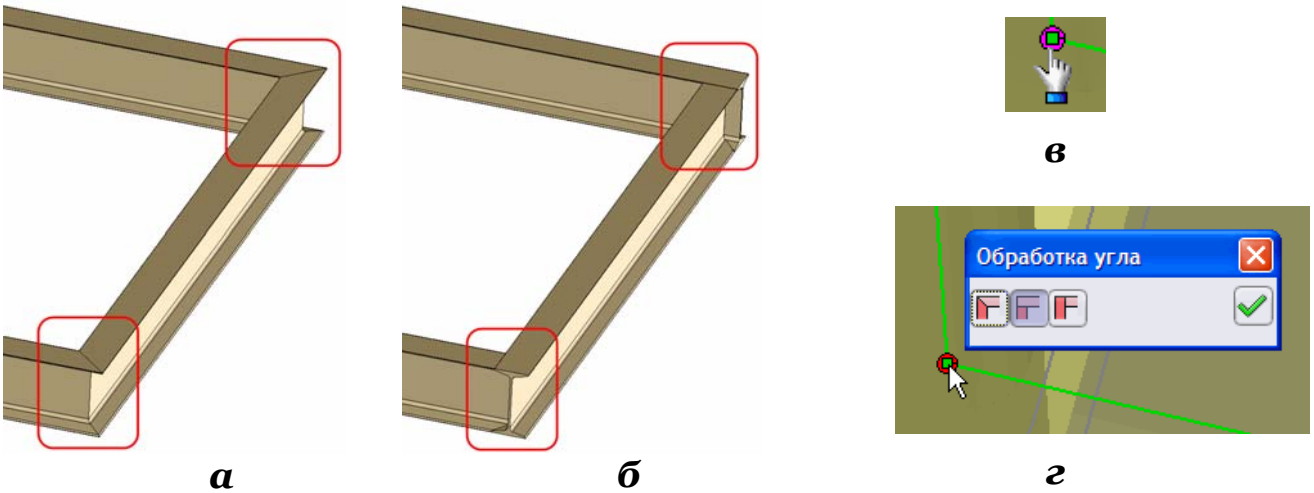
г ***Стыковое соединение 2***

Рис. 8.8 Граничные условия обработки углов смежных элементов конструкции

Установив флажок в окне параметра ***Применять обработку углов***, можно назначить три типа стыковых соединений смежных элементов конструкций. Для этого нужно активизировать одну из пиктограмм назначаемого соединения (см.рис.8.8, ***б-г***). Как можно увидеть из этого рисунка, в зависимости от выбранного параметра, устанавливается тот или иной вид стыкового соединения смежных элементов. Однако, как говорилось ранее, элементы конструкции могут включать несколько сегментов, но все сегменты могут использовать только один профиль. А это значит, что и назначаемый им параметр по обработке углов также будет принят один для всех сегментов.

Это не всегда бывает удобно, с практической точки зрения. В том случае, когда в качестве параметра обработки углов выбран вариант ***Кромка под углом*** (см.рис.8.8, ***б***), то в этом случае все углы получаются "как надо" (рис.8.9, ***а***). В случае же, когда назначается один из вариантов стыковой обработки (см.рис.8.8, ***в*** и ***г***), то смежные элементы последовательно расположенных сегментов изделия, перекрывают друг друга внахлест (рис.8.9, ***б***), что и технологически, и сточки зрения прочностных характеристик подобной рамы, не верно.

Однако, не стоит отчаиваться, поскольку в *Solid Works* имеется инструмент, позволяющий исправлять подобные недостатки моделирования. Для этого достаточно обратить внимание на узлы стыковки двух элементов конструкции[3], которые помечаются кружками, а если к ним подвести курсор, то он превратится в ручку выбора, как это показано на рис. 8.9, ***а***. Щелчок же левой клавишей мыши на этом узле откроет панель, показанную на рис.8.9, ***б***, позволяющую индивидуально изменить угол стыковки конкретного узла соединения элементов конструкции с общепринятого на требуемый.



а ***б*** ***в*** ***г***

Рис. 8.9 Стыковка углов сварной конструкции, в зависимости от выбранного параметра их обработки.

[3] Эта операция доступна на стадии выбора сегментов эскиза и назначения им профиля балки.

После редактирования метода обработки углового соединения смежных элементов конструкции в появившемся окне ***Обработка угла*** (рис.8.9 ***г***), можем исправить схему стыковки, например, представленную рис.8.9, ***б*** на вариант, показанный рис.8.10.

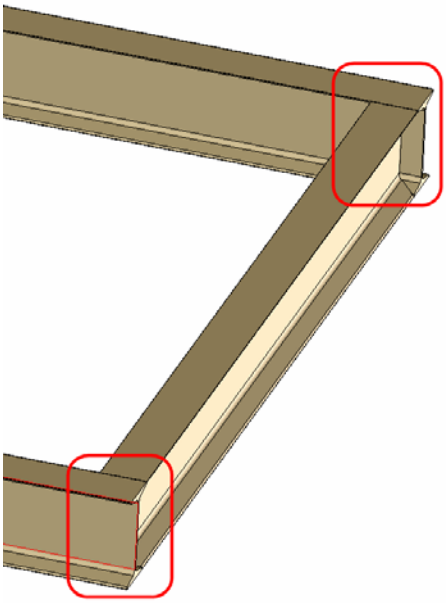


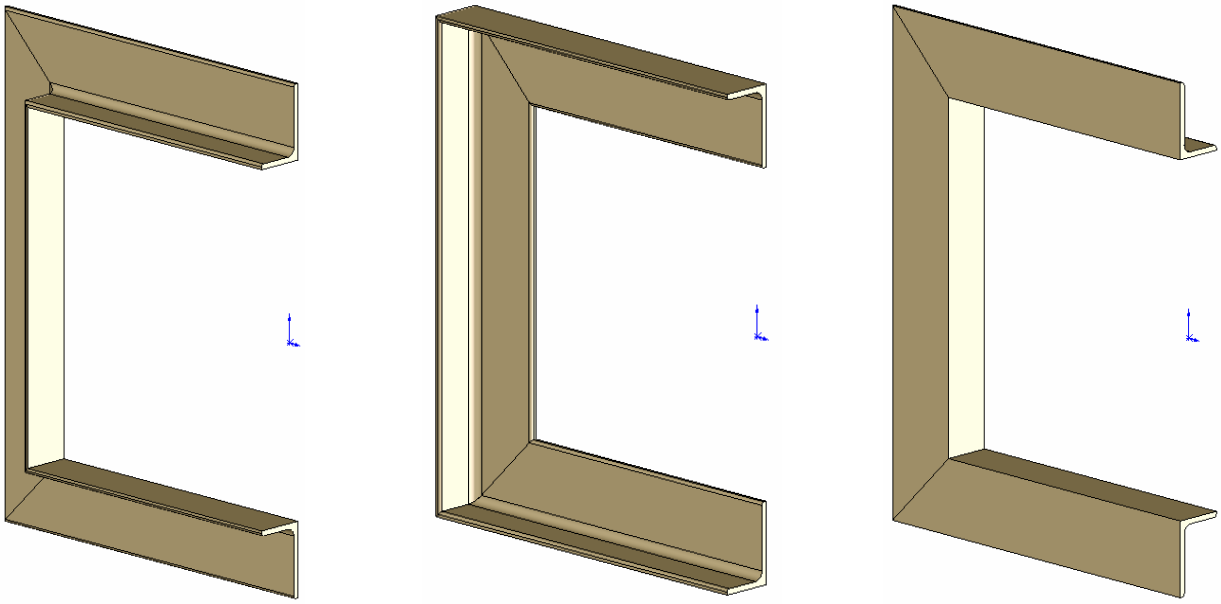
Рис. 8.10 Стыковка элементов конструкции сварной детали после редактирования параметра обработки углов.

Таким образом, при помощи инструмента редактирования ***Обработки углов*** можно создать сварную деталь любой конфигурации по исполнению ее углов стыковки.

Параметр Зеркальный профиль.

Если элемент конструкции сегмента представляет собой симметричный профиль (труба, двутавр, квадратная труба), то на этом процесс редактирования можно завершить и, при необходимости, перейти к другой его части, описанной в разделах 8.2.3 и 8.2.4. В случае же использования несимметричных профилей, как то швеллер, уголки (равнополочные и неравнополочные), труба прямоугольного сечения и т.п. зачастую возникает необходимость выполнить настройки, описанные в данном разделе.

Ранее уже говорилось, что профиль элемента сварной конструкции создается единожды и сохраняется затем как *Деталь библиотечных элементов*, т.е. в последующих проектах этот профиль будет вставляться в эскиз сварной конструкции именно в том положении, в котором был первоначально создан и сохранен. Однако, на практике приходится располагать профиль так, как того требует проектируемая конструкция. Например, профиль неравнополочного уголка хранится в библиотеке так, как это показано на рис.8.3, ***б***. Соответственно, при назначении этого профиля в качестве элемента конструкции сварной детали он будет вставлен, как это показано на рис.8.11, ***а***



а ***б*** ***в***

Рис. 8.11 Изменение ориентации положения профиля в зависимости от настроек параметра Зеркальный профиль.

Но в ряде случаев такое положение профиля в сварной конструкции может не соответствовать требованиям и функциональному назначению, предъявляемым к ней. Исправить положение дел поможет, расположенный в раскрывающейся панели ***Настройки***, флажок *Зеркальный профиль* (рис.8.12). При этом, в зависимости от того, какая ось профиля будет выбрана в качестве оси зеркального отображения, будет изменяться и конфигурация сварной конструкции. На рис.8.11, ***б*** и ***в*** показаны конструкции с отображением *Зеркального профиля* вдоль Горизонтальной и Вертикальной осей, соответственно.

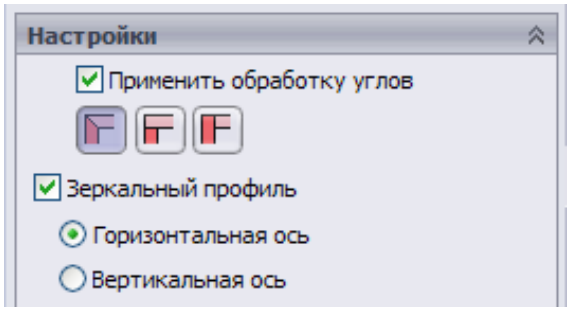


Рис. 8.12 Настройки параметра Зеркальный профиль

Выравниванию профиля способствуют расположенные ниже, в этом же окне, параметры настройки по *Вектору выравнивания*, который не должен совпадать с профилем сварной детали. Вектор выравнивания задается в соответствующей информационной строке (рис.8.13, ***а***), а назначение оси выравнивания, сориентирует профиль в пространстве, в соответствии со сделанным выбором.

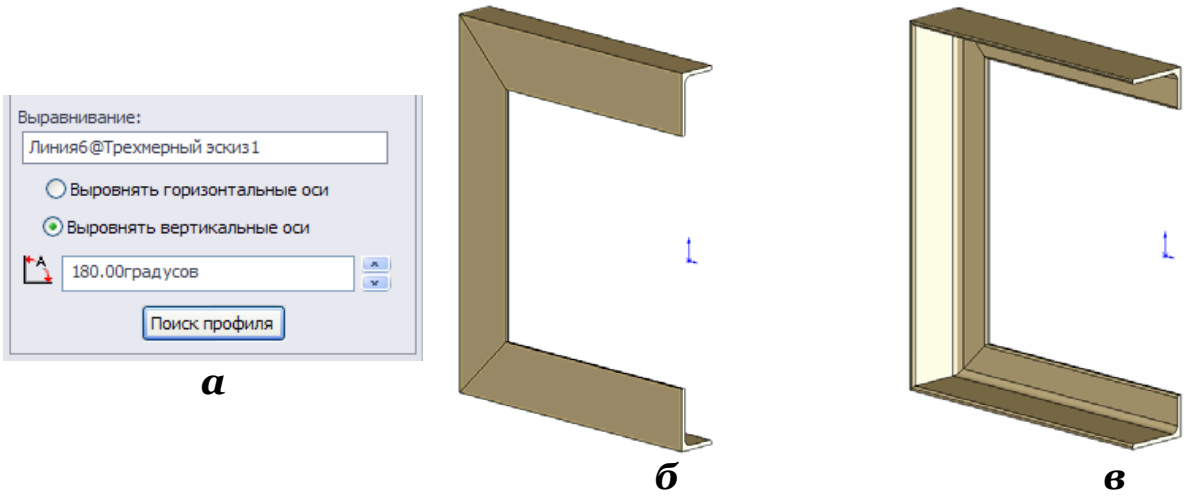


Рис. 8.13 Выравнивание профиля с использованием для этого вектора направления.

Выбрав, в качестве вектора выравнивания направление, совпадающее с диагональю прямоугольника эскиза конструкции сварной детали и задавая параметры: Выровнять вертикальные оси (рис.8.13, ***б***) и Выровнять горизонтальные оси (рис.8.13, ***в***), будем получать результат, заметно отличающийся от того, что был представлен на рис.8.11.

Следует заметить, что режим выравнивания с применением вектора выравнивания доступен как при включенном, так и выключенном параметре *Зеркальный профиль*.

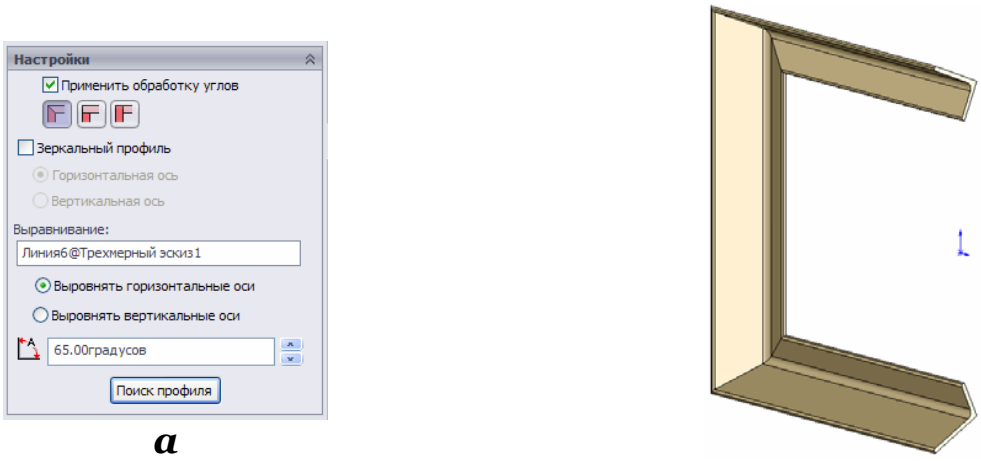
Параметр Угол поворота

Если управление параметром *Зеркальный профиль,* совместно с назначением *Вектора выравнивания,* позволяет вращать исходный профиль вокруг его **точки пронзания** с шагом 90°, то параметр настройки ***Угол поворота*** позволяет откорректировать угол поворота профиля на ту величину (рис.8.14, ***а***), которая требуется по условиям монтажа данной металлоконструкции (рис.8.14, ***б***).

Наиболее часто этот параметр используется в металлоконструкциях, когда требуется разместить ее элементы вдоль кривых (дуги, окружности) направляющих основания данной конструкции.

Поиск профиля

Не менее важным является вынесенный на панели ***Настройки*** параметр, как *Поиск профиля* (рис.8.14, ***а***). Ранее, например, в разделе 8.1, говорилось о **точках пронзания**, при этом оговаривалось, что по-умолчанию точкой пронзания будет исходная точка эскиза создаваемого профиля.



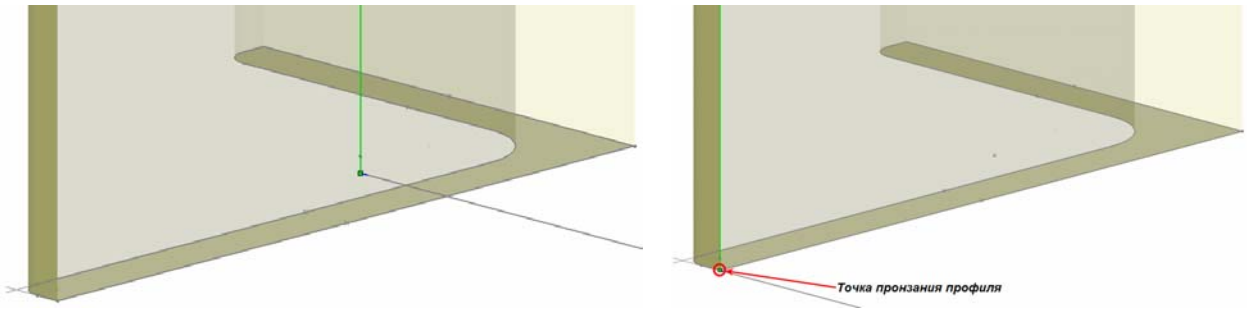
а ***б***

Рис. 8.14 Изменение формы металлоконструкции, в зависимости от параметра Угол поворота профиля.

Точка пронзания – это *точка эскиза*, совпадающая с местом, где ось, кромка или кривая пронзают плоскость эскиза профиля сварной конструкции.

Для того, чтобы изменить **точку пронзания**, назначенную *Solid Works* в создаваемой конструкции по-умолчанию, нужно щелкнуть по клавише параметра *Поиск профиля*, расположенную в нижней части панели ***Настройки***. В результате этого *Solid Works* сфокусирует вид устанавливаемого профиля таким образом, чтобы все возможные его точки пронзания были отчетливо видны и доступны для выбора.

Исходное (по-умолчанию) положение профиля (рис.8.15, ***а***) и один из вариантов назначения иной точки пронзания, представлен на рис. 8.15, ***б***.



а ***б***

Рис. 8.15 Назначение точек пронзания профиля с эскизом сварной конструкции.

8.3 Формирование концов балок в местах их пересечения.

Представленная на рис.8.1 сварная металлоконструкция, выполненная по эскизу рис.8.5, после того, как каждому из его сегментов будет назначен собственный профиль, имеет не совершенный вид. А

именно, каждый узел соединения содержит от двух и более сегментов, пересекающихся в месте их пересечения, как, например, это представлено на рис.8.16, где три различных профиля взаимно пересекаются в некоторой точке.

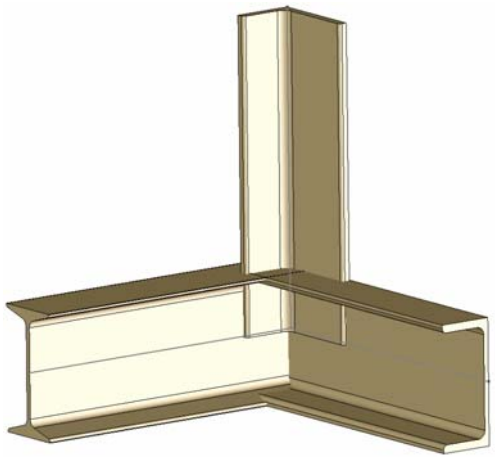


Рис. 8.16 Место пересечения балок сварной конструкции после назначения профилей сегментам эскиза.

Безусловно, что такая конструкция не имеет права на существование, а потому необходимо привести ее в более технологичный вид, позволяющий сформировать концы пересекающихся балок, оформить их подобающим образом.

Для выполнения этой задачи на Панели инструментов ***Сварные детали*** имеется специальный инструмент ***Отсечь/Удлинить*** , за работой которого мы проследим на примере конструкции рис.8.16. Для начала, вызвав данный инструмент, рассмотрим его *Менеджер свойств*, представленный на рис. 8.17.

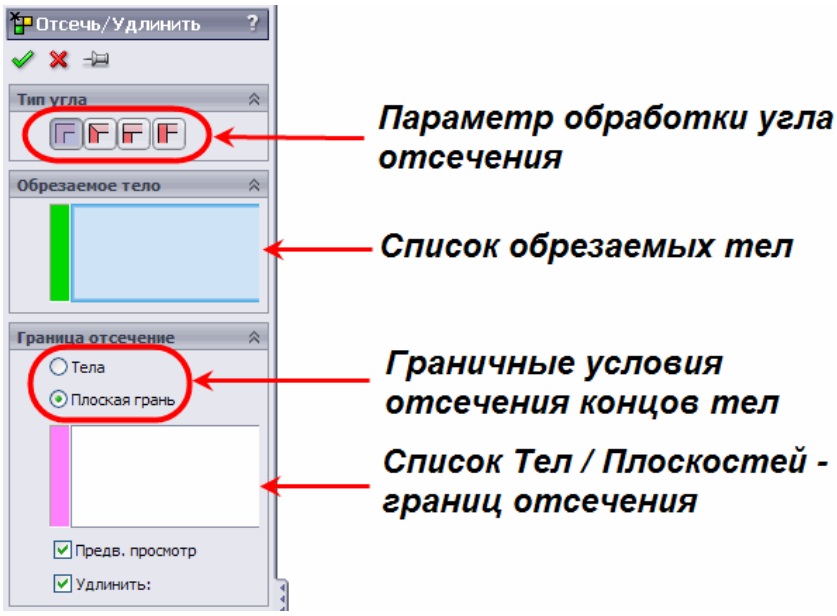


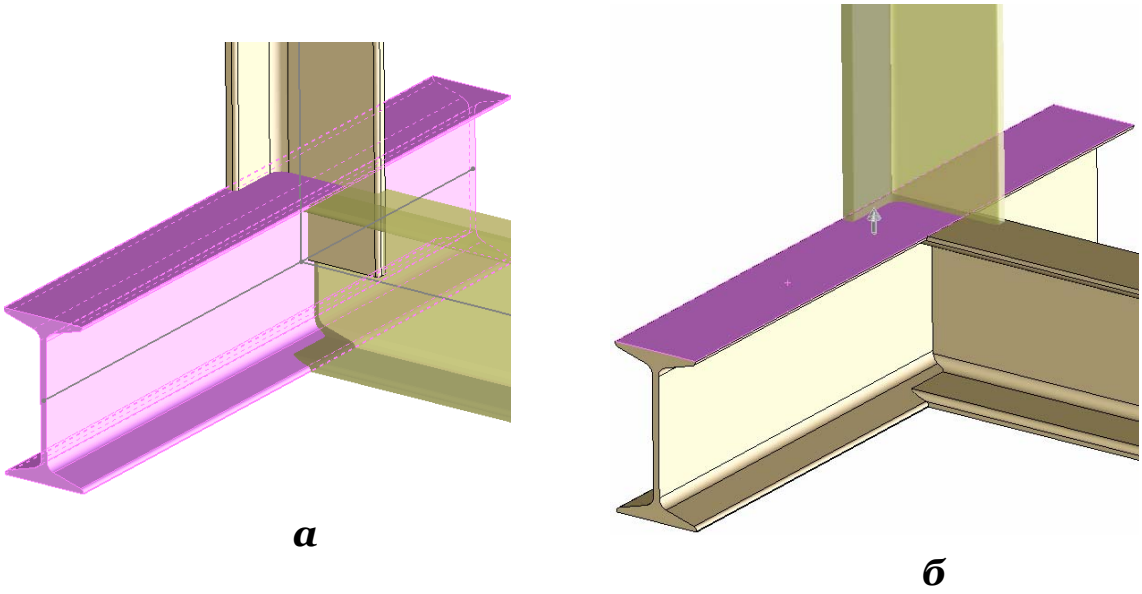
Рис. 8.17 Менеджер свойств инструмента Отсечь/Удлинить

Менеджер свойств имеет три раскрывающиеся панели, при этом, в зависимости от того, какое граничное условие параметра обработки концов будет выбрано, несколько изменяется и вид самого *Менеджера*.

Раскрывающаяся панель ***Тип угла*** имеет четыре параметра настройки обработки углов соединения, три из которых подробно были рассмотрены в разделе 8.2.1:

- ***Граничное отсечение*** - отсечение углов стыкуемых тел по границе тел отсечения или выбранной для отсечения плоскости.
- ***Граничное – Кромка под углом***
- ***Граничное – Стыковое соединение 1***
- ***Граничное – Стыковое соединение 2***

Назначив, при параметре обработки углов ***Граничное отсечение***, в *Списке обрезаемых тел* ***Швеллер*** (см.рис.8.16), а граничным телом – ***Двутавр***, то, если все условия обрезки углов назначены правильно, обрезаемый сегмент примет полупрозрачный вид, как это показано на рис.8.18, ***а)***, а после нажатия клавиши **ОК** конец ***Швеллера*** будет сформирован по граничной плоскости касания его внешней поверхности ***Двутавра***.



а ***б***

*Рис. 8.18 Формирование концов балок сварной металлоконструкции путем отсечения их по границе тел (**а**) и плоскости выбранной грани (**б**)*

Выбирая в качестве обрезаемого тела ***Уголок неравнополочный***, а граничной плоскостью отсечения *Плоскую грань* ***Двутавра*** (см.рис.8.18, ***б***), результат отсечения угла будет таким, как это показано на рисунке.

Назначая другие граничные условия соединения углов стыковки сегментов металлоконструкции, *Менеджер свойств* инструмента ***Отсечь/Удлинить*** будет терять параметры настройки граничных условий *Тела* и *Плоская грань* (см.рис.8.17), но при этом формирование концов сегментов будет осуществляться в полном соответствии с правилами, описанными ранее в разделе 8.2.1.

8.4 Создание дополнительных элементов Конструкций

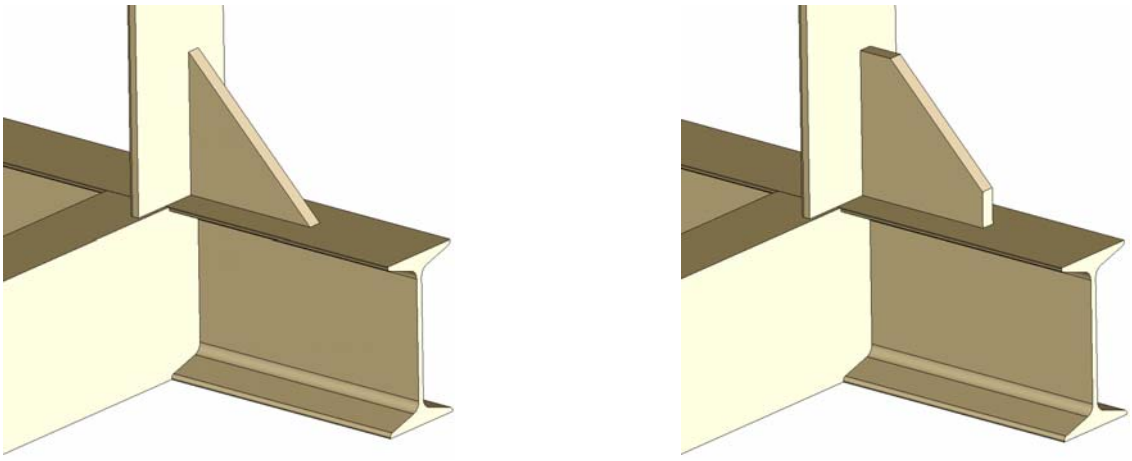
К числу дополнительных элементов балочной металлоконструкции, создаваемой средствами *Solid Works*, относят:

- ***Угловые соединения***;
- ***Торцевые пробки***;
- ***Скругленные сварные швы;***
- ***Стенки и настилы***.

Создание Угловых соединений

Угловые соединения укрепляют область между двумя пересекающимися элементами конструкции, имеющими плоские грани.

Существует два типа угловых соединений: *Треугольный* (рис.8.19, ***а***) и *Многоугольный* (рис.8.19, ***б***) профиль.



а ***б***

Рис. 8.19 Типы угловых соединений в Сварных деталях

Чтобы добавить угловые соединения в проектируемую металлоконструкцию, необходимо выполнить ряд не сложных операций:

1. Выберите на *Панели инструментов* ***Сварные детали*** инструмент ***Угловое соединение***. Этот же инструмент можно выбрать в **Главном меню**, если воспользоваться его

набором инструментов: *Вставка* → *Сварные детали* → ***Угловое соединение*** .

2. В раскрывшемся, при этом, *Менеджере свойств* ***Угловое соединение*** необходимо установить следующие параметры в раскрывающихся окнах:

2.1. ***Вспомогательные грани*** (рис.8.20) – это смежные плоские грани двух пересекающихся элементов сварной металлоконструкции, на которые опираются основания углового соединения.

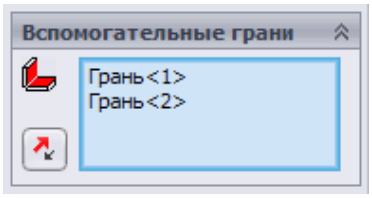


Рис. 8.20 Раскрывающееся окно Вспомогательные грани Менеджера свойств Угловое соединение

Рассматриваемое окно, помимо области ***Выбрать грани*** , имеет еще и кнопку ***Реверса*** их ориентации, т.е. управляет значениями параметров профиля **D1** и **D2** (*Профиль – Расстояние1* и *Профиль – Расстояние2*), устанавливаемых в следующем раскрывающемся окне *Менеджера свойств*.

2.2. ***Профиль*** (рис.8.21) – назначение типа углового соединения: *Треугольного* или *Многоугольного профиля*, а также параметров, определяющих их габариты и местоположение на сопрягаемых элементах конструкции.

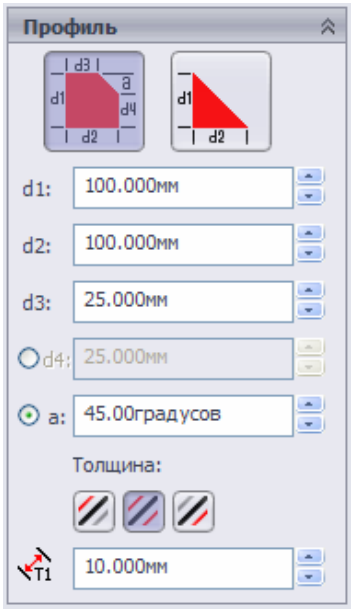


Рис. 8.21 Раскрывающееся окно Профиль Менеджера свойств Угловое соединение

Как видно из представленного рисунка 8.21, в зависимости от того, какой из профилей углового соединения будет выбран для вставки в сварную конструкцию, изменяется и количество параметров, описывающих его профиль. Здесь, в соответствии с размерами, обозначенными на эскизах профилей:

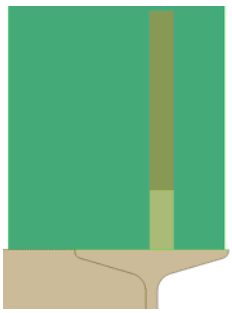
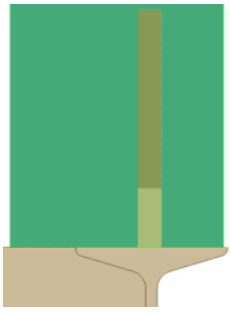
d1 – *Профиль – Расстояние1*
d2 – *Профиль – Расстояние2* – Размеры оснований углового соединения

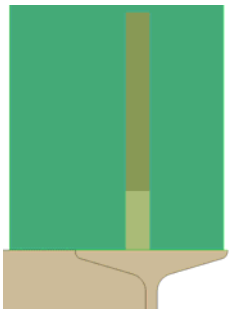
d3 – *Профиль – Расстояние3*
d4 – *Профиль – Расстояние4* – Размеры полок многоугольного профиля

a – *Угол профиля* – Параметр, управляющий значением размера полки **d4** многоугольного профиля.

Следует отметить, что параметры **D4** и **A** – взаимозависимые, поскольку при фиксированном значении параметра **D3**, активация/деактивация одного из них приводит к изменению значения величины другого, и наоборот.

Параметр *Толщина,* раскрывающегося окна ***Профиль***, устанавливает значение толщины листа, из которого выполняется данное угловое соединение, а также сторону, в которую она будет направлена относительно мнимой нейтральной линии эскиза профиля:

Внутренняя сторона		
Обе стороны		

Внешняя сторона		

2.3. Раскрывающееся окно ***Параметры*** (рис.8.22) – устанавливает местоположение профиля углового соединения по ширине сопрягаемых элементов конструкции. При этом, в качестве определяющего берется элемент с меньшей шириной полки (в рассматриваемом случае – *Уголок неравнополочный* – *Двутавр* – за базовую кромку принята полка *Двутавра*)

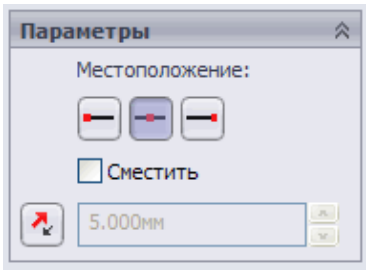
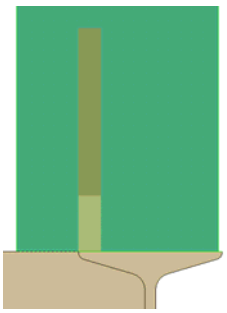
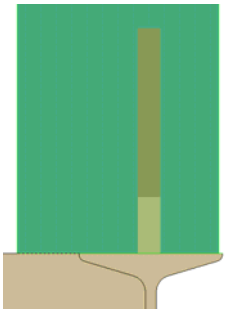


Рис. 8.22 Раскрывающееся окно Параметры Менеджера свойств Угловое соединение

При назначении этого параметра угловому соединению, его профиль может находиться:

В начальной точке		
В средней точке		

В конечной точке		

Помимо этого, при любом выбранном положении, угловое соединение можно сместить на некоторую величину, установив флажок на параметре *Сместить* и введя значение этого параметра в активизировавшемся окне (см.рис.8.22).

Примечание: **При назначении параметра *Сместить* кнопка Реверс доступна только при определении местоположения профиля как *В средней точке*.**

Создание торцевых пробок

Торцевые пробки могут быть применены для замыкания открытых элементов конструкции, таких как *Трубы* (прямоугольные, квадратные, круглые), т.е. исключительно такие типы профилей, которые имеют замкнутый профиль внутренней и наружной граней.

За создание торцевых пробок в *Solid Works* отвечает специальный инструмент с одноименным названием - ***Торцевая пробка***, располагающийся на *Панели инструментов* ***Сварная деталь***, либо выбираемый из **Главного меню**: *Вставка → Сварная деталь →* ***Торцевая пробка***. *Менеджер свойств* инструмента представлен на рис.8.23 и, как видно из него, состоит из двух раскрывающихся окон: ***Параметры*** и ***Сместить***.

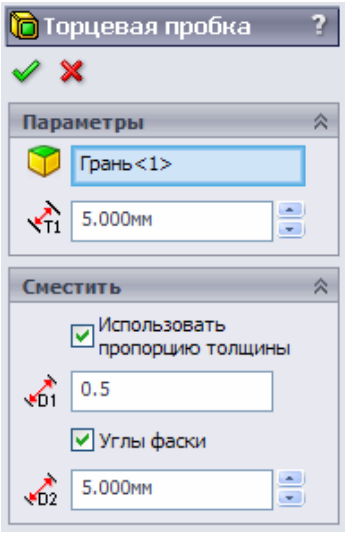


Рис. 8.23 Менеджер свойств инструмента Торцевая пробка

Чтобы создать на открытом замкнутом профиле элемента сварной конструкции торцевую пробку, закрывающую проход посторонних предметов внутрь профиля, необходимо, вызвав инструмент ***Торцевая пробка*** :

1. Указать в **Графической области** на грань замкнутого контура профиля, для которого будет создаваться торцевая пробка. Имя выбранной грани отобразится в области *Грань* раскрывающегося окна ***Параметры*** (рис.8.24).

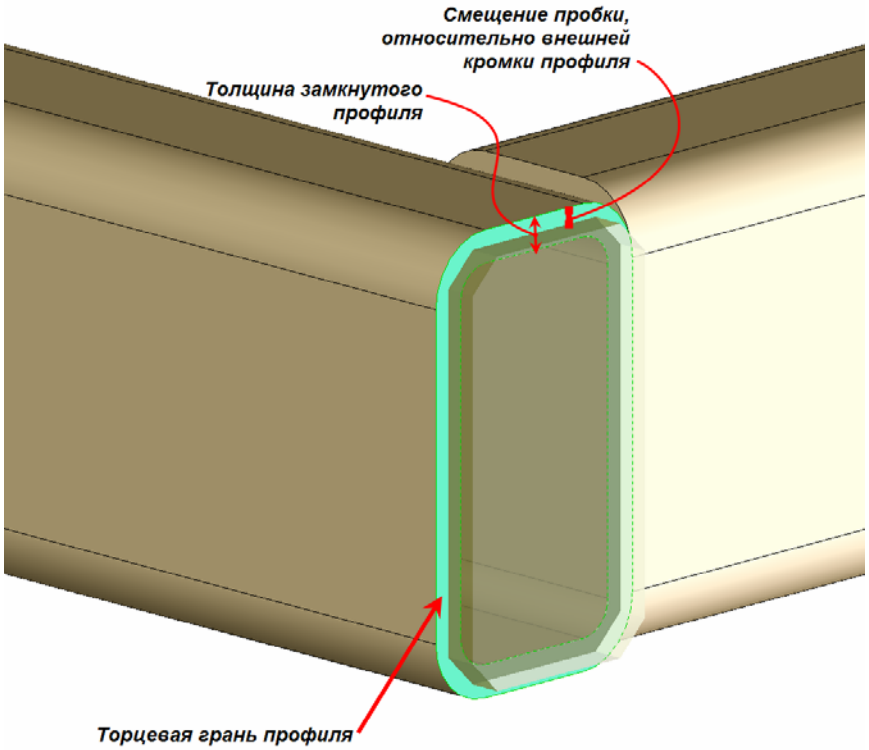


Рис. 8.24 Предварительный просмотр создаваемой для элемента конструкции Торцевой пробки.

2. Назначить *Толщину* листа, из которого будет изготовлена торцевая пробка.
3. Чтобы указать расстояние смещения торцевой пробки от наружного контура закрываемого профиля, необходимо установить флажок в окне *Использовать пропорцию толщины* (флажок при вызове инструмента ***Торцевая пробка*** установлен по-умолчанию) и установить её значение , как относительную величину толщины замкнутого контура. Величина пропорции смещения лежит в диапазоне от **0** до **1**.

   Отключив параметр *Использовать пропорцию толщины*, можно установить значение смещения контура торцевой пробки от наружного контура закрываемого профиля, указав значение *Расстояние смещения* в миллиметрах.

4. При необходимости добавления в углах создаваемой пробки фаски, нужно установить флажок в окошке *Углы фаски* и установить числовое значение этого параметра в окне *Расстояние для фаски* .
5. Для завершения работы с инструментом требуется нажать клавишу **ОК** .

Добавление скругленных сварных швов

При проектировании сварных конструкций *Solid Works* позволяет добавлять к ее элементам скругленные сварные швы. Сам по себе сварной шов обязательно будет существовать в "живом" изделии, однако на чертежах его, как правило, не показывают, указывая лишь кромку соприкосновения свариваемых деталей.

Тем не менее, инструмент ***Сварной шов*** позволяет добавлять элемент углового сварного шва между двумя непересекающимися телами. При этом, угловой шов может быть следующих типов:

- *Во всю длину* – непрерывный шов вдоль всей длины кромки свариваемого элемента конструкции (рис.8.25, ***а***);
- *Перемежающийся* – шов, располагающийся вдоль кромки соприкасающихся элементов конструкции участками определенной длины с установленным шагом чередования (рис.8.25, ***б***).
- *Прерывистый* – прерывистый сварной шов, при котором отрезки швов, с противоположных сторон свариваемого изделия, расположены в шахматном порядке друг относительно друга (рис.8.25, ***в***);

Для того, чтобы вставить сварной шов в конструкцию проектируемого изделия, нужно выбрать инструмент ***Сварной шов*** на панели инструментов ***Сварные детали*** или вызвать его из **Главного меню**: *Вставка → Сварные детали →* ***Сварной шов*** .

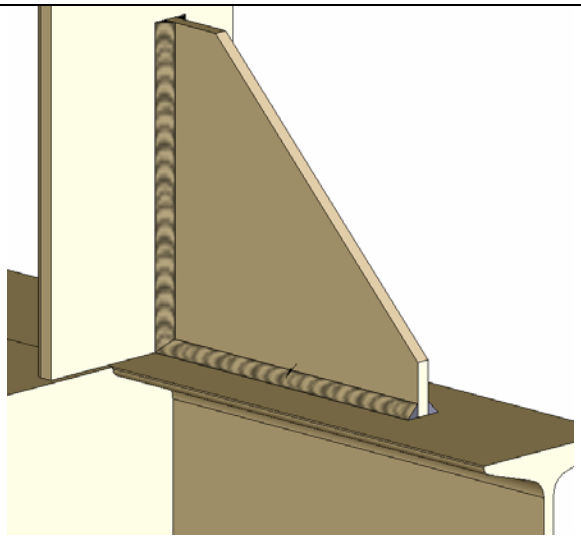
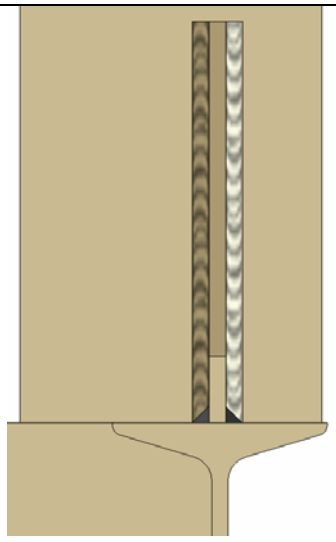
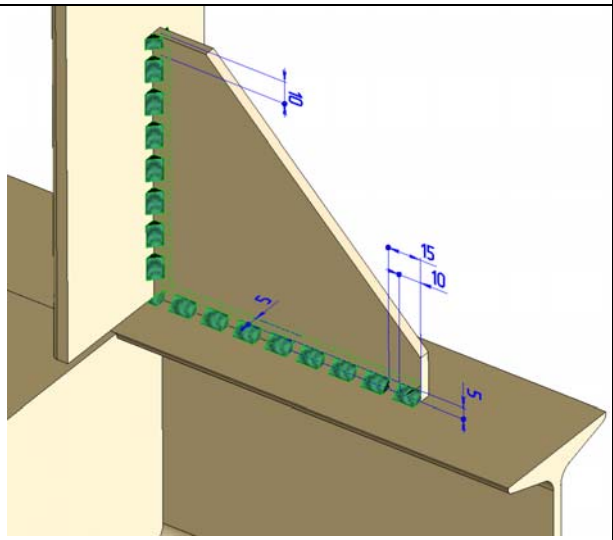
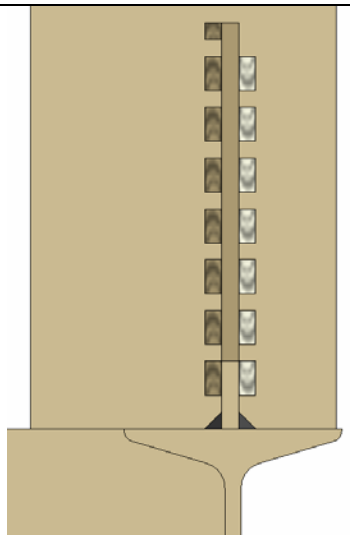
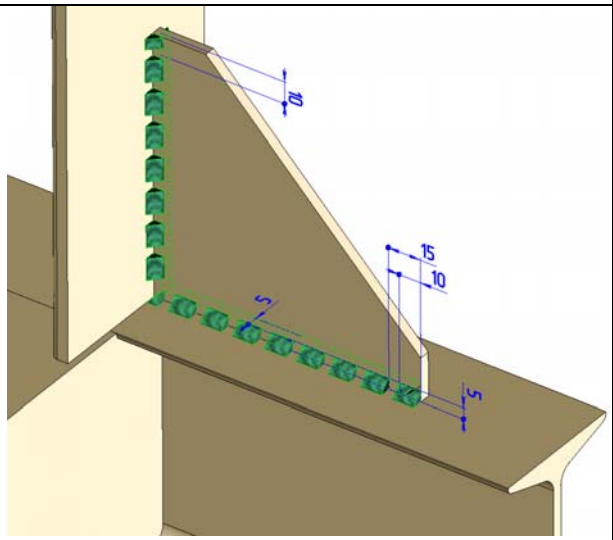
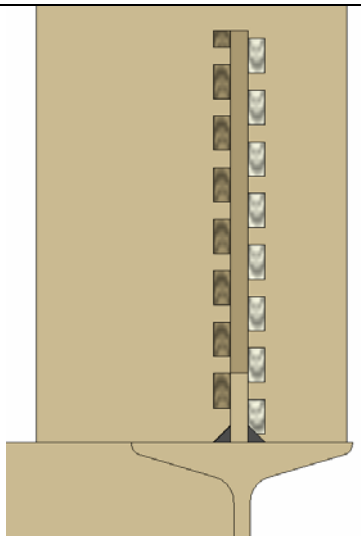
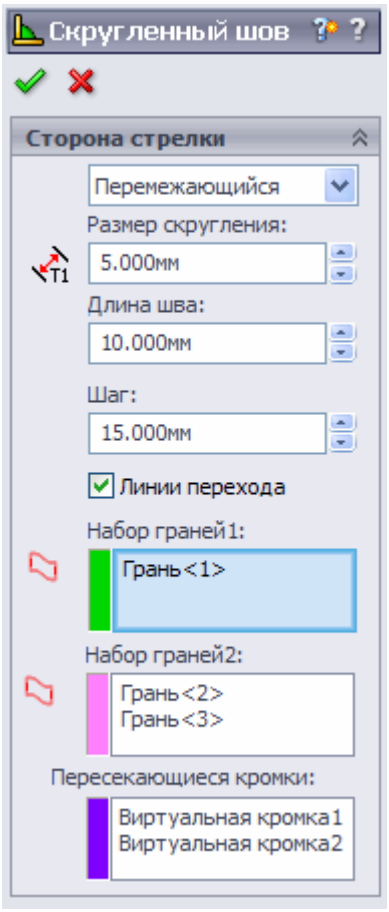
Тип сварного шва	Вид 1	Вид 2
Во всю длину, ***а)***		
Перемежающийся ***б)***		
Прерывистый ***в)***		

Рис. 8.25 Типы сварных швов

Открывающийся при этом *Менеджер свойств* инструмента ***Скругленный шов*** (рис.8.26) содержит, по-умолчанию,

раскрывающееся окно **Сторона стрелки**, внутри которого, в зависимости от выбранного типа сварного шва, имеются следующие окна параметров настройки создаваемого шва:



- ***Тип шва***: *Во всю длину, Перемежающийся, Прерывистый;*
- ***Размер скругления*** - размер катета шва;
- ***Длина шва***[4] - длина участка наплавленного металла сварного шва (см.рис.8.25, ***б, в***);
- ***Шаг***[4] - шаг участков наплавленного металла с учетом зазоров между ними (см.рис.8.25, ***б, в***).

При необходимости можно установить или снять флажок параметра ***Линии перехода***. При включении данного параметра шов будет автоматически распространяться вдоль всех кромок, входящих в контакт с выбранными (см.ниже) гранями, а при отключенном его состоянии – только вдоль указанных в окнах: ***Набор граней 1*** и ***Набор граней 2***.

Окно ***Пересекающиеся кромки*** выступает в роль справочного, в котором отображаются кромки, попадающие на пересечении выбранных граней (см.рис.8.26).

Рис. 8.26 Менеджер свойств инструмента Скругленный шов.

Помимо раскрывающегося окна ***Сторона стрелки***, при выборе типа сварного шва *Прерывистый*, автоматически раскрывается, аналогичное описанному, еще одно окно – ***Другая сторона***, с точно такими же параметрами настройки, что и для основной стрелки.

Следует отметить, что окно ***Другая сторона*** может быть применено для всех видов сварного шва, но для швов *Во всю длину* и *Перемежающийся,* поскольку для них этот параметр необязателен, его нужно открывать принудительно.

8.5 Создание узлов сварных деталей

Узлы сварных деталей создаются для разделения сложных моделей сварных деталей на более удобные для обработки объекты.

[4] Только для типов швов **Перемежающийся** и **Прерывистый**

Узлы сварных деталей могут включать любой объект, имеющийся в папке **Список вырезов**, включая элементы конструкции, торцевые пробки, угловые соединения, скругленные сварные швы, а также элементы конструкции, обрезанные с помощью инструмента ***Отсечь/Удлинить***.

Чтобы создать узел сварной детали:

1. В *Дереве конструирования* (*Feature Manager)* сварной модели разверните папку **Список вырезов** (рис.8.27).
2. Выберите объекты, которые следует включить в узел сварной детали, с помощью клавиши ***Shift*** или ***Ctrl*** для группового выбора.

   Выбранные объекты будут подсвечены в **Графической области**.
3. Нажмите правую кнопку мыши и в появившемся контекстном меню выберите *Создать Узел сварной детали***.**

   Папка узла сварной детали, содержащая выбранные объекты, появится в папке **Список вырезов**.
4. Нажмите правой кнопкой мыши на папке *Узел сварной детали 1* (см.рис.8.27) и выберите параметр **Вставить в новую деталь.**

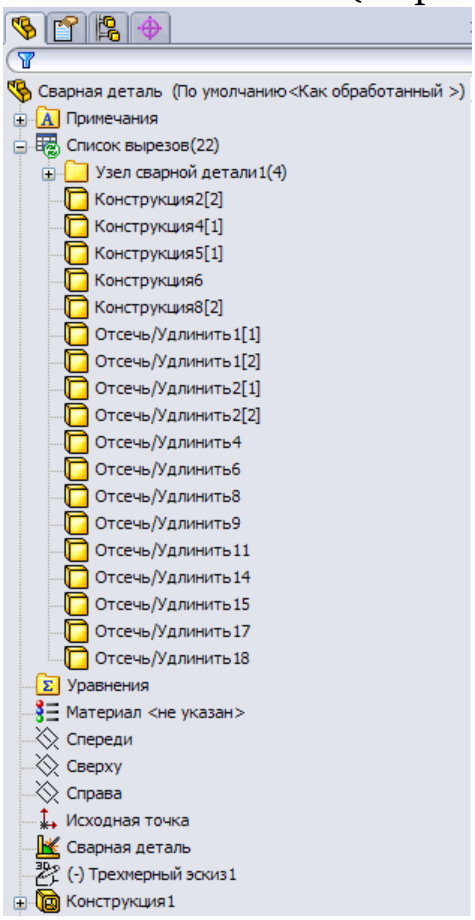


Рис. 8.27 Фрагмент Дерева конструирования сварной конструкции рис.8.1 с раскрытой папкой Список вырезов. (цифры в скобках указывают на количество элементов, входящих в состав Узла или Конструкции).

Модель узла сварной детали откроется в новом окне *Solid Works* (рис.8.28), и появится диалоговое окно **Сохранить как.**

5. Примите или измените имя в поле **Имя файла** и нажмите **Сохранить.**

Изменения, выполненные в *Модели сварной детали* (рис.8.1), распространяются на *Модель узла сварной детали* (рис.8.28).

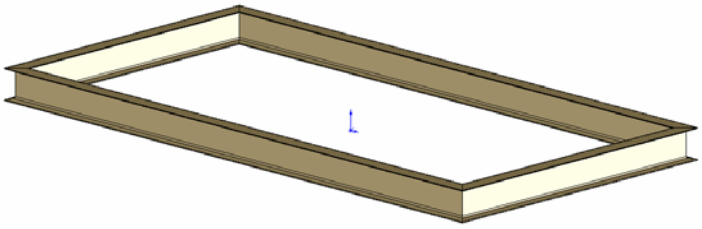


Рис. 8.28 Узел сварной детали (рис.8.27), выделенный в самостоятельную сварную деталь Solid Works

8.6Свойства пользователя в сварных деталях

В сварной детали настраиваемые свойства для элемента сварной детали и списка вырезов представляют собой список настраиваемых свойств, которые хранятся на уровне документа. Месторасположением по умолчанию для Файла свойств сварных деталей является:

C:\Documents and Settings\All Users\Application Data *SolidWorksSolidWorks*<*год выпуска версии*> \lang\russia\weldments\weldmentproperties.txt**

Если Вас не устраивает этот длинный путь месторасположения файла свойств сварных деталей, то в **Параметрах месторасположения файлов** можно изменить место хранения списка на более удобное для его быстрого поиска и внесения исправлений.

Детали из библиотеки профилей могут обладать любыми наиболее часто используемыми свойствами пользователя. Например, профили, поставляемые в комплекте с приложением *Solid Works*, включают свойство пользователя **Описание**.

Примечание: В случае конфликтов по совпадению имен между элементом сварной детали и профилем сварной детали имя профиля имеет преимущественное значение.

Назначение свойств пользователя

Можно назначить свойства пользователя из трех различных источников:

- **Эскиз профиля.** Назначьте эскизу профиля любые наиболее часто используемые свойства, являющиеся уникальными для данного профиля, а также свойства, которые должны наследоваться элементом списка вырезов, который соответствует элементу конструкции. Примером этого является параметр **Описание.**
- **Элемент сварной детали** . Свойства, назначенные элементу сварной детали, распространяются на все элементы

списка вырезов. Данная функциональная возможность позволяет назначить свойство со значением по-умолчанию, которое позднее можно изменить для каждого элемента списка вырезов. Например, можно добавить свойство ***Стоимость*** со значением в соответствующей валюте.

- **Элементы списка вырезов** . Элементы списка вырезов наследуют свойства пользователя от эскиза профиля и элемента сварной детали. Можно назначит новые свойства или изменить существующие. Например, можно добавить свойство ***Вес*** и связать его с массовыми характеристиками модели. Создание связи между двумя этими свойствами позволит программе *Solid Works* рассчитать вес первого твердого тела в элементе списка вырезов. Система также выполнит расчет и добавит свойства ***ДЛИНА, Угол1*** и ***Угол2*** к телам, созданным элементами конструкции (рис.8.29).

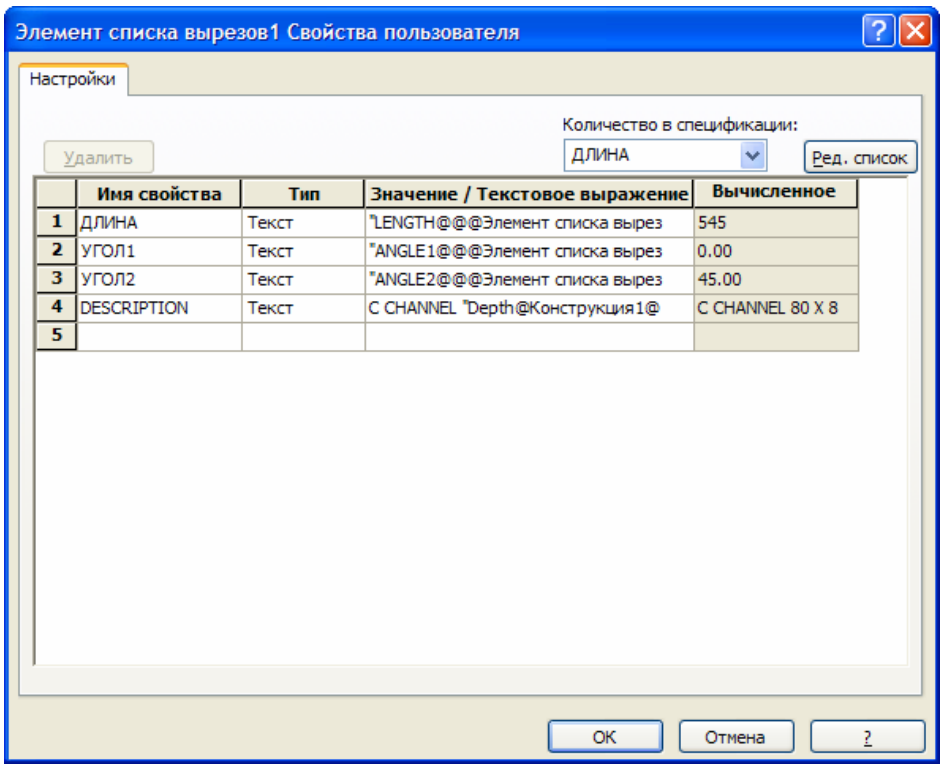


Рис. 8.29 Свойства пользователя элемента списка вырезов.

Примечание: Свойства *ДЛИНА, Угол1* и *Угол2* изменить нельзя.

Примечание: Поскольку в папке *Элемент списка вырезов* рассчитывается вес только первого элемента, каждая папка *Элемент списка вырезов* должна состоять только из одинаковых элементов.

Значения свойств пользователя

Значения, назначаемые свойствам пользователя, могут быть:

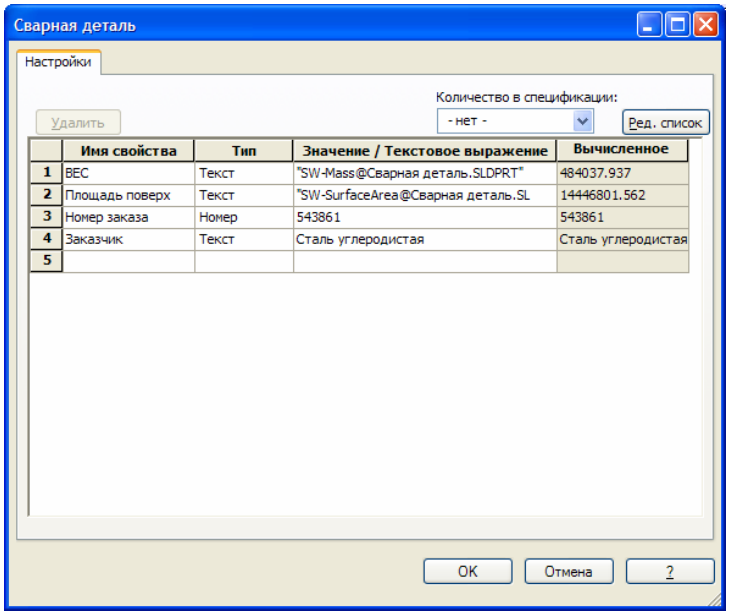
- **Постоянными.** Например, назначение материала при создании профиля элемента конструкции.
- **Производными**:
  - Связанными со значениями размеров.
  - Связанными с массовыми характеристиками.

Примечание: Свойства пользователя необходимы для создания списка вырезов с ассоциативными позициями для многотельной детали.

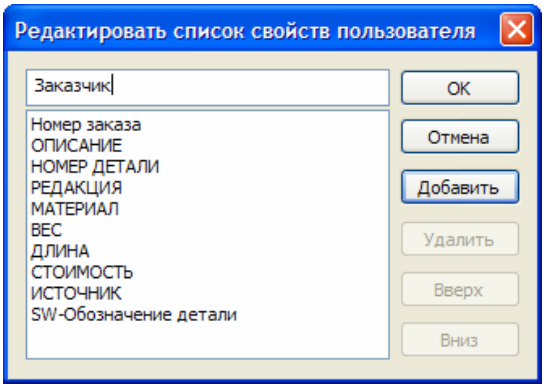
Чтобы добавить свойства пользователя:

1. Нажмите правой кнопкой мыши на элемент ***Сварная деталь*** (см.рис.8.27) в *Дереве конструирования (Feature Manager)* и в открывшемся контекстном меню выберите *Свойства*. Результатом будет открывшееся диалоговое окно **Сварная деталь** (рис.8.30, ***а***). Этот вариант предполагает назначение свойств пользователя на самом высоком уровне.

   Если требуется назначить свойства пользователя на уровне сварной детали, то в папке **Список вырезов** (значение иконки смотри далее) нужно, нажав правой клавишей мыши на папке *Элемент списка вырезов*, в открывшемся контекстном меню выбрать ***Свойства*** (диалоговое окно *Свойства пользователя* см.рис.8.29).



а



б

Рис. 8.30 Диалоговые окна настроек свойств пользователя для сварной

детали.

2. В диалоговом окне:

   2.1. Выберите требуемое значение свойства в поле **Имя свойства.** Если нужное имя свойства отсутствует в списке, то его можно ввести вручную, а при необходимости запомнить его как часто используемое, это свойство можно внести в список, нажав клавишу ***Ред.список*** (рис.8.30, ***а***). При этом откроется диалоговое окно **Редактировать список свойств пользователя** (рис.8.30, ***б***).

   2.2. Введите текст или вычисляемое из модели значение в поле **Значение/Текстовое выражение.**

   2.3. Нажмите клавишу **Enter.**

3. При необходимости повторите шаг 2, затем нажмите **ОК**.

Свойство пользователя добавлено.

8.7 Списки вырезов сварного изделия

Как только первый элемент сварной детали будет добавлен Вами в деталь, папка **Твердые тела** в *Дереве конструирования (Feature Manager)* будет переименована в папку **Список вырезов**, чтобы указать элементы, которые планируется добавить в список вырезов.

Значок означает, что необходимо обновить список вырезов.

Значок означает, что список вырезов обновлен.

Параметр для автоматического создания списка вырезов по-умолчанию включен в новых сварных деталях. Чтобы отключить его, нажмите правой кнопкой мыши на папку **Список вырезов** и отключите параметр **Автоматический.**

Несмотря на то, что список создается автоматически, периодичность его обновлений задается вручную в документе сварной детали. Это позволяет выполнять любые изменения, затем обновить один раз список вырезов. Однако список вырезов обновляется автоматически при открытии чертежа, в котором есть ссылки на этот список.

Чтобы обновить список вырезов, нужно в *Дереве конструирования (Feature Manager)* документа сварной детали нажать правой кнопкой мыши на папку **Список вырезов** и выбрать параметр ***Обновить.***

В результате этого значок **Список вырезов** примет следующую форму: . Аналогичные элементы будут сгруппированы в подпапках *Элемент списка вырезов* .

Сварные швы автоматически исключены из списка вырезов, но при необходимости можно выбрать и другие элементы, которые требуется исключить из этого списка.

Чтобы исключить элемент из списка вырезов можно воспользоваться следующим приемом:

1. Нажмите правой кнопкой мыши на элемент (*Конструкция **N***) в *Дереве конструирования (Feature Manager).*
2. Выберите ***Создать сварной шов.***

   При следующем обновлении списка вырезов этот элемент будет исключен. Чтобы включить в список ранее исключенный элемент, нажмите правой кнопкой мыши элемент и выберите ***Создать несварной шов.***

8.8 Чертежи сварных деталей

Любое изделие, спроектированное конструктором, должно быть должным образом оформлено в виде конструкторского документа, коим до сих пор является чертеж. Об оформлении чертежей изделий, спроектированных в *Solid Works*, мы будем говорить более подробно в Главе 14. Однако, более разумным, на мой взгляд, будет коснуться вопросов оформления чертежа сварных конструкций именно сейчас, чтобы "не упускать нить рассуждений" рассматриваемой темы[5].

Чертежи сварных деталей поддерживают:

- ***Полные виды*** сварных деталей
- ***Виды отдельных тел*** сварных деталей (Относительные виды)
- ***Списки вырезов*** сварного изделия
- ***Позиции***
- ***Автопозиции***
- ***Переменная штриховка для разрезов***

Что касается общих вопросов оформления чертежа изделия, то они точно такие же, как и при работе с любым изделием, полученным средствами *Solid Works*. Здесь же мы рассмотрим вопросы характерные только для сварных деталей, а именно:

[5] Вставьте на этой странице закладку, чтобы вернуться сюда, когда будете изучать Главу 14 или когда Вам потребуется оформлять чертеж сварного изделия.

Создание списка вырезов сварного изделия на поле чертежа

Чтобы вставить список вырезов сварного изделия в чертеж нужно выполнить следующие действия:

1. В чертеже нажмите *Список вырезов сварной детали* (панель инструментов "*Таблица*") или выберите:

Вставка → Таблицы → Список вырезов сварной детали.

2. Выберите чертежный вид.
3. Укажите свойства в окне *Property Manager Список вырезов сварной детали*, затем нажмите **ОК**.
4. Если в окне *Менеджера свойств* (*Property Manager*) не было выбрано *Прикрепить к точке привязки*, то нажмите в **Графической области**, чтобы разместить список вырезов.

Примечание: Отсеките элементы конструкции в документе детали таким образом, чтобы в списке вырезов чертежа отобразились правильные значения длины.

Сортировку столбца в списке вырезов сварного изделия можно выполнить, нажав правой кнопкой мыши в столбце и назначить способ ***Сортировки*:**

- *По возрастанию;*
- *По убыванию.*

Расстановка позиций в чертежах сварного изделия

Все конфигурации сварной детали ссылаются на общий список для создания позиций. Номера позиций сохраняют связь со списком вырезов, даже если они созданы в другом виде.

Позиция, прикрепленная к телу в чертежном виде всей сварной детали, и позиция, прикрепленная к тому же телу в чертежном виде, отображающем только это тело, ***имеют одинаковые номера позиций****.*

Если при вставке ***Автопозиции*** в вид чертежа сварной детали чертеж не содержит списка вырезов, появится запрос о необходимости создания списка вырезов.

Если удалить список вырезов, то все позиции, относящиеся к списку вырезов, изменят свою Позицию на ***1****.*

Глава 9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Содержание

9. Проектирование деталей из листового материала 398

9.1. Конструирование детали, как изделия из листового материала. 399

9.1.1. Базовая кромка \ Выступ . Вариант 1. 400

9.1.2. Инструмент Разогнуть 405

9.1.3. Инструмент Изгиб 407

9.1.4. Инструмент Согнуть 411

9.1.5. Инструмент Ребро-кромка 412

9.1.6. Инструмент Каемка 418

9.1.7. Инструмент Кромка под углом 421

9.1.8. Инструмент Угол 423

9.1.9. Базовая кромка \ Выступ . Вариант 2. 426

9.1.10. Развертка детали из листового металла. Плоский массив 428

9.2. Конструирование детали из листового металла в плоском состоянии 429

9.2.1. Инструмент Нарисованный сгиб 429

9.2.2. Инструмент Затупленный угол 432

9.2.3. Инструмент Сварной угол 433

9.3. Конструирование детали из твердотельного элемента с последующим преобразованием в деталь из листового металла 434

9.3.1. Инструмент Сгибы 436

9.3.2. Элементы листового металла. 439

9.4. Проектирование деталей из листового металла специальных форм. 441

9.4.1. Проектирование деталей цилиндрической формы 442

9.4.2. Проектирование деталей конической формы 442

9.4.3. Проектирование деталей из листового металла по сечениям сгиба 444

9.4.4. Проектирование детали типа "Шнек" из листового металла. 447

9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Изделия, изготовленные из листового материала, а в условиях тяжелого машиностроения можно говорить о более узком круге материалов – металле[1], наиболее передовой метод получения крупногабаритных корпусных (и не только) изделий.

Использование в *Solid Works* понятия **Изделие из листового материала**, которое предполагает наличие определенных инструментов проектирования подобного рода изделий, следует употреблять в "правильном смысле".

В Solid Works под изделием из листового материала понимается не любое изделие, заготовкой для которого является листовой материал, а только такое изделие, которое, будучи вырезанное из листа, имеет ***сгибы****, а ее формообразующей заготовкой является* ***развертка****.*

Основными элементами детали из листового металла являются ***кромки*** и ***сгибы***.

Под ***кромкой*** *следует понимать плоский отсек листового металла постоянной толщины.*

Одна из кромок, относительно которой выполняется развертка изделия, назначается пользователем как *Базовая кровма\Основание*. В детали может быть только один элемент *Базовая кромка*, к которой примыкают другие кромки – грани изделия. При этом между базовой и добавляемой кромками создается скругление (в терминах программы — ***сгиб***). Толщина базовой кромки становится значением по умолчанию для толщины и радиуса сгиба добавляемых кромок.

В дальнейшем в деталь могут быть добавлены другие элементы - *отверстия*, *вырезы* и др. Их можно создавать непосредственно на детали в согнутом состоянии, однако в ряде случае это удобнее делать, когда деталь находится в разогнутом состоянии, то есть на ее ***развертке***.

Инструментами *Solid Works* можно построить изделие из листового металла, используя для этого один из двух основных способов:

1. Построить твердотельную деталь, используя для этого инструменты, рассмотренные в предыдущих главах, а затем преобразовать ее в *деталь из листового металла*.
2. Создавать изделие, как *деталь из листового металла*, используя элементы, присущие деталям из листового металла.

[1] Далее, при рассмотрении материала этого раздела, под листовым материалом будем иметь в виду только листовой металлопрокат.

Второй способ проектирования изделия, как *деталь из листового металла,* более предпочтителен, поскольку позволяет избежать лишних шагов, при этом деталь приобретает свойства *детали из листового металла* уже на исходной стадии ее проектирования.

Не смотря на это, первый способ также имеет право на существование. Особенно эффективен этот подход к созданию детали в следующих случаях:

- Когда импортируется файл детали из листового металла со сгибами из предыдущих версий САПР. В этом случае сгибы уже находятся в данной модели. Поэтому использование команды ***Сгибы*** является наилучшим вариантом преобразования импортированного файла в деталь из листового металла в программе *Solid Works*.
- Если необходимо создать конические сгибы. Конические сгибы не поддерживаются командами создания элементов из листового металла. Поэтому необходимо создавать деталь, используя команды вытягивания или вращения, а затем преобразовать ее для добавления сгибов в коническую деталь из листового металла.

Все команды, рассматриваемые нами в данной главе, располагаются в **Главном меню**: *Вставка → Листовой металл,* а их инструменты находятся в панели ***Листовой металл***.

9.1. Конструирование детали, как изделия из листового материала.

Мы уже говорили о том, что рассматриваемый в настоящем разделе метод конструирования изделия из листового металла является наиболее рациональным, с точки зрения подхода к самому процессу проектирования, когда самого изделия еще нет, но есть идея его создания. Основываясь на этом принципе, рассмотрим основные команды и их инструменты на примере конструирования детали, представленной на рис.9.1.

В качестве исходных данных к проектированию, примем следующее:

- ☑ деталь имеет **Z**-образный профиль, эскиз поперечного сечения которого показан на рис.9.2.
- ☑ деталь выполнена из листового металла толщиной 5мм.

Опираясь на информацию об исходных параметрах проектируемого изделия, построив эскиз рис.9.2 приступаем к непосредственному конструированию детали[2]. Для этого нам потребуется активизировать, как

[2] Ввиду громоздкости чертежа конструируемой детали, все размеры ее элементов будем оговаривать по ходу построения изделия, при изучении команд проектирования, необходимых для изделия из листового металла.

уже оговаривалось, панель ***Листовой металл*** и, для начала, выбрать первый инструмент:

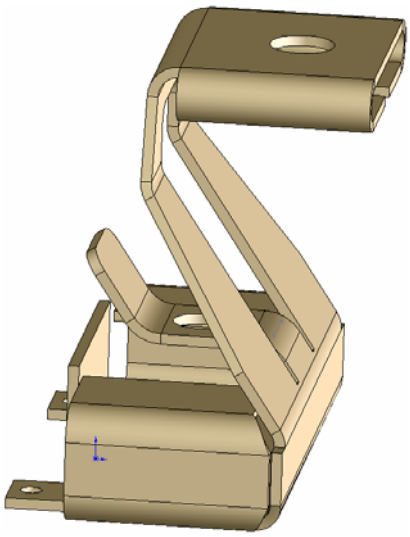


Рис. 9.1 Деталь из листового металла

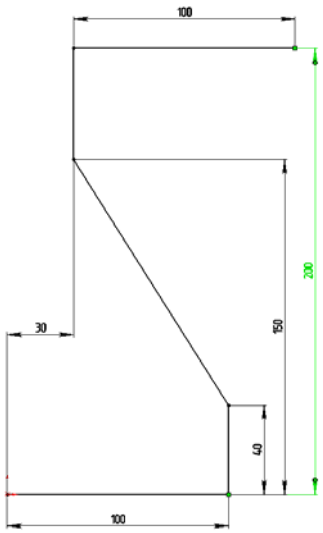
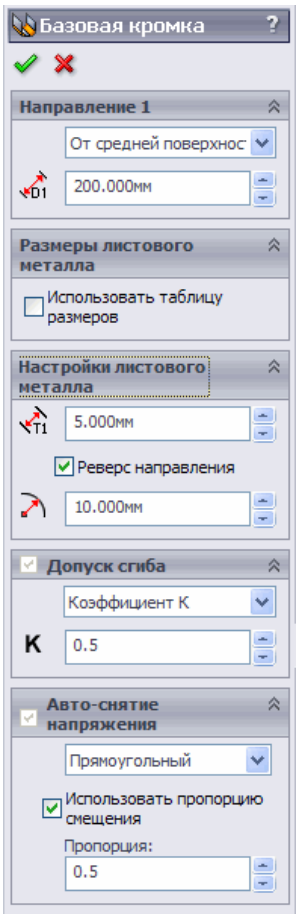


Рис. 9.2 Эскиз профиля детали из листового металла

9.1.1. Базовая кромка \ Выступ. Вариант 1.



Команда ***Базовая кромка/выступ*** формирует деталь из листового металла заданной толщины, по граничным условиям, описывающим ее геометрические характеристики.

Основными панелями *Менеджера свойств* инструмента являются, рис.9.3:

- ***Направление 1*** (*Направление 2*), представляющие собой аналог *Менеджера свойств* рассмотренного ранее инструмента ***Вытянутая бобышка\Основание***.
- ***Размеры листового металла*** – используется только в случае назначения размеров листа с применением заранее разработанной таблицы размеров. Этот параметр удобно использовать при проектировании изделий из листового металла в условиях массового производства, когда заранее оговорен круг применяемых материалов, их толщины, а также, учитывая технологические возможности используемого на предприятии оборудования, допускаемые радиусы гибки листового металла.

Рис. 9.3 Менеджер свойств инструмента Листовой металл – Базовая кромка\выступ

Для того, чтобы применить этот параметр при конструировании изделия из листового металла, достаточно установить флажок на параметре *Использовать таблицу размеров*, расположенного в данной панели.

При этом *Solid Works* предложит Вам выбрать одну из имеющихся (или созданных заранее) таблиц размеров, расположенных по адресу:

*<каталог установки>\SolidWorks**lang\russian\Sheet Metal Gauge Tables***

Сама же таблица размеров листового металла представляет собой электронную таблицу, подготовленную в *Excel,* пример которой показан на рис.9.4.

	A	B	C
1			
2	**Тип:**	Таблица размеров для алюминия	
3	**Процесс**	Алюминий - Ковка	
4	**Коэффициент-К**	0,5	
5	**Единица измерения:**	Миллиметры	
6			
7	**Номер размера**	**Размер (толщина)**	**Доступный радиус сгиба**
8	Размер 10	3	3.0; 4.0; 5.0; 8.0; 10.0
9	Размер 12	2,5	3.0; 4.0; 5.0; 8.0; 10.0
10	Размер 14	2	2.0; 3.0; 4.0; 5.0; 8.0; 10.0
11	Размер 16	1,5	1.5; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0; 8.0; 10.0
12	Размер 18	1,2	1.5; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0; 8.0; 10.0
13	Размер 20	0,9	1.0; 1.5; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0
14	Размер 22	0,7	0.8; 1.0; 1.5; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0
15	Размер 24	0,6	0.8; 1.0; 1.5; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0
16	Размер 26	0,5	0.5; 0.8; 1.0; 1.5; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0

Рис.9.4 Таблица размеров листового металла.

- ***Настройки листового металла*** – очень важный параметр для назначения основных геометрических параметров конструируемого изделия, таких как *Толщина металла* и *Радиус сгиба* .

Располагающееся в этой же панели окно *Реверс направления* (см.рис.9.3) управляет исключительно расположением металла листа относительно базового эскиза конструируемого изделия. Этот параметр особенно важно учитывать, когда деталь из листового металла проектируется в контексте сборки и практически не имеет значения при самостоятельном конструировании изделия такого типа.

- ***Допуск сгиба*** – определяет параметры допуска сгиба и величины уменьшения для детали из листового металла при определении длины ее развертки. Допуск сгиба можно задать при помощи одного из условий его определения:
  - *Таблицы сгибов* – определяется параметрами таблицы сгибов;

- *Коэффициента* **Кз** — коэффициент, определяющий местоположение нейтрального слоя листа по отношению к толщине детали из листового металла. Значение *коэффициента* **К** рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{t}{T},$$

где t - расстояние от внутренней грани до нейтрального слоя листа,

T – толщина листа.

- *Допуск сгиба* (податливость). Общая длина развертки, учитывающая величину допуска сгибов, определяется на основании следующего уравнения:

$$L_t = A + B + \Delta_{AB},$$

где A и B – длины прямолинейных участков гнутой из листа детали (см.рис.9.5);

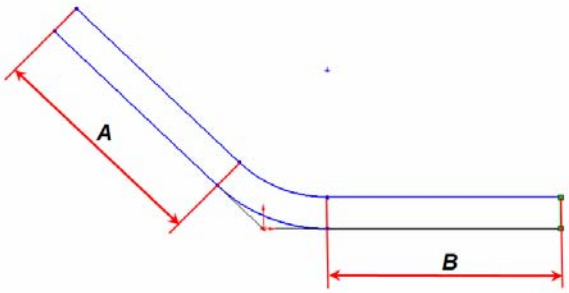


Рис.9.5 К определению допуска сгиба

Δ_{AB} - величина допуска сгиба на участке *AB,* рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{AB} = \prod (R + K \cdot T)\frac{A}{180},$$

здесь R – внутренний радиус сгиба,

A - угол сгиба в градусах (угол на который сгибается материал), рис.9.6.

[3] В общем машиностроении все развертки строятся по нейтральному слою листового металла, потому при конструировании изделий из листового металла в условиях индивидуального производства коэффициент **К** всегда будет иметь значение, равное **0,5**.

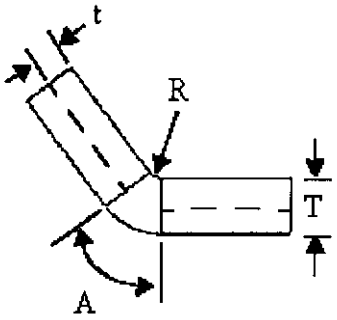


Рис.9.6 Пояснения к формуле определения значения допуска сгиба

- *Вычисления* (уменьшенной величины) *сгиба*. Общая длина развертки, учитывающая величину допуска сгибов, с учетом величины уменьшения сгибов, определяется уравнением:

$$L_t = A + B + \delta_{AB},$$

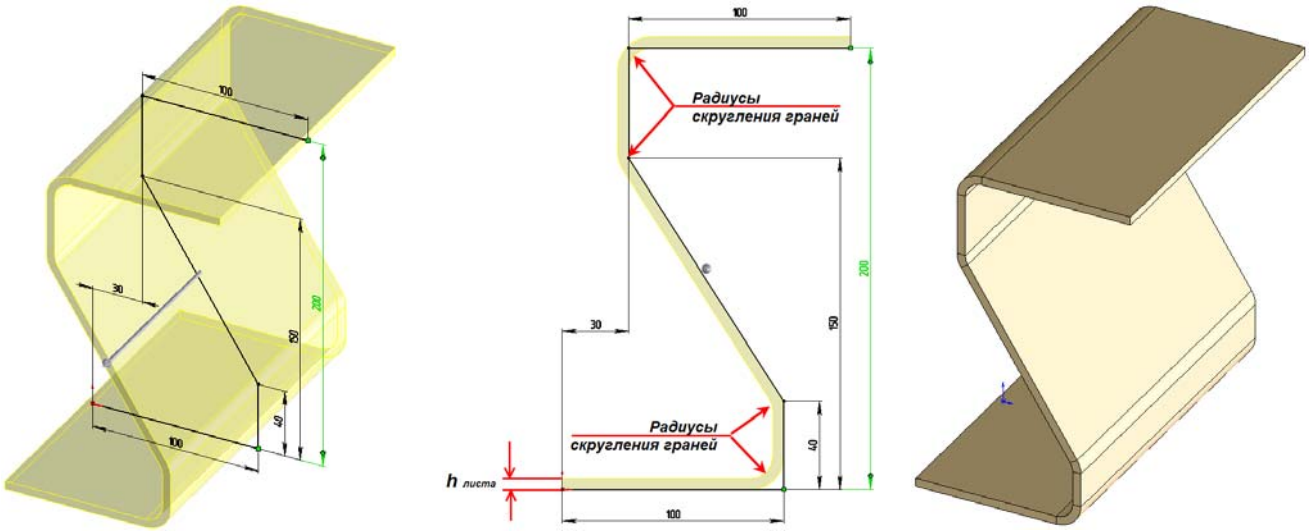
δ_{AB} - величина уменьшения сгиба, задаваемая с учетом технологических возможностей гибочного оборудования производства.

- ***Авто-снятие напряжения*** – определяет характер вреза базовой кромки в тело основного изделия, а также для удаления вершины в месте контакта трех граней изделия из листового металла, с целью недопущения возникновения концентраторов напряжений в местах сгиба. К более подробному изучению механизма работы данного параметра мы еще вернемся, но несколько позже, в ходе рассмотрения других, более ярких инструментов, используемых его в своем определении.

Таким образом, назначив параметры "заготовки" конструируемой детали, как-то:

- ***Направление 1***: *Глубина вытягивания* - *200 мм, От средней поверхности* (рис.9.7, ***а***);
- ***Настройки листового металла:*** *Толщина металла* - *5 мм; Радиус сгиба* - *10 мм* (рис.9.7, ***б***);
- ***Допуск сгиба:*** *Коэффициент* ***К***; *К = 0.5;*
- ***Авто-снятие напряжений:*** ввиду отсутствия концентраторов на первом этапе построения конструируемой детали, этот параметр специально не назначаем и принимаем то его значение, которое устанавливается *Solid Works* по умолчанию,

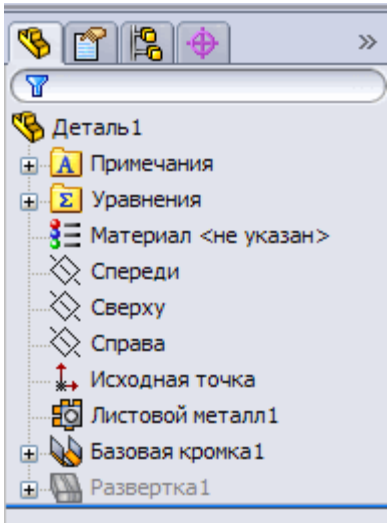
получаем заготовку из листового металла (рис.9.7, **в**) для конструируемого изделия.



а ***б*** ***в***

Рис. 9.7 Построение детали из листового металла при помощи команды
Базовая кромка\выступ.

Обратите внимание на *Дерево конструирования (Feature Manager)* (рис.9.8), приобретшее вид после выполнения команды ***Базовая кромка\выступ*** , выполненную на первом этапе конструирования изделия из листового металла. Не смотря на то, что нами была выполнена только одна команда по назначению определения эскизу профиля будущего изделия, в *Дереве конструирования (Feature Manager)* появилось сразу три значка, определяющие состояние изделие и его принадлежность к группе деталей из листового металла:



- *Листовой металл* - указывает на принадлежность конструируемого изделия к деталям из листового металла Данный элемент хранит информацию по параметрам сгиба по умолчанию (толщину металла, радиус сгиба, допуск сгиба, соотношение выреза для снятия напряжения) для всей детали;
- *Базовая кромка* - указывает на элемент конструкции и команду, при помощи которой данный элемент был определен в изделии;

Рис. 9.8 Дерево конструирования детали из листового металла после определения эскиза как Базовая кромка\Выступ.

- *Развертка* - о возможности получить развертку конструируемого изделия. Это определение "замылено", поскольку для отображения детали в развернутом состоянии необходимо активизировать команду ***Плоский*** *массив* (подробнее см.раздел 9.1.10).

9.1.2. Инструмент Разогнуть

Как видно из рис.9.1, конструируемая деталь имеет "шейку", которую невозможно получить на этапе построения по базовой кромке изделия. Для того, чтобы правильно выполнить вырезы в листовом металле и получить деталь требуемой конфигурации, необходимо *временно* (!) разогнуть "заготовку" по уже выполненным сгибам. Для это воспользуемся командой:

Команда ***Разогнуть*** разгибает один, несколько или все сгибы в детали из листового металла. Эту команду полезно использовать при добавлении элемента, например выреза, по сгибу, как в нашем случае.

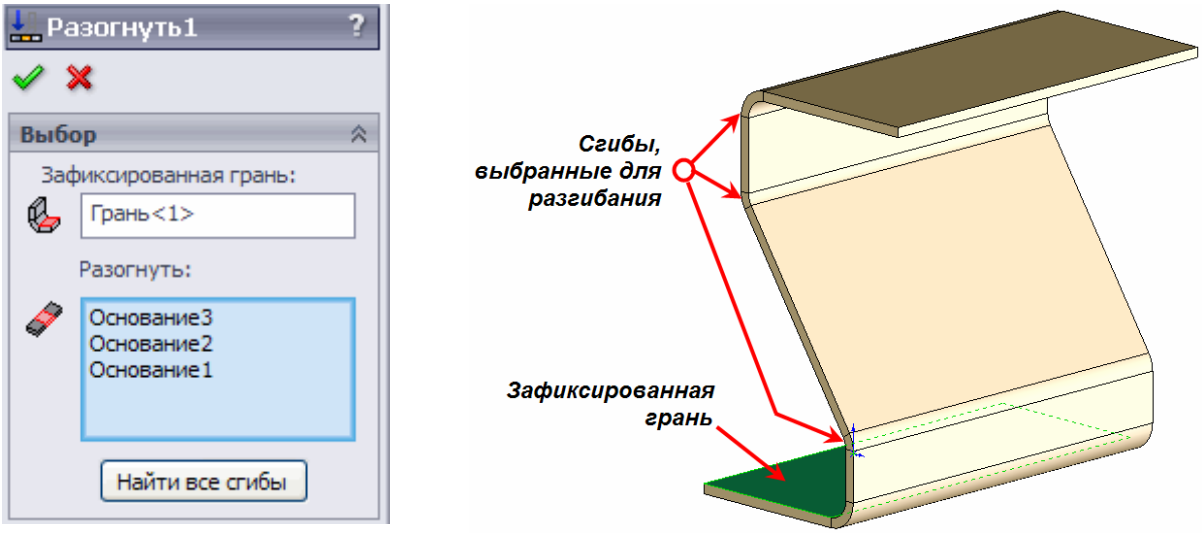
В общем случае, методика использования инструментов данной команды весьма проста:

1. Сначала следует применить команду (добавить элемент) ***Разогнуть*** деталь в плоское состояние и, определить параметры детали для ее разогнутого состояния;
2. Далее — добавить требуемый вырез и другие элементы, необходимые для определения конструктивных особенностей проектируемого изделия;
3. Затем добавить элемент ***Согнуть*** (см.раздел ***9.1.4***) для возврата сгиба в согнутое состояние.

Примечание: Команда *Разогнуть* работает с деталями из листового металла и конической формы.

Диалоговое окно команды ***Разогнуть*** (рис.9.9, ***а***) содержит следующие параметры:

- ☑ *Зафиксированная грань*. Задает грань, которая не подлежит трансформации (рис.9.9, ***б***).
- ☑ *Разогнуть*. Задает сгибы, которые необходимо разогнуть. Сгибы задаются прямым указанием (рис.9.9, ***б***) в **Графическом поле**.
- ☑ Кнопка *Найти все сгибы*. Выбирает все имеющиеся в детали сгибы. Применяется в том случае, когда необходимо разогнуть все сгибы в детали. При щелчке на кнопке *Solid Works* выбирает все имеющиеся в детали сгибы. Их имена отображаются в текстовом окне параметра *Разогнуть*.

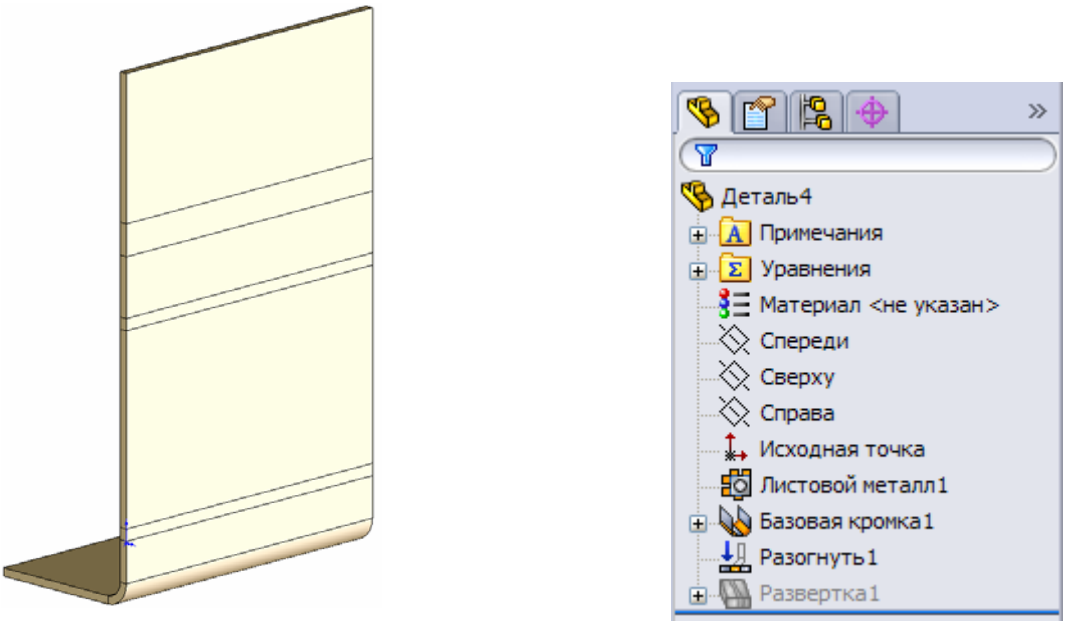


а ***б***

Рис. 9.9 Диалоговое окно команды Разогнуть (а) и назначенные, для выполнения этой операции, элементы (б)

Для добавления элемента ***Разогнуть*** необходимо выполнить следующие действия:

1. Активизировать команду. Открывается диалоговое окно команды.
2. В **Графическом поле** выбрать грань элемента, которая не подлежит трансформации. Выбранная грань подсвечивается зеленым цветом (см.рис.9.9, ***б***), а в текстовом окне параметра *Зафиксированная грань* отображается ее имя (см.рис.9.9, ***а***).
3. В **Графическом поле** выбрать сгибы, которые необходимо разогнуть. Их имена отображается в текстовом поле параметра *Разогнуть* (см.рис.9.9, ***а***).
4. Щелкнуть на кнопке **ОК**. Диалоговое окно команды закрывается. В **Графическом поле** фиксируется отсутствие выбранных сгибов (рис.9.10, ***а***). В *Дереве конструирования (Feature Manager)* добавляется элемент *Разогнуть* с порядковым номером (рис.9.10, ***б***).



а ***б***

Рис. 9.10 Состояние детали и Дерева конструирования после выполнения команды Разогнуть.

Следуя логике конструирования детали, представленной на рис.9.1, на разогнутой грани детали[4] строим эскиз (рис.9.11, ***а***) "шейки" и создаем вырез при помощи уже известной нам команды ***Вытянутый вырез***, задав в параметрах настройки глубины выреза взаимосвязь, появляющуюся только в изделиях из листового металла, *Связать с толщиной*. Результат выполнения этой операции представлен на рис.9.11, ***б***).

Помимо "шейки" конструкция проектируемой нами детали содержит на той же стороне еще и такой элемент, как "язычок", вырезанный в грани и затем изогнутый особым образом внутрь создаваемой детали. Поскольку для выреза "язычка" требуется плоское состояние обрабатываемой грани, то в рассматриваемой ситуации можно воспользоваться развернутым состоянием изделия и выполнить требуемый вырез для дальнейшей с ним работы.

Однако, для того чтобы выполнить такой элемент, каковым является "язычок" конструируемого изделия, необходимо рассмотреть специальный инструмент, при помощи которого его можно изготовить.

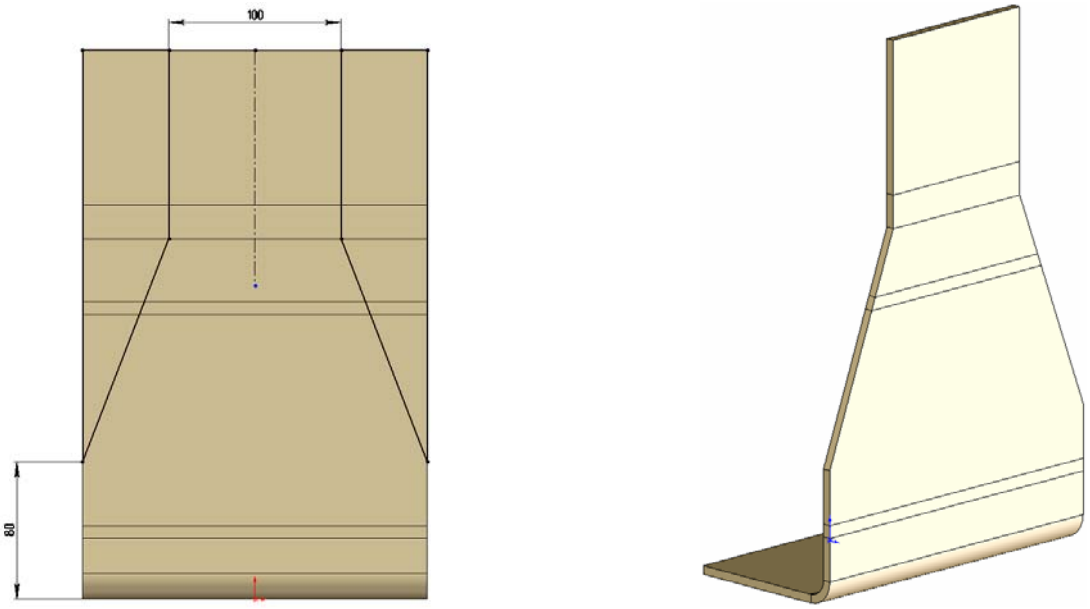
9.1.3. Инструмент Изгиб

Инструмент ***Изгиб*** добавляет материал в деталь из листового металла, создавая ***два*** сгиба из эскиза линии. Создавая изгиб необходимо

[4] Какая из разогнутых областей будет выбрана для построения эскиза – не имеет значения, т.к. в этом состоянии детали все области находятся в одной плоскости.

учитывать следующие основные замечания:

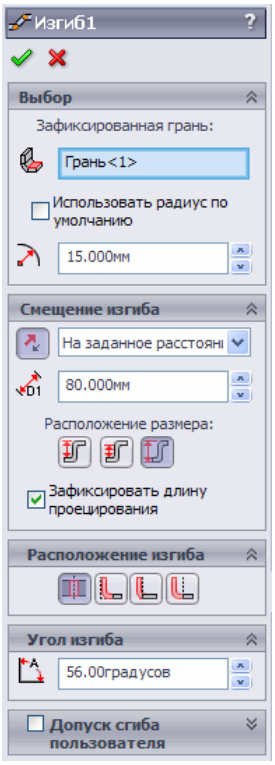
- ☑ Эскиз должен содержать только одну линию;
- ☑ Линия эскиза сгиба необязательно должна быть горизонтальной или вертикальной;
- ☑ Линия эскиза сгиба ***не****обязательно* должна совпадать по длине с длиной сгибаемых граней.



а ***б***

Рис. 9.11 Разметка и вырез "шейки" конструируемой детали

Создание изгиба выполняется на подготовленной для этого грани в несколько этапов. Поскольку в предыдущем разделе мы уже оговаривали вопрос подготовки грани к формированию элемента "язычок", то все последующие операции будем рассматривать именно на этом элементе. Для этого:



1. Нарисуем на грани детали из листового металла, где необходимо создать изгиб, линию, определив ее местоположение при помощи наложения на нее взаимосвязей и размеров и, не выходя из состояния редактирования эскиза линии сгиба
2. нажимаем на кнопку ***Изгиб*** , расположенную на панели ***Листовой металл***, или в **Главном меню**: *Вставка → Листовой металл → Изгиб*, вызывая *Менеджер свойств* инструмента ***Изгиб***, рис.9.12.

Рис. 9.12 Менеджер свойств инструмента Изгиб.

3. Активизировав окно параметра *Зафиксированная грань*, в **Графической области** выбираем одну из граней детали (рис.9.13), а при необходимости изменить *Радиус сгиба* от используемого моделью по умолчанию, снимаем флажок с этого параметра и вводим в открывшееся окно требуемое значение радиуса сгиба.

4. В раскрывающейся панели ***Смещение изгиба*** устанавливается одно из требуемых и доступных граничных условий:

   4.1. На заданное расстояние;
   4.2. До вершины;
   4.3. До поверхности;
   4.4. На расстоянии от поверхности.

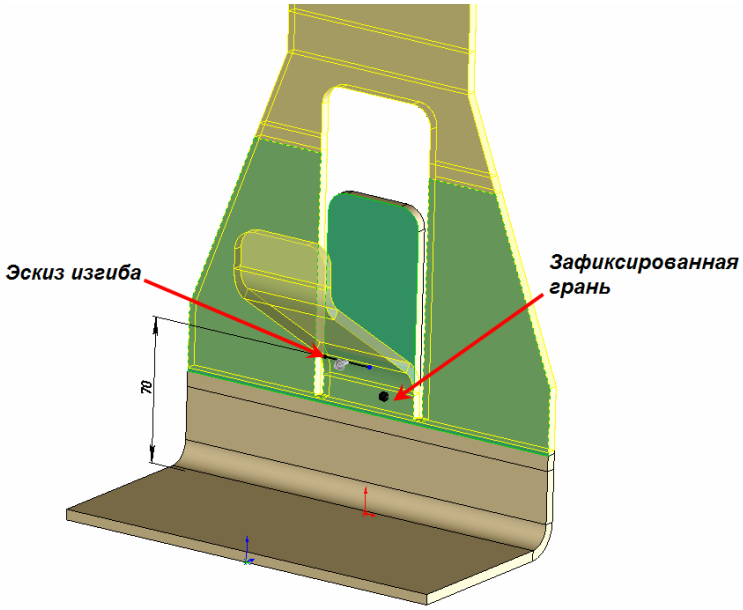


Рис. 9.13 Назначение параметров изгиба применительно к панели Выбор.

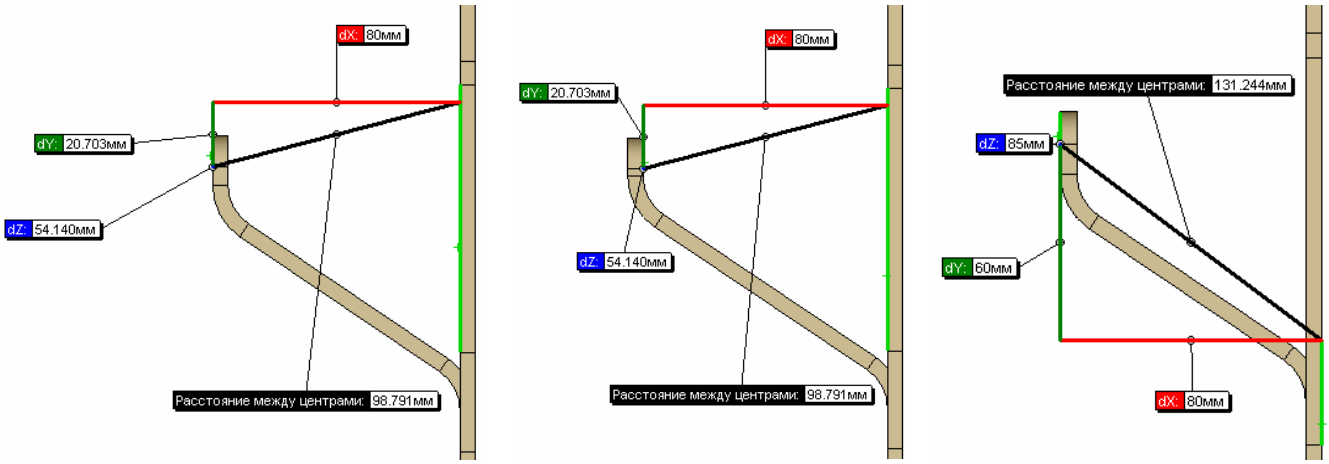
5. В зависимости от выбранного граничного условия устанавливается значение параметра *Расстояние смещения*, который указывает на расположение второй линии изгиба, параллельной созданному, на первом этапе, эскизу изгиба. На величину изгибаемой грани оказывает влияние такой параметр, как *Расположение размера*, который может иметь одно из следующих значений:

   5.1. *Сместить наружу* (рис.9.14, ***а***) – расстояние смещения изгиба определяется расстоянием между фиксированной плоскостью (плоскостью эскиза линии сгиба) и наружной стороной сгибаемого элемента, с учетом толщины металла;

5.2. *Сместить внутрь* (рис.9.14, ***б***) – расстояние смещения изгиба определяется зазором между фиксированной плоскостью и внутренней стороной согнутого свободного конца элемента;

5.3. *Итоговый размер* (рис.9.14, ***в***) – расстояние смещения изгиба определяется общим размером согнутого элемента по габаритному размеру согнутого элемента, с учетом толщины металла изделия.

Примечание: **Параметр *Расстояние смещения* вытягивает изгибаемый элемент с учетом заданного значения. Это следует учитывать при создании выреза (см.рис.9.13), поскольку получаемая в результате развертка изгибаемого элемента может "наезжать" на тело основного металла изделия. Для соблюдения соответствия между вырезом и изгибом устанавливается параметр *Зафиксировать длину проецирования*. Снятый с этого параметра флажок сохраняет исходную длину (с учетом радиуса сгиба) изгибаемого элемента.**



а ***б*** ***в***

Рис. 9.14 Влияние параметра Расстояние смещения (h=80 мм) на величину изгибаемого элемента

6. Задаем параметры распределения металла в изгибаемом элементе на панели ***Расположение изгиба***:

6.1. *Сгиб по осевой линии*

6.2. *Материалом внутрь*

6.3. *Материалом наружу*

6.4. *Сгиб наружу*

7. Устанавливаем значение ***Угла изгиба*** – угол наклона изгибаемого элемента относительно зафиксированной грани изделия.

8. Чтобы использовать допуск сгиба, отличный от установленного по умолчанию на первых этапах конструирования детали из листового металла, необходимо активизировать панель

Допуск сгиба пользователя и указать тип и значение допуска сгиба (см. раздел 9.1.1).

9. Нажав клавишу **ОК**, тем самым завершаем процесс формирования элемента *Изгиб*, а конструируемая в разбираемом примере деталь получает элемент "язычок" (см.рис.9.1)

Поскольку других элементов конструкции детали из листового металла, рассматриваемого примером, не имеется, то ее можно возвращать из разогнутого (см.раздел 9.1.2), в состояние предусмотренное ее конструкцией. Для этого необходимо выполнить команду:

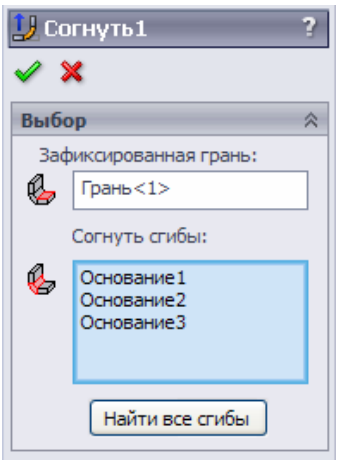
9.1.4. Инструмент Согнуть

Команда ***Согнуть*** сгибает *один*, *несколько* или *все* ранее разогнутые сгибы в детали из листового металла.

Команда ***Согнуть***, как уже оговаривалось выше, является парной к команде ***Разогнуть*** и работает как с плоскими деталями из листового металла, так и с деталями из листового металла конической формы.

Диалоговое окно команды ***Разогнуть*** (рис.9.15) содержит следующие параметры:

- *Зафиксированная грань*. Задает грань, которая не подлежит трансформации. Поскольку команды ***Разогнуть*** и ***Согнуть*** работают в паре, то зафиксированная на этапе выполнения команды ***Согнуть*** грань выбирается *Solid Works* автоматически.



- *Согнуть сгибы*. Задает сгибы, которые необходимо согнуть. Сгибы задаются прямым указанием в **Графической области**.

- *Найти все сгибы*. Выбирает все имеющиеся в детали сгибы. Применяется в том случае, когда необходимо согнуть все ранее разогнутые сгибы в детали. Параметр представлен кнопкой. При нажатии кнопки программа выбирает все имеющиеся в детали разогнутые ранее сгибы. Их имена отображаются в текстовом окне параметра *Согнуть сгибы*.

Рис. 9.15 Менеджер свойств инструмента Согнуть

После выполнения указанных действий и нажатия клавиши **ОК** конструируемая деталь приобретает вид, как показано на рис.9.16, что, в сравнении с задуманной идеей (см.рис.9.1) все еще далеко от действительности, хотя общие черты изделия уже начинают проявляться.

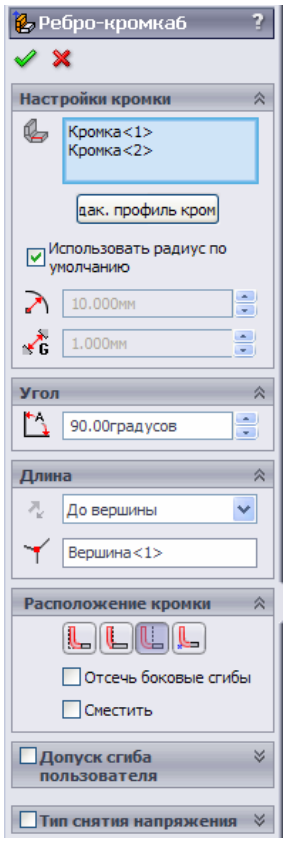
Конструкцией детали из листового металла (см.рис.9.1) предусматривается наличие С-образных бортов, загнутых внутрь изделия относительно его основания.

Создать такой элемент можно различными путями, мы же рассмотрим вариант, родственный команде ***Изгиб***, но, в отличии от неё, добавляющий к имеющимся уже кромкам детали из листового металла *одну* кромку под некоторым (больше 0°) углом. Такой элемент конструкции можно построить при помощи инструмента:

9.1.5. Инструмент Ребро-кромка

Инструмент ***Ребро-кромка*** добавляет кромку к детали из листового металла на выбранном ребре. *Менеджер свойств* инструмента представлен на рис.9.16 и, как не трудно заметить, во многом имеет повторяющиеся параметры, известные нам по предыдущим инструментам листового металла.

Менеджер свойств имеет несколько раскрывающихся панелей, настройка параметров каждого из которых позволяет создать ребро на выбранной кромке требуемой конфигурации:



☑ ***Настройки кромки*** – панель, определяющая параметры настройки ребер, создаваемых на кромках детали из листового металла, каковыми являются:

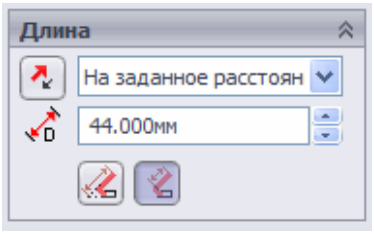
- *Кромка* – окно, содержащее список выбранных для редактирования кромок детали из листового металла.
- *Редактировать профиль кромки* — открывает режим редактирования профиля кромки; параметр представлен кнопкой.
- Радиус сгиба — задает радиус сгиба; параметр доступен при отключенном параметре *Использовать радиус по умолчанию*.

Рис. 9.16 Менеджер свойств инструмента Ребро-кромка.

☑ ***Угол*** содержит параметр *Угол кромки*, в окне которого задается угол между базовой кромкой и создаваемым элементом. Значение параметра может находиться в пределах: $0^\circ < \alpha \le 180^\circ$.

☑ ***Длина*** – задает величину вытягивания элемента, содержит граничные условия:

- *На заданное расстояние* (рис.9.17). При выборе этого варианта граничного условия становятся доступными следующие параметры:

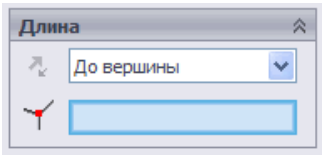


  - *Реверс направления* - параметр, управляющий направлением вытягиваемой кромки.
  - *Длина* - глубина вытягивания кромки. Расчитывается как расстояние от базовой до вершины вытягиваемой кромки без учета длины участка металла, находящегося в скруглении листового металла.

Рис. 9.17 Панель Длина Менеджера свойств Ребро-кромка при выборе граничного условия На заданное расстояние.

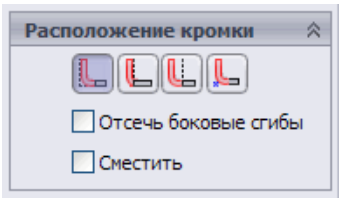
  - *Виртуальная резкость* создает точку эскиза в точке виртуального пересечения двух объектов эскиза. При выборе варианта *На заданное расстояние* появляется возможность назначать один из двух параметров: *Виртуальная резкость снаружи*, либо *Виртуальная резкость внутри*.

- *До вершины* (рис.9.18) – определяет глубину вытягивания кромки на основе геометрической взаимосвязи виртуальной кромки создаваемого элемента и существующей вершины:



  - *Вершина* - задает вершину, до *которой* происходит вытягивание элемента. Имя выбранной вершины отображается в окне выбора.

Рис. 9.18 Панель Длина Менеджера свойств Ребро-кромка при выборе граничного условия До вершины .



☑ ***Расположение кромки*** (рис.9.19) содержит параметры, при помощи которых определяется положение металла *или* расположение сгиба относительно базовой кромки:

Рис. 9.19 Панель Расположение кромки Менеджера свойств Ребро-кромка

- *Материал внутри* – металл (его толщина) направлен внутрь элемента, относительно базовой кромки (рис.9.20, ***а***);
- Материал снаружи - металл расположен над уровнем базовой *кромки создаваемого элемента (рис.9.20, б);*
- *Сгиб снаружи - создаваемый элемент листового металла начинается непосредственно от базовой кромки (рис.9.20, в);*
- *Сгиб с виртуальной резкостью - линия сгиба проходит через виртуальную* точку, располагающуюся на пересечении граней базовой кромки и создаваемого элемента листового металла (рис.9.20, ***г***).

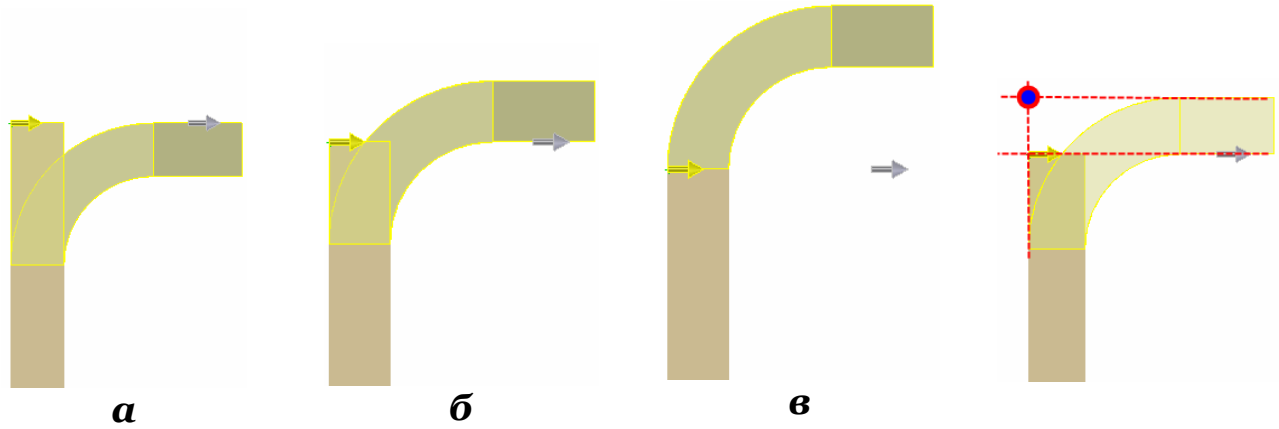
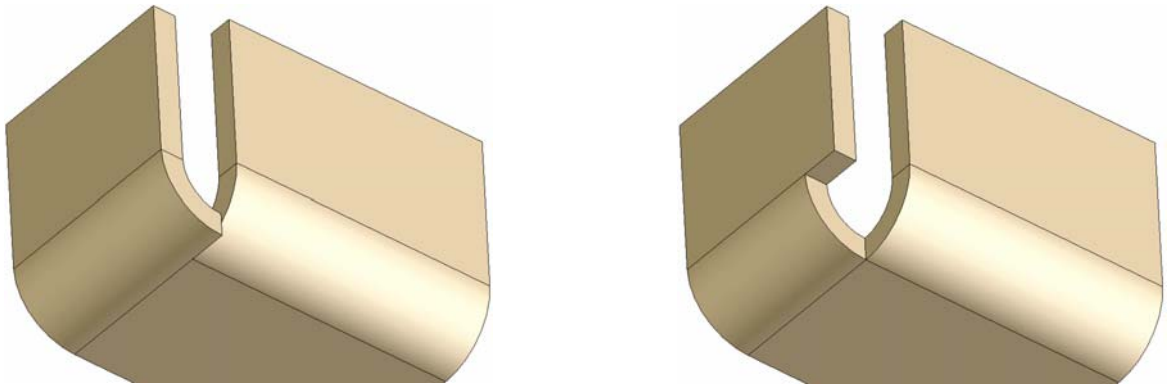


Рис. 9.20 Расположение кромки листового металла в зависимости от выбранного параметра её расположения.

- *Отсечь боковые сгибы* – параметр устанавливается флажком в случае, когда один из сгибов кромки под углом соприкасается с существующим сгибом (рис.9.21, ***а***), при этом появляется лишний материал в соседних сгибах, который необходимо отсечь (рис.9.21, ***б***).



а **б**

Рис. 9.21 Использование параметра Отсечь боковые сгибы

- *Сместить* – смещает кромку с корпуса из листового металла по одному из задаваемых параметров граничного условия: *На заданное расстояние* (рис.9.22); *До вершины, До поверхности, На расстоянии от поверхности*. Параметр доступен во всех типах выбора расположения кромок, кроме варианта *Сгиб с виртуальной резкостью* .

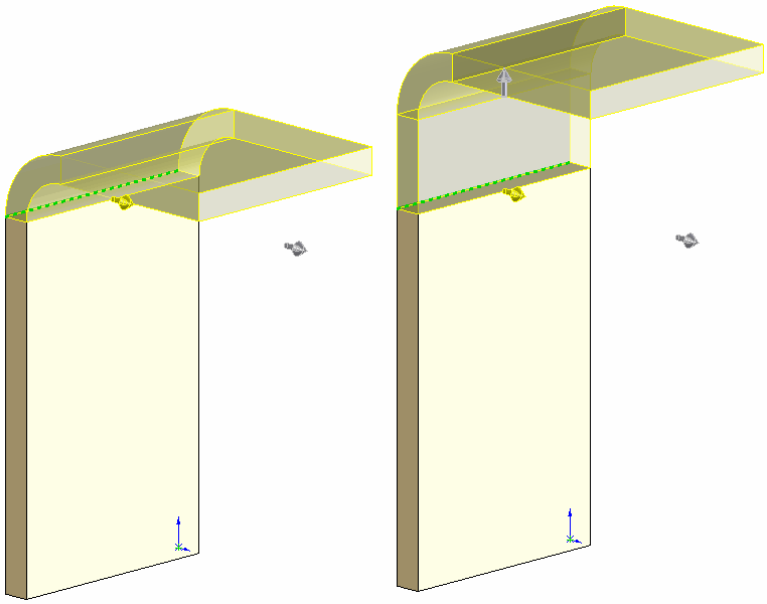


Рис. 9.22 Параметр Сместить на заданное расстояние удлиняет корпусную деталь из листового металла и лишь затем выполняет операцию по созданию кромки на базовом ребре.

☑ ***Допуск сгиба пользователя*** – определяет параметры допуска сгиба и величины уменьшения для детали из листового металла при определении длины ее развертки. Параметр тождественен *Допуску сгиба* команды ***Базовая кромка\выступ***.

☑ ***Тип снятия напряжения*** - определяет характер среза базовой кромки в тело основного изделия, а также для удаления вершины в месте контакта трех граней изделия из листового металла, с целью недопущения возникновения концентраторов напряжений в местах сгиба – тождественен параметру *Авто-снятие напряжения* команды ***Базовая кромка\выступ***.

9.1.5.1. Создание ребра-кромки

Для создания ребра-кромки необходимо выполнить следующие действия:

1. Активизировать команду ***Ребро-кромка*** . Открывается диалоговое окно команды.

2. В **Графической области** выбрать кромку, на которую предполагается поместить создаваемый элемент. *Выбранная кромка должна быть линейной*. Имя кромки отображается в текстовом окне параметра *Кромка*. Выводится динамическое изображение создаваемой кромки с установками по умолчанию. При этом ее толщина автоматически связывается с толщиной исходного элемента детали из листового металла.

3. Если радиус сгиба должен отличаться от установленного по умолчанию, отключить параметр *Использовать радиус по умолчанию* и установить для параметра *Радиус сгиба* нужное значение.

4. В текстовом окне параметра ***Угол*** задать значение угла кромки. В приведенном примере (рис.9.1) этот угол принят равным 90°.

5. В текстовом окне параметра граничное условие ***Длины*** выбрать необходимый вариант и задать значения соответствующих ему параметров. В приведенном примере значение параметра ***Длина*** принято *До вершины*.

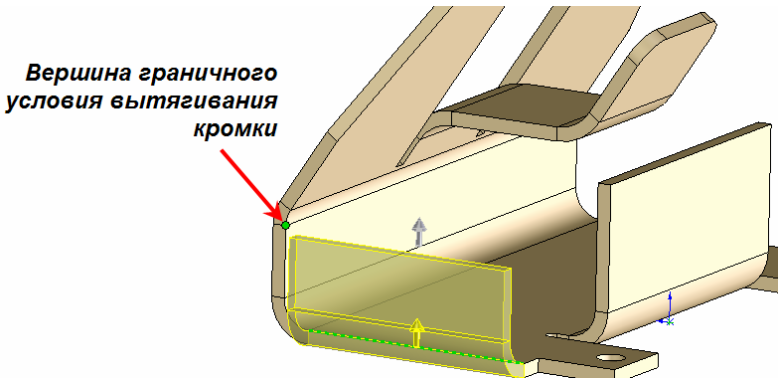


Рис. 9.23 Вытягивание кромки До вершины детали из листового металла

6. На панели ***Расположение кромки*** выбрать необходимый вариант расположения материала — *Материал внутри, Материал снаружи, Сгиб*

снаружи или *Сгиб с виртуальной резкостью*. В приведенном примере принят вариант *Сгиб снаружи*.

Для удаления лишнего материала в соседних сгибах выбрать параметр *Отсечь боковые сгибы*. В приведенном примере параметр не используется.

7. Задать необходимые значения параметров в блоках ***Допуск сгиба пользователя*** и ***Тип снятия напряжения***.

8. Щелкнуть на кнопке **ОК** . Диалоговое окно команды закрывается. В **Графическом окне** фиксируется изображение созданной кромки. В *Дереве конструирования* добавляется папка *Ребро-кромка* с порядковым номером.

9.1.5.2. Редактирование элемента ребро-кромка

Для редактирования созданного элемента необходимо выполнить следующие действия:

1. На его имени в *Дереве конструирования* открыть контекстное меню (рис.9.24) и выбрать в нем команду ***Редактировать эскиз*** или ***Редактировать определение***.

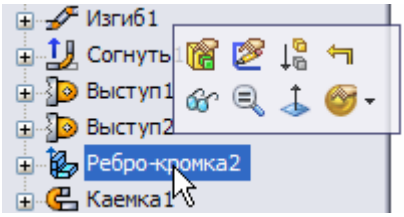


Рис. 9.24 Контекстное меню выбора команд редактирования элемента

2. Если выбрана команда ***Редактировать эскиз*** , то открывается эскиз созданного элемента, представляющий собой прямоугольник с четко выраженными угловыми точками.

2.1. Для изменения длины эскиза необходимо его нижнюю угловую точку переместить вдоль выбранной кромки в нужное положение.

2.2. Для изменения размера создаваемого элемента в перпендикулярном к выбранной кромке направлению необходимо переместить одну из верхних угловых точек в нужное положение.

2.3. Закрыть эскиз. Доступ к эскизу созданного элемента можно получить и из диалогового окна команды с помощью кнопки *Редактировать профиль кромки*. В этом случае открывается не только эскиз созданного элемента, но и диалоговое окно *Эскиз профиля*. Если этот эскиз соответствует предъявляемым к нему

требованиям, в диалоговом окне *Эскиз профиля* выводится сообщение: «Эскиз допустимый». После такого сообщения эскиз профиля можно редактировать. После окончания редактирования щелкнуть на кнопке *Готово*.

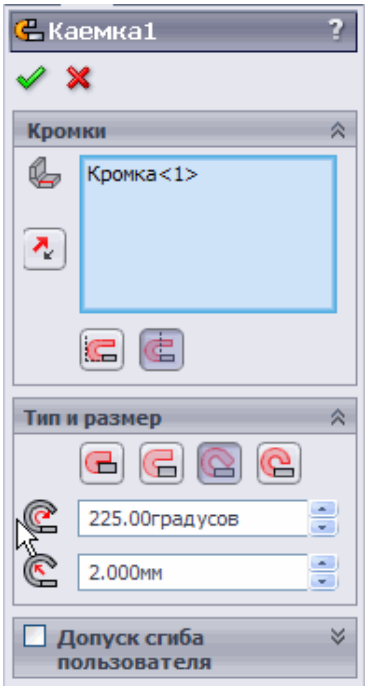
3. Если выбрана команда ***Редактировать определение***, то открывается *Менеджер свойств* инструмента ***Ребро-кромка*** (рис.9.16). Отредактируйте значения параметров и закройте диалоговое окно *Менеджера свойств*.

9.1.6. Инструмент Каемка

Инструмент ***Каемка*** предназначен для создания завернутой на 180° кромки детали из листового металла. Как правило, этот элемент конструкции используется в изделиях из листового металла для увеличения жесткости кромки проектируемой детали и, одновременно, для притупления её острых краев.

Рассматриваемый инструмент прост в применении, учитывая ранее рассмотренные команды и параметры их настройки.

Активизация инструмента производится из панели ***Листовой металл***, нажатием на кнопку команды ***Каемка***, либо из **Главного меню**: *Вставка → Листовой металл → Каемка…*. При этом открывается *Менеджер свойств* инструмента ***Каемка*** (рис.9.25) с порядковым номером операции, выполняемой в данной сессии.



Менеджер свойств инструмента ***Каемка*** имеет такие раскрывающиеся панели настройки параметров, как:

☑ ***Кромки*** – задает линейную кромку, на которой предполагается создание элемента. В окне параметра отображается список выбранных для выполнения операции кромок конструируемой детали. Помимо этого панель располагает дополнительными параметрами настройки, позволяющими правильно сориентировать металл относительно базовой кромки изделия:

Рис. 9.25 Менеджер свойств инструмента Каёмка.

- *Реверс направления* - изменяет сторону изгиба каемки, относительно базовой кромки, на противоположную.

- *Материал внутри* - создает каёмку заданного радиуса сгиба (см.ниже), вписанную в пространство образованное виртуальной плоскостью между торцевой гранью листового металла и поверхностью листа, которому принадлежит выбранная кромка (рис.9.26).

- *Сгиб снаружи* - создает каёмку от корпусной плоскости листового металла детали (рис.9.27).

Примечание: **Если одновременно выбирается несколько кромок детали, то право выбора кромки (верхняя или нижняя) принадлежит первой выбранной кромке, для остальных выбираемых кромок *Solid Works* этого сделать не позволит.**

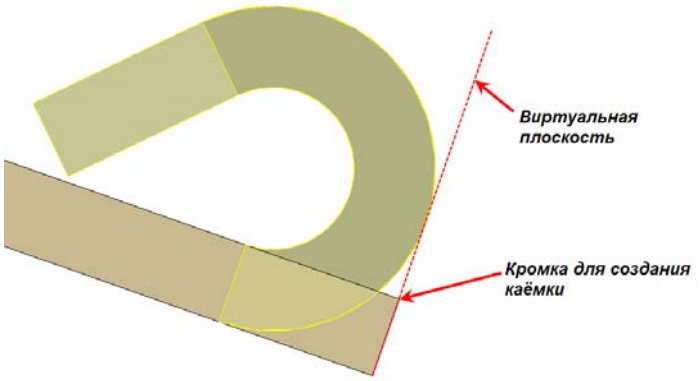


Рис. 9.26 Использование параметра Материал внутри

Рис. 9.27 Использование параметра Сгиб снаружи.

☑ ***Тип и размер*** - определяет форму создаваемой каёмки и ее формообразующие размеры, содержит следующие параметры:

- *Варианты каёмок* – задает форму будущей каёмки, в зависимости от её назначения в конструкции детали:

Таблица 9.1

Вариант каёмки	Параметры каёмки	Вид каёмки
Замкнутая	*Длина*	
Незамкнутая	*Длина* *Расстояние зазора*	

Каплевидная	*Угол* *Радиус*	
Раскатанная	*Угол* *Радиус*	

☑ ***Допуск сгиба пользователя*** – панель и параметры её настройки аналогичны панели ***Допуск сгиба*** команды ***Базовая кромка\выступ***.

9.1.6.1. Создание каёмки

Предложенная для построения в начале главы деталь (см.рис.9.1) имеет элементы, выполненные при помощи команды ***Каемка***. Рассмотрим методику создания каёмки на примере этой детали.

Для создания каемки необходимо выполнить следующие действия.

1. Активизировать команду. Открывается диалоговое окно команды (рис.9.25).
2. Выбрать одну или несколько кромок на исходном элементе. Их имена отображаются в текстовом окне параметра ***Кромка***. В **Графической области** на модели конструируемой детали из листового металла выводится динамическое изображение создаваемой кромки с назначенными параметрами. При этом ее толщина автоматически связывается с толщиной исходного элемента (рис.9.28).
3. Выбрать тип положения материала. В представленном примере принят тип *Сгиб снаружи*.
4. Выбрать тип каемки. В представленном примере принят тип *Незамкнутая*.
5. Задать значения параметров для принятого типа каемки. В представленном примере приняты следующие значения параметров: *Длина* — 55 мм, *Расстояние зазора* — 15 мм.
6. В случае необходимости задать значения параметров в панели ***Допуск сгиба пользователя***.

7. Щелкнуть на кнопке **ОК** . Диалоговое окно команды закрывается. В **Графической области** фиксируется изображение созданного элемента. В *Дереве конструирования* добавляется папка *Каёмка* (с порядковым номером).

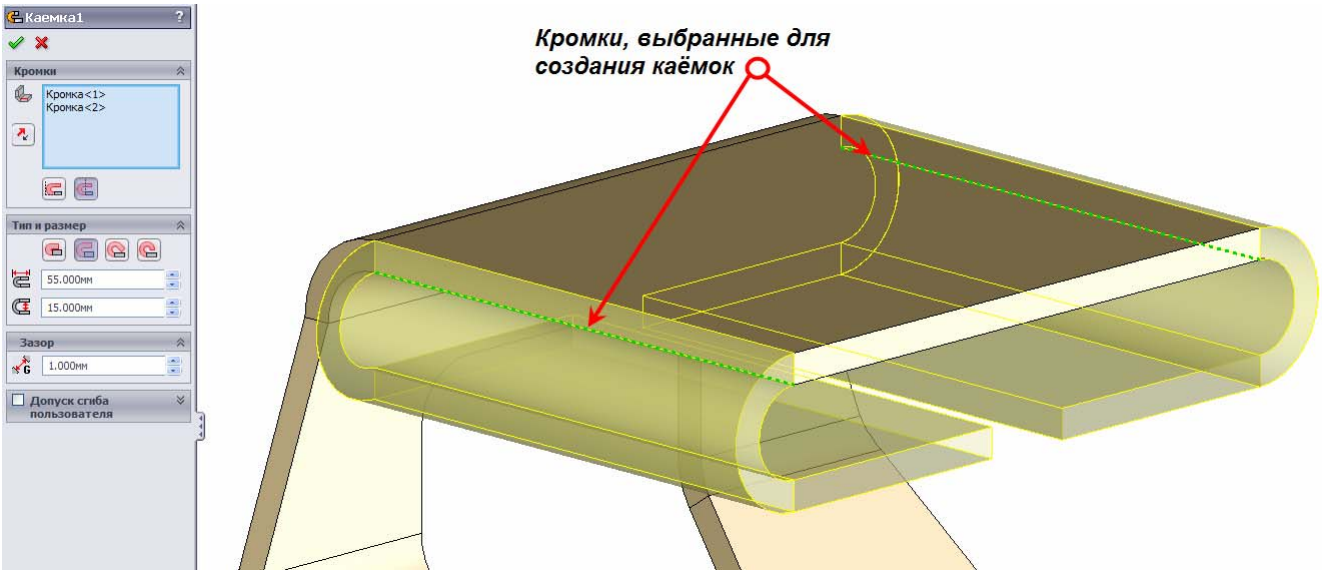


Рис. 9.28 Параметры настройки и предварительный вид создаваемой каёмки на теле детали из листового металла.

9.1.7. Инструмент Кромка под углом

Еще один инструмент для создания элемента листового металла, типа ребро, имеется в распоряжении панели ***Листовой металл***.

Команда ***Кромка под углом*** является абсорбированным, универсальным инструментом, использующим все лучшие свойства рассмотренных ранее команд по созданию кромок на базовой поверхности. При помощи этой команды к уже существующим кромкам детали из листового металла добавляются кромки любой конфигурации, но при этом создаваемая кромка обязана быть расположена, по отношению к базовой кромке, под некоторым углом, лежащем в диапазоне $0^\circ < \alpha < 180^\circ$.

Основным преимуществом этой команды, перед ранее рассмотренными, является то обстоятельство, что эскиз создаваемой кромки может иметь произвольный вид, т.е. за одну операцию можно создать кромку такой конфигурации, на исполнение которой другими командами нужно было потратить значительно большее число переходов.

Активизация команды ***Кромка под углом*** осуществляется с панели инструментов ***Листовой металл***, либо из **Главного меню**: *Вставка → Листовой металл → Кромка под углом*.

При этом *Solid Works* предлагает выбрать одну из граней листового металла (необходимо выбирать грань толщины листа металла), чтобы построить на ней эскиз будущей кромки, например, как это показано на рис.9.29.

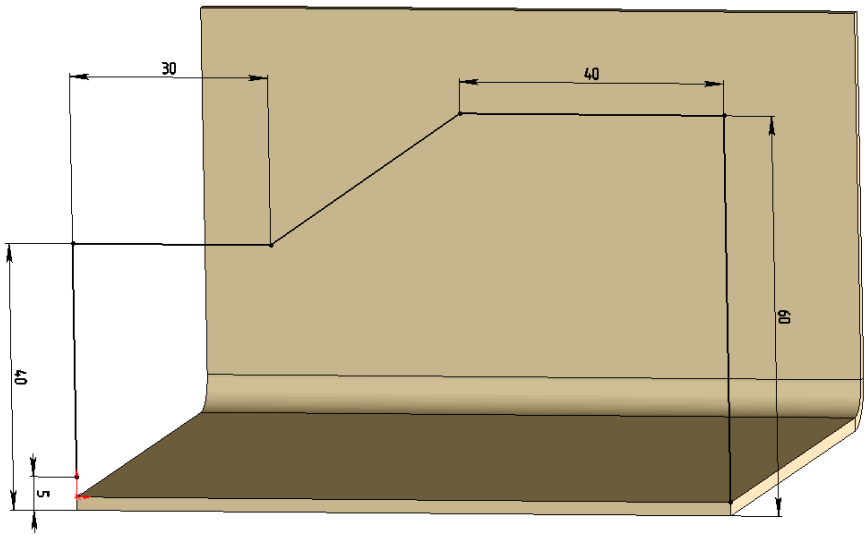
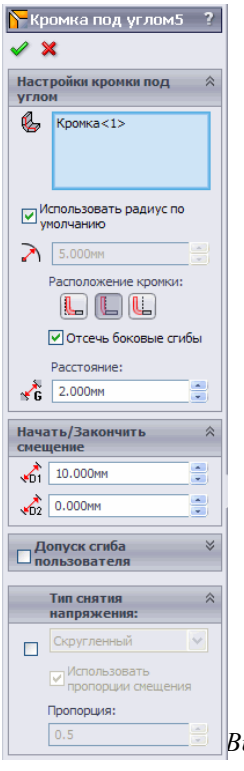


Рис. 9.29 Эскиз создаваемой кромки под углом.

Создав эскиз кромки, необходимо выйти из режима его редактирования, нажав клавишу в правом верхнем углу **Графической области**, после чего *Solid Works* автоматически возвращается в команду ***Кромка под углом*** , в результате чего открывается *Менеджер свойств* инструмента ***Кромка под углом*** (рис.9.30).



Менеджер свойств ***Кромка под углом*** (с порядковым номером операции) содержит следующие панели:

- ☑ ***Настройка кромки под углом***;
- ☑ ***Начать/Закончить смещение***;
- ☑ ***Допуск сгиба пользователя***;
- ☑ ***Тип снятия напряжения***.

Не трудно заметить, что большинство из панелей и параметры их настроек во многом повторяют уже в ранее рассматриваемых нами командах, поэтому не будем подробно останавливаться на них. Рассмотрим влияние на конфигурацию конструируемой детали параметров такой панели, как ***Начать/Закончить смещение***.

Поскольку эскиз будущей кромки строится на грани листового металла, то предполагается, что кромка этой грани будет выступать в качестве параметра, определяющего

глубину вытягивания эскиза, т.е. определяет ширину новой кромки.

Рис. 9.30 Менеджер свойств инструмента Кромка под углом.

Однако не всегда возникает необходимость строить кромку той же ширины, что и базовая кромка изделия. Поэтому, при помощи параметров *Расстояние смещения – начать* и *Расстояние смещения – закончить* устанавливается глубина смещения создаваемой кромки относительно краев существующей, базовой кромки (рис.9.31).

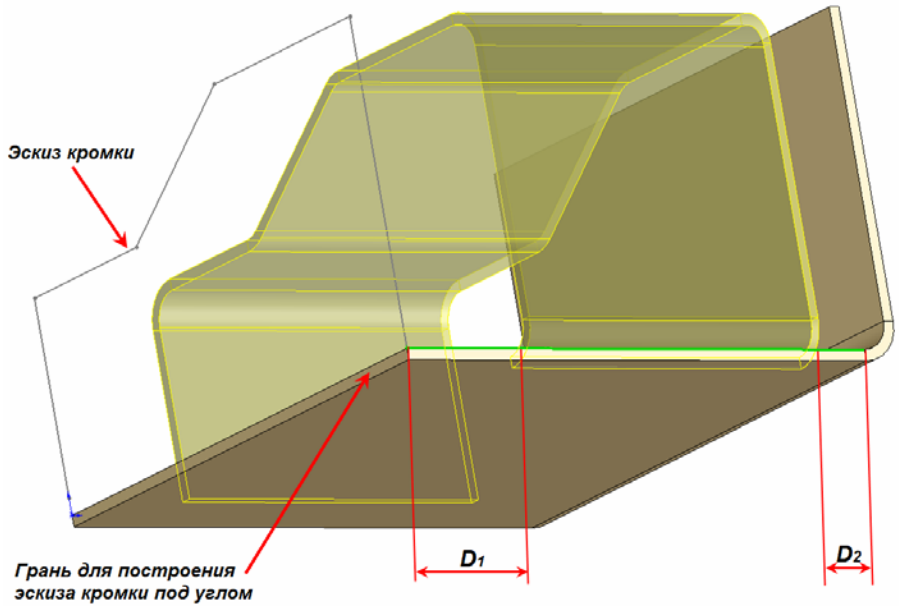


Рис. 9.31 Определение ширины создаваемой кромки при помощи параметров смещения ее краев.

Щелчок по клавише **ОК** завершает процесс построения кромки под углом.

9.1.8. Инструмент Угол

В процессе создания детали из листового металла, добавляя определенные кромки в состав конструируемой детали, неизбежно возникают случаи "нестыковки" соседних граней по торцевым поверхностям. В результате в местах соединения появляются не желательные зазоры такого типа, как показан на рис.9.32.

Однако, средствами *Solid Works* можно исправить положение. Для этих целей на панели ***Листовой металл*** имеется специальная команда ***Угол***.

Одновременно можно закрыть несколько углов, но при этом можно выбирать только плоские грани, причем плоские грани должны быть взаимно перпендикулярны к остальным.

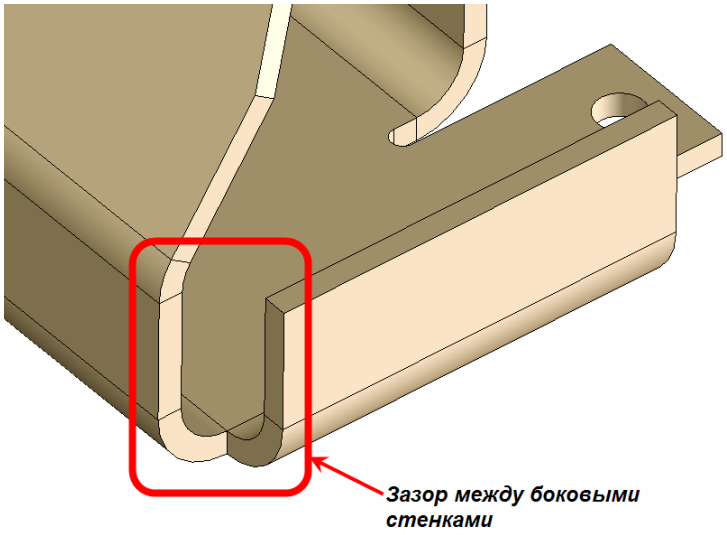
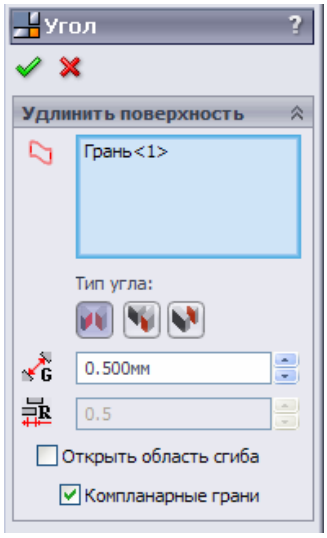


Рис. 9.32 Зазор в вершине угла сопрягаемых кромок детали из листового металла

Помимо панели ***Листовой металл***, команду можно вызвать и из **Главного меню**: *Вставка → Листовой металл → Угол*. При этом открывается *Менеджер свойств* инструмента ***Угол*** (рис.9.33), панель *Удлинить поверхность* которого содержит следующие параметры:

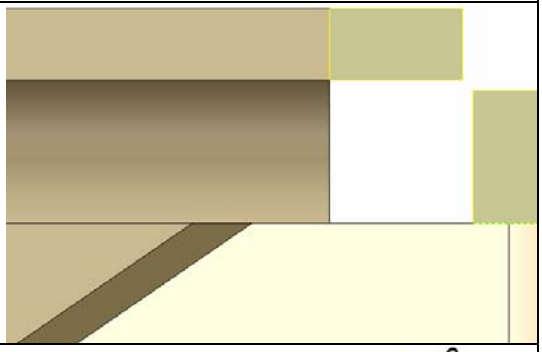
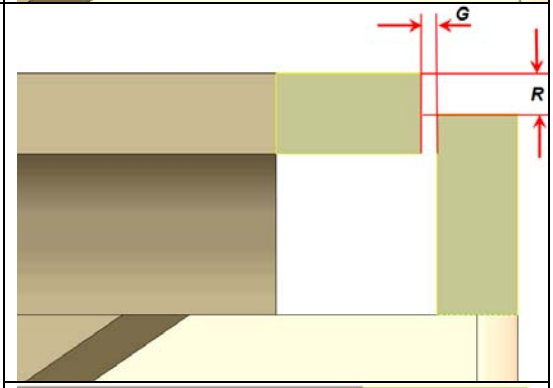
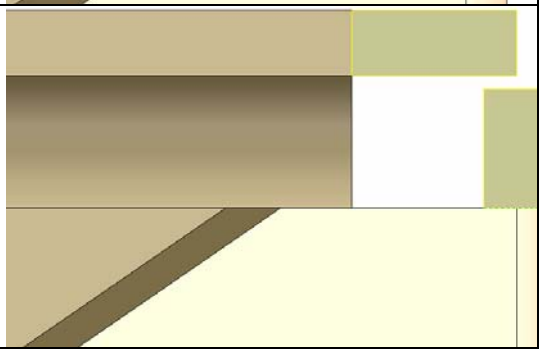


- *Удлинить грань* – задает подлежащую удлинению грань. Список выбранных граней отображается в окне параметра;
- *Тип угла* – содержит типы угловых соединений, образующихся в результате пересечения удлиненных инструментом торцевых граней детали. Для выбора доступны типы углов, представленные в таблице 9.2.
- *Открыть область сгиба* – создает в вершине стыка граней прямоугольный авто-вырез (рис.9.34);
- *Компланарные* (параллельные) *грани* – создает место стыка соседних граней без зазора (рис.9.35).

Рис. 9.33 Менеджер свойств инструмента Угол

Типы угловых соединений и их параметры настройки

Таблица 9.2.

Тип угла	Параметры угла	Вид угла
Стыковое соединение	*Расстояние зазора* G	
Внахлестку сверху	*Расстояние зазора* G *Соотношение внахлестку сверху \ внахлестку снизу* R $0 \le R \le 1$	
Внахлестку снизу		

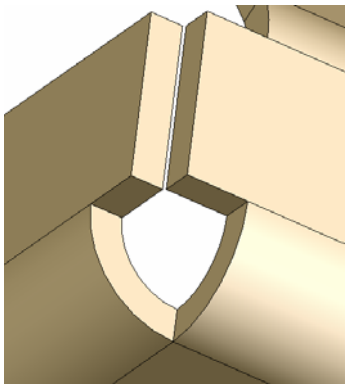


Рис. 9.34 Открытая область сгиба

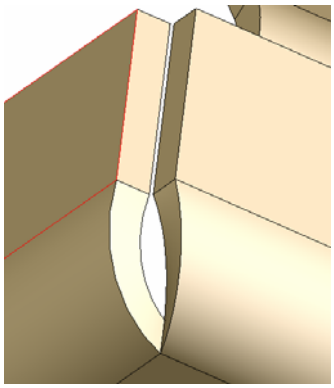


Рис. 9.35 Компланарные грани

Для перекрытия угла необходимо выполнить следующие действия.

1. Создать исходный элемент (базовую грань) и две перпендикулярные к ней кромки (см.рис.9.32)
2. Активизировать команду ***Угол*** .
3. Выбрать торец одной из составляющих угол кромок. Имя торца отображается в текстовом окне параметра *Удлинить грань* . В **Графической области** выбранный торец подсвечивается зеленым цветом и отображается динамическое удлинение выбранной кромки.
4. Выбрать тип перекрытия угла.
5. Щелкнуть на кнопке **ОК** . *Менеджер свойств* инструмента ***Угол*** закрывается. В **Графической области** фиксируется изображение созданного элемента.

9.1.9. Базовая кромка \ Выступ . Вариант 2.

Нередко, в процессе конструирования детали из листового металла, возникает необходимость создания некоего оригинального элемента, построить который сразу, в момент создания эскиза профиля будущей детали невозможно, например, завесы, представленные на рис.9.36.

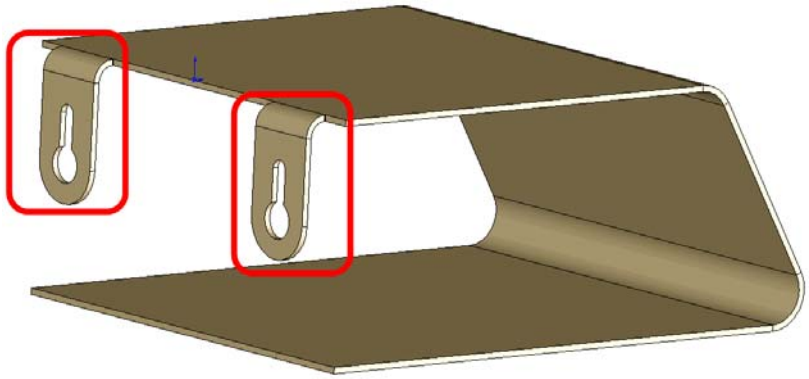


Рис. 9.36 Дополнительные элементы конструкции, добавленные в изделие после формирования его основного профиля.

Рассматриваемые в предыдущих разделах команды не позволяют за одну операцию выполнить элемент сложной конфигурации, включающий в себя и элементы скруглений, и отверстия сложной формы и многое другое. Однако инструментарий *Solid Works* располагает значительно более широкими ресурсами, что позволяет ему легко справиться с поставленной задачей.

В рамках данного раздела нами будет рассмотрен лишь вопрос создания завеса в его плоском – расправленном состоянии. Вопрос же сгиба этих элементов на требуемый угол и в заданном направлении будет рассмотрен в следующих разделах.

Основной темой раздела 9.1.1, как Вы помните, было создание детали из листового металла, получаемой методом вытягивания эскиза её профиля на заданную глубину, т.е. "работала" первая половина команды – базовая кромка. Для создания такого элемента, как "завес" в детали, показанной на рис.9.36, нам потребуется эта же команда ***Базовая кромка\Выступ***, но только ее вторая составляющая.

Чтобы создать элемент с использованием команды ***Выступ***, необходимо:

1. Активизировать требуемую для построения эскиза грань детали и создать на ней эскиз будущих элементов конструкции (рис.9.37).

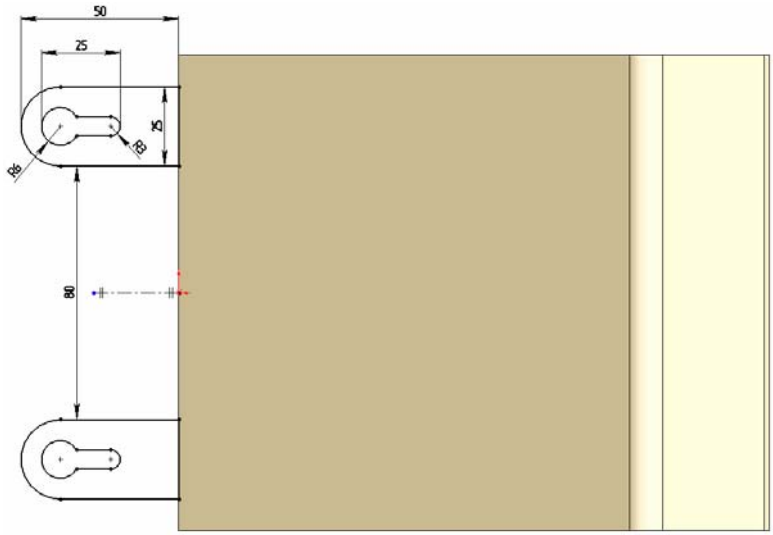


Рис. 9.37 Эскиз добавляемых элементов конструкции.

2. На панели инструментов ***Листовой металл*** или **Главном меню**: *Вставка → Листовой металл* выбрать команду ***Базовая кромка\Выступ***.
3. *Solid Works* сам определит созданный эскиз как эскиз будущего выступа и, без каких-либо дополнительных настроек создаст дополнительный элемент конструкции детали из листового металла, связав его толщину с толщиной листа конструируемого изделия (рис.9.38).

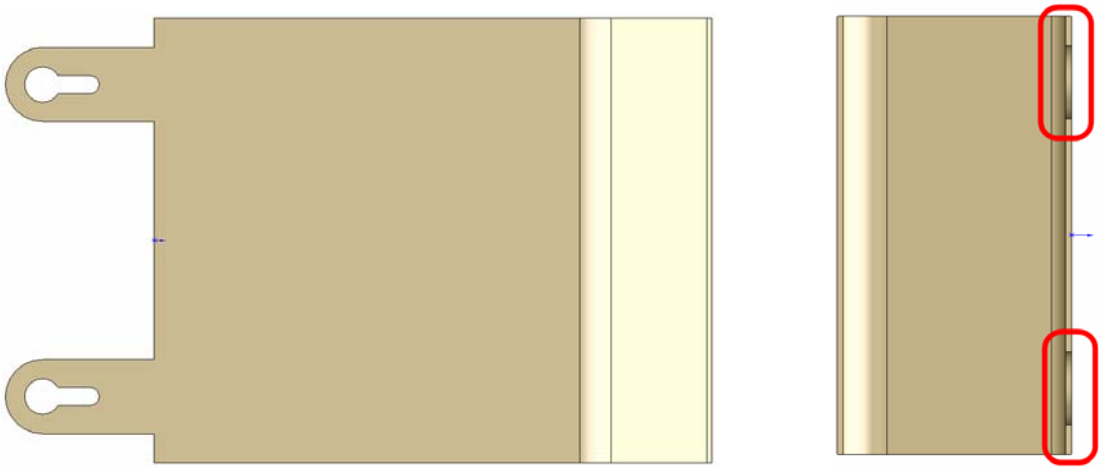


Рис. 9.38 Созданный элемент конструкции в плоском его состоянии.

Нами были рассмотрены основные команды создания изделия из листового металла, рекомендуемые *Solid Works* для их конструирования. Конечно же на первом этапе нами были рассмотрены не все возможности, которыми располагает пакет, многое предстоит еще освоить в последующих разделах, однако на любом этапе конструирования изделия из листового металла Вы имеете возможность проследить за его состоянием в развернутом виде, т.е. увидеть развертку изделия.

9.1.10. Развертка детали из листового металла. Плоский массив

Получить (увидеть) сконструированную деталь из листового металла в его плоском – развернутом состоянии проще всего. Естественно, что рассматриваемая деталь должна обладать свойствами детали из листового металла, на что указывают определения в *Дереве конструирования: Листовой металл* и *Развертка* (см.раздел 9.1.1).

При соблюдении этих требований Вам не составит труда найти на панели инструментов ***Листовой металл*** команду ***Плоский*** *массив* и, щелкнув на ней, увидеть проектируемое изделие в развернутом состоянии (рис.9.39).

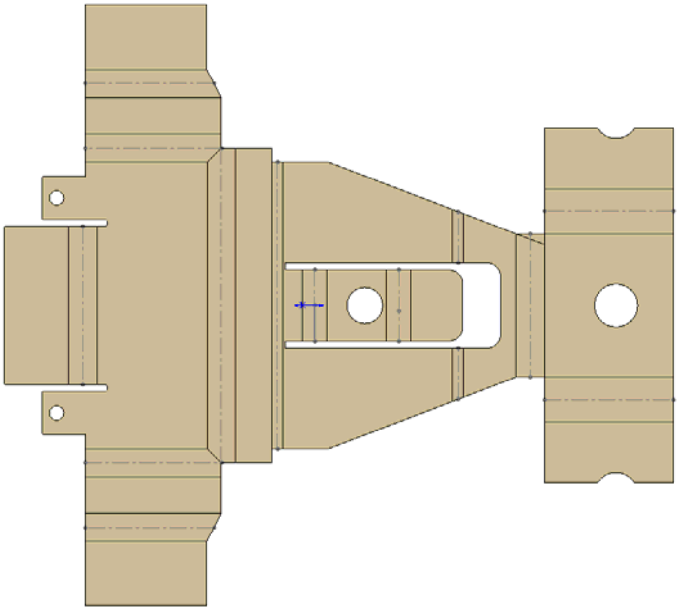


Рис. 9.39 Развертка детали, представленной на рис.9.1.

Для того, чтобы вернуть деталь в её нормальное – согнутое состояние, достаточно снять активизацию команды ***Плоский*** *массив* , щёлкнув по ней еще один раз мышью.

9.2. Конструирование детали из листового металла в плоском состоянии

В это трудно поверить, но возможно Вы захотите сконструировать деталь из листового металла, взяв за исходное состояние его развертку. В этом случае процесс проектирования детали заключается в формировании, сначала, её развёртки, а уж затем вставляются линии сгиба, по которым эта деталь и сгибается.

Не смотря на всю абсурдность такого метода проектирования детали из листа, нередко возникает потребность согнуть кромку на уже созданном элементе конструкции. Примером такого случая может служить создание элемента "завес", конструирование которого было нами начато в разделе 9.1.9.

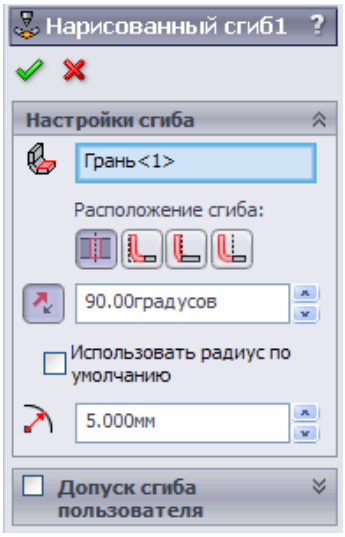
Для выполнения этой операции – сгиб выступа на требуемый угол в заданном направлении рассмотрим команду:

9.2.1. Инструмент Нарисованный сгиб

Инструмент ***Нарисованный сгиб*** вызывается с панели инструментов ***Листовой металл*** или из **Главного меню***: Вставка → Листовой металл → Нарисованный сгиб.*

Менеджер свойств инструмента ***Нарисованный сгиб*** представлен на рис.9.40 и содержит хорошо знакомый нам по предыдущим командам набор параметров настройки создаваемого командой сгиба:

▪ *Зафиксированная грань* - Задает часть исходной грани, которая не подвергается трансформации. В графическом поле она помечается кружочком чёрного цвета. Выбирается прямым указанием.



▪ *Расположение сгиба*, содержит параметры настройки типов сгиба:

o *Осевая линия сгиба* . Линия сгиба расположена таким образом, что она разделяет область сгиба на равные части в плоском состоянии детали. ***Это возможно только для нарисованных сгибов. Предварительный просмотр недоступен.***

Рис. 9.40 Менеджер свойств инструмента Нарисованный сгиб.

o *Материал внутри* ;

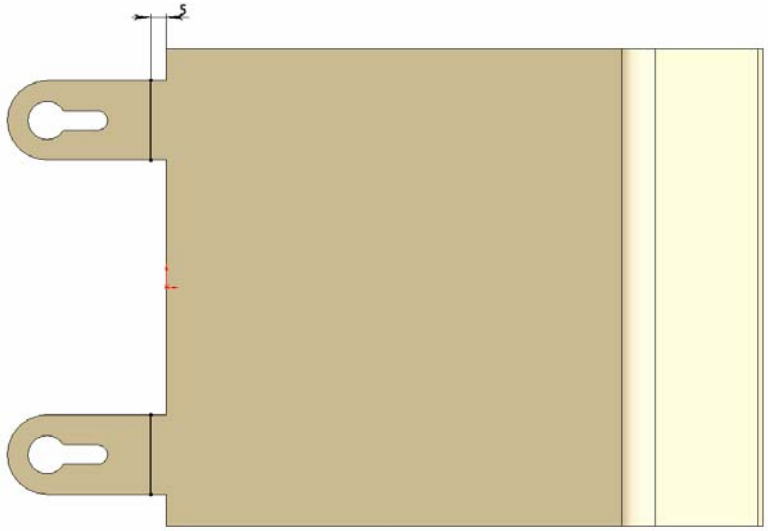
o *Материал снаружи* ;

o *Сгиб снаружи*

▪ Угол содержит параметр *Угол кромки*, в окне которого задается угол между базовой кромкой и создаваемым элементом. Значение параметра может находиться в пределах: $0^\circ < \alpha \le 180^\circ$.

o *Реверс направления* - параметр, управляющий направлением вытягиваемой кромки.

▪ *Использовать радиус по умолчанию* – назначает радиус создаваемым сгибам того же размера, что был задан для базовой кромки при конструировании детали.



▪ *Радиус сгиба* — задает радиус сгиба, отличающийся от заданного по умолчанию; параметр доступен при отключенном параметре *Использовать радиус по умолчанию*.

▪

Рис. 9.41 Эскиз линий Нарисованного сгиба

Панель ***Допуск сгиба пользователя*** аналогичен панели ***Допуск сгиба*** команды ***Базовая кромка\Выступ*** .

Для того, чтобы согнуть некий плоский элемент (см.рис.9.38) необходимо выполнить следующие действия:

1. На исходном элементе создать эскиз линии сгиба. Эскиз может содержать только линии. Каждый эскиз может содержать не одну, а несколько линий (рис.9.41), но при этом следует помнить, что ко всем линиям будет применено единое правило их сгиба, устанавливаемое *Менеджером свойств* инструмента. Линия сгиба необязательно должна совпадать по длине с длиной сгибаемых граней.

   Примечание: **Располагая эскиз линии сгиба на краю грани, следует помнить, что это расстояние не должно быть меньше предполагаемого радиуса сгиба. В противном случае *Solid Works* не сможет создать сгиб по геометрическим условиям.**

2. Активизировать команду. Открывается *Менеджер свойств* инструмента ***Нарисованный сгиб*** (см.рис.9.40).
3. Указать часть исходной грани, которая не подвергается трансформации. Появившаяся на сгибаемой грани стрелка указывает направление сгиба.

   В случае необходимости можно отредактировать направление сгиба с помощью параметра *Реверс направления* .
4. Выбрать тип расположения материала. В представленном примере принят тип *Осевая линия сгиба* .
5. Задать значение угла сгиба. В представленном примере принято значение угла сгиба 90°.
6. В случае необходимости задать радиус сгиба, отличный от радиуса сгиба по умолчанию. В представленном примере принято значение радиуса сгиба, равное 5 мм.
7. Щелкнуть на кнопке **ОК** . *Менеджер свойств* инструмента ***Нарисованный сгиб*** закрывается. В **Графической области** фиксируется изображение созданного элемента (рис.9.42). В *Дереве конструирования* добавляется папка ***Нарисованный сгиб*** (с порядковым номером).

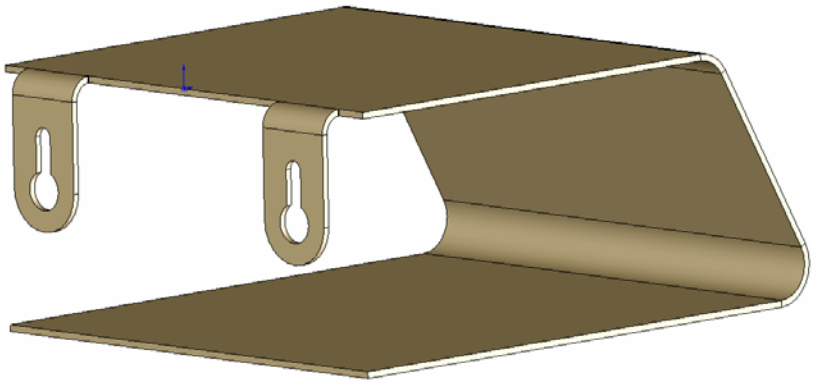


Рис. 9.42 Деталь с Нарисованным сгибом элементов.

9.2.2. Инструмент Затупленный угол

Используя уже ранее рассмотренные команды ***Ребро-кромка*** (см.раздел 9.1.5) и ***Угол*** (см.раздел 9.1.8), "доведем" деталь, представленную на рис.9.42 до вида, как это показано на рис.9.43, вытянув боковые кромки до дна основания (***Ребро-кромка***) и передней наклонной стороны детали (***Угол***).

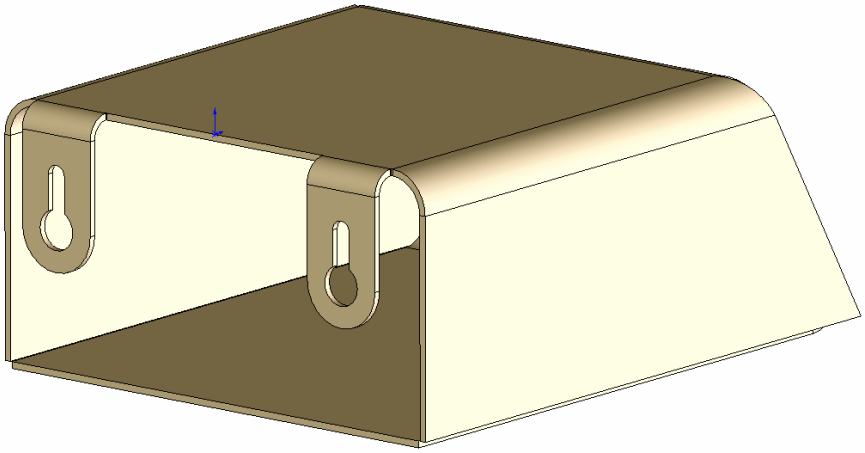


Рис. 9.43 Деталь с глухими стенками

Получившийся в результате удлинения боковой кромки до уровня наклонной грани острый угол является лишним элементом конструкции детали, а потому его необходимо удалить. Именно для таких целей и служит в наборе инструментов ***Листовой металл*** команда ***Затупленный угол***, *Менеджер свойств* которой представлен на рис.9.45.

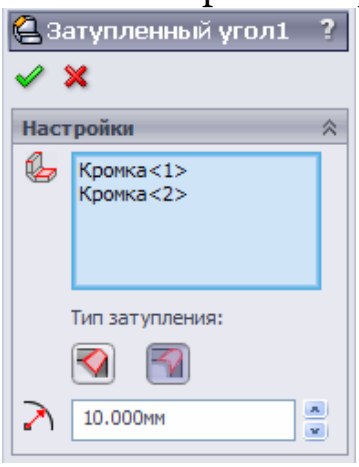
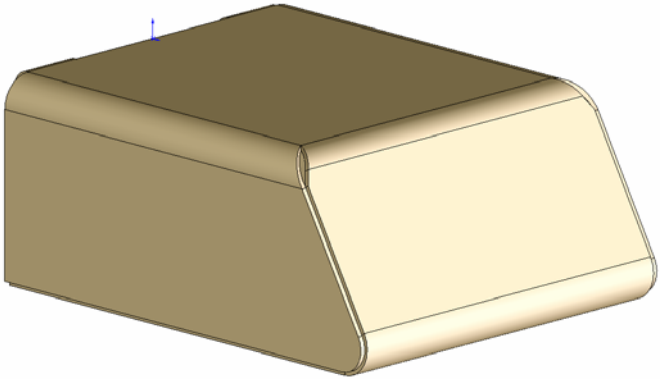


Рис. 9.44 Менеджер свойств инструмента Затупленный угол

Параметрами настройки рассматриваемой команды являются:

- ☑ Список острых углов кромок, выбранных для притупления.
- ☑ Тип затупления:
  - o *Фаска*, с параметром *Расстояние*;
  - o *Скругление*, с параметром *Радиус*.



Результат выполнения команды ***Затупленный угол*** с параметром настройки *Скругления* кромок *Радиусом 10 мм*, представлен на рис. 9.45.

Рис. 9.45 Деталь из листового металла со скругленными острыми кромками.

9.2.3. Инструмент Сварной угол

К числу новых возможностей *Solid Works 2008* относится появившаяся в этой версии программы команда ***Сварной угол***, которая позволяет представить деталь из листового металла после сварки ее боковых кромок разделки. Команда расположена на панели инструментов ***Листовой материал*** или в **Главном меню**: *Вставка → Листовой металл → Сварной угол.*

Менеджер свойств инструмента ***Сварной угол*** показан на рис.9.46.

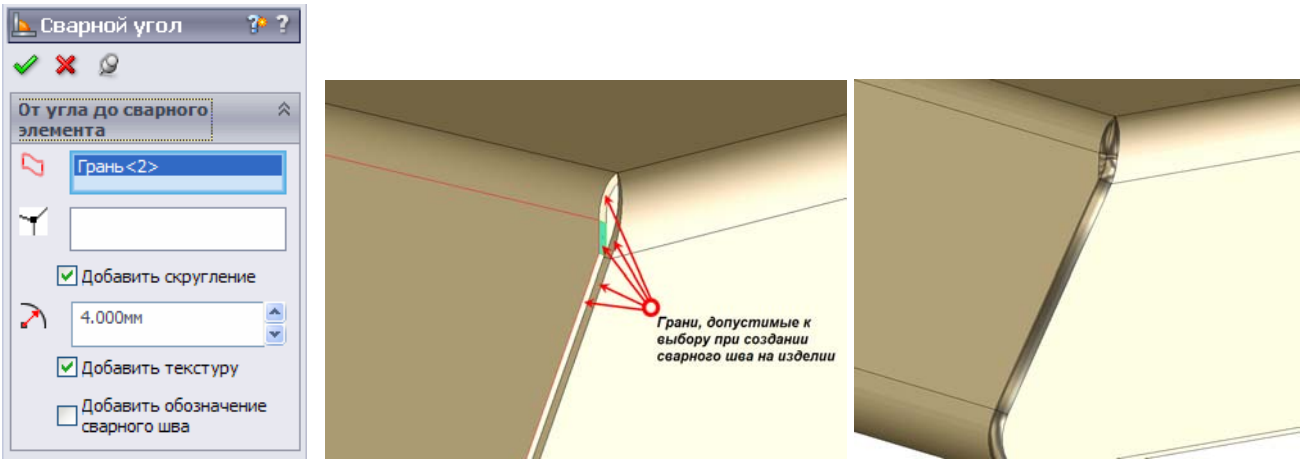


Рис. 9.46 Менеджер свойств инструмента Сварной шов и выбор граней под разделку шва на детали из листового металла.

В результате, образовавшаяся в месте стыковки боковых граней полость заполняется металлом, имитируя, тем самым, сварной шов на изделии.

9.3. Конструирование детали из твердотельного элемента с последующим преобразованием в деталь из листового металла

Не редко, в практике конструирования деталей из листового металла, трудно сразу сориентировать профиль будущего изделия, определить его базовый профиль, чтобы на его основе "наращивать" другие элементы создаваемой детали, как это мы делали, рассматривая материал раздела 9.1. Возможен вариант, когда изначально не был определен способ получения проектируемого изделия, а решение об изготовлении его из листа было принято позже, когда деталь уже имело твердотельную модель.

В указанных, а также в ряде других случаев, которые могут встречаться при работе над проектом, например, как случай, представленный на рис. 9.47, можно использовать метод *"Конструирование детали из твердотельного элемента с последующим преобразованием в деталь из листового металла"*.

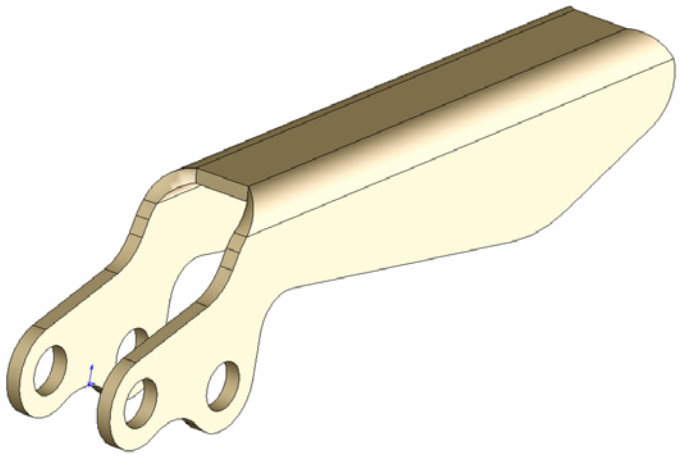


Рис. 9.47 Деталь "Рычаг", выполненная из листового металла.

Согласитесь, что, глядя на Рычаг (рис.9.47), нелегко представить себе последовательность выполнения операций по созданию его твердотельной модели, используя ранее изученные нами методы конструирования деталей из листа. Именно по этому, при проектировании таких сложных деталей мы используем метод, который рассматривается в настоящем разделе. Следовательно, для того, чтобы получить деталь из листа, мы, изначально, должны получить её твердотельную модель, как это показано на рис.9.48.

Построить подобного рода твердотельную модель не сложно, поскольку основные параметры конструируемой детали либо уже известны (например, из чертежа, результатов расчета и др.), либо получаются непосредственно в процессе проектирования, на основе

взаимного расположения или сопряжений с другими деталями, участвующими в работе механизма. Однако, если в конечном счете было принято решение делать деталь из листа, то необходимо учесть конструктивные моменты, учитывающие технологические особенности её изготовления уже в металле. В рассматриваемом примере таковым моментом является "уступ", показанный на рис.9.48, который как раз учитывает изгиб детали, при её изготовлении, на угол 90°.

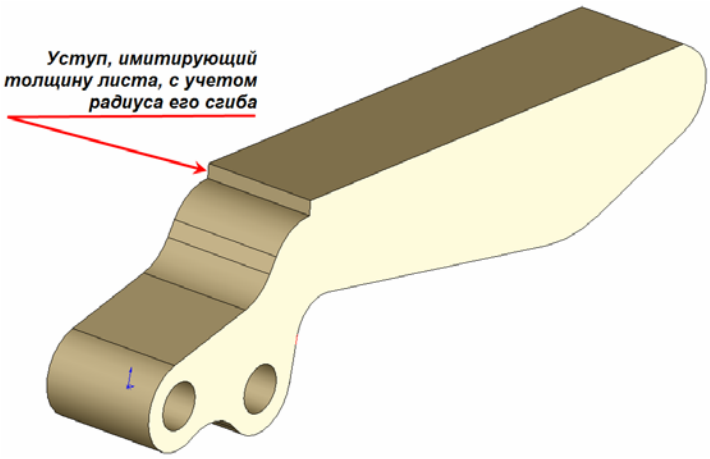


Рис. 9.48 Исходная модель твердотельного элемента, для конструирования детали из листового металла.

Вы помните, что для получения из твердого тела деталь, представляющую из себя тонкостенный элемент, можно использовать такой инструмент, как ***Оболочка*** (см.*Глава 5, раздел 5.6*). Воспользовавшись этой командой, назначив толщину стенки будущей детали – 10 мм, выбираем поверхности, подлежащие удалению. Результатом использования в работе над деталью "Рычаг" инструмента ***Оболочка*** будет "заготовка" показанная на рис.9.49.

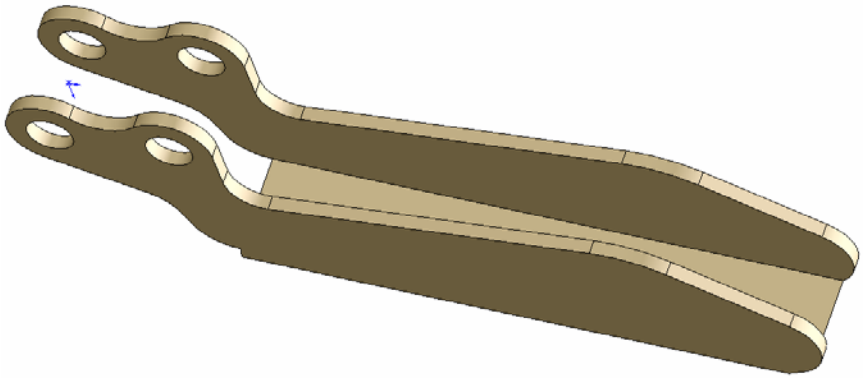


Рис. 9.49 Деталь рычаг, после обработки инструментом Оболочка.

Хотя, представленная на рис.9.49, деталь уже имеет одну толщину на всех участках своего тела, назвать её *деталью из листового металла* мы еще не имеем права, т.к. для этого деталь должна иметь сгибы на участках перехода металла из одной плоскости в другую.

Для того, чтобы преобразовать изделие из твердотельной модели в деталь из листового металла мы должны воспользоваться следующим инструментом:

9.3.1. Инструмент Сгибы

Инструмент ***Сгибы*** расположен на панели инструментов ***Листовой металл*** или его можно вызвать из **Главного меню**: *Вставка → Листовой металл → Сгибы*.

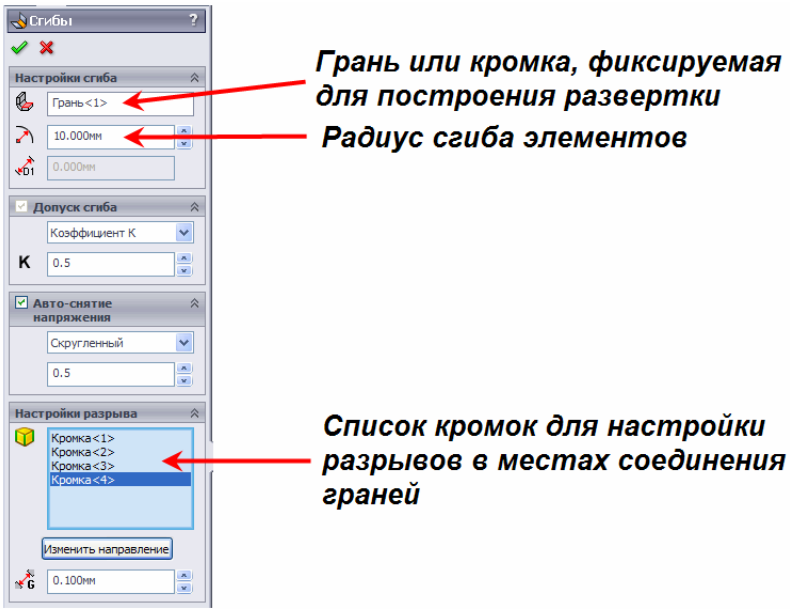


Рис. 9.50 Менеджер свойств команды Сгибы

Менеджер свойств инструмента ***Сгибы***, показанный на рис.9.50, имеет следующие панели параметров настройки для перевода детали из разряда *Твердотельная модель* в категорию *Деталь из листового металла*:

- ☑ ***Настройки сгибов*** – определяет параметры всех сгибов, образующихся в результате преобразования детали в деталь из листового металла. Панель имеет такие параметры настройки, как:
  - *Фиксируемая грань или кромка* - выбирается любая кромка[5] или **плоская** грань изделия, которая останется в зафиксированном положении при формировании развертки детали из листа и относительно которой будут формироваться места разрыва на гранях изделия (см. раздел 9.3.2).

[5] Выбирается в том случае, если деталь не содержит плоскую грань. Подробнее см. в разделе 9.4.1.

- *Радиус сгиба элементов* - назначает радиус **всех** сгибов, образующихся на преобразуемой модели. При необходимости, радиусы сгибов детали из листа можно редактировать, причем каждому в отдельности можно устанавливать собственное значение (см. раздел 9.3.2).

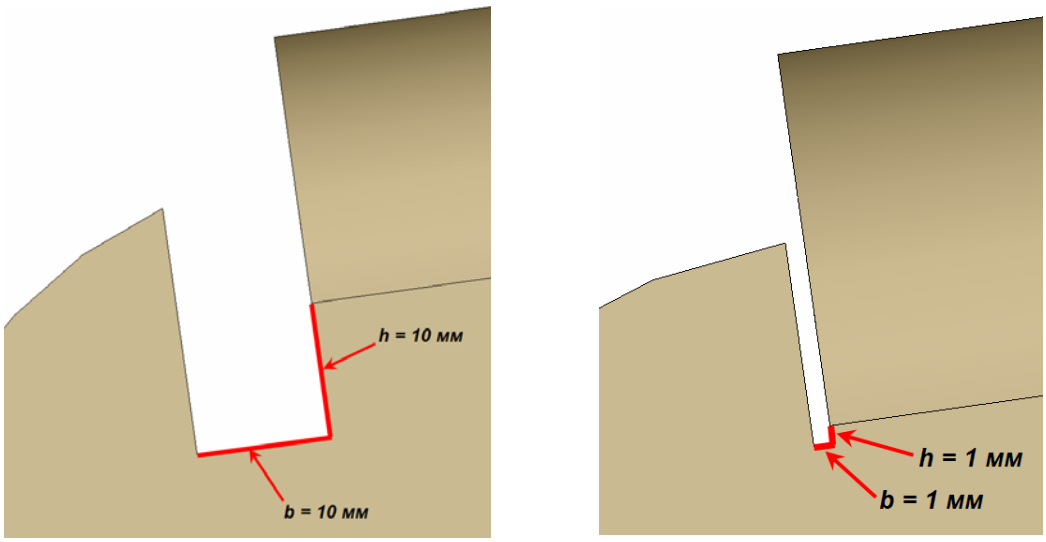
☑ ***Допуск сгиба*** - определяет параметры допуска сгиба и величины уменьшения для детали из листового металла при определении длины ее развертки. Подробно параметр описан в разделе 9.1.1.

☑ ***Авто-снятие напряжения*** - определяет характер среза базовой кромки в тело основного изделия, а также для удаления вершины в месте контакта трех граней изделия из листового металла, с целью недопущения возникновения концентраторов напряжений в местах сгиба. Этот параметр содержит три возможных к использованию типа врезов:

- *Прямоугольный;*
- *Скругленный;*
- *Без зазоров*

При выборе типов выреза *Прямоугольный* или *Скругленный* необходимо установить еще и такой параметр, как

- *Пропорция смещения* – параметр, определяющий глубину и ширину среза одной разделяемой грани в другую, назначаемая в долях от толщины листа, из которого изготавливается деталь (см.рис.9.51).



а ***б***

*Рис. 9.51 Влияние параметра Пропорция смещения на глубину и ширину среза: **а**) при значении параметра 1; **б**) при значении параметра 0,1.*

Толщина листа детали – 10 мм.

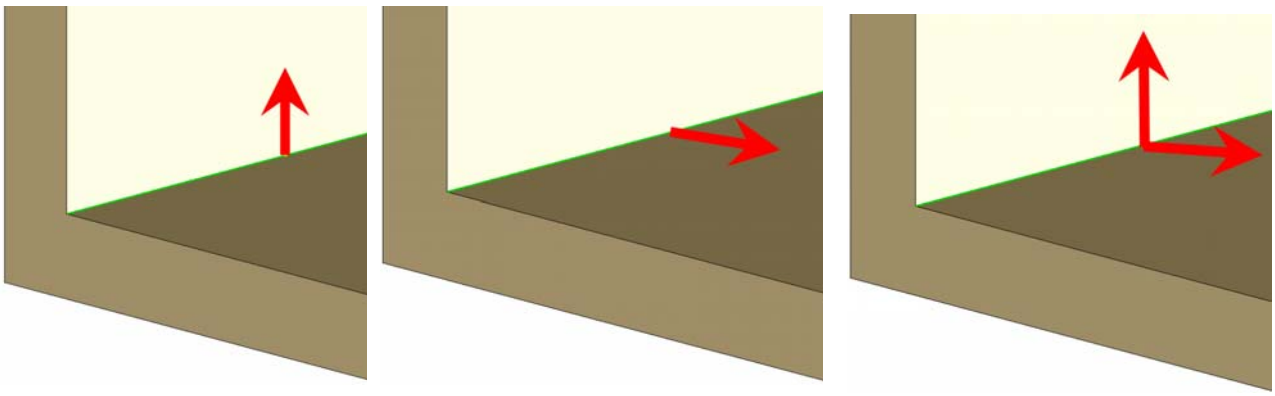
☑ ***Настройки разрыва*** – параметр, определяющий характер разрыва граней детали из листового металла и их стыковку при формировании (расчете) развертки конструируемого изделия.

Этот параметр настраивается только при необходимости создания разрывов в твердотельной детали, т.е. указываются те места (кромки), по которым необходимо "разорвать" твердотельную деталь, чтобы, собрав её, получить кромку, но уже детали из листового металла.

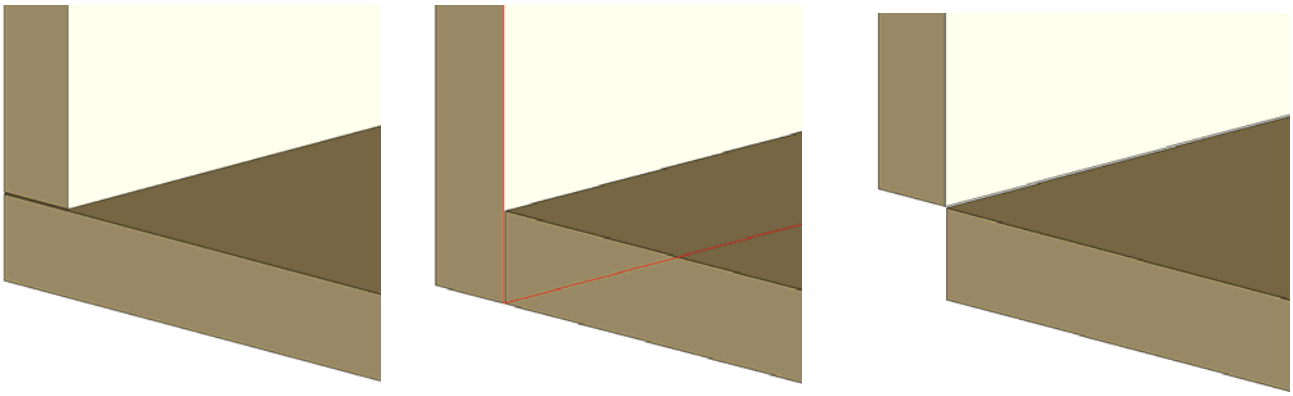
Выбирая кромки, обозначенные для осуществления разрывов на твердотельной детали, можно наблюдать появление на них стрелок (см.рис.9.52). Направление стрелки у выбранной кромки указывает на стенку (грань), с которой в процессе формирования разрыва будет удален металл, в то же время, стенка (грань) твердотельной детали, на которой расположено основание этой стрелки, будет сохранять свои первоначальные размеры, т.е. как бы накрывать образовавшееся место разрыва.

Направление стрелок и результат выполнения операции разрыва по выбранной кромке представлены на рис.9.52. Следует заметить, что возможно три варианта направления линий разрыва:

- Снять металл с первой грани (рис.9.52, ***а***, ***г***);
- Снять металл со второй грани (рис.9.52, ***б***, ***д***);
- Снять металл с обеих граней (рис.9.52, ***в***, ***е***).



а ***б*** ***в***



г ***д*** ***е***

*Рис. 9.52 Назначение направления разрыва (**а-в**) и результат выполнения операции по заданному параметру (**г-е**)*

Помимо настройки кромок, по которым будет осуществлен разрыв граней детали, панель ***Настройки разрыва*** содержит еще и такой параметр, как *Зазор* G - величина, определяемая в миллиметрах, зазора между смыкающимися боковыми стенками детали из листового металла, после ее преобразования в таковую из твердотельной модели. Этот параметр указывает на погрешности при раскрое развертки данной детали из листового металла ($0{,}1 \le G \le 1000000$).

Примечание: **Если при фиксировании была выбрана внутренняя грань, то и кромки для настройки разрыва также выбираются на внутренней стороне детали, и наоборот, т.е. выбираются кромки, прилегающие к зафиксированной грани.**

Поскольку конструкцией рассматриваемой детали "Рычаг" не предусмотрено наличие разрывов в местах сгиба ее элементов, то настройка параметров на панели ***Настройки разрывов*** не выполняется.

Нажав кнопки **ОК** , получим требуемый результат: преобразование твердотельной детали (см.рис.9.49) в деталь из листового металла (см.рис.9.47).

9.3.2. Элементы листового металла.

Как только Вами была нажата кнопка **ОК** , деталь проходит две отдельные, не наблюдаемые нами в процессе преобразования ее в деталь из листового металла, стадии:

1. Деталь выравнивается и добавляется допуск сгиба, рассчитывается ее развернутая длина, на основе радиуса и допуска сгиба.
2. Плоская деталь заново сгибается для создания согнутой версии детали.

В качестве отчета о завершении выполнения поставленной задачи *Solid Works* выдает на Рабочий стол сообщение (рис.9.53).

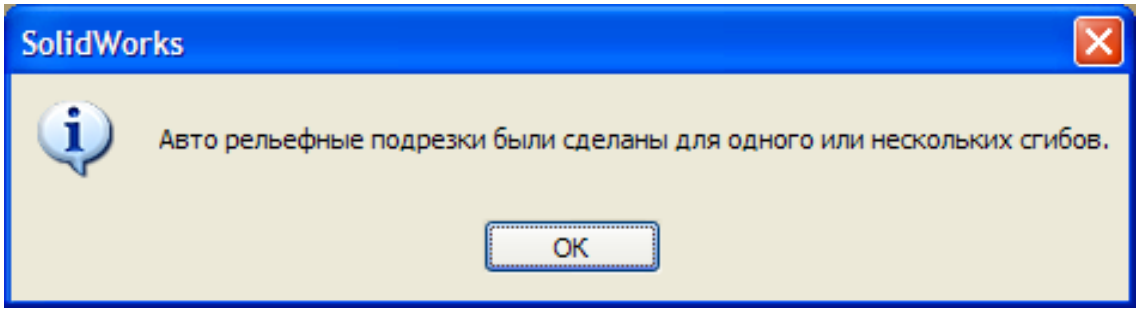
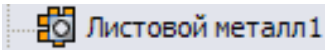


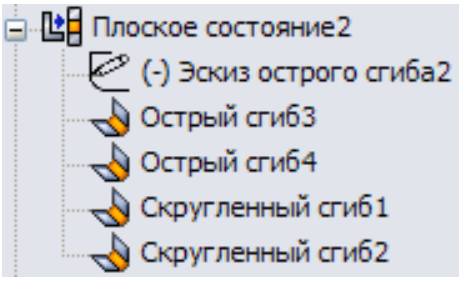
Рис. 9.53 Сообщение об окончании выполнения процедуры преобразования детали из твердотельного состояния в деталь из листового металла.

При этом в *Дереве конструирования (Feature Manager)* появятся три элемента, характерные для операций с листовым металлом. Эти элементы представляют собой то, что понимается под планом обработки для детали из листового металла:



Листовой металл – содержит определение детали из листового металла. Данный элемент хранит информацию по параметрам сгиба по умолчанию (*Толщину, Радиус сгиба, Допуск сгиба, Соотношение выреза для снятия напряжения (Авто-снятие напряжений),* а также имя *Зафиксированной грани*).

При необходимости, все указанные параметры могут быть отредактированы в уже полученной модели изделия. Внесенные изменения будут применены для всех элементов конструкции редактируемой детали.



Плоское состояние представляет деталь в ее развернутом – плоском состоянии. Данный элемент содержит информацию, относящуюся к преобразованию острых и скругленных углов в сгибы.

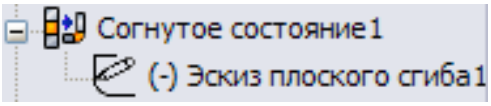
Эскиз острого сгиба – это эскиз, содержащий линии сгиба всех острых и скругленных сгибов, генерируемых *Solid Works*. Этот эскиз нельзя редактировать, но его можно *Скрыть\Показать* .

Каждый сгиб, генерируемый из модели,

показывается как отдельный элемент. Сгибы, генерируемые из скругленных углов, цилиндрических и конических поверхностей, показываются как **Скругленные сгибы**; сгибы, генерируемые из острых углов, показываются как **Острые сгибы**.

Острые сгибы можно *редактировать* , каждый в отдельности, непосредственно в *Дереве конструирования (Feature Manager)*. **Скругленные сгибы**, поскольку их значения были определены еще на уровне эскиза, могут быть отредактированы только в эскизе, формирующим профиль детали.

Помимо того, данный элемент хранит информацию по параметрам сгиба: *Угол сгиба, Настройка допуска сгиба* и *Тип снятия напряжения пользователя.*



Согнутое состояние представляет преобразование плоской детали в законченную деталь из листового металла.

Эскиз плоского сгиба показывает сгибы, создаваемые из линий сгиба, указанных в плоских частях детали и представляет собой зарезервированное место для этих линий сгиба.

Этот эскиз можно *Редактировать* или *Скрыть\Показать*

Помимо этого, если в процессе формирования детали были назначены линии разрыва по кромкам изделия, то в *Дереве конструирования (Feature Manager)* появится еще один элемент – *Разрыв*, определяющий параметры ***Настройки разрыва***. Данный элемент можно редактировать в полном объеме команд, описанных в предыдущем разделе.

9.4. Проектирование деталей из листового металла специальных форм.

Рассмотренные в предыдущих разделах способы получения деталей из листового металла характеризуются, в первую очередь, наличием в их конструкции плоских частей, сопряженных между собой сгибом определенного радиуса. Кроме того, при формировании подобных изделий из твердотельных моделей, для создания линии разрыва

требуется наличие только линейной кромки, вдоль которой этот разрыв будет сформирован.

Тем не менее, на практике часто встречаются изделия из листового металла, которые не имеют указанных выше элементов, например, цилиндрические и конические элементы конструкций или трубные изделия сложной формы, с переходами от одного сечения в другое.

Данный раздел будет посвящен рассмотрению практических вопросов построения именно этих специфических элементов конструкций деталей из листового металла.

9.4.1. Проектирование деталей цилиндрической формы

Детали из листового металла цилиндрической формы относятся к самым простым и самым распространенным компонентам специального назначения. Наиболее оптимальным, с точки зрения построения модели подобного изделия является, рассмотренный в разделе 9.1, метод конструирования детали, как изделия из листового металла.

Поскольку цилиндрическая деталь не содержит в своей конструкции кромок, вдоль которых можно создать разрыв, то его нужно сформировать еще на этапе построения эскиза конструируемой детали.

Для построения модели цилиндрической детали необходимо:

1. Построить эскиз *Дуги* с внутренним углом менее 360°, заданного размерами детали радиуса (внутреннего или внешнего), как показано на рис.9.54. Зазор, образовавшийся между концами дуги, будет формировать, в процессе построения цилиндрической детали, линию стыка её краев в свернутом состоянии. Поэтому данное обстоятельство следует учитывать при назначении величины зазора.
2. Используя команду ***Базовая кромка/выступ*** (см.раздел 9.1.1) сразу же формируем цилиндрическую деталь требуемой длины и толщины листа (рис.9.55), со всеми свойствами детали из листового металла.

9.4.2. Проектирование деталей конической формы

Метод проектирования детали из листового металла конической формы несколько отличается от конструирования детали цилиндрической формы. В первую очередь потому, что, к сожалению, команда ***Базовая кромка/выступ*** , при помощи которой так легко была создана цилиндрическая деталь, не имеет возможности создавать модель с заданной конусностью при вытягивании эскиза.

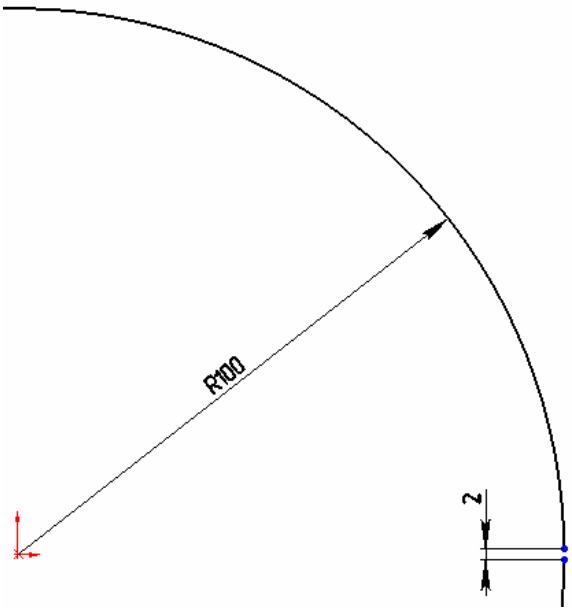


Рис. 9.54 Фрагмент эскиза дуги

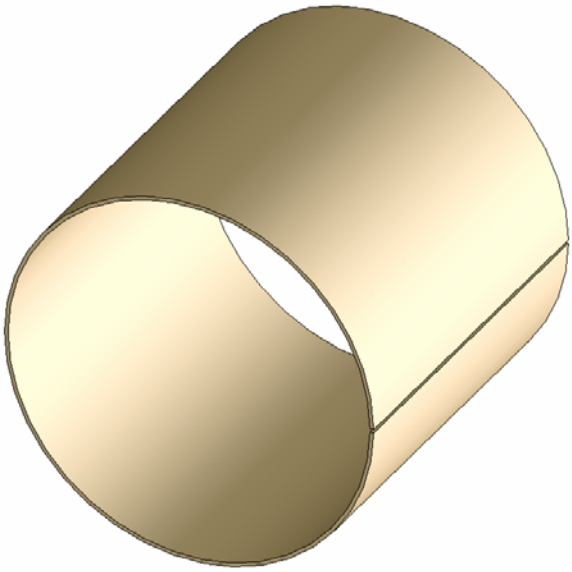


Рис. 9.55 Цилиндрическая деталь из листового металла.

Конструирование детали конической формы будет сводиться к следующим шагам:

1. Построить тонкостенную деталь конической формы с заданными параметрами, проворачивая эскиз-линию на угол менее 360° (рис.9.56) так, чтобы с учетом толщины конструируемой детали, образовался зазор между её краями.

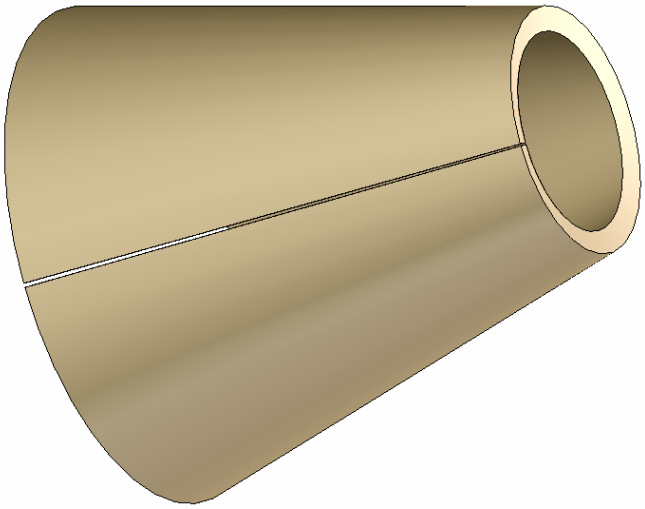


Рис. 9.56 Твердотельная модель тонкостенной детали конической формы.

2. Используя инструмент ***Сгибы*** (см.раздел 9.3.1) преобразовываем твердотельную деталь в деталь из листового металла. При этом, в качестве фиксируемого элемента необходимо выбрать (проще всего!) любую из внешних кромок, образованных зазором в твердотельной модели (рис.9.57).

Остальные параметры, используемые при преобразовании твердотельной модели в деталь из листового металла, в этом случае не имеют никакого значения, а потому не требуется их настройка, как это описывалось в разделе 9.3.1, когда шла речь о глухой детали с плоскими гранями.

3. Щелчком по кнопке **ОК** завершаем процесс формирования конической детали из листового металла.

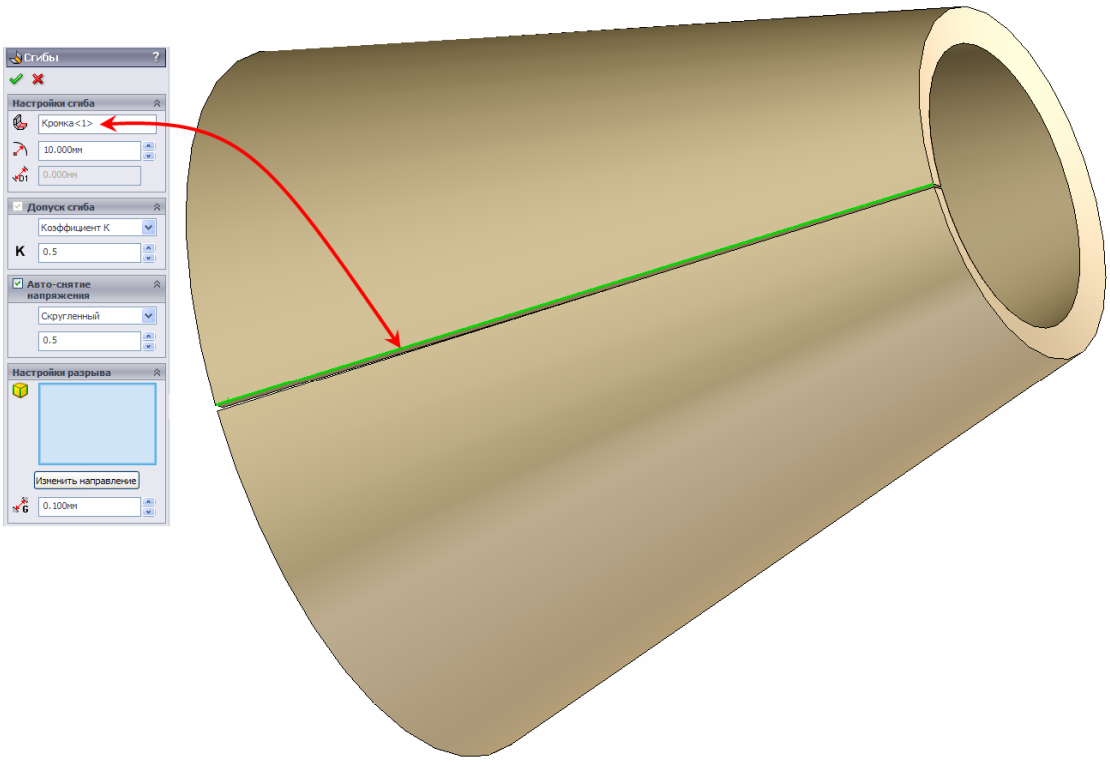


Рис. 9.57 Выбор кромки в качестве фиксируемого элемента конструкции детали при переводе ее в состояние детали из листового металла.

Примечание: **Создавая твердотельную деталь конической формы методом поворота эскиза вокруг оси на некоторый угол, в качестве контура детали используйте Линию, придавая ей толщину, как параметр тонкостенной детали.**

Не используйте в качестве контура Параллелограмм, т.к. отклонение его сторон от перпендикулярности приведет к образованию, при повороте эскиза вокруг оси, кривых второго порядка, что сделает невозможным преобразование такой модели в деталь из листового металла при помощи команды *Сгибы*

9.4.3. Проектирование деталей из листового металла по сечениям сгиба

Ранее (см. Главу 7, раздел 7.5) мы с вами подробно рассмотрели вопросы создания твердотельных деталей сложной формы, построение которых осуществлялось по сечениям строящегося тела. Тогда было

выяснено, что такой инструмент приемлем к использованию только в том случае, когда простыми методами трудно описать и построить конструируемое тело.

То же самое правило можно отнести и к деталям из листового металла. Порой возникают ситуации, когда использование ранее рассмотренных в этой главе методов построения не приводит к желаемому результату, а порой просто не возможно создать деталь обычными, привычными методами построения. В этом случае приходит на помощь метод, рассматриваемый настоящим разделом, а именно: проектирование деталей из листового металла по сечениям.

Рассматривая этот метод, лишний раз напомню Вам, что в тех случаях, когда мы конструируем деталь из листового металла специальной формы, то в его конструкции нами, еще на стадии создания эскиза, предусматривается наличие в детали места ее разрыва, т.е. заранее оговаривается положение и величина зазора между боковыми, сопрягаемыми в согнутом состоянии, кромками данной детали.

В качестве примера, на котором будем рассматривать вопросы конструирования детали из листового металла по сечениям, возьмем некую деталь – усеченная призма, в основании которой находится шестигранник, а для усиления эффекта повернем вершину этой призмы на угол 90°. То, что мы хотим построить рассматриваемым нами методом, показано на рис.9.58.

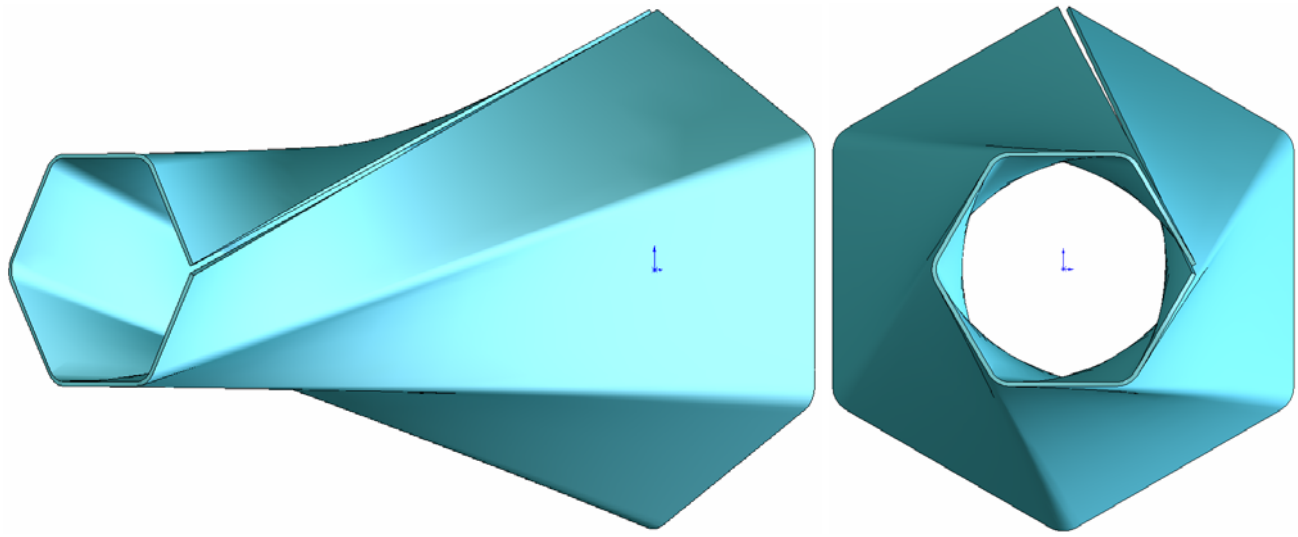


Рис. 9.58 Деталь из листового металла по сечениям.

С учетом сказанного выше, опираясь на знания, полученные в Главе 7, построение данной фигуры не вызовет больших трудностей, потому методика проектирования подобного рода деталей представляется в следующем виде:

1. Для начала мы должны построить эскизы обоих сечений помня, что:

a. оба эскиза должны содержать разрыв детали в мессе стыка соседних граней в согнутом состоянии;

b. все углы эскиза должны быть скруглены требуемым по конструкции детали радиусом (рис.9.59).

2. Выбираем команду ***Элемент по сечениям сгиба*** , расположенную на панели инструментов ***Листовой металл*** или в **Главном меню**: *Вставка → Листовой металл → Элемент по сечениям сгиба* .

Менеджер свойств команды ***Элемент по сечениям сгиба,*** представленный на рис.9.60, содержит всего две панели параметров настройки:

- ***Профили*** – содержит список эскизов профилей, определяющих вид детали из листового металла. При необходимости, можно изменять порядок записи, а, соответственно, и порядок объединения профилей в готовую деталь, при помощи клавиш *Вверх* и *Вниз* .
- ***Толщина*** – параметр, определяющий толщину металла, из которого будет изготавливаться конструируемая деталь. Данная панель имеет кнопку *Реверс направления* для изменения направления толщины листа с внутреннего на наружное.

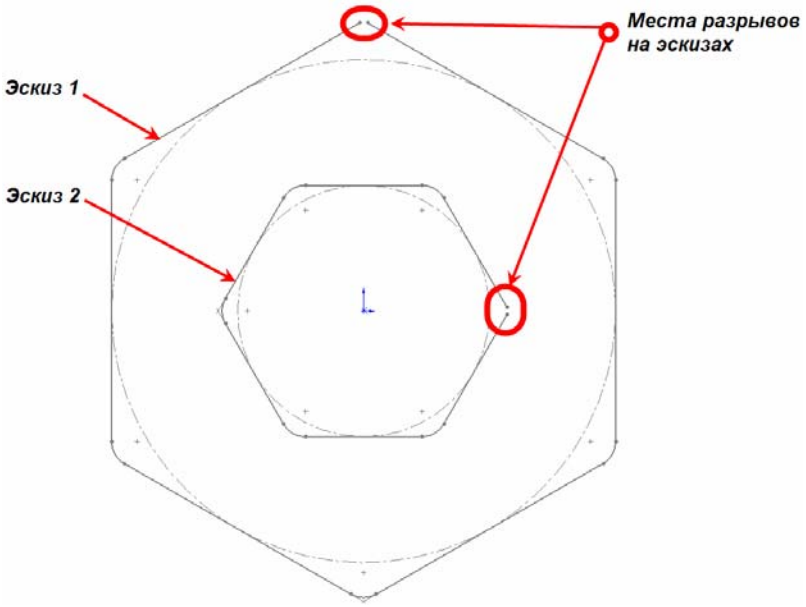


Рис. 9.59 Эскизы сечений детали из листового металла

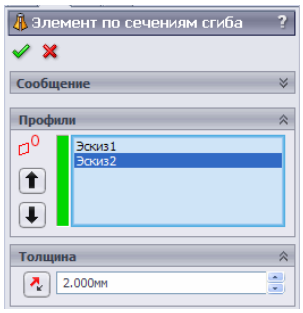


Рис. 9.60 Менеджер свойств команды Элемент по

сечениям сгиба.

3. Нажав клавишу **ОК** , в **Графической области** получаем результат построения конструируемой детали (см.рис.9.58), развертка которой показана на рис.9.61.

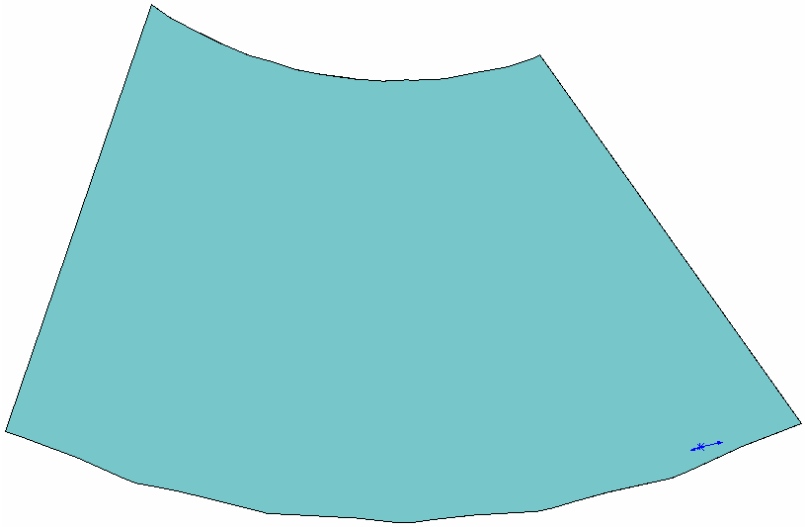


Рис. 9.61 Развертка детали (см.рис.9.58) из листового металла по сечениям.

Подводя итог сказанному, следует отметить, что подобную деталь можно построить исключительно методом построения элемента по сечениям сгиба, поскольку даже попытка выполнить ее другим доступным методом, например, ***Сгибы*** (см.раздел 9.3.1), не приведет к успеху, поскольку невозможно будет выбрать кромку для создания разрыва. Дело в том, что команда ***Сгибы*** признает в качестве кромки для создания разрыва лишь линейную кромку, а в детали, которую мы рассматривали в качестве примера, таковых не существует.

Отсюда вывод: стоит ли тратить свое рабочее время на поиски решений обходными путями, если есть цивилизованный способ построения детали из листового металла сложной конфигурации?

9.4.4. Проектирование детали типа "Шнек" из листового металла.

Поводом для написания этого раздела послужили участившиеся в последнее время обращения конструкторов, с просьбой помочь им в решении этой задачи.

Области применения транспортирующего устройства с использованием в качестве передающего механизма Шнек[6] – весьма

[6] Шнек (от нем. Schnecke, буквально — улитка), винтовой конвейер, механизм, рабочий орган которого представляет собой стержень со сплошной винтовой стенкой (винт) или отдельными наклонными лопастями. Вращающийся стержень, помещенный в горизонтальный или наклонный желоб, перемещает сыпучий или мелкокусковой груз, а также жидкость вдоль желоба. Применяется в *экструдерах*, *питателях* и других машинах. Шнек отличается простотой устройства и равномерностью подачи, но небольшой производительностью и невысоким кпд из-за потери на трение материала о стенки. Подача регулируется частотой вращения винта. Шнек

обширны. Однако изготавливать шнек в виде отливки, с последующей механообработкой, не всегда оправдано, особенно если нагрузки, воспринимаемые данным устройством не столь велики.

В таком случае, действительно, целесообразнее изготовить шнек из листового металла. Но при этом возникает ряд проблемных вопросов, главный из которых: "Какой должна быть развертка сегмента шнека, чтобы после ее (их) сгиба и соединения получить шнек требуемой конфигурации?".

Как мы уже знаем, Шнек представляет собой деталь тела вращения со спиралевидной стенкой, которая, в свою очередь, характеризуется диаметром (наружным и внутренним), а также шагом винта (спирали).

Попытаемся ответить на этот вопрос, рассматривая методику построения сегмента шнека с такими параметрами:

- Внутренний диаметр – основание шнека $d = 100$ *мм*;
- Наружный диаметр винтовой части шнека $D = 300$ *мм*;
- Шаг винта шнека $S = 200$ *мм*.

Итак, для того, чтобы построить сегмент шнека с заданными параметрами из листового металла, нужно выполнить следующую последовательность операций:

I. Создаем траекторию внутренней спирали Шнека, по аналогии с тем, как мы создавали траекторию для пружины сжатия (см.Глава 7, раздел 7.3.8), при этом руководствуемся исходными данными для построения (*d=100 мм, S=200 мм*), а также ограничиваем размеры сегмента Шнека до 0,5 его оборота.

Последнее ограничение вызвано тем, что развертка сегмента Шнека не может быть "бесконечной", а его размеры определяются из рациональных условий раскроя листового металла. В рассматриваемом примере мы установили этот параметр на уровне 0,5 оборота винтовой части стенки Шнека.

использовался в водоподъемной машине (Архимедов винт). Для смешения материалов применяются т.н. дифференциальные Шнек, в которых винты двух смежных Шнеков вращаются в противоположные стороны.

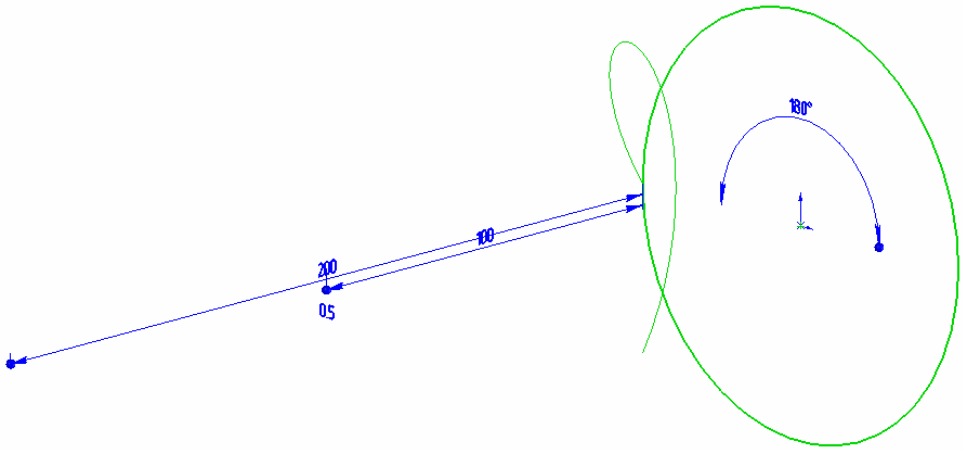


Рис. 9.62 Построение внутренней траектории сегмента Шнека

II. По той же методике, что и в случае для внутренней траектории сегмента Шнека, строим траекторию для его наружного диаметра, с параметрами: *D=300 мм, S=200 мм.*

III. Результатом построения направляющих будет наличие двух спиралевидных кривых с общим центром вращения (рис.9.63).

IV. Поскольку с направляющими траекториями нельзя работать, как с полновесным эскизом, то следующим этапом в работе будет преобразование полученных траекторий в объекты трёхмерного эскиза. Для этого,

V. На панели инструментов ***Эскиз*** выбираем команду ***Трехмерный эскиз*** и, активизировав (подметив) внутреннюю траекторию сегмента Шнека, выбираем команду ***Преобразование объектов***.

Рис. 9.63 Спиралевидные траектории наружного и внутреннего диаметров сегмента Шнека.

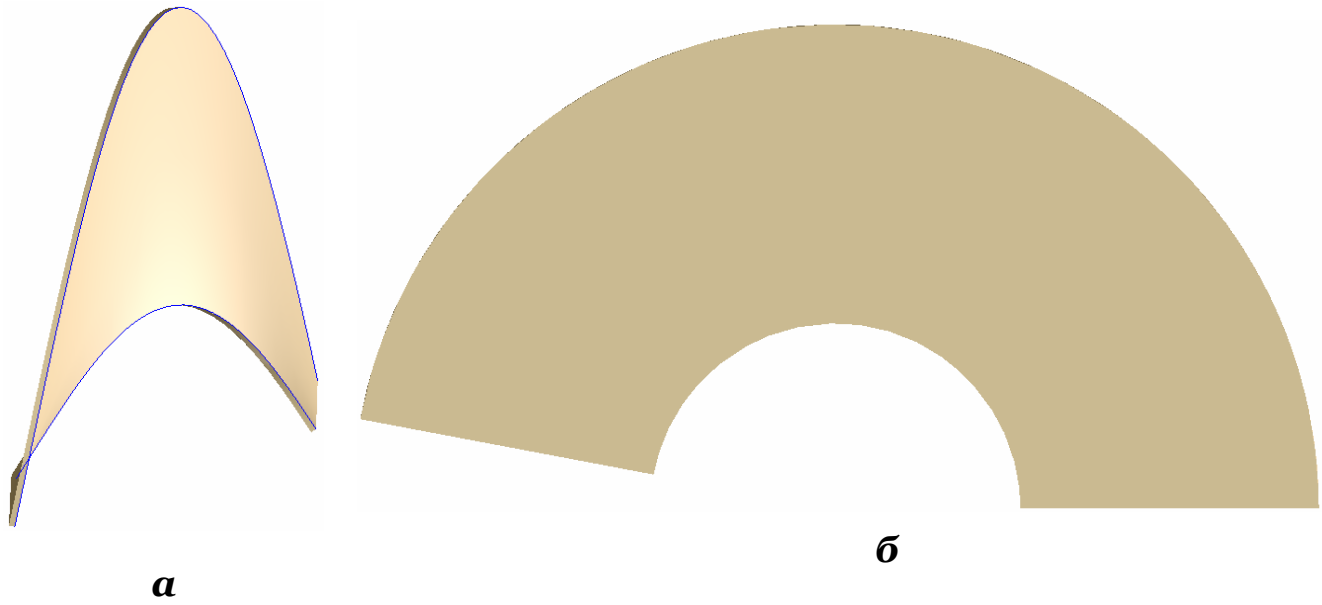
VI. Выходим из трехмерного эскиза.

VII. Повторяем действия, описанные в п.***V*** и ***VI*** для траектории наружного диаметра сегмента Шнека. Результирующим действием будет наличие двух эскизов кривых спиралевидной формы, описывающих внешние параметры конструируемого сегмента Шнека, в точности повторяющих рис.9.63.

VIII. Выбираем на панели инструментов ***Листовой металл*** рассмотренную в предыдущем разделе команду ***Элемент по сечениям сгиба*** и в качестве эскизов сечений назначаем

эскизы кривых, полученных на этапе выполнения п.***V*** и ***VII*** (рис.9.64, ***а***).

IX. Выбрав на панели инструментов ***Листовой металл*** команду ***Плоский*** (массив), можно увидеть развертку, построенного по назначенным параметрам, сегмента Шнека (рис.9.64, ***б***).



а ***б***

*Рис. 9.64 Сегмент Шнека (**а**) и его развертка (**б**)*

Таким образом, мы рассмотрели все команды *Solid Works* необходимые и достаточные для выполнения конструкторских работ по проектированию деталей из листового металла в условиях машиностроительного завода, занимающегося выпуском продукции тяжелого машиностроения.

Однако возможности *Solid Works* на этом не заканчиваются и для предприятий, специализирующихся на выпуске штампованной из листа продукции имеется ряд инструментов, позволяющих производить более специфическую, чем это было рассмотрено в настоящей главе, продукцию.

В силу того, что эти разделы не востребованы специалистами нашего предприятия, то в этой главе они и не рассматриваются.

Вопросы оформления чертежей деталей из листового металла будут освещены в отдельной главе, посвященной именно этой части работы над проектируемым изделием.

Глава 10

РАБОТА С ПОВЕРХНОСТЯМИ

Содержание

10. Работа с поверхностями 452

10.1. Вытянутая поверхность 452

10.2. Поверхность вращения 454

10.3. Поверхность по траектории 454

10.4. Поверхность по сечениям 456

10.5. Линейчатая поверхность 457

10.6. Плоская поверхность 462

10.7. Поверхность разъема 462

10.8. Промежуточная поверхность 466

10.9. Эквидистанта к поверхности 470

10.10. Заполнить поверхность 472

10.11. Не отсекать поверхность 477

10.12. Удлинение поверхности 480

10.13. Отсечение поверхности 482

10.14. Скругление поверхности 487

10.15. Объединение поверхностей. Сшить поверхность 488

10.16. Замена грани 490

10.17. Удаление грани 492

10.18. Перемещение грани 494

10.19. Преобразование поверхности в твердотельный элемент 495

10. РАБОТА С ПОВЕРХНОСТЯМИ

Ранее (см. *Глава 7* и *Глава 9*) мы с Вами уже рассматривали вопросы конструирования сложных геометрических тел, используя для этого такие понятия, как *Тело построенное по траектории* и *Тело построенное по сечениям*. Однако, при конструировании особо сложных по внешней геометрии тел, имеющих сложные геометрические очертания, переходы от одного профиля в другой, не имеющий сходство с исходным профилем, и ряде других случаев в *Solid Works* используют такое понятие, как *поверхность*.

Поверхности *представляют собой геометрические элементы нулевой толщины*. Однако имеется возможность их преобразования в твердотельные элементы. Поэтому поверхности можно использовать для создания твердотельных элементов сложных геометрических форм.

В силу того, что *поверхность* – это лишь некий новый способ описания внешней формы изделия, следует помнить, что поверхности создаются теми же способами, что и основные элементы, а также рядом других способов, что определяет их высокую гибкость в процессах формообразования. Как и с твердыми телами, с поверхностями возможно проведение ряда специфических для этого типа геометрии операций. Все эти вопросы и рассматриваются в настоящем разделе.

Основная часть команд создания поверхностей и выполнения различных операций с их участием сосредоточена в **Главном меню**: *Вставка → Поверхность*, а их инструменты — в панели ***Поверхности*** *Диспетчера команд*. Поэтому в процессе рассмотрения материала особое внимание к адресам будет уделяться только тем командам, которые не представлены в этом меню.

10.1. Вытянутая поверхность

Как уже было сказано ранее, построение поверхностей методом вытягивания эскиза вдоль свободной, от создания данного эскиза, оси координат, аналогично уже знакомой нам командой ***Вытянутая бобышка\основание***, рассмотренной в *Главе 4*. Потому и методика построения элемента ***Вытянутая поверхность*** полностью совпадает с рассмотренной ранее.

Единственным отличием является отсутствие в *Менеджере свойств* инструмента (рис.10.1) такого параметра, как *Тонкостенный элемент*, поскольку создаваемый нами элемент конструкции не имеет толщину, по определению.

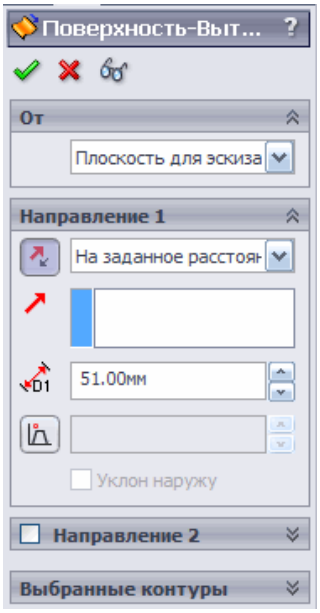
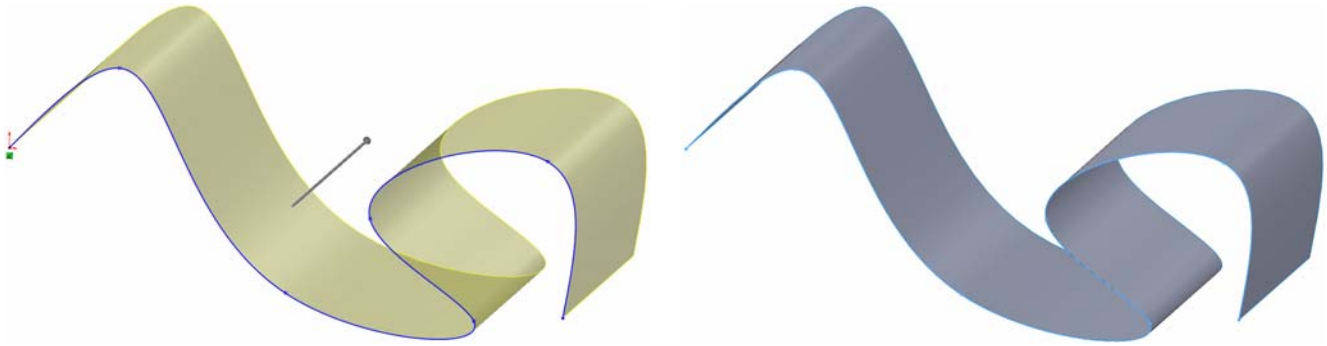


Рис. 10.1 Менеджер свойств инструмента Вытянутая поверхность

В качестве примера построения *вытянутой поверхности* на рис.10.2 представлены этапы создания некоей криволинейной поверхности, описываемой сплайн линией, вытянутой на заданное расстояние.



а б

Рис. 10.2 Построение криволинейной поверхности методом вытягивания эскиза вдоль оси координат.

Отличительной чертой *Дерева конструирования (Feature Manager)* при конструировании изделия с элементами *Поверхность* является появление в нем, причем вне зависимости от количества создаваемых элементов, папки *Тела поверхности* (рис.10.3) с указанием в скобках количества построенных поверхностей в теле данной детали.

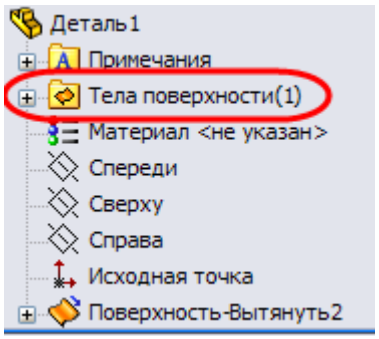
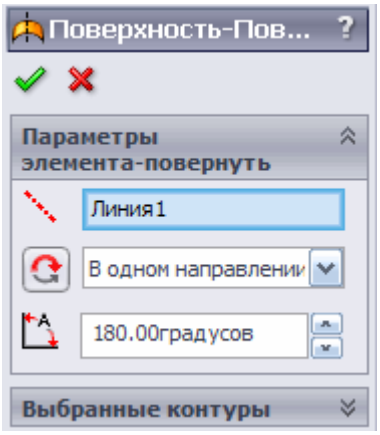


Рис. 10.3 Дерево конструирования изделия с построением элемента Вытянутая поверхность

10.2. Поверхность вращения

Построение поверхностей вращения аналогично тому, как создавались тела вращения при помощи инструмента ***Повернутая бобышка\основание*** (см.*Глава 4*).

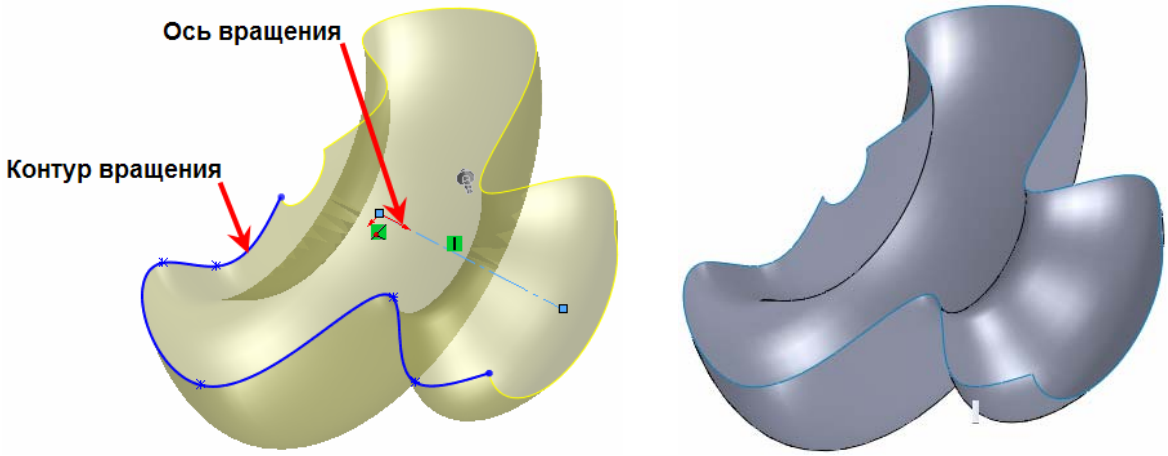
Отличительной особенностью работы рассматриваемого инструмента является:



1. Поворот *Контура* вокруг *Оси вращения* на угол 180°, устанавливаемого *Менеджером свойств* (рис.10.4) по умолчанию.
2. Отсутствие в *Менеджере свойств* параметра *Тонкостенный элемент*.
3. При создании поверхности вращения можно использовать как закрытые, так и открытые контуры.

Рис. 10.4 Менеджер свойств инструмента Поверхность - повернуть.

Как можно видеть из рис.10.5, построение повернутой поверхности вокруг некоей оси ничем не отличается от подобной операции с твердым телом, но только при выполнении рассматриваемой операции получаем тело нулевой толщины.



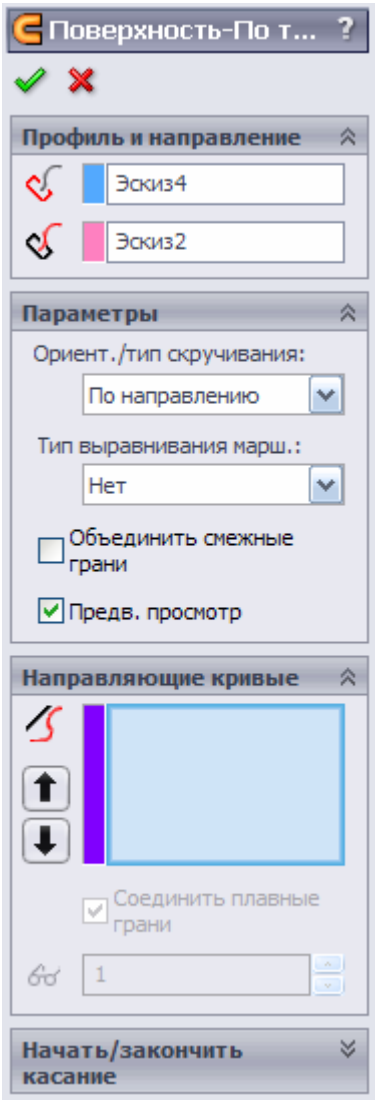
а ***б***

Рис. 10.5 Построение поверхности методом поворота контура вокруг оси вращения

10.3. Поверхность по траектории

Методика создания ***Поверхности по траектории*** (рис.10.6) практически ничем не отличается от подобного метода построения

твердого тела по заданной траектории движения эскиза. При этом *Менеджеры свойств* инструментов ничем не различаются между собой, за исключением того, что в менеджере свойств рассматриваемого инструмента (рис.10.7), также как и в уже ранее освещенных, отсутствует параметр *Тонкостенный элемент*.



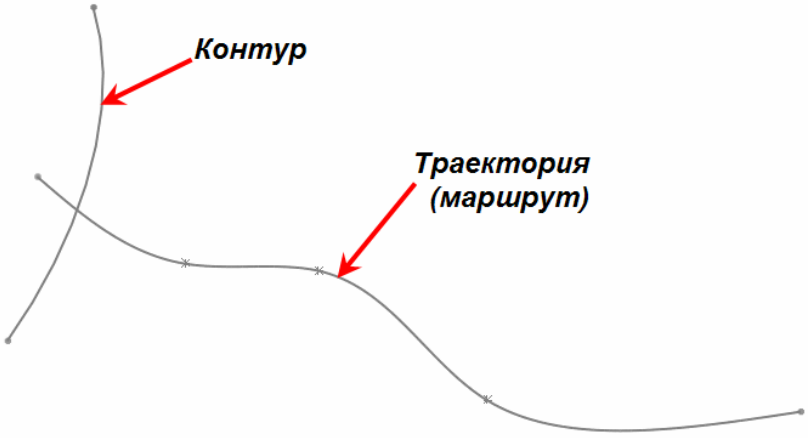
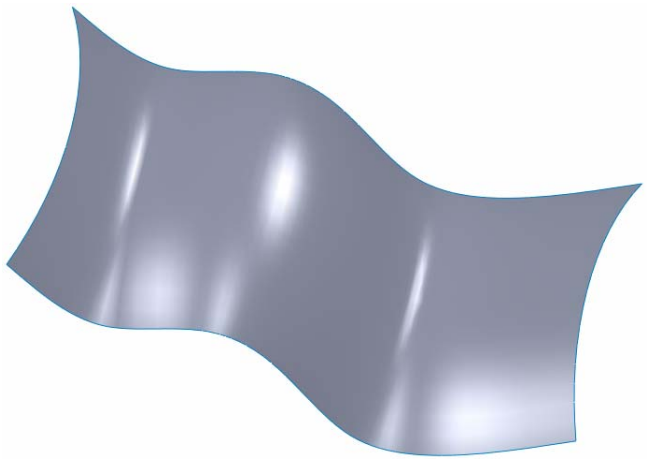


Рис. 10.6 Эскизы контура и траектории его движения

При общности методик, *Поверхность по траектории* все же имеет больше свободы при ее формировании, чем ее аналог в твердом теле, что позволяет использовать ее при создании более криволинейных поверхностей, особенно в изделиях с художественным содержанием.

Рис. 10.7 Менеджер свойств инструмента Поверхность по траектории

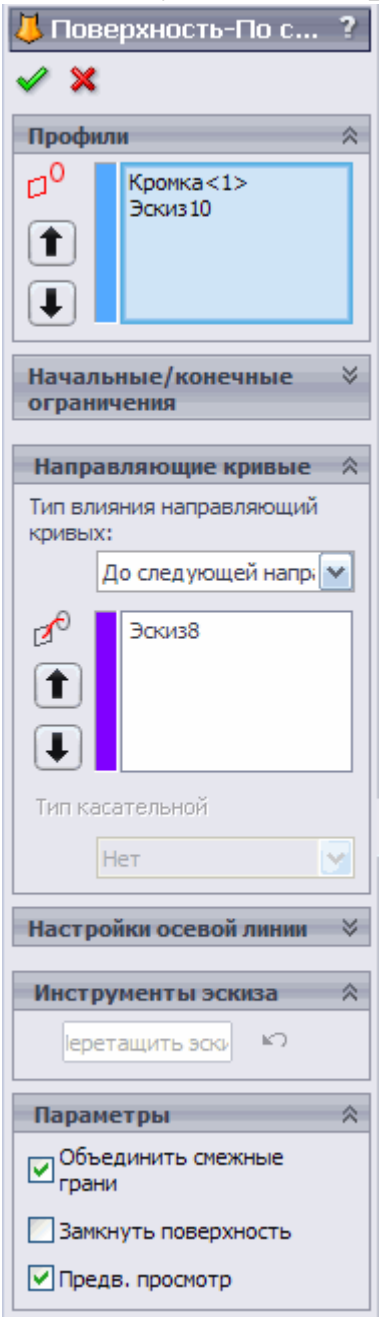


На рис.10.8 представлен пример Поверхности по траектории, построенной на основе эскизов рис.10.6.

Рис. 10.8 Поверхность по траектории

10.4. Поверхность по сечениям

Команда ***Поверхность по сечениям*** создает поверхность, форма которой определяется формой и взаимным положением сечений (профилей). Диалоговое окно команды (рис. 10.9) отличается от диалогового окна команды ***Бобышка/основание — По сечениям*** только отсутствием параметра *Тонкостенный*.



Все входящие в диалоговое окно команды параметры тождественны одноименным параметрам диалогового окна ***Бобышка/основание — По сечениям.*** Порядок создания поверхности (рис.10.10) аналогичен порядку создания бобышки и проходит точно такие же этапы конструирования изделия: от эскиза (рис.10.10, ***а***), до готового изделия (рис.10.10, ***б***). При этом возможны все теже методы построения, что и в случае с брбышкой (рис.10.10, ***в*** и ***г***).

Однако следует отметить, что создание сложной поверхности выполняется гораздо быстрее и проще, в то время как при работе с твердым телом сложной формы возникает ряд трудностей, всязанных с переходом от сечения одной формы к сечению с отличающейся геометрии.

После команды **ОК** в **Графической области** фиксируется предварительное изображение созданной поверхности, в *Дереве конструирования* добавляется папка с именем созданного элемента **Поверхность — По сечениям** (с порядковым номером), а в папке *Тела поверхностей* отображается их количество.

В качестве примера на приведенном рисунке представлено создание обычной поверхности.

Рис. 10.9 Менеджер свойств инструмента Поверхность – По сечениям.

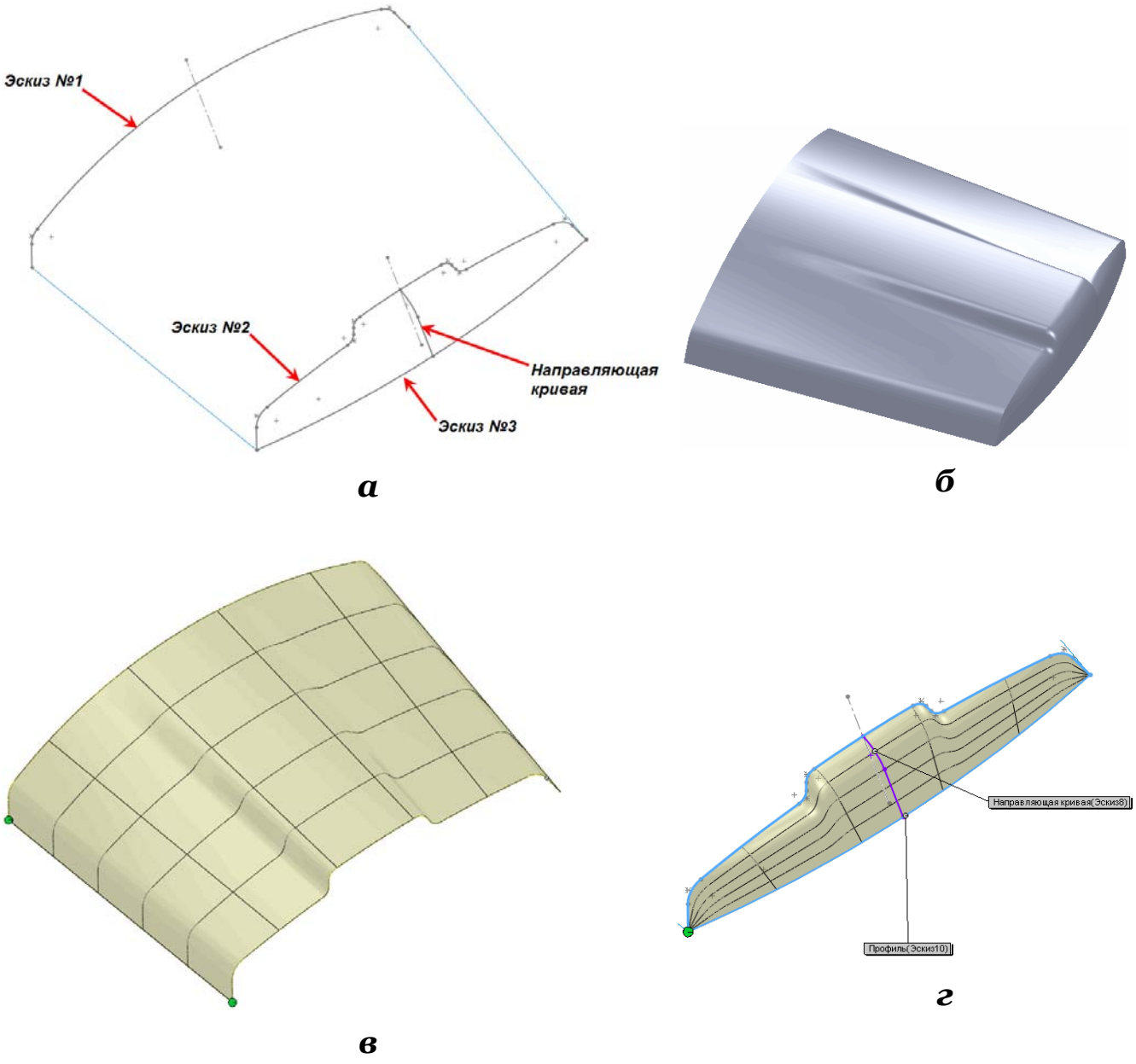


Рис. 10.10 Этапы построения Поверхности по сечениям: ***а*** *– эскизы сечений и направляющей;* ***б*** *–готовая поверхность;* ***в*** *– первый участок - поверхность по сечениям без направляющей кривой;* ***г*** *- второй участок - поверхность по сечениям с направляющей кривой*

10.5. Линейчатая поверхность

Если в предыдущих разделах этой главы рассматривались элементы поверхности, ранее знакомые нам по операциям с бобышкой, то, начиная с этого раздела, мы будем рассматривать специфические команды, используемые только при работе с *Поверхностью*.

Основное назначение инструмента ***Линейчатая поверхность*** состоит в том, чтобы добавить, к уже существующей кромке поверхности, новую, расположенную к ней под любым углом, или описываемую специальными параметрами.

Кроме того, в программе *Solid Works* нельзя использовать инструменты для уклона с импортированной геометрией, чтобы исправить поверхности, для которых требуется уклон. С помощью команды ***Линейчатая поверхность*** можно создавать поверхности, которые будут расположены перпендикулярно или под углом к выбранной кромке, а уж затем (см. *Глава 12*) продолжать работу с этой деталью для получения литейных форм.

С помощью линейчатых поверхностей можно также создавать заблокированные поверхности.

Для того, чтобы создать Линейчатую поверхность, необходимо выбрать соответствующую команду из панели инструментов *Поверхность*, расположенную в *Диспетчере команд (Command Manager)*, либо из **Главного меню**: *Вставка → Поверхность → Линейчатая поверхность*. При этом откроется *Менеджер свойств* инструмента ***Линейчатая поверхность***, показанный на рис.10.11.

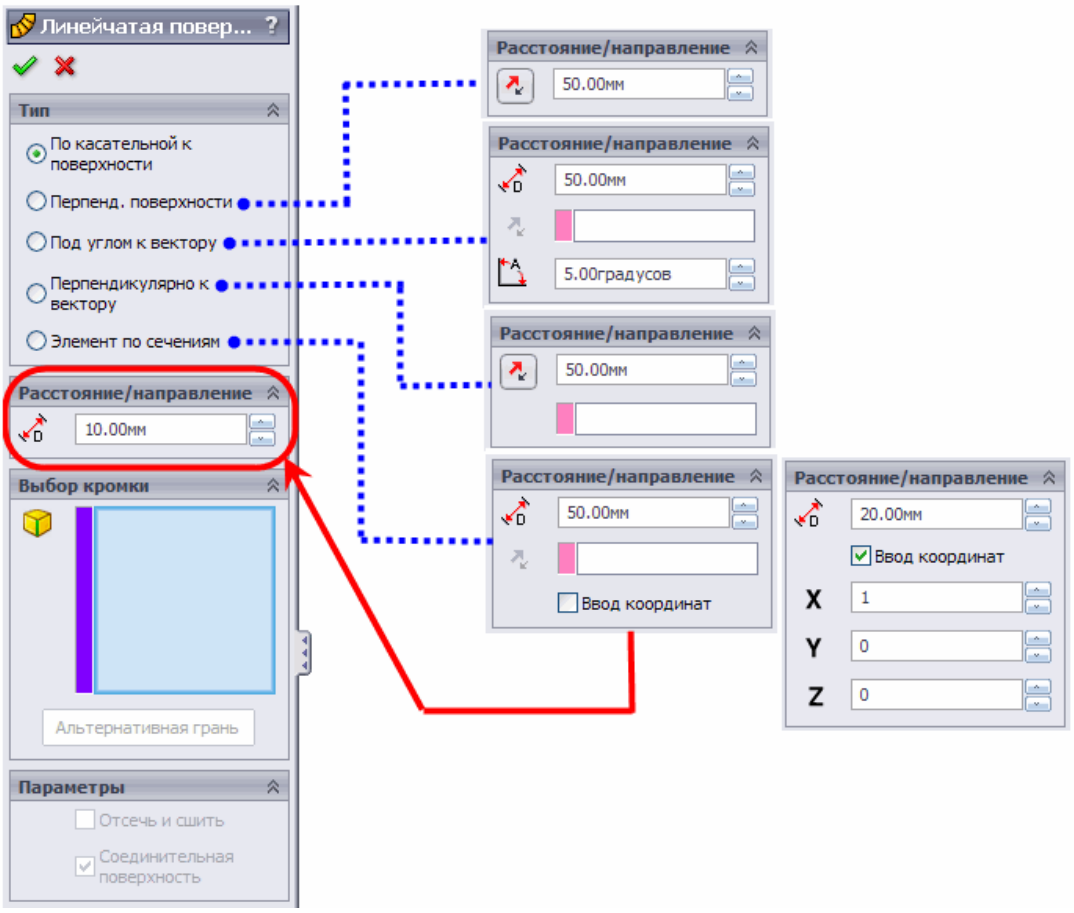


Рис. 10.11 Менеджер свойств инструмента Линейчатая поверхность и панели настройки направлений вытяжки, в зависимости от выбранного типа создаваемой поверхности

Как видно из представленного рисунка, при помощи данного инструмента можно создавать поверхности, описываемые такими параметрами, как:

- ***По касательной к поверхности*** — создает поверхность, касательную к исходной поверхности (рис.10.12, ***а***);
- ***Перпендикулярно поверхности*** — создает поверхность, перпендикулярную к исходной поверхности (рис.10.12, ***б***);
- ***Под углом к вектору*** — создает поверхность, расположенную под заданным углом к указанному вектору (рис.10.12, ***в***);
- ***Перпендикулярно к вектору*** — создает поверхность, перпендикулярную к указанному вектору (рис.10.12, ***г***);
- ***Элемент по сечениям*** — создает поверхность, положение которой определяется либо положением справочного вектора (рис.10.12, ***д***), либо заданием координат (рис.10.12, ***е***).

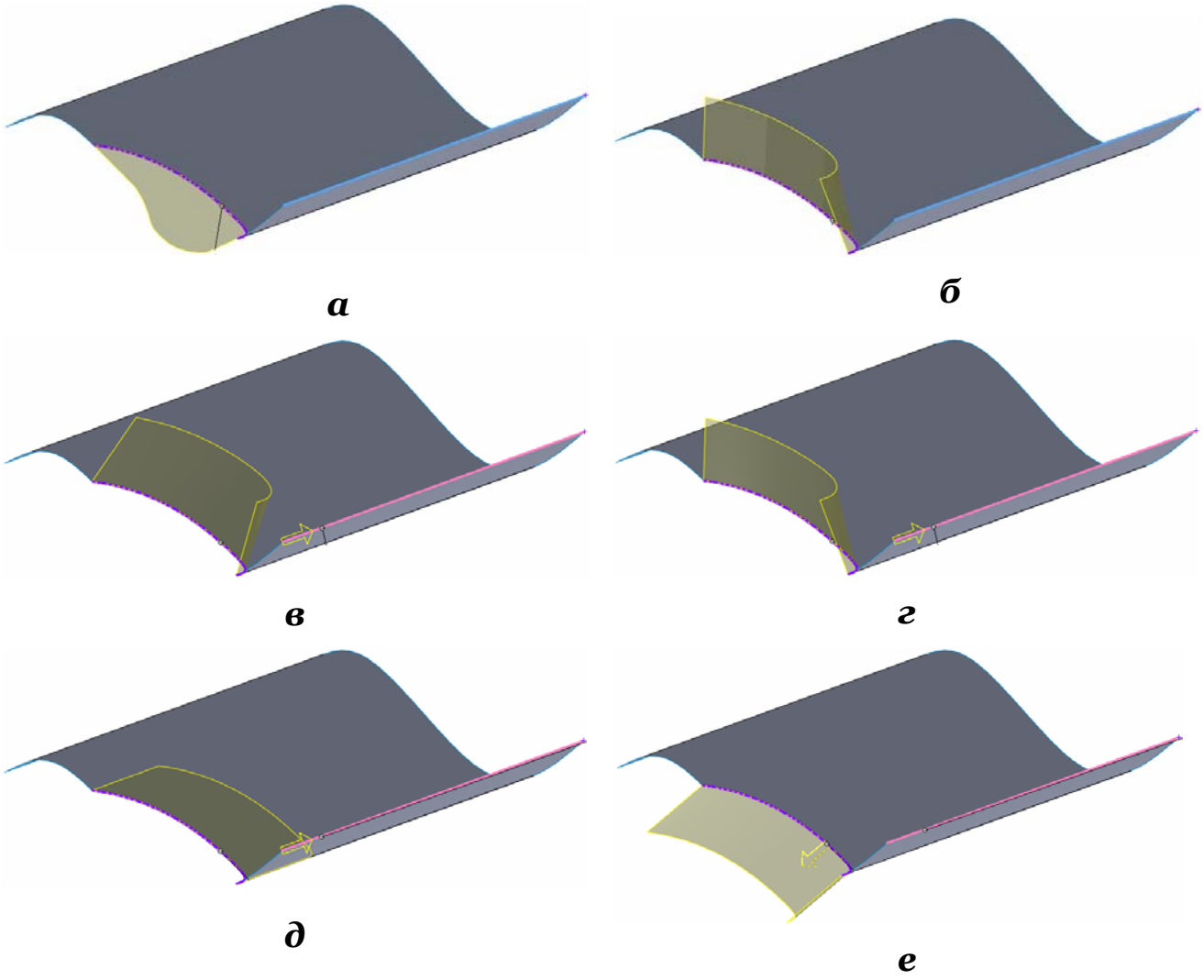


Рис. 10.12 *Типы Линейчатых поверхностей*

Непосредственное определение указанных выше параметров осуществляется путем ввода их значений в окна панели

Расстояние/Направление (см.рис.10.11), причем в каждом конкретном случае эта панель будет принимать тот вид, который соответствует описываемым заданным типом *Линейчатой поверхности*:

- *Расстояние* - задает величину вытягивания создаваемой поверхности.
- *Реверс направления* - управляет направлением вытягивания создаваемой поверхности.
- *Справочный вектор* – задает справочный вектор. Параметр доступен при включенном параметре ***Под углом к вектору***, ***Перпендикулярно к вектору*** или ***Элемент по сечениям***.
- *Угол* – задает угол к справочному вектору. Параметр доступен при включенном параметре ***Под углом к вектору***.
- *Ввод координат* – управляет направлением вытягивания создаваемой поверхности с помощью координат. Параметр доступен при включенном параметре ***Элемент по сечениям***.
- *Координата*, соответственно ***x, y, z***. Параметры доступны при включенном параметре *Ввод координат*.

В любом случае, назначая те или иные, выше описанные параметры, необходимо определиться с кромками, над которыми эти действия будут выполняться. Для выбора кромок в *Менеджере свойств* имеется соответствующая панель ***Выбор кромки***, которая, в свою очередь, содержит следующие параметры:

- *Кромки* – задает справочные кромки для вытягивания поверхности.
- Кнопка *Альтернативная сторона (направление)* – осуществляет реверс вектора направления создаваемой поверхности. Данный параметр доступен при включенных параметрах ***Под углом к вектору*** и ***Перпендикулярно к вектору***.

Панель ***Параметры***, как правило, не доступна и активизируется лишь в тех случаях, когда необходимо выполнить одно (или оба) из указанных ниже действий:

- *Отсечь и сшить* – параметр используется, когда необходимо отсечь и сшить поверхности вручную.
- *Соединительная поверхность* – управляет созданием соединительных поверхностей. Такие поверхности обычно создаются между острыми углами.

Работа с инструментом ***Линейчатая поверхность*** не вызывает сложностей в обращении с ним, поскольку для создания линейчатой поверхности необходимо выполнить следующие действия:

1. Активизировать команду ***Линейчатая поверхность***, в результате чего открывается диалоговое окно команды, как уже было показано на рис.10.11.
2. В панели ***Тип*** необходимо выбрать параметр, который будет описывать форму и направление создаваемой поверхности.
3. В текстовом окне параметрического блока ***Расстояние/Направление*** задать величину вытягивания создаваемой поверхности.
4. С помощью параметра *Реверс направления* отредактировать направление вытягивания.
5. Если выбран тип поверхности ***Перпендикулярно к вектору***, необходимо подсветить открывшееся текстовое окно параметра Справочный вектор и выбрать в Графической области кромку для его задания. Ее имя отобразится в текстовом окне параметра.
6. Если выбран тип поверхности Под углом к вектору, необходимо дополнительно задать в открывшемся текстовом окне параметра Угол величину угла.
7. Если выбран тип поверхности Элемент по сечениям, необходимо выбрать кромку в качестве *Справочного вектора* или выбрать параметр *Ввод координат* и в открывшихся текстовых окнах координат задать их величины.
8. В **Графической области** выбрать кромки, которые используются в качестве основы для создания линейчатых поверхностей. Имена выбранных кромок отображаются в текстовом окне параметра *Кромки* панели ***Выбор кромки.*** При необходимости можно воспользоваться параметром *Альтернативная грань***.**
9. Если возникла такая необходимость, то в раскрывающейся панели ***Параметры*** следует отменить параметр *Отсечь и сшить*, чтобы отсечь и сшить поверхности вручную, а также отменить параметр *Соединительная поверхность*, чтобы удалить все соединительные поверхности.
10. Щелкнуть на кнопке **ОК.** В **Графической области** фиксируется изображение созданной поверхности, в *Дереве конструирования* добавляется элемент с именем созданной поверхности ***Линейчатая поверхность*** (с порядковым

номером), а в папке ***Тела поверхностей*** отображается их количество (с учетом исходной поверхности).

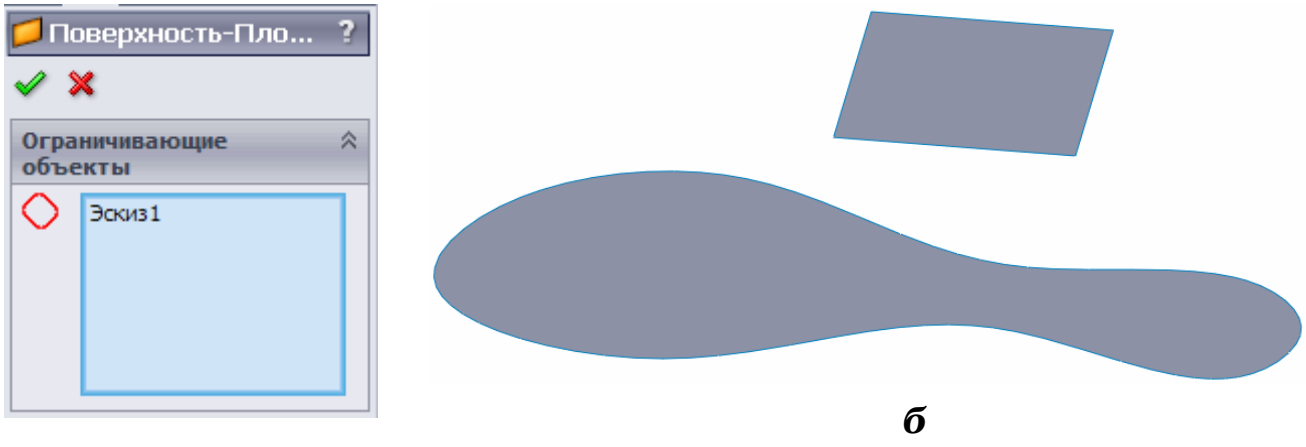
10.6. Плоская поверхность

В самом начале рассмотрения вопросов работы с такими элементами, как *Поверхность* мы обращали внимание на то, что эти элементы создаются в тех случаях, когда необходимо построить изделие сложной геометрической формы. При этом, как мы уже убедились, элемент *Поверхность* имеет гораздо больше функциональных возможностей и богаче набор инструментов для их реализации, чем *Бобышка*.

Однако, в ряде случаев, в процессе формообразования изделия возникают частные случаи необходимости построения плоской поверхности. Для выполнения этой операции панель ***Поверхность*** имеет в своем распоряжении инструмент ***Плоская поверхность***

Менеджер свойств (рис.10.13, ***а***) этого инструмента содержит единственный параметр – ***Ограничивающие объекты***, где требуется указать на эскиз, содержащий контур(ы) создаваемой поверхности.

Щелкнув по кнопке **ОК** в **Графической области**, получим преобразованные в плоскости контуры (рис.10.13, ***б***), а в *Дереве конструирования* появится папка ***Тела поверхности*** с количеством созданных тел (по количеству замкнутых контуров в выбранном эскизе).



а ***б***

Рис. 10.13 Менеджер свойств инструмента Плоская поверхность

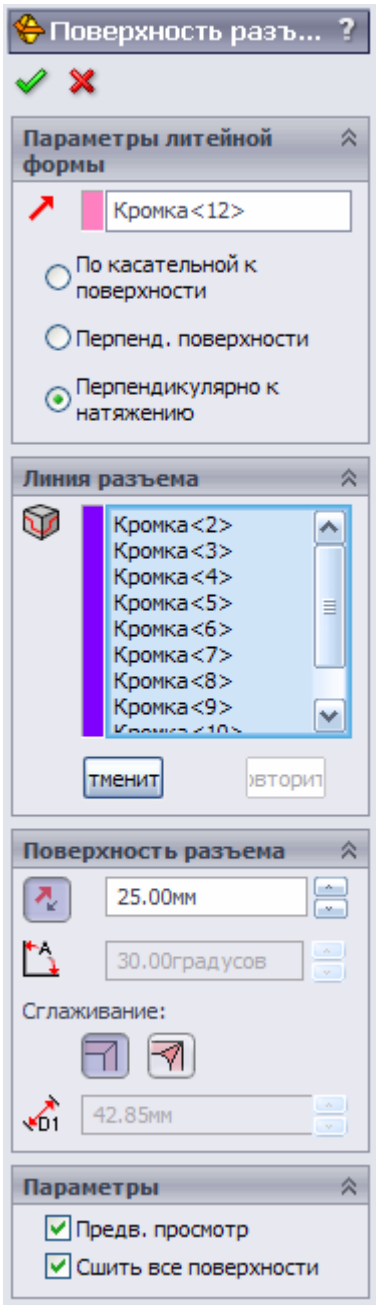
10.7. Поверхность разъема

Поверхности разъема вытягиваются из линий разъема и используются для отделения полости литейной формы от сердцевины[1], а

[1] Более подробно мы будем рассматривать инструменты для построения элементов, используемых при проектировании литейных форм, несколько позже, в Главе 12.

потому данный инструмент расположен в панели ***Инструменты для литейных форм*** или же его можно найти в **Главном меню**: *Вставка → Литейные формы → Поверхность разъема.*

Менеджер свойств инструмента ***Поверхность разъёма*** представлен на рис.10.14 и состоит из четырех раскрывающихся панелей:



Параметры литейной формы – определяют характер и положение линии разъема относительно выбранных кромок или граней моделируемого изделия. При этом доступны следующие варианты выбора определяющего параметра:

- Наиболее популярным, часто используемым является параметр **Перпендикулярно к натяжению**, когда Поверхность разъема расположена перпендикулярно направлению натяжения.

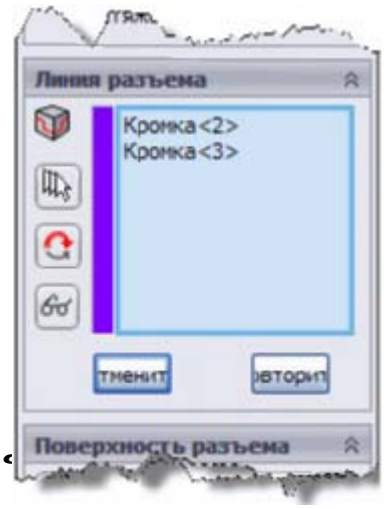
- **По касательной к поверхности**, когда Поверхность разъема расположена по касательной к поверхности линии разъема.

- **Перпендикулярно поверхности**, когда Поверхность разъема перпендикулярна поверхности линии разъема. В том случае, когда две грани, близлежащие к кромке разъема, почти параллельны, становится доступным еще один параметр - **Обратное выравнивание**, который позволяет изменить грань, по отношению к которой поверхность разъема перпендикулярна.

При определении направления натяжения в окне параметра выбирается либо *Кромка*, либо *Грань*, по отношению к которой создается поверхность разъема.

Рис. 10.14 Менеджер свойств инструмента Поверхность разъема.

Линия разъема – панель, определяющая список кромок , составляющих линию разъема. Имена кромок автоматически попадают в окно списка как *Кромка <1>, Кромка <2> и т.д.* (рис.10.15).



Как только будет выбрана первая кромка назначаемого списка, *Solid Works* автоматически предложит продолжить выбор, указывая

направление следующей кромки изделия (рис.10.16)

Рис. 10.15 Раскрывающаяся панель выбора кромок, определяющих линию разъема.

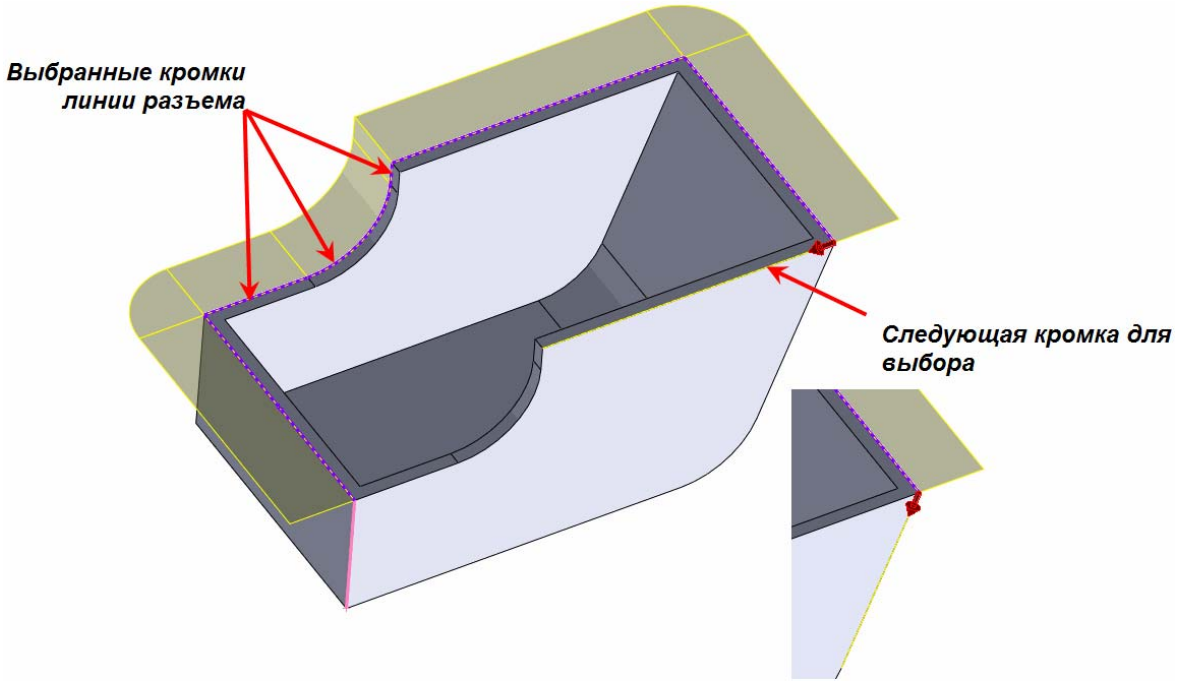


Рис. 10.16 Выбор кромок для создания плоскости разъема.

Предлагаемая для назначения в качестве линии разъема кромка помечается *Solid Works* стрелкой, расположенной вдоль этой кромки. Вы можете согласиться с этим выбором, нажав на клавишу *Добавить выбранную кромку* , либо добавить в создаваемый список кромок соседнюю, прилегающую к вершине прилежащих к концу последней кромки граней (см.рис.10.15). В этом случае необходимо воспользоваться клавишей *Выбрать следующую кромку* . При этом стрелка выбора поменяет свое направление и расположиться вдоль вновь назначаемой кромки, как это показано на врезке рис.10.16.

Аналогичный выбор можно было сделать и не прибегая к услугам описанных выше команд, а выбирать кромки простым указанием на них щелчком мыши. Однако, в отдельных случаях, выбор кромок таким способом может быть затруднен, ввиду малых размеров самой кромки. В таком случае можно приблизить выбираемую кромку, воспользовавшись навигационной опцией *Увеличить выбранную кромку* , а уж затем применить для выбора кромки один из указанных выше вариантов.

Для устранения сделанных в ходе выбора ошибок *Solid Works* предлагает воспользоваться расположенными под окном списка выбранных кромок клавишами *Отменить* и *Повторить*, смысл которых ясен и без специального пояснения.

Как только контур, определяющий линию разъема, будет замкнут – все вспомогательные кнопки навигации будут *Solid Works* автоматически скрыты.

Поверхность разъема – панель, содержащая параметры, определяющие габариты и направление распространения Плоскости разъема.

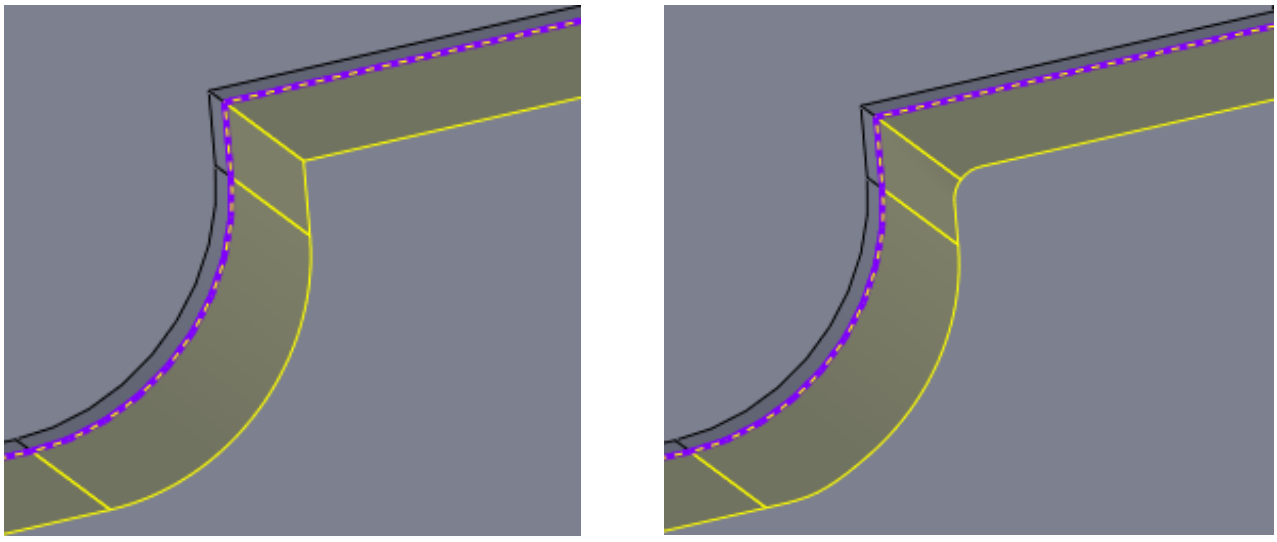
Размеры "юбки" создаваемой плоскости определяются параметром *Расстояние*, вводимым в его окно, а направление ее вектора определяется клавишей *Реверс направления* .

Для вариантов ***Перпендикулярно к поверхности*** и ***По касательной к поверхности*** доступен параметр *Угол* , позволяющий изменить угол от перпендикулярного выбранного направлению натяжения.

С целью создания плавного перехода между смежными кромками, при необходимости, можно воспользоваться параметрами *Сглаживание*, расположенных здесь же, на панели ***Поверхность разъема***.

Для использования доступны варианты:

- *Резкий* - устанавливается по умолчанию - (рис.10.17, ***а***);
- *Плавный переход*, позволяющий создавать более плавный переход между смежными кромками (рис.10.17, ***б***), при чем, большее значение параметра *Расстояние* создает более плавный переход.



а ***б***

Рис. 10.17 Назначение параметров плавного перехода между смежными кромками плоскости разъема.

Панель ***Параметры*** предназначена для установки дополнительных параметров настройки создаваемой поверхности разъема.

- **Предварительный просмотр**. Выберите этот параметр для предварительного просмотра поверхности в графической области. Очистите этот параметр для улучшения быстродействия системы.
- **Сшить все поверхности**. Выберите, чтобы автоматически сшить все поверхности. Для большинства моделей поверхности созданы правильно. Однако, если необходимо починить зазор между близлежащими поверхностями, очистите этот параметр, чтобы предупредить сшивание этих поверхностей, а для их починки следует использовать такие инструменты поверхности, как - ***Поверхность по сечениям*** (см.раздел 10.4) или ***Линейчатая поверхность*** (см.раздел 10.5), а также инструмент ***Сшить поверхность*** (см.раздел 10.14), чтобы вручную сшить поверхности после проведения починки.

Для большинства деталей литейной формы необходимо также создать ***Заблокированные поверхности***. Заблокированные поверхности помогают предотвратить перемещение блоков сердцевины и плоскости. Они расположены по периметру поверхностей разъема. Обычно они имеют угол наклона 5 градусов. При наличии простых моделей можно создавать заблокированные поверхности с помощью тех же инструментов, которые использовались для создания поверхности разъема.

При создании поверхности разъема *Solid Works* автоматически создает папку **Тела поверхности** и **Твердые тела** и помещает в нее соответствующую поверхность.

10.8. Промежуточная поверхность

В *Solid Works* имеется некий набор инструментов, помогающий конструктору при выполнении различного рода проектных работ, связанных с построением генерированием сеток двухмерных элементов при моделировании ограниченных элементов. К числу таких команд принадлежит ***Промежуточная поверхность*** , которая создает поверхность между подходящими выбранными парами граней. Подходящие пары граней должны быть смещены друг относительно друга.

В качестве примеров подходящих пар граней можно принять две параллельные плоскости или две концентрические цилиндрические грани.

При помощи команды ***Промежуточная поверхность*** можно создать, используя различные варианты комбинаций работы с существующими гранями, следующие поверхности:

- *Одну промежуточную поверхность.* Для этого достаточно выбрать одну пару граней в **Графической области** (рис.10.18, ***а***);
- *Несколько промежуточных поверхностей.* Для чего достаточно выбрать соответствующее количество пар смещенных граней в **Графической области** (рис.10.18, ***б***);
- *Все возможные в модели промежуточные поверхности.* Для этого необходимо выбрать параметр (кнопку) **Найти грани по парам,** чтобы система выбрала на модели все подходящие грани.

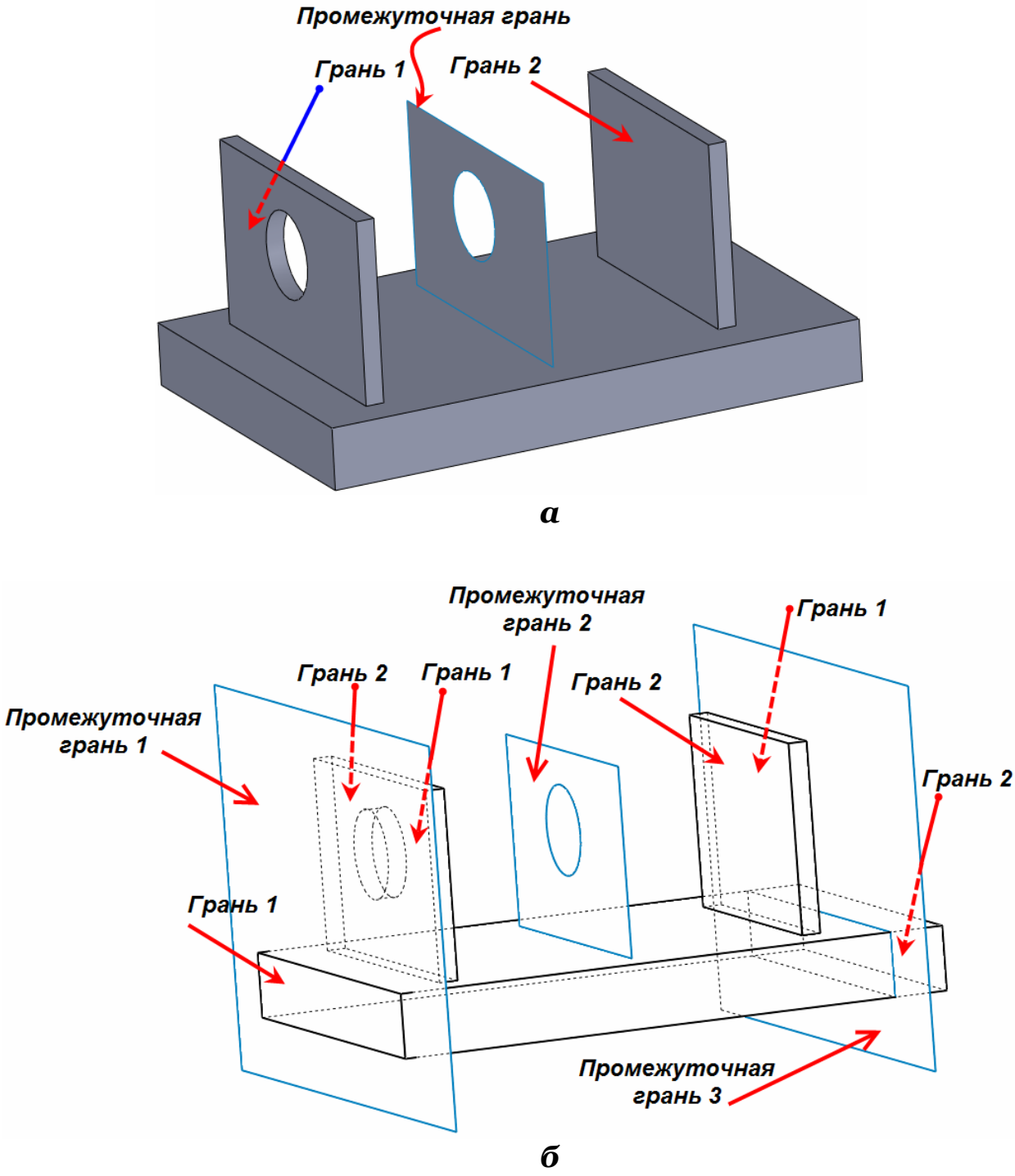


Рис. 10.18 Создание промежуточных поверхностей

Диалоговое окно команды представлено на рис.10.19 и состоит из двух раскрывающихся панелей:

Панель ***Выбор*** – основополагающая панель, предназначенная для выбора базовых граней, служащих граничными условиями при создании промежуточной. Панель содержит следующие параметры настройки:

- **Грань** 1. Задает первую грань пары.
- **Грань** 2. Задает вторую грань пары.

- Обновить пару. Фиксирует созданную пару (появляется после назначения хотя бы одной пары граней).
- **Найти грани по парам.** Выбирает все возможные в модели пары граней.

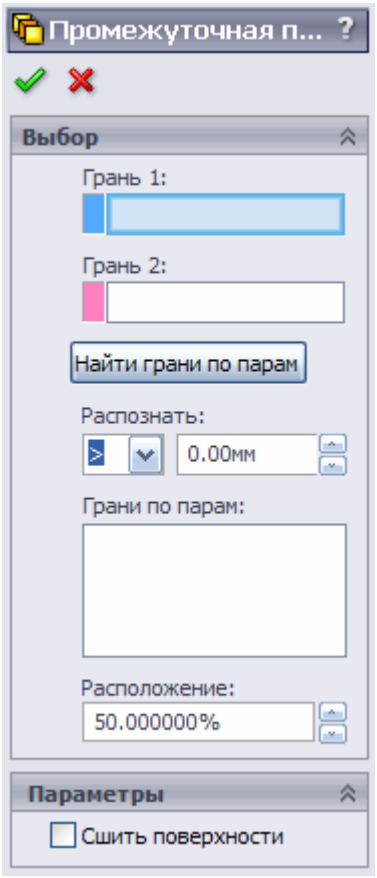


Рис. 10.19 Диалоговое окно команды Промежуточная поверхность

При использовании функции **Найти грани по парам** можно выбрать параметр *Распознать*, чтобы отфильтровать результаты. В основе параметра *Распознать* заложена следующая комбинация:

Функция **Оператор** (= - равно, < - меньше, <= - меньше или равно, > - больше, >= - больше или равно) - это математическая операция.

Функция **Толщина** - это толщина стенки.

Например, можно настроить систему для распознавания всех подходящих пар граней, у которых толщина стенки меньше или равна (<=) 10 мм. При этом, любая пара граней, не отвечающая этим критериям, не включается в результаты.

- **Грани по парам.** Отображает выбранные пары граней.
- **Расположение.** Задает расстояние в процентах от всего расстояния между гранями, исчисляемое от первой грани.

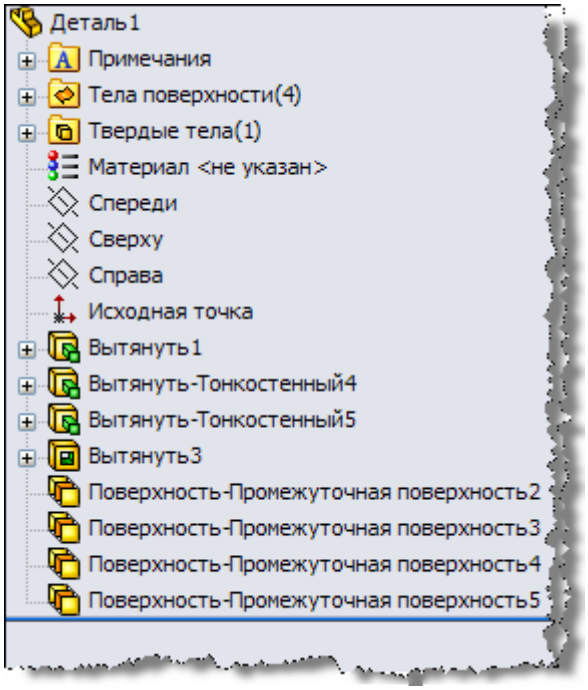
Панель ***Параметры*** содержит один недоступный, по умолчанию, параметр **Сшить поверхности**, который используется в том случае, когда необходимо сшить между собой создаваемые промежуточные поверхности. Чтобы сохранить поверхности как самостоятельные элементы, необходимо снять флажок с параметра **Сшить поверхности**.

Не вдаваясь в подробности конкретного примера, рассмотрим порядок создания промежуточной поверхности.

1. *Активизируйте команду* ***Промежуточная поверхность*** . При этом откроется диалоговое окно команды (см.рис.10.19).
2. *Подсветите текстовое окно* **Грань 1** и выберите в **Графическом поле** первую грань. Грань подсвечивается синим цветом, а ее имя отображается в текстовом окне параметра **Грань 1**.
3. *Подсветите текстовое окно* **Грань 2** и выберите в

Графическом поле вторую грань. Грань подсвечивается розовым цветом. Текстовые окна параметров **Грань 1** и **Грань 2** очищаются, а в текстовом окне параметра **Грани по парам** отображаются имена граней первой пары.

4. Для выбора других пар граней необходимо щелкнуть на кнопке **Обновить пару** и выбрать пару граней в рассмотренном выше порядке.
5. Если требуется выбрать все возможные пары граней, необходимо щелкнуть на кнопке **Найти грани по парам.**
6. В текстовом окне параметра **Расположение** нужно задать необходимое значение для определения положения создаваемой поверхности в процентых долях общего расстояния между базовыми гранями от Грани 1. По умолчанию это значение принимается равным 50%, т.е. промежуточная грань будет создана ровно посередине зазора между выбранными для ее построения гранями.



7. Щелкните на кнопке **ОК,** при этом в **Графическом поле** фиксируется изображение созданной поверхности, в *Дереве конструирования* (рис.10.20) добавляется элемент **Поверхность — Промежуточная поверхность** (с порядковым номером), а в папке **Тела поверхностей** отображается их количество. В приведенном примере создано четыре тела промежуточной поверхности.

Рис. 10.20 Фрагмент Дерева конструирования Промежуточных поверхностей.

10.9. Эквидистанта к поверхности

Команда ***Эквидистанта к поверхности*** создает подобную поверхность, отстоящую на заданном расстоянии от *Исходной поверхности* с той или другой ее стороны (рис.10.21). При этом следует помнить, что эквидистанта не только копирует исходную поверхность, но и изменяет геометрическое место точек создаваемой поверхности, в зависимости от величины и направления вектора ее смещения.

Можно создать эквидистанту к нескольким соприкасающимися граням или поверхностям, что в значительной степени облегчает процесс

создания деталей радиаторного типа со сложным ребром теплообменника.

Можно также создать эквидистанту к поверхности с нулевым расстоянием.

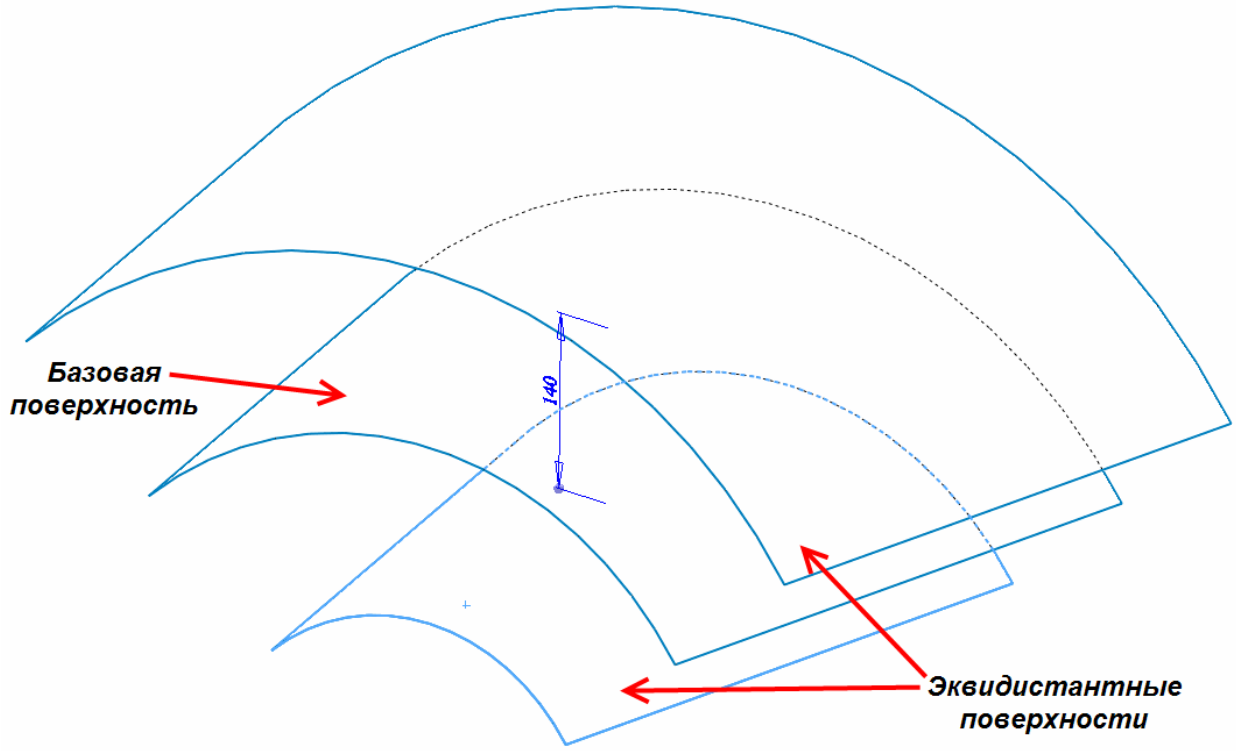
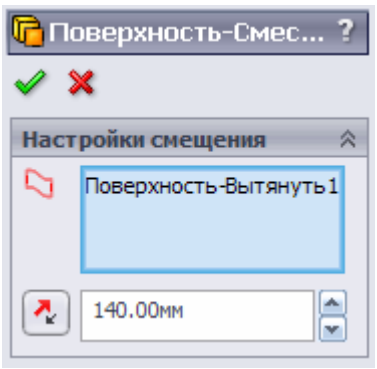


Рис. 10.21 Построение поверхностей, эквидистантных базовой.

Диалоговое окно команды ***Эквидистанта к поверхности*** представлено на рис.10.22, состоит из единственной панели ***Настройки смещения*** и содержит следующие параметры:



- *Грани и поверхности для смещения* - задает грани Исходной поверхности для смещения.
- *Расстояние смещения*. Задает расстояние между исходной и эквидистантной поверхностями.
- *Реверс направления* - управляет положением создаваемой поверхности относительно исходной поверхности.

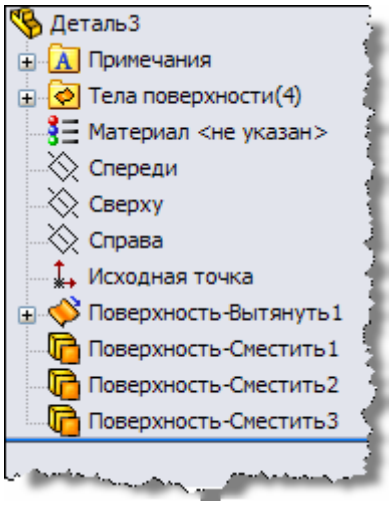
Рис. 10.22 Диалоговое окно команды Эквидистанта к поверхности.

Для создания эквидистанты необходимо выполнить следующие действия.

1. *Активизировать команду*. Открывается диалоговое окно команды.
2. *Подсветить текстовое окно параметра* ***Грани и поверхности для смещения*** и выбрать в **Графическом**

поле исходную поверхность. Она подсвечивается синим цветом, а ее имя отображается в текстовом окне параметра. Выводится динамическое (предварительное) изображение создаваемой поверхности с установками по умолчанию.

3. С помощью параметра ***Реверс направления*** *задать положение создаваемой поверхности* с соответствующей стороны исходной поверхности.
4. В текстовом окне параметра ***Расстояние смещения*** *задать величину смещения создаваемой поверхности.*



5. Щелкнуть на кнопке **ОК**. В **Графическом поле** фиксируется изображение созданной поверхности, в *Дереве конструирования* (рис.10.23) добавляется элемент **Поверхность — Сместить** (с порядковым номером), а в папке **Тела поверхностей** отображается их количество (с учетом исходной поверхности).

Рис. 10.23 Фрагмент Дерева конструирования Эквидистантных поверхностей

10.10. Заполнить поверхность

В процесс проектирования сложных фигур неизбежны случаи, когда в определенных местах поверхности может образоваться полость, которую необходимо заполнить, т.е. поставить на нее "заплатку". Другой, наиболее часто встречающийся вариант использования этой команды – работа с импортированными из других *CAD*-систем поверхностями. Примером такой ситуации может служить многогранное отверстие и оборванный торцевой край проектируемой поверхности, представленные на рис.10.24.

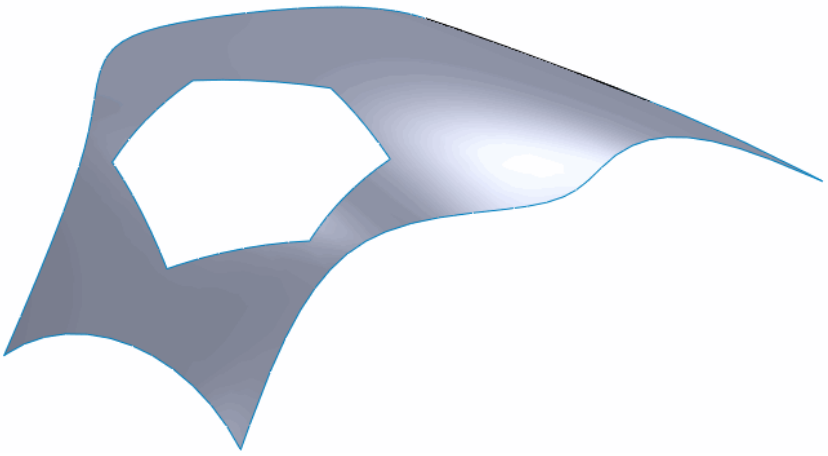


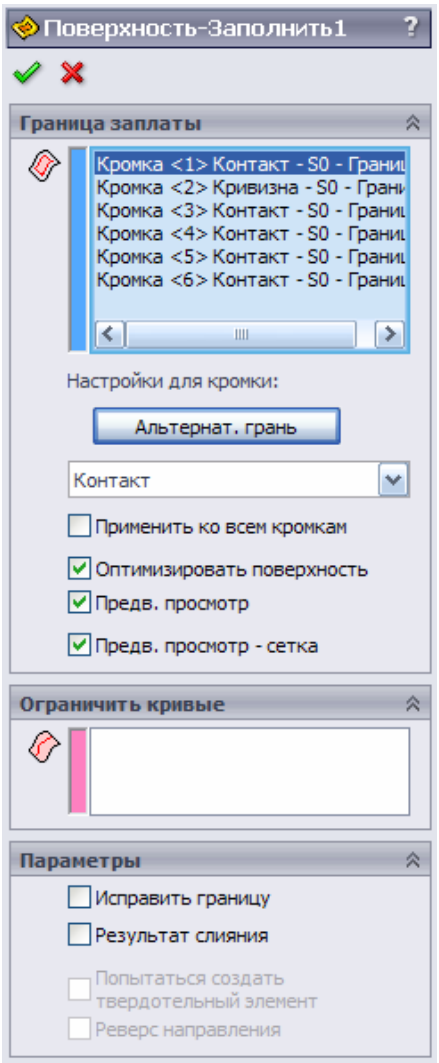
Рис. 10.24 Редактируемая поверхность

Следует заметить, что для процедуры заполнения поверхности подходят только замкнутые контуры, а, следовательно, при наличии открытых контуров, требуется их предварительно закрыть, добавив при помощи объектов эскиза недостающие кромки, как это нам придется сделать для торцевого края проектируемой поверхности.

Для того, чтобы заполнить поверхность требуется вызвать соответствующую команду, расположенную на панели инструментов ***Поверхность***, или вызвать ее из **Главного меню**: *Вставка → Поверхность →* ***Заполнить*** . На рис.10.25 представлено диалоговое окно команды, которое содержит следующие панели настройки параметров для выполнения данной процедуры:

10.10.1. Панель Граница заплаты

o - определяет кромки применяемой заплаты. Для границ имеются следующие свойства и функциональные возможности:



- В качестве границ заплаты можно использовать поверхности или твёрдые кромки, а также двухмерные и трёхмерные эскизы. Поддерживаются также и объединенные кривые.
- Для всех границ эскизов можно выбрать только **Контактную** заплату как тип **Управления кривизной**.

С помощью **Контроля кривизны** (*Настройки для кромки*) определяется желаемый тип контроля за наложением созданной Вами заплаты. Существуют следующие типы **Управления кривизной**:

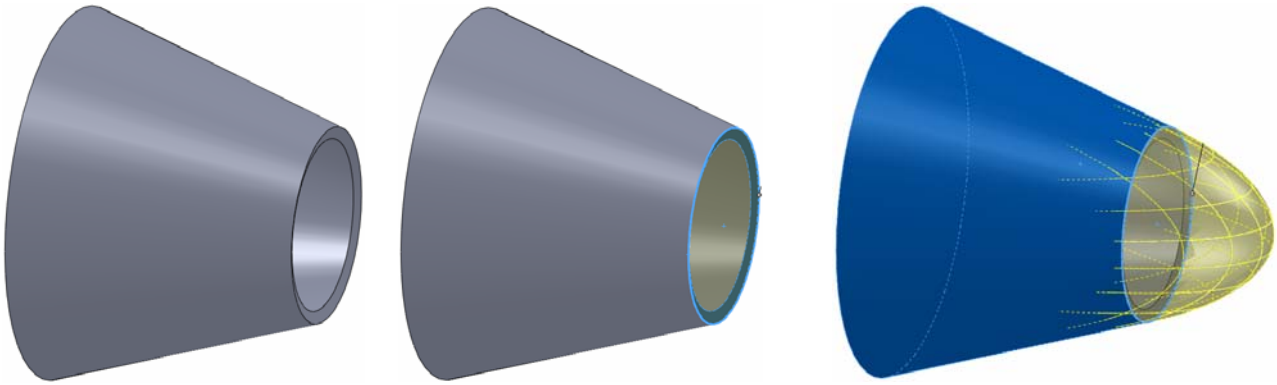
- **Контакт** – создание поверхности в выбранных границах**.**
- **Касательность** – создание поверхности в выбранных границах с сохранением касательности кромок заплаты.
- **Кривизна** – создает поверхность, которая совпадает с кривизной выбранной поверхности по границе кромок с соседней поверхностью.

В одной заплате можно использовать различные типы **Управления кривизной**.

Рис. 10.25 Диалоговое окно команды Заполнить

Помимо этого на панели располагается кнопка параметра **Альтернативная грань,** с помощью которого можно переставить ограничивающую грань для управления кривизной заплаты.

Примечание: Альтернативная грань используется только при создании заплаты на модели твердого тела. При выборе границ функция "Заполнить поверхность" автоматически выбирает направление. В некоторых случаях имеется несколько возможных параметров направления (см.рис.10.26).



а ***б*** ***в***

Рис. 10.26 Пример использования образующей усеченного конуса в качестве Альтернативной грани для получения заплатки на имеющемся твердом теле: ***а*** *– исходная деталь;* ***б*** *– заполнение поверхности в автоматическом режиме создает торцевую пробку на выбранной кромке;* ***в*** *–использование функции Альтернативная грань.*

Используя параметр **Применить ко всем кромкам**, можно использовать одинаковое управление кривизной для всего списка кромок, отмеченных в окне ***Граница заплаты***.

Если эта функция будет активизирована, т.е. помечена флажком, то после выбора параметров **Контакт** или **Касательность** для отдельных кромок, текущий выбранный параметр будет использован для всех кромок списка.

При использовании параметра **Оптимизировать поверхность** применяется упрощенная заплата поверхности, подобная поверхности по сечениям. Потенциальными преимуществами заплаты для оптимизированной поверхности являются более короткое время построения и более высокая стабильность при использовании в сочетании с другими элементами модели.

Примечание: Параметр Оптимизировать поверхность используется при работе с двух- или четырехсторонними поверхностями.

Предварительный просмотр – применяется для отображения предварительного просмотра заполнения поверхности в режиме *Закрасить*.

Предварительный просмотр – сетка – отображение масштабной сетки на заплате, обеспечивающее визуализацию кривизны (см.рис.10.26, ***в***). Параметр Предварительный просмотр - сетка доступен, только если выбран параметр **Предварительный просмотр**.

Кнопка **Реверс поверхности** обеспечивает изменение направления заплаты на поверхности (рис.10.27). Кнопка **Реверс поверхности** является динамичной и отображается только при следующих условиях:

- Все граничные кривые являются компланарными[2];
- Отсутствуют точки ограничений;
- Отсутствуют внутренние ограничения;
- Заполненная поверхность не является плоской;
- Выбраны значения **Касательность** или **Кривизна** для параметра **Контроль кривизны**.

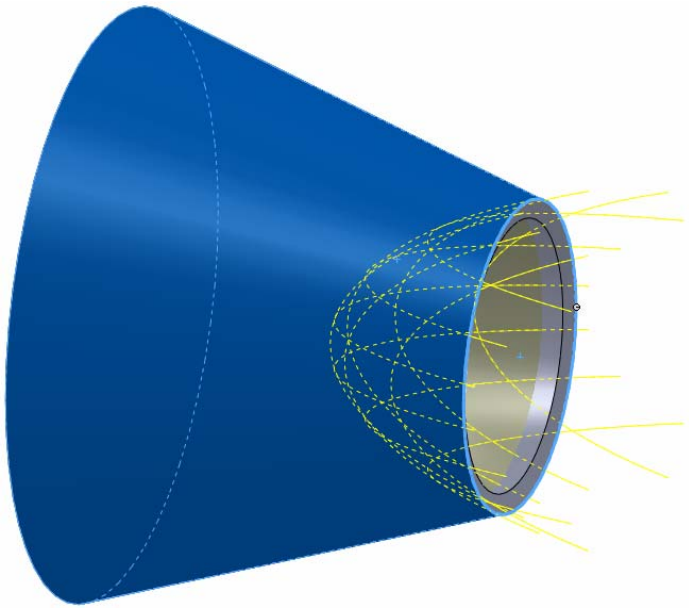


Рис. 10.27 Использование кнопки Реверс поверхности при создании заплаты

10.10.2. Панель Ограничить кривые

позволяет добавить управление наклоном для заплаты. Ограничивающие кривые используются в основном для применения в промышленном проектировании. Можно создать ограничивающую

[2] Complanar (англ.) – лежащий в одной плоскости.

кривую, используя элементы эскиза, например, точки эскиза или сплайны (рис.10.28).

10.10.3. Панель Разрешение

используется в том случае, когда поверхность заполнена неравномерно, в результате чего сетка, формирующая поверхность заплаты, имеет разрывы, можно повысить ее качество, отрегулировав положение бегунка (рис.10.29).

Примечание: Контроль разрешения можно использовать, только когда отключен параметр *Оптимизировать поверхность*.

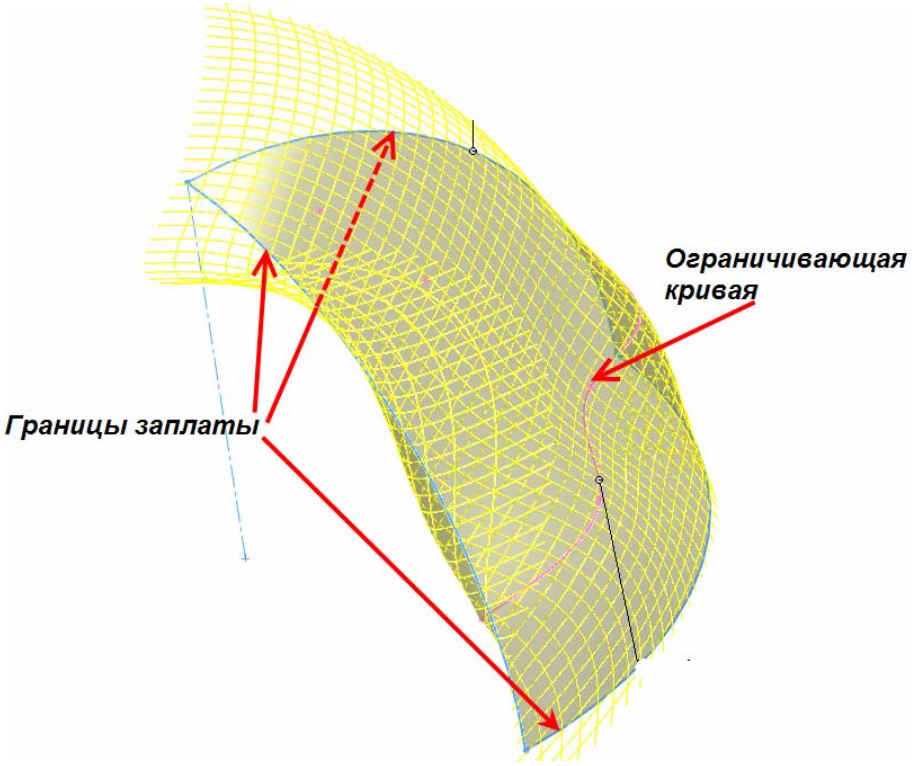
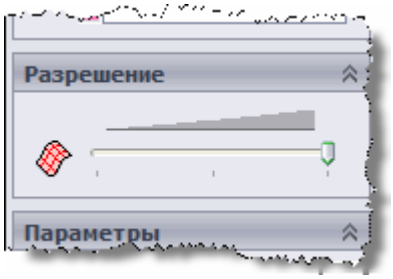


Рис. 10.28 Пример использования ограничивающей кривой при создании поверхности методом заполнения ее границ



По умолчанию для разрешения установлено значение 1. Чтобы увеличить количество заплат, определяющих поверхность, необходимо изменить значение разрешения на 2 или 3. Чем выше значение разрешения, тем выше качество профиля поверхности.

Рис. 10.29 Панель Разрешение

Примечание: Следует помнить, что при изменении разрешения увеличивается размер модели и время её обработки.

Не следует изменять значение по умолчанию, если качество поверхности удовлетворительное.

10.10.4. Панель Параметры

Создавая поверхность при помощи команды ***Заполнить поверхность***, можно получать твердотельный элемент, при этом панель ***Параметры*** включает такие элементы управления, как:

- **Исправить границу** – создает границу путем автоматического построения отсутствующих фрагментов и отсечения слишком больших фрагментов.
- **Результат слияния**

  Этот параметр зависит от границ.

Когда все границы относятся к одному твердому телу, можно использовать заполнение поверхности для создания заплаты на твердом теле.

Если хотя бы одна из кромок является разомкнутой кромкой детали из листового металла и выбран параметр **Результат слияния**, то при ***Заполнении*** поверхности будет выполнена сшивка с поверхностью, к которой относятся кромки.

Если все граничные объекты являются разомкнутыми кромками, то дополнительно может быть создано твердое тело.

Параметр **Результат слияния** позволяет выполнять следующее:

- Рационализировать операцию, устранив операцию **Замена грани**.
- Скрытие деталей твердого тела внутри модели.

- **Попытаться создать твердотельные элементы**

Можно сформировать твердое тело, если все граничные объекты являются разомкнутыми кромками поверхности. Параметр **Попытаться создать твердотельные элементы** отключен по умолчанию.

- **Реверс направления**

При создании заплаты твердого тела с помощью функции заполнения поверхности зачастую возможны два результата. Нажмите **Реверс направления** для исправления, если поверхность отображается в неправильном направлении.

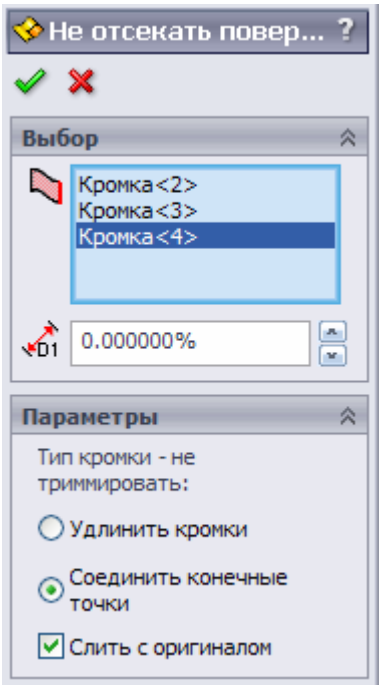
10.11. Не отсекать поверхность

Аналогично только что рассмотренной команде ***Заполнить поверхность*** инструмент ***Не отсекать поверхность***

используется при работе с импортированными поверхностями из других *CAD*-систем.

При использовании параметра ***Не отсекать поверхность*** можно установить заплаты для отверстий поверхности и внешних кромок путем растягивания существующей поверхности вдоль ее естественных границ. Можно также удлинить естественные границы поверхности, указав значение процента, или соединить конечные точки, чтобы заполнить поверхность.

Команда находится на панели инструментов ***Поверхность*** или же её можно вызвать из **Главного меню:** *Вставка → Поверхность → Не отсекать часть поверхности…*



Диалоговое окно инструмента представлено на рис.10.30 и состоит из двух панелей:

- ***Выбор*** – определяет список кромок и граней, характеризующих граничные условия команды и глубину приращения восстанавливаемой поверхности, определяемую параметром *Расстояние*.
- ***Параметры*** – определяет тип восстанавливаемой кромки.

Примечание: *Не отсекать поверхность* удлиняет существующую поверхность, тогда как *Заполнение поверхности* создает разные поверхности, применяет заплату между несколькими гранями, использует ограничивающие кривые и т.д.

Рис. 10.30 Диалоговое окно инструмента Не отсекать поверхность

Рассмотрим характер работы инструмента на конкретном примере. Предположим, что в результате импортирования некоторой модели из другой *CAD*-системы некая поверхность детали была повреждена и находится в состоянии, как показано на рис. 10.31 – серый контур.

Для восстановления поверхности до исходного состояния необходимо указать кромки, которые не требуется отсекать, установив параметр ***Удлинить кромки***.

В зависимости от выбираемой кромки поверхность можно удлинять до ее естественных границ (рис.10.31, ***а***), при этом глубиной удлинения можно распространить область действия за пределами выбранных границ.

В то же время, для ограничения восстановления кромки необходимо ограничить область ее распространения, выбрав смежную кромку, как показано на рис.10.31, ***б*** и ***в***.

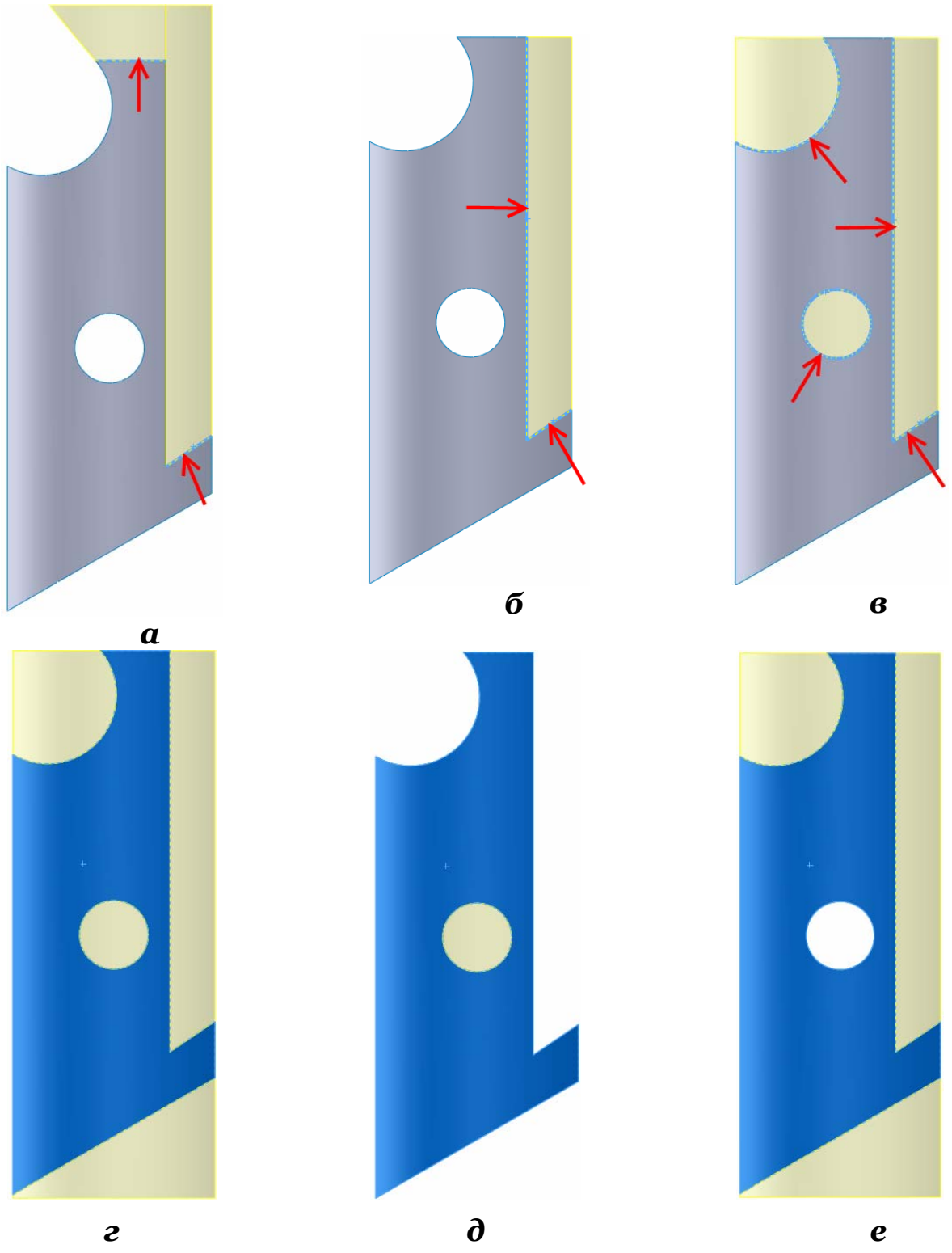
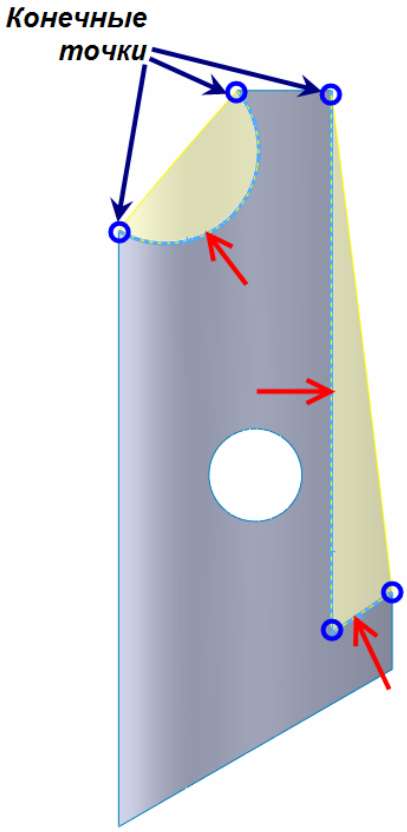


Рис. 10.31 Восстановление кромок (показано стрелками) до указанных границ с учетом оговоренных условий ограничения.

Восстанавливая кромки поверхности можно выбирать всю грань целиком, при этом на панели ***Параметры*** можно, в качестве граничных условий *Тип грани – не триммировать*, принимать:

- Все кромки (рис.10.31, ***г***);
- Внутренние кромки (рис.10.31, ***д***);
- Внешние кромки (рис.10.31, ***е***).

Если в качестве параметра *Тип кромки – не триммировать* выбрать ***Соединить конечные точки***, то удлинение редактируемых кромок будет осуществляться только до вершин кромок, их ограничивающих (рис.10.32).



Для того, чтобы воссоздаваемая поверхность не имела разделительных линий (границ проникновения) "старых" и восстановленных поверхностей, необходимо создать поверхность удлинения, которая сливается с исходной поверхностью. Данную цель можно достичь, выбрав параметр ***Слить с оригиналом*** (значение выбрано *Solid Works* по умолчанию).

Чтобы создать новое отдельное тело поверхности, необходимо очистить параметр ***Слить с оригиналом***, сняв с него флажок.

Исходное и новое тело поверхности отображаются в Дереве конструирования FeatureManager.

Рис. 10.32 Восстановление поверхности с использованием параметра Соединить конечные точки

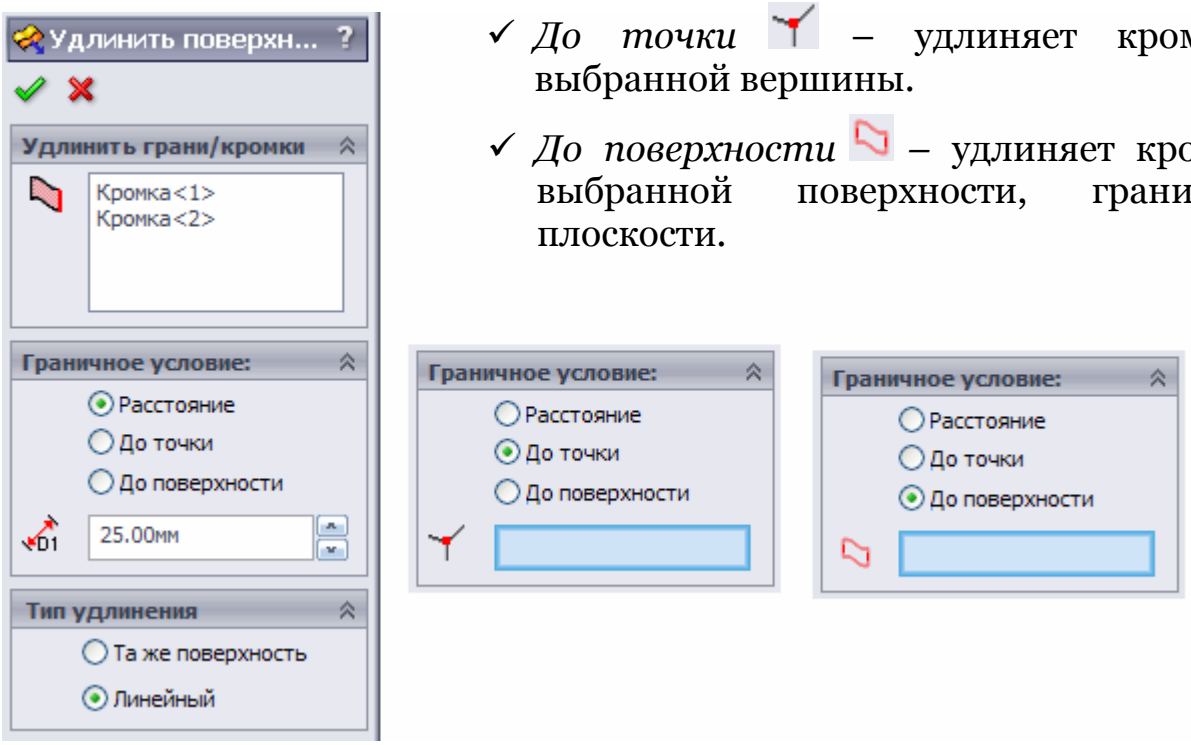
10.12. Удлинение поверхности

Под удлинением поверхности следует понимать увеличение размеров заданного отсека поверхности. Удлинение поверхности осуществляется командой ***Удлинить поверхность***, которая расположена на панели инструментов ***Поверхности*** или в **Главном меню**: *Вставка → Поверхность → Удлинить поверхность*. При этом, можно выполнить как глобальное, так и локальное удлинение поверхности.

Диалоговое окно команды представлено на рис.10.33.

- Панель ***Удлинить грани/кромки*** предназначена для задания подлежащих удалению граней и кромок.
- Панель ***Граничное условие*** содержит следующие параметры:
  - ✓ *Расстояние* – задает способ определения граничного условия для удлинения.

- *Расстояние с текстовым окном* - Задает величину удлинения.



✓ *До точки* – удлиняет кромку до выбранной вершины.

✓ *До поверхности* – удлиняет кромку до выбранной поверхности, грани или плоскости.

Рис. 10.33 Диалоговое окно команды Удалить поверхность.

o Панель ***Тип удлинения*** содержит два параметра:

✓ *Та же поверхность*. Удлинение поверхности выполняется с сохранением ее геометрии.

✓ *Линейный*. Удлинение поверхности выполняется касательно к поверхности.

Для удлинения поверхности необходимо выполнить следующие действия.

1. *Активизировать команду*. Открывается диалоговое окно команды (см.рис.10.33).
2. Для глобального удлинения поверхности необходимо в **Графическом поле** *выбрать поверхность, для локального удлинения* — соответствующие кромки. Их имена отображаются в текстовом окне блока ***Удлинить грани/кромки.*** В **Графическом поле** выводится динамическое изображение создаваемого удлинения (рис.10.34).
3. *Выбрать* ***Граничное условие***. В приведенном примере в качестве граничного условия принят параметр *Расстояние*.
4. В текстовом окне параметра *Расстояние задать величину удлинения*. В приведенном примере она принята равной 40 мм.
5. *Выбрать тип удлинения*. В приведенном примере принят тип удлинения *Та же поверхность*.

Если при выборе типа удлинения указать *Линейный*, то, при прочих равных условиях, оговоренных выше, получится результат, представленный на рис.10.35.

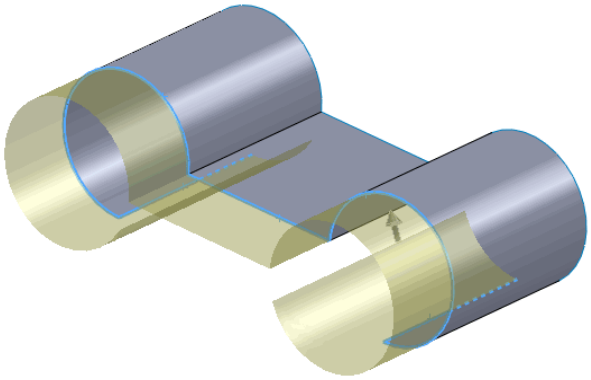


Рис. 10.34 Тип удлинения – Та же поверхность

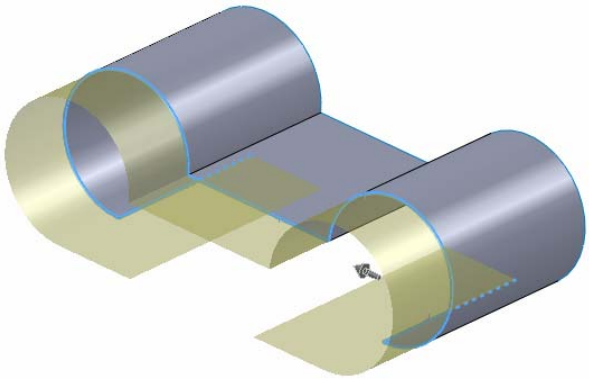
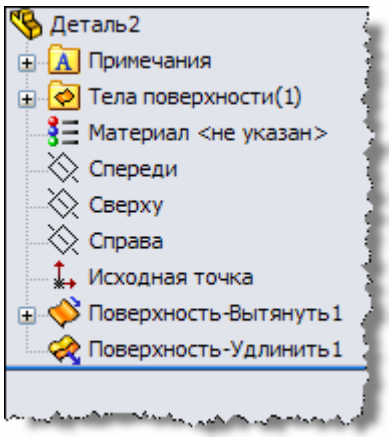


Рис. 10.35 Тип удлинения – Линейный



6. Щелкнуть на кнопке **ОК.** Диалоговое окно команды закрывается, в **Графическом поле** фиксируются внесенные в поверхность изменения, в *Дереве конструирования* добавляется элемент **Поверхность — Удлинить** (с порядковым номером), а в папке **Тела поверхности** указывается их количество.

Рис. 10.36 Фрагмент Дерева конструирования при удлинении поверхности.

10.13. Отсечение поверхности

Отсечение поверхности – операция, аналога которой нет в инструментах с *бобышкой*, однако суть операции отсечения чем-то схожа с работой инструмента ***Вытянутая бобышка/Основание*** – уменьшение линейного размера поверхности.

Для того, чтобы выполнить операции (здесь мы рассмотрим различные варианты работы с командой) по отсечению одной части поверхности от другой, необходимо иметь, как минимум одну поверхность.

Например, в качестве примера, мы имеем взаимно пересекающиеся поверхности, как это показано на рис.10.37.

Чтобы выполнить намеченную операцию, необходимо вызвать команду ***Отсечь поверхность*** , расположенную на панели

Поверхности, или в **Главном меню**: *Вставка → Поверхность → Отсечь…*

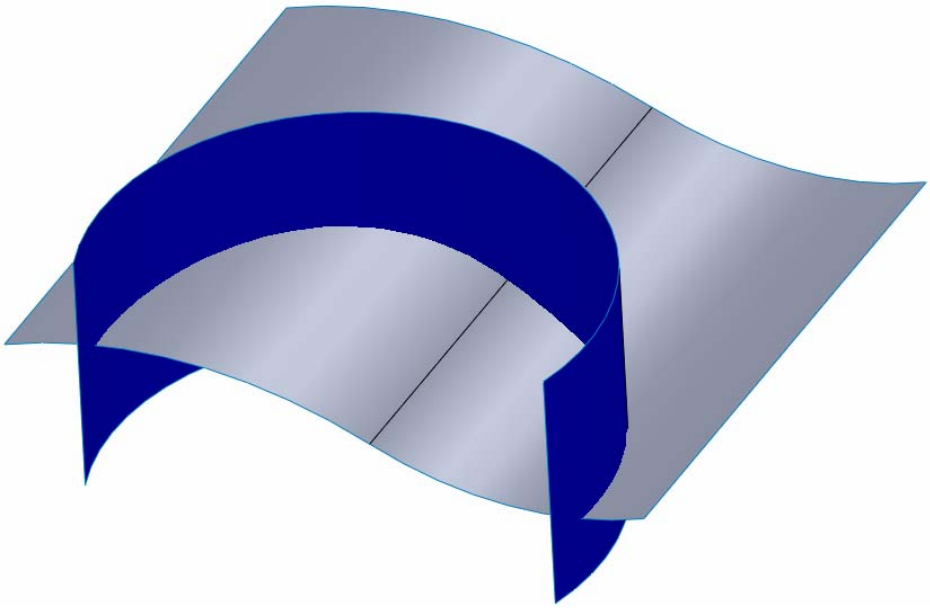
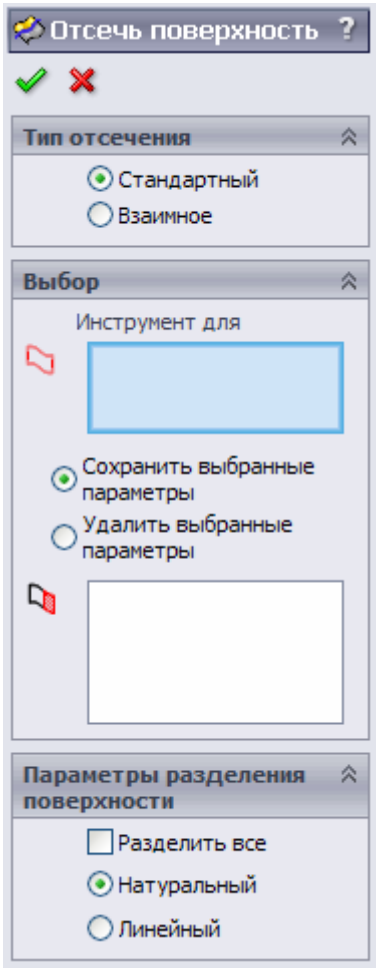


Рис. 10.37 Взаимно пересекающиеся поверхности



Диалоговое окно команды представлено на рис.10.38. Диалоговое окно содержит три панели параметров, описывающих характер выполняемой работы в зависимости от имеющихся "под рукой" инструментов. В частности, первой панелью – ***Тип отсечения*** выбирается:

- *Стандартное* - Отсекает поверхности, используя поверхности, элементы эскиза, кривые, плоскости и т.д. или
- *Взаимное* – отсекает множественные поверхности, используя сами поверхности.

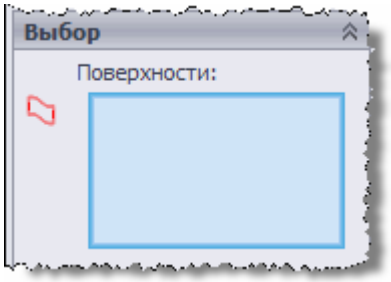
Другими словами, для отсечения от поверхности её части, для формирования некоего профиля, вовсе не обязательно, без нужды, создавать еще одну или несколько поверхностей, а использовать, в качестве секущей плоскости, эскиз.

Рис. 10.38 Диалоговое окно команды Отсечь

Панель ***Выбор*** определяет набор (список) поверхностей, которые участвуют в процессе отсечения и которые при этом выступают в роли секущей, удаляемой или сохраняемой плоскости на выбранном объекте:

- *Инструмент для* - (доступен при выбранном параметре **Стандартное** в поле **Тип отсечения**). В качестве

инструмента, который отсекает другие поверхности могут быть приняты:



- поверхность,
- элемент эскиза,
- кривая или
- плоскость в **Графической области**.

Рис. 10.39 Параметр выбора секущей поверхности

- *Поверхности* - (доступен при выбранном параметре **Взаимное** в поле **Тип отсечения**). В качестве инструмента, который отсекает другие поверхности могут быть выбраны множественные поверхности расположенные в **Графической области** объекта проектирования (рис.10.39).

Для непосредственного выполнения операции отсечения необходимо определиться с тем, что мы хотим получить в конечном результате, т.е. назначить один из следующих параметров:

- *Сохранить выбранные параметры* - оставляет поверхности, перечисленные в поле **Сохранить части**. Пересекающиеся поверхности, не содержащиеся в списке **Сохранить части**, будут потеряны.
- *Удалить выбранные параметры* - удаляет поверхности, перечисленные в разделе **Удалить части**. Пересекающиеся поверхности, не содержащиеся в списке **Удалить части**, сохраняются.

Панелью ***Параметры разделения поверхности*** определяются граничные условия, исполняемые командой при отсечении поверхности. Различают два типа параметра:

- *Натуральный* – заставляет граничные кромки следовать форме поверхности, другими словами – заставляет границу разделения следовать за кривой (см.рис.10.40, ***б***);
- *Линейный* – заставляет граничные кромки следовать линейному направлению точки отсечения (см.рис.10.40, ***в***)

Флажок *Разделить все* может использоваться при выборе обоих типов граничных условий, поскольку его активация отображает или скрывает все возможные разъемы поверхности.

Поскольку в команде Отсечь имеется два возможных типа отсечения, то рассмотрим порядок работы с ней в отдельности для каждого типа.

Для отсечения поверхности с использованием типа отсечения **Стандартный**, необходимо выполнить следующие действия:

1. *Создать секущий объект*. В качестве секущего объекта в приведенном примере принят эскиз, перпендикулярный плоскости **Сверху** (рис.10.40, **а**).
2. *Активизировать команду* ***Отсечь*** , при этом открывается диалоговое окно команды (см.рис.10.38).
3. *Выбрать тип отсечения*. В приведенном примере рассматривается тип отсечения **Стандартный**.
4. Выбрать в **Графическом поле** прямым указанием подлежащую сохранению часть поверхности. Ее имя отображается в текстовом окне параметра **Удалить части** .
5. *Выбрать параметр*, например, **Сохранить выбранные параметры**.
6. На панели ***Параметры разделения поверхности***, в зависимости от требуемого результата, выбрать параметр ***Натуральный*** (рис.10.40, ***б***) или ***Линейный*** (рис.10.40, ***в***).
7. *Щелкнуть на кнопке* **ОК.** Диалоговое окно команды закрывается, в **Графическом поле** сохраняется выбранная часть подлежащей отсечению поверхности, а также секущий объект (рис.10.40, ***г***). В *Дереве конструирования* добавляется элемент ***Поверхность — Отсечь*** (с порядковым номером), а в папке ***Тела поверхности*** указывается их количество.

При отсечении части поверхности в режиме **Стандартного** типа отсечения и секущая и отсекаемая плоскости (за исключением отсечённого участка) остаются в **Графической области**, а потому, при необходимости, можно скрыть секущий объект. Для этого достаточно вывести на нем контекстное меню и выбрать в нем команду ***Скрыть*** .

Для **Взаимного** отсечения поверхностей необходимо выполнить следующие действия:

1. *Иметь две поверхности* (см.рис.10.37).
2. *Активизировать команду* ***Отсечь*** , в результате чего открывается диалоговое окно команды (см.рис.10.38).
3. *Выбрать тип отсечения* **Взаимное**.
4. Выбрать в **Графическом поле** обе пересекающиеся поверхности прямым указанием. Их имена отображаются в текстовом окне параметра *Поверхности*.
5. Включить, например, параметр **Сохранить выбранные параметры**.

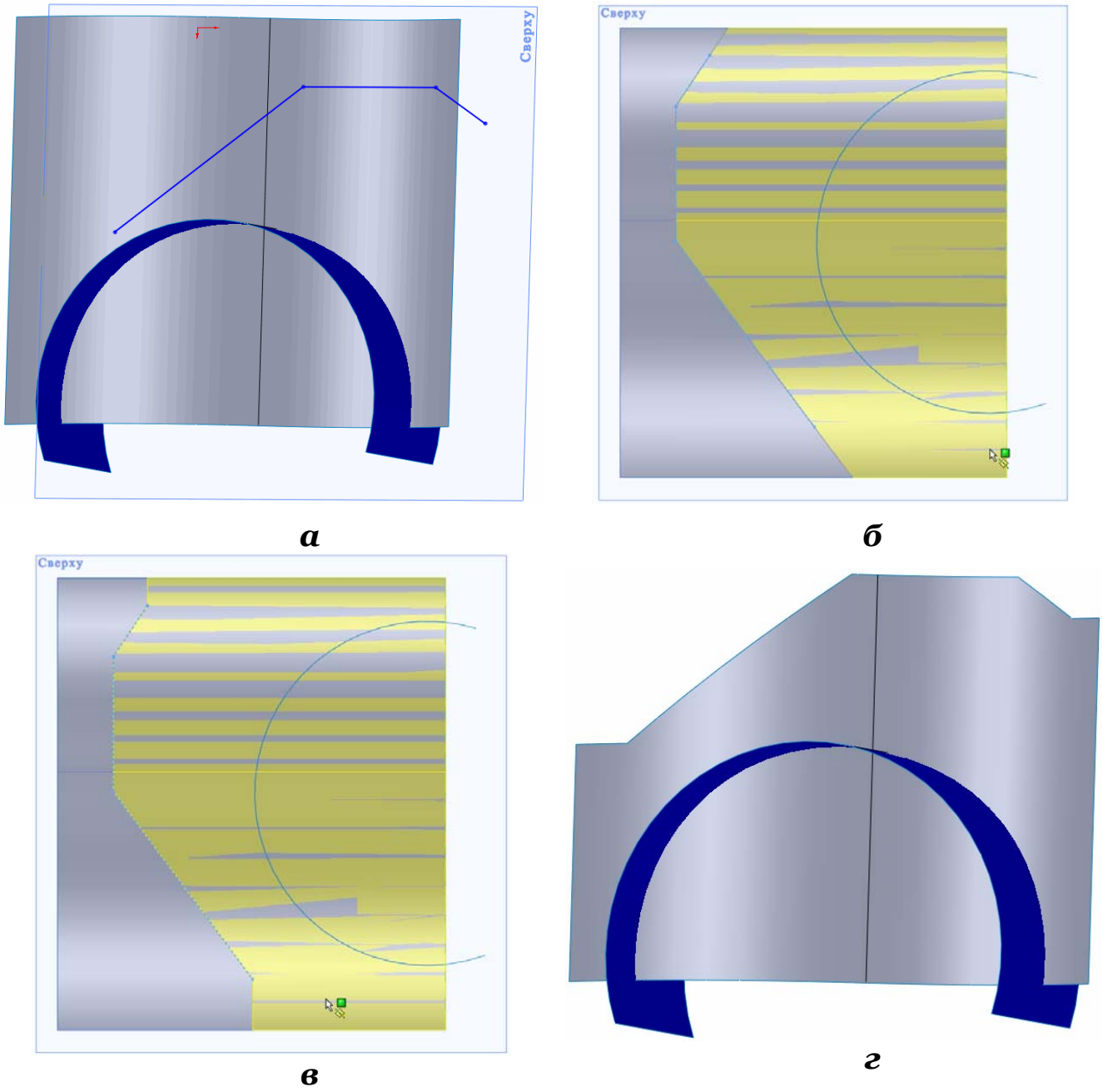


Рис. 10.40 Отсечение поверхности эскизом незамкнутой кривой в Стандартном режиме.

6. Подсветить текстовое окно параметра *Оставить* и выбрать в **Графическом поле** прямым указанием подлежащие сохранению части поверхностей. Их имена отображаются в текстовом окне параметра, а подлежащие сохранению части поверхностей в **Графическом поле** подсвечиваются сиреневым цветом.

7. На панели ***Параметры разделения поверхности***, в зависимости от требуемого результата, выбрать параметр ***Натуральный*** или ***Линейный***. В рассматриваемом примере был выбран параметр ***Натуральный***, а, в дополнение к нему, установлен флажок *Разделить все* (рис.10.41, ***а***).

8. *Щелкнуть на кнопке* **ОК**. Диалоговое окно команды закрывается, в **Графическом поле** сохраняется выбранная часть подлежащей отсечению поверхности (рис.10.41, ***б***). В *Дереве конструирования* добавляется элемент ***Поверхность — Отсечь*** (с порядковым номером).

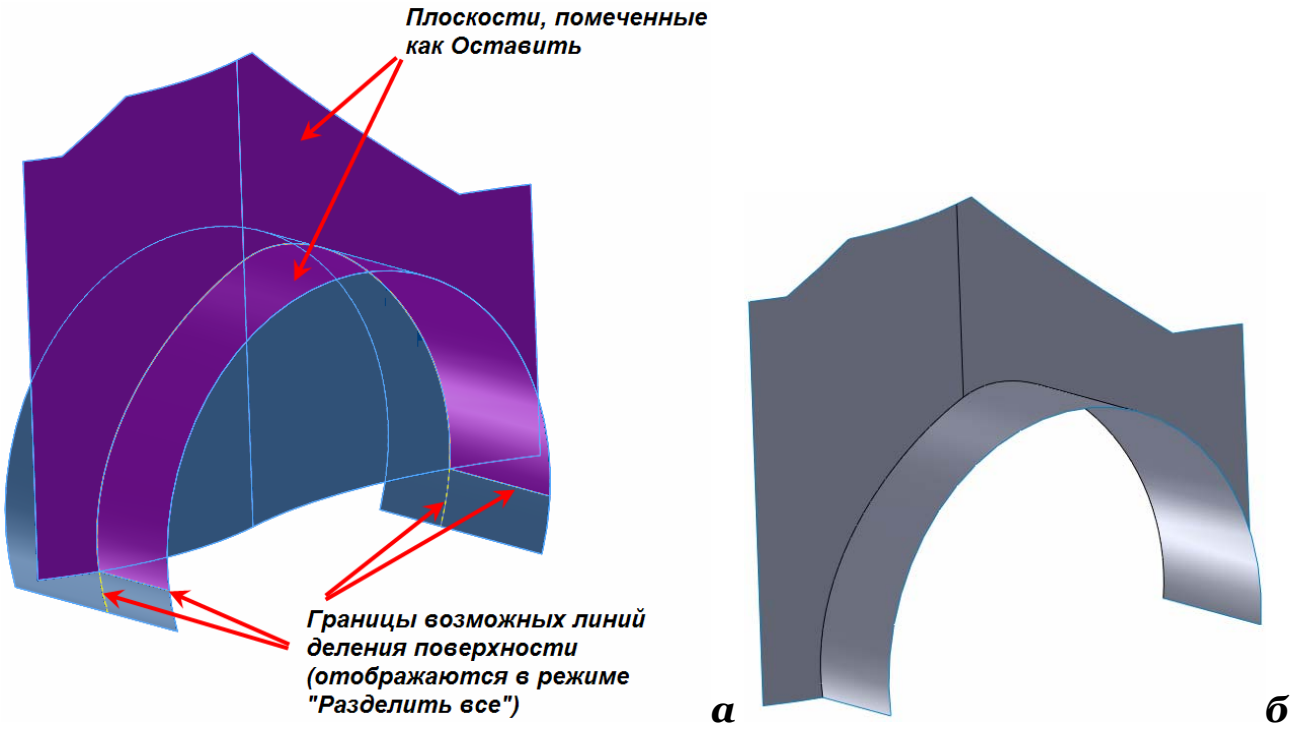


Рис. 10.41 Отсечение поверхности в режиме Взаимного отсечения

При этом, все ранее созданные поверхности, участвующие в процессе данного отсечения, объединяются в единое тело, а потому в папке ***Тела поверхности*** указывается их количество, с учетом объединения. В рассматриваемом примере, в результате выполнения операции ***Отсечь***, обе поверхности составили единое, неразделяемое тело.

10.14. Скругление поверхности

Под скруглением поверхности следует понимать создание переходного криволинейного элемента между двумя смежными гранями в теле поверхности.

Скругление поверхности создается командой ***Скругление*** , которая работает так же, как и для твердых тел, но с небольшими исключениями.

Можно выполнять следующие операции:

- ✓ скруглять кромки тела поверхности;
- ✓ создавать скругления поверхностей с несколькими радиусами;
- ✓ создавать скругления между двумя поверхностями или скругления с гладкой стыковкой граней;

- ✓ добавлять параметры уменьшения в скругления поверхностей;
- ✓ создавать скругления поверхностей с линиями сопряжения;
- ✓ отсекать или сохранять скругленные поверхности в скруглении с гладкой стыковкой граней.

Нельзя выполнять следующие операции:

- ✓ создавать скругление с переменным радиусом на поверхности;
- ✓ сохранить вырез в теле поверхности с помощью параметра *Оставить элементы*;
- ✓ выбрать поверхность для скругления по элементу.

Диалоговое окно команды для скругления поверхностей и порядок их создания совпадает с диалоговым окном для скругления твердых тел и порядком их создания.

10.15. Объединение поверхностей. Сшить поверхность

В процессе создания цифрового образа детали сложной геометрической формы, не всегда имеется возможность получения единой поверхности, описывающей форму изделия. В результате, создаваемое тело состоит как бы из заплат – отдельных поверхностей, создающий облик будущего изделия, которые, безусловно, необходимо объединить.

Для объединения нужно иметь две или больше поверхностей со смежными и не перекрывающимися кромками (рис.10.42). Кромки поверхностей необязательно должны быть на одной и той же плоскости.

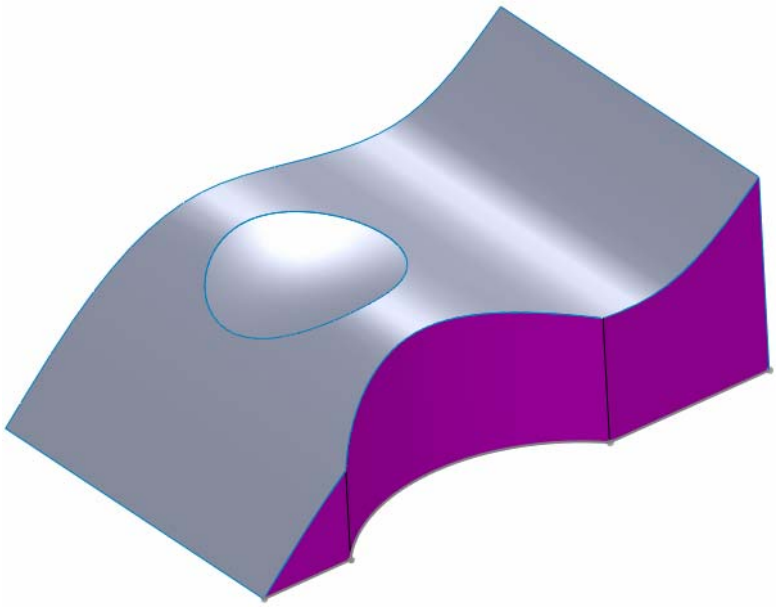
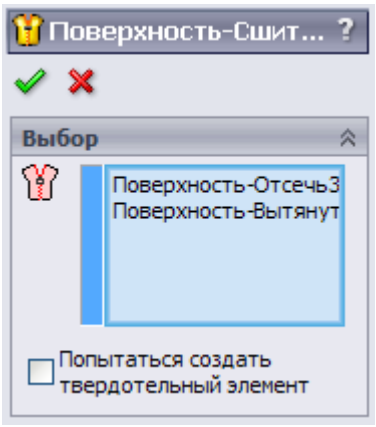


Рис. 10.42 Тело изделия, состоящее из двух поверхностей.

Чтобы выполнить процедуру объединения поверхностей в единое тело, необходимо воспользоваться специальным инструментом – ***Сшить поверхность***, диалоговое окно которого представлено на рис.10.43.

Диалоговое окно инструмента содержит следующие параметры:



- ✓ *Сшить грани и поверхности* . Задает поверхности для объединения.
- ✓ *Попытаться создать твердотельный элемент*. Параметр может быть использован, когда объединяются поверхности для создания замкнутого объема.

Рис. 10.43 Диалоговое окно инструмента Сшить поверхность

Для объединения поверхностей необходимо выполнить следующие действия.

1. *Активизировать команду*. Открывается диалоговое окно команды (рис.10.43).
2. *Выбрать подлежащие объединению поверхности*. Их имена отображаются в текстовом окне параметра ***Сшить грани и поверхности***. В **Графическом поле** выбранные поверхности подсвечиваются зеленым цветом.
3. В случае создания замкнутого объема и необходимости создать твердое тело включить параметр ***Попытаться создать твердотельный элемент***.
4. *Щелкнуть на кнопке* **ОК**. Диалоговое окно команды закрывается, объединенному телу присваиваются единые свойства (рис.10.44), в *Дереве конструирования* добавляется элемент ***Поверхность — Сшить*** (с порядковым номером), а в папке ***Тела поверхности*** указывается их количество.

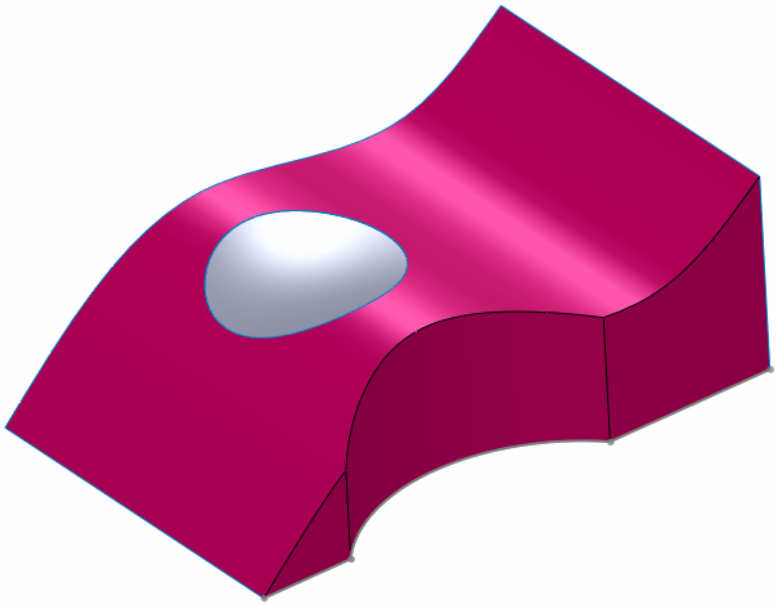


Рис. 10.44 Объединенные поверхности тела

10.16. Замена грани

Команда ***Заменить грань***, представленная в **Главном меню** : *Вставка → Грань* (инструмент команды находится в панели ***Поверхности***), заменяет грань твердотельного элемента или грань поверхности гранью поверхности с другими геометрическими характеристиками.

В основном эта команда используется для работы с твердыми телами, однако в ряде случаев она может быть полезна и при работе с поверхностями.

Заменять можно как плоские, так и криволинейные грани. Однако в последнем случае не должны образовываться самопересекающиеся элементы.

Тело поверхности для замены может быть следующих типов:

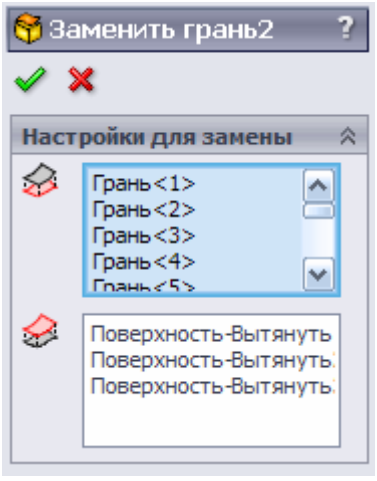
- ✓ Любой тип элемента поверхности, например: вытянуть, по сечениям, заполнить и т.д.
- ✓ Тело из сшитых поверхностей или сложное импортированное тело поверхности.
- ✓ Обычно шире и длиннее заменяемых граней. Однако в некоторых случаях, когда тело поверхности для замены меньше, чем грани для замены, тело поверхности для замены удлиняется для приведения в соответствие со смежными гранями.

Для замены может быть использована поверхность любого типа. В общем случае она должна перекрывать заменяемую грань. У целевой грани не требуется наличия тех же границ, что и в исходной грани.

Грани для замены имеют следующие характеристики:

- ✓ Должны быть соединены.
- ✓ Необязательно должны быть касательными.

Диалоговое окно команды представлено на рис 10.45. и состоит из единственной панели параметров ***Настройки для замены***, включающей в себя:



- o *Грани для замены* – задает подлежащие замене поверхности. Подлежащие замене грани выбираются в **Графическом поле** прямым указанием.
- o *Поверхность для замены* – задает предназначенные для замены поверхности. Поверхности выбираются в графическом поле прямым указанием.

Рис. 10.45 Диалоговое окно Заменить грань

Для замены грани твердотельного элемента (рис.10.46) необходимо выполнить следующие действия:

1. *Создать необходимые для замены поверхности* (рис.10.47).
2. *Активизировать команду* ***Заменить грань*** . Открывается диалоговое окно команды (рис.10.46).

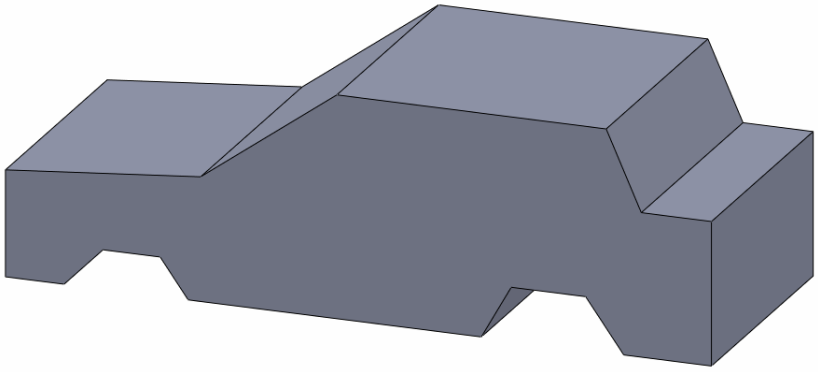


Рис. 10.46 Исходная твердотельная модель изделия

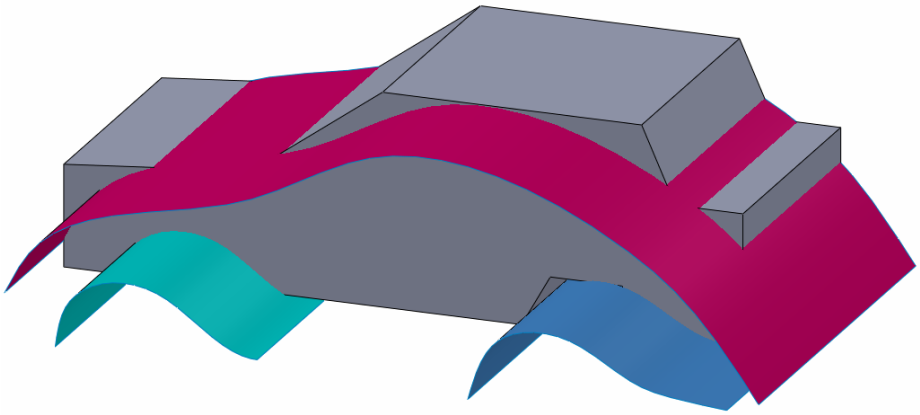


Рис. 10.47 Модель, с наложенными на нее заменяющими гранями

3. В **Графическом поле** *выбрать подлежащие замене поверхности*. Выбранные поверхности подсвечиваются синим цветом, а их имена отображаются в текстовом окне параметра *Грани для замены* .
4. Подсветить текстовое окно параметра *Поверхность для замены* и выбрать в **Графическом поле** целевые поверхности. Выбранные поверхности подсвечиваются синим цветом, а их имена отображаются в текстовом окне параметра *Поверхность для замены* .

Примечание: Поверхности для замены нужно выбирать в том же порядке, в котором они будут заменять целевые грани.

5. *Щелкнуть на кнопке* **ОК**. Диалоговое окно команды закрывается, в **Графическом поле** отображается элемент с новой гранью (рис.10.48), в *Дереве конструирования*

добавляется элемент ***Заменить грань*** (с порядковым номером).

6. *Скрыть целевые поверхности*, для чего, выделив их в *Дереве конструирования*, вывести на них контекстное меню и выбрать в нем команду ***Скрыть*** .

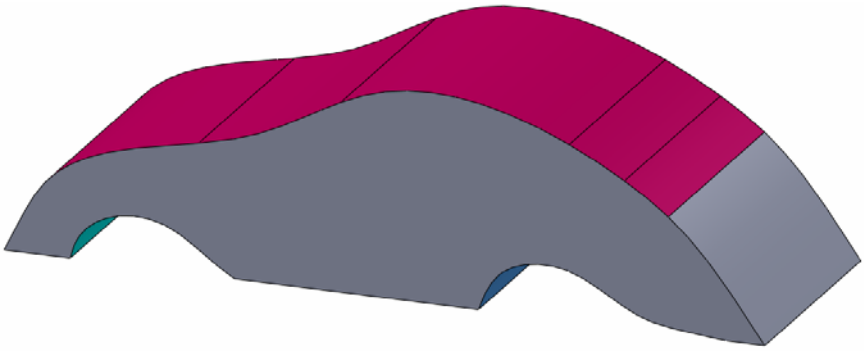
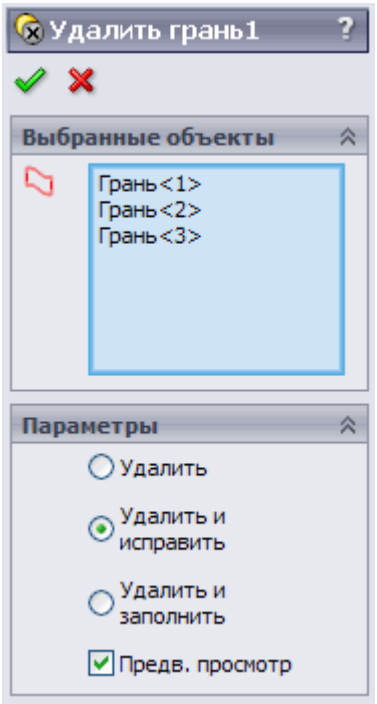


Рис. 10.48 Результирующая модель после Замены граней

10.17. Удаление грани

Команда ***Удалить грань*** , представленная в **Главном меню**: *Вставка → Грань* (инструмент команды находится в панели ***Поверхности***), удаляет грани поверхности, а также грани твердотельного элемента, образуя при этом грани поверхностей.

В основном эта команда используется для работы с твердыми телами, однако в ряде случаев она может быть полезна и при работе с поверхностями.



Диалоговое окно команды представлено на рис.10.49.

Панель ***Выбранные объекты*** содержит только один параметр *Удалить грани* с текстовым окном, предназначенный для задания подлежащих удалению граней.

Панель ***Параметры*** содержит следующие параметры:

- ✓ *Удалить* - удаляет выбранные грани, превращая твердое тело в сшитые поверхности;
- ✓ *Удалить и исправить* - удаляет грань с тела поверхности или твердотельного элемента и автоматически замещает ее заплатой на теле;
- ✓ *Удалить и заполнить* - удаляет одну или несколько граней с твердотельного элемента для создания поверхностей

Рис. 10.49 Диалоговое окно команды Удалить грань

Параметр *Предварительный просмотр* доступен, если выбраны параметры *Удалить и исправить* или *Удалить и заполнить*.

Примечание: **Если выбран параметр *Удалить и заполнить*., то становится доступным еще один параметр - *Заполнение касательности*.**

Для изучения вопросов удаления граней поверхности воспользуемся примером, полученным в предыдущем разделе (см.рис.10.48).

1. *Активизируем команду* ***Удалить грань*** . Открывается диалоговое окно команды (рис.10.49).
2. В **Графическом поле** выберем подлежащие удалению грани (рис.10.50). Выбранные грани подсвечиваются синим цветом, а их имена отображаются в текстовом окне параметра *Удалить грани* .

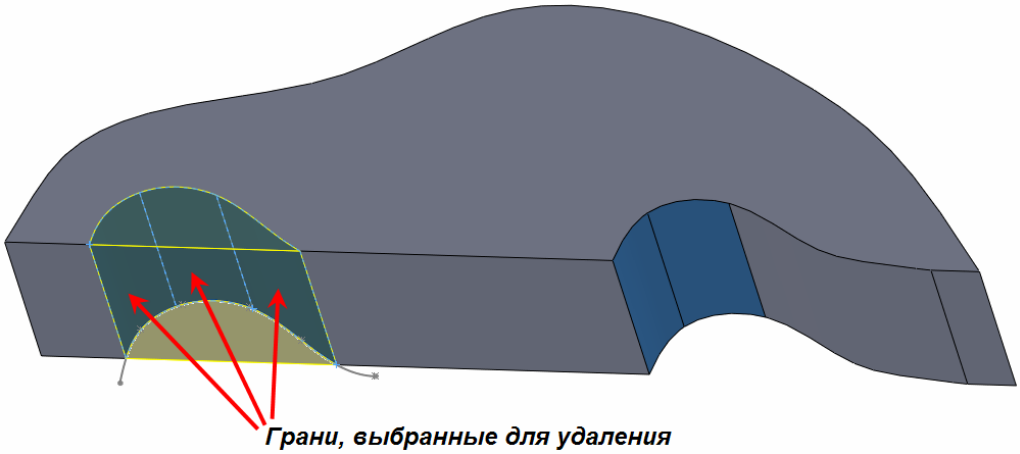


Рис. 10.50 Выбор граней в режиме Удалить и исправить

3. На панели ***Параметры*** включить параметр *Удалить и исправить*.
4. *Щелкнуть на кнопке* **ОК**. Диалоговое окно команды закрывается, в **Графическом поле** отображаются сохраненные грани поверхности (рис.10.51), в *Дереве конструирования* добавляется элемент ***Удалить грань*** (с порядковым номером).

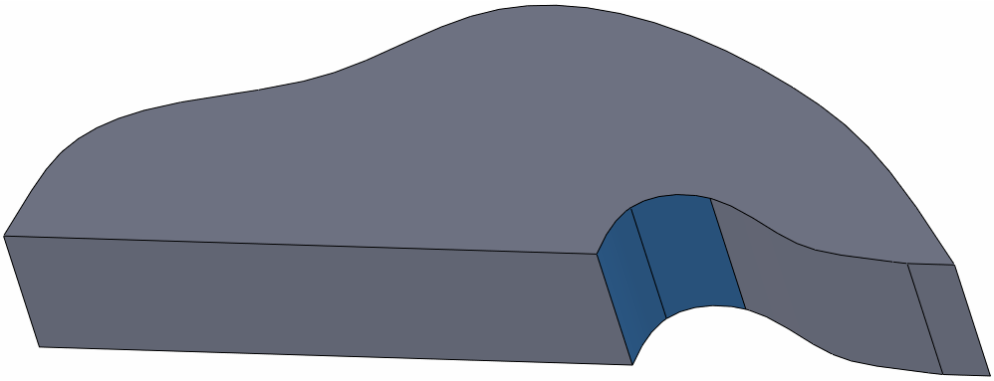


Рис. 10.51 Результат удаления граней с исправлением поверхности

Для того, чтобы объединить границы граней, превратив их в единую грань применяется параметр *Удалить и заполнить*. Чтобы выполнить это действие, необходимо:

1. Повторить п. 1 и 2 предыдущего примера. В качестве объединяемых поверхностей выберем поверхности, показанные на рис.10.52.

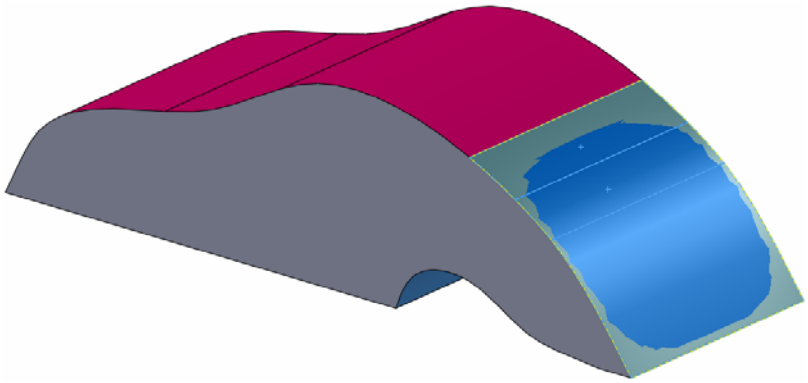


Рис. 10.52 Выбор граней Удаления и заполнения

2. На панели ***Параметры*** включить параметр *Удалить и заполнить*.
3. *Щелкнуть на кнопке* **ОК**. Диалоговое окно команды закрывается, в **Графическом поле** отображаются сохраненные грани поверхности (рис.10.53), в *Дереве конструирования* добавляется элемент ***Удалить грань*** (с порядковым номером).

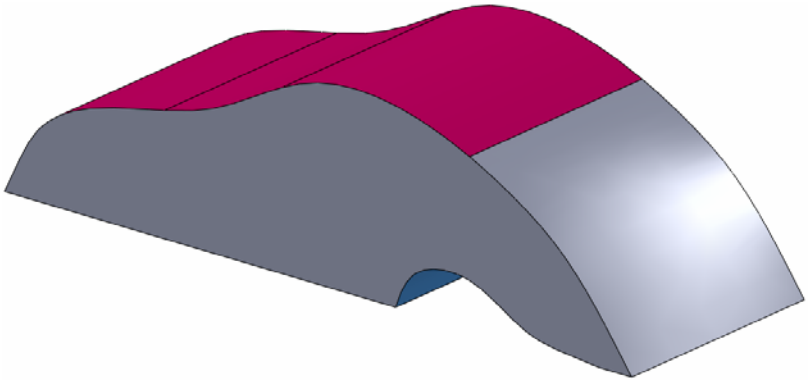


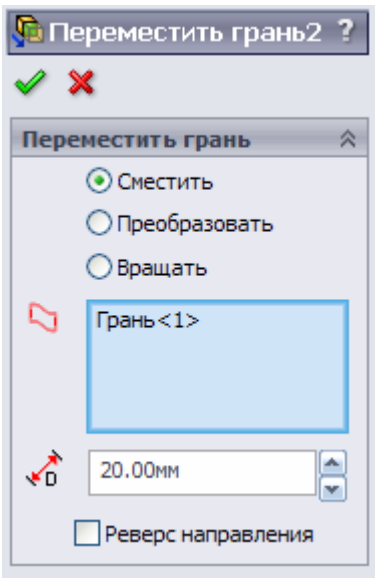
Рис. 10.53 Удаленные и объединенные грани в модели

При назначении параметра *Удалить* команда ***Удалить грань*** работает аналогично команде ***Оболочка*** в бобышке, за исключением лишь того, что результатом действия команды ***Удалить грань*** будет представление твердого тела, как сшитая поверхность.

10.18. Перемещение грани

Команда ***Переместить грань*** работает как с гранями твердотельных элементов, так и с гранями поверхностей. Однако в последнем случае имеются некоторые особенности.

Команда представлена в **Главном меню**: *Вставка* → *Грань*, инструмент команды находится в панели ***Инструменты для литейной формы***.



Диалоговое окно команды представлено на рис.10.54 и состоит из единственной панели ***Переместить грань,*** включающей в себя такие параметры, как:

- ✓ *Сместить* - смещает выбранную грань поверхности на заданное расстояние. По умолчанию смещение выбранной грани происходит параллельно ее исходному положению. Однако при этом плоские грани смещаются без искажения, а перемещение криволинейной грани приводит к образованию эквидистантной поверхности.

Рис. 10.54 Диалоговое окно команды Переместить грани.

- ✓ *Преобразовать* - смещает выбранную грань поверхности на заданное расстояние в заданном направлении. И плоские, и криволинейные грани смещаются без искажения.
- ✓ *Вращать* - поворачивает выбранную грань поверхности на указанный угол вокруг выбранной оси.

В окне параметра *Грани для перемещения* указываются списки граней, выбранных непосредственно в **Графическом поле** подлежащих к перемещению граней поверхности.

Параметр *Расстояние* задает величину смещения выбранной грани. Этот параметр доступен, если выбраны параметры *Сместить* или *Преобразовать*. В случае же, когда выбирается параметр *Вращать, активизируется параметр Угол уклона*, который задает угол наклона грани.

Реверс направления - изменяет направление перемещения грани на противоположное.

10.19. Преобразование поверхности в твердотельный элемент

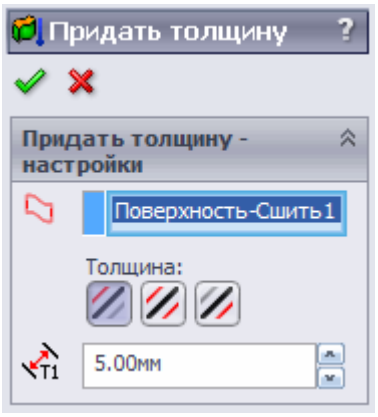
Как бы ни была сложна деталь по форме ее внешних границ, в конечном итоге нам требуется получить твердое тело, т.к. поверхность, как мы уже выяснили ранее, не имеет толщины, а это обстоятельство затрудняет работу с подобной деталью при проектировании оборудования.

Преобразовать поверхность в твердотельный элемент можно с помощью команды ***Придать толщину***, представленной в **Главном**

меню: *Вставка → Бобышка/основание* (инструмент команды находится в панели ***Поверхности***).

Команда преобразует поверхность в бобышку, при этом:

- Если поверхность образует замкнутый объем, то может быть создана бобышка или тонкостенный элемент.
- Если поверхность, которой нужно придать толщину, состоит из нескольких смежных поверхностей, необходимо предварительно их сшить.



Диалоговое окно команды представлено на рис.10.55 и содержит следующие параметры:

- *Придать толщину поверхности* - Задает подлежащие преобразованию поверхности.
- *Придать толщину обеим сторонам* - управляет направлением вытягивания толщины по отношению к исходной поверхности. Включает в себя варианты, представленные инструментами команд:

Рис. 10.55 Диалоговое окно инструмента Придать толщину

Придать толщину стороне 1;

Придать толщину обеим сторонам;

Придать толщину стороне 2.

Параметр *Толщина* задает толщину создаваемого твердотельного элемента.

Для создания бобышки из разомкнутой поверхности необходимо выполнить следующие действия.

1. *Активизировать команду* ***Придать толщину*** . Открывается диалоговое окно команды.
2. *Выбрать подлежащую преобразованию поверхность*. Ее имя отображается в текстовом окне параметра *Придать толщину поверхности*.
3. *Выбрать вариант вытягивания толщины*. Для этого достаточно выбрать соответствующий инструмент.
4. В текстовом окне параметра *Толщина* задать в численном виде толщину стенки.
5. *Щелкнуть на кнопке* **ОК**. Диалоговое окно команды закрывается, в **Графическом поле** отображается созданная

бобышка (рис.10.56), в *Дереве конструирования* добавляется элемент ***Придать толщину*** (с порядковым номером).

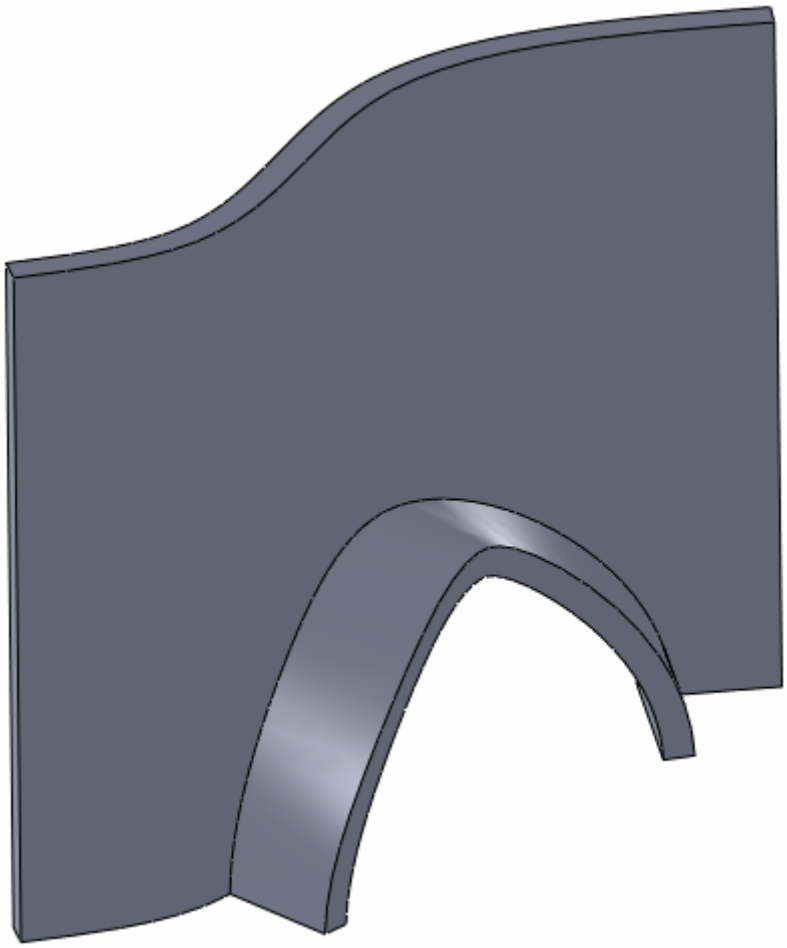


Рис. 10.56 Деталь, полученная преобразованием поверхности в тонкостенный элемент

Для создания тонкостенного элемента необходимо выполнить следующие действия:

1. *Активизировать команду* ***Придать толщину*** . Открывается диалоговое окно команды.
2. *Выбрать подлежащую преобразованию замкнутую поверхность*. Ее имя отображается в текстовом окне параметра *Придать толщину поверхности*. В **Графическом поле** выводится динамическое изображение создаваемого элемента с установками по умолчанию.
3. *Выбрать вариант вытягивания толщины.*
4. *Задать толщину стенки.*
5. Отключить параметр *Создать твердое тело с замкнутого объема.*
6. *Щёлкнуть на кнопке* **ОК**.

Словарь терминов

А

абсорбированный. Элемент, эскиз или примечание, которые содержатся в других элементах в дереве конструирования *Feature Manager*. В качестве примеров можно привести эскиз профиля и направление профиля в элементе ***Основание по траектории*** или примечание для условного изображения резьбы в отверстии.

автокрепежи. Автоматическое добавление крепежей (болтов и винтов) в сборку, используя библиотеку стандартных деталей *Solid Works Toolbox*.

авто-сопряжения. Автоматически создаваемые взаимосвязи элементов в сборке. См. **сопряжение.**

Б

библиотека проектирования. Расположенная на панели задач, библиотека проектирования является центральным местом для таких многократно используемых элементов, как детали, сборки и т.д.

библиотечный элемент. Часто используемый элемент или комбинация элементов, которая, будучи созданная один раз, сохраняется для использования в будущем.

блок. Примечание, определяемое пользователем, которое используется только в чертежах. Блок может содержать текст, объекты эскиза (за исключением точек) и штриховку. Блок можно сохранить в файл для его дальнейшего использования, например, в качестве обозначения пользователя или логотипа компании.

В

вершина. Точка, в которой пересекаются две или несколько линий или кромок. Вершины можно выбрать для создания эскизов, нанесения размеров и множества других операций.

взаимосвязь. Геометрическое ограничение между объектами эскиза или между объектом эскиза и плоскостью, осью, кромкой или вершиной. Взаимосвязи могут быть добавлены автоматически или вручную.

вид модели. Чертежный вид детали или сборки.

вид с разнесенными частями. Отображает сборку, компоненты которой отделены друг от друга. Обычно используется, чтобы показать механизм сборки.

виртуальная резкость. Точка эскиза в месте пересечения двух объектов после самопересечения удалена с помощью такого элемента, как скругление или фаска. Размеры и взаимосвязи для виртуальной резкости сохраняются, даже если реальное пересечение уже не существует.

временная ось. Ось, которая создается для каждой конической или цилиндрической грани модели.

вспомогательная геометрия. Особенность объекта эскиза, которую он использует при создании другой геометрии, но не использует при создании элементов. См. **справочная геометрия.**

выноска. Сплошная линия, соединяющая примечание (заметку, размер и т.д.) и справочный элемент.

выносная линия. Линия, которая проводится от модели, и указывает точку, от которой выполнено измерение.

вынутый разрез. Чертежный вид, который открывает внутреннюю часть чертежного вида путем извлечения материала из замкнутого профиля, обычно сплайна.

вырез. Элемент, который удаляет материал из детали посредством таких действий, как вытягивание, поворот, создание элементов по сечению и по траектории, придача толщины, создание полости и т.д.

выровнять. Инструменты для выравнивания примечаний и размеров (по левому, правому, верхнему, нижнему краю и т.д.). Для получения информации о выравнивании деталей в сборке см. **сопряжение.**

вытянуть. Элемент, который линейно проектирует эскиз и либо добавляет материал в деталь (основание или бобышка) или удаляет материал из детали (вырез или отверстие).

Г

геликоид. Кривая, для которой определены шаг и вращения и высота. Например, геликоид можно использовать в качестве направления элемента по траектории, который создает резьбу болта.

гладкая стыковка. См. **скругление**.

глобальная переменная. Переменная, которая определяется для использования в уравнениях, свойствах пользователя и т.д.

граничная рамка. Воображаемая рамка, созданная *Solid Works*, которая полностью заключает в себе модель, компонент или чертежный вид.

грань. Область модели или поверхности (плоская или неплоская), которую можно выбрать. Грань имеет границы, позволяющие определить форму модели или поверхности. Например, прямоугольная твердотельная

деталь имеет шесть граней. См. **поверхность.**

графическая область. Область окна *Solid Works*, в которой отображается деталь, сборка или чертеж.

графические окна. Окна, в которых отображаются виды моделей. Можно указать одно, два или четыре графических окна. Графические виды с ортогональными видами могут быть связанными, при этом ориентация и вращение тоже становятся связанными.

группа позиций. Набор позиций с одной выноской. Позиции можно сгруппировать по вертикали (вверх или вниз) или по горизонтали (влево или вправо).

Группа Сопряжений. Набор сопряжений, решаемых вместе. Последовательность отображения сопряжений в группе Сопряжений значения не имеет.

Д

дерево конструирования *Feature Manager*. Расположено в левой части окна *Solid Works*, отображает контурный вид активной детали, сборки или чертежа.

деталь. Отдельный трехмерный объект, состоящий из элементов. Деталь может стать компонентом сборки, а также может быть представлена в виде двухмерной на плоском чертеже. Примером таких деталей могут быть болт, шпилька, пластина и т.д. Расширение для имени файла детали *Solid Works* - .SLDPRT. См. **многотельная деталь.**

Динамический зазор. Функция сборки, при активизации которой определяется зазор между компонентами при их перемещении или вращении. Зазор - это минимальное расстояние между объектом на одном компоненте и объектом на другом компоненте.

документ со ссылкой. Документ, который ссылается на другой документ; обычно документы детали ссылаются на сборку или документы чертежа ссылаются на документы детали или сборки.

документ. Файл детали, сборки или чертежа.

Design Clipart. Используя Поиск *Solid Works*, Design Clipart проводит поиск в указанных папках, находит и разделяет файлы и извлекает данные, которые можно повторно использовать в *Solid Works*.

DimXpertManager. Расположен в левой части окна *Solid Works*, является способом управления размерами и допусками, созданными с помощью *DimXpert* для деталей.

DimXpert для деталей. Набор инструментов, которые применяют размеры и допуски к деталям в соответствии с требованиями стандарта ASME Y. 14.41-2003.

З

закрасить. Отображение модели как цветного твердотельного элемента. См. **скрыть невидимые линии, невидимые линии отображаются и каркасное представление.**

заменить. Замена одного или нескольких открытых экземпляров компонента сборки на другой компонент.

замкнутый профиль. Также называется замкнутый контур и представляет собой эскиз или объект эскиза с неуказанными конечными точками; например, окружность или многоугольник.

заполнение. Закрашивание или штриховка. Заполнение также применяется к перемычкам на поверхностях.

зеркально отразить. (1) Зеркальное отражение - это копия выбранного элемента, зеркально отраженного вокруг плоскости или плоской грани. (2) Зеркально отраженный объект эскиза является копией выбранного объекта эскиза, который отражается вокруг осевой линии. Если исходный элемент или эскиз изменяется, то это изменение отражается в зеркальной копии.

И

Instant3D. Функциональность, позволяющая быстро создать и изменить геометрию модели с помощью маркеров перетаскивания и линеек.

изгиб. (1) Элемент детали из листового металла, который добавляет материал в деталь, создавая два сгиба из эскиза линии. (2) Инструмент эскиза, добавляющий изгибы в эскизы.

изопараметрические кривые. Кривые в постоянных направлениях **UV**.

импорт. Открытие файлов из другого приложения программного обеспечения САПР в документ *Solid Works*.

индикатор сечения. Указывает компоненты, которые требуется оставить неразрезанными при создании разреза чертежа сборки.

инструмент формы. Специальные детали, с помощью которых можно сгибать, растягивать или придавать другую форму листовому металлу для создания таких элементов форм, как вентиляционные отверстия, трубки, фланцы и ребра.

исследования движения. Исследования движения являются графическим моделированием движения и визуальных свойств моделей сборок. Не смотря на их схожесть с конфигурациями, они не изменяют исходную модель сборки или ее свойства. Они отображают модель в состоянии изменения в зависимости от добавленных Вами элементов

моделирования.

истинный размер. При нанесении размеров на объекты в изометрическом виде параметр Истинный размер предоставляет точные значения модели. См. **проекционный размер.**

исходная точка. Исходная точка появляется в виде трех стрелок серого цвета и представляет (0,0,0) координату модели. Когда эскиз становится активным, исходная точка эскиза отображается красным цветом и представляет (0,0,0) координату эскиза. Размеры и взаимосвязи могут быть добавлены к исходной точке модели, но не эскиза.

исходный формат. При просмотре в чертежных листах *Solid Works* (только просмотр) или во время редактирования в *DWGEditor* файлы DXF и DWG сохраняют свой исходный формат (не преобразуются в формат *Solid Works*).

исходный элемент. Эскиз или объект (элемент, грань или тело), который является основой массива. При редактировании исходного элемента другие объекты массива обновляются.

К

каемка. Элемент детали из листового металла, представляющий собой сгиб кромки детали в обратную сторону. Каемка может быть разомкнутой, замкнутой, двойной и каплевидной.

каркасное представление. Режим вида, в котором отображены все кромки детали или сборки. См. скрыть невидимые линии, невидимые линии отображаются, закрасить.

касательная дуга. Дуга, которая является касательной к другому объекту, например, линии.

касательная кромка. Кромка перехода между круглыми и скругленными гранями в режимах Невидимые линии отображаются или Скрыть невидимые линии в чертежах.

компонент. Деталь или узел сборки.

компоновочный эскиз. Эскиз, который содержит важные объекты эскиза, размеры или взаимосвязи. Ссылки на объекты в компоновочном эскизе указываются при создании новых эскизов, новой геометрии или расположении компонентов в сборке. Это позволяет облегчить выгрузку модели, так как изменения, выполненные в компоновочном эскизе, распространяются на всю модель.

конверт. Справочный компонент, который используется для выбора компонентов на основе их положения по отношению к объему конверта. Конверты игнорируются в таких операциях сборки, как спецификации и массовые характеристики.

контекстный элемент. Элемент, имеющий внешнюю ссылку на

геометрию другого компонента; контекстный элемент изменяется автоматически, если изменяется ассоциированная модель или элемент.

конфигурация. Вариация детали или сборки в одном документе. К вариациям могут относиться различные размеры, элементы и свойства. Отдельная деталь (например, болт) может содержать различные конфигурации диаметра и длины. См. **таблица параметров**.

крепежи. См**. автокрепежи.**

кривизна. Кривизна обратно пропорциональна радиусу кривизны. Элемент кривизны можно отобразить различными цветами в соответствии с их локальным радиусом кривизны (обычно поверхности).

кромка под углом. Элемент детали из листового металла, соединяющий несколько ребер-кромок и образующий угол.

кромка. Отдельная внешняя граница элемента.

Л

линия выноски. См. **выносная линия.**

линия размера. Линия линейного размера снабжает текст размера ссылкой на выносные линии, указывающие измеряемый объект. Линия углового размера снабжает текст размера ссылкой непосредственно на измеряемый объект.

линия разъема, проекция нарисованной кривой на выбранную грань модели, которая делит грань на несколько граней так, чтобы каждая из них могла быть выбрана по отдельности. Линию разъема можно использовать при создании уклонов, скруглений с гладкой стыковкой граней, а также для разъема поверхностей для выреза литейных форм.

линия сечения. Линия или осевая линия, нарисованные в чертежном виде с целью создания разреза.

линия элемента. *BScanTo3D* линии элементе формируют границы между областями. Можно редактировать линии элемента в *Property Manager* **Автоматическое создание поверхности.**

линия. Прямой объект эскиза с двумя конечными точками. Линию можно создать путем проецирования внешнего объекта, например, кромки, плоскости, оси или кривой эскиза на эскиз.

лист. См**. лист чертежа.**

литейная форма. Набор производственных инструментов, используемый для создания спроектированной детали из расплавленного пластика или другого материала. Литейная форма проектируется с помощью ряда интегрированных инструментов, в результате чего получаются блоки полости и сердцевины, которые являются производными деталями детали для литейной формы.

М

маркер. Стрелка, квадрат или окружность, которую можно перетаскивать с целью настройки размера или расположения любого объекта (например, элемента, размера или объекта эскиза).

маршрут. Эскиз, кромка или кривая, которые используются при создании элемента по траектории или элемента по сечениям.

массив. Массив повторяет отдельные объекты эскиза, элементы или компоненты в множестве, которое может быть линейным, круговым или управляемым эскизом. При изменении исходного элемента другие экземпляры в массиве обновляются.

массовые характеристики. Инструмент, с помощью которого оцениваются такие характеристики детали или сборки, как объем, площадь, центроид и т.д.

ConfigurationManager (Менеджер конфигурации). Расположен в левой стороне окна *Solid Works* и является средством для создания, выбора и просмотра нескольких конфигураций деталей и сборок.

PropertyManager (Менеджер свойств). Расположен на левой стороне окна *Solid Works* и используется для для динамического редактирования объектов эскиза и большинства элементов.

местный вид. Часть вида больших размеров, обычно имеющая увеличенный масштаб по сравнению с исходным видом.

многотельная деталь. Деталь, состоящая из отдельных твердых тел внутри документа одной и той же детали. В отличие от компонентов сборки, многотельные детали не являются динамическими деталями.

моделирование. См**. Физическое моделирование.**

модель. Трехмерная твердотельная геометрия в документе детали или сборки. Если документ детали или сборки содержит несколько конфигураций, то каждая конфигурация является отдельной моделью.

Н

нажать-нажать. При создании эскиза, если Вы нажимаете и снова отпускаете указатель, то переключаетесь в режим Нажать-нажать. Переместите указатель и нажмите еще раз, чтобы определить следующую последовательную точку эскиза.

нажать-перетащить. При создании эскиза, если Вы нажимаете и перетаскиваете указатель, то переключаетесь в режим Нажать-перетащить. Когда Вы отпускаете указатель, это означает окончание создания объекта эскиза.

наложение. См. **наложенный вид.**

наложенный вид. Чертежный вид, в котором один или несколько видов накладываются друг на друга и отображаются в исходном виде штрихпунктирными линиями. Наложенные виды часто используются для представления пределов перемещения сборки.

направляющая кривая. Двухмерная или трехмерная кривая, используемая в качестве направляющей для элемента по траектории или элемента по сечениям.

неабсорбированный. Эскиз или примечание, которые не содержат элементы в дереве конструирования *Feature Manager*. Примером неабсорбированного эскиза является компоновочный эскиз в сборке. См. **абсорбированный.**

HLV (невидимые линии отображаются). Режим вида, в котором все кромки модели, невидимые под выбранным углом, отображаются серым цветом или штриховыми линиями.

недоопределенный. Эскиз недоопределен, если в нем указано недостаточно размеров и взаимосвязей, которые бы предотвратили перетаскивание объектов или изменение их размера. См. **степени свободы.**

непересекающийся контур. Также называется профилем и представляет собой эскиз, в котором объекты не пересекаются друг с другом. Например, прямоугольник является непересекающимся контуром, в то время как крестовина пересекает саму себя.

непрерывность. Непрерывность определяется на различных уровнях с уровней *C0, C1* и т.д. для кривых, а также уровней *G0, G1* и т.д. для поверхностей и граней. Пересекающиеся кривые имеют непрерывность *C0* или контактную непрерывность. Касательные кривые имеют непрерывность *C1* или касательную непрерывность. Кривые, степень изменения радиуса кривизны которых одинаковая в точке пересечения, имеют непрерывность *C2* (это также называется непрерывной кривизной). Непрерывную кривизну можно использовать при создании скруглений с гладкой стыковкой граней. Элемент по сечениям с боковой касательностью - это пример уровня *G1*.

О

оболочка. Элемент, который делает деталь полой, оставляя открытыми выбранные грани и тонкие стенки на остальных гранях. Полая деталь создается если ни одна грань не выбрана в качестве открытой грани.

объект OLE (Связь и внедрение объектов). Формат файла *Windows*. Можно вставлять объекты OLE в документы *Solid Works*.

ограничение. См**. взаимосвязь.**

округление. См**. скругление.**

определение конфликтов. Функция сборки, при активизации которой определяются конфликты между компонентами при их перемещении или вращении. Конфликт возникает, если объект одного компонента совпадает с каким-либо объектом другого компонента.

ординатные размеры. Цепочка размеров, начинающихся с нулевой ординаты в чертеже или эскизе.

осевая линия. Осевая линия - это ось симметрии в эскизе или чертеже, представленная штрихпунктирной линией.

основание. Первый твердотельный элемент детали.

основная надпись. Обычно содержит размер страницы и ориентацию, стандартный текст, границы, блоки заголовков и т.д. Основные надписи можно настраивать и сохранять для будущего использования. У каждого листа документа чертежа может быть свой формат.

острый сгиб. См**. сгиб.**

острый элемент. Твердый угол профиля; любые два соприкасающихся объекта эскиза, которые не имеют взаимосвязи Касательность или Одинаковая кривизна между собой.

ось. Прямая линия, которую можно использовать для создания геометрии модели, элементов или массивов. Ось можно создать множеством способов, включая использование пересечения двух плоскостей. См. **временная ось, справочная геометрия.**

откат. Погашение всех элементов ниже полосы отката.

отклонение формы. Набор стандартных обозначений для геометрической характеристики и требования к размерам элемента.

открытый профиль. Также называется открытый контур и представляет собой эскиз или объект эскиза с указанными конечными точками. Например, профиль в форме U является открытым.

относительный вид. Относительный (или вид по модели) чертежный вид создается относительно плоских поверхностей в детали или сборке.

отображение X. Размер X в обозначении размера фаски, содержащего два числа, например 1 X 45° (длина X угол), 45° X 1 (угол X длина) или 1X1 (длина X длина).

отсоединенный чертеж, чертежный формат, позволяющий открывать и работать над чертежом без загрузки соответствующих моделей в память. Модели загружаются по мере необходимости.

П

Панель задач. Расположенная в правой части окна *Solid Works*, Панель задач содержит Ресурсы *Solid Works*, Библиотеку проектирования и Проводник файлов.

параметр. Значение, используемое для определения эскиза или элемента (часто размера).

переводчик. Программное обеспечение, преобразующее файл одного формата в файл другого формата.

перезагрузка. Перезагрузка обновляет совместно используемые документы. Например, если открыть файл детали только для чтения в то время, как другой пользователь вносит какие-либо изменения в эту же деталь, можно выполнить перезагрузку для получения новой версии, включающей изменения.

перекрестная штриховка. Массив (или заполнение), применяемый в чертежных видах, например, в разрезах и вынутых разрезах.

переопределенный. Эскиз является переопределенным, когда размеры и взаимосвязи либо находятся в противоречии, либо дублируют друг друга.

перестроить. Инструмент, обновляющий (или повторно создающий) документ с учетом всех изменений, выполненных с момента последнего перестроения модели. Перестроение обычно используется после изменений размера модели.

переупорядочить. Переупорядочить (изменить порядок) элементов можно в дереве конструирования *Feature Manager*. В деталях можно изменит порядок решения элементов. В сборках можно управлять порядком отображения компонентов в спецификации.

плоский. Объекты, которые можно расположить в одной плоскости. Например, окружность плоская, а спираль - нет.

плоскость. Плоская вспомогательная геометрия. Плоскости, которые можно использовать для двухмерного эскиза, разреза модели, а также в качестве нейтральной плоскости для уклона и т.д.

по траектории, создает основание, бобышку, вырез или поверхность путем перемещения профиля (сечения) по траектории.

повернуть. Элемент, создающий основание или бобышку, повернутый вырез или повернутую поверхность путем вращения одного или нескольких нарисованных профилей вокруг осевой линии.

поверхность. Плоский элемент с нулевой толщиной или трехмерный объект с границами в виде кромок. Поверхности часто используются для создания твердотельных элементов. Справочные

поверхности можно использовать для изменения твердотельных элементов. См. **грань.**

погасить. Удаление объекта с экрана и из всех расчетов, в которых он задействован. Можно погасить элементы, компоненты сборки и т.д. При погашении не происходит удаление объекта; можно погасить объект, а затем восстановить его.

подвешенный. Нерешенный размер, взаимосвязь или разрез чертежа. Например, если для части геометрии указан размер, а затем эта геометрия удалена, размер становится подвешенным.

позиция. Метки деталей в сборке, которые обычно включают номера и количество элементов. В чертежах номера элементов связаны с номерами строк спецификации. См. **группа позиций.**

полностью определенный. Эскиз, в котором все линии и кривые и их расположение описываются размерами или взаимосвязями, либо и тем, и другим, и не могут быть перемещены. Объекты полностью определенного эскиза отображены черным цветом.

полость. См**. литейная форма.**

посадка с допуском. Допуск между отверстием и валом.

потомок. Зависимый элемент, связанный с ранее созданным элементом. Например, фаска на кромке отверстия является потомком родительского отверстия.

предварительно определенный вид. Чертежный вид, в котором можно указать положение вида, ориентацию и т.д. до вставки модели. Чертежные документы можно сохранить с предварительно определенными видами в качестве шаблонов.

примечание. Текстовая заметка или символ, которые добавляются в деталь, сборку или чертеж для описания замысла проекта. К определенным типам примечаний относятся заметка, обозначение отверстия, обозначение шероховатости поверхности, обозначение базовой поверхности, место, определяющее базу, обозначение отклонений формы, обозначение сварного шва, позиция и группа позиций. К примечаниям, которые применяются только в чертежах, относятся указатель центра, осевая линия примечания, штриховка и блок.

проверка интерференции компонентов. Инструмент, отображающий любую интерференцию между выбранными компонентами в сборке.

проектирование сверху вниз. Способ моделирования сборки, при котором детали создаются в контексте сборки путем создания ссылки на геометрию других компонентов. Изменения, внесенные в компоненты со ссылками, распространяются на детали, созданные в контексте. См. **проектирование снизу вверх.**

проектирование снизу вверх. Способ моделирования сборки, при котором сначала создаются детали, затем они вставляются в сборку. См. **проектирование сверху вниз.**

проекционный вид. Чертежный вид, ортогонально спроецированный из существующего вида.

проекционный размер. При нанесении размеров на объекты в изометрическом виде проекционные размеры - это плоские размеры в двухмерных чертежах. См. **истинный размер.**

производная деталь. Производная деталь - это новое основание, зеркальное отражение или деталь компонента, созданные непосредственно из уже существующей детали и связанные с исходной деталью таким образом, что изменения в исходной детали отображаются в производной детали.

производный эскиз. Копия эскиза либо в той же детали, либо сборке, которая связана с исходным эскизом. Изменения в исходном эскизе отображаются в производном эскизе.

профиль. Объект эскиза, используемый для создания элемента (например, элемента по сечениям) или чертежного вида (например, местного вида). Профиль может быть незамкнутым (например, U-образный или незамкнутый сплайн) или замкнутым (например, окружность или замкнутый сплайн).

пустое пространство. См. **оболочка.**

Р

разделенные значения. Также называются связанными размерами и представляют собой именованные переменные для установки одинакового значения для двух или более размеров.

размер модели. Размер, указанный в эскизе или элемент в документе детали или сборки, определяющий какой-либо объект в трехмерной модели.

размеры базовой линии. Набор размеров, начинающихся с одной той же кромки или вершины в чертеже. См. **ординатные размеры**.

разрез. Разрез - это (1) вид детали или сборки, которые разрезаны плоскостью или (2) чертежный вид, созданный путем разрезания другого чертежного вида линией сечения.

разрыв. Элемент в детали из листового металла, который удаляет материал в кромке для создания сгиба.

ребро-кромка. Элемент детали из листового металла, в котором за одну операцию объединяются сгиб и выступ.

решен. Состояние компонента сборки (в документе сборки или

чертежа), при котором компонент полностью загружен в память. Доступны все данные его модели компонента, и можно выбирать его объекты, указывать на них ссылки, редактировать, использовать в сопряжениях и т.д. См. **сокращенный.**

родитель. Существующий элемент, от которого зависят другие элементы. Например, в блоке с отверстием блок является родителем по отношению к дочернему элементу отверстия.

Real View. Поддержка аппаратного обеспечения (графическая плата) дополнительного закрашивания в реальном времени; изображение применяется к модели и сохраняется при перемещении или вращении детали.

С

сборка. Документ, в котором детали, элементы и другие сборки (узлы) сопряжены друг с другом. Детали и узлы сборки существуют в документах отдельно от сборки. Например, находясь в сборке, поршень может быть сопряжен с такими деталями, как шток или цилиндр. Эту новую сборку затем можно использовать в качестве узла в сборке двигателя. Расширение для имени файла сборки *Solid Works* - .SLDASM. См. **узел сборки, сопряжение.**

сварная деталь. Многотельная деталь с элементами конструкции.

свернуть. Антоним понятия разнести. При выполнении свертывания разнесенные детали сборки возвращаются в нормальное положение.

связанные размеры. См. **разделенные значения.**

сгиб. Элемент в детали из листового металла. Сгиб, который создается из скругленного угла, цилиндрической поверхности или конической поверхности, является скругленным сгибом; сгиб, который создается с помощью прямых линий, является острым сгибом.

сечение. Альтернативный термин для профиля в элементах по траектории.

силуэтная кромка. Кривая, представляющая размер цилиндрической или изогнутой грани при ее просмотре сбоку.

система координат. Система плоскостей, используемая для назначения Декартовой системы координат для элементов, деталей и сборок. В документах деталей и сборок имеются системы координат, заданные по умолчанию; другие системы координат можно определить с помощью справочной геометрии. Системы координат можно использовать совместно с инструментами измерения для экспортирования документов в файлы других форматов.

скос. См. **фаска.**

скругление. Внутреннее закругление угла или кромки в эскизе или кромки на поверхности или твердом теле.

скругленный сгиб. См**. сгиб.**

скругляемый угол. Угол, где три скругленные кромки пересекаются в одной вершине.

HLR (скрыть невидимые линии). Режим вида, в котором удалены все кромки модели, невидимые под выбранным углом.

слой. Слой в чертеже может содержать размеры, примечания, геометрию и компоненты. Можно скрыть или показать отдельные слои с целью упрощения чертежа или назначить свойства для всех объектов данного слоя.

сокращенный. Деталь в сборке или чертеже имеет только поднабор своих модельных данных, загруженных в память. Оставшиеся данные модели загружаются по мере необходимости. Это улучшает эффективность больших и сложных сборок. См. **решенный.**

сопряжение. Геометрическая взаимосвязь, например, совпадение, перпендикулярность, касательность и т. д., между деталями в сборке. См. **Авто-сопряжения.**

спецификация (BOM). См. спецификация.

спецификация. Таблица, вставленная в чертеж, в которой хранятся записи о деталях, используемых в сборке.

спираль. Плоский или двухмерный геликоид, определяемый окружностью, шагом и количеством оборотов.

список вырезов сварного изделия. Таблица с перечислением тел в сварной детали с описаниями и величинами длин.

сплайн. Нарисованная двухмерная или трехмерная кривая, определяемая рядом точек управления.

справочная геометрия. К ней относятся плоскости, оси, системы координат и трехмерные кривые. Справочная геометрия используется для помощи в создании таких элементов, как элементы по сечениям, элементы по траекториям, уклоны, фаски и массивы. См. **вспомогательная геометрия.**

справочный размер. Размер в чертеже, отображающий измерение элемента, но не способный управлять моделью. Его значение невозможно изменить. При изменении размеров модели происходит обновление справочных размеров.

ссылка на сопряжение. Указывает один или несколько объектов компонента, которые необходимо использовать для автоматического сопряжения. При перетаскивании компонента со ссылками на сопряжения в сборку программа пытается найти другие комбинации одного и того же имени ссылки на сопряжение и типа сопряжения.

степени свободы. Геометрию, для которой не определены размеры или взаимосвязи, можно свободно перемещать. В двухмерных эскизах наличествуют три степени свободы: движение по осям *X* и *Y* и вращение по оси *Z* (оси, проходящей перпендикулярно плоскости эскиза). В трехмерных эскизах и в сборках наличествует шесть степеней свободы: движение по осям *X, Y* и *Z* и вращение по осям *X, Y* и *Z*. См. **недоопределенный.**

стереолитография. Процесс создания быстрых прототипов деталей с помощью многогранной сетки в файлах STL.

сшить. Инструмент, сочетающий две или несколько граней или поверхностей в одну. Кромки поверхностей должны быть смежные и не перекрываться, но они не могут быть в одной плоскости. После сшивания нет разницы во внешнем виде грани или поверхности.

Т

3 стандартных вида. Три ортогональных вида (спереди, справа и сверху), которые часто являются основой чертежа.

TolAnalyst. Приложения анализа допусков, которое определяет влияние размеров и допусков на детали и сборки.

таблица изменений. Таблица, в которой представлены изменения, внесенные в чертеж.

таблица отверстий. Таблица, в которой представлены размеры и расположения (из указанных исходных данных) указанных отверстий в чертежном виде.

таблица параметров. Электронная таблица *Excel*, используемая для создания нескольких видов конфигураций в документе детали или сборки. См. **конфигурация.**

твердотельный элемент по траектории. Вырез по траектории, созданный путем перемещения тела инструмента по пути для выреза трехмерного материала из модели. См. **элемент по траектории.**

тонкостенный элемент. Вытянутый или повернутый элемент с постоянной толщиной стенки. Детали из листового металла, обычно создаваемые из тонкостенных элементов.

точка привязки. (1) Конец выноски, прикрепленной к заметке, блоку или другому примечанию. См. **точка присоединения.** (2) Основные надписи имеют точки привязки для спецификаций, таблицы отверстий, таблицы изменений и списка вырезов сварного изделия.

точка присоединения. Конец выноски, прикрепленной к модели (например, к кромке, вершине или грани) или к листу чертежа. См. **точка привязки.**

точка пронзания. Точка эскиза совпадает с тем местом, в котором

ось, кромка, линия или сплайн проходят через плоскость эскиза.

точка установки. Точка на примечании, отображаемая красным штриховым квадратом, в которой можно прикрепить выноску с изогнутыми указателями.

точка. Одно месторасположение в эскизе или проекция на эскиз в одном месторасположении внешнего объекта (исходная точка, вершина, ось или точка во внешнем эскизе). См. **вершина.**

триада. Три оси со стрелками, определяющие направления *X, Y* и *Z*. Справочная триада (система координат) появляется в документах деталей и сборок, чтобы помочь ориентироваться при просмотре моделей. Системы координат также помогают при перемещении или вращении компонентов в сборках.

У

узел сборки. Документ сборки, являющийся частью сборки больших размеров. Например, рулевой механизм автомобиля является узлом сборки автомобиля.

указатель центра. Крестик, указывающий на центр окружности или дуги.

уклон. Степень уклона или угол грани, который обычно применяется в литейных формах или литых деталях.

управляемый размер. См**. справочный размер.**

управляющий размер. Также называется размером модели, устанавливает значение объекта эскиза. Он может также контролировать расстояние, толщину и параметры элемента.

уравнение. Создает математическую взаимосвязь между размерами эскиза с помощью имен размеров в качестве переменных или между такими параметрами элементов, как глубина вытянутого элемента или количество экземпляров в массиве.

условное изображение резьбы. Примечание, представляющее изображения резьбы.

условные обозначения вида. Условные обозначения, которые располагаются под выбранным объектом и отображают цвет и текстуру грани, элемента, тела и детали. С помощью этих обозначений можно быстро изменять цвет и текстуру.

UV. Горизонтальные и вертикальные линии основной параметризации кривой.

Ф

фаска. Скашивает выбранную кромку или вершину. Фаски можно применять к эскизам и элементам.

Физическая динамика. Инструмент сборки, который позволяет увидеть реалистичное движение компонентов сборки. Во время перетаскивания компонент сообщает некоторое усилие другим смежным компонентам. Компоненты перемещаются только в пределах своих степеней свободы.

формирование. Система автоматически создает взаимосвязи между перетаскиваемыми объектами (нарисованными объектами, примечаниями и компонентами), а также другими объектами и геометрией. Это удобно при размещении объектов относительно друг друга.

Ч

черно-белые полосы. Моделирование отражения длинных полос света на очень светлой поверхности. Эти полосы позволяют увидеть небольшие изменения поверхности, которые трудно заметить при стандартном отображении.

чертеж. Двухмерное представление трехмерной детали или сборки. Расширение для имени файла чертежа *Solid Works* - .SLDDRW.

чертежный лист. Страница в документе чертежа.

Ш

шаблон. Документ (детали, сборки или чертежа), формирующий основу нового документа. Документ может содержать параметры, определяемые пользователем, примечания, предварительно определенные виды, геометрию и т.д.

штриховка. Штриховка или заполнение, которые применяются на выбранной грани или в замкнутом эскизе в чертеже. См. **перекрестная штриховка.**

Э

экземпляр. Элемент в массиве или компонент, который встречается в сборке несколько раз. Блоки вставляются в чертежи в качестве экземпляров определений блоков.

экспорт. Сохранение документа *Solid Works* в другом формате для использования его в других системах CAD/CAM, файлах быстрого макетирования, web-узлах или графических приложениях.

элемент вне контекста. Элемент, имеющий внешнюю ссылку на геометрии другого компонента, который не открыт. См. **элемент.**

элемент модели. Характеристика или размер геометрии, который можно использовать в чертежах оформления.

элемент по сечениям сгиба. Элемент детали из листового металла, который создает округлую или переходную форму из двух эскизов незамкнутого профиля. С помощью элемента по сечениям часто создаются воронки и желоба.

элемент по траектории. Создает основание, бобышку, вырез или поверхность путем перемещения профиля (разреза) по пути. Для выреза по сечению можно создать твердотельный элемент по траектории путем перемещения тела инструмента по пути..

элемент. Индивидуальная форма, которая, в сочетании с другими элементами, и составляет деталь или сборку. Некоторые элементы, такие как бобышки и вырезы, создаются в виде эскизов. Другие элементы, такие как оболочки и скругления, преобразуют геометрию элемента. Однако не все элементы имеют связанную геометрию. Элементы всегда отображаются в дереве конструирования *Feature Manager*. См. **поверхность, элемент вне контекста.**

элемент-контур. Деформированная поверхность, созданная путем расширения, ограничения и натягивания выбранной поверхности. Деформированная поверхность является гибкой, как мембрана.

эскиз. Совокупность линий и других двухмерных объектов на плоскости или грани, образующей основу для элемента, например, основание или бобышка. Трехмерный эскиз является объемным и его можно использовать, например, в качестве направляющей для элемента по траектории или элемента по сечениям.