

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Казанский государственный аграрный университет»

Кафедра «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

**Учебное пособие  
для самостоятельной работы  
по курсу «Системы автоматизированного  
проектирования автомобилей и тракторов»**

Для студентов Института механизации и технического сервиса

Казань 2019

В учебном пособии рассмотрен графический интерфейс системы SolidWorks, описаны средства создания трехмерных объектов, методы и способы построения моделей твердотельных деталей. Рассмотрены конкретные примеры создания твердотельных моделей изделий, позволяющие студентам, начинающим изучение компьютерной графики, легко адаптироваться к среде системы SolidWorks. Пособие содержит задания для проведения лабораторных работ и методические указания по их выполнению.

Учебное пособие предназначено для студентов технических специальностей всех форм обучения, изучающих курсы “Компьютерная графика”, “САПР” и планирующих в дальнейшем применять полученные знания при выполнении графической части курсовых проектов и выпускных квалификационных работ.

Учебное пособие составлено доцентом, к.т.н. Халиуллиным Ф.Х.

Учебное пособие рассмотрено и одобрено:

1. Решением кафедры «Тракторы, автомобили и энергетические установки» (протокол № 5 от 14.01.2019 г.)
2. Решением методической комиссии ИМиТС (протокол № 10 от 29.05.2019г.)

Рецензенты:

- |  |                |
|--|----------------|
| 1. Ст. преп. кафедры АДиС КНИТУ, к.т.н.      | Гаврилов А.М.  |
| 2. Доцент кафедры ОИД Казанского ГАУ, к.т.н. | Пикмуллин Г.В. |

Халиуллин Ф.Х. Учебное пособие для самостоятельной работы по курсу «Системы автоматизированного проектирования автомобилей и тракторов» / Ф.Х. Халиуллин. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2019.- 120 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ПРОГРАММА SOLIDWORKS .....	5
1.1. Документы программы .....	8
1.2. Интерфейс программы .....	10
1.3. Документ “Деталь“ .....	10
1.4. Основные понятия документа “Деталь“ .....	13
1.5. Создание модели детали .....	14
1.6. Основание .....	15
1.7. Эскиз .....	16
1.8. Плоскости проектирования .....	17
1.9. Правила построения эскизов .....	19
1.10. Определенность эскизов .....	22
1.11. Пример создания эскиза (создание окружности, явл-ся образующей цилиндра) .....	27
1.12. Дерево конструирования .....	31
1.13. Полоса отката .....	33
1.14. Редактирование эскиза .....	35
1.15. Свойства элементов эскиза .....	37
1.16. Построение элементов детали .....	38
1.16.1. Пример построения трехмерного элемента модели детали .....	38
1.16.2. Пример построения модели детали .....	40
1.17. Редактирование определения .....	57
2. ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ ДОКУМЕНТА “ДЕТАЛЬ“ .....	59
2.1. Панель инструментов “Стандартные виды“ .....	59
2.2. Панель инструментов “Вид“ .....	61
2.3. Панель инструментов “Эскиз“ .....	62
2.4. Панель инструментов “Размеры/Взаимосвязи“ .....	67
2.4.1. Автоматические взаимосвязи .....	68
2.4.2. Добавление взаимосвязей .....	68
2.5. Панель инструментов “Элементы“ .....	77
2.6. Панель инструментов “Справочная геометрия“ .....	84
3. МНОГОВАРИАНТНОСТЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ .....	86
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ .....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	94
Лабораторная работа № 1 ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ .....	94
Лабораторная работа № 2 РАБОТА С ЭСКИЗАМИ. СОЗДАНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ .....	102
Лабораторная работа № 3 СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ ПО ДВУМ ПРОЕКЦИЯМ .....	113
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	119

## **ВВЕДЕНИЕ**

Системы автоматизированного проектирования (САПР), базирующиеся на технологиях объемного параметрического моделирования, уже давно стали промышленным стандартом для проектирования конкурентоспособной продукции. Поскольку процесс проектирования носит итерационный характер, проектировщик вынужден неоднократно вносить изменения в проект с целью улучшения технических характеристик проектируемого объекта. Контролировать эти изменения вручную достаточно сложно, учитывая большое количество варьируемых проектных параметров. Ошибки, допущенные на ранних этапах проектирования, могут коренным образом повлиять на характеристики разрабатываемого изделия и существенно снизить его конкурентоспособность. В связи с этим вопрос автоматизации проектирования для большинства предприятий и конструкторских бюро приобретает в настоящий момент особую актуальность. Качественный выигрыш от использования САПР достигается за счет увеличения степени типизации принимаемых проектных решений, а также за счет принципиальной возможности при меньших издержках решать более сложные технические задачи.

Система гибридного параметрического моделирования Solid-WORKS, которая предназначена для проектирования деталей и сборок в объеме с возможностью проведения различных видов экспресс-анализа, а также оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД – наиболее эффективная современная программа САПР. Обладая широкими возможностями и доступной ценой, система быстро внедряется в производство, обеспечивая скорую окупаемость вложенных средств.

## 1. ПРОГРАММА SOLIDWORKS

SolidWorks (SW) – система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения. SolidWorks является ядром интегрированного комплекса автоматизации предприятия, с помощью которого осуществляется поддержка жизненного цикла изделия в соответствии с концепцией CALS-технологий, включая двунаправленный обмен данными с другими Windows-приложениями и создание интерактивной документации.

Разработчиком САПР SolidWorks является SolidWorks Corp. (США), независимое подразделение компании Dassault Systemes (Франция) - мирового лидера в области высокотехнологичного программного обеспечения. Разработки SolidWorks Corp. характеризуются высокими показателями качества, надежности и производительности, что в сочетании с квалифицированной поддержкой делает SolidWorks лучшим решением для промышленности.

Комплексные решения SolidWorks базируются на передовых технологиях гибридного параметрического моделирования и широком спектре специализированных модулей. Программное обеспечение функционирует на платформе Windows XP, выполнено на русском языке, соответствует ГОСТам и ЕСКД.

Начиная с 1995 г. системой SolidWorks оснащено свыше полумиллиона инженерных рабочих мест на ста тысячах промышленных предприятий по всему миру. Десятки тысяч высших учебных заведений по всему миру используют SolidWorks для подготовки студентов.

Интуитивно понятный интерфейс, русификация и поддержка ЕСКД предопределяют успех внедрения SolidWorks на предприятиях отечественной промышленности. Выбирая SolidWorks в качестве базовой САПР, предприятие получает не только хороший, качественный и функциональный набор программ, но и ориентируется на самые передовые технологии, ставшие стандартом де-факто для автоматизированного проектирования во всём мире.

Отличительными особенностями САПР SolidWorks являются:

- твердотельное и поверхностное параметрическое моделирование;
- полная ассоциативность между деталями, сборками и чертежами;
- богатый интерфейс импорта/экспорта геометрии;
- экспресс-анализ прочности деталей и кинематики механизмов;

- специальные средства по работе с большими сборками;
- простота в освоении и высокая функциональность;
- гибкость и масштабируемость;
- 100%-е соблюдение требований ЕСКД при оформлении чертежей;
- русскоязычный пользовательский интерфейс и документация.

Процесс построения 3D-модели основывается на создании объемных геометрических элементов и выполнении различных операций между ними. Подобно конструктору LEGO модель набирается из стандартных элементов (блоков) и может быть отредактирована путем добавления (удаления) этих элементов, либо путем изменения характерных параметров блоков. 3D-модель несет в себе наиболее полное описание физических свойств объекта (объем, масса, моменты инерции) и дает проектанту возможность работы в виртуальном 3D-пространстве, что позволяет на самом высоком уровне приблизить компьютерную модель к облику будущего изделия, исключая этап макетирования.

Разработчики SolidWorks большое внимание уделяют работе с комплексными сборками, количество компонентов которых может составлять десятки и сотни тысяч единиц. Безусловно, для работы с такими моделями требуется использовать специальные методики управления отдельными деталями и узлами сборки, рационально распоряжаться ресурсами процессора и оперативной памяти. Для этого в SolidWorks существует специальный режим, который так и называется “Режим работы с большими сборками”. Этот режим позволяет оптимально распределить программные и аппаратные ресурсы, экономя таким образом время загрузки и перестроения сборки.

Основные достоинства программы SW:

- двунаправленная ассоциативность модели и чертежа; управление моделью и поиск элементов с помощью *Дерева конструирования*, возможность создания нескольких исполнений изделия в едином файле модели;
- многотельные детали; создание массивов элементов – круговых и линейных, управляемых таблицами и эскизами;
- моделирование поверхностей: обрезка, удлинение и сшивка, преобразование замкнутого объема поверхностей в твердое тело; вырезы и добавление материала с использованием поверхностей;
- создание вспомогательных плоскостей, осей, координатных систем, кривых, эскизов, 3D-сплайнов;

- использование технологий Windows: контекстные меню, cut-and-paste, drag-and-drop;
- единая библиотека физических свойств материалов, текстур и штриховок;
- моделирование на основе объемных элементов; управление историей построения модели; ручное и автоматическое обмеривание; динамичное внесение изменений в режиме реального времени;
- использование библиотек стандартных элементов; автоматическая генерация отверстий с цековкой, зенковкой, резьбовых и т.п.;
- работа в контексте сборки; проектирование “снизу вверх”, “сверху вниз”;
- специальный режим для работы с большими сборками (десятки / сотни тысяч компонентов); легковесные сборки и подсборки;
- объединение деталей сборки в одну, сварка в сборке;
- возможность контекстной подмены компонентов, реструктуризация сборок (формирование и роспуск подсборок);
- получение разверток листового материала, в том числе для цилиндрических, конических и линейчатых листовых деталей, моделирование “от детали к развертке” и “от развертки к детали”, автоматическое добавление вырезов для снятия напряжений в острых углах, пополняемые библиотеки стандартных выштамповок и вырезов в листовых деталях, настраиваемые таблицы гибов;
- при производстве пресс-формы и штампов выполняется анализ уклонов; формирование линий и поверхностей разъема; автоматическая генерация матрицы и пуансона; задание изотропной и анизотропной усадки при проектировании литьевых и пресс-форм;
- при получении сварных конструкций выполняется проектирование рамных или ферменных конструкций по произвольному набору плоских или трехмерных эскизов в файле детали; используются специфические конструкционные элементы: разделка под сварку, концевые заглушки, косынки и элементы сварочного шва;
- при автоматическом создании чертежей решаются задачи автоматического создания чертежных видов по 3D-модели: разрезы, сечения (простые, ступенчатые и развернутые), местные виды, изометрия; шаблоны чертежей с предопределенными чертежными видами;
- полная поддержка требований ЕСКД; допуски и посадки из встроенной базы данных;
- создание многолистовых чертежей, перенос и копирование видов с листа на лист; легковесные чертежи;

- автоматическое отображение размеров модели, простановка справочных размеров и прочей информации (шероховатость, допуски отклонения форм, базы);
- поддерживание трансляции данных более чем в 20 встроенных трансляторах (IGES, VDAFS, STEP, Parasolid, ACIS, STL, VRML, DXF, DWG, Pro/ENGINEER, CADKEY, Uni-graphics, Solid Edge, Inventor, AutoCAD, Mechanical Desktop, Adobe PDF и т.д.);
- редактирование и автоматическая сшивка импортированных поверхностей;
- позволяет производить импорт и экспорт чертежей из Auto-CAD с сохранением цвета, шрифтов и слоев.

Возраст стратонов геологических разрезов указан индексами ярусов в соответствии с общей стратиграфической шкалой (прил. 3).

### 1.1. Документы программы

В программе SolidWorks используют трехмерный подход к проектированию. При проектировании детали от первоначального эскиза до конечной модели создается трехмерный объект. Из этого трехмерного объекта можно создавать двухмерные чертежи или сопрягать его различные компоненты для создания трехмерных сборок.

Документами программы SW являются “Деталь”, “Сборка” и “Чертеж”. В среде SW существуют две модели проектирования: *сверху вниз и снизу вверх*. В пределах настоящего пособия будет рассмотрен только второй метод проектирования. Суть метода в том, что сначала создают отдельные детали, из которых затем можно получить их чертежи, объединяют их в сборку, чертеж которой тоже можно получить. Соответственно, первоначальным документом для составления любой сборки, получения чертежа детали или чертежа сборки является документ “Деталь” (формат расширения файла – sldprt). Далее несколько деталей можно объединить в один документ “Сборка” (формат расширения файла – sldasm). Документ “Чертеж” (формат расширения файла – slddrw) является производным от документов “Деталь” или “Сборка”. Связь документов программы между собой при проектировании методом *снизу вверх* отражена на рисунке 1.

Между документами программы поддерживается единая двусторонняя взаимосвязь. Таким образом, все изменения, внесенные конструктором в модель в одном из документов, немедленно будут отражены и в других. Например, если изменить размеры детали в документе “Деталь”, размеры изменятся и в документе “Сборка”, и в документе “Чертеж”.

Для того чтобы создать нужный документ, необходимо выполнить следующие действия:

- 1) запустить программу SW;
- 2) нажать на стандартной панели инструментов кнопку “Создать”; выбрать один из трех предложенных документов: “Деталь”, “Сборка” или “Чертеж”;
- 3) нажать *OK*.

На рисунке 2 представлено окно выбора документа.

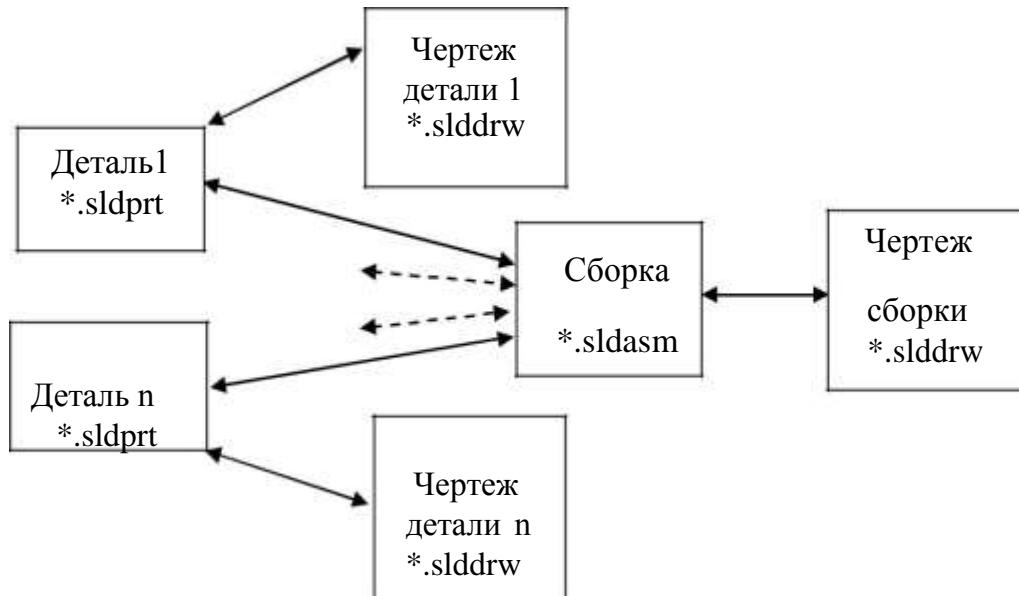


Рисунок 1 – Взаимосвязь документов программы

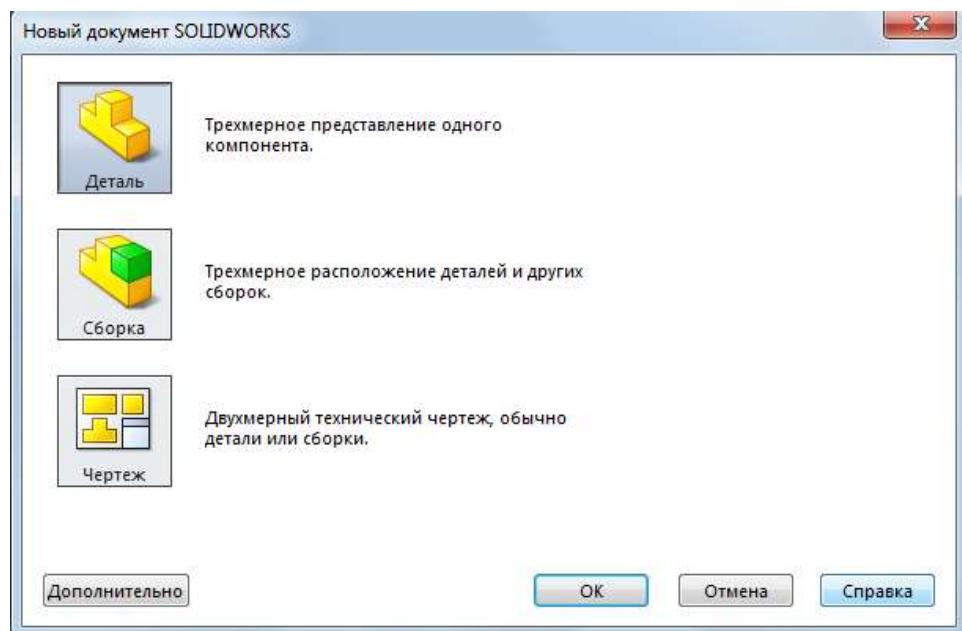


Рисунок 2 – Окно выбора документа программы

## 1.2. Интерфейс программы

Все инструменты работы в программе разбиты на группы команд – *панели инструментов*. На рисунке 3 представлен общий вид интерфейса SW.

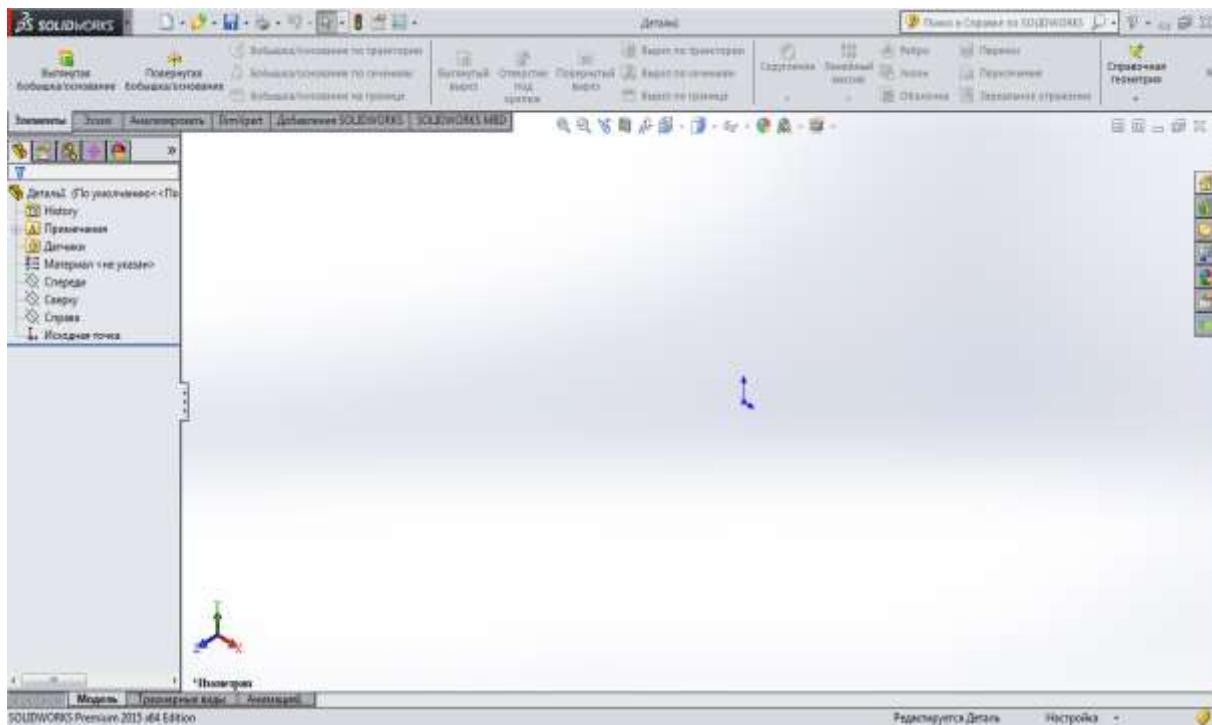
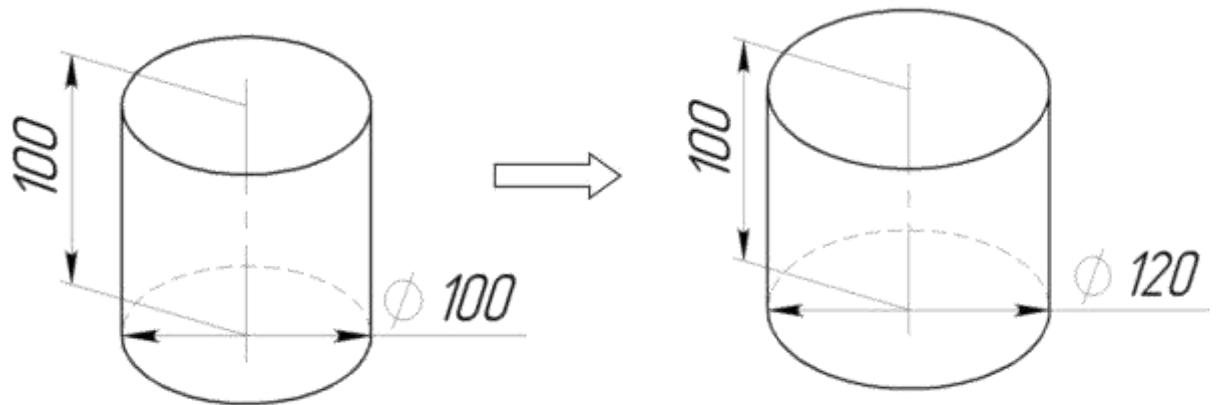


Рисунок 3 – Интерфейс программы

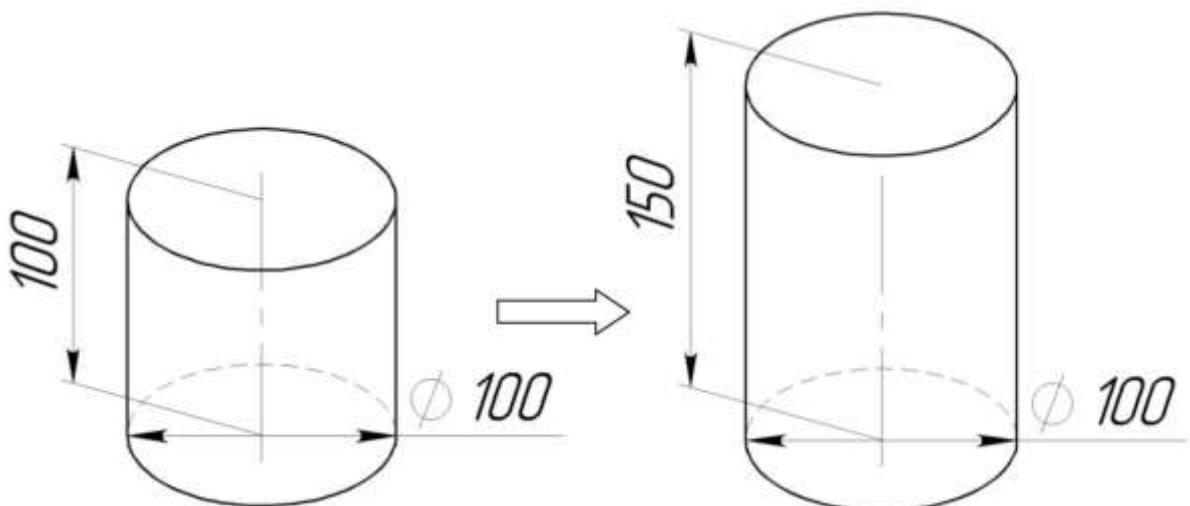
## 1.3. Документ “Деталь”

Документ “Деталь” представляет собой параметрическую среду, позволяющую строить твердотельные модели.

Термин *параметрический* применяют для описания изменения параметров модели путем изменения их значений. Например, изменением размеров детали ее можно видоизменять при условии сохранения формы, как показано на рисунке 3. В данном случае параметризация позволяет размерам управлять габаритами детали. На рисунке 4 приведен пример параметрически заданных элементов детали.



а



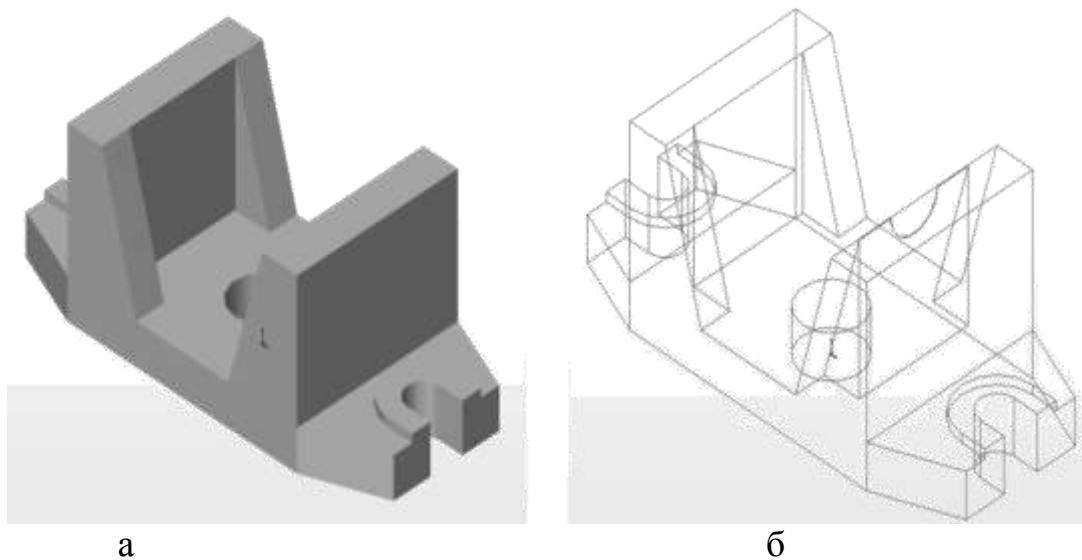
б

а – изменение размера диаметра основания;

б – изменение высоты цилиндра

Рисунок 4 – Преобразование цилиндра

Под *твёрдотельной моделью* следует понимать реальную трехмерную модель, обладающую плотностью и массой. Компьютерную модель в некотором приближении можно считать реальной, потому что для нее можно задать плотность, зависящую от материала, из которого она будет создана. Модель имеет центр тяжести, а также обладает массой и объемом. На рисунке 5 приведены примеры моделей детали, одна из которых является твердотельной, а другая – каркасной.



а – твердотельная; б – каркасная  
Рисунок 5 - Модели детали

Встроенные в программу SW функции позволяют получать данные о деталях. На рисунке 6 представлен фрагмент работы программы, из которого видно, что для изображенной в графической области детали даны ее физические характеристики: масса, объем, площадь поверхности, положение центра масс, моменты инерции и др.

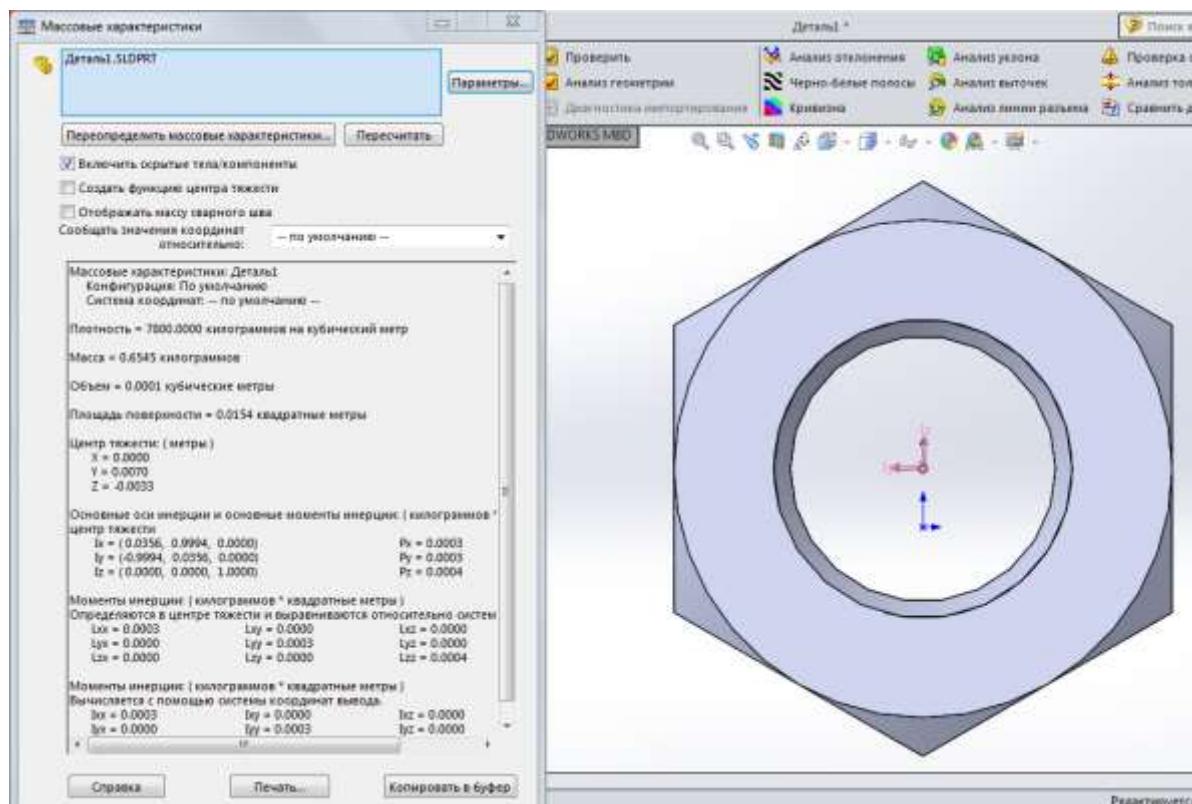


Рисунок 6 – Массовые характеристики детали

#### 1.4. Основные понятия документа “Деталь”

В терминологии элементов деталей SW присутствуют основные объекты: *исходная точка, вершина, грань, кромка, ось, плоскость*.

При попадании курсора на какой-либо элемент детали курсор приобретает характерный для подсказки вид: вершина отображается многолучевой звездочкой или квадратиком, кромка – вертикальной линией, плоскость – флагжком. На рисунке 7 приведен пример элементарной детали с обозначенными элементами.

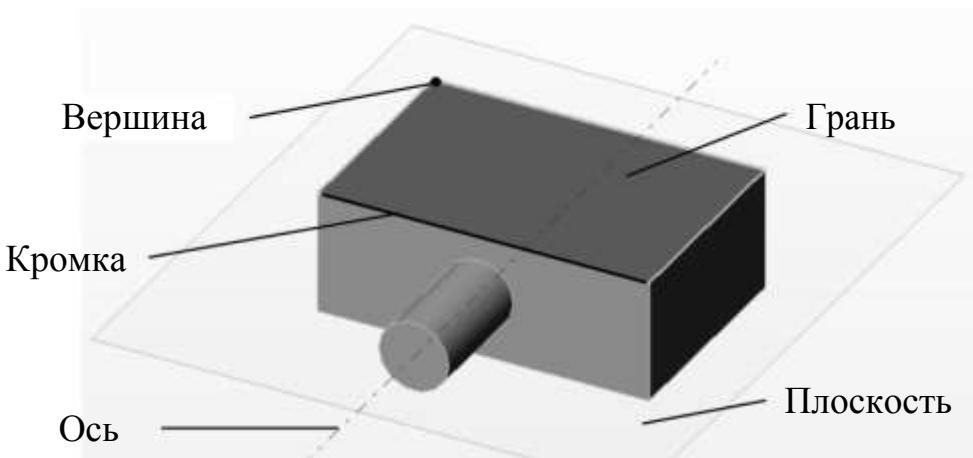


Рисунок 7 – Основные элементы моделей SW

*Исходная точка.* Отображается в виде двух 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.

*Плоскость.* Плоская вспомогательная геометрия. Можно использовать плоскости для добавления двухмерного эскиза, для разреза модели, а также в качестве нейтральной плоскости для уклона и т.д.

*Ось.* Прямая линия, которая используется для создания геометрии модели, элементов или шаблонов. Ось можно создать множеством способов, включая пересечение двух плоскостей.

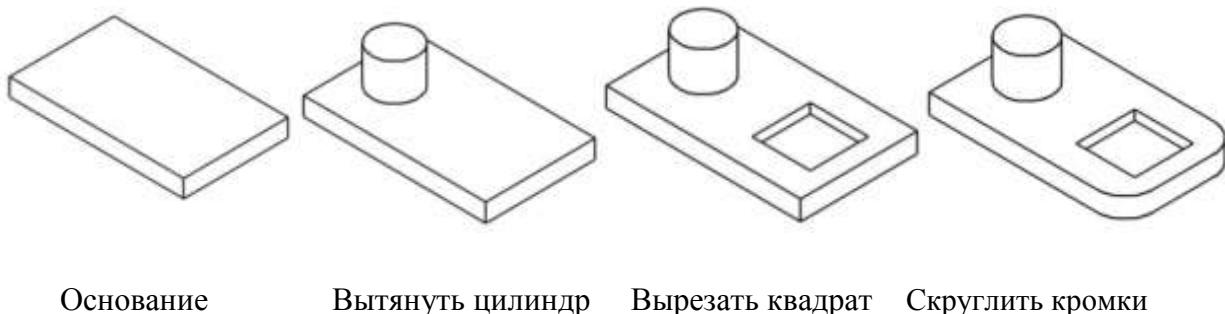
*Грань.* Границы, которые позволяют определить форму модели или поверхности. Грань – это область модели или поверхности (плоская или неплоская), которую можно выбрать. Например, твердотельная деталь типа куб имеет шесть граней.

*Кромка.* Место, в котором две грани или поверхности соприкасаются на определенном расстоянии. Кромки можно выбрать для создания эскизов, нанесения размеров и множества других операций.

*Вершина.* Точка, в которой пересекаются две или несколько линий или кромок. Вершины можно выбрать для создания эскизов, нанесения размеров и множества других операций.

### 1.5. Создание модели детали

Деталь в программе создают из элементов различных типов (вырезов, отверстий, скруглений, фасок и т.д.) путем их объединения или вычитания. На рисунке 8 представлены этапы создания детали в SW.



Основание      Вытянуть цилиндр      Вырезать квадрат      Скруглить кромки

Рисунок 8 – Этапы создания детали

Объединение и вычитание элементов различных типов в детали производят на основе принципов объединения и вычитания множеств. На рисунке 9 показаны принципы объединения и вычитания элементов детали.

#### Объединение элементов

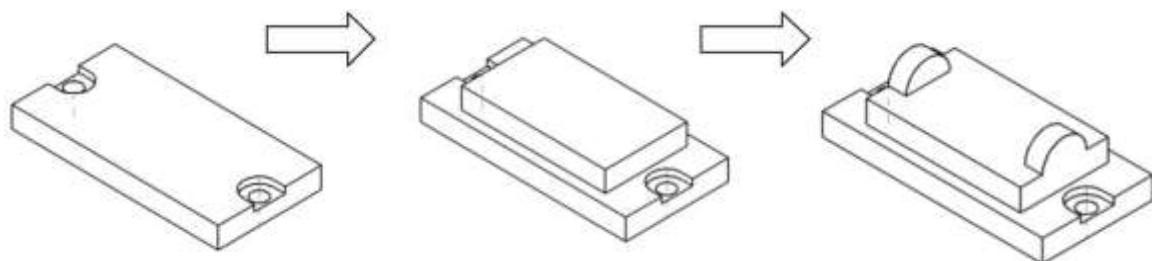
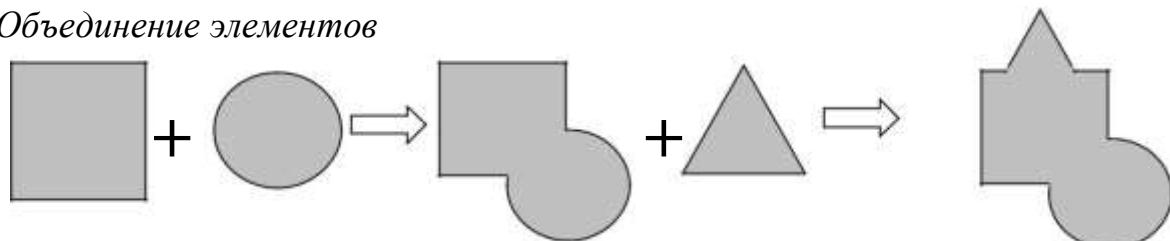
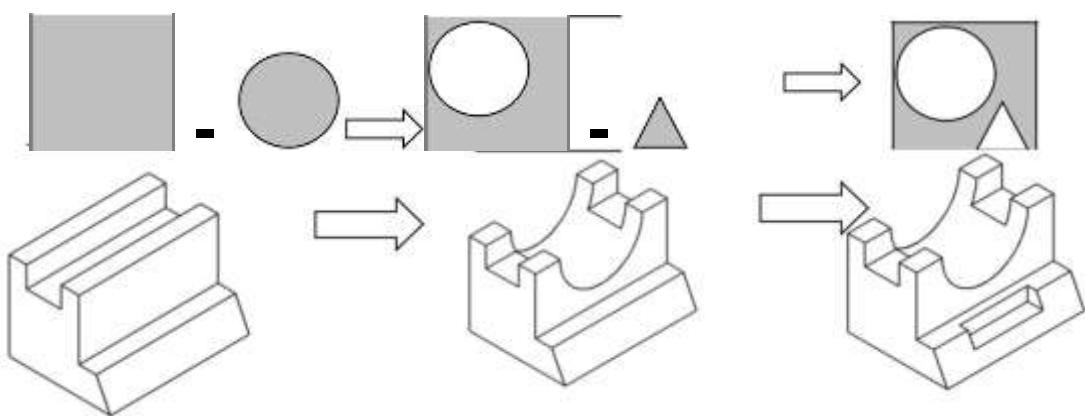


Рисунок 9 – Принцип построения деталей (окончание см. на с. 15)

#### Вычитание элементов



*Объединение и вычитание элементов*

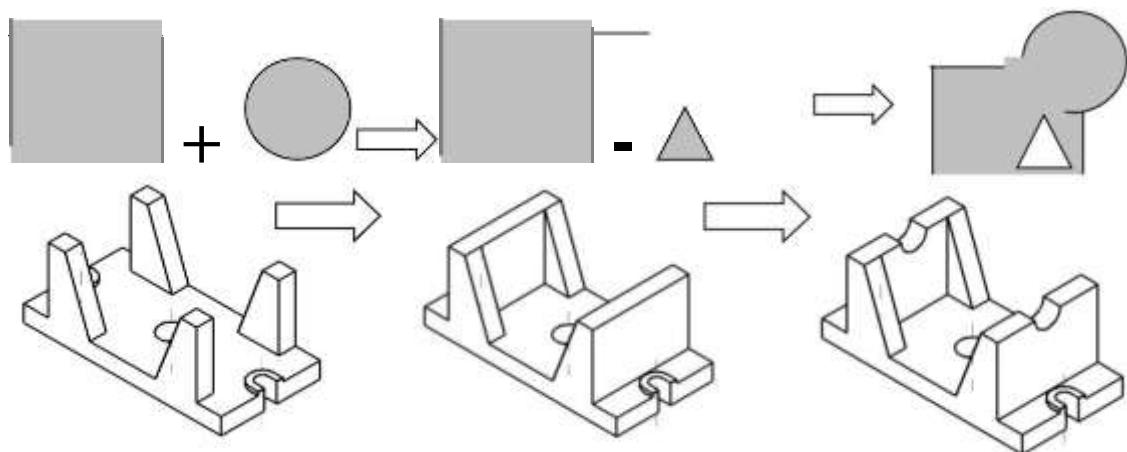


Рисунок 9 – Окончание (начало см. на с. 14)

## 1.6. Основание

Первоначальным элементом всех деталей является *основание*. На рисунке 10 показаны варианты оснований и деталей, образованных от них.

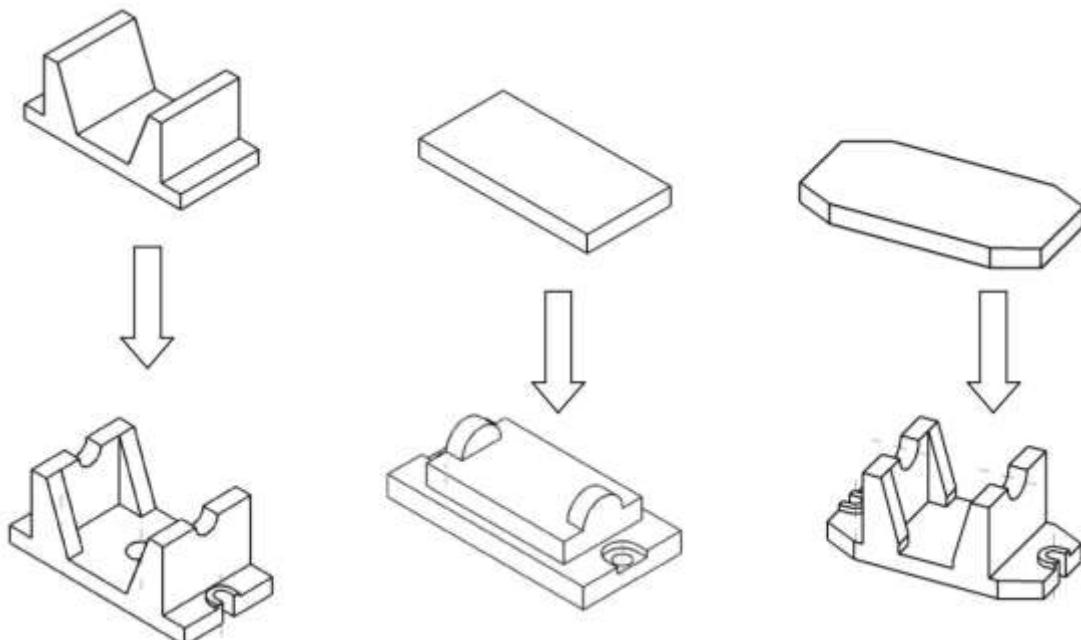
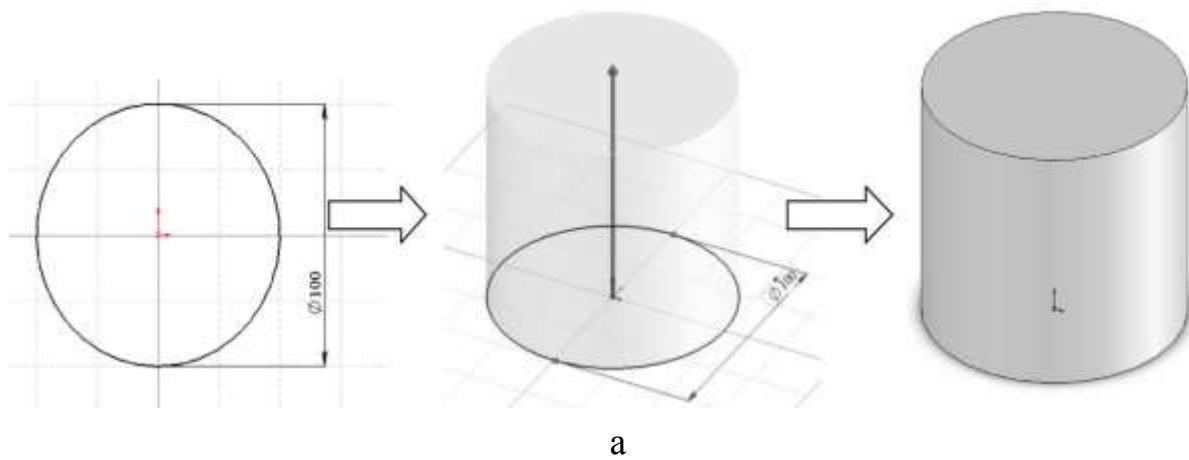


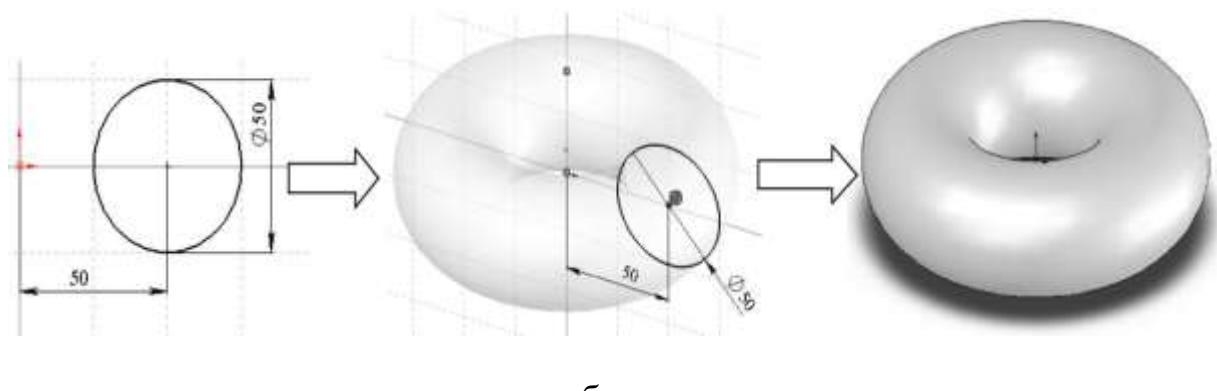
Рисунок 10 – Детали и их основания

## 1.7. Эскиз

Построение трехмерного основания, а также других элементов детали в программе производят путем вытягивания двухмерного эскиза различными способами. На рисунке 11 приведены варианты простой трансформации исходного двухмерного эскиза в трехмерную модель.



а

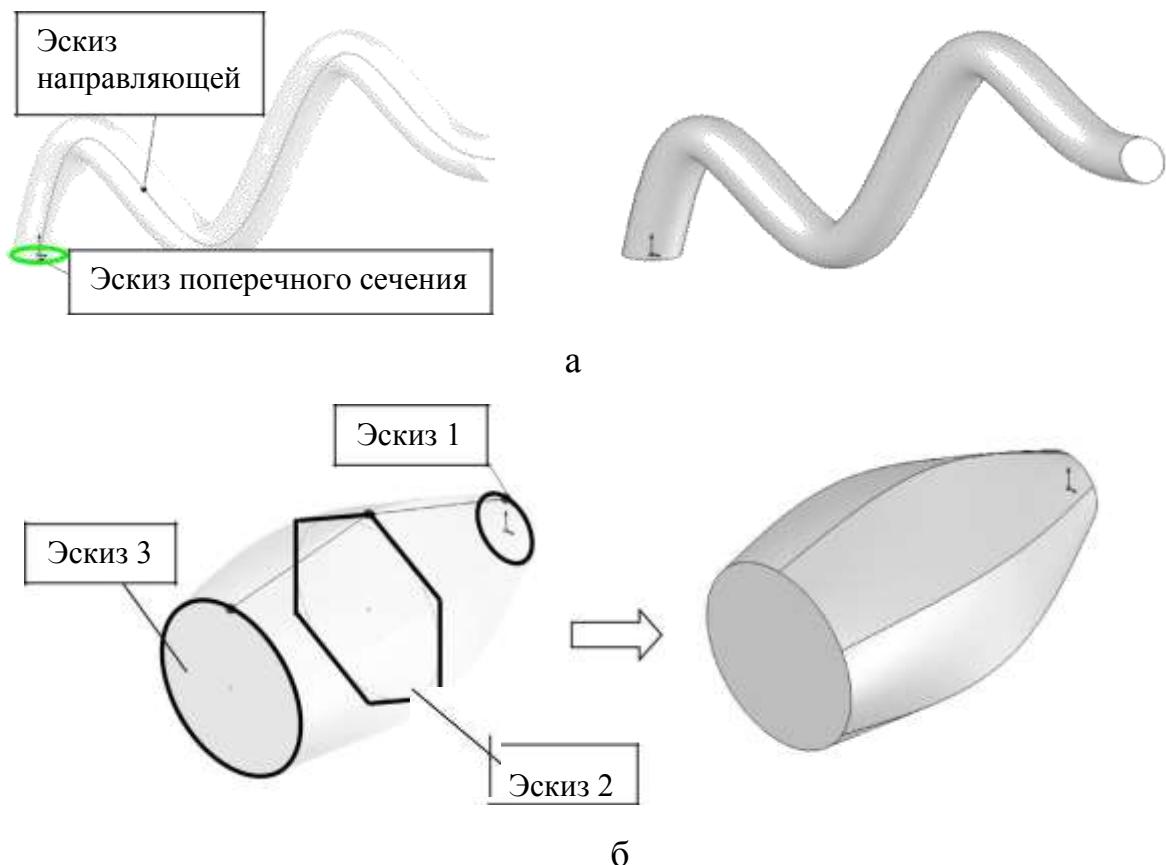


б

а – методом “Бобышка вытянуть”; б – методом “Бобышка повернуть”

Рисунок 11 – Получение оснований

Существуют более сложные способы получения основания, например, путем вытягивания двухмерного эскиза вдоль кривой или получение модели вытягиванием ее через различные контрольные сечения. На рисунке 12 приведены примеры создания оснований деталей или их элементов от нескольких эскизов.



а – методом “По траектории”; б – методом “По сечениям”

Рисунок 12 – Получение сложных оснований:

### 1.8. Плоскости проектирования

Перед началом проектирования любой детали необходимо выбрать первоначальную плоскость проектирования. В программе SW предусмотрены три стандартные плоскости проектирования: *Спереди*, *Справа* и *Сверху*. На рисунке 13 представлен фрагмент рабочего окна с расположеными в нем указанными плоскостями.

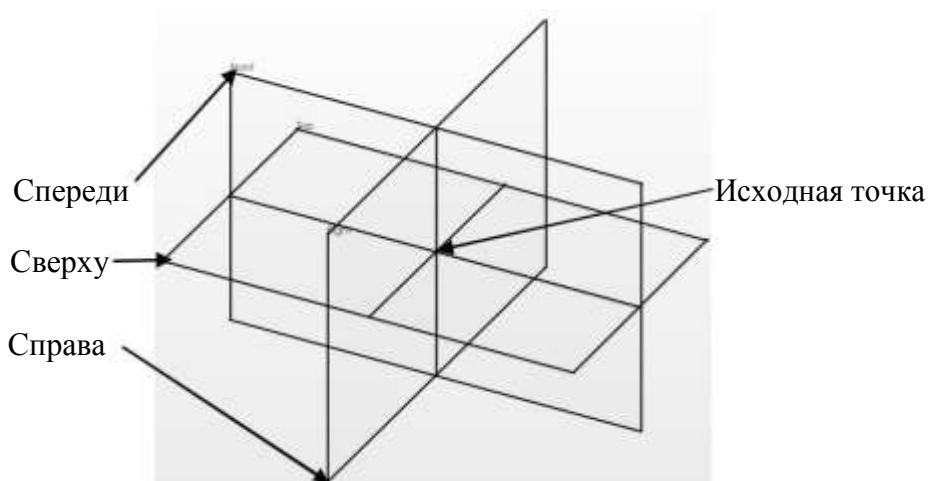
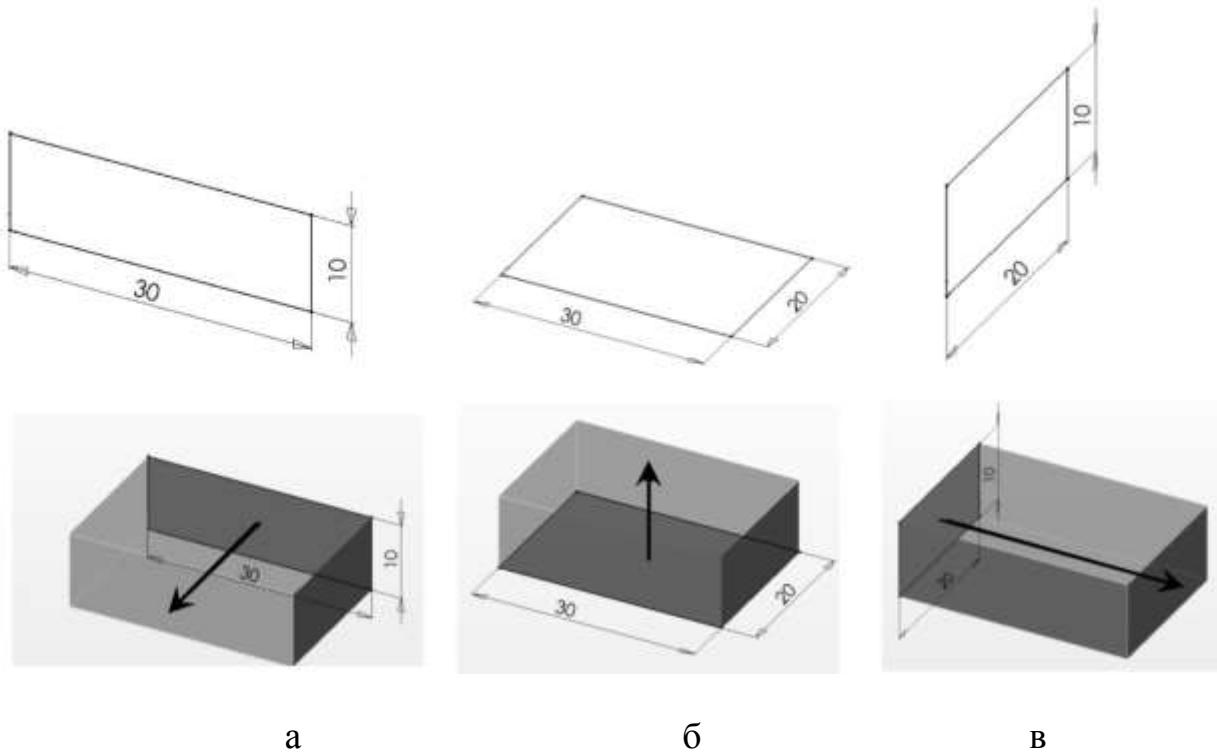


Рисунок 13 – Стандартные плоскости

Пересечение стандартных плоскостей происходит в *Исходной точке*. Исходная точка является важным элементом детали, относительно которой необходимо производить геометрические взаимосвязи элементов эскиза.

В зависимости от выбранной плоскости проектирования для одной и той же детали основания могут иметь различную форму. На рисунке 14 приведен пример создания одного и того же основания с различных плоскостей.

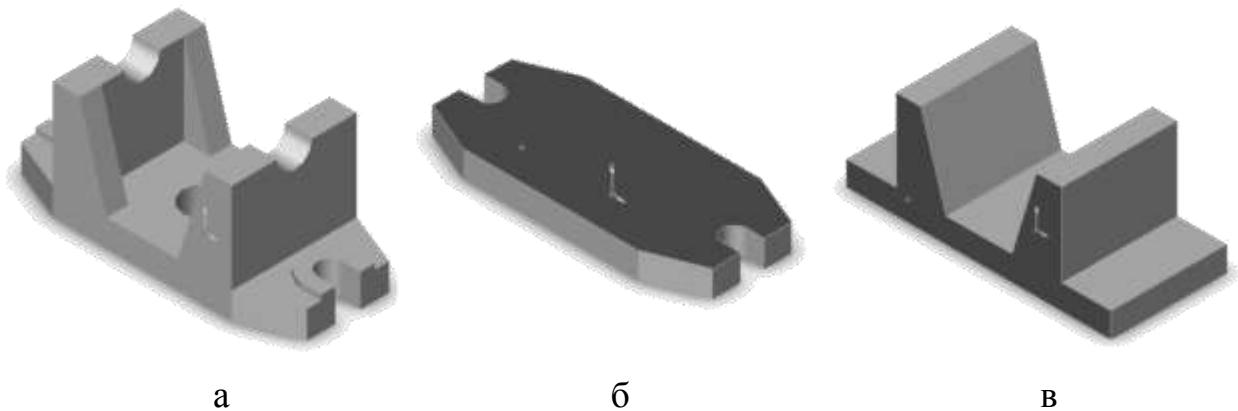


а – эскиз расположен на плоскости Спереди; б – эскиз расположен на плоскости Сверху; в – эскиз расположен на плоскости Справа

Рисунок 14 – Создание основания

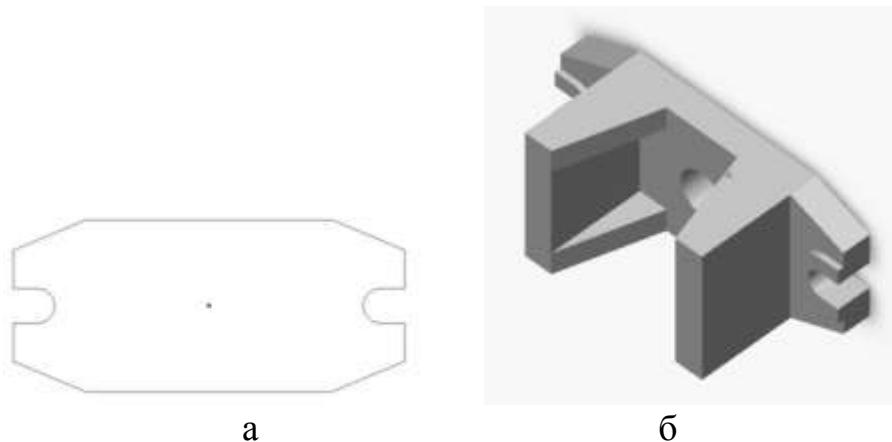
Выбор первоначальной плоскости проектирования принадлежит конструктору, который руководствуется прежде всего собственным профессиональным опытом, а также функциональным назначением детали и ее положением в сборке. В качестве дополнения к сказанному на рисунке 15 даны варианты выбора плоскостей создания основания для построения одной и той же детали.

Ошибки при выборе плоскости создания основания могут привести в результате к нежеланному виду детали. На рисунке 16 представлен случай неправильного выбора плоскости для основания детали, указанной на рисунке 15 (для эскиза основания вместо плоскости проектирования Сверху была выбрана плоскость Спереди).



а – деталь; б – основание, построенное от плоскости Сверху; в – основание, построенное от плоскости Спереди

Рисунок 15 – Построение детали с различных плоскостей



а – эскиз основания на плоскости Спереди; б - изометрический вид детали  
Рисунок 16 – Пример неправильного выбора начальной плоскости проектирования:

## 1.9. Правила построения эскизов

Как было указано ранее, создание любого элемента детали начинают с создания плоской образующей этого элемента – **эскиза**. В программе эскиз представляет собой подобие двухмерного чертежа, выполненного в документе “Деталь” с помощью элементов эскиза (например, линия, окружность, дуга и т.д.). Плоскости, на которых могут быть созданы эскизы, следующие: стандартные плоскости (Спереди, Справа, Сверху); любая плоскость детали; плоскости, созданные дополнительно. На рисунке 17 приведены примеры плоскостей, на которых можно создавать эскизы.

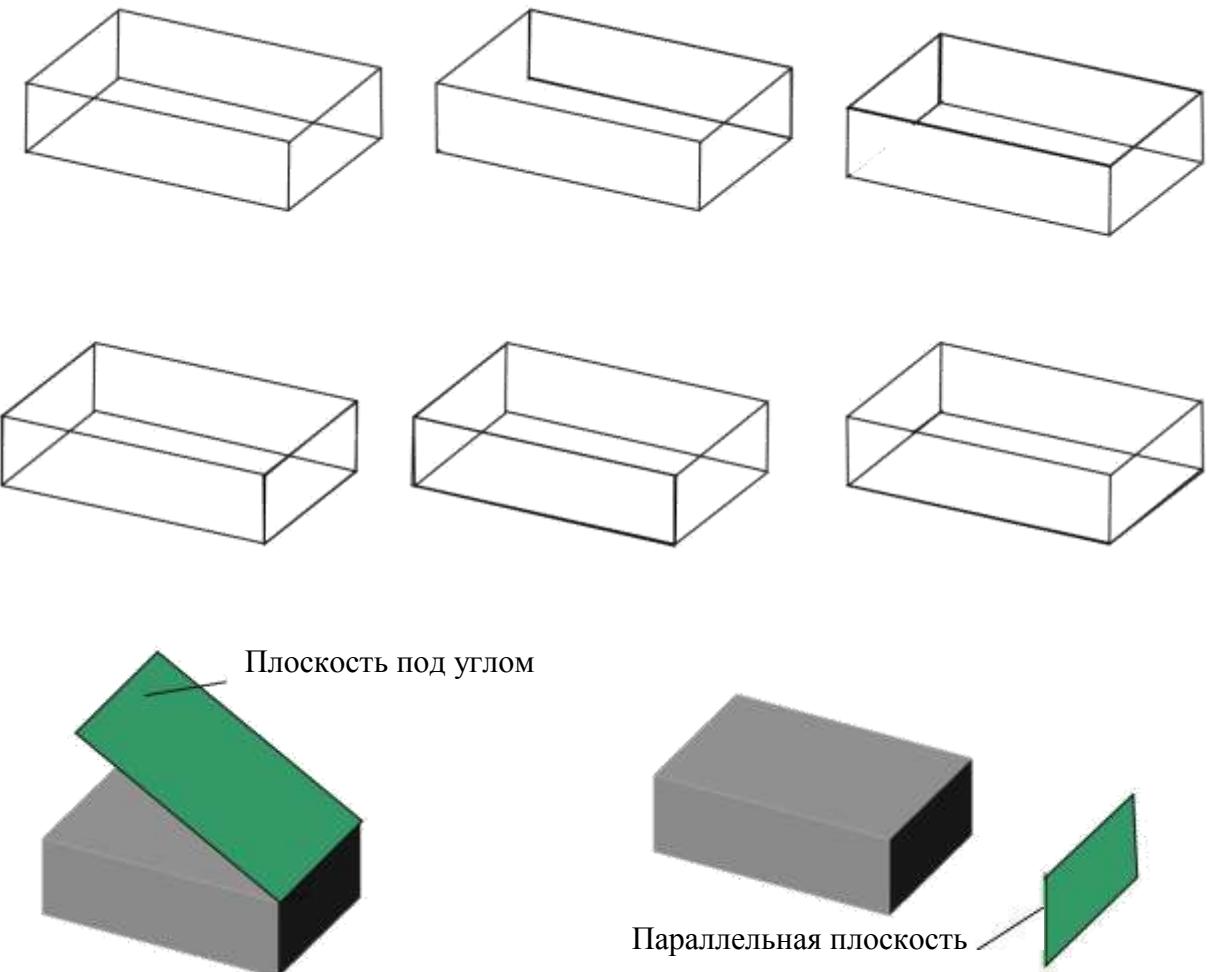


Рисунок 17 – Плоскости для построения эскизов

Под любой плоскостью детали понимают плоскость, совпадающую с плоской поверхностью детали. На рисунке 18 приведен пример выбора нескольких плоскостей сложной детали, на которых возможно создать эскизы.

К основным правилам построения эскиза относят:

- 1) эскиз, кроме особых случаев, должен представлять собой замкнутую кривую (замкнутый контур);
- 2) эскиз не должен содержать пересекающихся контуров.

При нарушении указанных правил дальнейшая работа с эскизом (получение из него трехмерной модели) невозможна.

На рисунке 19 представлены примеры, поясняющие указанные правила создания эскизов.

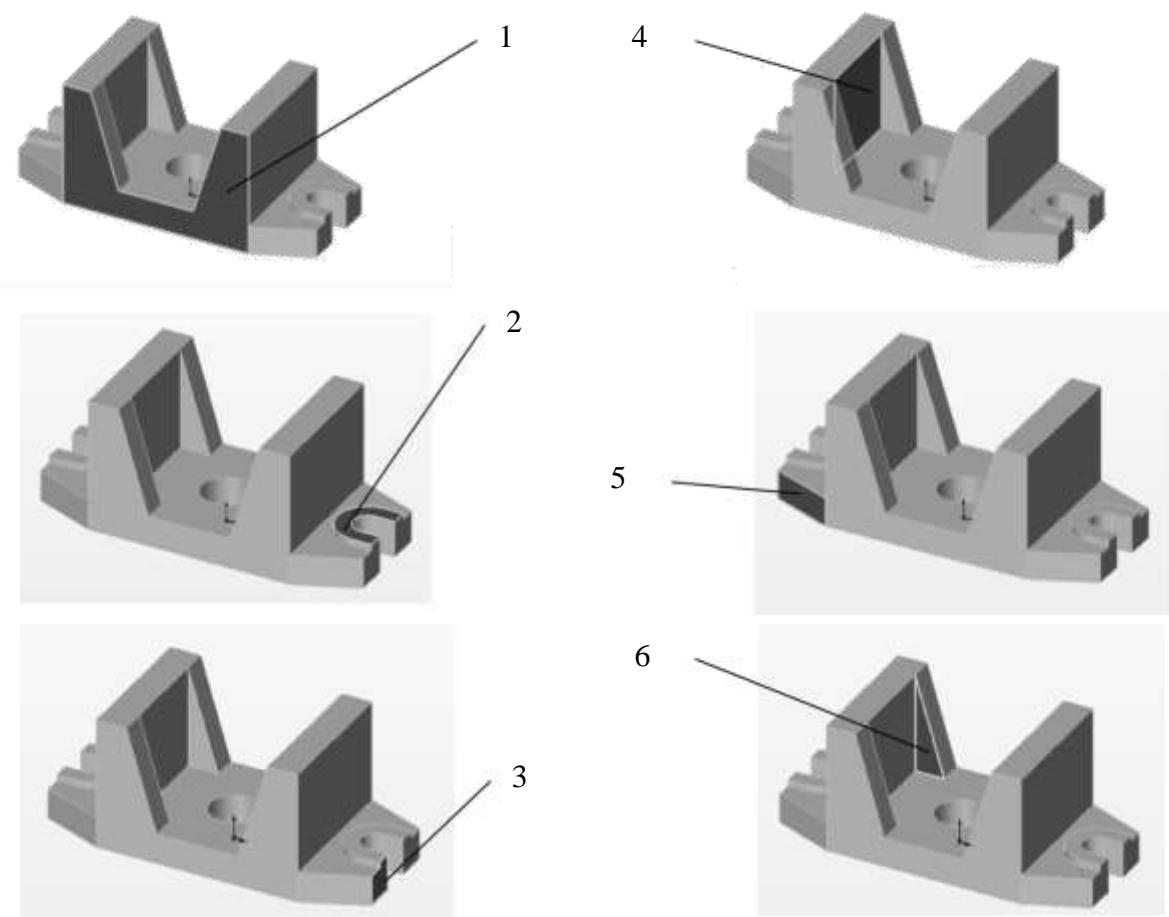
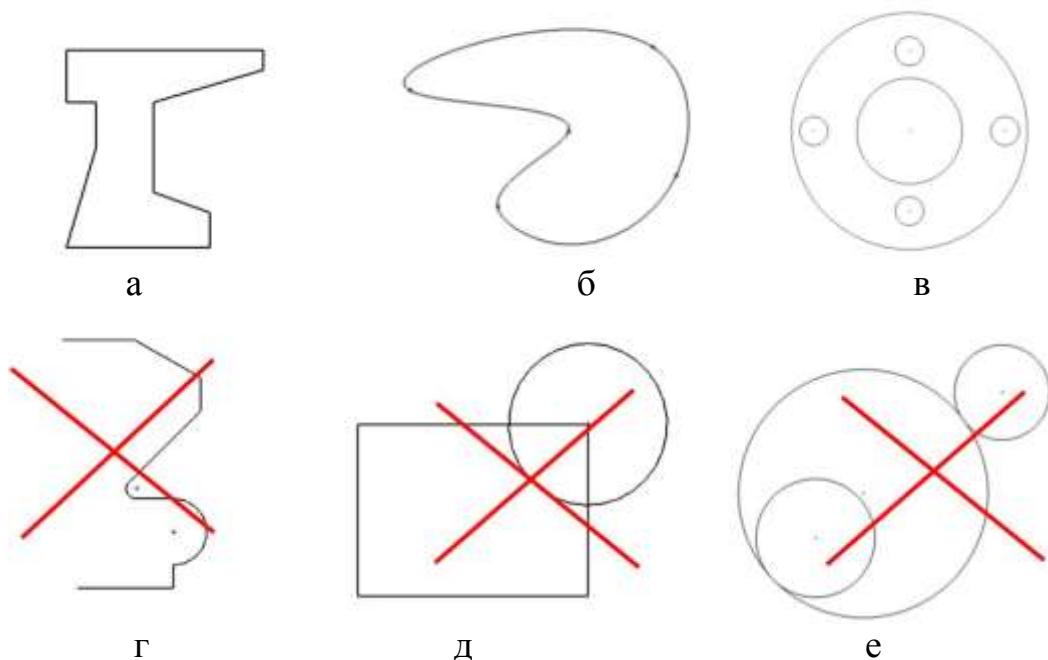


Рисунок 18 – Плоскости детали (1-6), на которых можно создать новые эскизы



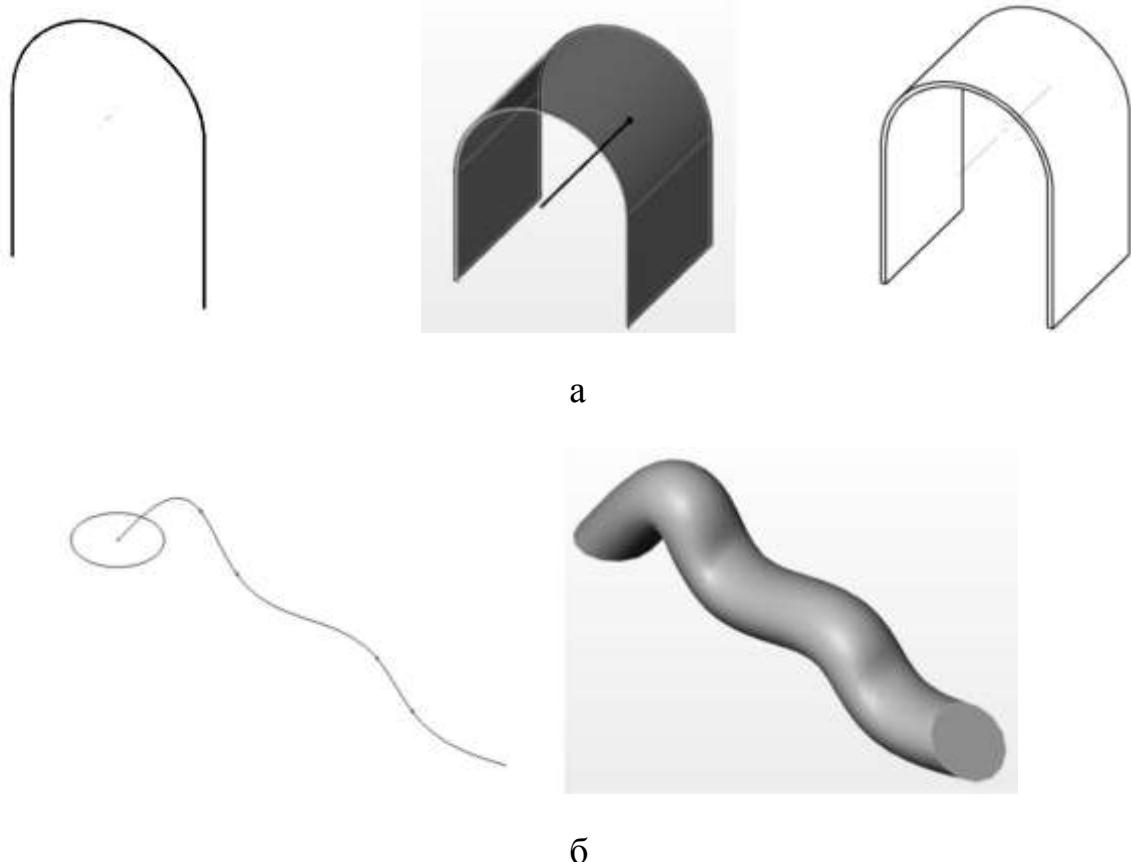
а, б, в – эскизы с замкнутыми контурами; г – эскиз с незамкнутым контуром;  
д, е – эскизы содержат пересекающиеся контуры

Рисунок 19 – Примеры эскизов

В качестве исключений из первого правила построения эскизов следует отметить отдельные методы построения элементов деталей, например:

- 1) построение тонкостенных элементов путем вытягивания;
- 2) эскиз представляет собой направляющую при создании элемента “По траектории”.

На рисунке 20 приведены примеры указанных исключений: а – построение “Тонкостенного элемента”; б – построение элемента “По траектории”.



а – тонкостенный элемент; б – элемент “По траектории”

Рисунок 20 – Построение элементов детали, образованных от незамкнутых эскизов

Построение эскизов на выбранной плоскости производят с помощью инструментов работы с эскизом, расположенных в *панели инструментов эскиза*, описанных далее.

## 1.10. Определенность эскизов

Другим важным свойством, которым должен обладать эскиз является его определенность. Определенный эскиз является полностью геометрически описанным, т.е. в нем присутствуют необходимые размеры всех элементов

эскиза. Кроме этого в полностью определенном эскизе дополнительно присутствуют *взаимосвязи* элементов между собой. На рисунке 21 приведены примеры полностью определенных эскизов.

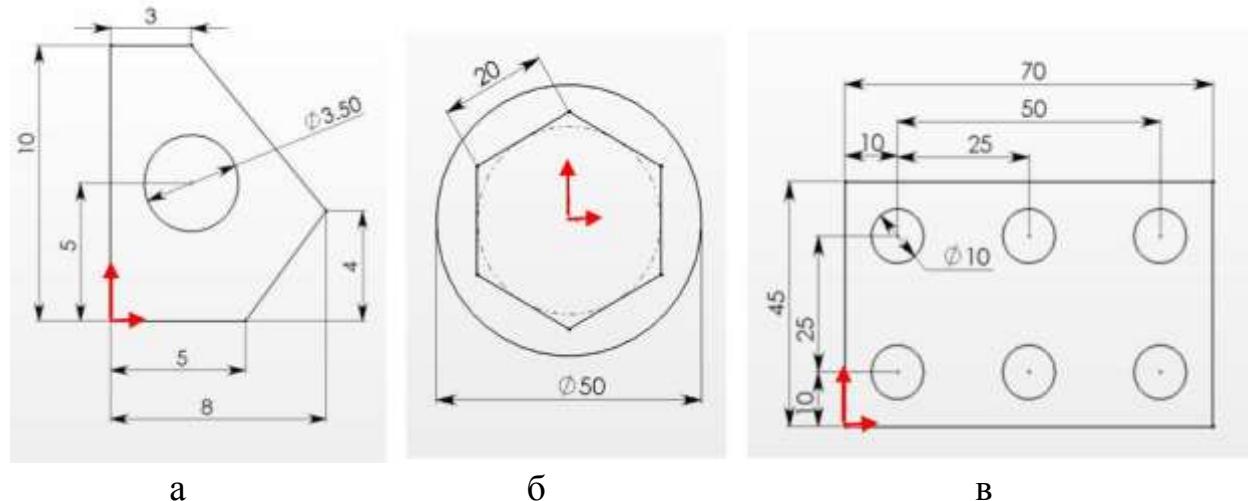


Рисунок 21 – Полностью определенные эскизы

Под взаимосвязями в эскизе понимают взаимное расположение элементов эскиза относительно друг друга. Взаимосвязи в эскизе необходимы не только между элементами эскиза, но и между исходной точкой и элементами эскиза. В приведенных на рисунках 21,а и 21,в эскизах исходная точка совпадает с нижним левым углом соответствующих многоугольников. На рисунке 22 приведен пример, в котором производится дополнительное определение элементов детали относительно исходной точки. Напомним, что исходная точка – это центральная точка, расположенная на пересечении стандартных плоскостей, все элементы детали напрямую или косвенно должны быть привязаны к ней размерами или взаимосвязями.

Кроме показанных на рисунках 21 и 22 размерных (количественных) взаимосвязей между элементами эскиза и исходной точкой существуют геометрические (качественные) взаимосвязи между элементами эскиза. Например, на рисунке 21,б видно, что у шестиугольника две стороны ориентированы строго вертикально. Это необходимо дополнительно указывать. Строгое вертикальное и горизонтальное расположение центров окружностей на рисунке 21, в также необходимо дополнительно определять. На рисунке 23 показаны этапы установления геометрических взаимосвязей между элементами эскиза.

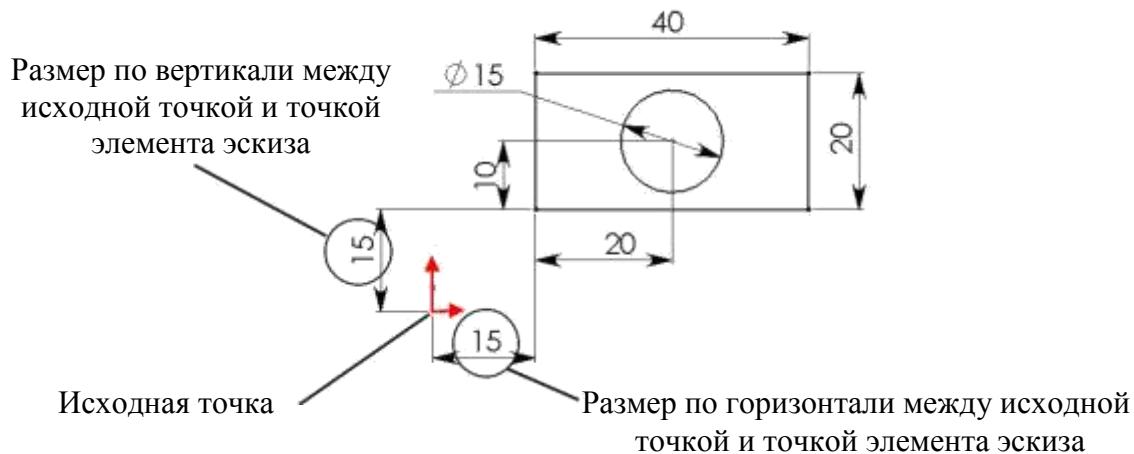
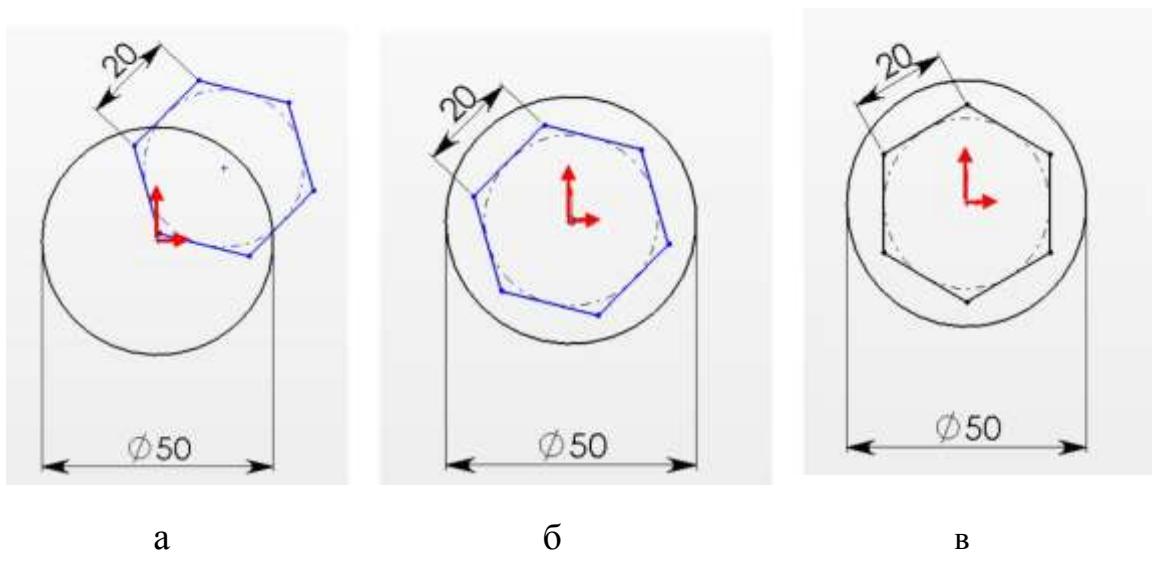


Рисунок 22 – Взаимосвязи элементов эскиза с исходной точкой



а – исходное состояние; б – совмещение центра многоугольника с исходной точкой;  
в – вертикальная ориентация двух сторон многоугольника

Рисунок 23 – Установление геометрических взаимосвязей в эскизе

В процессе создания эскиза программа окрашивает элементы эскиза в различные цвета, соответствующие определенному состоянию эскиза, зависящего от указанных размеров и взаимосвязей его элементов.

1. Черный цвет: полностью определенный эскиз, у которого все линии и кривые в эскизе, а также их положения определены с помощью размеров и/или взаимосвязей.
2. Красный цвет: эскиз является переопределен, в нем указаны лишние взаимосвязи и/или размеры.
3. Синий цвет: эскиз не доопределен, т.е. некоторые размеры и/или взаимосвязи не определены.

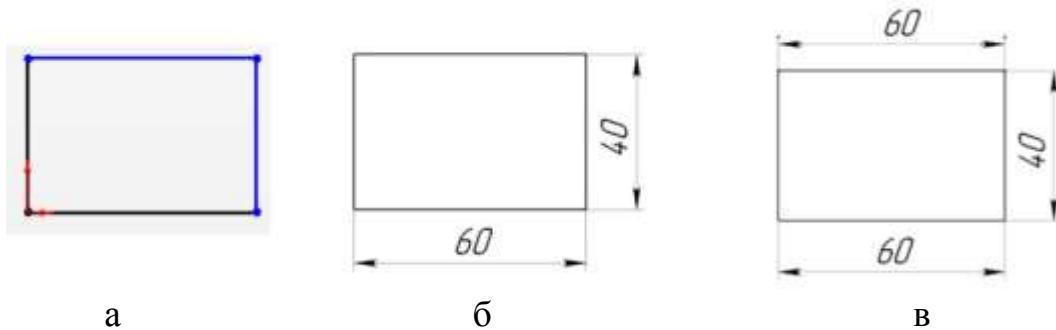
4. Розовый цвет: эскиз, в котором размер или взаимосвязь при расчетах не могут определить положение одного или нескольких объектов эскиза (например, геометрия, взаимосвязи и размеры, препятствующие расчету размеров).

5. Желтый цвет: эскиз был рассчитан, но в результате получилась недопустимая геометрия (например, нулевая длина линии).

6. Коричневый цвет (штриховыми линиями): эскиз находится в подвешенном состоянии, где присутствует размер, который не может быть больше решен (например, размер до удаленного объекта).

7. Серый цвет: эскиз, в котором значение размера задается при его расчете.

На рисунке 24 отображены наиболее частые состояния эскиза.



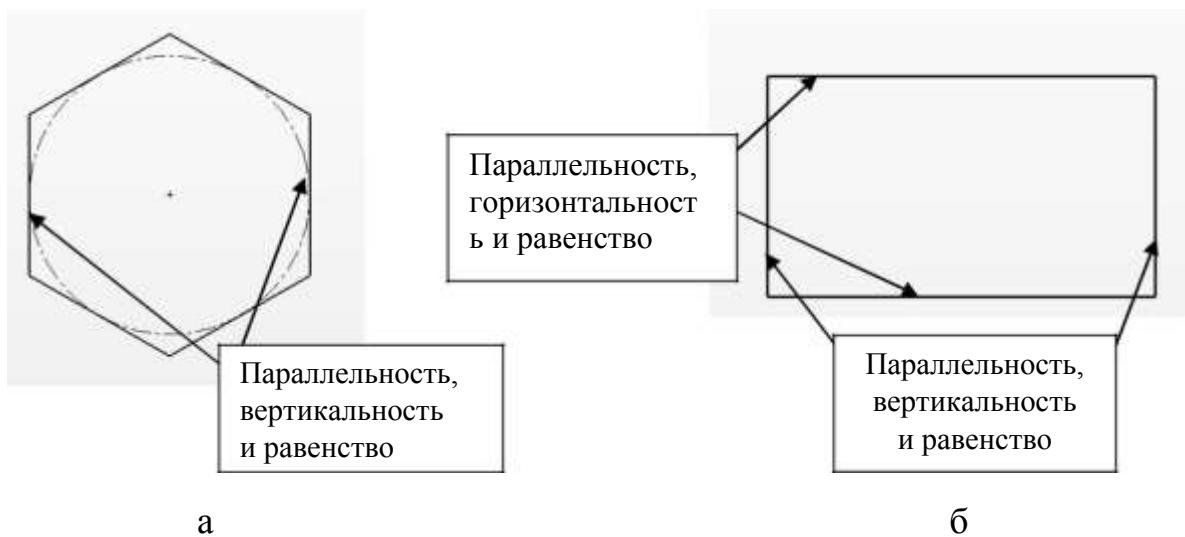
а – не определен (нет размеров); б – полностью определен (указаны все размеры и взаимосвязи); в – переопределен (дважды указан размер)

Рисунок 24 – Состояния эскиза

При построении стандартных фигур с помощью инструментов создания эскиза в создаваемых фигурах присутствуют взаимосвязи, определенные программой. Например, создаваемые в предыдущих примерах шестиугольники имеют стороны равной длины с углом  $120^0$  между соседними сторонами, противоположные стороны прямоугольника на рисунке 21 параллельны и равны, а угол между ними равен  $90^0$ . На рисунке 25 приведены взаимосвязи в стандартных элементах эскиза.

Установление взаимосвязей между элементами эскиза производят с помощью специальной функции “Установить взаимосвязь”, описание которой приведено далее. С помощью функции “Просмотреть взаимосвязи” можно выделить и удалить ненужные взаимосвязи в эскизе. Для удаления взаимосвязи достаточно применить функцию “Удаление взаимосвязей”, выбрать взаимосвязь, которую необходимо удалить, нажать на нее правой кнопкой мыши и выбрать в контекстном меню функцию “Удалить” (или нажатием правой кнопки мыши активизировать требуемую к удалению взаимосвязь

и нажать на клавиатуре кнопку Delete).



а – шестиугольник; б - прямоугольник

Рисунок 25 – Взаимосвязи в стандартных элементах эскиза

Итак, эскиз должен быть:

- 1) замкнутым, самонепересекающимся контуром;
- 2) полностью определенным:
  - установлены все взаимосвязи;
  - установлены все размеры.

Алгоритм создания эскиза включает в себя следующие основные этапы:

- 1) выбрать одну из стандартных плоскостей, расположенных в дереве конструирования: сверху, спереди или справа или любую иную плоскость на уже имеющихся гранях детали;
- 2) активизировать функцию “Эскиз”, расположенную на панели инструментов работы с эскизом;
- 3) ориентировать эскизную плоскость “Перпендикулярно” к направлению взгляда (желательно, но не обязательно);
- 4) выбрать инструмент работы с эскизом (например, “Окружность”);
- 5) установить взаимосвязь в эскизе между создаваемым примитивом и исходной точкой/другими элементами эскиза;
- 6) указать размеры создаваемого элемента (кроме “Осевой линии”);
- 7) выйти из эскиза с сохранением.

## 1.11. Пример создания эскиза (создание окружности, являющейся образующей цилиндра)

1. Выбрать нажатием левой кнопки мыши плоскость “Сверху” (рисунок 26).



Рисунок 26 – Выбор плоскости “Сверху”



2. Нажать кнопку “Эскиз” .

3. Задать перпендикулярную ориентацию эскиза нажатием кнопки “Перпендикулярно”, расположенной на панели инструментов работы с видами. На рисунке 27 отображен результат действия функции “Перпендикулярно”.

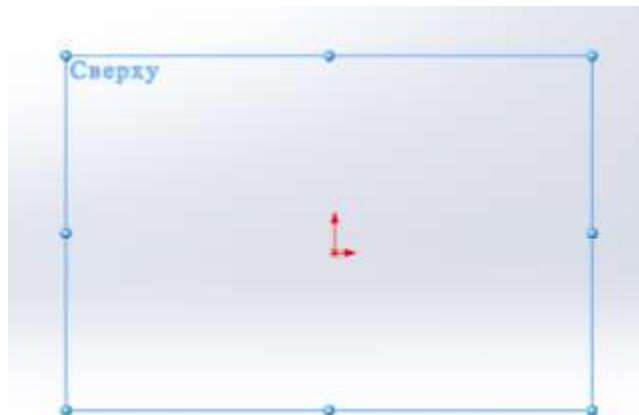


Рисунок 27 – Перпендикулярная ориентация плоскости проектирования



4. Выбрать инструмент “Окружность” и начертить в поле чертежа окружность с указанием центра окружности (путем нажатия левой кнопки

мыши) и одной из точек радиуса (путем повторного нажатия левой кнопки мыши). На рисунке 28 приведен пример выполнения указанной функции.

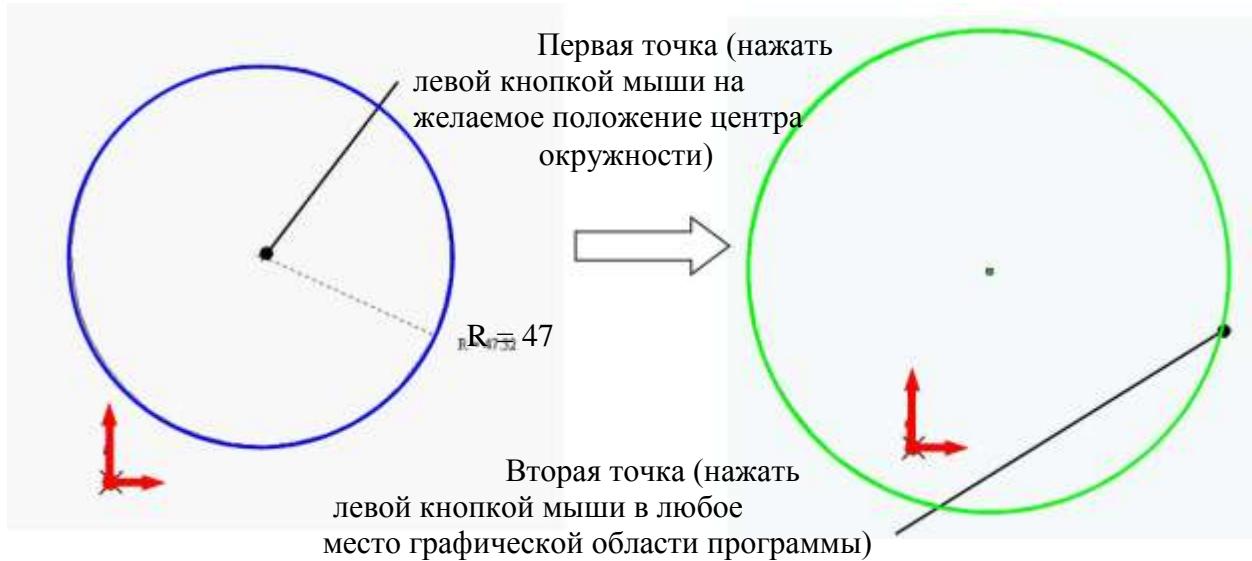


Рисунок 28 – Создание элемента окружность

5. Активизировать функцию “Установить взаимосвязь” и нажать левой кнопкой мыши на центр окружности и на исходную точку (исходную точку нажимают либо в поле чертежа, либо в *Дереве конструирования*). На рисунке 29 представлено диалоговое окно функции “Добавить взаимосвязь”.

В диалоговом окне “Выбранные элементы” будут указаны элементы, между которыми необходимо установить взаимосвязь. Из предложенного списка (горизонтально, вертикально или совпадение) выбрать функцию “Совпадение”. На рисунке 30 представлено диалоговое окно функции “Добавить взаимосвязь” с указанием действий, требуемых к выполнению.

6. Активизировать функцию “Ввод числовых значений эскиза” . Путем нажатия левой кнопкой мыши на любую точку окружности и установить в появившемся диалоговом окне требуемое значение радиуса – 50 мм. На рисунке 31 указаны действия, необходимые для установления размера окружности.

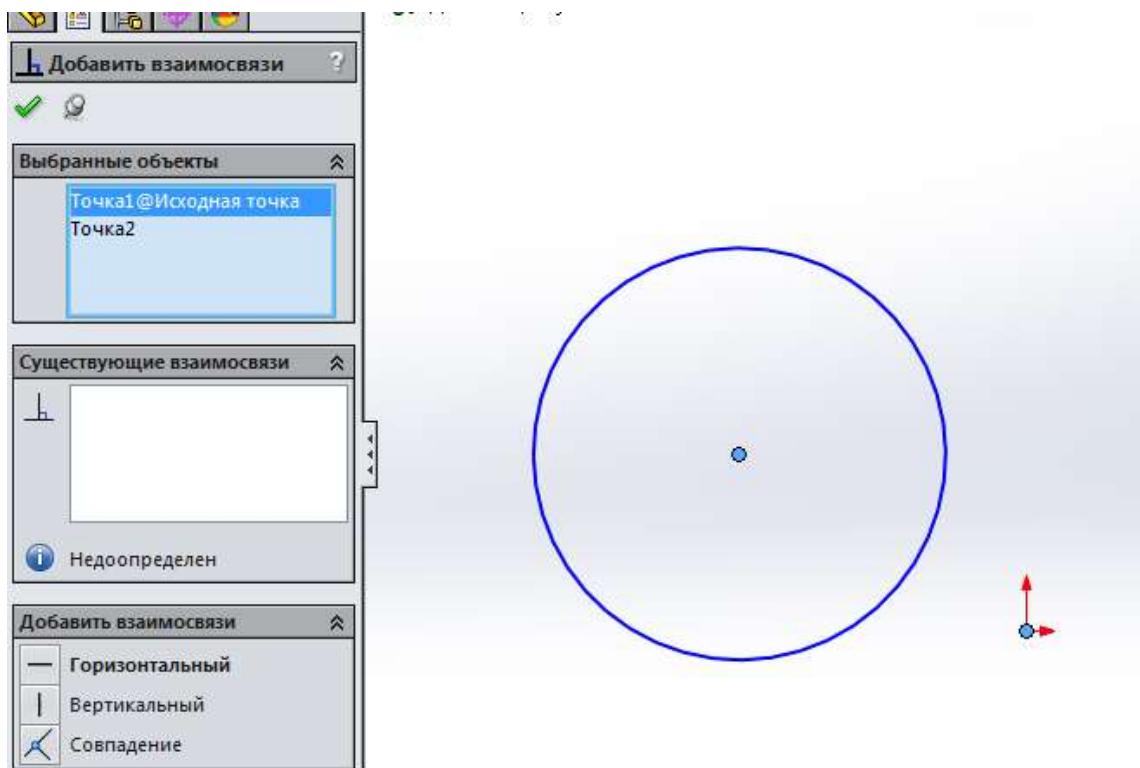


Рисунок 29 – Варианты взаимосвязей элементов эскиза

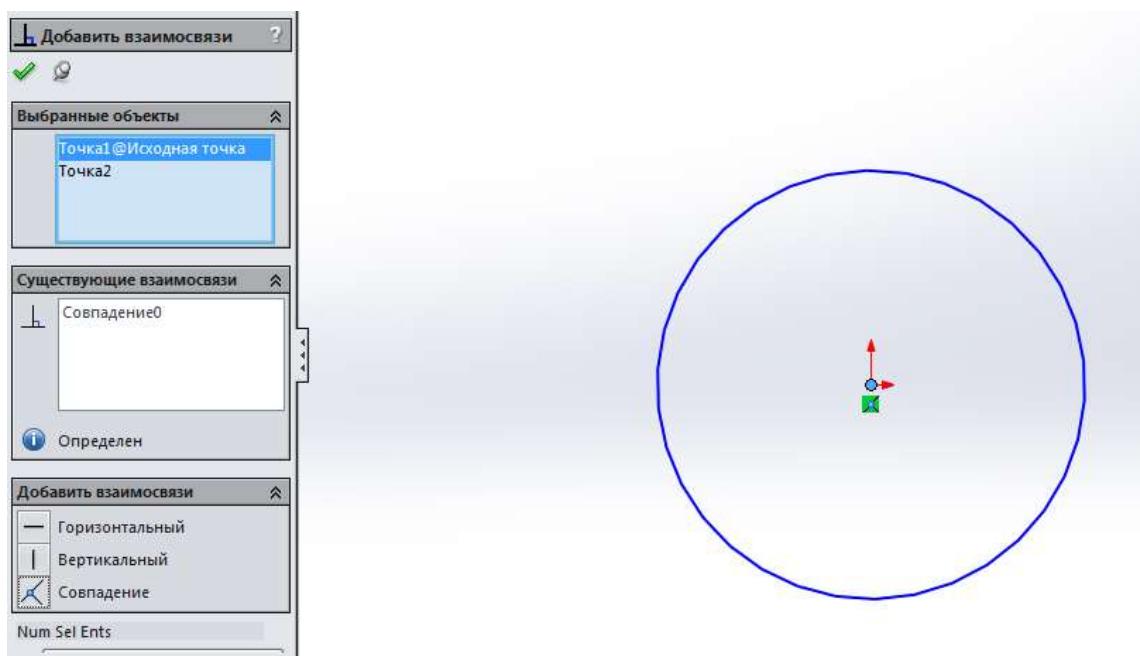
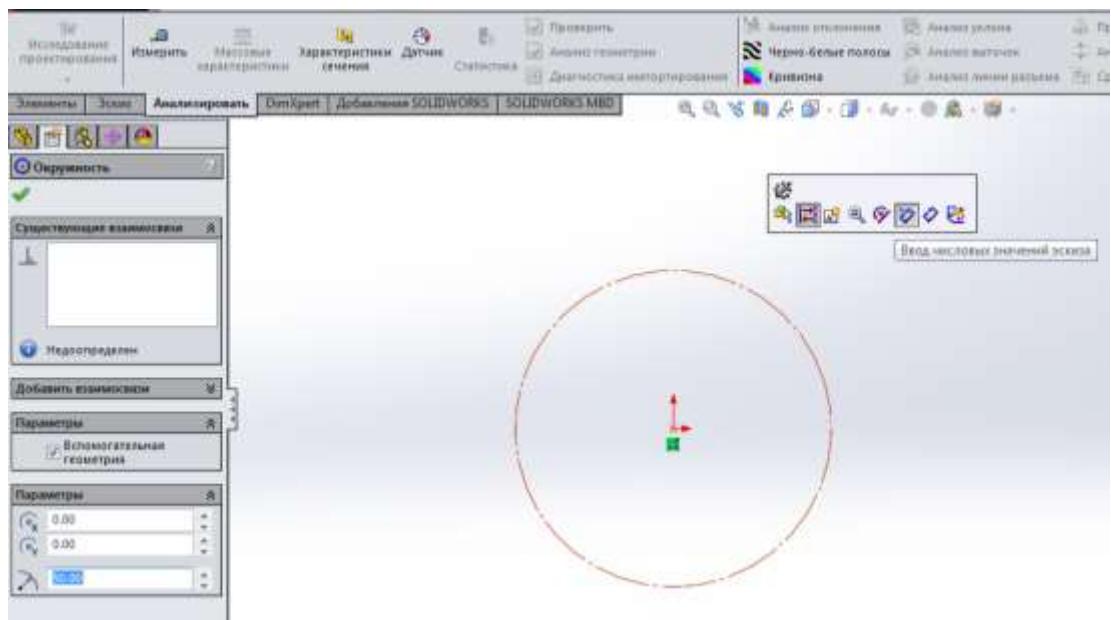
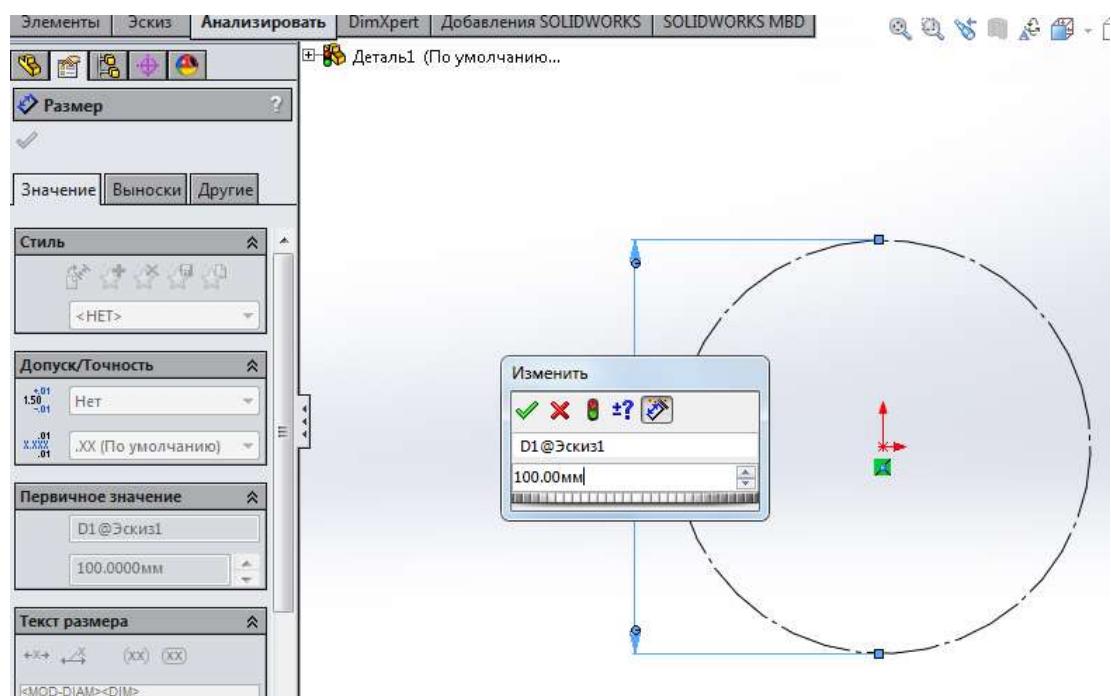


Рисунок 30 – Установление взаимосвязи “Совпадение” между элементами



а



б

а – общий вид программы; б – указание размера окружности  
Рисунок 31 – Указание размера окружности

По умолчанию все размеры вводятся в миллиметрах. Для редактирования размера достаточно двойного нажатия левой кнопкой мыши на размер. При этом активизируется диалоговое окно размера, в которое необходимо вписать требуемое значение размера.

Для удаления размера достаточно выделить левой кнопкой мыши размер и далее нажать на клавиатуре функцию Delete.

7. Выйти из эскиза с сохранением, нажав кнопку .

## 1.12. Дерево конструирования

Наиважнейшим элементом программы SW является *Дерево конструирования (ДК)*. В нем отражены сведения о плоскостях, используемых по умолчанию, материалах, освещении, обо всех элементах модели, а также представлена пошаговая история создания детали. Элементы, добавляемые с помощью средств моделирования, сразу отображаются в *Дереве конструирования*. Общий вид *Дерева конструирования* представлен на рисунке 32.

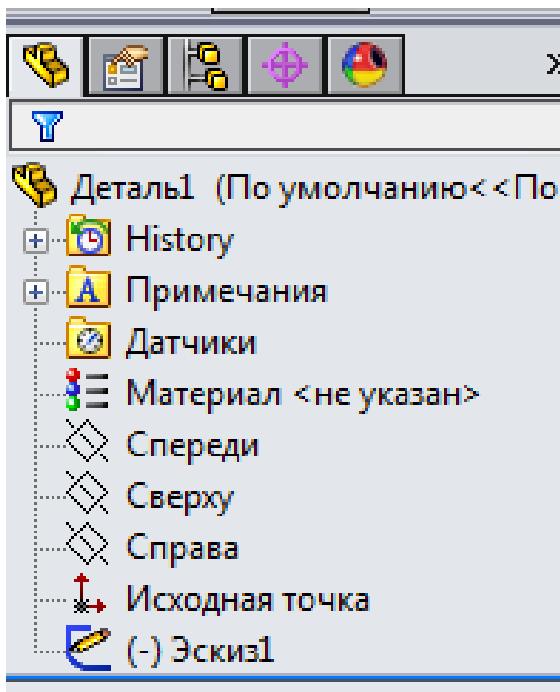
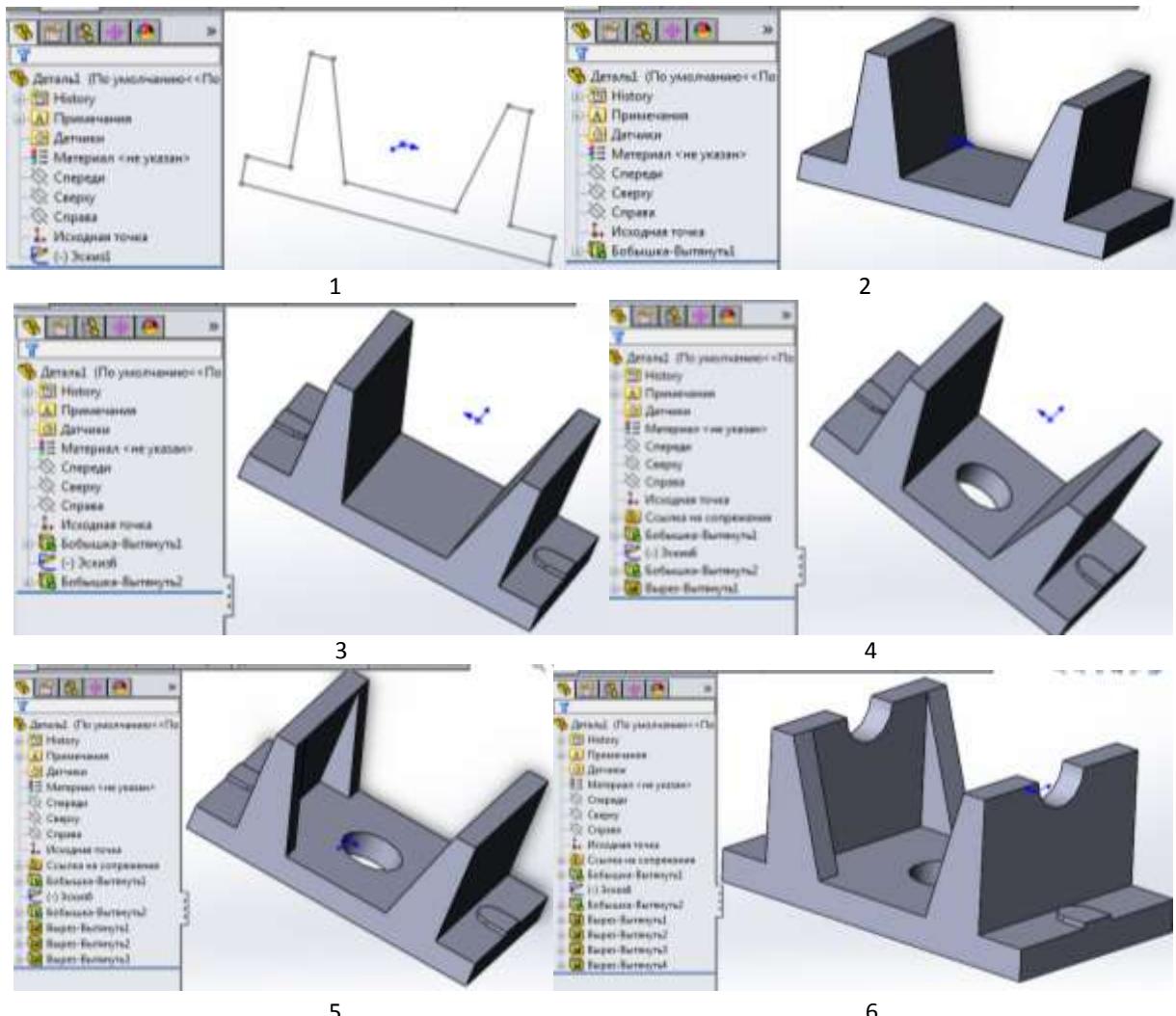


Рисунок 32 – Дерево конструирования и его элементы

Наглядное изображение формирования ДК, отражающего этапы построения детали, представлено на рисунке 33.



1 – создание эскиза основания; 2 – вытягивание основания; 3 – создание бобышек; 4 – создание выреза; 5 – создание вырезов; 6 – создание вырезов

Рисунок 33 – Формирование Дерева конструирования

На рисунке 34 представлен фрагмент программы, из которого видно формирование ДК.

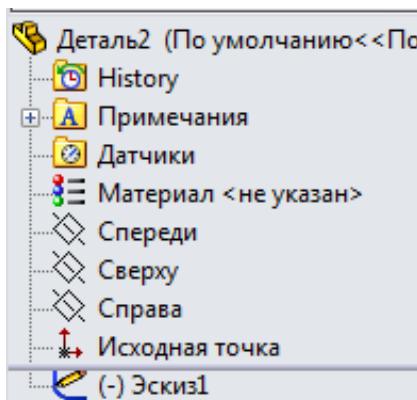


Рисунок 34 – Дерево конструирования

В ДК используют следующие условные обозначения. Знак “+” перед названием элемента в ДК говорит о его вложенной структуре, как правило, состоящей из одного или более эскизов. При разворачивании вложенной структуры (нажать на “+”) появится список формообразующих элемента - эскизов, а перед названием элемента появится знак “-” (рисунок 34).

Знак “-” перед названием эскиза в ДК говорит о том, что эскиз не-доопределен и его следует определить (добавить недостающие размеры или взаимосвязи).

Знак “+” перед названием эскиза в ДК говорит о том, что эскиз переопределен.

Знак “?” перед названием эскиза указывает на то, что его состояние не может быть определено.

Кроме того, перед названием элемента в ДК могут стоять знаки, указывающие на ошибки в детали. В таблице 1 представлены предупреждающие знаки и их описания.

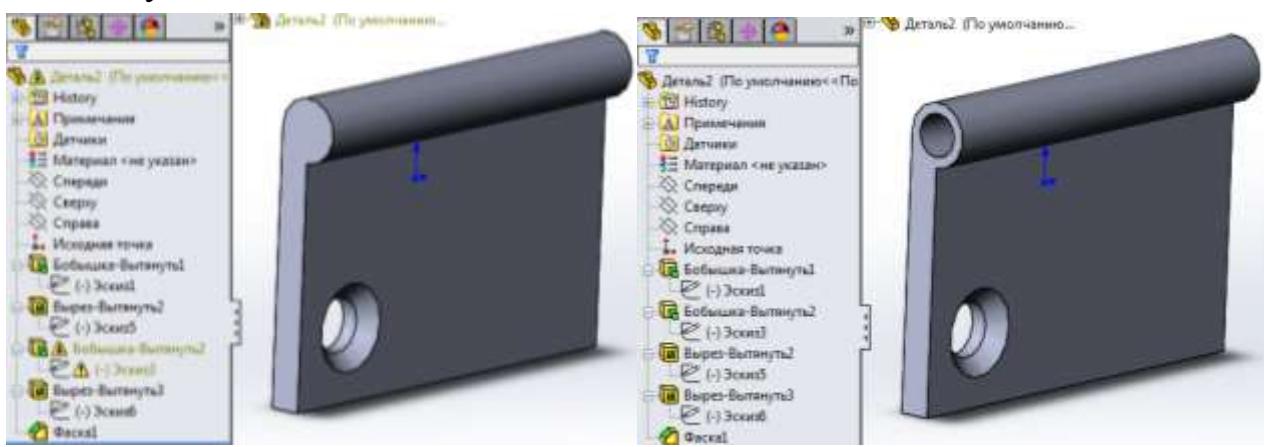
Таблица 1  
Предупреждающие знаки ДК

Значок	Описание
	Указывает на ошибку в модели. Этот значок появляется на имени документа в верхней части <i>Дерева конструирования</i> , а также на элементе, содержащем ошибку
	Указывает на ошибку в элементе. Этот значок появляется на имени элемента в <i>Дереве конструирования</i>
	Указывает на предупреждение под обозначенным узлом. Этот значок появляется на имени документа в верхней части <i>Дерева конструирования</i> , а также на родительском элементе в <i>Дереве конструирования</i> , дочерний элемент которого содержит ошибку
	Указывает на предупреждение, касающееся элемента. Этот значок появляется на определенном месте в ДК, в отношении которого появилось предупреждение

### 1.13. Полоса отката

В процессе проектирования возможно осуществлять временный возврат модели в предыдущее состояние, при этом недавно добавленные элементы погашаются. Указанное состояние, в котором будет находиться модель, называется *откатом*. В этом состоянии в нее можно добавлять новые элементы или редактировать уже существующие. Чтобы выполнить откат, достаточно

перетащить полосу отката *Дерева конструирования* вниз на необходимое количество элементов. На рисунке 35 представлены примеры детали в состоянии отката. В ряде случаев при построении деталей необходимо сделать выбор нескольких элементов детали (например, указание профиля и направления при создании элемента “По траектории”). Один из методов выполнения – это выбрать их в *Дереве конструирования*. Для этого необходимо его дополнительно активизировать, нажав вкладку *ДК*. Плавающее *Дерево конструирования* является прозрачным, что позволяет видеть модель, находящуюся за ним.



а – откат на 8 шагов проектирования; б – откат на 5 шагов проектирования

Рисунок 35 – Вид *Дерева конструирования* при редактировании шарнира

На рисунке 36 приведен пример совместного отображения панели свойств и *Дерева конструирования*.

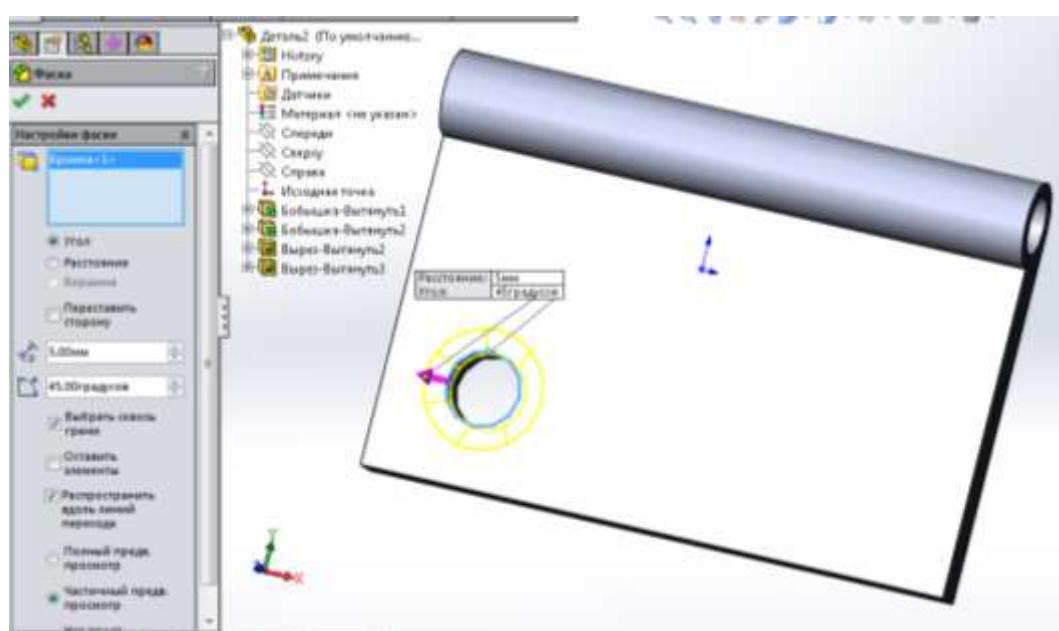
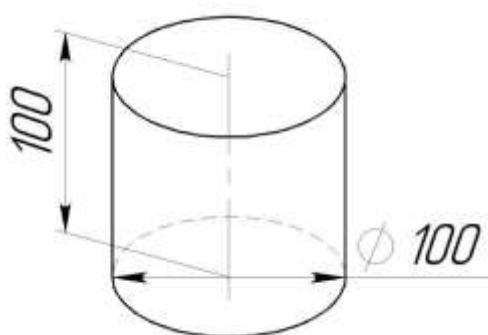


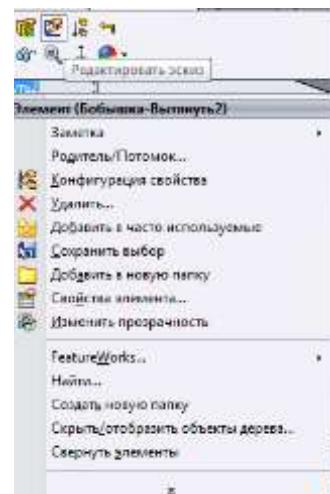
Рисунок 36 – Отображение *Дерева конструирования* в чертежном окне

## 1.14. Редактирование эскиза

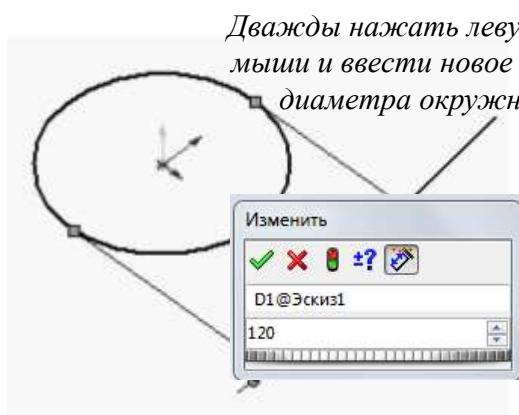
В процессе конструирования нередко возникают ситуации, в которых необходимо скорректировать некоторые размеры или формообразующие детали. В предыдущем разделе было определено, что трехмерный элемент детали может быть создан на основе плоского двухмерного эскиза, редактирование которого позволяет изменять геометрию двухмерного формообразующего элемента детали. Например, чтобы изменить диаметр уже созданного цилиндра, необходимо выполнить редактирование эскиза и изменить размер окружности. На рисунке 36 представлена операция по изменению размеров цилиндра. Изменение размеров в эскизе производят путем нажатия правой кнопкой мыши на соответствующий элемент или эскиз в ДК, активизации функции “Редактировать эскиз” и изменения выбранных параметров эскиза, как показано на рисунке 37.



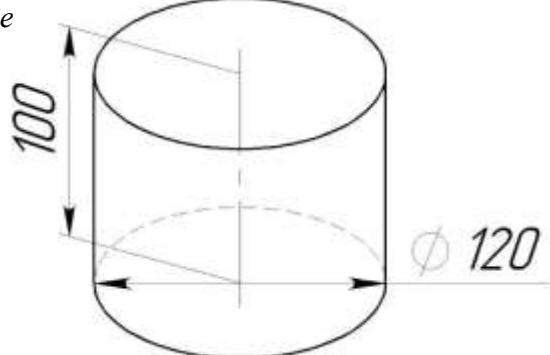
Исходный элемент



Окно функций элемента



Изменение размера в эскизе



Результат

Рисунок 37 – Редактирование эскиза

Из ДК вызов функции “Редактировать эскиз” можно осуществить щелчком правой кнопкой мыши по нуждающемуся в изменении эскизу в ДК, как указано на рисунке 38.

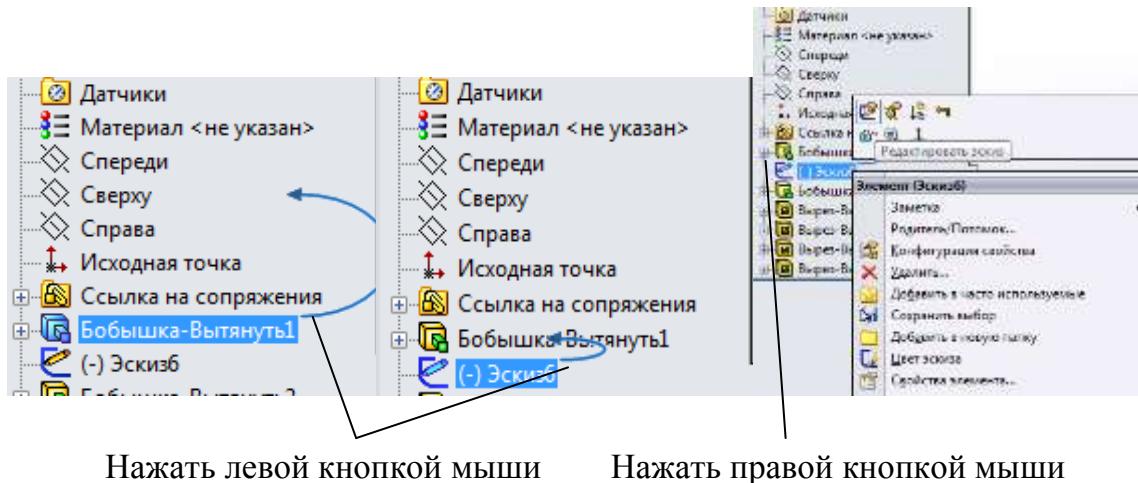


Рисунок 38 – Вызов функции “Редактировать эскиз”

Следующий пример, представленный на рисунке 39, демонстрирует, как путем редактирования эскиза можно изменять геометрию созданной детали.

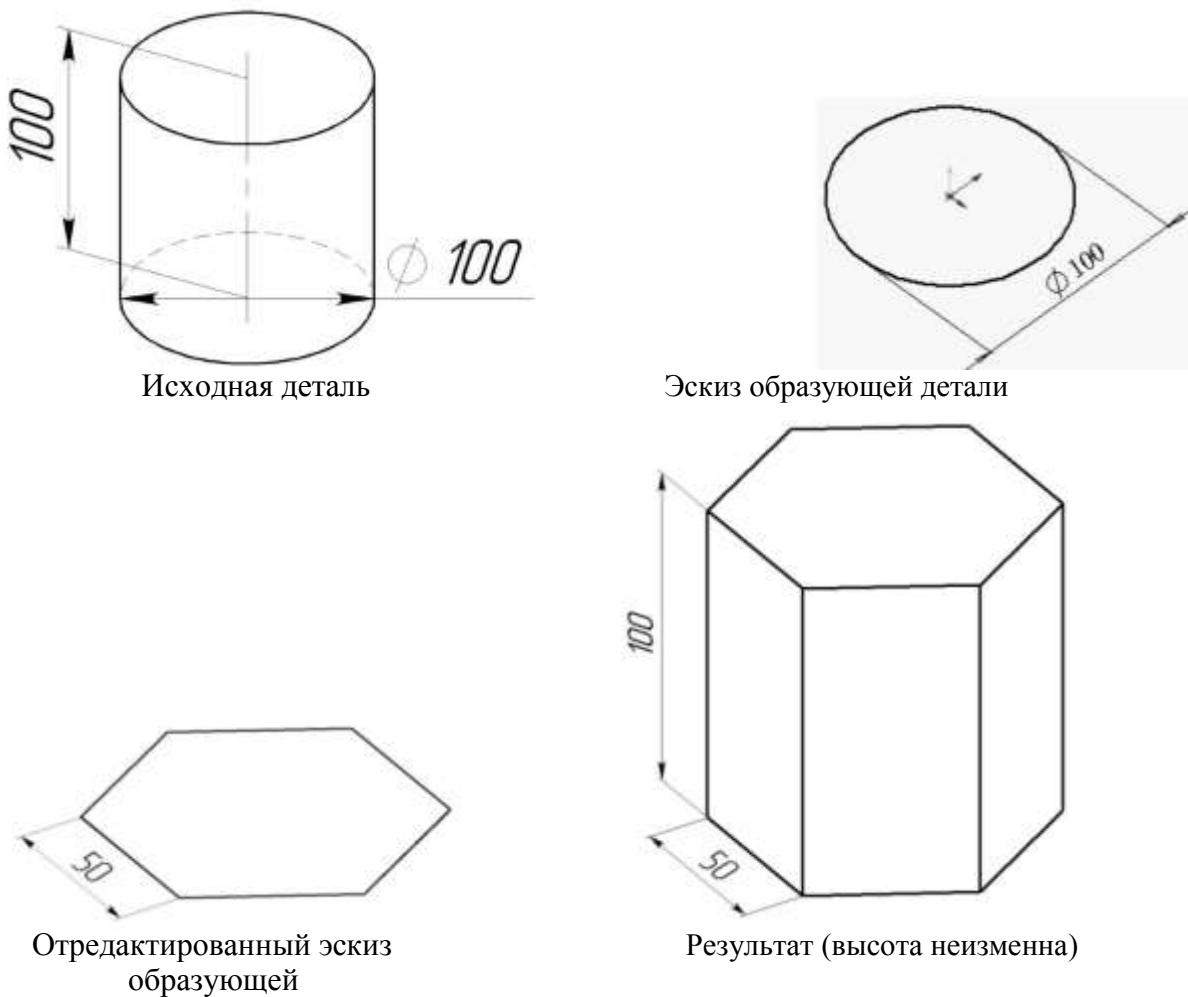


Рисунок 39 – Редактирование эскиза

## 1.15. Свойства элементов эскиза

Элементами эскиза являются представленные с большим разнообразием стандартные геометрические примитивы (например, окружность, линия, эллипс и т.д.). Более подробное описание создания примитивов дано в разделе “Панель инструментов “Эскиз”. Общим для всех создаваемых примитивов является наличие у них *свойств*, отраженных в диалоговом окне “Свойства”, состоящем из нескольких полей. Наличие свойств характерно не только для примитивов эскиза, но также для любого элемента программы (например, для линии в документе “Чертеж” или для линейного массива в документе “Деталь”). На рисунке 40 а, б приведены примеры панелей свойств для различных элементов программы.

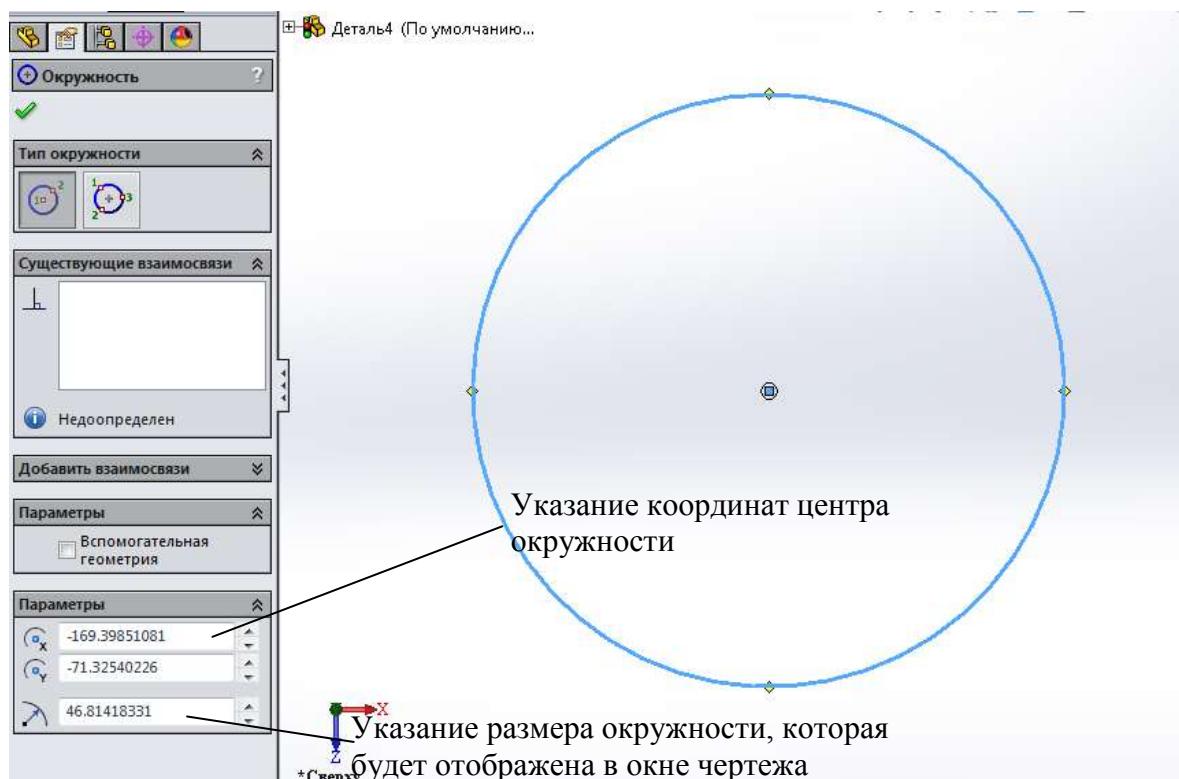


Рисунок 40 а – Панель свойств, для элемента эскиза “Окружность”

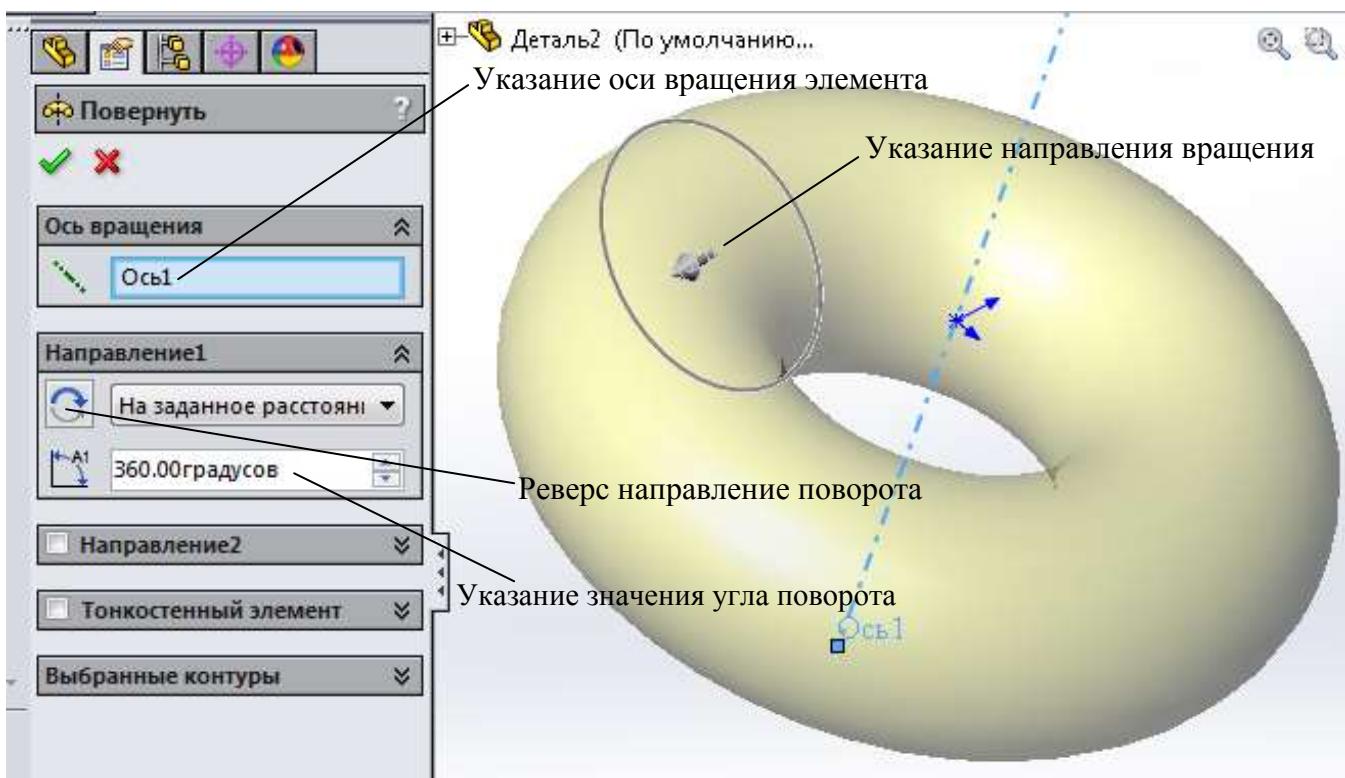


Рисунок 40 б – Панель свойств для элемента детали “Повернутый вырез”

## 1.16. Построение элементов детали

Для получения трехмерных элементов деталей из образованных двухмерных эскизов необходимо активизировать соответствующую функцию на панели инструментов работы с деталями. Инструменты построения трехмерных элементов детали описаны далее.

### 1.16.1. Пример построения трехмерного элемента модели детали

Построение трехмерного элемента модели целесообразно в следующем порядке.

1. Нажать левой кнопкой мыши в ДК на соответствующий эскиз.
2. Нажать на панели инструментов работы с деталями элемент “Бобышка вытянуть” (рисунок 41).
3. Установить требуемое значение высоты цилиндра – 100 мм (рисунок 42 для эскиза, созданного в п. 1.11).

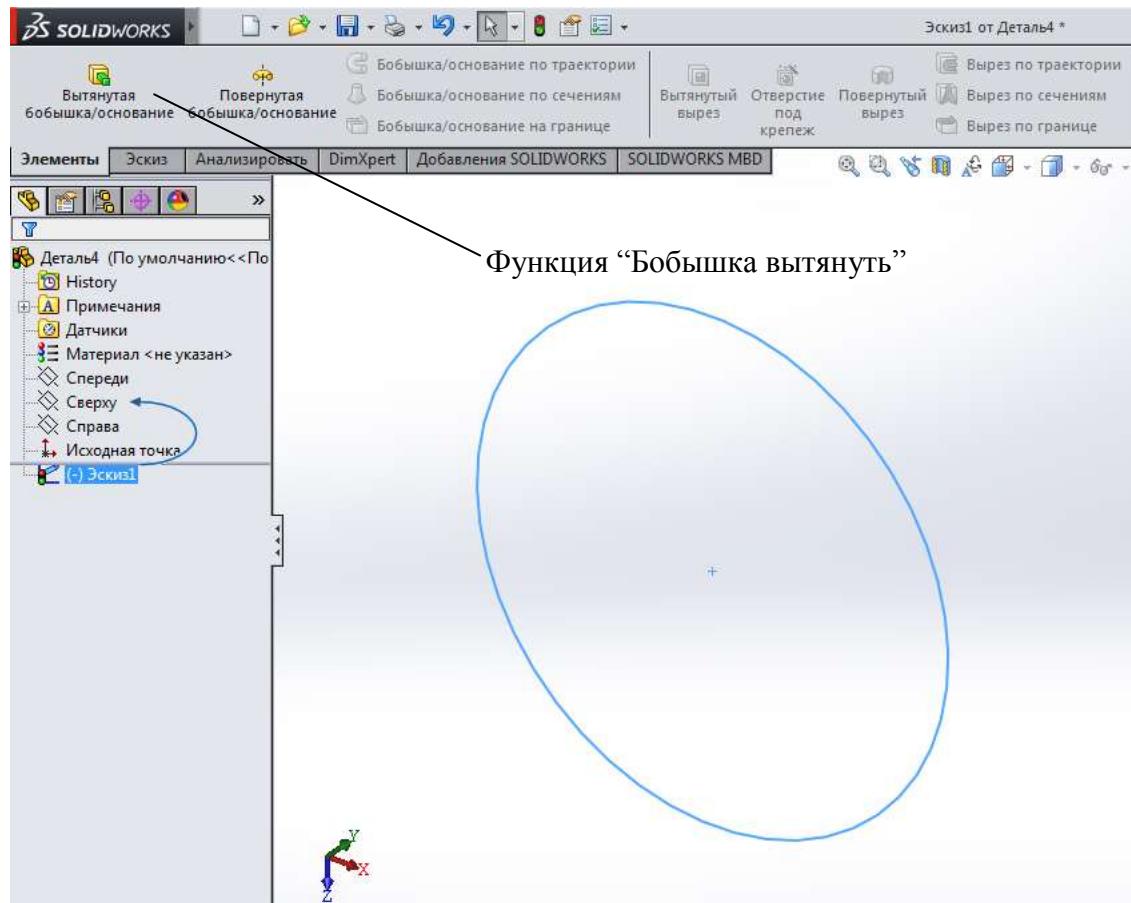


Рисунок 41 – Активизация функции “Бобышка вытянуть”

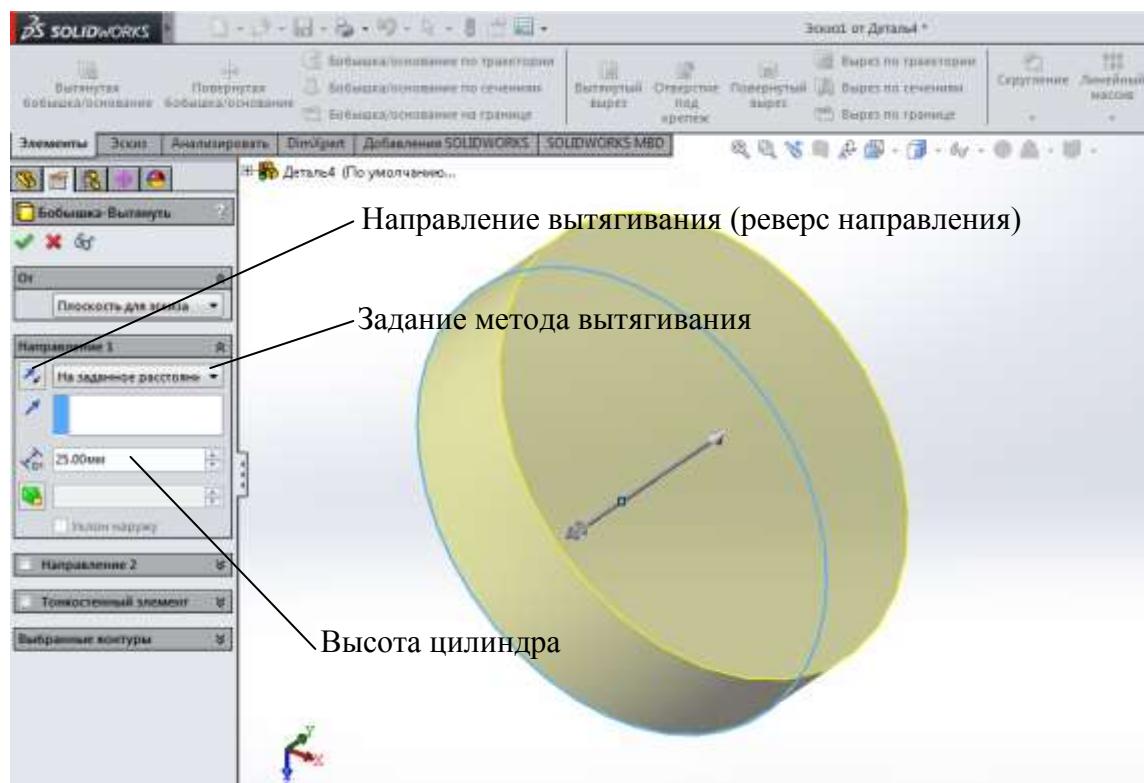


Рисунок 42 – Задание параметров бобышки

4. Установить требуемое направление вытягивания. Кнопка смены направления расположена в диалоговом окне элемента “Вытянутая бобышка/основание”.

5. Установить способ задания вытягивания путем выбора соответствующего параметра в выпадающем меню “Направление” (указать “На заданное расстояние”).

6. Выйти с сохранением.

### 1.16.2. Пример построения модели детали

*Задание.* Построить модель детали, изображенной на рисунке 43.

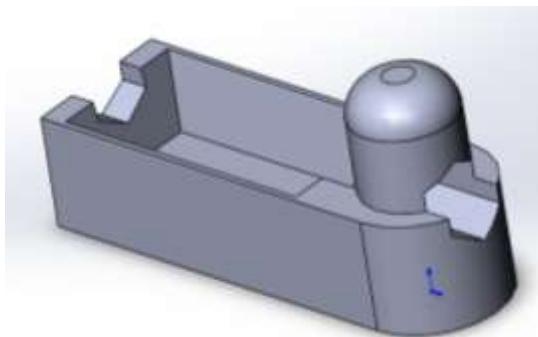
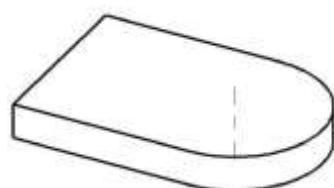


Рисунок 43 – Деталь

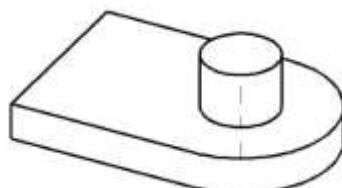
*Указания к выполнению детали 1.*

Выполнить анализ заданной детали.

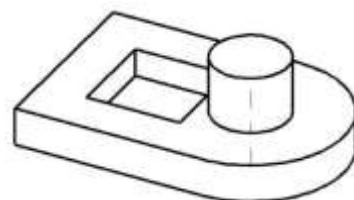
Анализ рекомендуется производить с целью оптимизации количества построений и правильного определения исходной плоскости для построения основания и методов построения. На рисунке 44 представлен один из возможных вариантов построения детали, где каждый последующий шаг дополняет деталь.



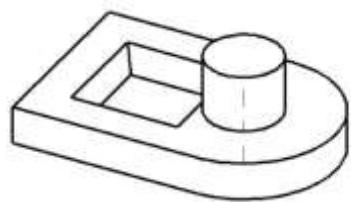
Этап 1. Создание основания



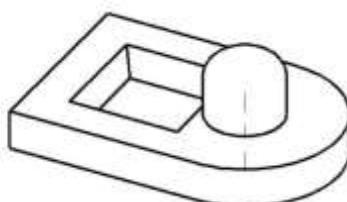
Этап 2. Создание цилиндра



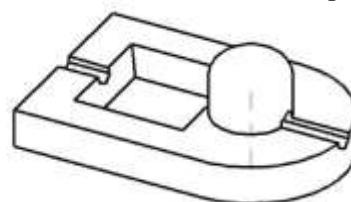
Этап 3. Создание выреза



Этап 4. Создание уклона



Этап 5. Создание скругления



Этап 6. Создание выреза

Рисунок 44 – Этапы создания детали

2. Создать документ SW “Деталь”. Вызвать последовательно функции: “Файл”, “Создать”, “Деталь”, “OK”.

3. Создать основание детали.

3.1. Выбрать в *Дереве конструирования*, путем наведения курсора и нажатия левой кнопки мыши, плоскость “Сверху” (рисунок 45).

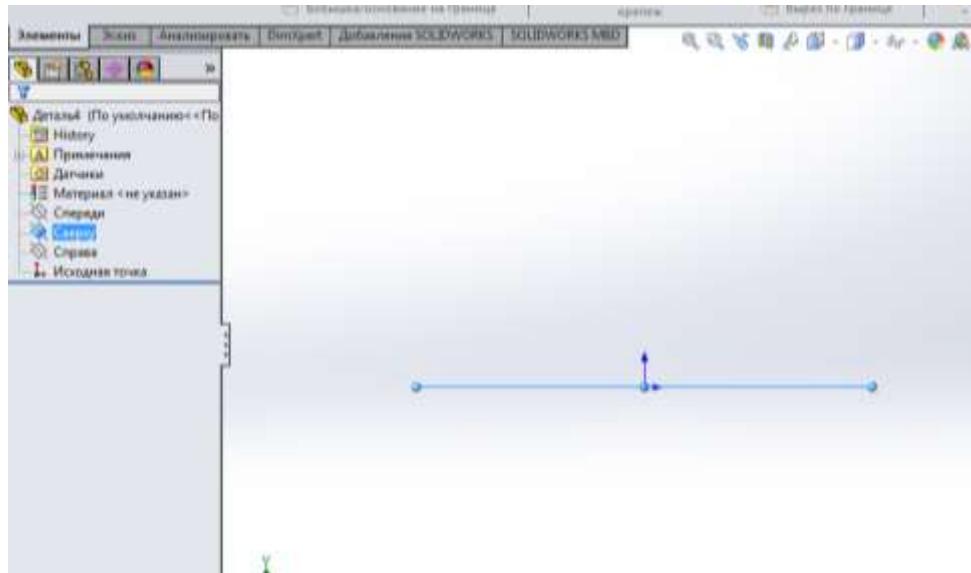


Рисунок 45 – Выбор плоскости для построения эскиза основания

3.2. Ориентировать выбранную плоскость в направлении “Перпендикулярно” (рисунок 46).

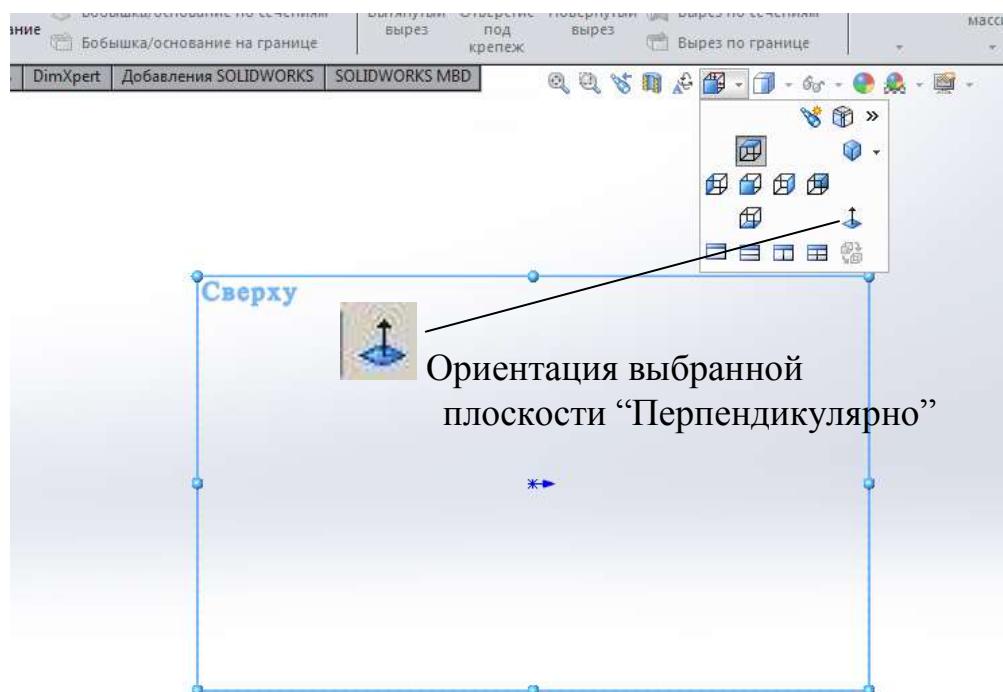


Рисунок 46 – Перпендикулярная ориентация выбранной плоскости проектирования

3.3. Создать эскиз  Для настройки масштабной сетки достаточно активизировать функцию *Масштабная сетка* или выполнить такую последовательность действий: *Инструменты – Настройка – Команды – Эскиз – Масштабная сетка*. *Масштабная сетка* является инструментом проектировщика, выполняющим функции миллиметровой бумаги. Шаг сетки можно также задавать самостоятельно, редактируя соответствующие параметры в диалоговом окне *Масштабная сетка*.

3.4. Активизировать функцию “Прямоугольник”  и вычертить прямоугольник в эскизе, как показано на рисунке 47.

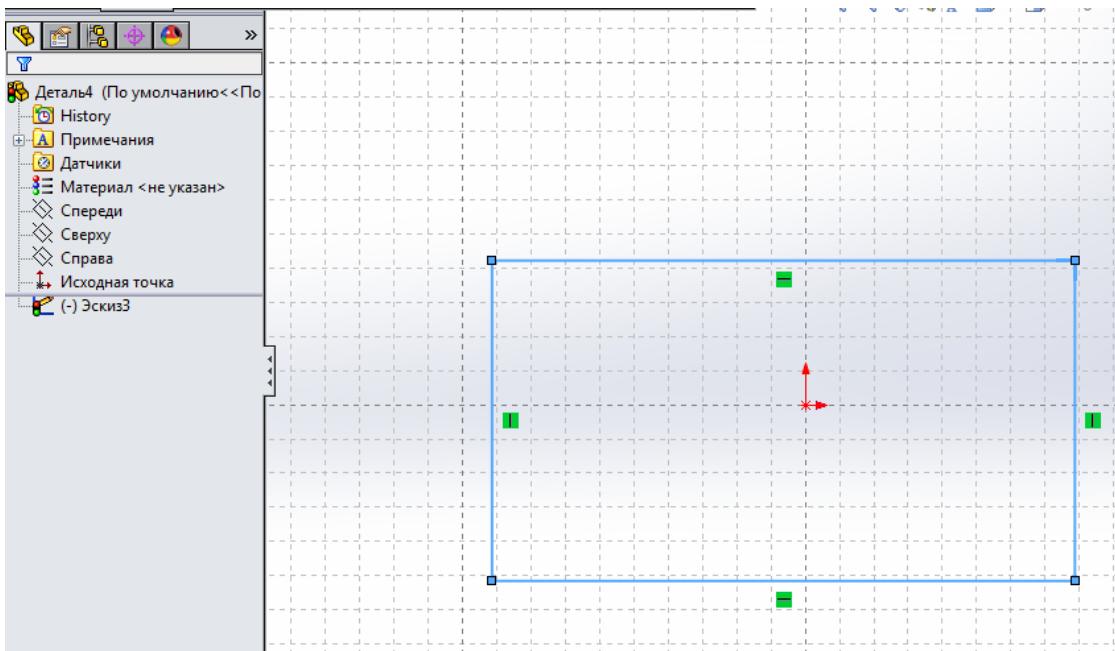
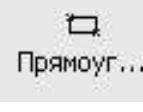


Рисунок 47 Отображение прямоугольника в чертежном окне с настроенной масштабной сеткой

3.5. Нажать левой кнопкой мыши на кнопку  для деактивизации функции “Прямоугольник”.

3.6. Нажать левой кнопкой мыши в любом свободном месте окна чертежа. При этом прямоугольник окрасится в синий цвет, что говорит о неопределенности эскиза (отсутствуют взаимосвязи между элементами эскиза и их размеры). На рисунке 48 приведен результат выполненных действий.

3.7. Удалить одну сторону прямоугольника, нажав на нее левой кнопкой мыши и далее удалить выбранный элемент кнопкой Delete на клавиатуре. На рисунке 49 показан результат выполненной команды Delete.

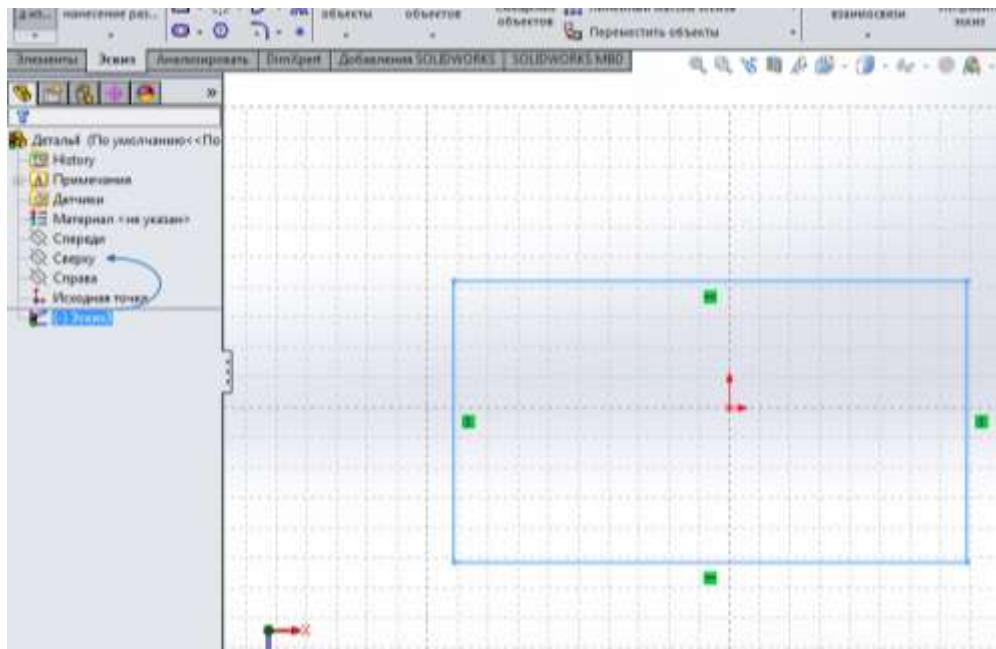


Рисунок 48 – Неопределенный эскиз

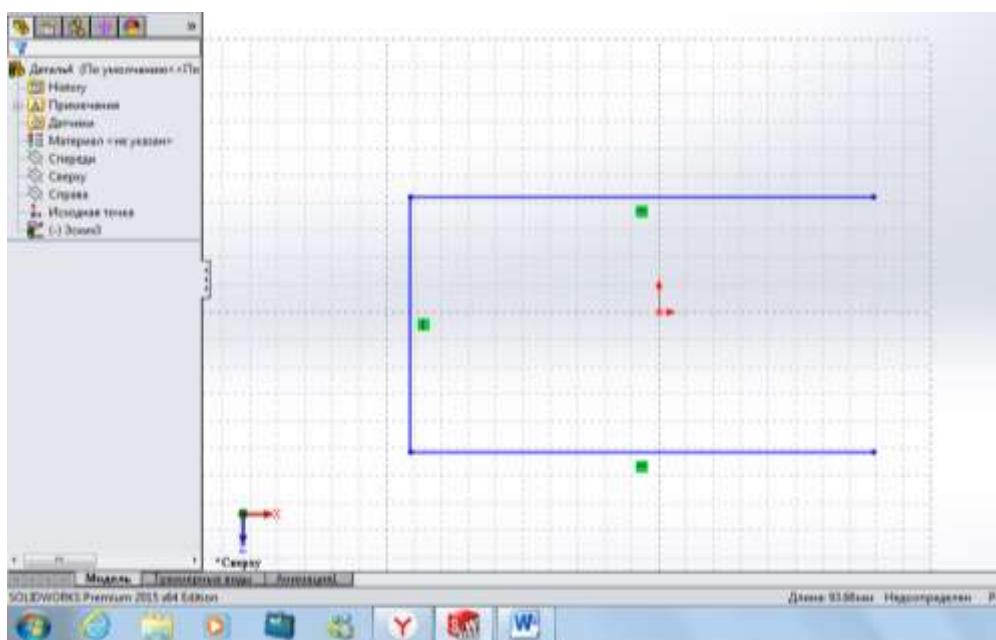


Рисунок 49 – Результирующий эскиз после удаления одной стороны прямоугольника

### 3.7. Нарисовать дугу. Активизировать функцию “Дуга через три



точки“ **“Дуга через 3 ...”**. Первую и вторую точки выбрать нажатием левой кнопки мыши, как показано на рисунке 50, далее двигать курсор мыши право до тех пор, пока центр дуги не окажется на всплывающей пунктирной линии, соединяющей первую и вторую точки, и нажать на левую кнопку мыши (рисунок 50).

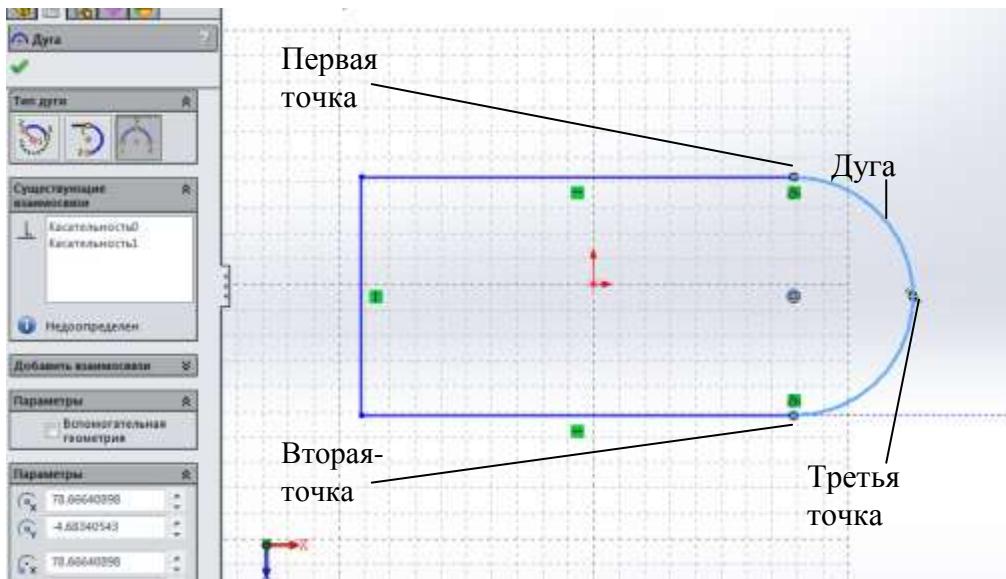
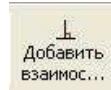


Рисунок 50 – Создание дуги

3.9. Выполнить взаимосвязь элементов эскиза с исходной точкой. Последовательность выполняемых действий такая. Активизировать функцию



“Взаимосвязи эскиза”. Выбрать “Центр дуги” и “Исходную точку”. На рисунке 51 приведен пример установления взаимосвязи “Совпадение”. Установить взаимосвязь “Совпадение”, применить ее.

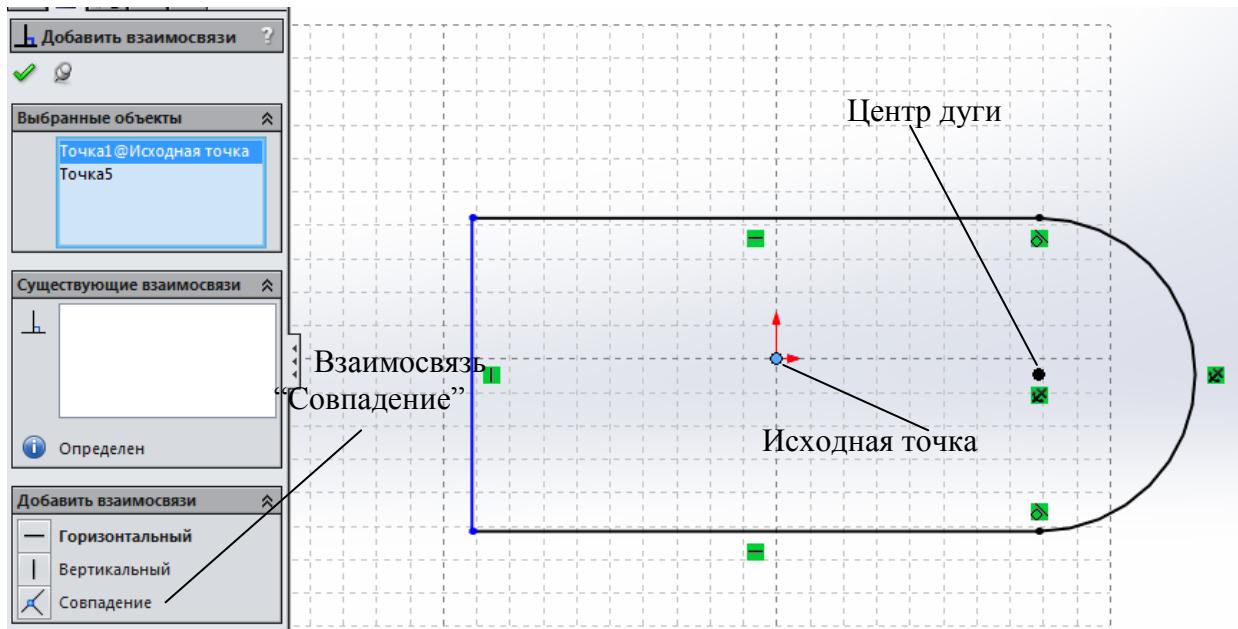


Рисунок 51 а – Установление взаимосвязи  
“Совпадение”:

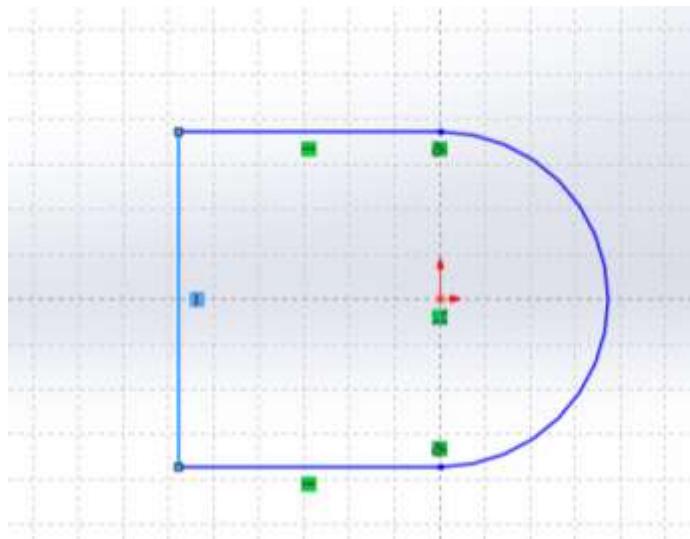


Рисунок 51 б – Установление взаимосвязи “Совпадение”: результат выполнения функции “Совпадение”

3.10. Установить размеры в эскизе.

3.10.1. Активизировать функцию “Автоматическое нанесение размеров”



. Нажать первый раз левой кнопкой мыши на любую точку на дуге, второе нажатие произвести в свободном месте окна чертежа, в появившемся диалоговом окне указать требуемое значение диаметра окружности (40 мм). Результат выполнения операций проиллюстрирован на рисунке 52.

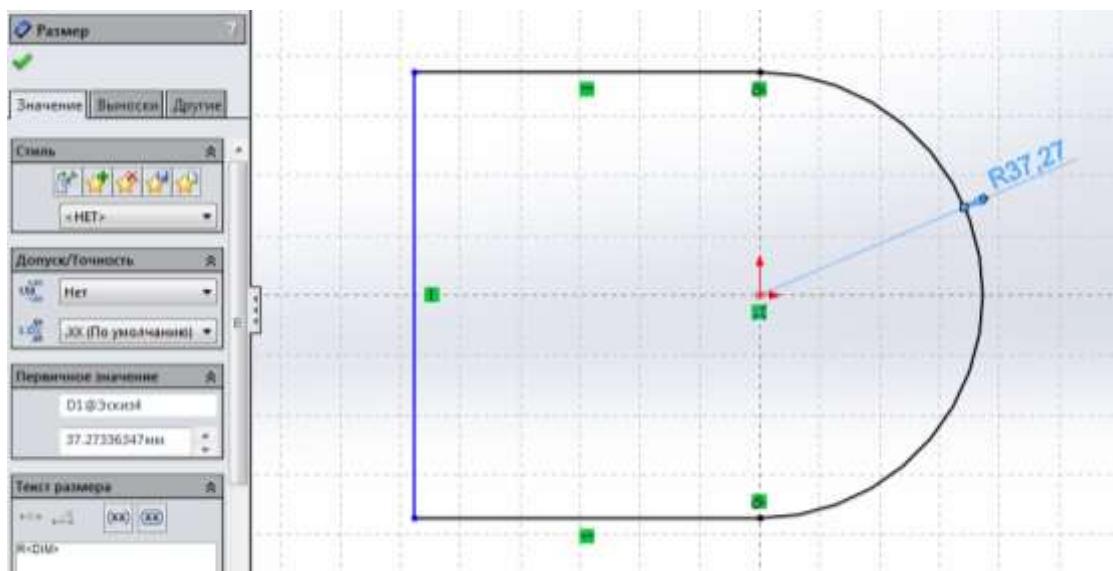


Рисунок 52 а – Нанесение размера дуги: указание места размерной линии

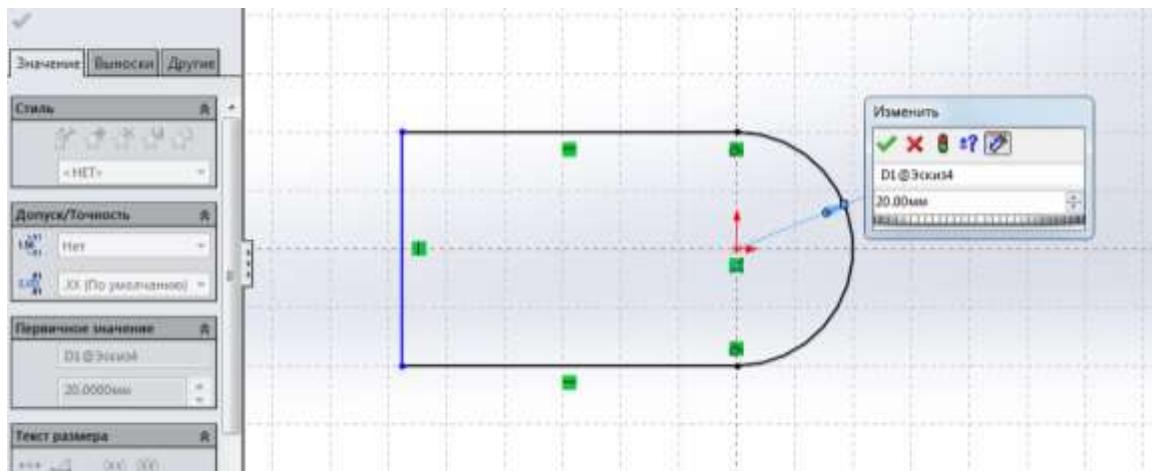


Рисунок 52 б – Нанесение размера дуги:  
установление размера дуги

В диалоговом окне “Изменить” указано действительное значение отображенного элемента, которое можно изменять.

### 3.10.2. Активизировать функцию “Автоматическое нанесение размеров”.

Нажать левой кнопкой мыши на любую точку вертикальной линии эскиза, нажать левой кнопкой мыши в любом месте чертежного окна, установить требуемый размер линии (100 мм). Результат выполнения указанных действий проиллюстрирован на рисунке 53.

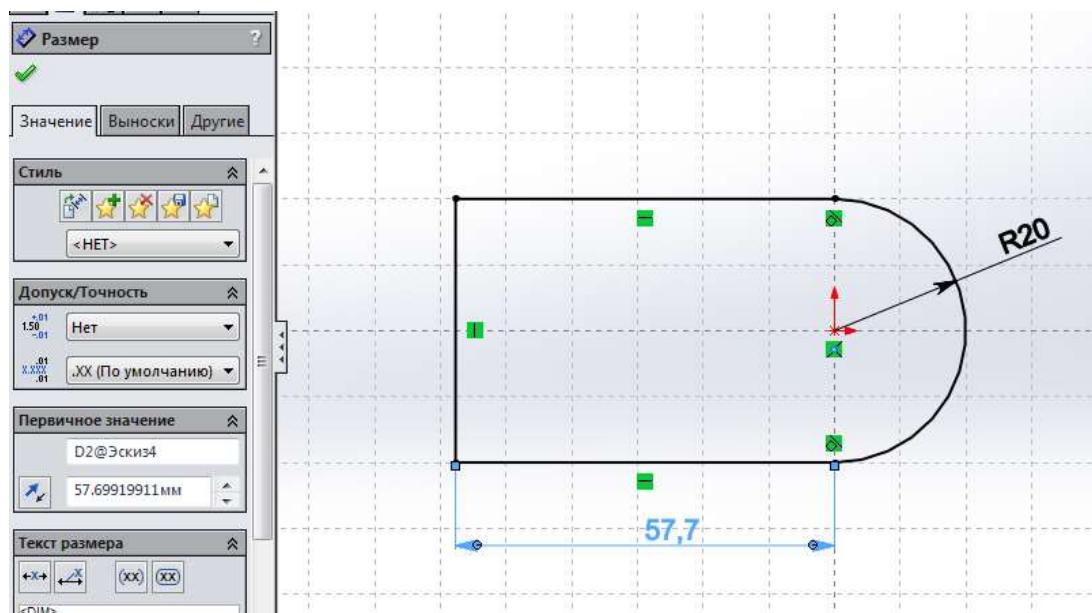


Рисунок 53 а – Нанесение размера вертикального элемента эскиза:  
указание места размерной линии

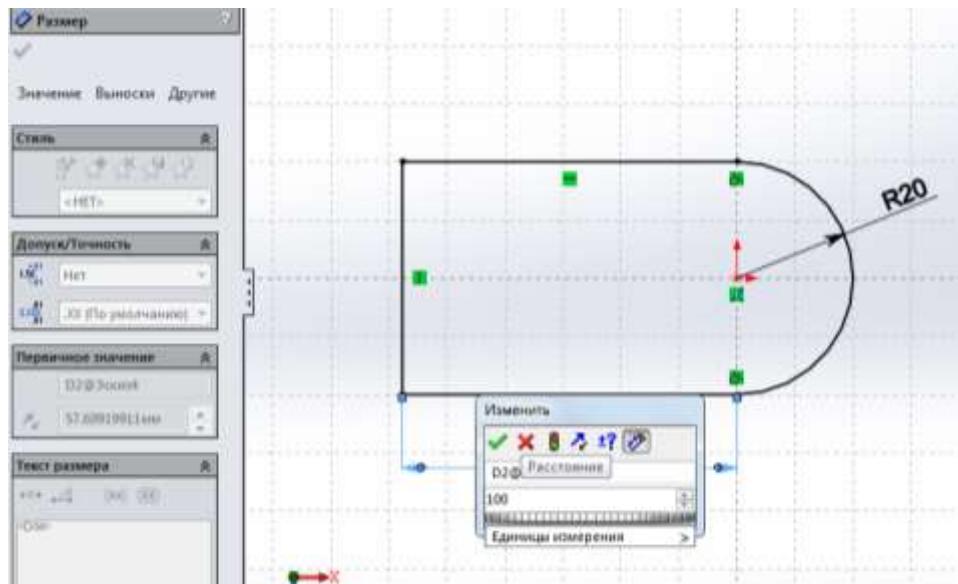
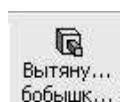


Рисунок 53 б – Нанесение размера вертикального элемента эскиза:  
установление размера дуги

### 3.11. Создать твердотельный элемент.



### 3.12. Активизировать функцию “Вытянутая бобышка”

Установить требуемое значение вытягивания (30 мм). Применить функцию. На рисунке 54 представлен фрагмент работы программы при создании элемента “Вытянутая бобышка”.

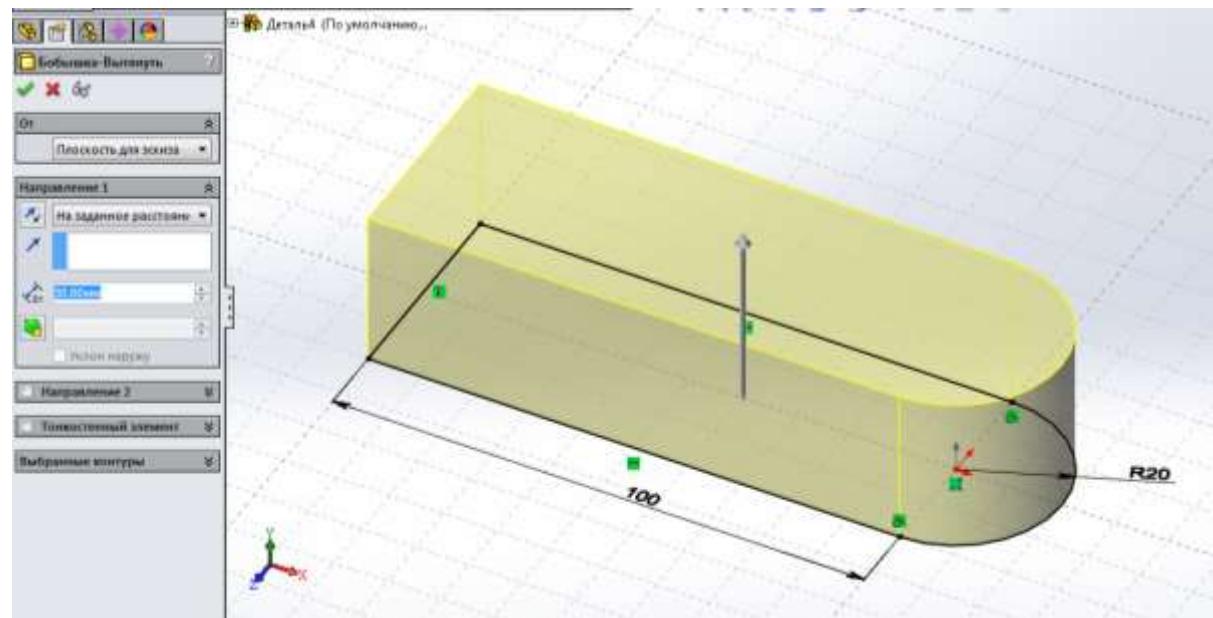


Рисунок 54 – Создание элемента “Вытянутая бобышка”

4. Создать цилиндр.

4.1. Нажатием левой кнопки мыши активизировать верхнюю грань основания. Результат указанного действия представлен на рисунке 55.

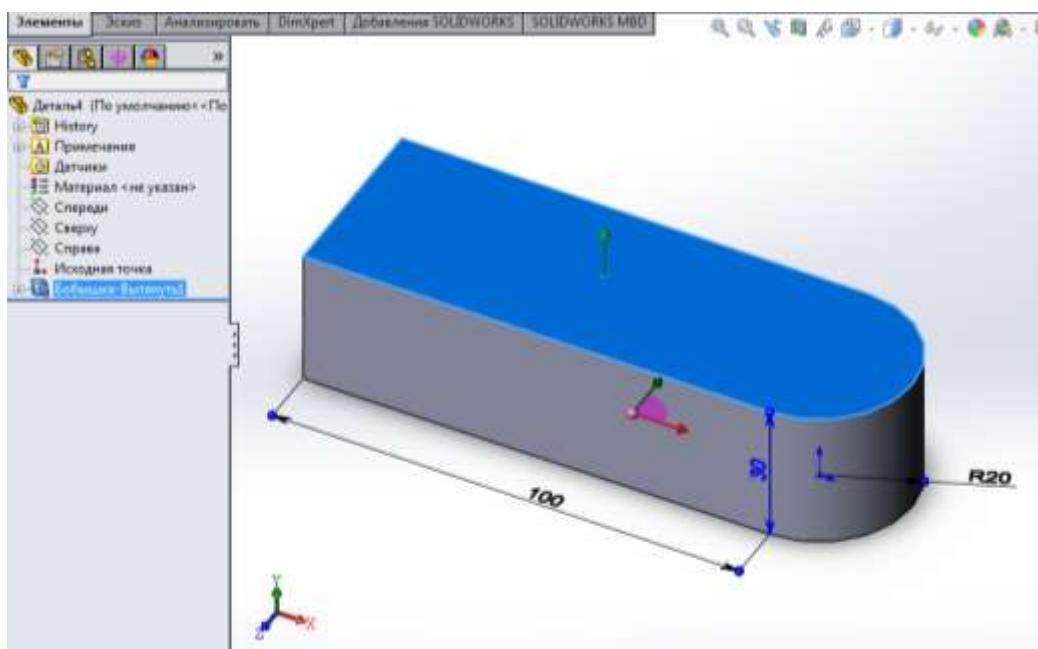


Рисунок 55 – Выбор плоскости проектирования второго элемента детали

4.2. Вызвать команду “Создать эскиз”  , вызвать функцию

“Перпендикулярно”  для того чтобы ориентировать плоскость эскиза (рисунок 56).

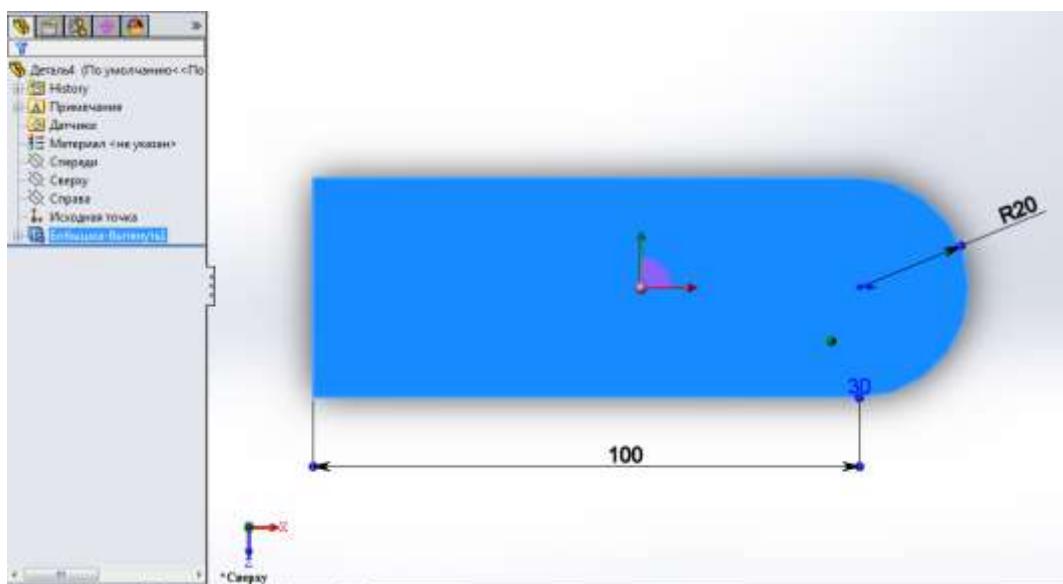


Рисунок 56 – Перпендикулярная ориентация плоскости проектирования

- 4.3. Активизировать функцию “Окружность” .
- 4.4. Установить курсор в исходную точку, нажать левую кнопку мыши, отодвинуть курсор мыши от установленного центра, нажать повторно левую кнопку мыши для обозначения одной из точек желаемой окружности. На рисунке 57 приведены результаты указанных действий.

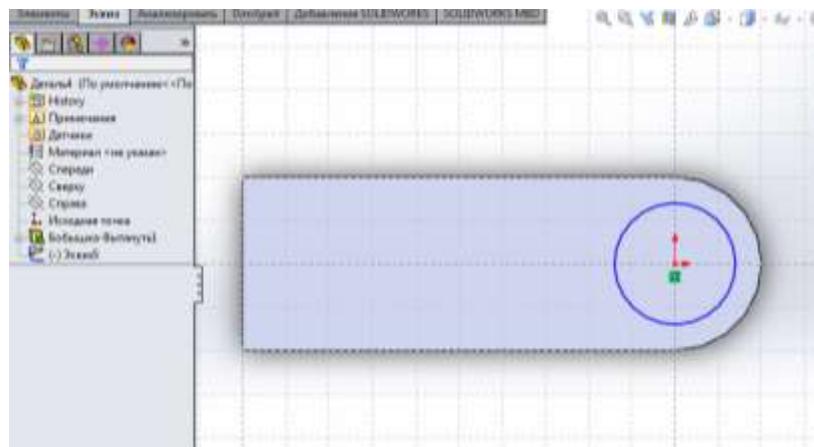


Рисунок 57 – Создание элемента “Окружность”:

Установить размер окружности. Активизировать функцию “Автоматическое нанесение размеров”. Нажать левой кнопкой мыши на любую точку окружности, вывести размерную линию путем перетаскивания курсора мыши по окну чертежа, повторно нажать на левую кнопку мыши месте, где желаете расположить надпись размера, установить в диалоговом окне требуемый размер диаметра окружности (28 мм). Результат выполнения указанных действий представлен на рисунке 58.

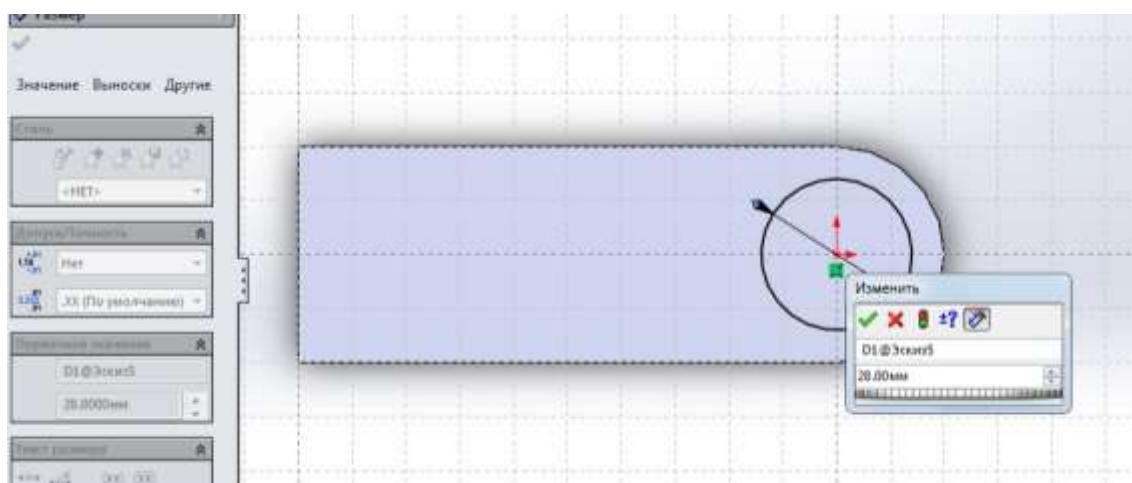


Рисунок 58 – Указание размера окружности

#### 4.6. Вытянуть окружность на 30 мм с помощью функции “Вытянутая

бобышка” . На рисунке 59 представлена иллюстрация, поясняющая процесс создания вытянутой бобышки.

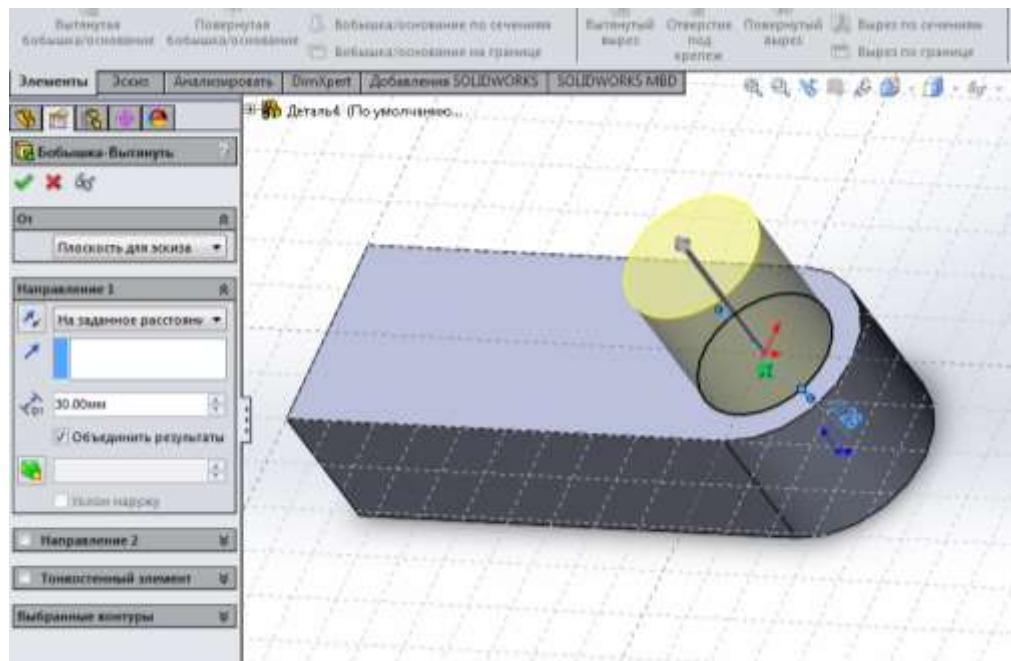


Рисунок 59 – Создание элемента “Вытянутая бобышка”

#### 5. Построить квадратный вырез.

5.1. Нажать левую кнопку мыши, активизировать верхнюю грань основания. Нажать функцию “Создать эскиз”  , активизировать плоскость эскиза “Перпендикулярно”  , как указано на рисунке 60.



Рисунок 60 – Выбор и ориентация новой плоскости проектирования

5.2. Активизировать функцию “Прямоугольник” , вычертить прямоугольник, установить требуемые размеры квадрата и его расположения относительно существующих кромок детали, как показано на рисунке 61.

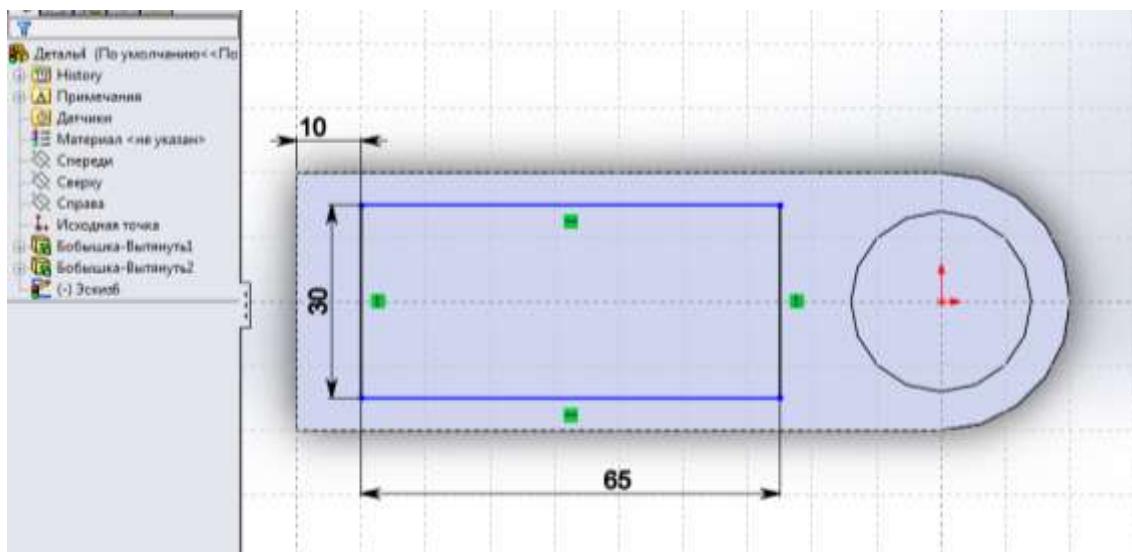


Рисунок 61 – Установление размеров

5.3. Активизировать функцию “Вытянутый вырез”  и установить значение 20 мм. Результат действия указанной функции представлен на рисунке 62.

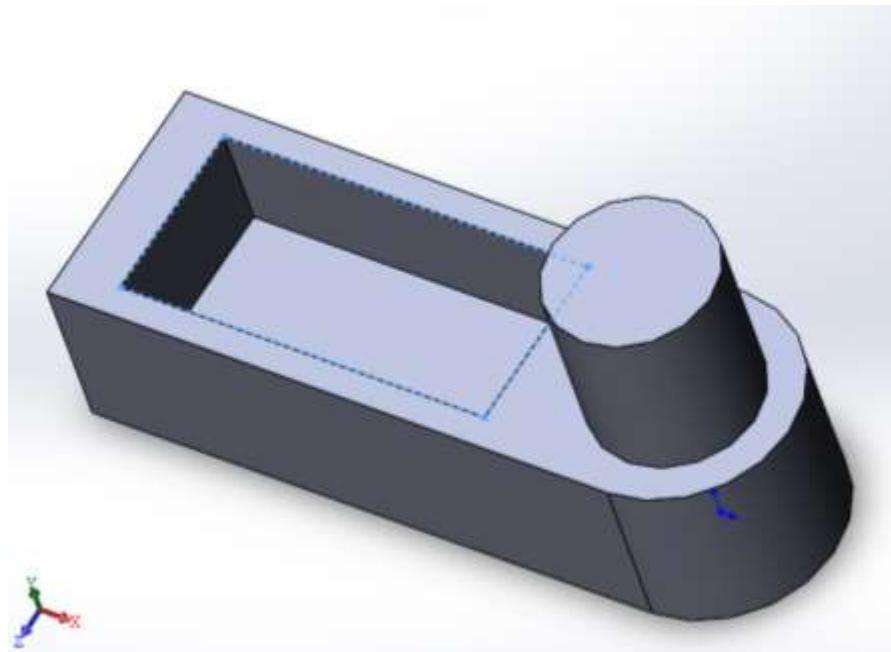
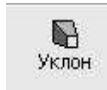


Рисунок 62 – Создание вытянутого выреза

## 6. Создать уклон.



Активизировать функцию “Уклон” . В диалоговом окне установить требуемые параметры в следующем порядке:

- в графе “Угол уклона” – 10 градусов;
- в графе “Нейтральная плоскость” (если графа белая, то нажатием левой кнопки мыши на диалоговом окне графы она активизируется и станет розового цвета) прописать дно квадратного выреза путем нажатия на него;
- в диалоговом окне “Границы под уклон” прописать боковые грани квадратного выреза путем последовательного нажатия на них левой кнопкой мыши. С целью удобства выбора граней под уклон рекомендуется вращать деталь с помощью клавиш  $\downarrow \uparrow \leftarrow \rightarrow$  расположенных на клавиатуре. На рисунке 63 приведен пример установления значений элементов детали для создания элемента “Уклон”.

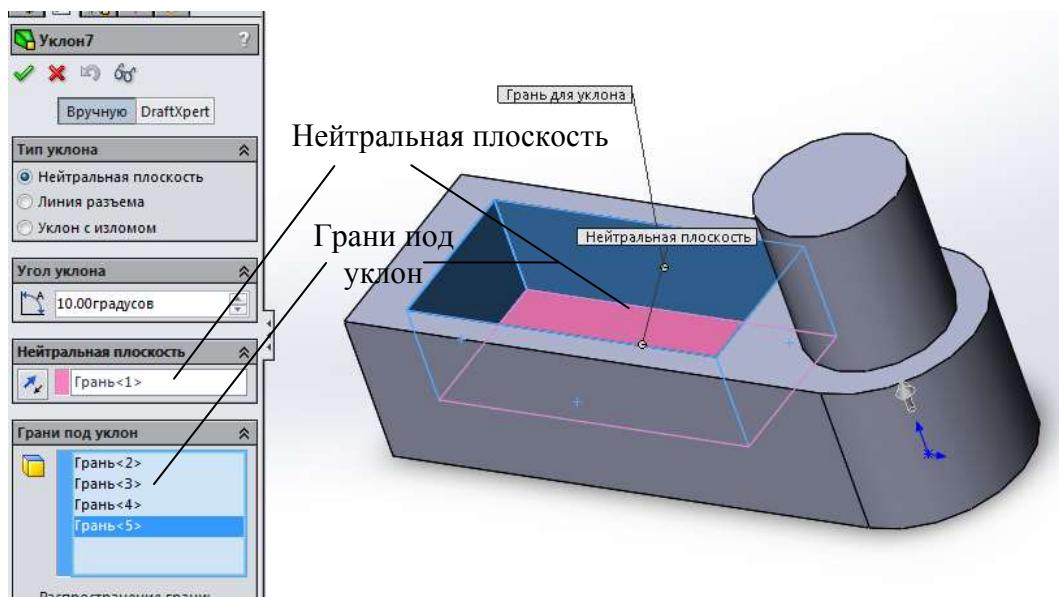


Рисунок 63 – Создание уклона

## 7. Создать скругление.

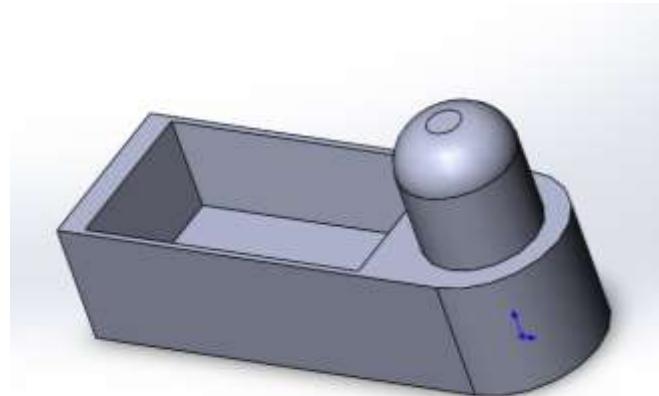


Активизировать функцию “Скругление” . В диалоговом окне функции указать значение радиуса скругления (10 мм). Нажать на детали кромку, которую необходимо скруглить. На рисунке 64 приведен результат выполнения функции “Скругление” .

## 8. Создать вырез.

8.1. Выбрать плоскую грань основания (для удобства деталь рекомендуется вращать), перпендикулярную направлению выреза (рисунок 65). Нажатием левой кнопки мыши активизировать ее, вызвать функцию

“Создать эскиз” .



а – выбор кромки; б – результат

Рисунок 64 – Создание скругления

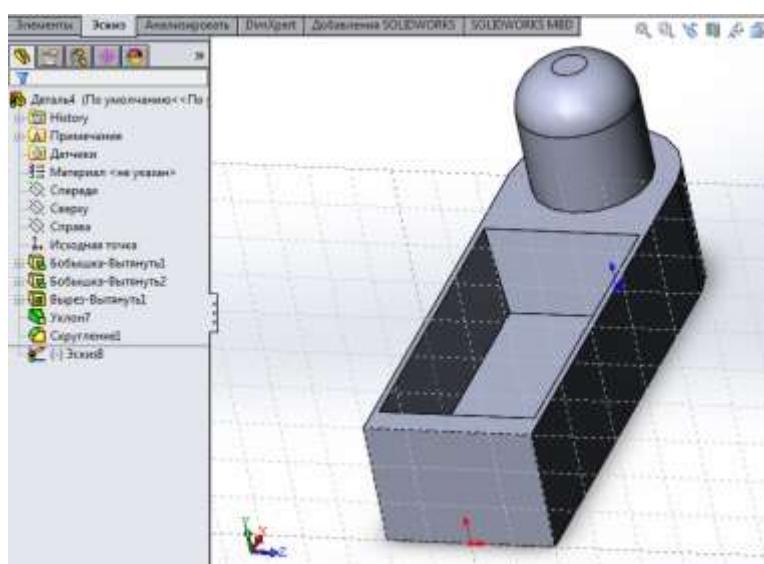


Рисунок 65 – Выбор плоскости проектирования



8.2. Ориентировать плоскость эскиза “Перпендикулярно”.

8.3. Выбрать элемент эскиза “Многоугольник” (“Инструменты” – “Объекты эскиза” – “Многоугольник”). Нажать левой кнопкой мыши на место желаемого положения центра многоугольника путем передвижения курсора по окну чертежа. По активному изображению многоугольника выбрать его желаемый размер и ориентацию и повторно нажать левую кнопку мыши для

указания положения одной из вершин многоугольника. (Указание числа граней производят в диалоговом окне “Настройки” функции “Многоугольник”).

8.4. Для указанного объекта необходимо выполнить взаимосвязь элементов многоугольника для определения его ориентации в плоскости. Для этого необходимо активизировать функцию “Добавить

взаимосвязь:  , нажатием левой кнопки мыши на одну из кромок шестиугольника установить взаимосвязь “Вертикальный”, как указано на рисунке. 66.

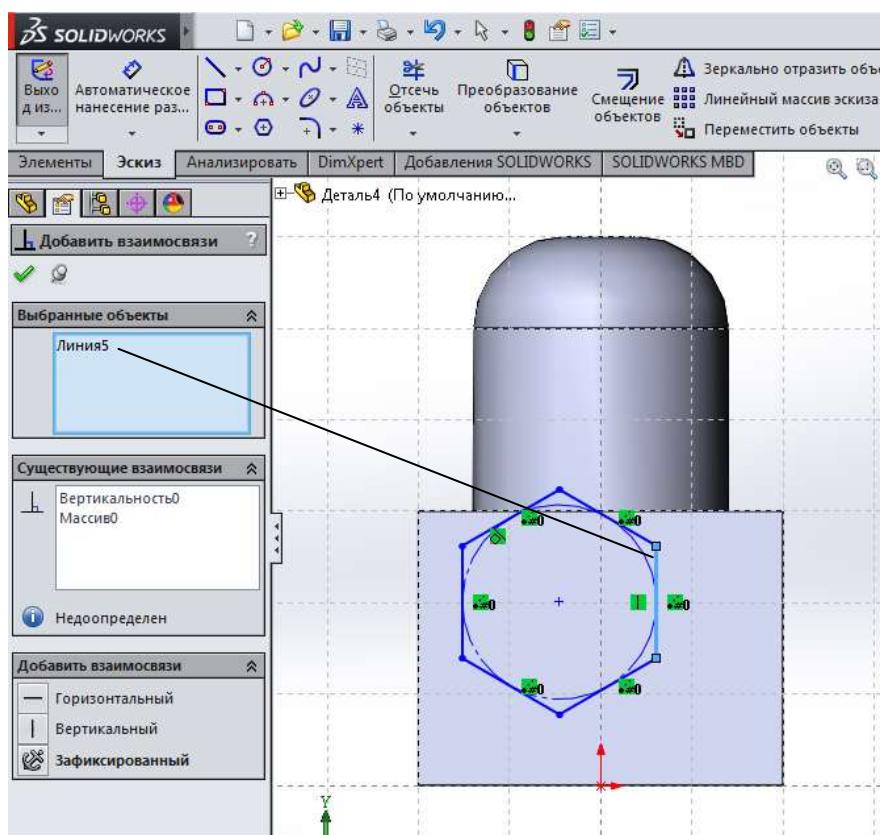


Рисунок 66 – Установление взаимосвязи  
“Вертикальный” для одной из сторон  
шестиугольника

8.5. Установить размер кромки многоугольника (10 мм), как указано на рис. 67.

8.6. Установить размер положения центра многоугольника (рисунок 68).

8.7. Установить взаимосвязь “Вертикальный” между центром многоугольника и исходной точкой. Результат произведенной взаимосвязи представлен на рисунке 69.

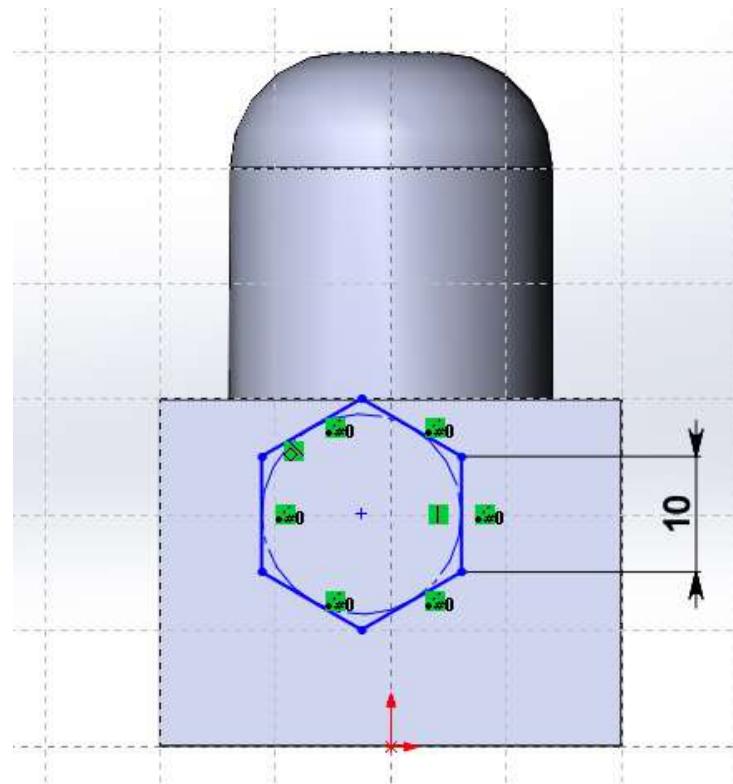


Рисунок 67 – Установление размера стороны многоугольника

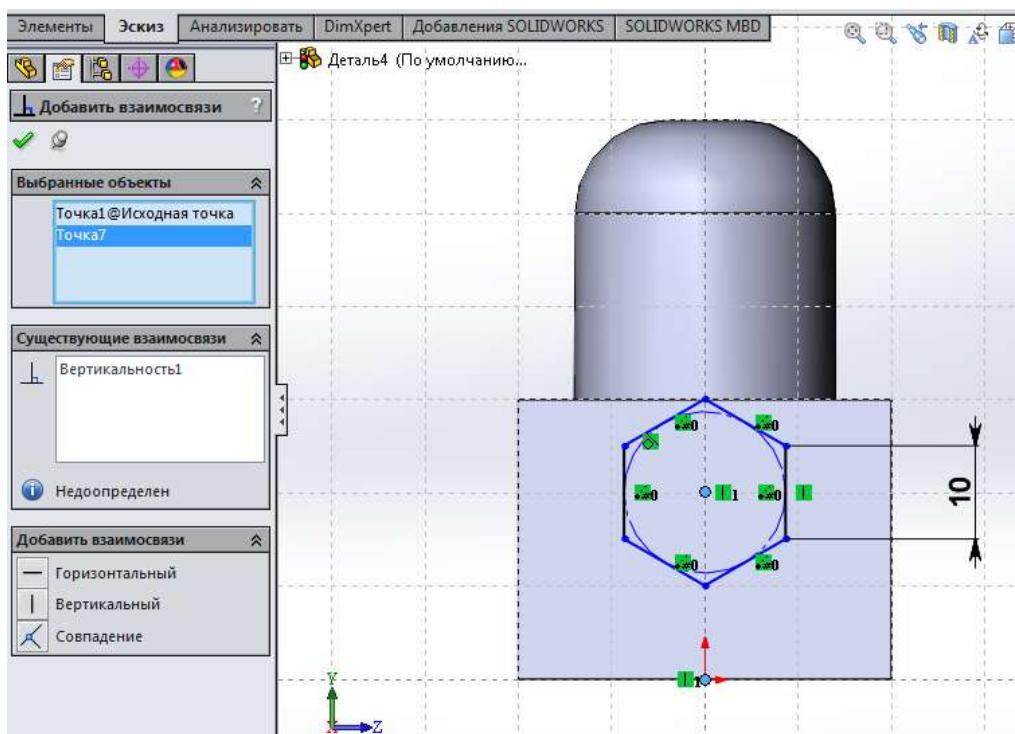


Рисунок 68 – Установление положения центра многоугольника по вертикали

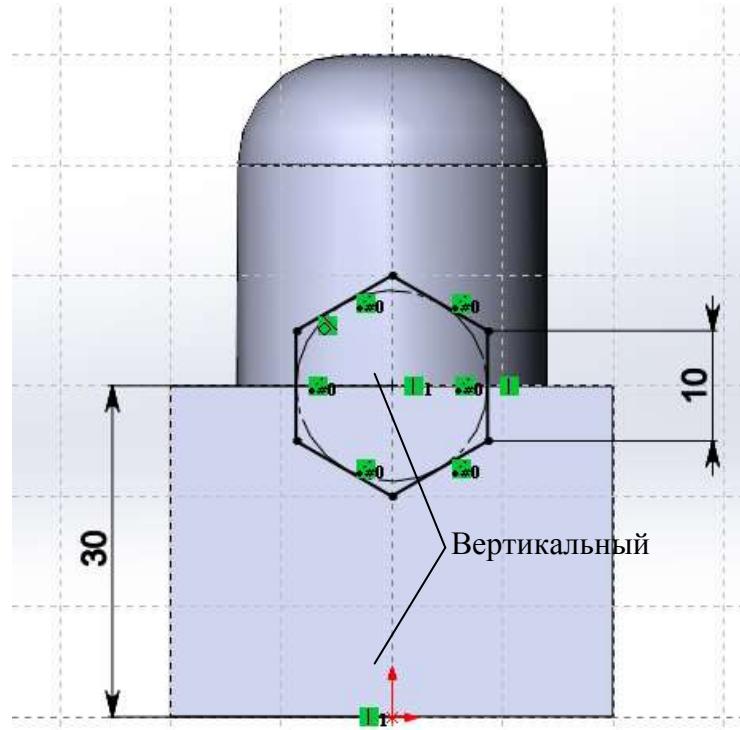


Рисунок 69 – Вертикальная взаимосвязь между центром многоугольника и исходной точкой

8.8. Активизировать функцию “Вытянутый вырез”  и установить значение 120 мм по направлению внутрь детали. Результат описанных действий приведен на рисунке 70.

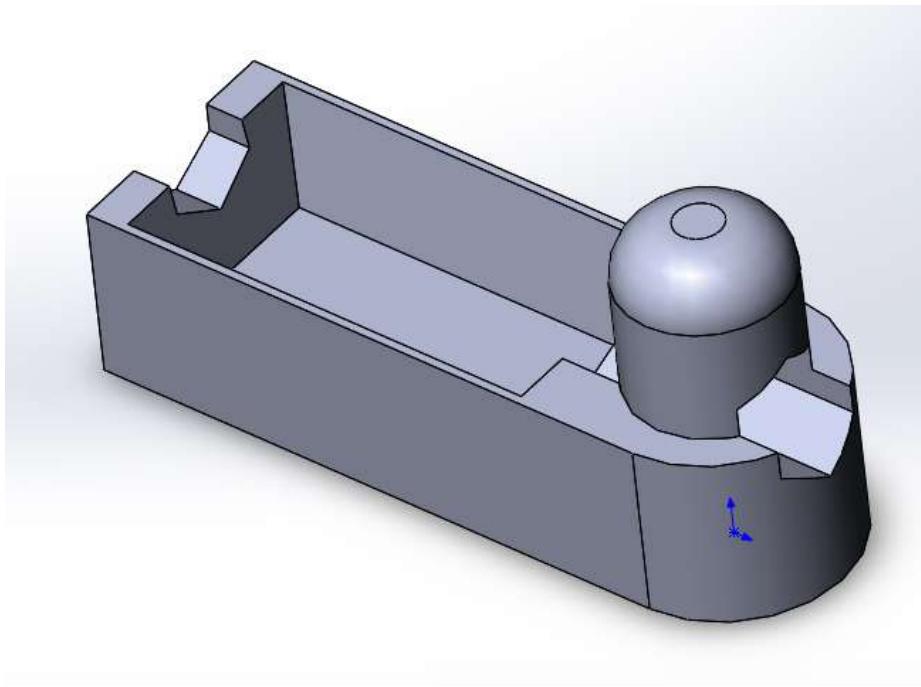


Рисунок 70 – Создание выреза:

## 1.17. Редактирование определения

Изменением параметров и геометрии плоского эскиза детали можно влиять на формообразование последних. Функцией, позволяющей изменять параметры модели, является функция “Редактирование определения”.

Вызов функции “Редактирование определения” элемента детали производят нажатием правой кнопки мыши на нуждающемся в изменении элементе в *Дереве конструирования*, как показано на рисунке 71.

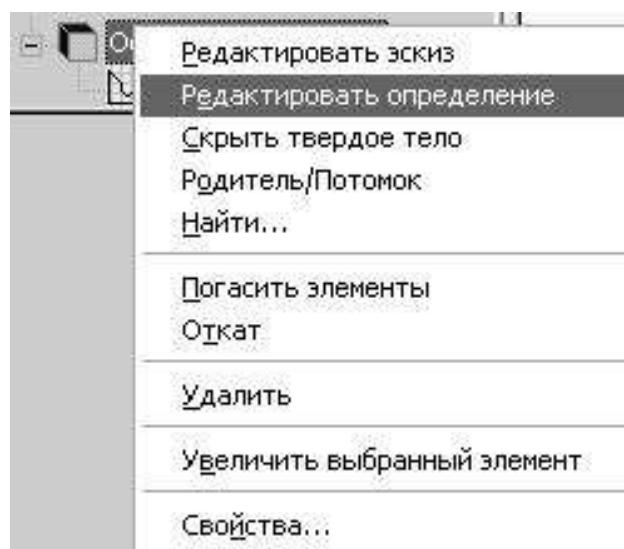
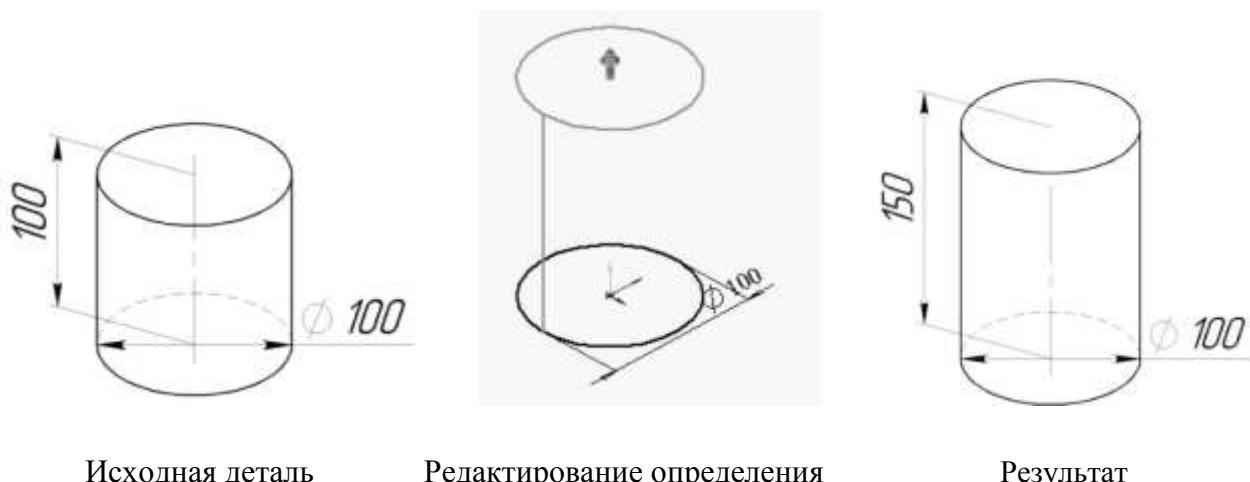


Рисунок 71 – Активизация функции “Редактирование определения”

В качестве примера, на рисунке 72 представлены поэтапные шаги редактирования высоты цилиндра.



Исходная деталь

Редактирование определения

Результат

Рисунок 72 – Редактирование определения в детали

Редактировать можно не только определение элементов, образованных от плоских эскизов. На рисунке 73 представлены варианты результатов редактирования определения некоторых элементов детали.

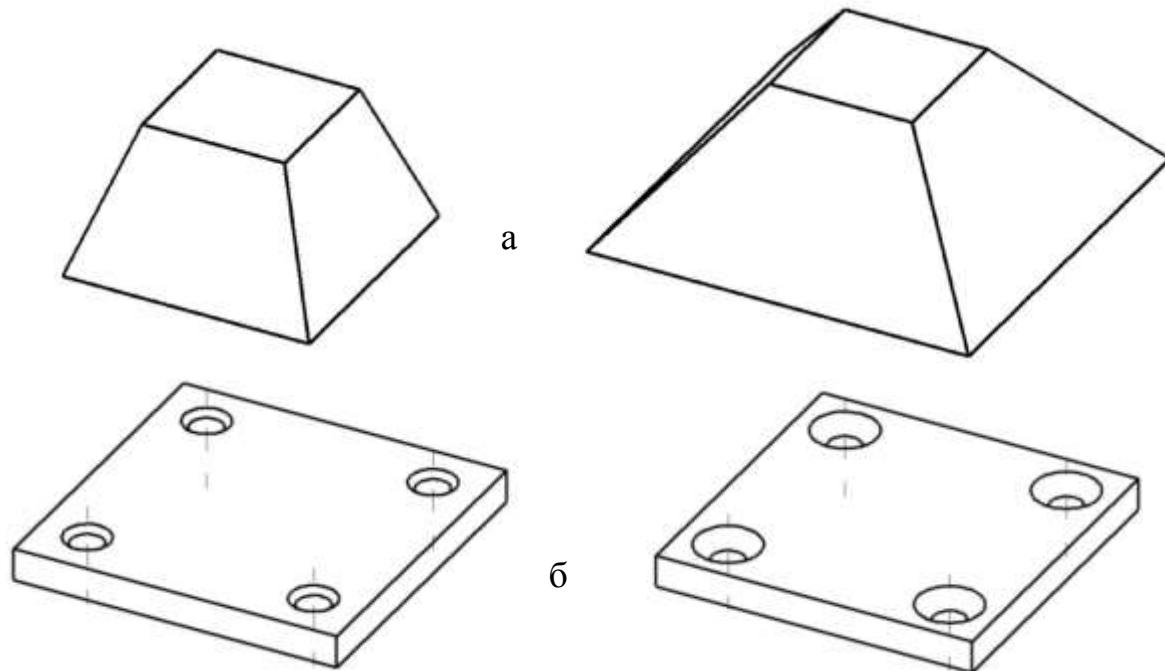


Рисунок 73 – Результаты выполнения редактирования элементов детали:  
а – уменьшение угла наклона пирамиды; б – изменение размера фасок

## 2. ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ ДОКУМЕНТА “ДЕТАЛЬ”

Любой инструмент пакета SolidWorks может быть вызван одним из трех способов: с помощью панели инструментов, строки меню или контекстного меню. О строке меню и контекстном меню речь пойдет чуть позже. Большинство пользователей предпочитают вызывать инструменты через панели инструментов. В каждом документе конструирования доступны определенные инструментальные панели команд. В документе “Деталь” доступны несколько панелей инструментов. Панели инструментов, которые наиболее часто применяют в процессе конструирования в этом пособии, описаны далее.

### 2.1. Панель инструментов “Стандартные виды”

Эта панель инструментов позволяет получить основные виды модели. С помощью панели инструментов “Стандартные виды” производят операции отображения деталей или сборок в различных стандартных видах. Панель инструментов работы со стандартными видами выглядит, как указано на рисунке 74.

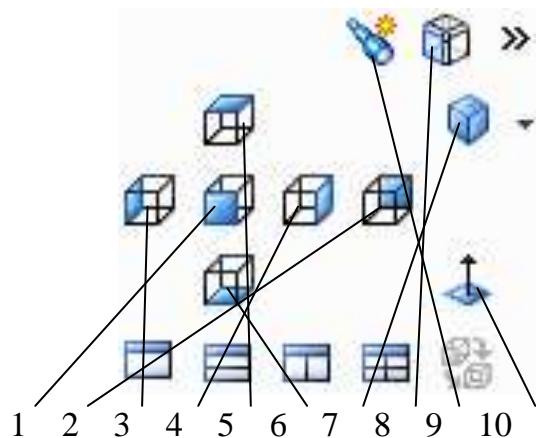


Рисунок 74 – Панель инструментов “Стандартные виды”

1. “Спереди” – поворот модели в ориентацию вида спереди.
2. “Сзади” – поворот модели в ориентацию вида сзади.
3. “Слева” – поворот модели в ориентацию просмотра слева.
4. “Справа” – поворот модели в ориентацию вида справа.
5. “Сверху” – поворот модели в ориентацию вида сверху.
6. “Снизу” – поворот модели в ориентацию вида снизу.

7. “Изометрия, триметрия, диметрия” – поворот модели в изометрическую, триметрическую и диметрическую ориентацию вида.

8. Выбор видов.

9. Добавление нового вида.

10. “Перпендикулярно” – масштабирование модели перпендикулярно ориентации вида на основе выбранной плоскости, плоской грани или элемента.

На рисунке 75 представлена деталь в стандартных видах.

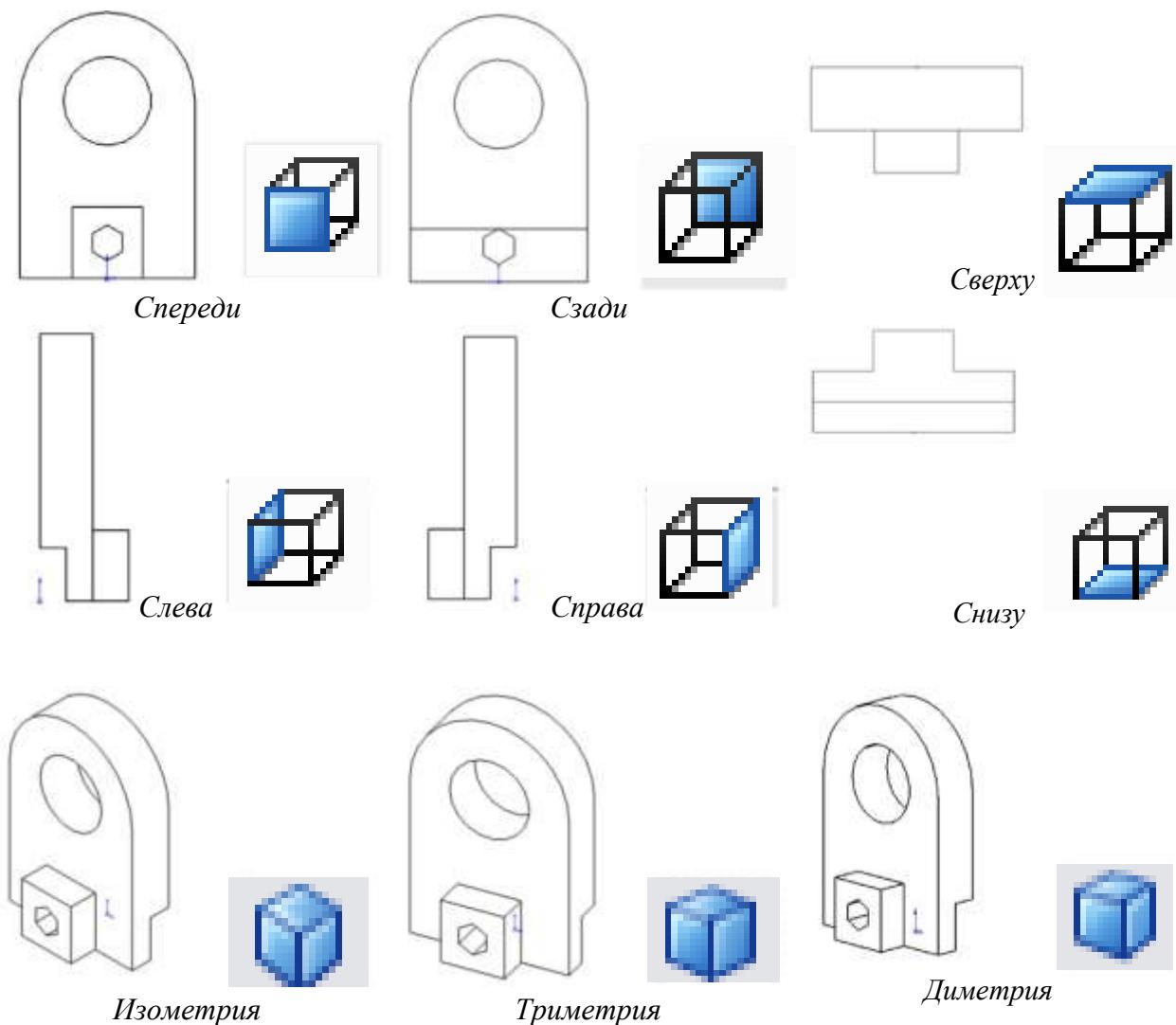


Рисунок 75 – Стандартные виды детали

## 2.2. Панель инструментов “Вид”

Инструменты этой панели предназначены для масштабирования, прокрутки и выбора ориентации модели. С их помощью можно также изменить способ закрашивания твердотельной модели.

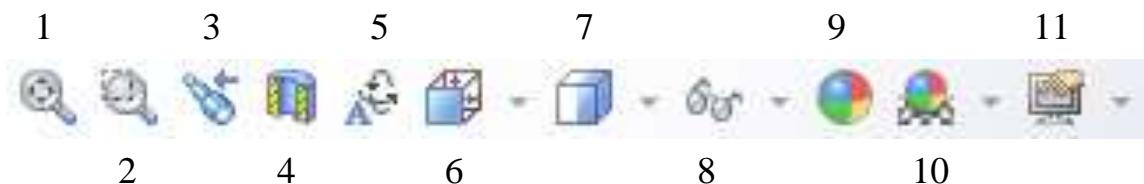
*Вид* позволяет производить изменение ориентации и положения детали, масштабирование отображения, изменение внешнего вида. Панель инструментов работы с видами выглядит, как указано на рисунке 76.

1. “Изменить в размер экрана” – масштабирование в размер окна.

2. “Увеличить элемент вида” – масштабирование выбранной области с помощью граничной рамки.

3. “Предыдущий вид” – отображение предыдущего вида.

4. “Разрез” – отображение выреза детали или сборки с использованием одной или нескольких плоскостей поперечного сечения.



5. “Динамически виды примечания” – переключение динамических видов примечания.

6. “Ориентация видов” – изменение ориентации текущего вида.

7. “Стиль отображения” – изменение стиля отображения для текущего вида.

8. “Скрыть / отобразить объекты” – изменение видимости объектов в графической области.

9. “Редактировать внешний вид” – редактирование внешних видов элементов модели.

10. “Применить сцену” – применение определенной сцены к Вашей модели.

11. “Просмотр настроек” – переключение между различными настройками вида.

*Примечание 1.* Функция 6 “Стандартные виды” дублирует панель инструментов “Стандартные виды”.

*Примечание 2.* Нажатие правой кнопки мыши в любом свободном месте окна чертежа приводит к вызову основных функций работы с видом: “Изменить в размер экрана”, “Увеличить элемент вида”, “Увеличить/Уменьшить вид”, “Вращать вид”, “Перемещать”, “Ориентация вида” (с вызовом панели инструментов “Стандартные виды”).

На рисунке 77 представлены виды детали, создаваемые с помощью функций панели инструментов “Вид”.

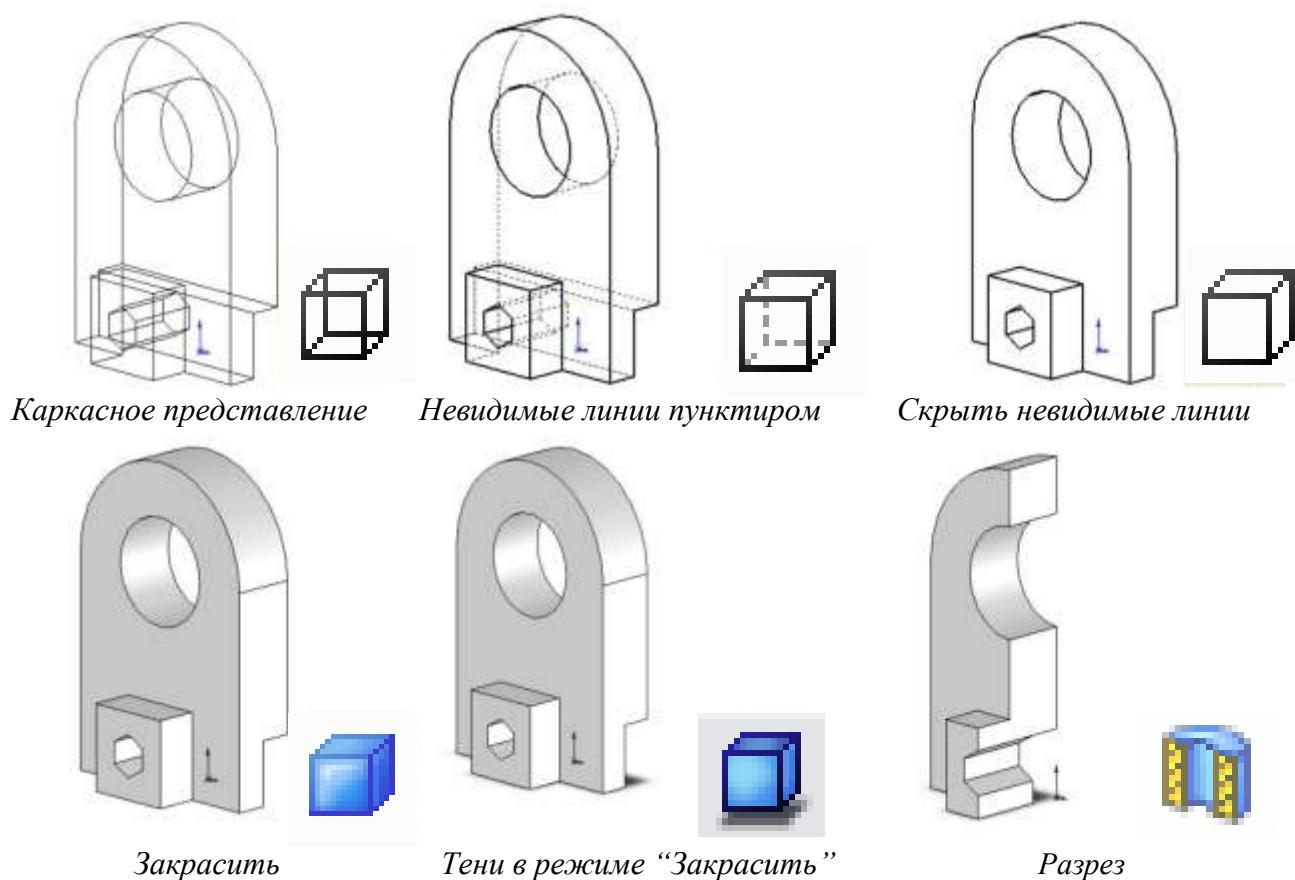


Рисунок 77 – Виды детали

### 2.3. Панель инструментов “Эскиз”

Эта панель инструментов предназначена для перехода в среду двухмерных построений. Кроме того, ее используют и для нанесения размеров на созданные элементы.

При создании эскиза путем нажатия кнопки “Эскиз” активизируется панель инструментов “Эскиз”, которая представлена на рисунке 78.

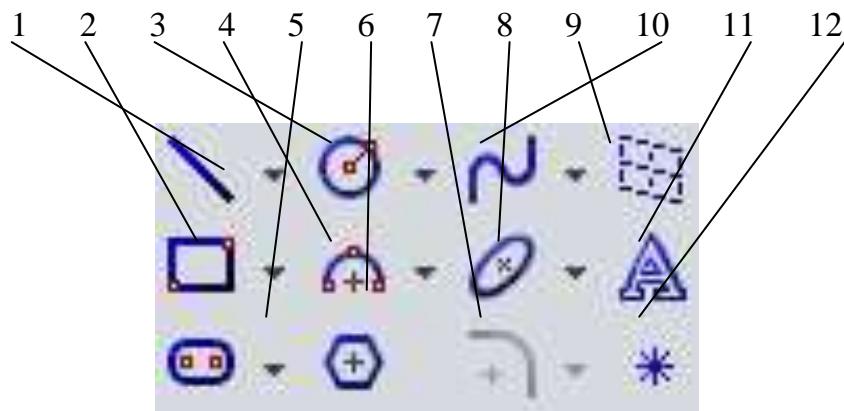


Рисунок 78 – Панель инструментов “Эскиз”

При этом активными становятся следующие элементы рисования.

1. “Линия”. (Для создания эскиза линии необходимо нажатием левой кнопки мыши указать начало линии и вторым нажатием левой кнопки мыши указать окончание линии.) На рисунке 79 представлен фрагмент создания эскиза с применением команды “Линия”.

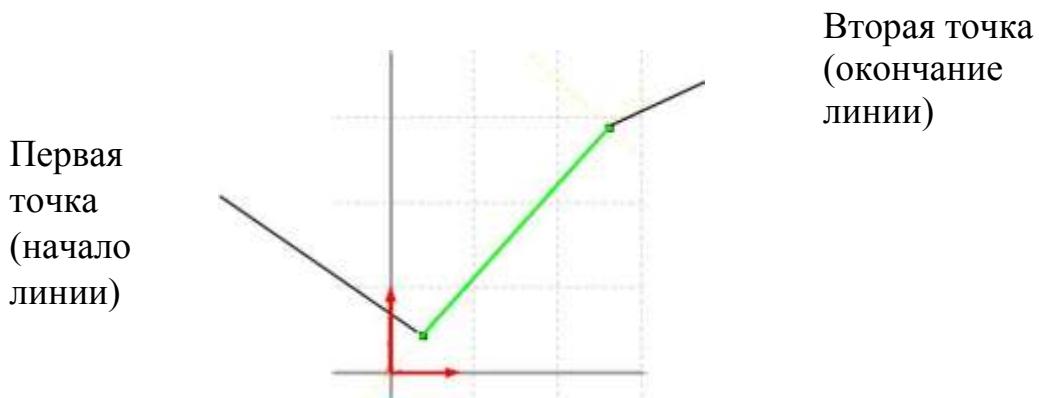


Рисунок 79 – Команда “Линия”

2. “Прямоугольник”. (Для создания эскиза прямоугольника необходимо нажать правую кнопку мыши, обозначая тем самым в поле чертежа одну из вершин прямоугольника. Перетаскивая курсор по полю чертежа, вычертить прямоугольник. Далее вторым нажатием на правую кнопку мыши обозначить в поле чертежа вторую точку, определяющую прямоугольник). На рисунке 80 представлен фрагмент создания эскиза с применением команды “Прямоугольник”.

3. “Окружность”. (Для создания эскиза окружности необходимо путем нажатия левой кнопки мыши выбрать центр окружности, затем перетащить курсор для задания радиуса и вторым нажатием левой кнопки мыши определить окружность в поле чертежа.) На рисунке 81 представлен фрагмент создания эскиза с применением команды “Окружность”.

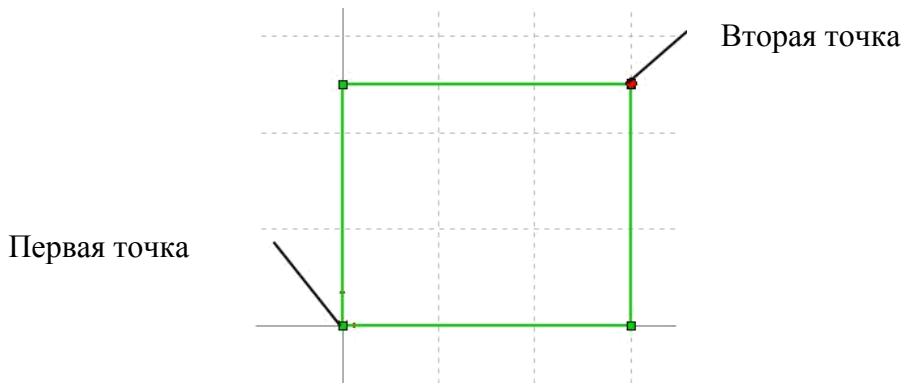


Рисунок 80 – Команда “Прямоугольник”

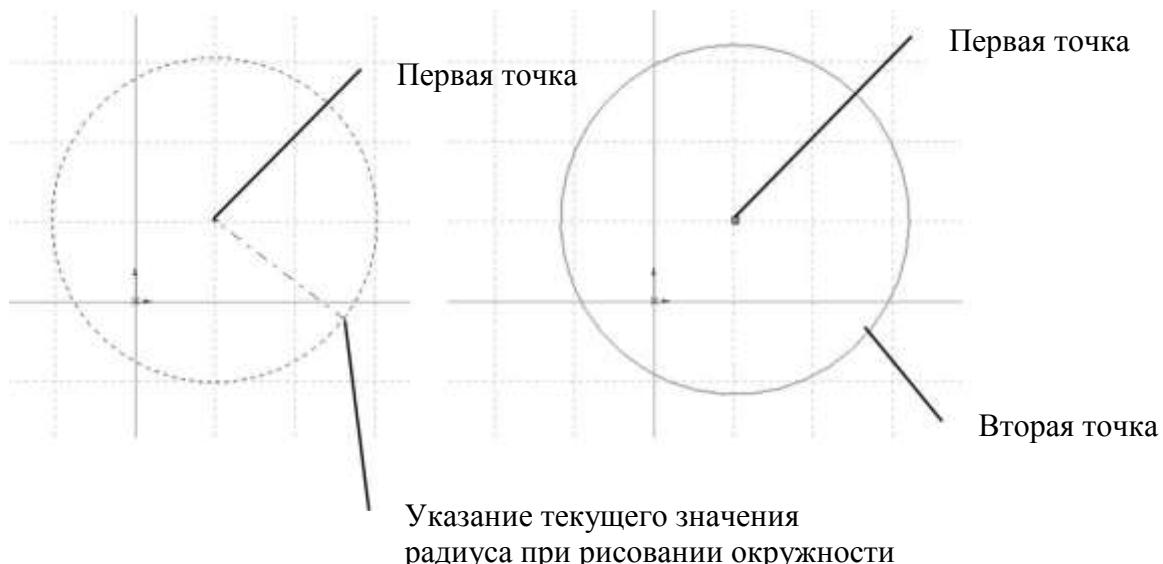


Рисунок 81 – Команда “Окружность”

4. “Центр дуги”. (Для создания эскиза дуги через центр необходимо первым нажатием на правую кнопку мыши указать положение центра дуги, вторым нажатием – начало дуги, третьим нажатием – конец дуги.) На рисунке 82 представлен фрагмент создания эскиза с применением команды “Центр дуги”.

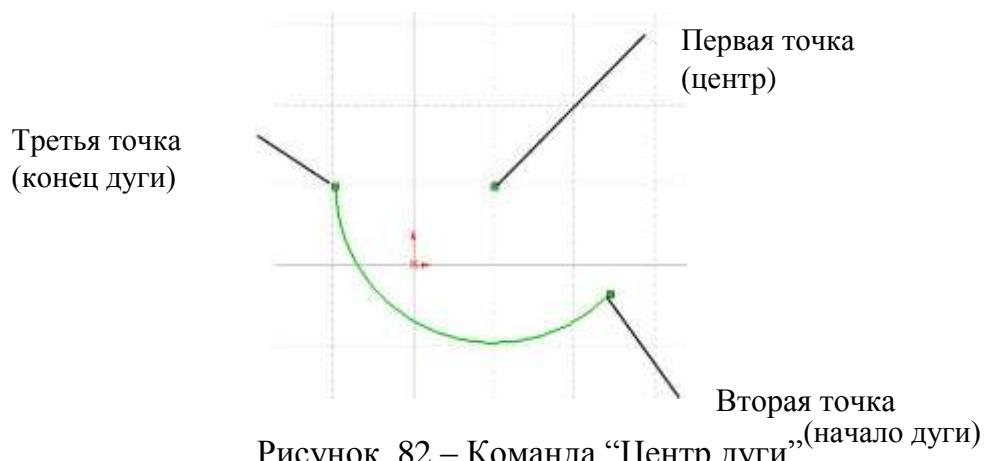


Рисунок 82 – Команда “Центр дуги”,(начало дуги)

5. “Прямая прорезь”. (Создание прямой прорези).
6. “Многоугольник”. (Создание многоугольника, у которого можно изменить число сторон).

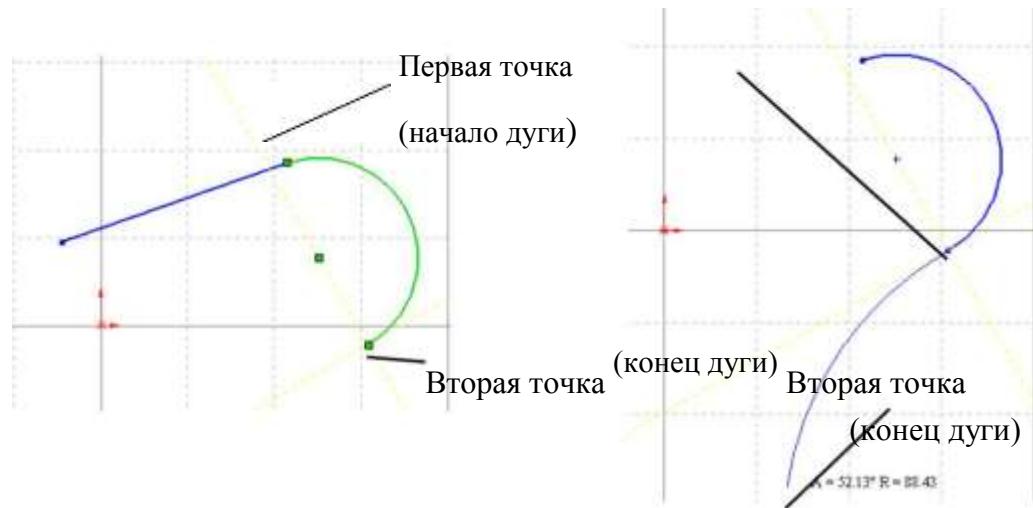


Рисунок 83 Команда “Касательная дуга”

7. “Скругление”. (Создает скругление угла. Выполняется нажатием левой кнопки мыши по сторонам угла и заданием в диалоговом окне радиуса скругления.) На рисунке 85 представлен фрагмент создания эскиза с применением команды “Скругление”.

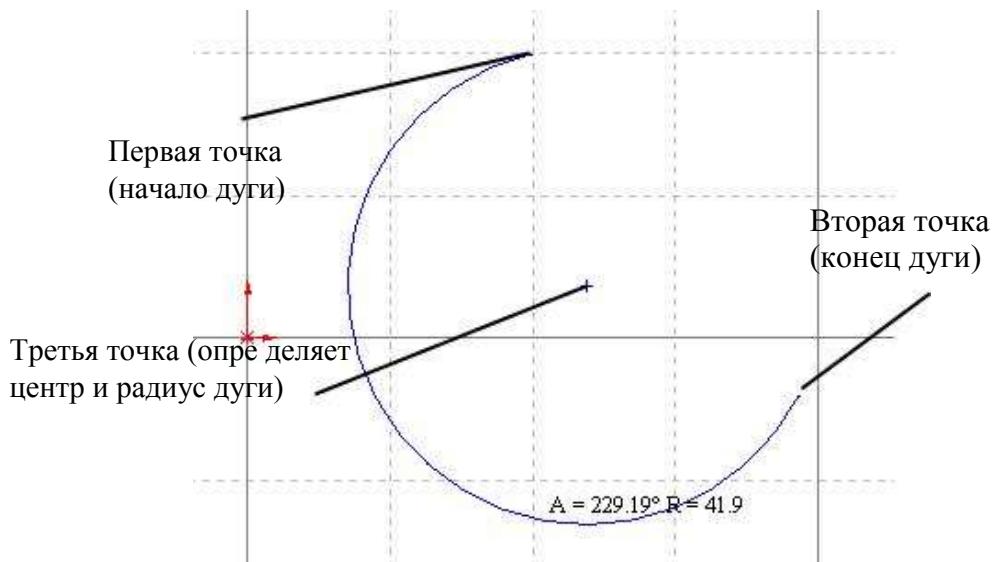


Рисунок 84 – Команда “Дуга через 3 точки”

8. “Эллипс”. (Создание эскиза полного эллипса).
9. “Плоскость”. (Вставка плоскости в трехмерный эскиз.)
10. “Сплайн”. (Создает сплайн путем указания контрольных точек сплайна). На рисунке 86 представлен фрагмент создания эскиза с применением команды “Сплайн”.
11. “Текст”. (Создание эскиза текста).
12. “Точка”. (Создание эскиза точки).

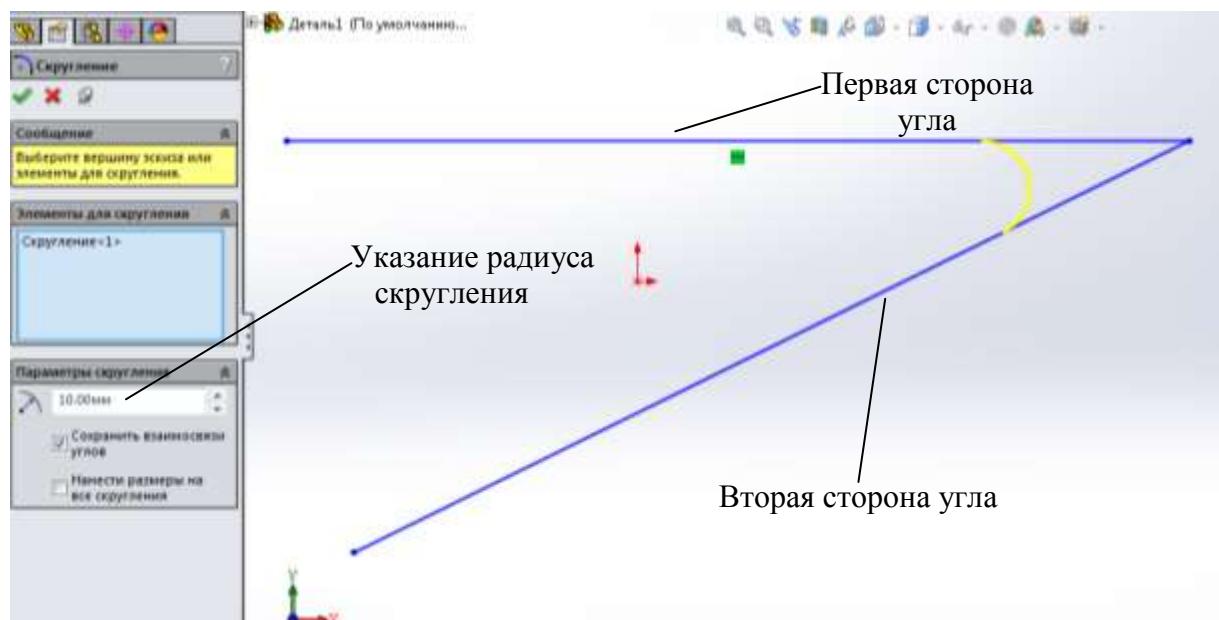


Рисунок 85 – Команда “Скругление”

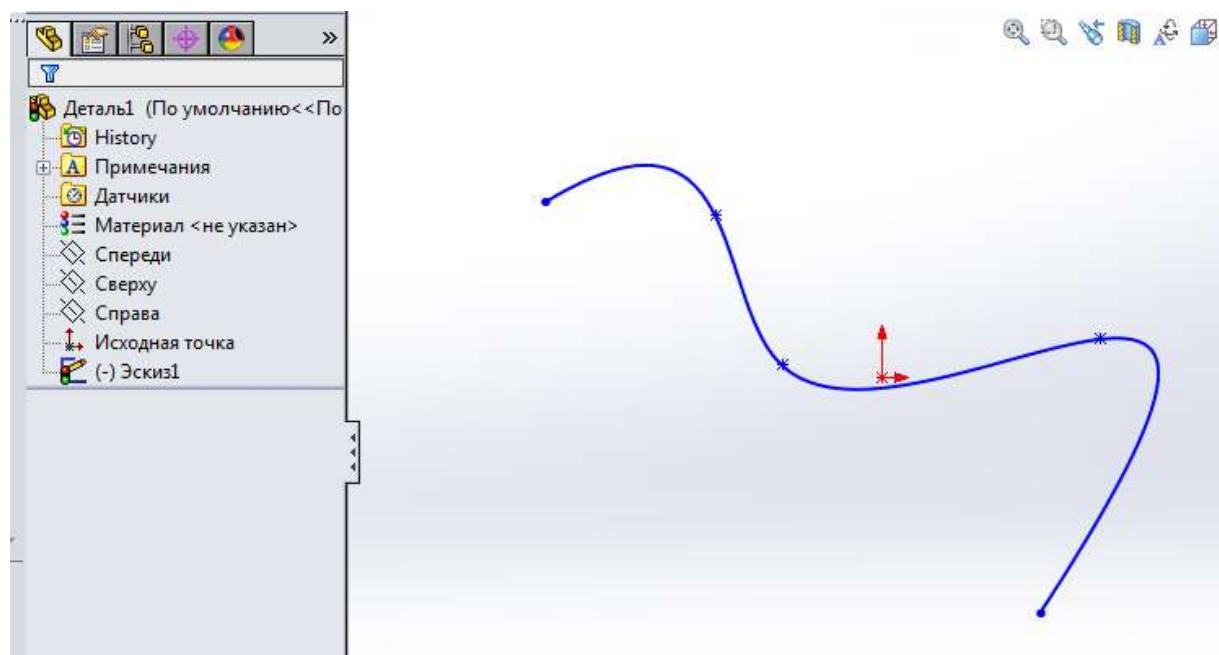


Рисунок 86 – Команда “Сплайн”

Дополнительные элементы эскиза (например, эллипс, многоугольник), а также указанные в п. 1-10 активизируют вызовом следующего набора функций: “Инструменты” – “Объекты эскиза”.

Выход из эскиза с сохранением изменений производят путем нажатия на кнопки “Выход из эскиза” или деактивизации кнопки “Эскиз”, или нажатием в



верхнем правом углу рабочего чертежа на значок .

Выход из эскиза без сохранения изменений производят путем нажатия в верхнем правом углу рабочего чертежа на значок .

*Примечание 1.* При редактировании эскизов панель инструментов работы с эскизом также становится активной.

*Примечание 2.* Удаление любого из элементов эскиза производят нажатием правой кнопки мыши на элемент (элемент по умолчанию будет окрашен в зеленый цвет) и нажатием на клавиатуре кнопки Delete или нажатием правой кнопки мыши в свободном поле чертежа и выбором функции “Удалить”.

*Примечание 3.* Выбор нескольких элементов производят с удержанием клавиши Ctrl.

## 2.4. Панель инструментов “Размеры/Взаимосвязи”

Инструменты, собранные в этой панели инструментов позволяют добавлять и удалять геометрические связи между элементами эскиза.

При построении эскизов необходимо полностью определять все параметры элементов детали. Одним из параметров является ориентация элементов относительно друг друга и взаимосвязь элементов относительно исходной точки.

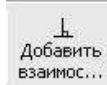
Геометрические взаимосвязи состоят из набора логических операций (правил), которые определяют отношение (например, касание или перпендикулярность) между элементами эскиза модели, плоскостями, осями, ребрами и вершинами. Отношением можно связать один элемент эскиза с другим элементом или с ребром, гранью, вершиной, началом координат, плоскостью и т.д. Ввести геометрическую взаимосвязь можно двумя способами: использовать автоматические взаимосвязи; вручную определить взаимосвязи между элементами эскиза.

## 2.4.1. Автоматические взаимосвязи

Эскизная среда SolidWorks поддерживает автоматические взаимосвязи между элементами эскиза. Это гарантирует, что правила, определяющие взаимосвязи между элементами, будут автоматически применяться при построении эскиза. Например, при рисовании прямоугольника автоматически возникает ряд взаимосвязей, определяющих геометрию прямоугольника (например, между противоположными сторонами прямоугольника возникают взаимосвязи – параллельность и равенство, а также вертикальность или горизонтальность вершин прямоугольника).

## 2.4.2. Добавление взаимосвязей

Наложить взаимосвязи на элементы эскиза можно вручную. При этом можно выбирать из шестнадцати типов геометрических взаимосвязей, перечисленных далее. Установление взаимосвязей в эскизе активизируется



нажатием кнопки “Добавить взаимосвязь”. *Примечание.* При установлении какой-либо взаимосвязи между элементами необходимо точно указывать, а затем и проверять в окне “Выбранные объекты” правильность выбранных элементов. Как правило, в окне “Выбранные элементы” автоматически прописывается последний активизированный курсором элемент. При создании некоторых многоэлементных эскизов (например, прямоугольник или многоугольник) в окне выбранных элементов могут быть прописаны сразу все элементы, и часть из них или все необходимо предварительно удалить.

1. Взаимосвязь “Горизонтальный”. Эта взаимосвязь превращает выделенный сегмент линии в горизонтальный. Если выделены две точки, они будут выровнены горизонтально. На рисунке 87 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Горизонтальный”.

2. Взаимосвязь “Вертикальный”. Эта взаимосвязь превращает выделенный сегмент линии в вертикальный. Если выделены две точки, они будут выровнены вертикально. На рисунке 88 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Вертикальный”.

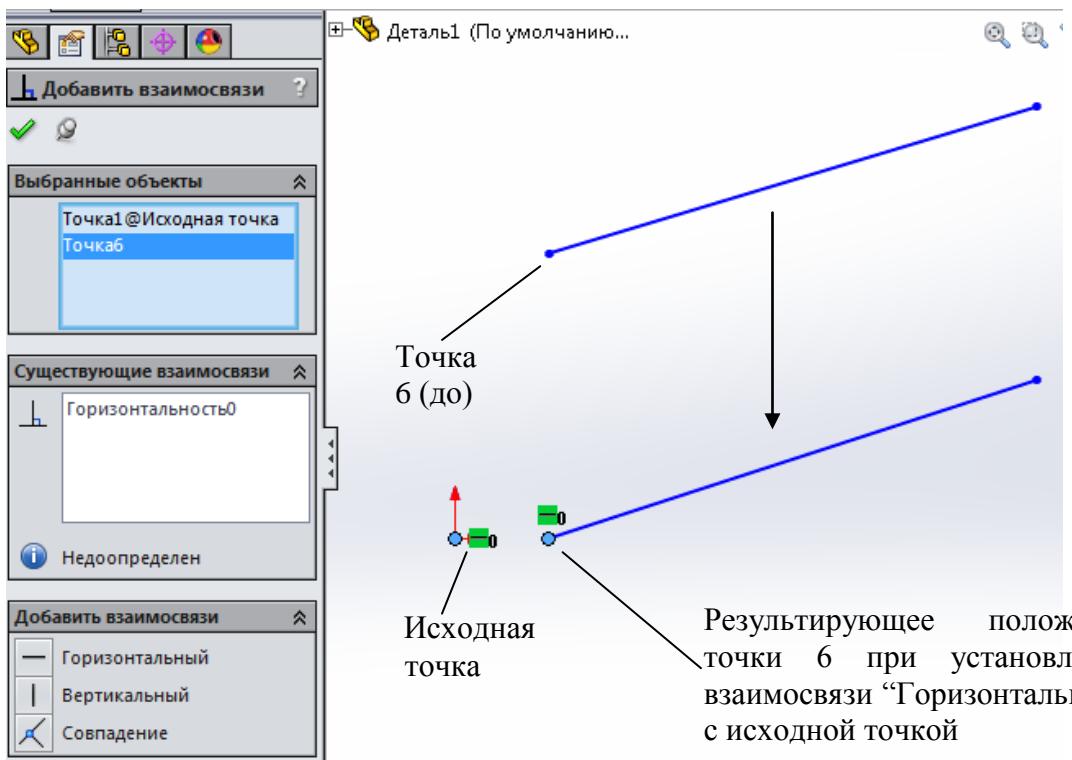


Рисунок 87 – Взаимосвязь “Горизонтальный”

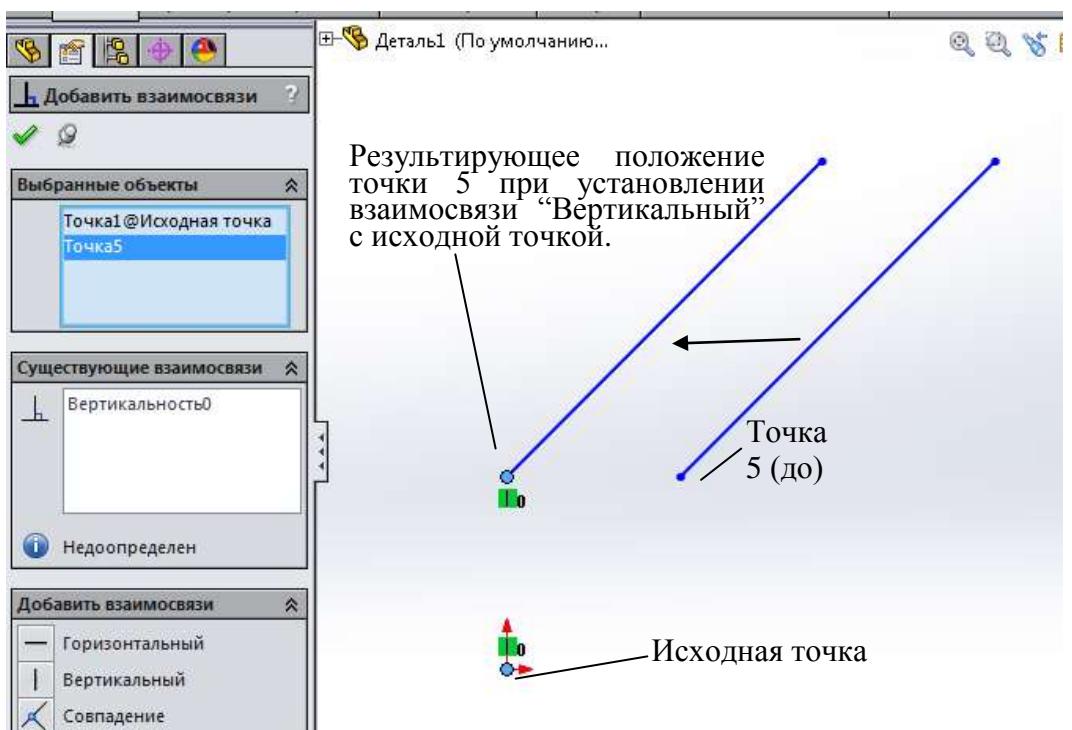


Рисунок 88 – Взаимосвязь “Вертикальный”

3. Взаимосвязь “Коллинеарный”. Применение этой взаимосвязи приводит к тому, что два выделенных элемента размещаются вдоль одной линии. На рисунке 89 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Коллинеарный”.

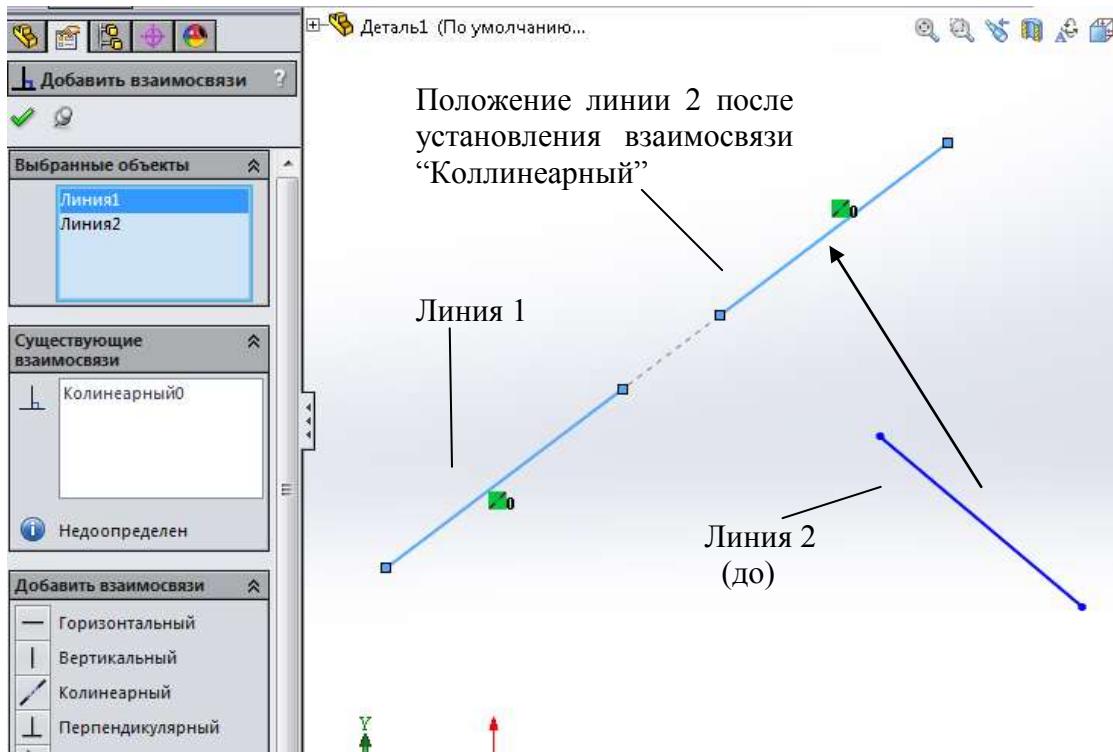


Рисунок 89 – Взаимосвязь “Коллинеарный”

4. Взаимосвязь “Корадиальный”. Результатом применения этой взаимосвязи будут две дуги, две окружности или и окружность, имеющие равные радиусы и общий центр. На рисунке 90 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Корадиальный”.

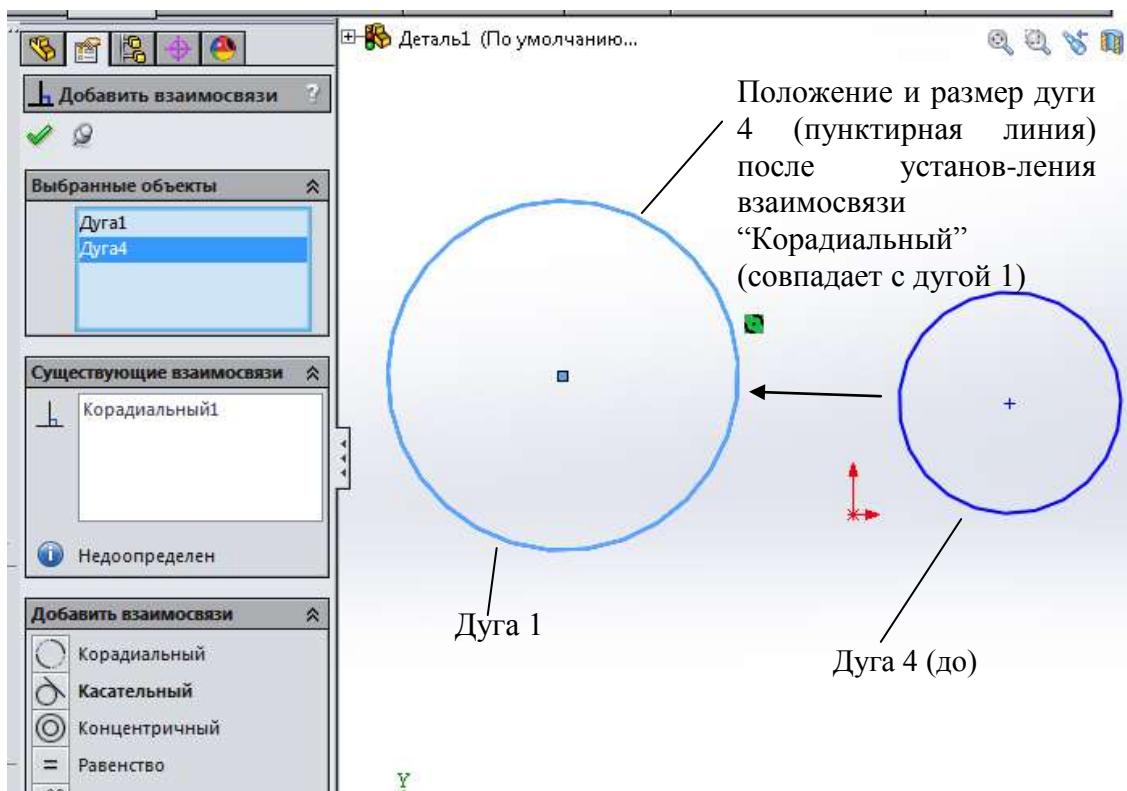


Рисунок 90 – Взаимосвязь “Корадиальный”

5. Взаимосвязь “Перпендикулярный”. Два выделенных сегмента линий становятся перпендикулярными друг другу. На рисунке 91 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Перпендикулярный”.

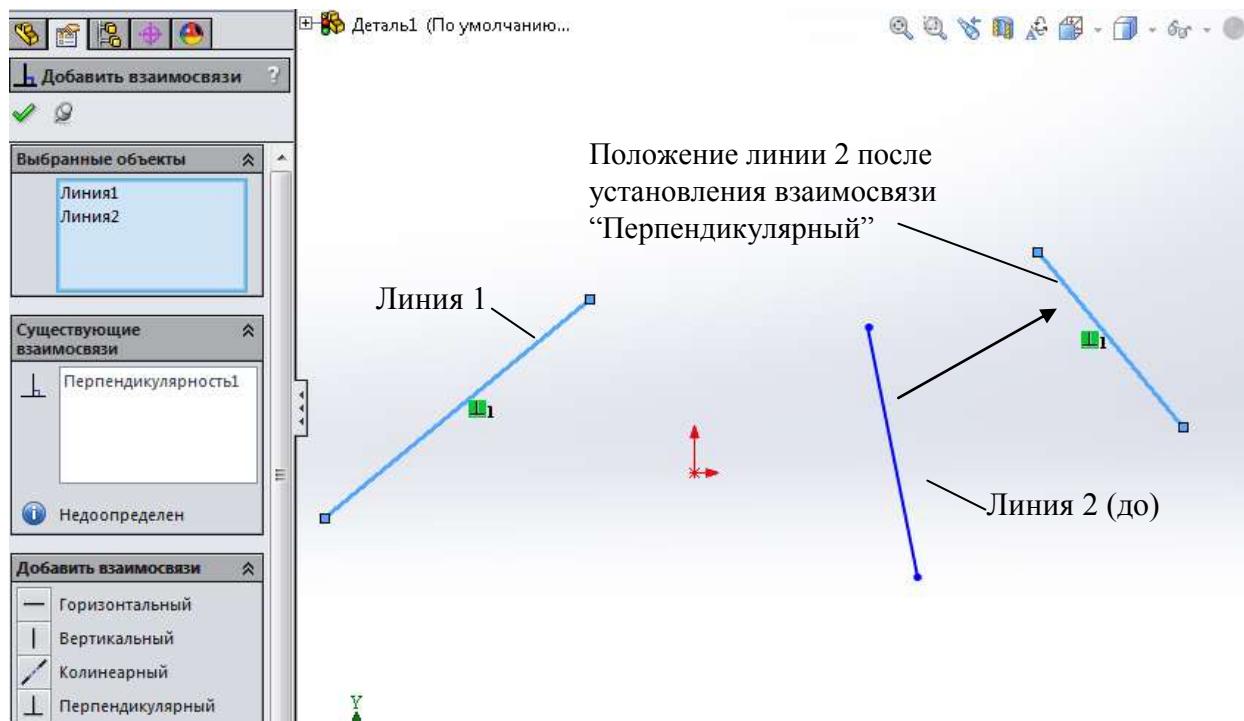


Рисунок 91 – Взаимосвязь “Перпендикулярный”

6. Взаимосвязь “Параллельный”. Два выделенных сегмента линий становятся параллельными друг другу. На рисунке 92 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Параллельный”.

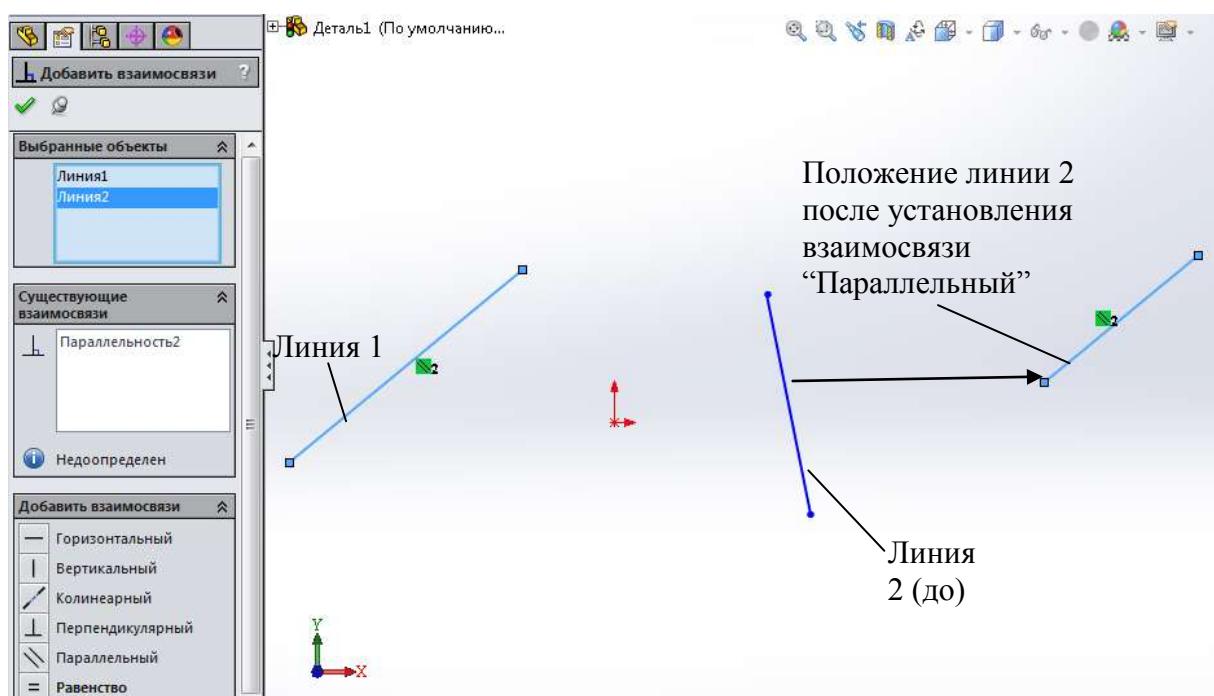


Рисунок 92 – Взаимосвязь “Параллельный”

7. Взаимосвязь “Касательный”. Результатом применения этой взаимосвязи к выделенному сегменту линии, дуги, сплайна, окружности или эллипса станет касание другой дуги, окружности, сплайна или эллипса. При применении к сплайнам эти взаимосвязи связывают их узловые точки. На рисунке 93 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Касательный”.

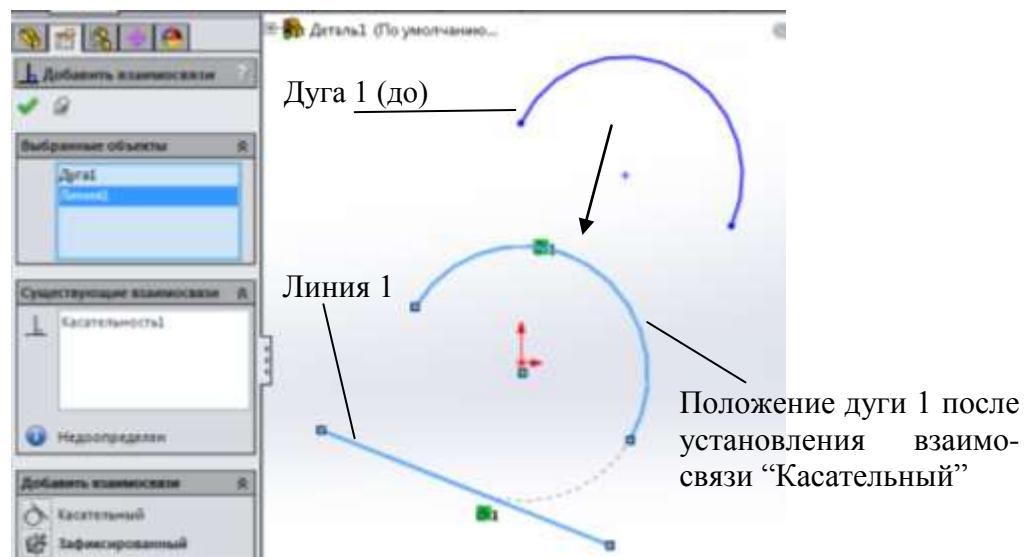


Рисунок 93 – Взаимосвязь “Касательный”

8. Взаимосвязь “Концентричный”. Для двух выделенных дуг, окружностей, точек и дуги, точки и окружности или дуги и окружности эта взаимосвязь означает совмещение их центров. На рисунке 94 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Концентричный”.

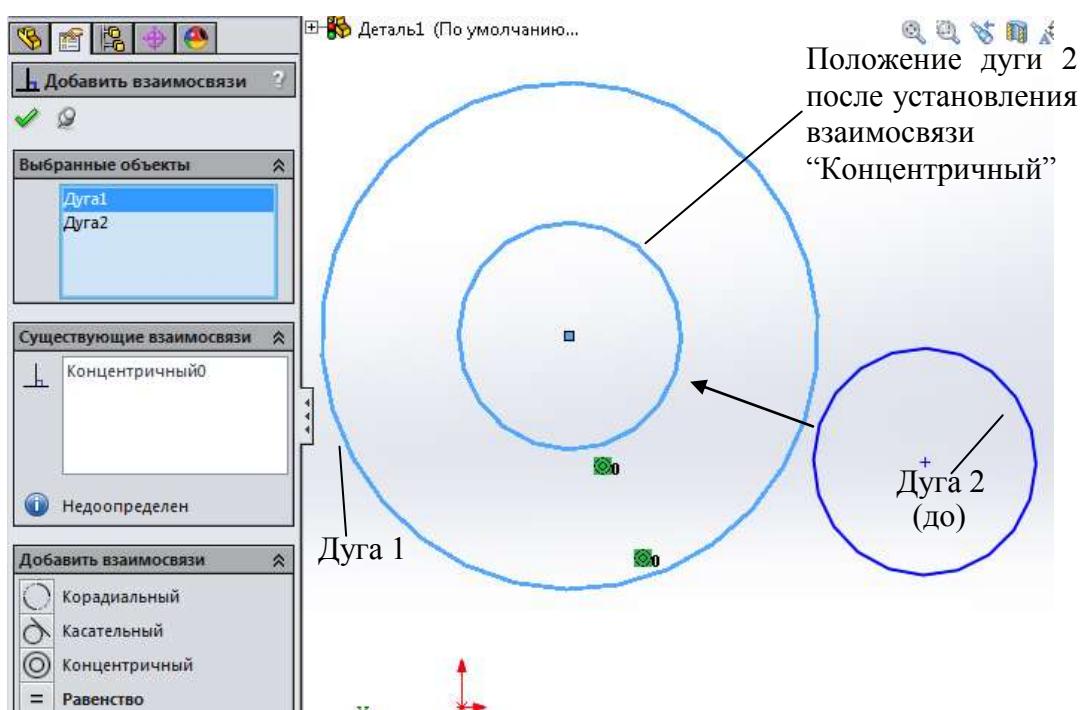


Рисунок 94 – Взаимосвязь “Концентричный”

9. Взаимосвязь “Средняя точка”. Помещает выделенную точку в положение средней точки указанной линии. На рисунке 95 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Средняя точка”.

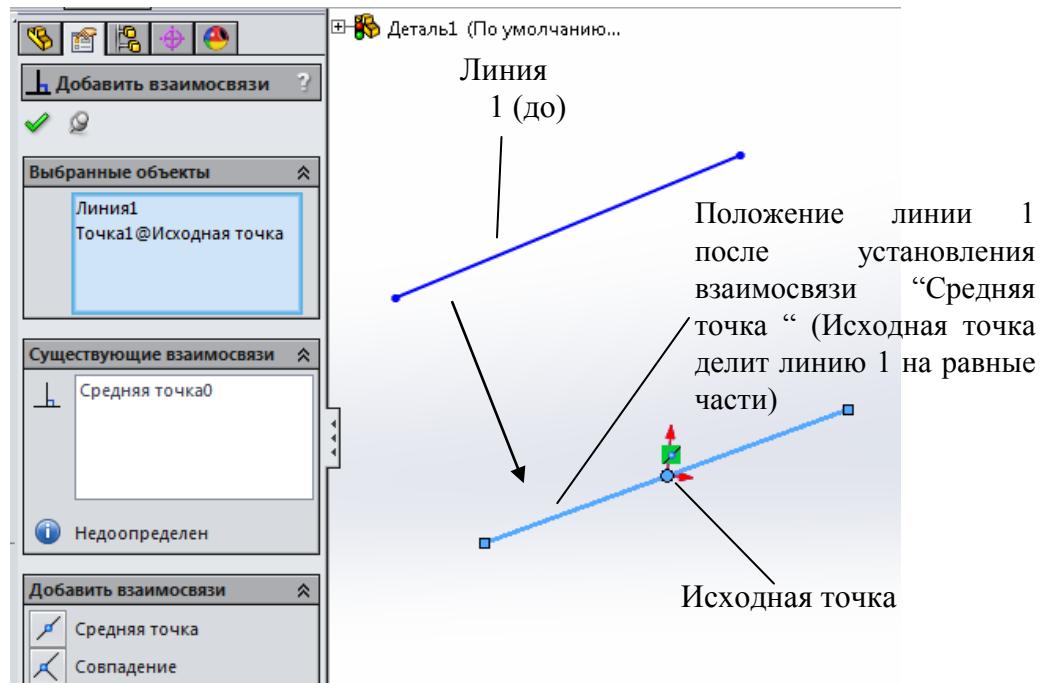


Рисунок 95 – Взаимосвязь “Средняя точка”

10. Взаимосвязь “Пересечение”. Помещает выделенную точку в место пересечения двух выделенных элементов. На рисунке 96 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Пересечение”.

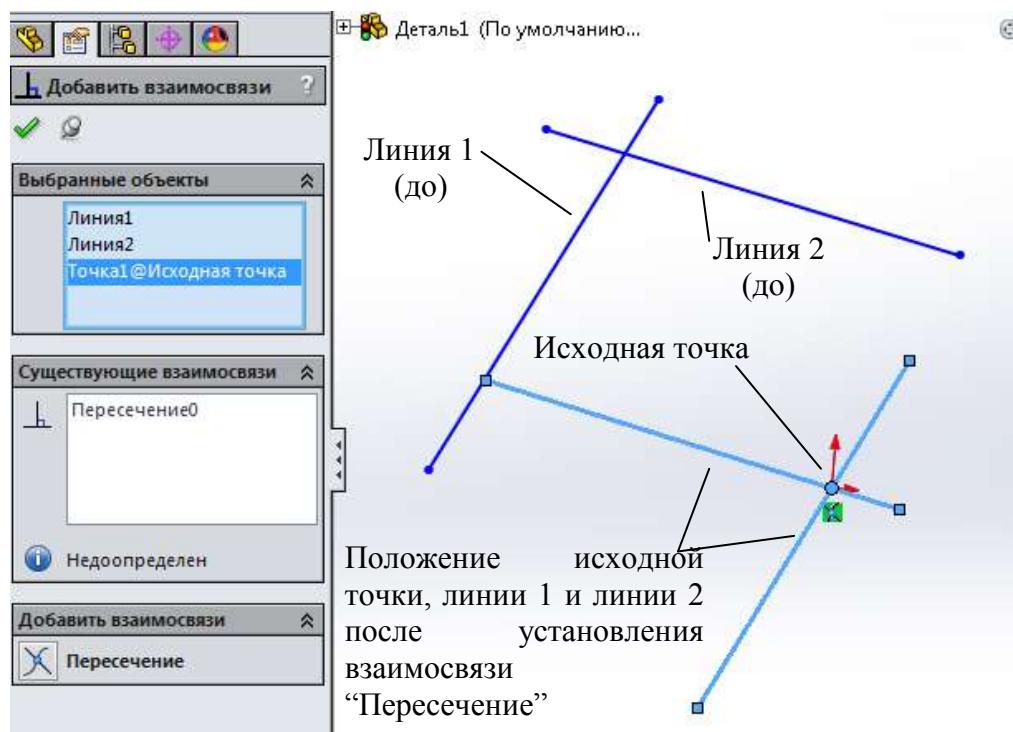


Рисунок 96 – Взаимосвязь “Пересечение”

11. Взаимосвязь “Совпадение”. Если эту взаимосвязь применить к двум точкам, они станут совпадающими, а если к точке и линии или точке и дуге – точка будет лежать на этой линии или дуге. На рисунке 97 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Совпадение”.

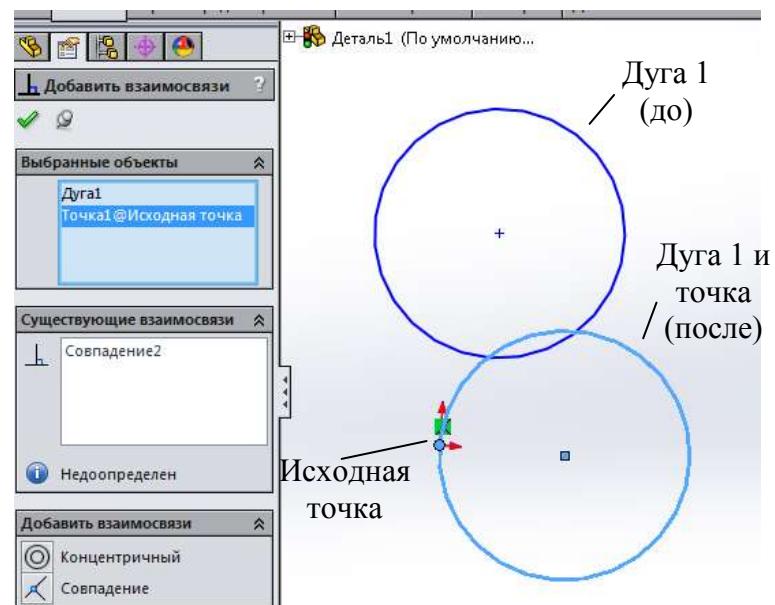


Рисунок 97 – Взаимосвязь “Совпадение”

12. Взаимосвязь “Равенство”. Применяют для того, чтобы сделать два выделенных сегмента линии равными по длине. При наложении этой взаимосвязи на две дуги, две окружности или дугу и окружность их радиусы становятся равными. На рисунке 98 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Равенство”.

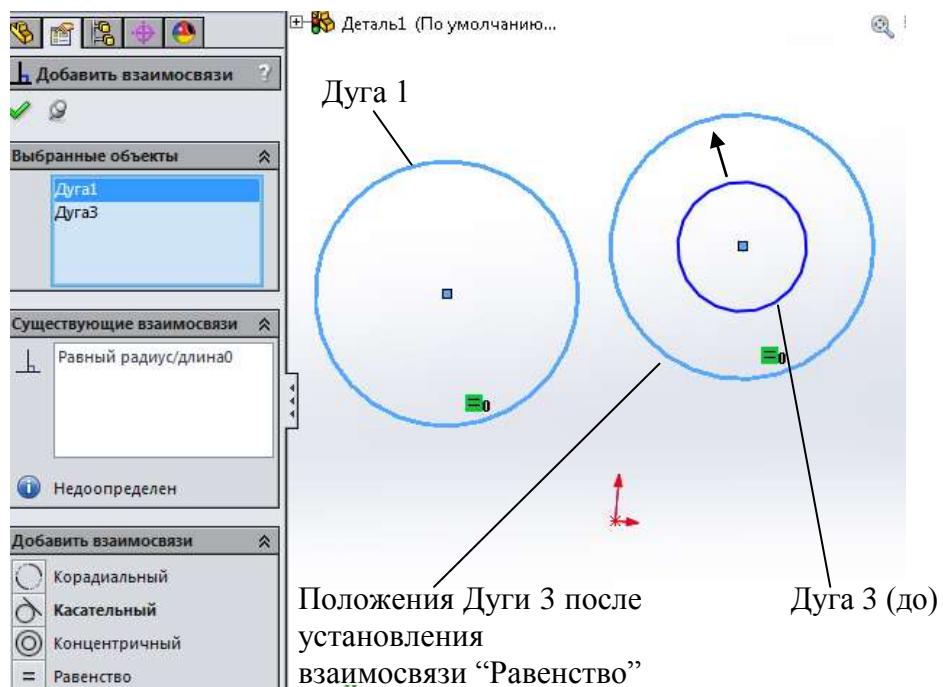


Рисунок 98 – Взаимосвязь “Равенство”

13. Взаимосвязь “Симметричный”. Связь симметрии располагает выделенные элементы симметрично относительно указанной оси симметрии, так, чтобы они находились на одинаковом расстоянии от нее. На рисунке 99 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Симметричный”.

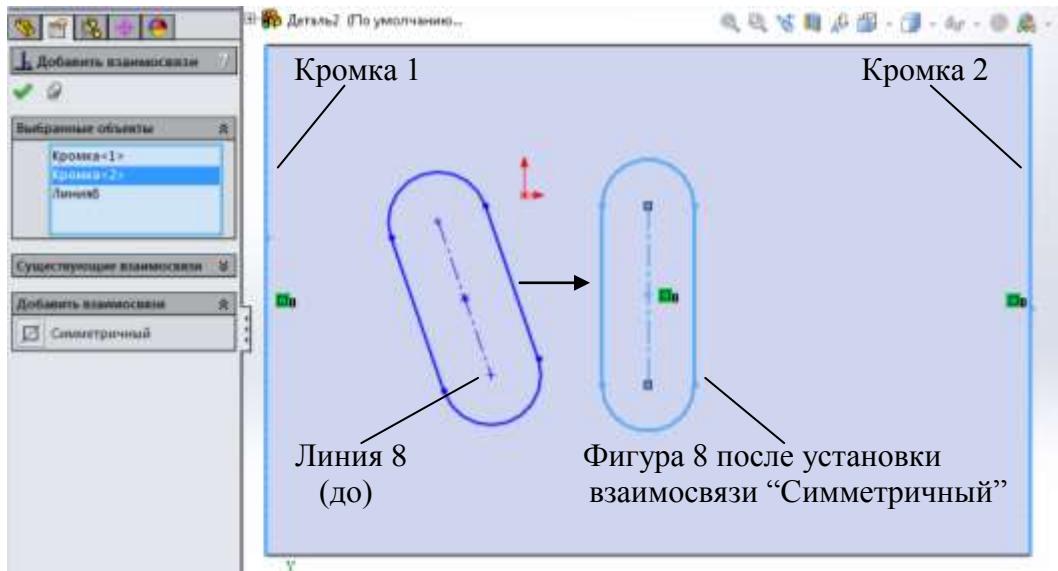


Рисунок 99 – Взаимосвязь “Симметричный”

14. Взаимосвязь “Слить точки”. Используют для объединения двух выделенных или конечных точек. Библиотечные элементы. На рисунке 100 представлен фрагмент установления взаимосвязи “Слить точки”.

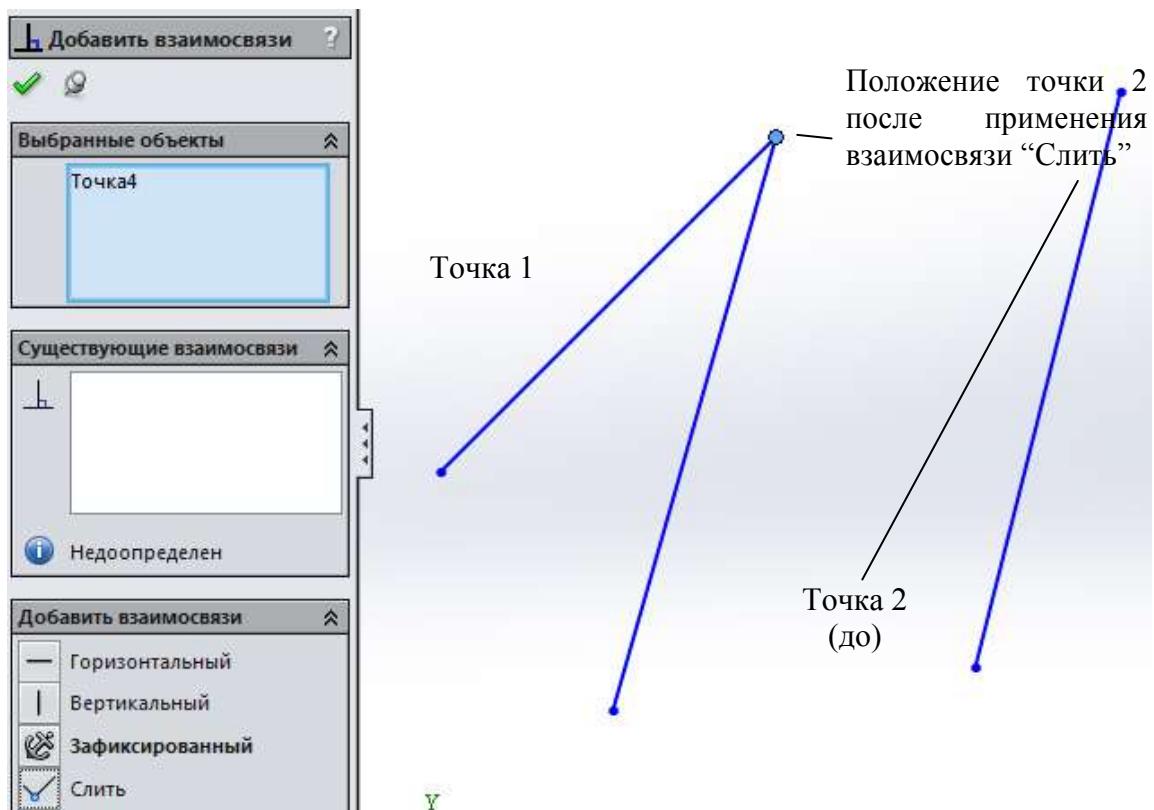


Рисунок 100 – Взаимосвязь “Слить точки”

15. Взаимосвязь “Привязка”. Закрепляет элементы относительно системы координат текущего эскиза. Положение конечных точек закрепленных линий, дуг, окружностей, сплайнов и эллиптических сегментов можно свободно менять в пределах элемента эскиза, которому они принадлежат.

16. Взаимосвязь “Точка пронзания” В результате применения этой взаимосвязи построенная точка переносится на выделенную ось, ребро или линию в том месте, где они “прокалывают” построения. Эта точка может быть конечной точкой какого-либо элемента эскиза.

Из предыдущих описаний взаимосвязей элементов очевидно, что для двух выбранных элементов можно применить несколько взаимосвязей. В таблице 2 приведены варианты основных взаимосвязей элементов.

Таблица 2 – Добавляемые взаимосвязи

Взаимосвязь	Выбранные элементы	Результат
1	2	3
Вертикальный или Горизонтальный	Одна или несколько линий, две или более точек	Линии становятся горизонтальными или вертикальными, точки выравниваются по горизонтали или по вертикали
Коллинеарный	Две или более линий	Элементы лежат на одной и той же бесконечной линии
Кордиальный	Две или более дуг	В элементах применяются одни и те же радиус и центр
Перпендикулярный	Две линии	Элементы перпендикулярны друг другу
Параллельный	Две или более линий	Элементы остаются параллельными
Касательный	Дуга, сплайн или эллипс и др. Дуга, сплайн или эллипс и линия	Два элемента остаются касательными друг к другу
Концентричный	Две или более дуг или точка и дуга	Для окружностей и/или дуг применяется один и тот же центр
Средняя точка	Точка и линия	Точка располагается в центре линии
Пересечение	Две линии и одна точка	Точка остается на пересечении двух линий
Совпадение	Точка и линия, дуга или эллипс	Точка лежит на линии, дуге или эллипсе
Равенство	Две или более линий, или две или более дуг	Длины линий или радиусы остаются равными

## Окончание таблицы . 2

1	2	3
Взаимосвязь	Выбранные элементы	Результат
Симметричный	Осявая линия и две точки, линии, дуги или два эллипса	Элементы остаются на равном расстоянии от осевой линии, на перпендикулярной к ней линии
Зафиксировать	Любой элемент	Фиксирует размер и местоположение элемента

## 2.5. Панель инструментов “Элементы”

Это одна из основных панелей инструментов документа “Деталь”. После того будет построен эскиз, необходимо с помощью инструментов моделирования преобразовать его в элемент. Панель инструментов “Элементы” содержит все необходимые инструменты, применяемые в процессе объектно-ориентированного конструирования (рисунок 101).

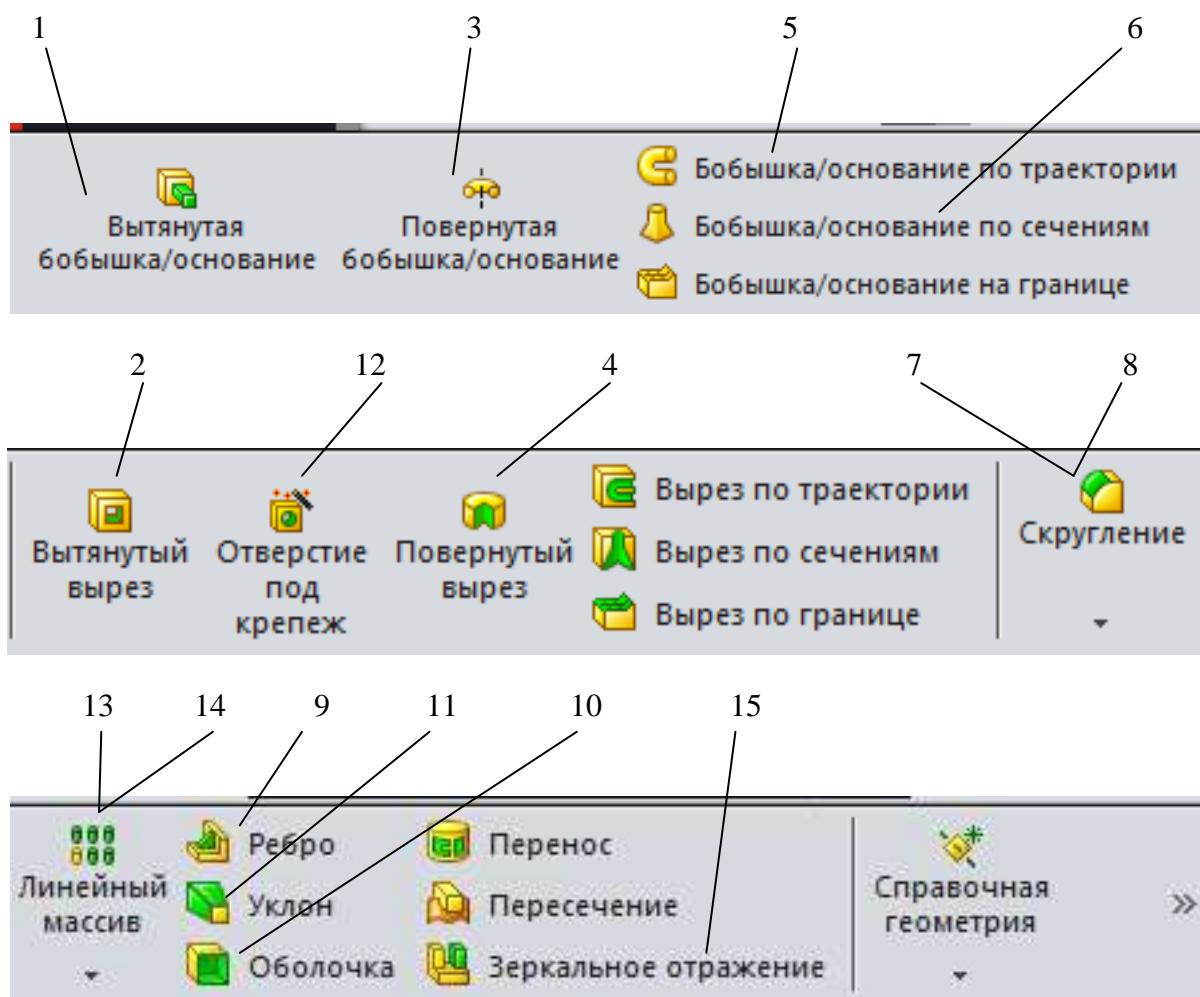


Рисунок 101 – Панель инструментов “Элементы”

1. Элемент “Вытянутая бобышка /Основание” – вытяжка эскиза или выбранных контуров в одном или двух направлениях для создания твердотельного элемента. На рисунке 102 представлен процесс создания элемента “Вытянутая бобышка/Основание”.

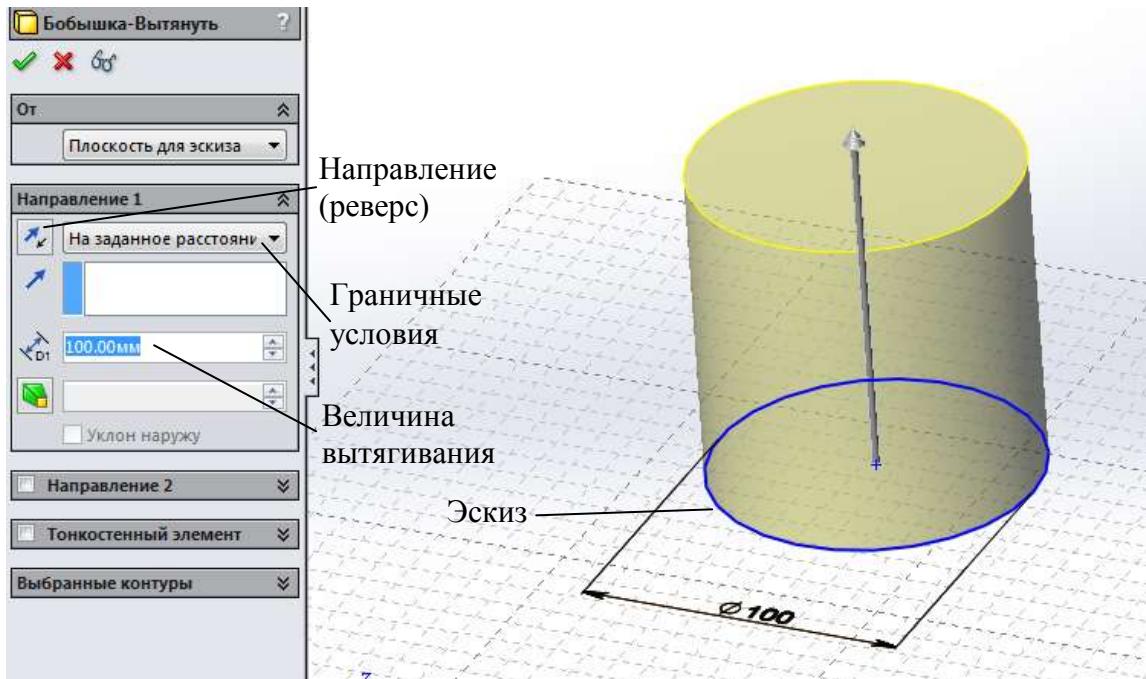


Рисунок 102 – Элемент “Вытянутая бобышка/Основание”

2. Элемент “Вытянутый вырез” – вырез твердотельной модели путем вытягивания вычертенного профиля в одном или нескольких направлениях. На рисунке 103 представлен процесс создания элемента “Вытянутый вырез”.

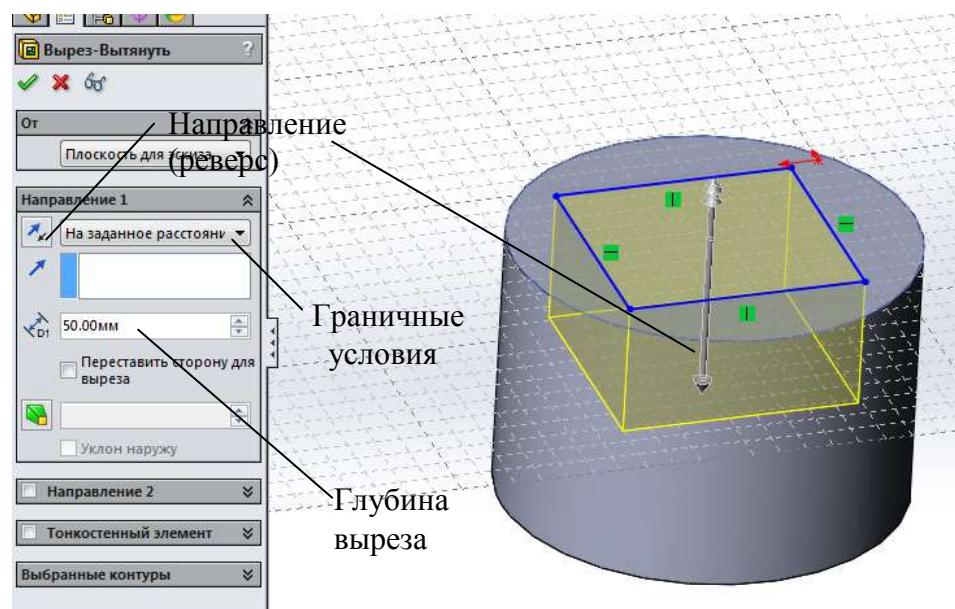


Рисунок 103 – Элемент “Вытянутый вырез”

3. Элемент “Повернутая бобышка / Основание” – вращение эскиза или выбранных контуров в эскизе вокруг оси для создания твердотельного элемента вращения. На рисунке 104 представлен процесс создания элемента “Повернутая бобышка/Основание”.

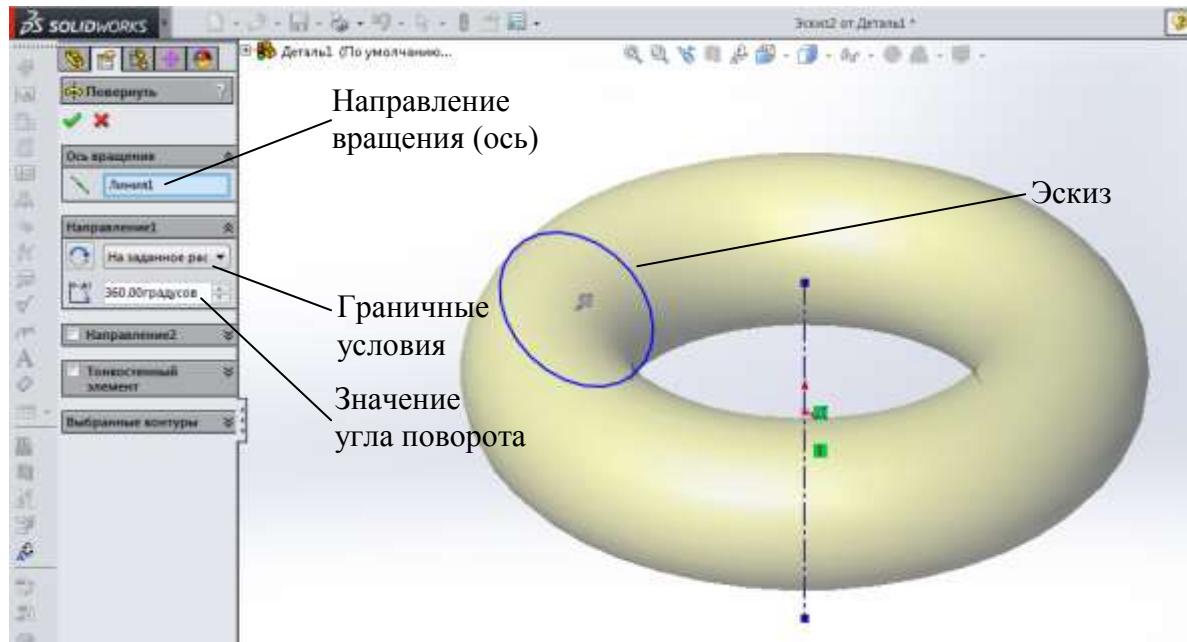


Рисунок 104 – Элемент “Повернутая бобышка/ Основание”

4. Элемент “Повернутый вырез” – вырез твердотельной модели путем оборота нарисованного профиля вокруг оси. На рисунке 105 представлен процесс создания элемента “Повернутый вырез”.

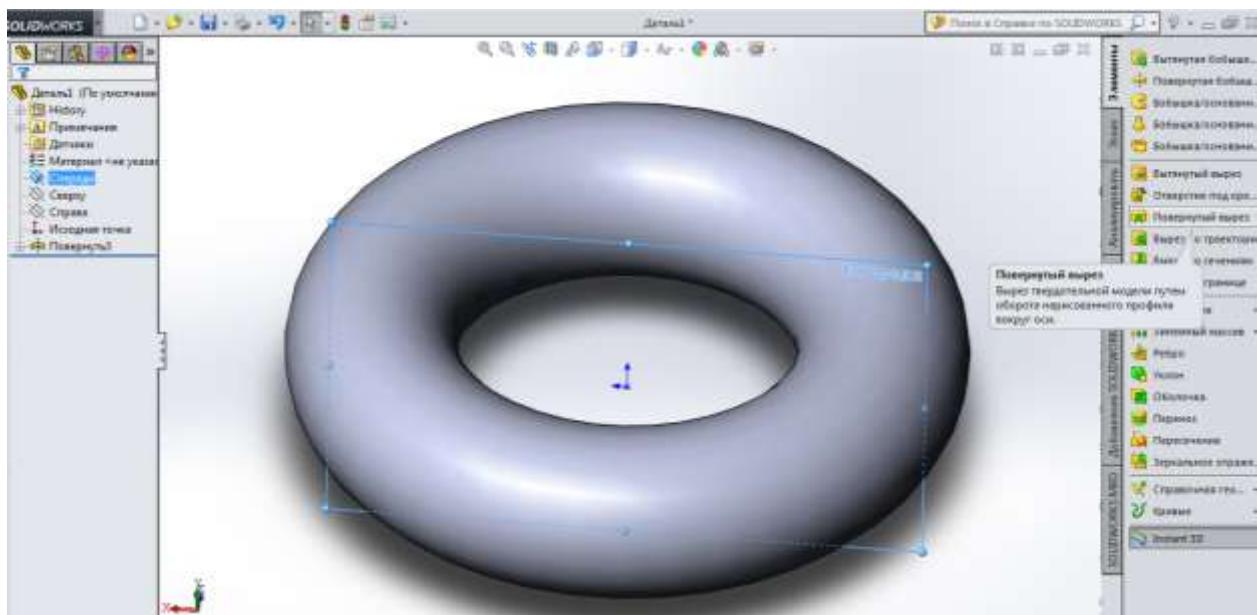


Рисунок 105 – Элемент “Повернутый вырез”

5. Элемент “Вытянутая бобышка/ основание по траектории” - вытяжка замкнутого профиля вдоль разомкнутой или замкнутой траектории для создания твердотельного элемента. На рисунке 106 представлен процесс создания элемента “Вытянутая бобышка/основание по траектории”.

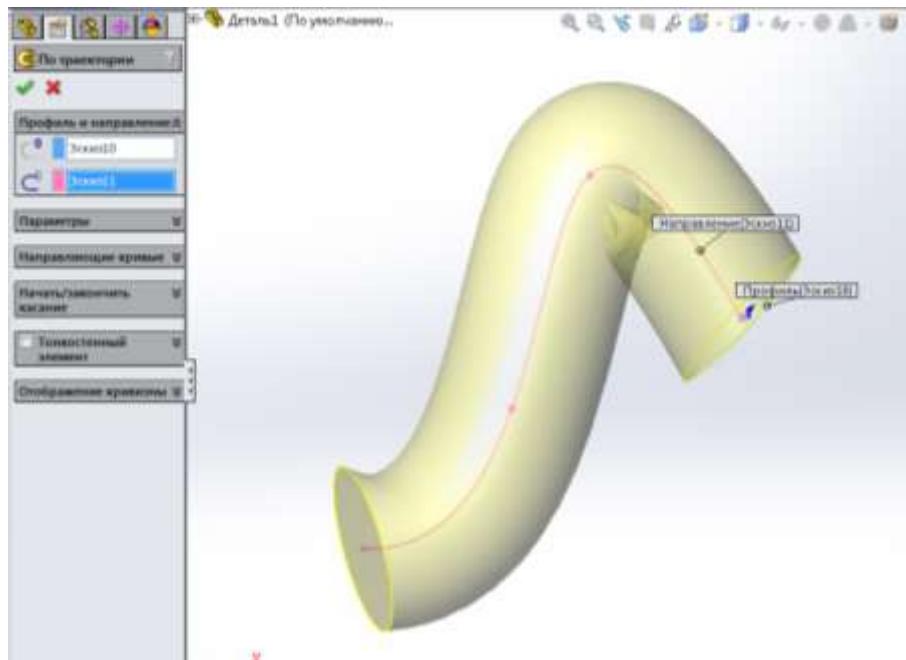


Рисунок 106 – Элемент “Вытянутая бобышка/Основание по траектории”

6. Элемент “Бобышка/Основание по сечениям” – добавление материала между двумя или более профилями для создания твердотельного элемента. На рисунке 107 представлен процесс создания элемента “Бобышка/Основание по сечениям”.

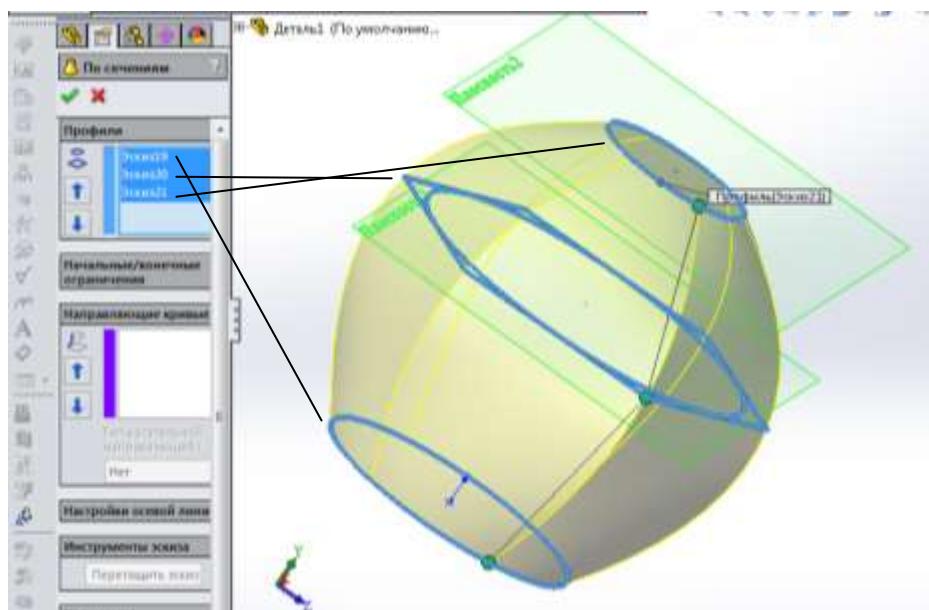


Рисунок 107 – Элемент “Бобышка/Основание по сечениям”

7. Элемент “Скругление” – создание закругленной внешней или внутренней грани вдоль одной или нескольких кромок в твердотельном элементе поверхности. На рисунке 108 представлен процесс создания элемента “Скругление”.

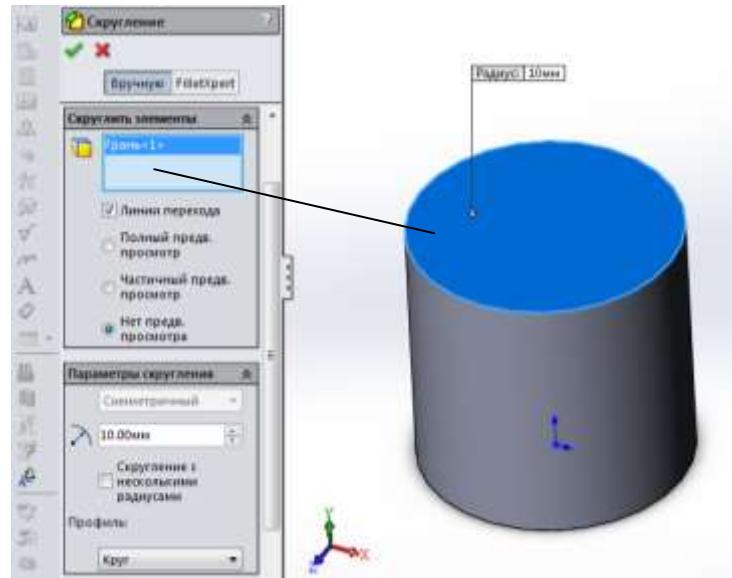


Рисунок 108 – Элемент “Скругление”

8. Элемент “Фаска” – создание фаски вдоль кромки, вершины или цепочки касательных кромок. На рисунке 109 представлен процесс создания элемента “Фаска”.

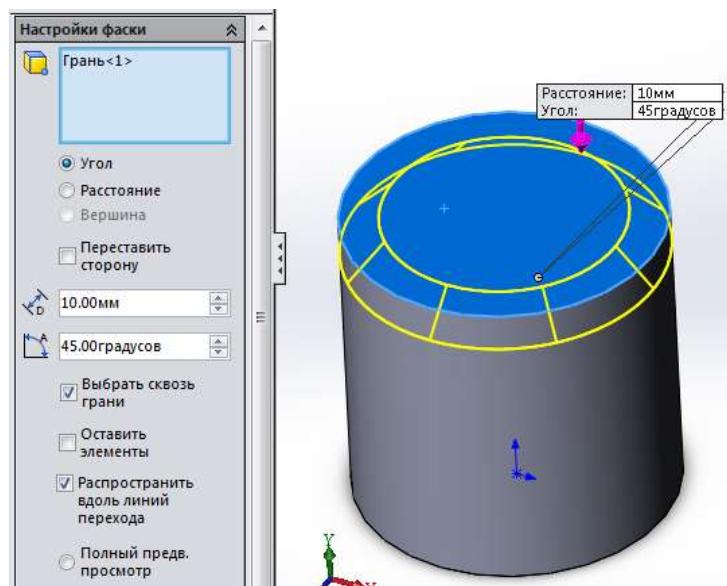


Рисунок 109 – Элемент “Фаска”

9. Элемент “Ребро” – добавление поддержки тонкостенных элементов для твердого тела.

10. Элемент “Оболочка” – удаление материала из твердого тела для создания тонкостенного элемента. На рисунке 110 представлен процесс создания элемента “Оболочка”.

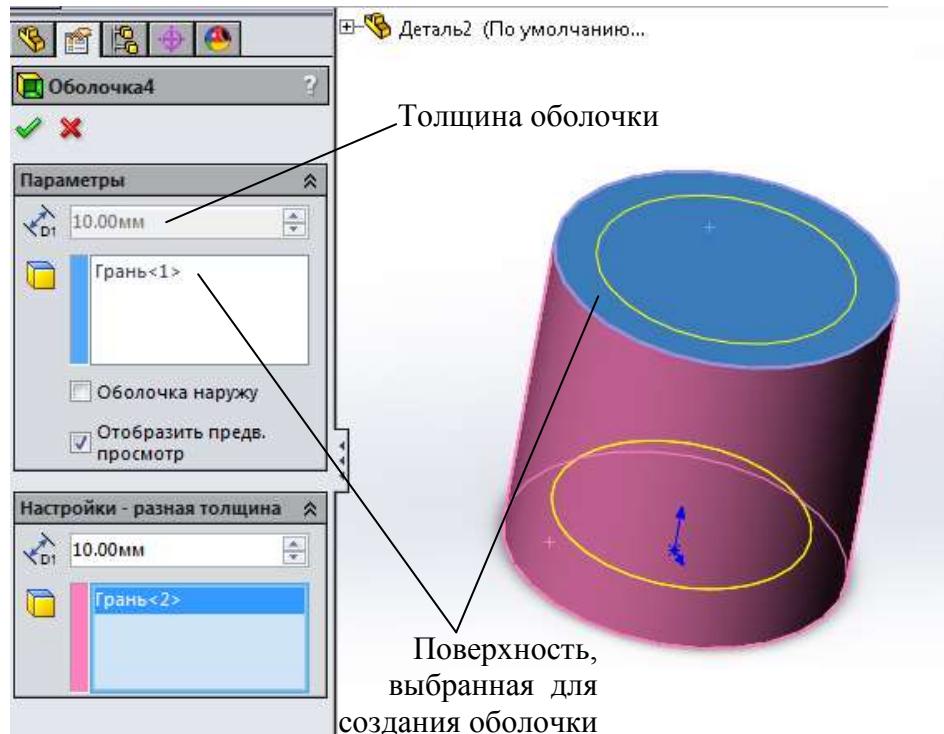


Рисунок 110 – Создание элемента “Оболочка”

11. Элемент “Уклон” – заострение выбранных граней под заданным углом с применением нейтральной плоскости или базовой линии разъема. На рисунке 111 представлен процесс создания элемента “Уклон”.

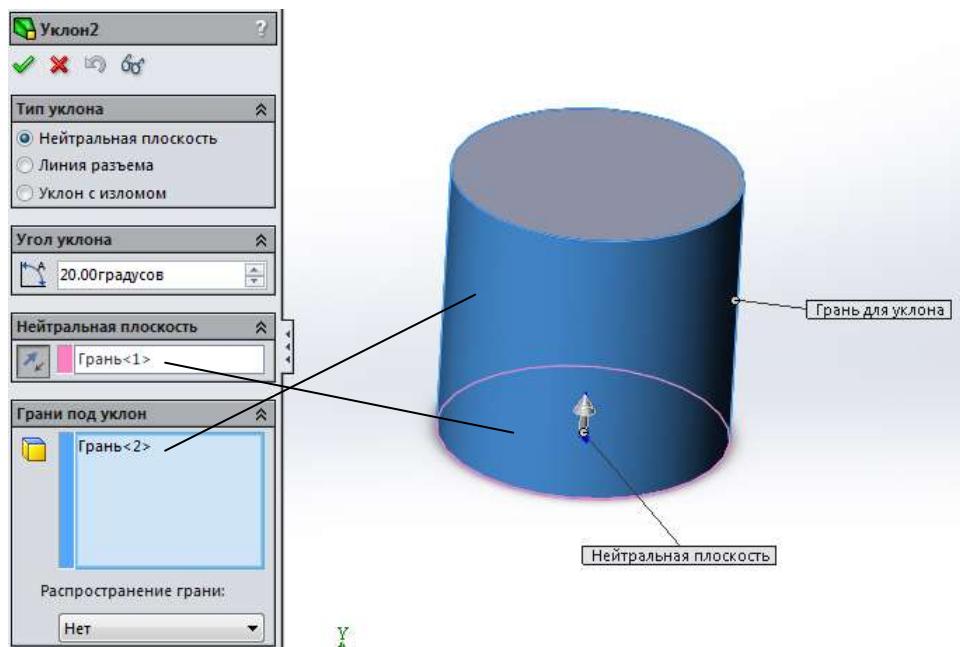


Рисунок 111 – Элемент “Уклон”

12. Элемент “Отверстие под крепеж” – вставка отверстия с помощью предварительно определенного поперечного сечения.

13. Элемент “Линейный массив” – создание массивов элементов, граней и двух тел в двух или нескольких линейных направлениях. На рисунке 112 представлен процесс создания “Линейного массива”.

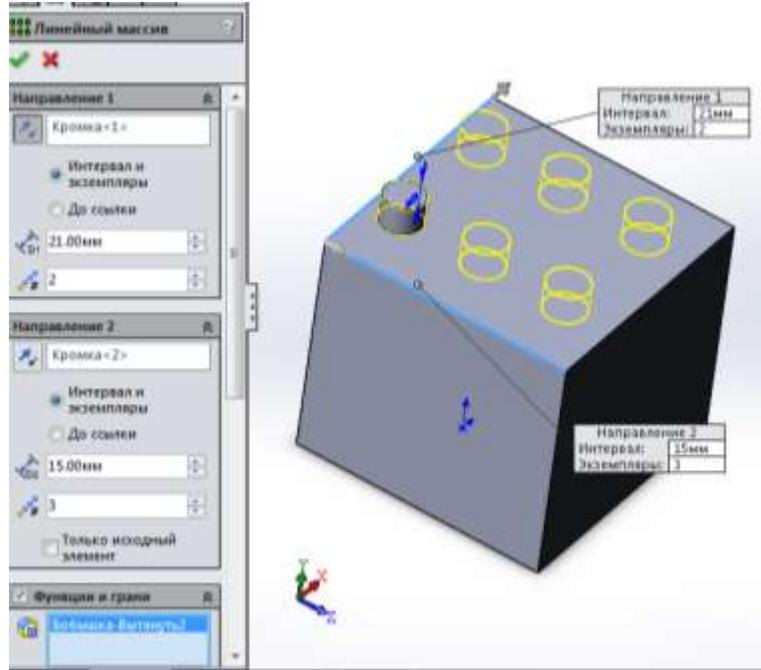


Рисунок 112 – Элемент “Линейный массив”

14. Элемент “Круговой массив” – создание массивов элементов, граней и тел относительно оси. На рисунке 113 представлен процесс создания элемента “Круговой массив”.

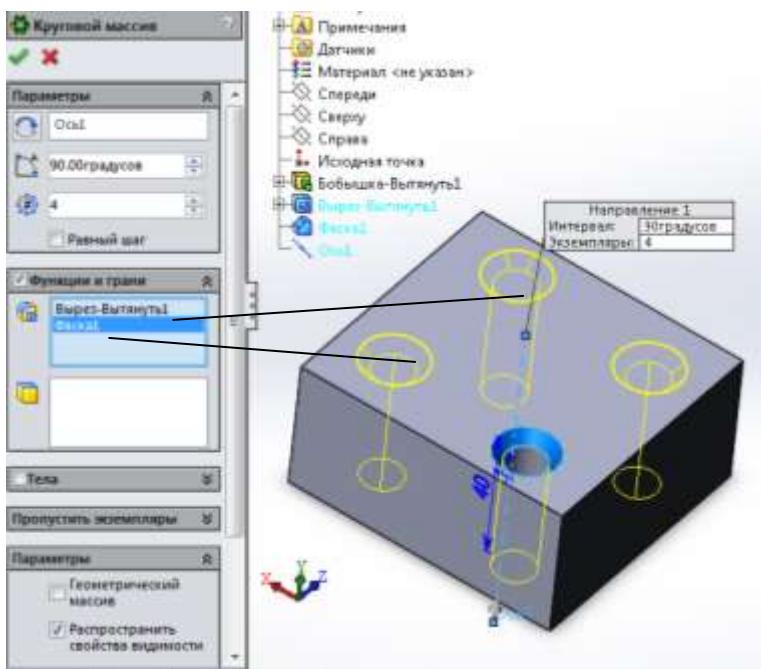


Рисунок 113 – Функция “Круговой массив”

15. Элемент “Зеркальное отражение” – зеркальное отражение элементов, граней, тел относительно грани или плоскости. На рисунке 114 представлен процесс создания элемента “Зеркальное отражение”.

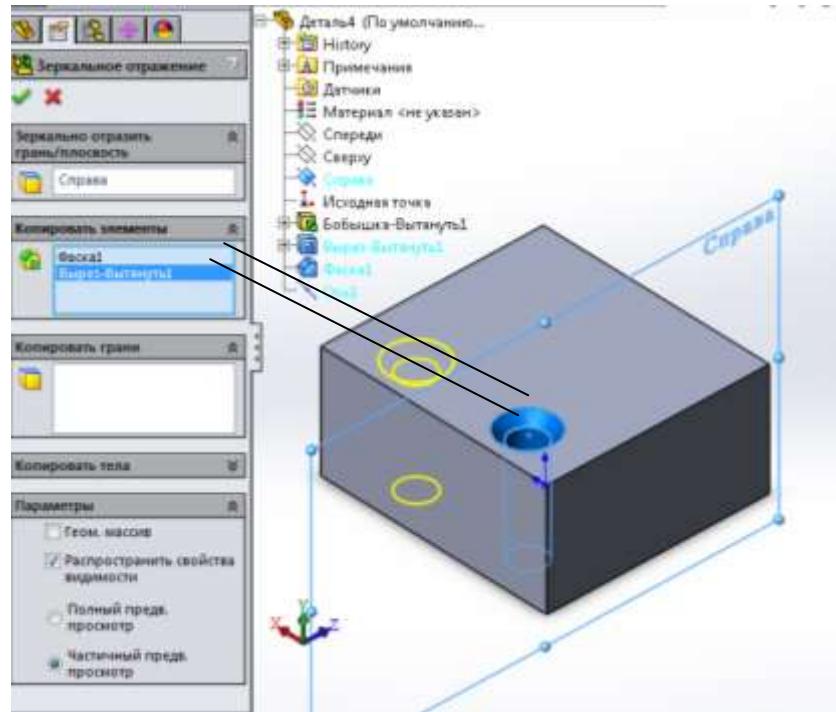


Рисунок 114 – Функция “Зеркальное отражение”

## 2.6. Панель инструментов “Справочная геометрия”

Элементами справочной геометрии являются: ось, плоскость и система координат. Стандартные виды диалоговых окон создания элементов справочной геометрии “Плоскость” и “Ось” представлены на рисунке 115.

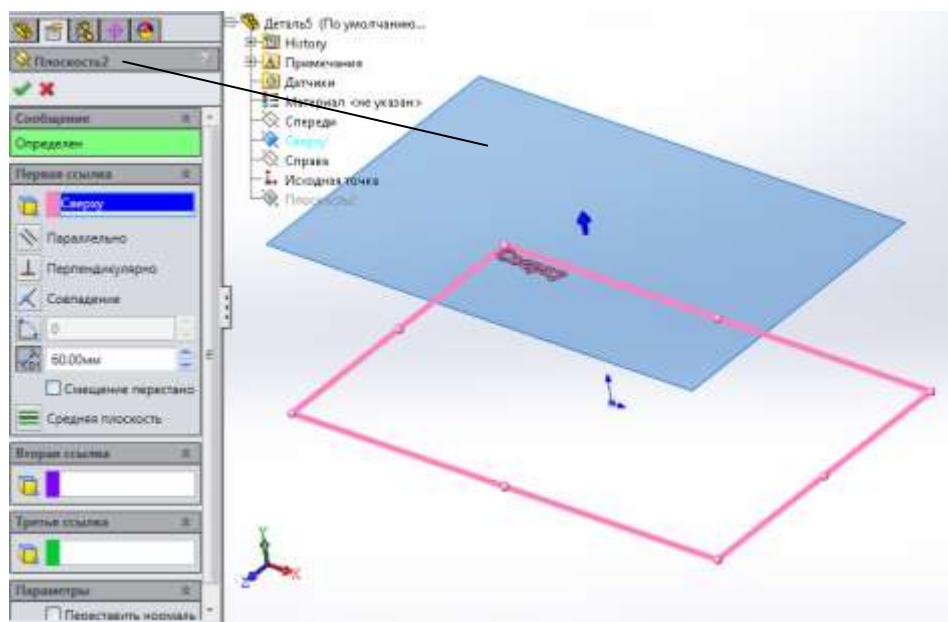


Рисунок 115 а – Диалоговые окна элементов справочной геометрии:

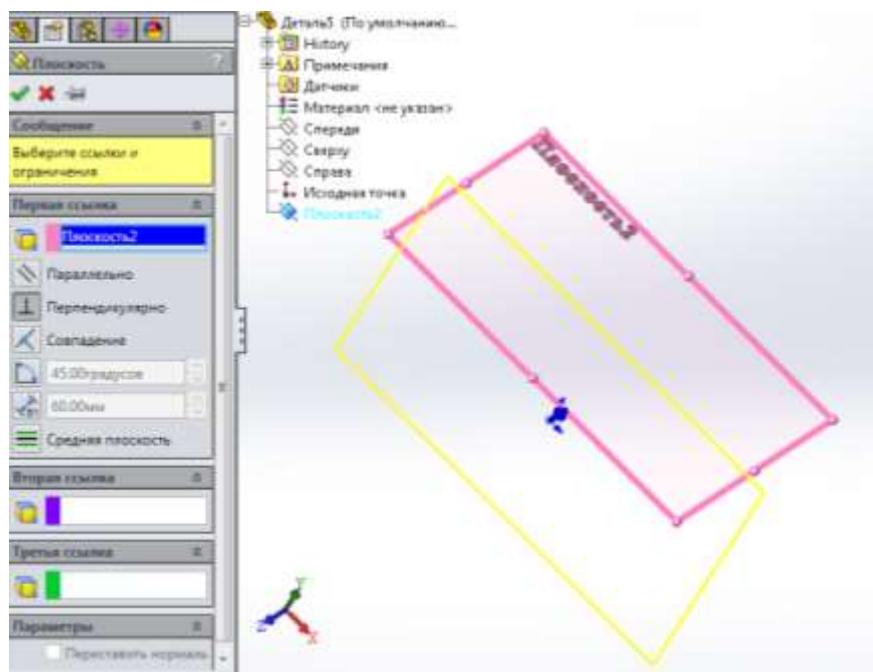
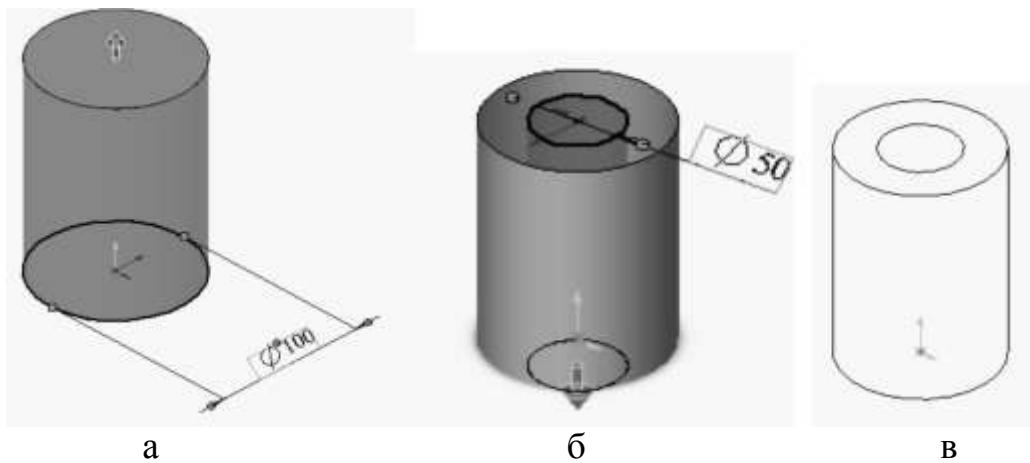


Рисунок 115 б – Диалоговые окна элементов справочной геометрии:

### 3. МНОГОВАРИАНТНОСТЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Выбор метода проектирования элементов модели может быть различным в зависимости от геометрии проектируемого элемента и возможных методов его получения, а также последовательности действий при проектировании. На примере следующих нескольких способов показаны возможные варианты получения детали типа трубы.

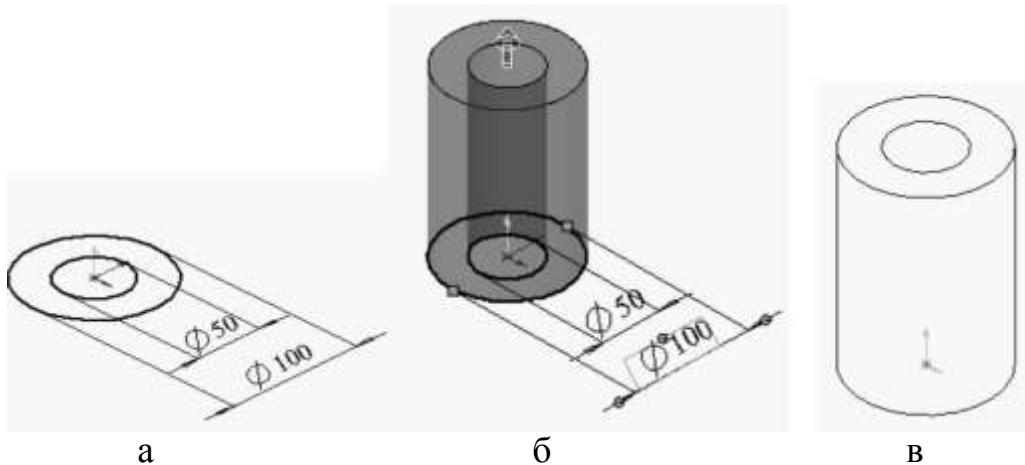
*Способ 1.* Вытягивание цилиндра и вырез отверстия. На рисунке 116 приведен процесс построения полого цилиндра.



а – вытягивание окружности; б – создание выреза; в – результат

Рисунок 116 – Построение полого цилиндра

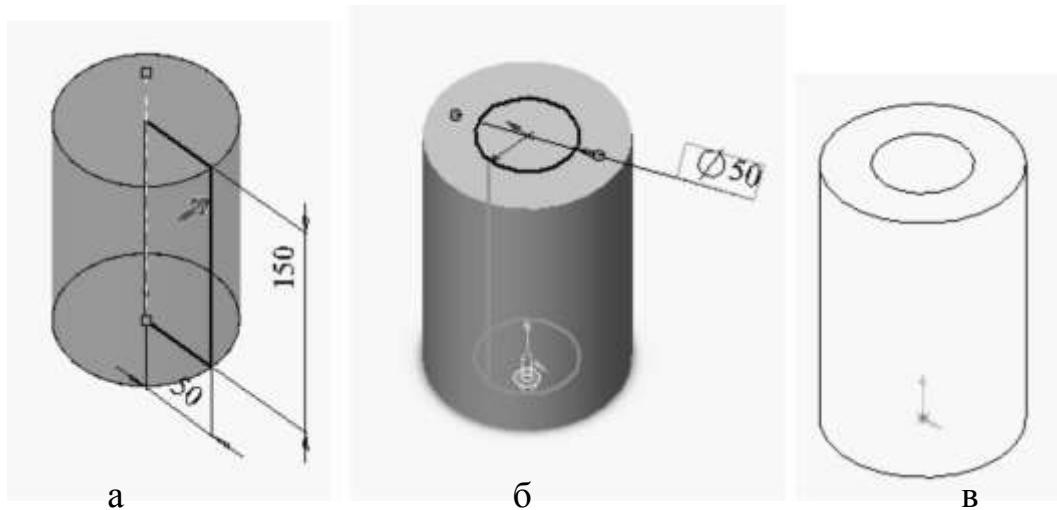
*Способ 2.* Вытягивание поперечного сечения трубы. На рисунке 117 приведен процесс построения полого цилиндра указанным способом.



а – создание эскиза сечения; б – вытягивание созданного эскиза; в – результат

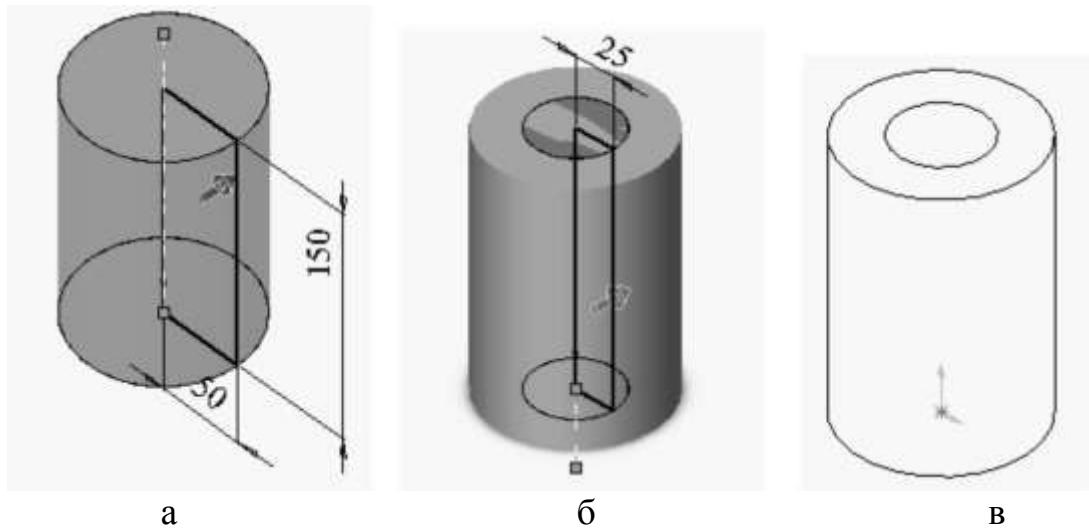
Рисунок 117 – Построение полого цилиндра

*Способ 3.* Создание цилиндра вращением и вырез отверстия вытягиванием. На рисунке 118 приведен процесс построения полого цилиндра указанным способом.



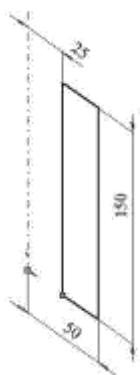
а – создание тела вращения – цилиндра б – вырез внутренней полости; в - результат  
Рисунок 118 – Построение полого цилиндра

*Способ 4.* Создание тела вращения и выреза вращения. На рисунке 119 приведен процесс построения полого цилиндра указанным способом.

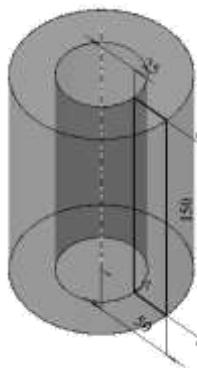


а – создание тела вращения – цилиндра; б – создание выреза вращения; в – результат  
Рисунок 119 – Построение полого цилиндра

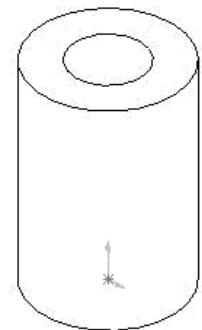
*Способ 5.* Создание тела вращения. На рисунке 120 приведен процесс построения полого цилиндра указанным способом.



Создание сечения



Создание тела вращения



Результат

а – создание сечения вращения; б – создание тела вращения; в – результат

Рисунок 120 – Построение полого цилиндра

Обычно после первичного анализа и выбора плоскости проектирования основания происходит более детальная проработка модели с уточнением особенностей формы. Модель, состоящая из нескольких элементов, может быть построена в различном порядке их следования, а также различными методами. Следующий пример наглядно указывает на то, что порядок формирования независимых элементов детали может быть различным. На следующих примерах наглядно показано, что независимые по очередности построения элементы детали позволяют производить их формирование в различном порядке следования. Причем плоскость основания, количество построений, эскиз основания и конечный результат у деталей совпадают, что говорит о многовариантности выполнения проектирования. На приведенных на рисунке 121 вариантах построения одной и той же детали видна многовариантность проектирования.

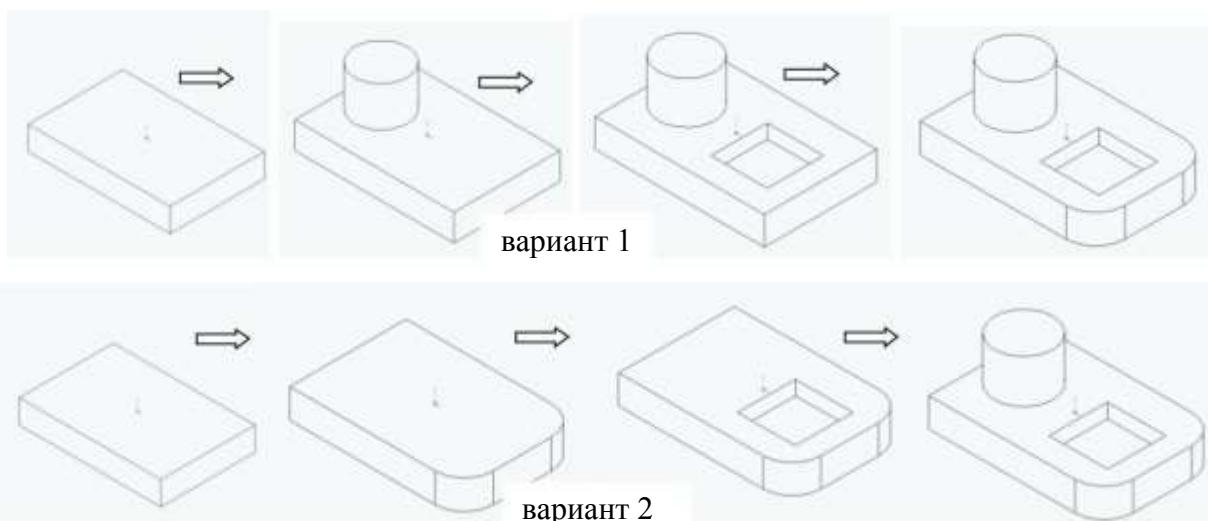


Рисунок 121 – Варианты построения модели детали

В следующих примерах на рисунках 122-125 приведены варианты построения одной и той же модели разными способами, где видно, что можно выбирать для основания как разные плоскости, так и различные эскизы на одной и той же плоскости.

*Способ 1* (рисунок 122). Поэтапное создание детали путем добавления простых элементов. Изначальный выбор плоскости для построения основания – “Сверху”.

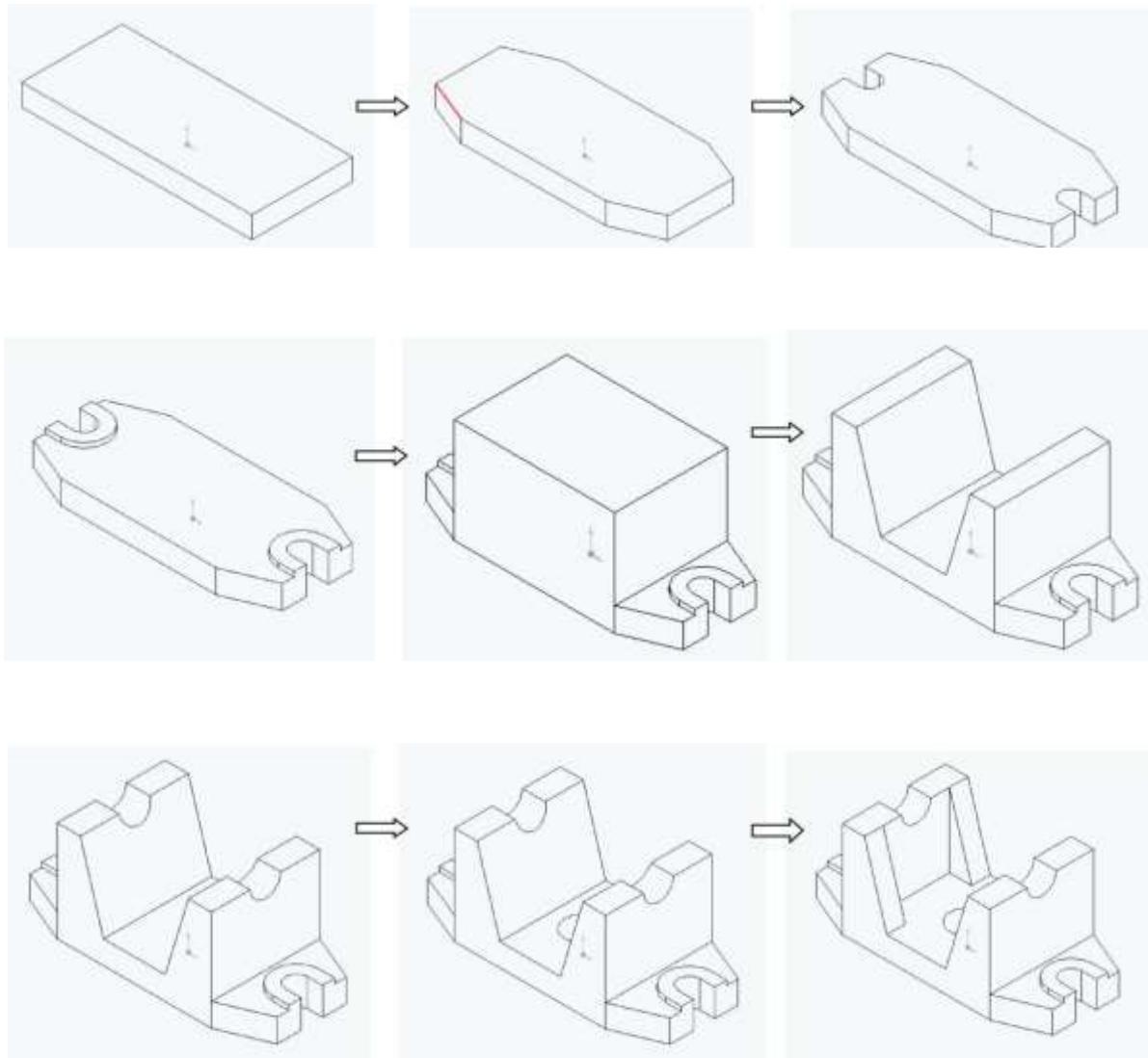


Рисунок 122 – Построение модели детали за 9 шагов

*Способ 2* (рисунок 123). Создание детали путем добавления более сложных элементов). Изначальный выбор плоскости для построения основания – “Сверху”.

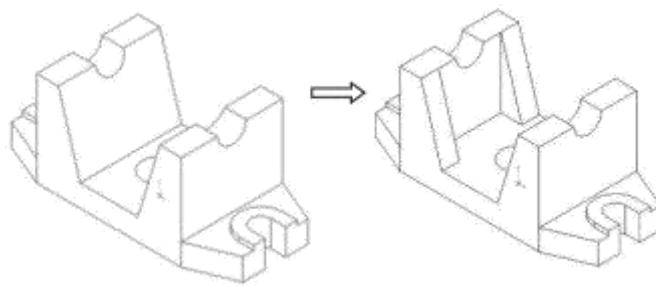
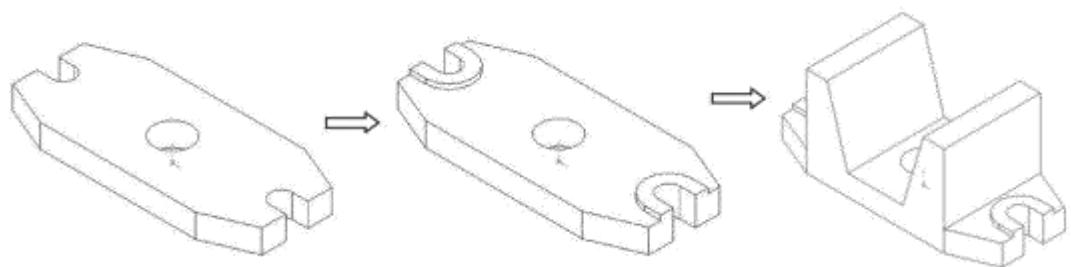


Рисунок 123 – Построение модели детали за 5 шагов

*Способ 3* (рисунок 124). Поэтапное создание детали путем создания сложного основания за 6 шагов). Изначальный выбор плоскости для построения основания – “Спереди”.

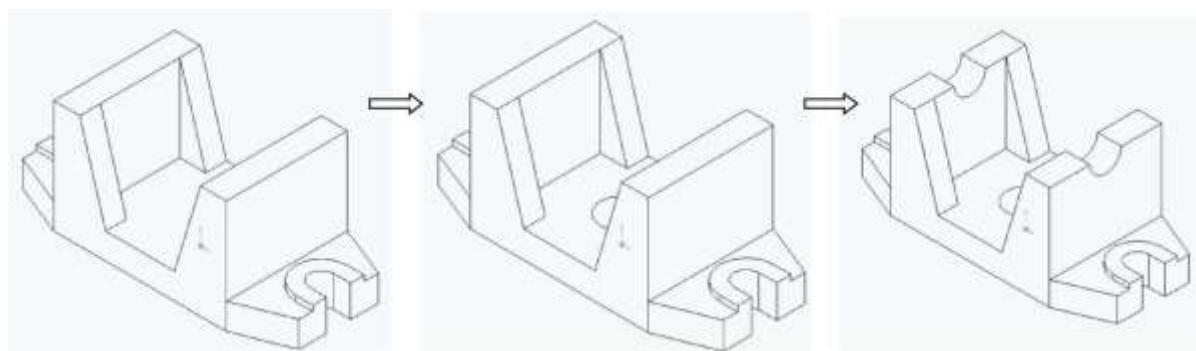
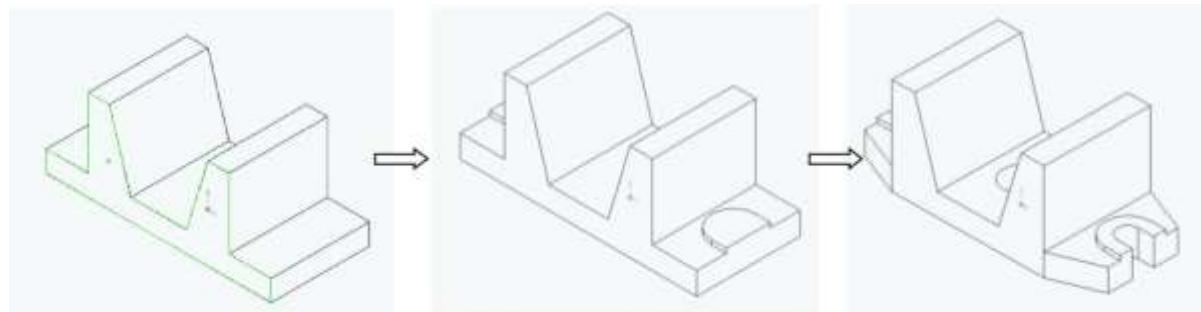


Рисунок 124 – Построение модели детали за 6 шагов

*Способ 4* (рисунок 125). Поэтапное создание детали путем добавления простых элементов. Изначальный выбор плоскости для построения основания – “Спереди”.

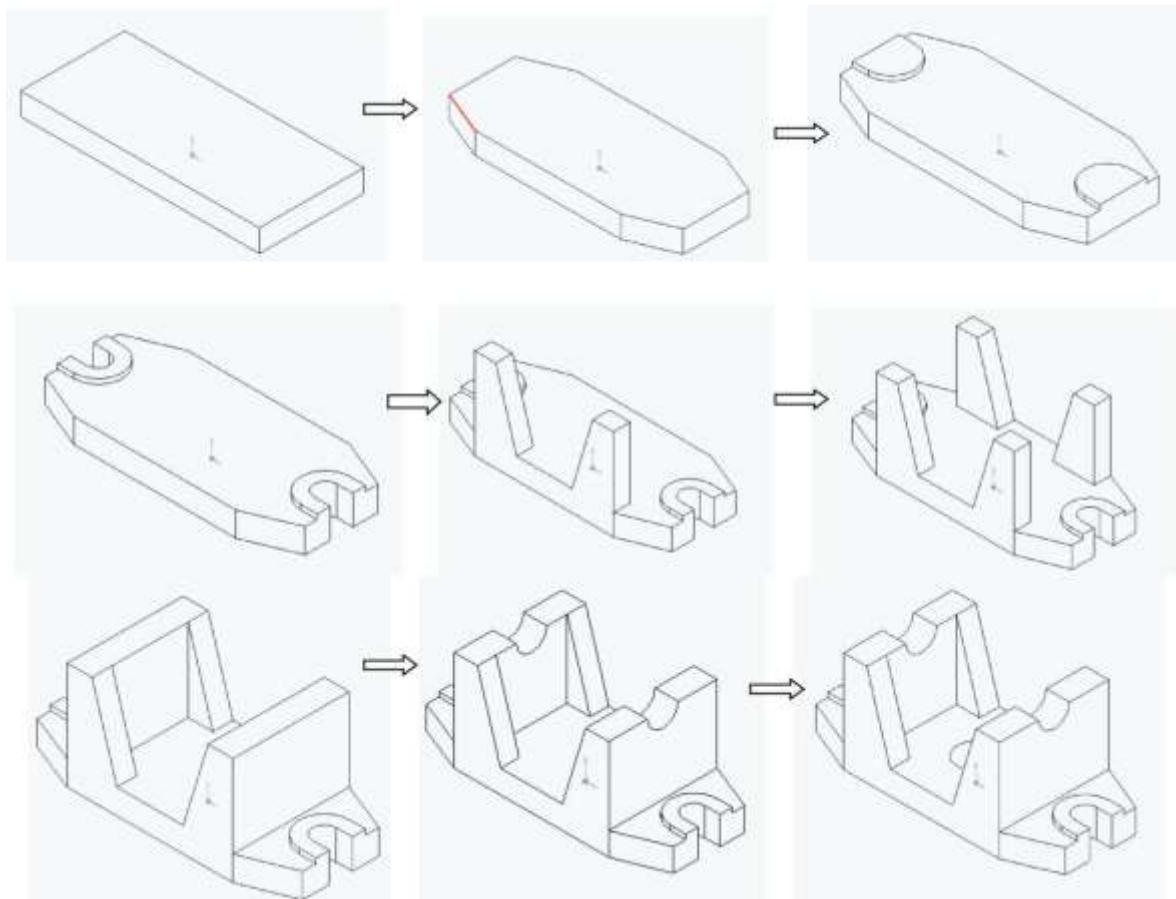


Рисунок 125 – Построение модели детали за 9 шагов

Из сравнения четырех вариантов построения детали видно, что существует более простой и понятный способ построения детали – поэлементно (варианты 1 и 4). Варианты 2 и 3 являются более сложными, но состоят из меньшего числа построений.

Выбор начальной плоскости проектирования и числа построений детали – индивидуальный выбор пользователя, однако следует помнить о том, что при любом проектировании должны присутствовать элементы оптимизации построения. Эффективно спроектированная деталь позволяет уменьшить число построений в *Дереве конструирования* и быть легкой в понимании и редактировании.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Назовите основные документы программы.
2. Назовите основные понятия документа “Деталь”.
3. Для чего нужна исходная точка?
4. Какие бывают стандартные плоскости?
5. Чем грань в модели детали отличается от плоскости?
6. Может ли кромка модели детали быть осью?
7. Что такое основание детали?
8. Что такое эскиз?
9. Каковы правила построения эскизов?
10. Какие бывают плоскости проектирования?
11. Что такое определенность эскизов?
12. Что означает термин “полностью определенный эскиз”?
13. Объясните значение термина “неопределенный эскиз”?
14. Что означает термин “переопределенный эскиз”?
15. Назовите основные требования к эскизу.
16. Как проставить размер в эскизе?
17. Как установить взаимосвязи элементов эскиза?
18. Как удалить элемент эскиза?
19. Как удалить элемент модели детали?
20. Что такое *Дерево конструирования*?
21. Назовите состав *Дерева конструирования*.
22. Что такое полоса отката?
23. Как редактируют порядок построения элементов в модели детали.
24. Как выполнить редактирование эскиза?
25. Как выполнить редактирование определения и что это такое?
26. Что такое свойства элементов эскиза?
27. Расскажите о назначении панели инструментов “Стандартные виды”.
28. Какие функции выполняют элементы панели инструментов “Вид”?
29. Назовите основные функции панели инструментов “Эскиз”.
30. Расскажите о назначении панели инструментов “Размеры/Взаимосвязи”

31. Какие типы взаимосвязей элементов эскиза вы знаете?
32. Расскажите о назначении панели инструментов “Элементы” (модели детали).
33. Как выполнить копирование элементов модели детали?
34. Расскажите о назначении панели инструментов “Справочная геометрия”.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Лабораторная работа № 1

### ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ

*Задание.* Создать трехмерную модель с заданным числом построений (число построений указано в скобках), используя инструменты работы с деталью “Вытянутая бобышка/Основание” и “Вытянутый вырез”.

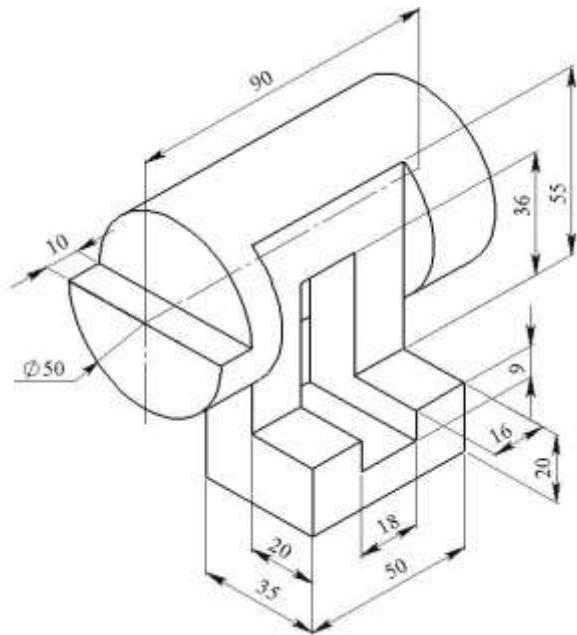


Рисунок 1 – Вариант 1 (5 построений)

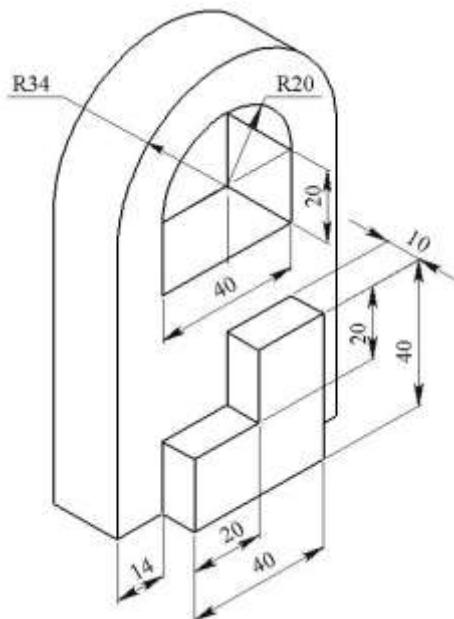


Рисунок 2 – Вариант 2 (2 построения)

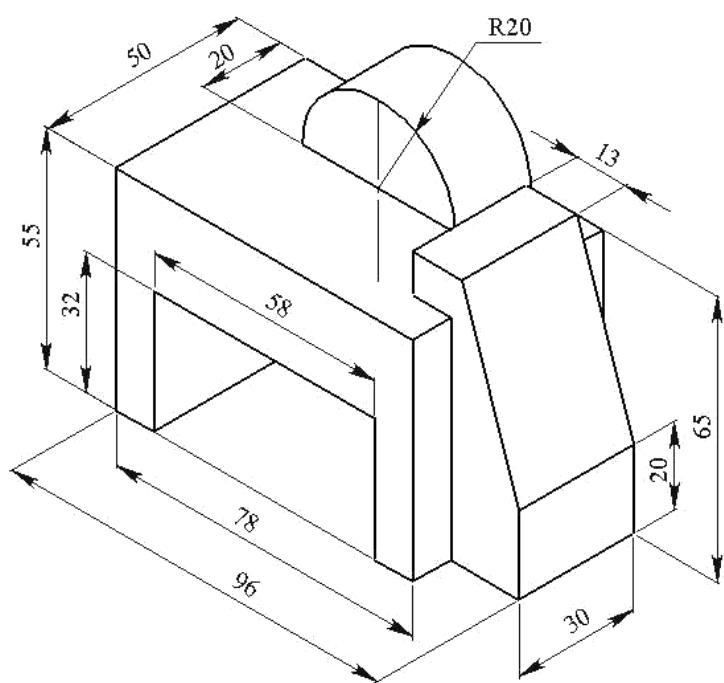


Рисунок 3 – Вариант 3 (4 построения)

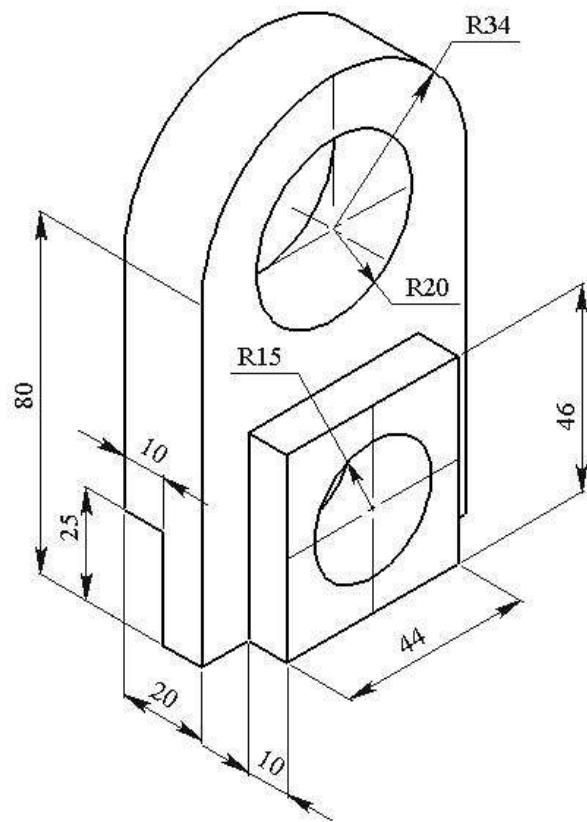


Рисунок 4 – Вариант 4 (4 построения)

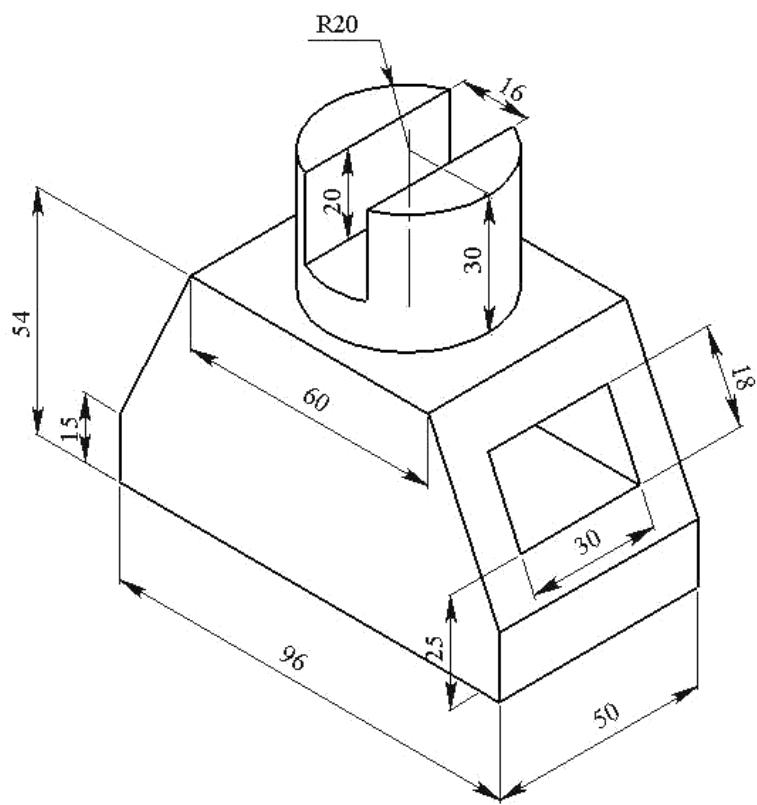


Рисунок 5 – Вариант 5 (4 построения)

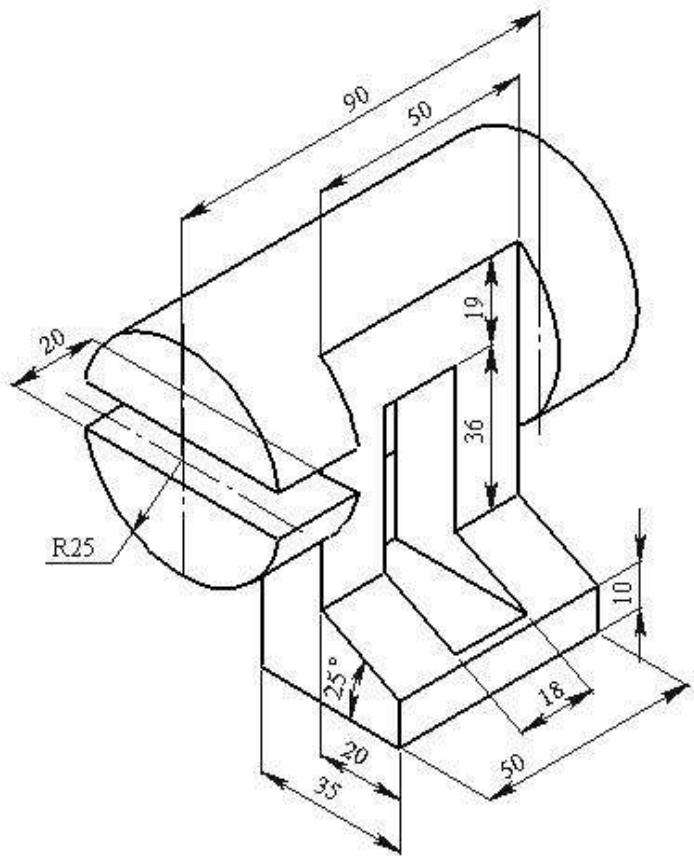


Рисунок 6 – Вариант 6 (5 построений)

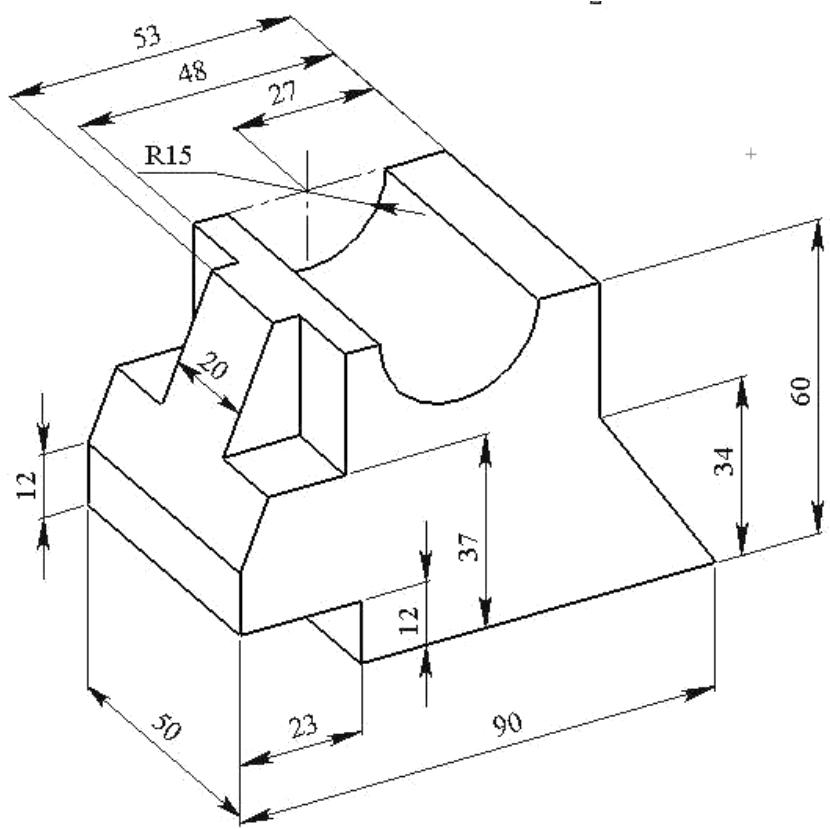


Рисунок 7 – Вариант 7 (4 построения)

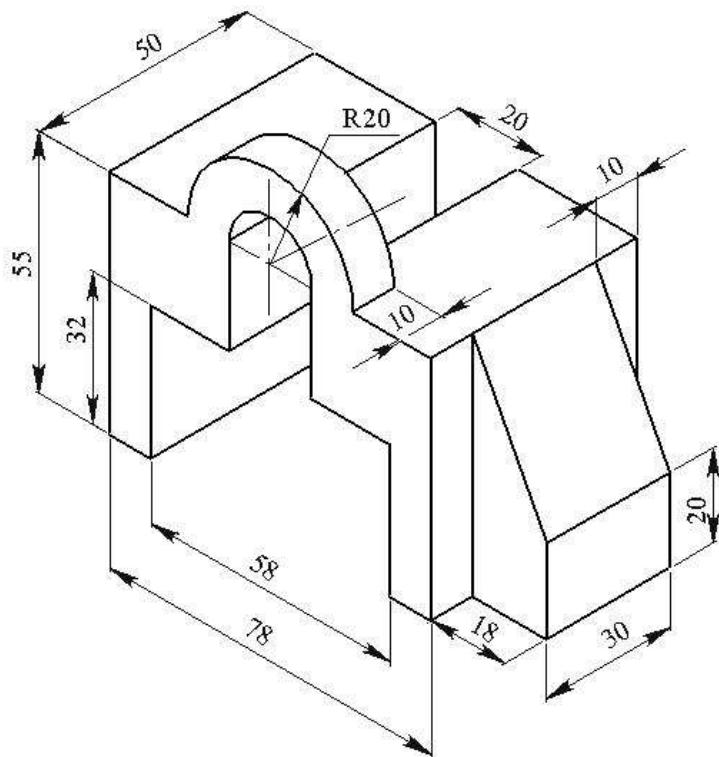


Рисунок 8 – Вариант 8 (4 построения)

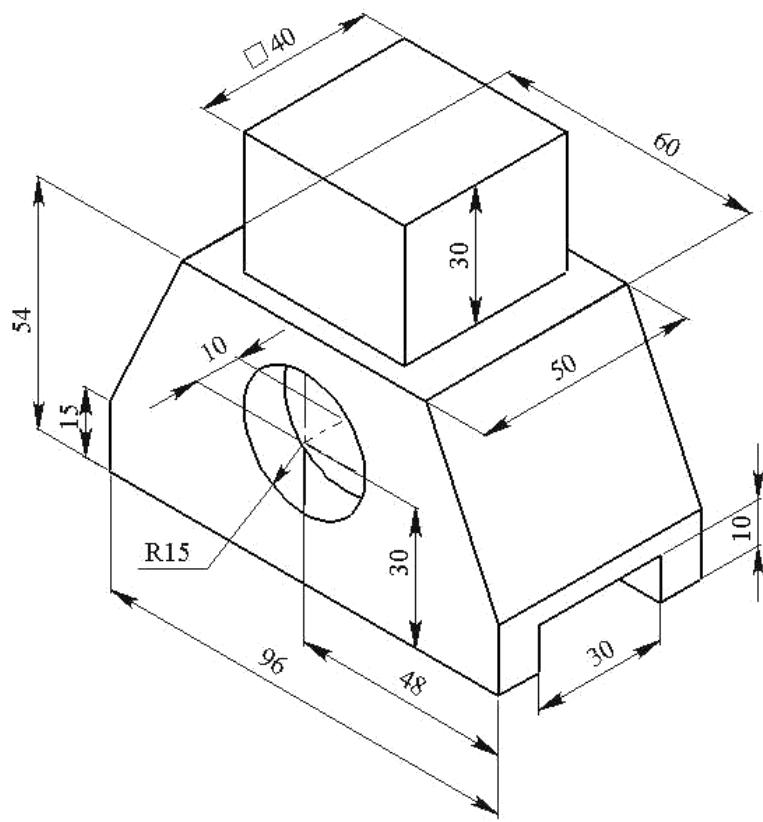


Рисунок 9 – Вариант 9 (3 построения)

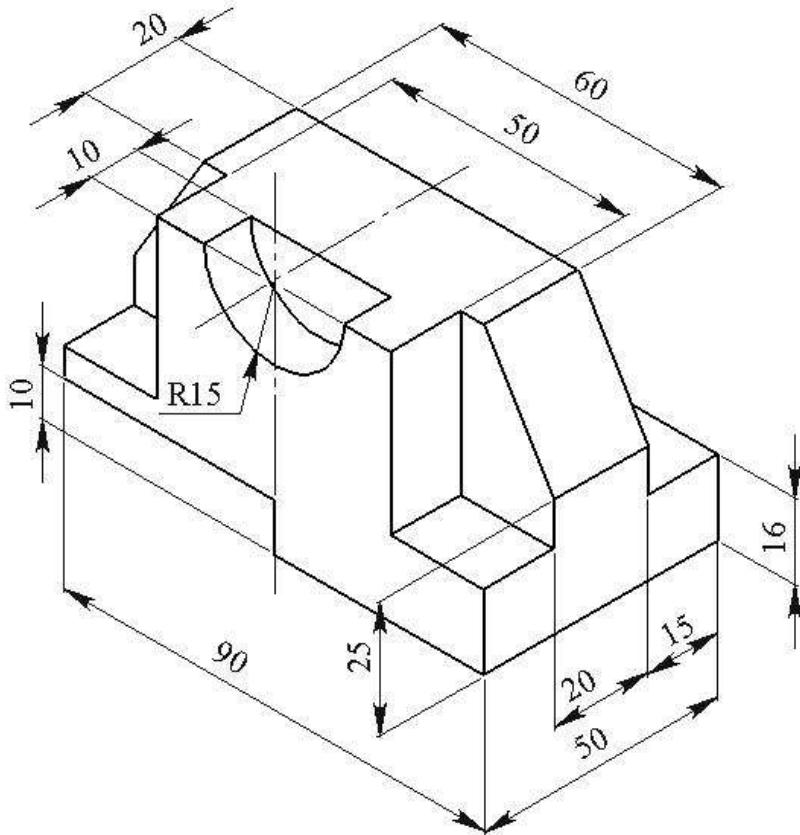


Рисунок 10 – Вариант 10 (4 построения)

*Пример.* Выполнить построение детали, приведенной на рисунке 11, с числом построений не более 3.

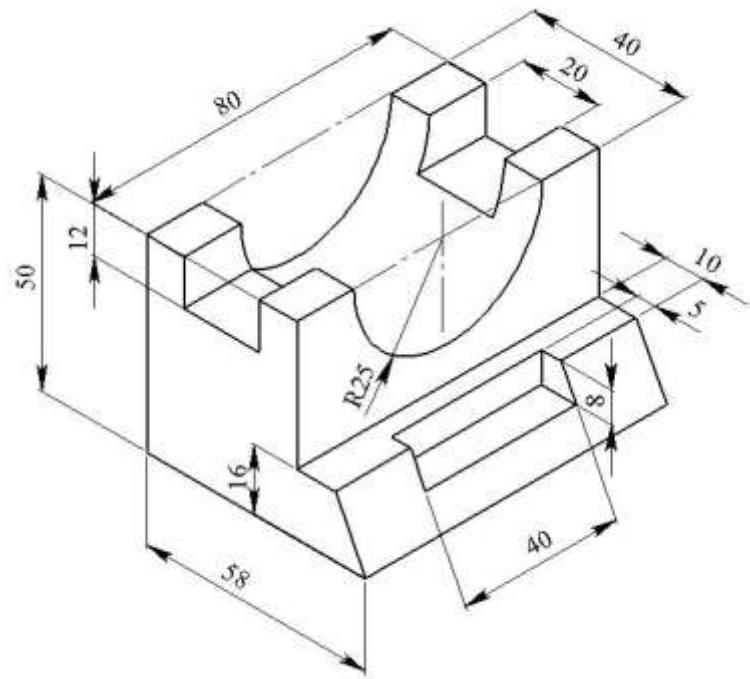


Рисунок 11 – Чертеж детали

1. Проанализировать деталь и выявить возможные шаги построения модели. На рисунке 12 представлен один из возможных методов построения детали.

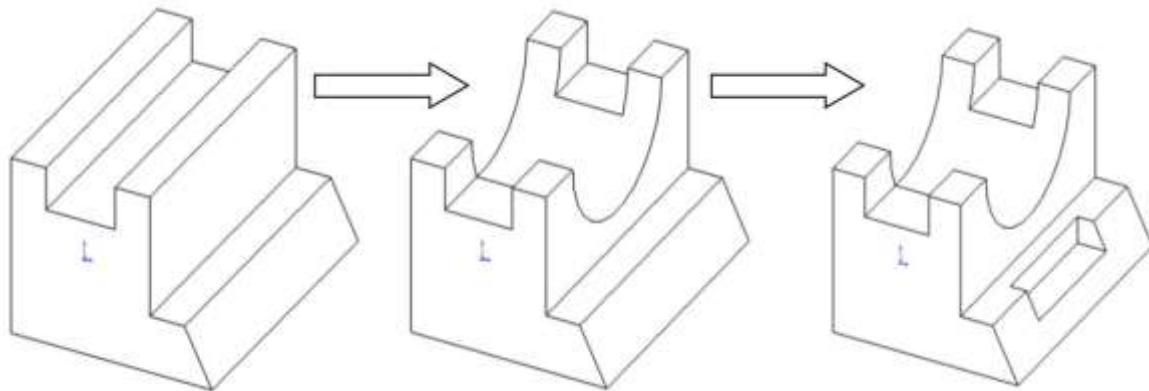


Рисунок 12 – Этапы построения модели детали

2. Создать эскиз основания на плоскости “Спереди”, применяя инструмент “Линия”. Установить необходимые размеры и взаимосвязи (рисунок 13).

3. Вытянуть эскиз с помощью инструмента “Вытянутая бобышка/Основание” на 80 мм, установив в диалоговом окне “Направление” параметр “От средней поверхности” (рисунок 14).

4. Выбрать на поверхности детали плоскость, создать на ней эскиз инструментом “Окружность” и выполнить его вырез инструментом “Вытянутый вырез”, как показано на рисунке 15.

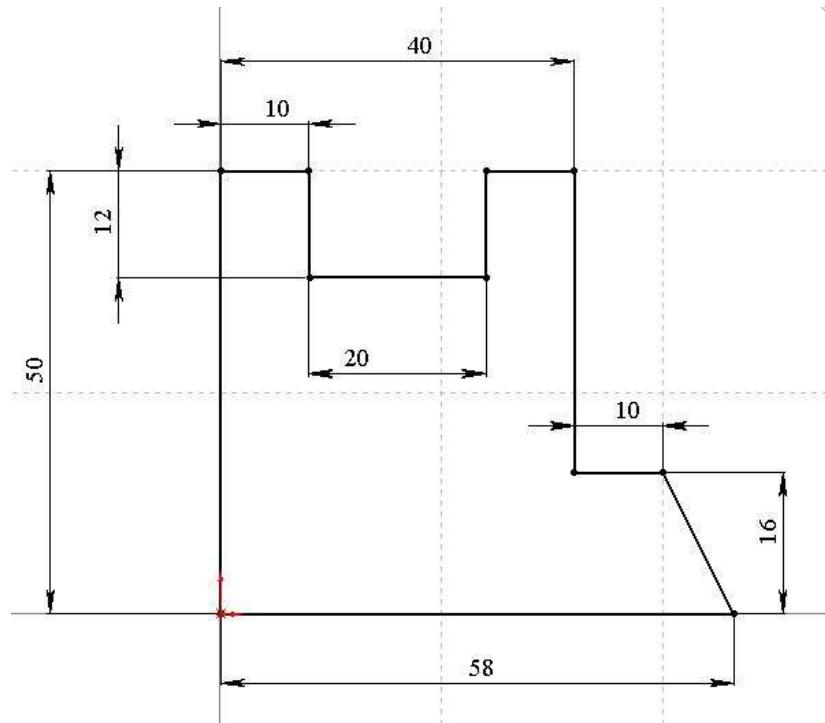


Рисунок 13 – Эскиз

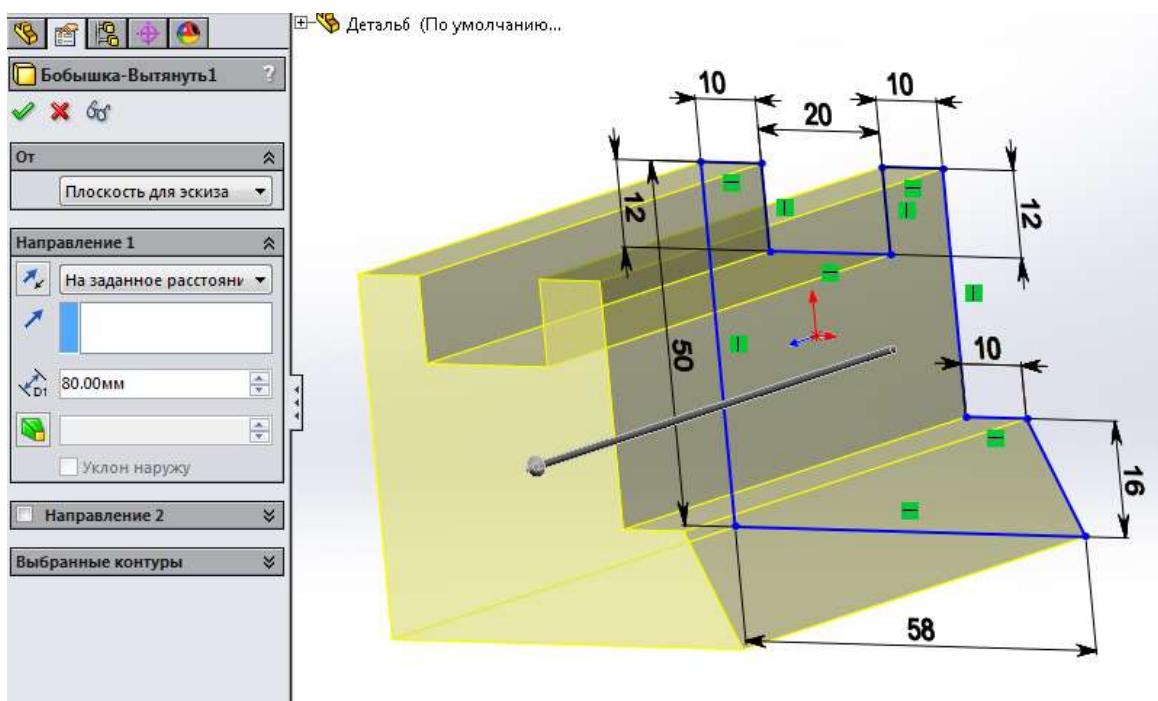
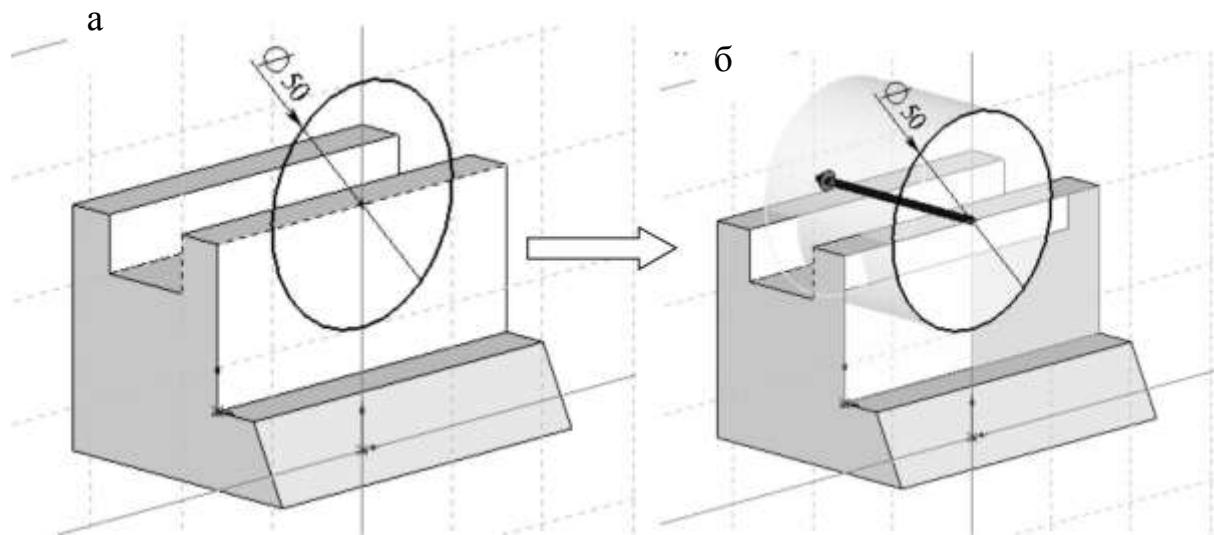
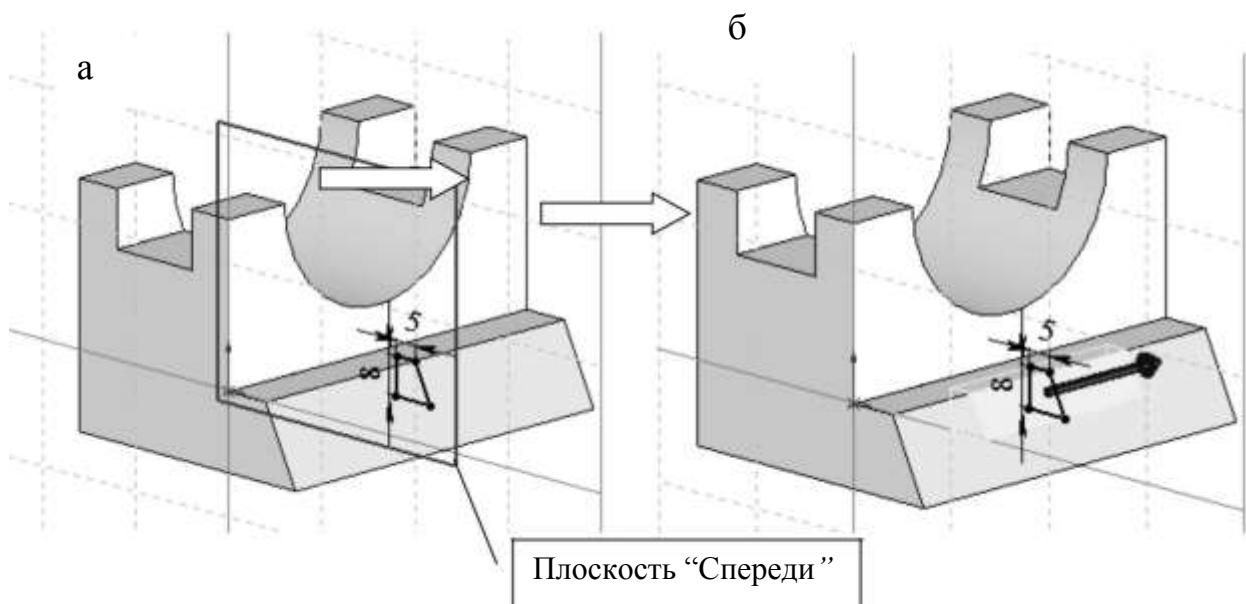


Рисунок 14 – Вытягивание эскиза

5. Выбрать плоскость “Спереди”, создать эскиз второго выреза и вырезать его, применяя инструмент “Вытянутый вырез”, установив параметр направления “От средней поверхности” на 40 мм (рисунок 16).



а – эскиз; б – указание параметров и направления выреза  
Рисунок 15 – Этапы создания выреза

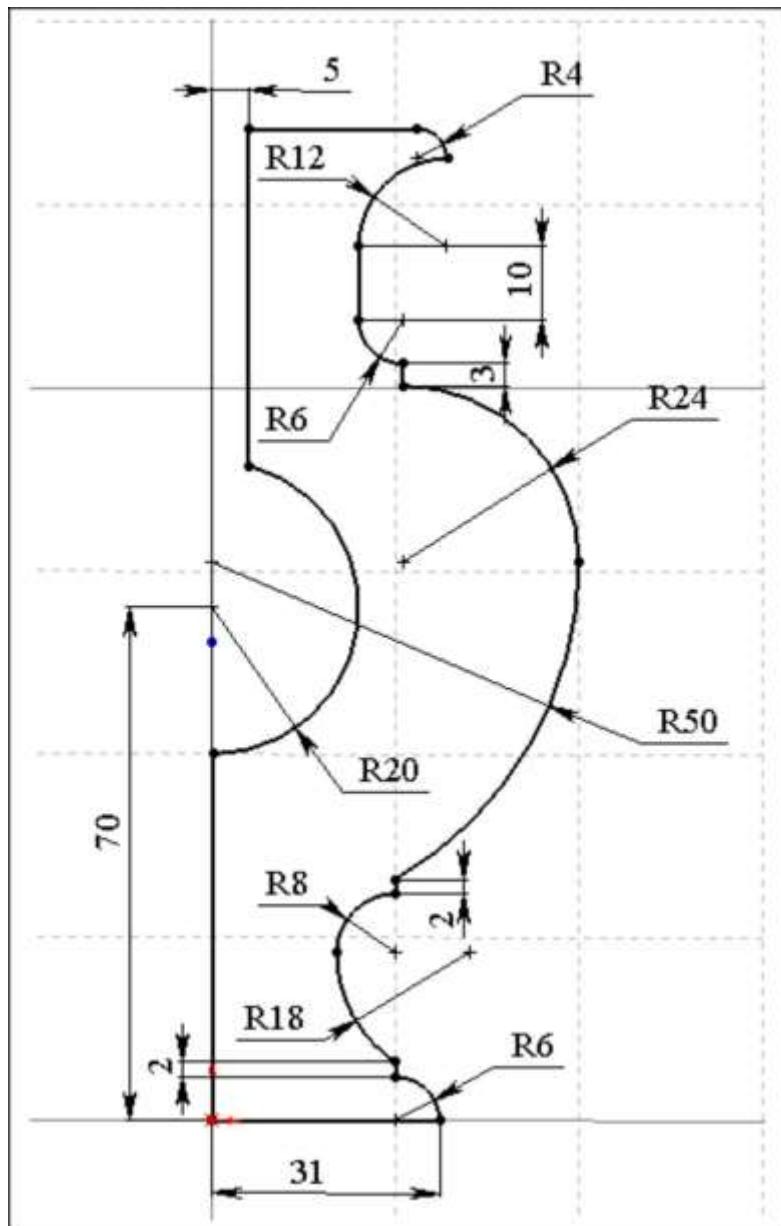


а – создание эскиза; б – вырезание  
Рисунок 16 – Этапы создания вытянутого выреза

## Лабораторная работа № 2

### РАБОТА С ЭСКИЗАМИ. СОЗДАНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

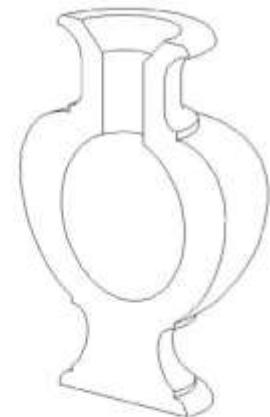
*Задание.* Создать трехмерную модель тела вращения, используя инструменты работы с деталью “Повернутая бобышка / Основание”, “Повернутый вырез” и “Оболочка”.



а

а – эскиз; б – разрез; в – 3D-модель  
Рисунок 1 – Ваза (вариант 1)

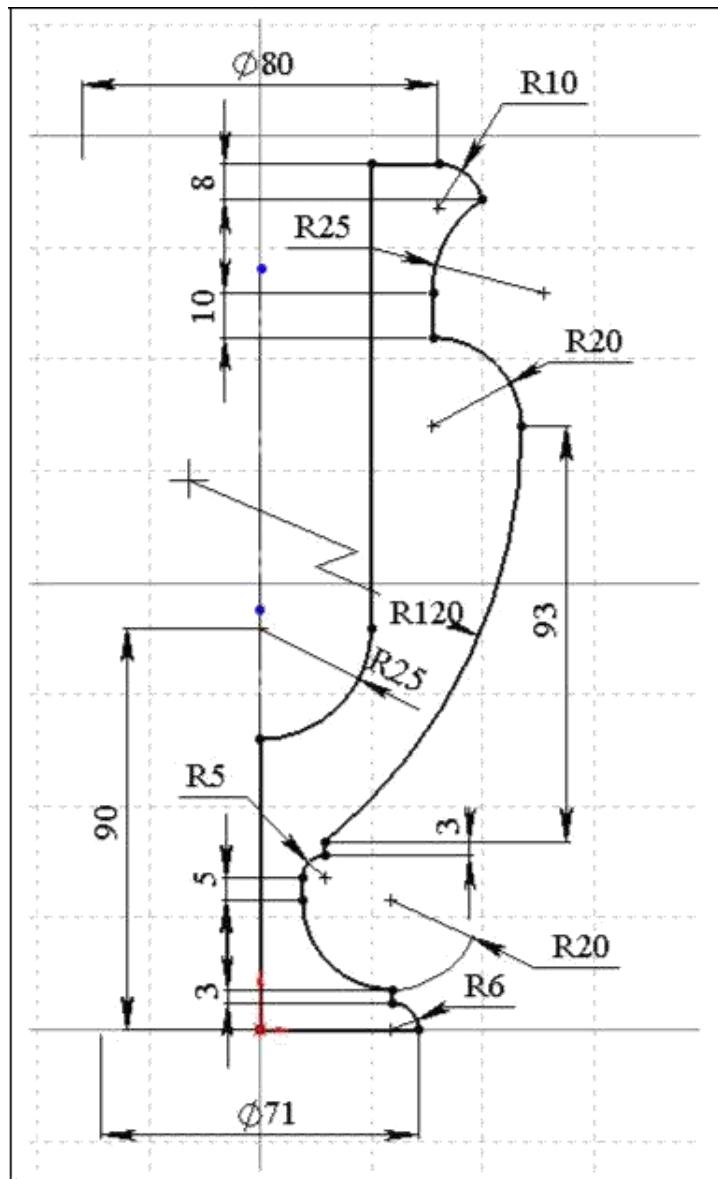
*Примечание.* Фаску добавить после создания тела вращения.



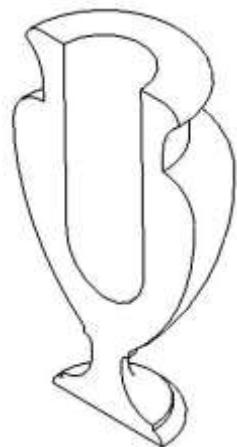
б



в



a



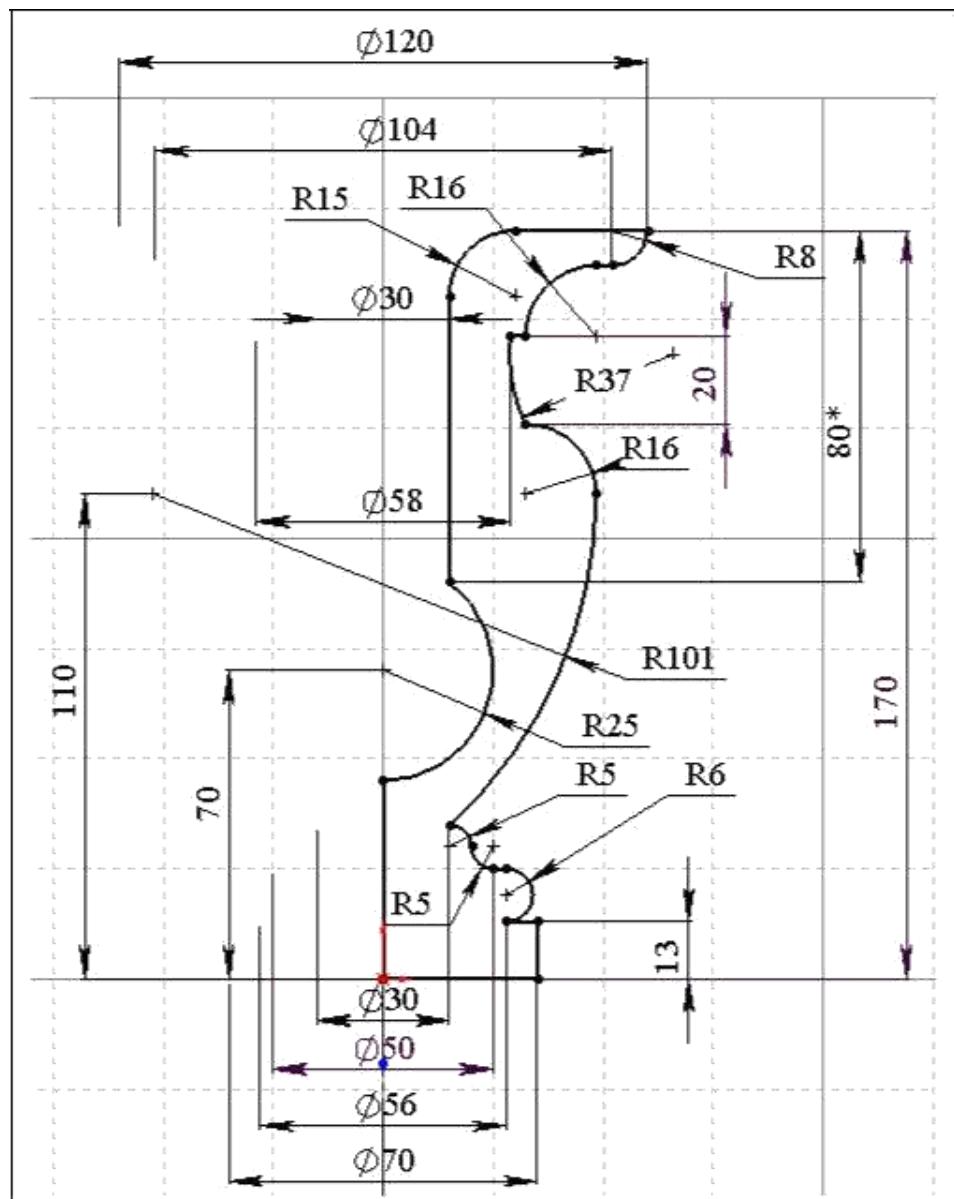
б



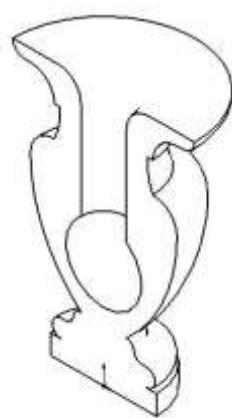
в

а – эскиз; б – разрез; в – 3D-модель

Рисунок 2 – Ваза (вариант 2)



а



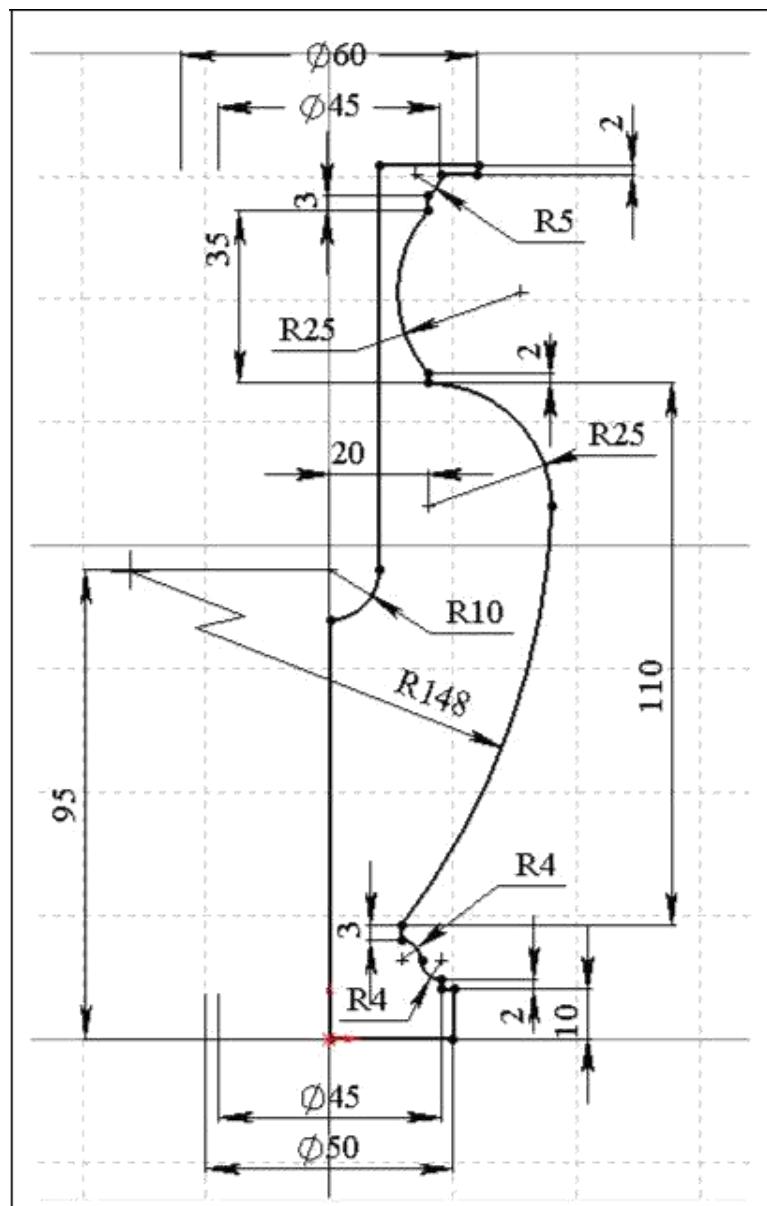
б



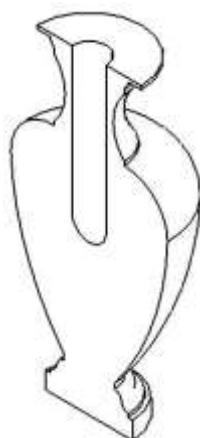
в

а – эскиз; б – разрез; в – 3D-модель

Рисунок 3 – Ваза вариант 3



а

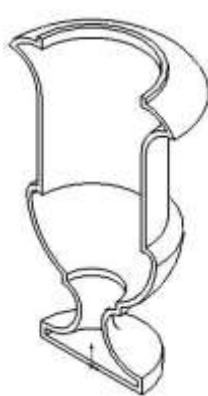
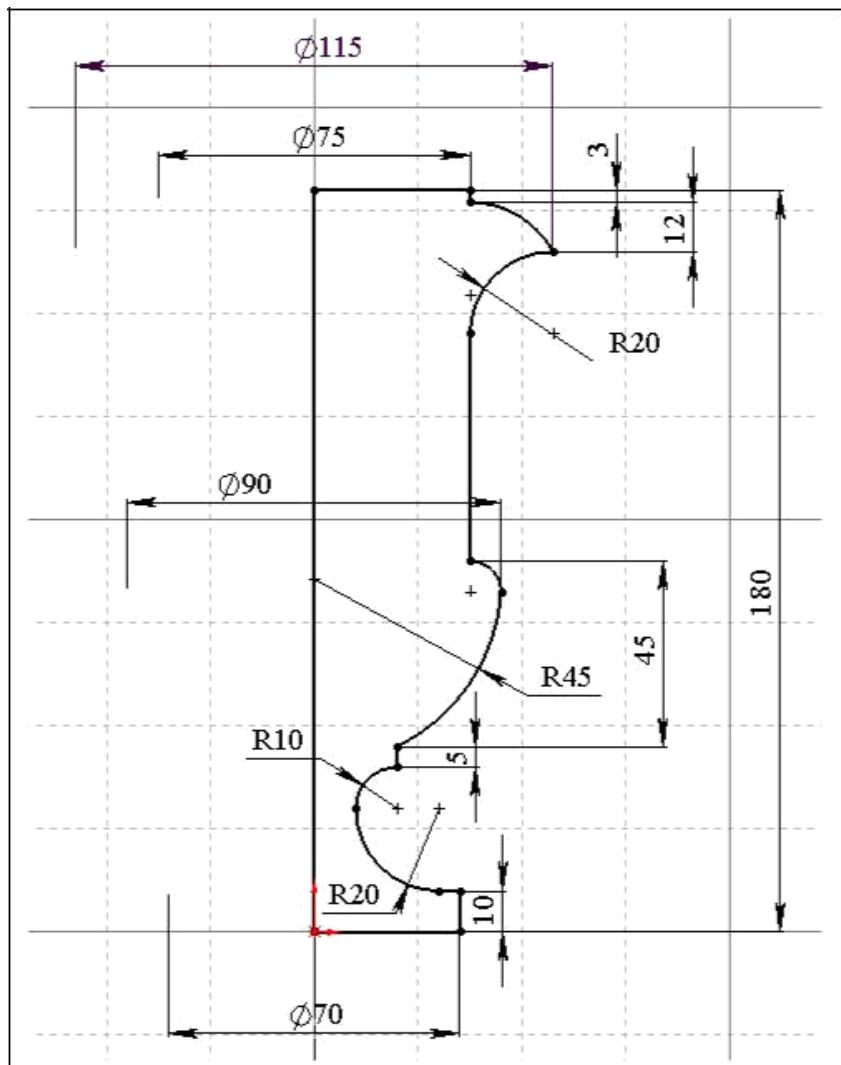


б



в

а – эскиз; б – разрез; в – 3D -модель  
Рисунок 4 – Ваза (вариант 4)



а



в

а – эскиз; б – разрез; в – 3D-модель

Рисунок 5 – Ваза (вариант 5)

Примечание. Внутреннюю полость создать с помощью элемента “Оболочка”.

## Рекомендации к выполнению задания

1. Выбрать плоскость “Спереди”.



2. Выполнить ориентацию плоскости “Перпендикулярно”



3. Создать “Эскиз”



4. Построения производить инструментами эскиза “Линия”



и “Дуга через 3 точки”



5. Провести осевую линию через “Исходную точку”

6. Начинать построения со дна вазы.

7. Из исходной точки провести горизонтальную линию.

8. Установить размер линии, равный радиусу донышка вазы (рисунок 6).



Рисунок 6 – Начало построения эскиза

9. Производить построение, последовательно вычерчивая элементы профиля вазы с размерами и взаимосвязями элементов, как указано на рисунке 7.

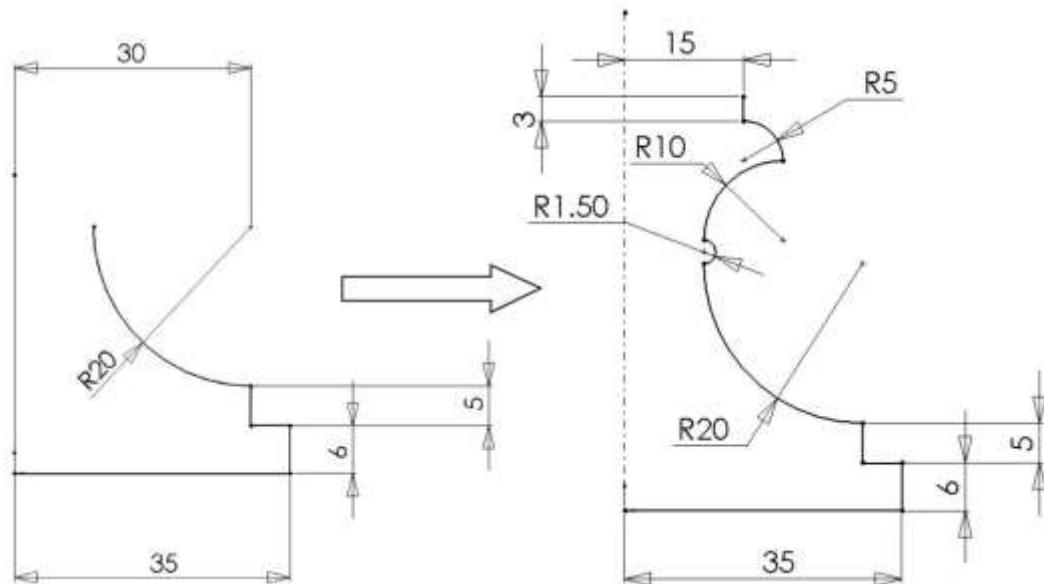


Рисунок 7 – Построение эскиза

10. При необходимости между двумя последовательно расположеными дугами устанавливать взаимосвязь “Касательный”.

11. Для элементов дуги, образующие четверть окружности, устанавливать между соответствующими точками взаимосвязи “Вертикальный” и “Горизонтальный”, как указано на рисунке 8.

12. При необходимости устанавливать взаимосвязь между центрами дуг и “Исходной точкой”.

13. Вычертить замкнутый профиль и полностью определить его размерами и взаимосвязями (рисунок 9).

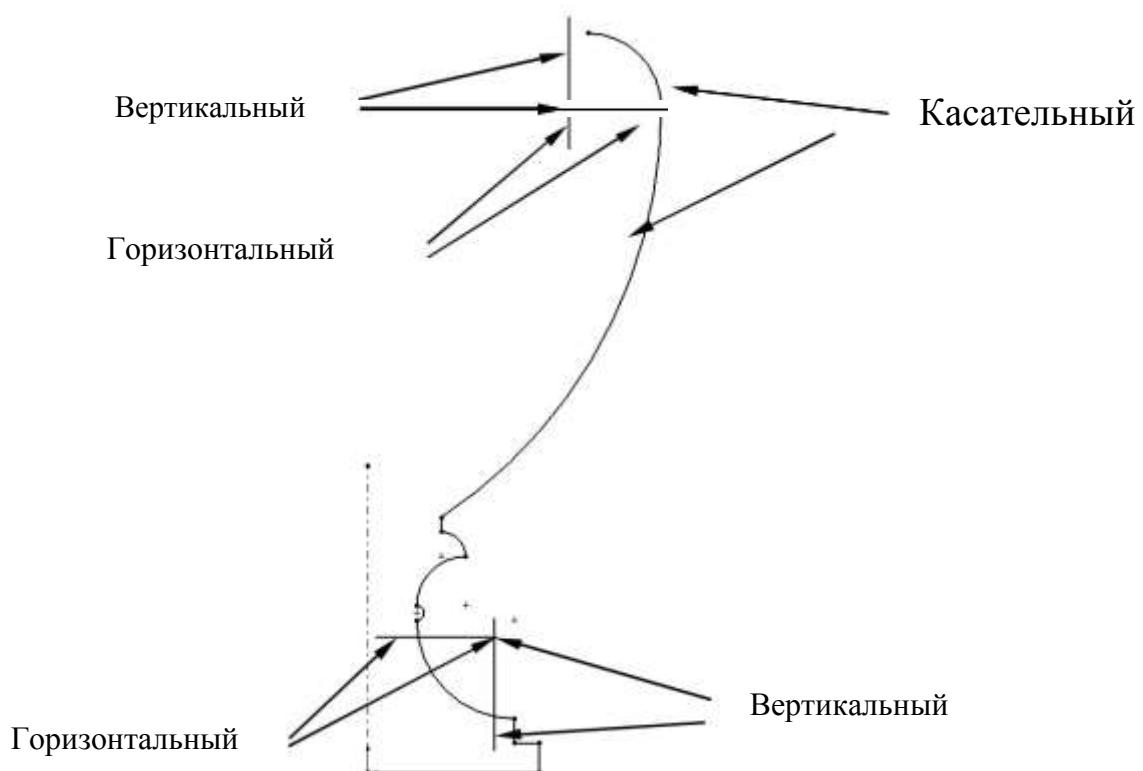


Рисунок 8 – Установление взаимосвязей

14. Выполнить операцию “Повернутая бобышка” (рисунок 10). 15. Для формирования выреза следует создать эскиз выреза (повторить п. 1-13) и выполнить операцию “Повернутый вырез”. На рисунке 11 показан эскиз внутреннего выреза.

16. Проверку правильности выреза произвести путем отображения разреза детали, получаемого от плоскости “Справа” (рисунок 12).

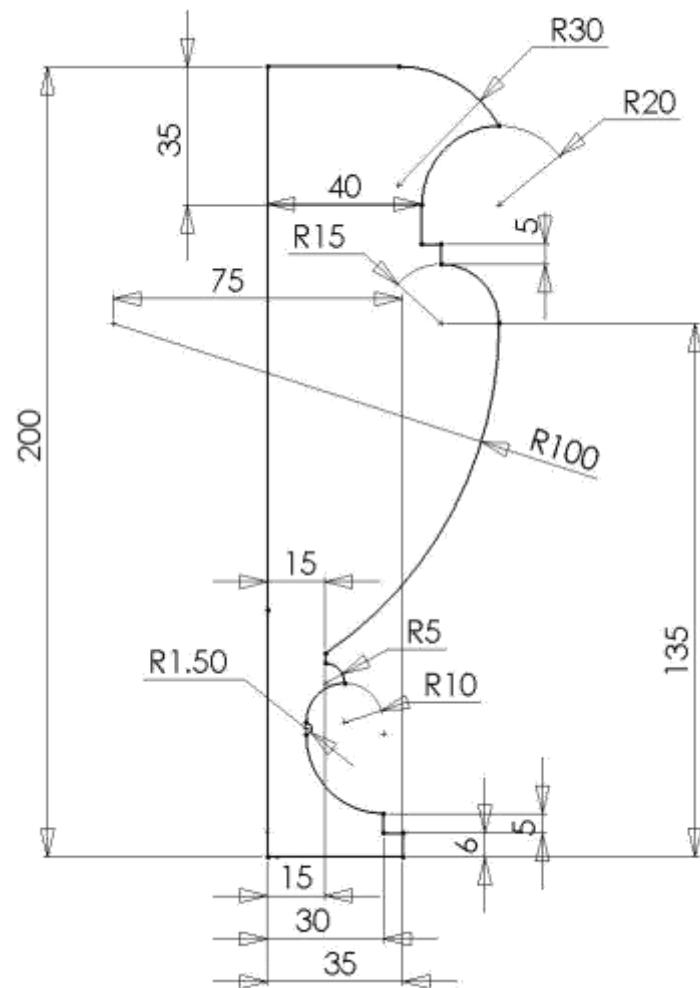


Рисунок 9 – Полностью определенный эскиз

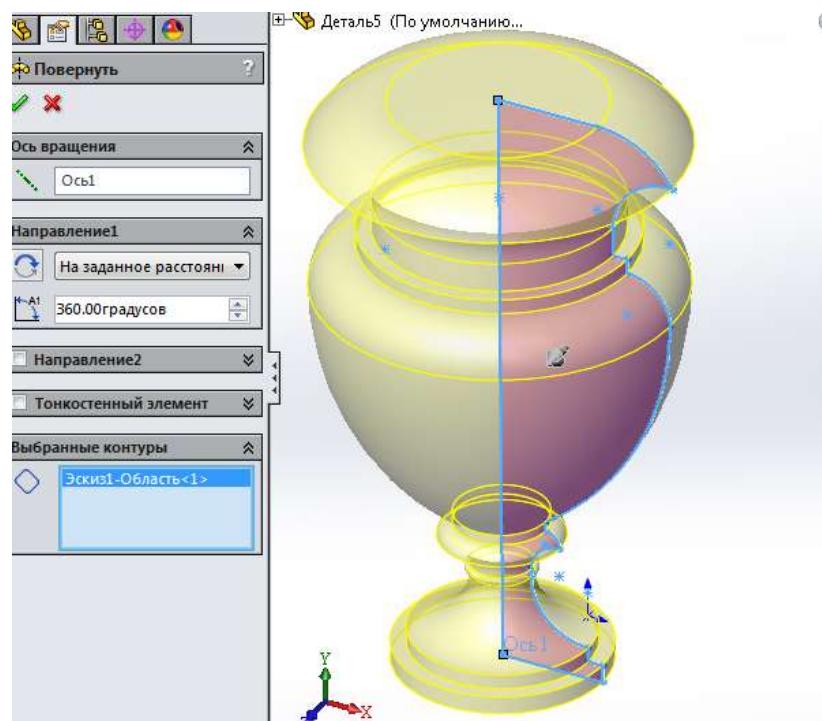


Рисунок 10 – Формирование элемента “Повернутая бобышка”

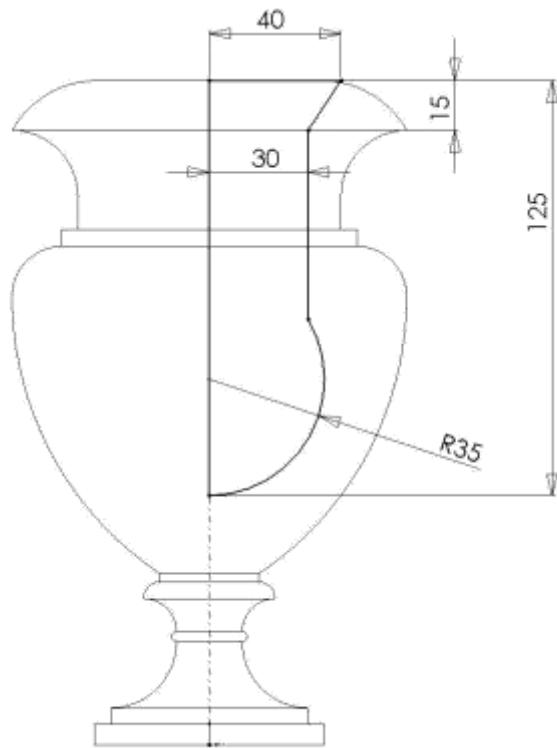


Рисунок 11 – Эскиз внутреннего выреза

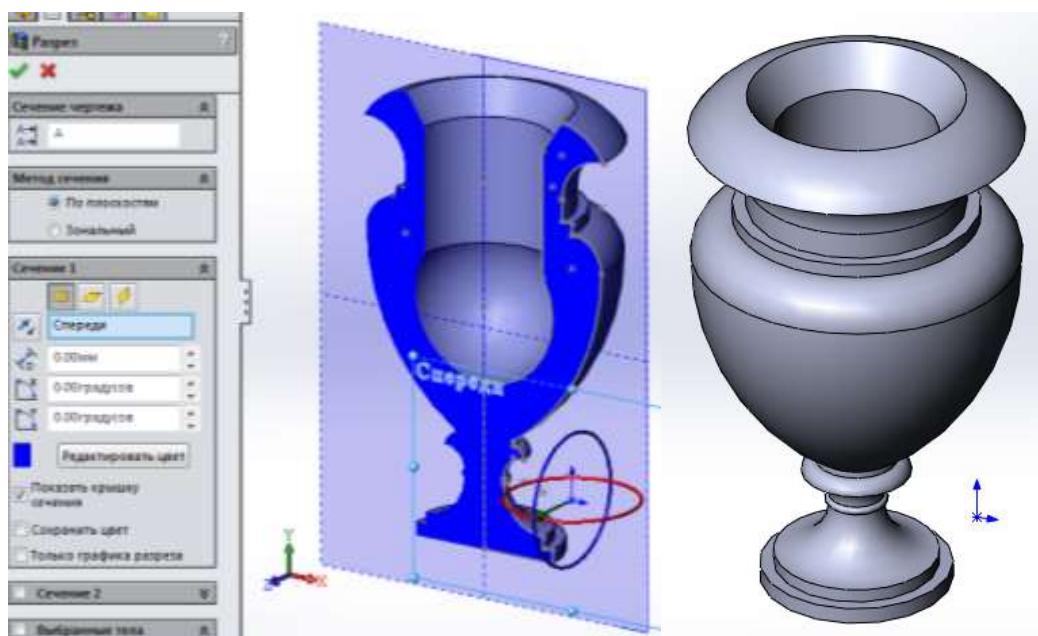
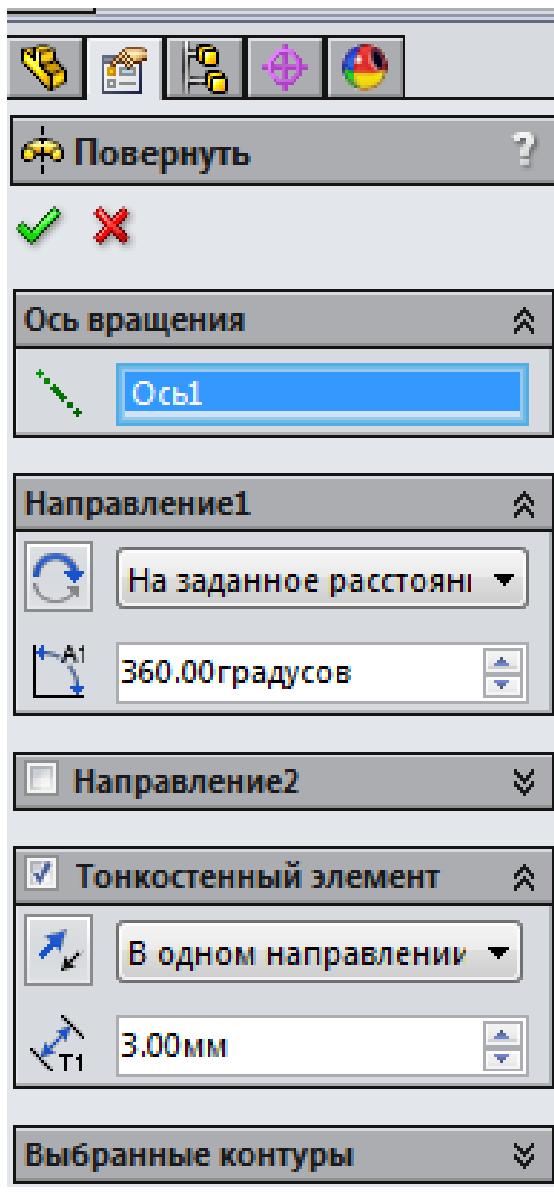
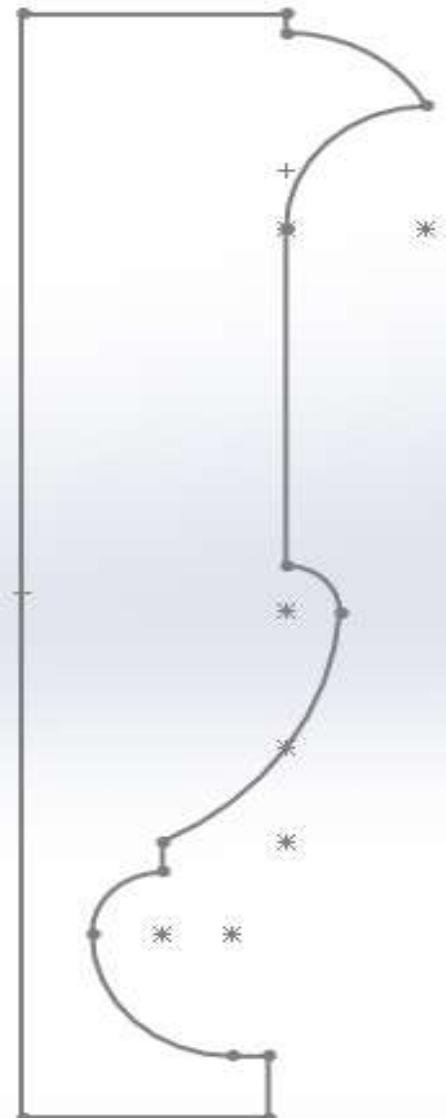


Рисунок 12 – Создание разреза

*Примечание.* Создание равномерной тонкостенной детали производят с помощью элемента Оболочка или при создании элемента “Повернутая бобышка/Основание”, дополнительно активизируя в окне свойств “Повернуть” параметр “Тонкостенный элемент”, как указано на рисунке 13.



а



б

а – окно свойств “Повернуть – тонкостенный”; б – незамкнутый эскиз для создания тонкостенного тела вращения

Рисунок 13 – Создание тонкостенного элемента вращения

Последовательность действий для создания тонкостенного элемента с помощью инструмента “Оболочка”.

1. Выбрать плоскость на поверхности детали, от которой необходимо выполнить тонкостенный элемент, как указано на рисунке 14.
2. Активизировать функцию создания оболочки, указать значение толщины и направления (параметр “Оболочка наружу” должен быть неактивным) в поле “Настройки”, как указано на рисунке 15.

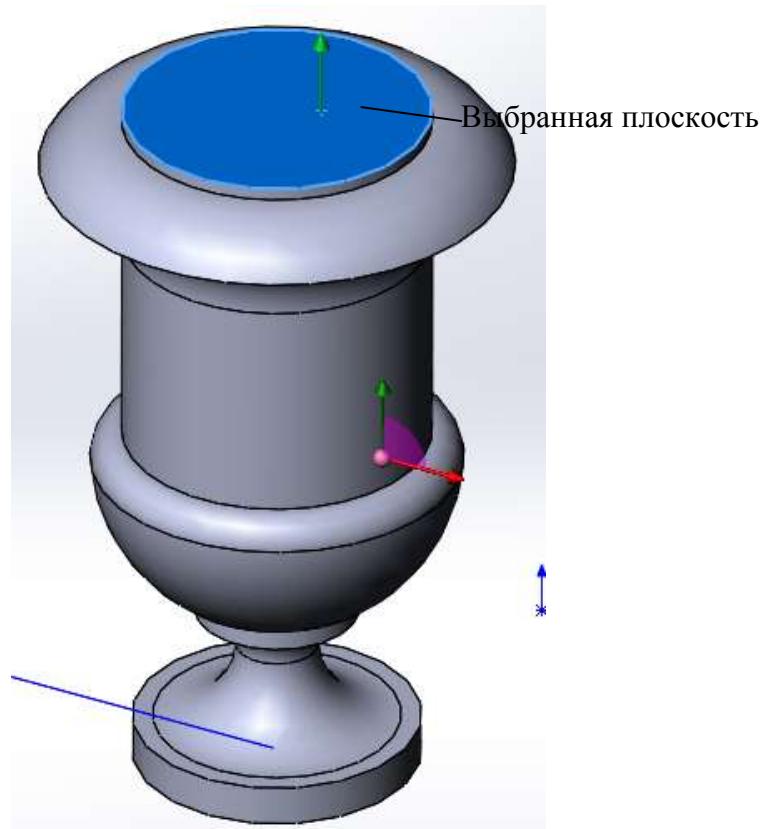
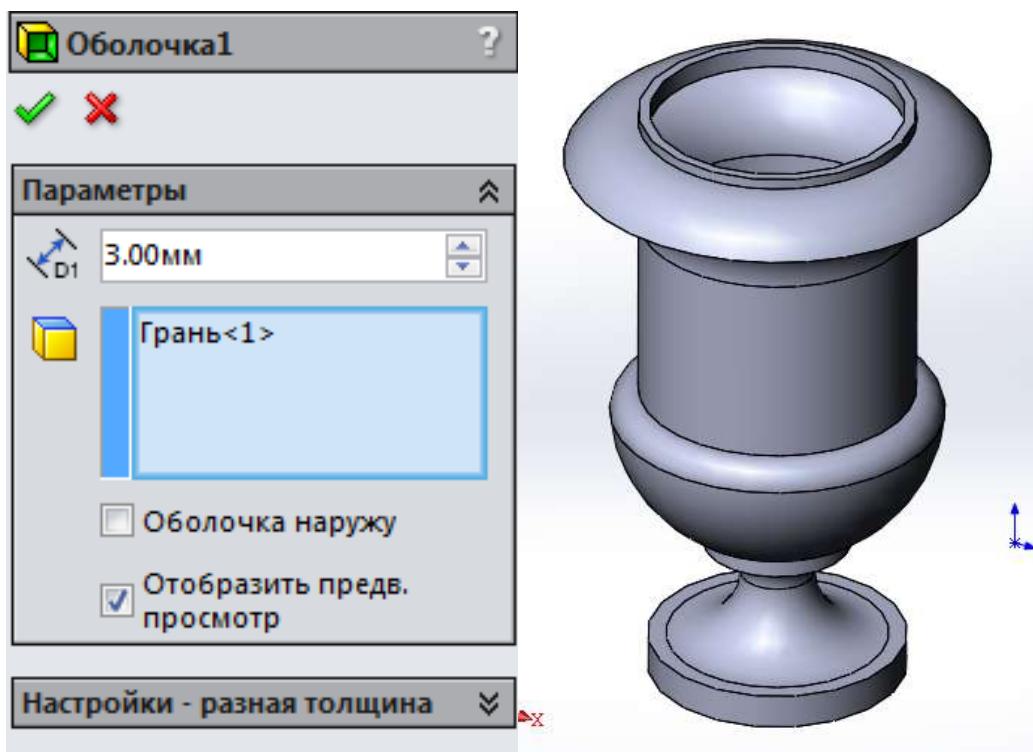


Рисунок 14 – Выбор плоскости для создания оболочки



а – поле настроек функции “Оболочка”; б – результат  
Рисунок 15 – Создание оболочки

### Лабораторная работа № 3

#### СОЗДАНИЕ 3Д-МОДЕЛИ ПО ДВУМ ПРОЕКЦИЯМ

**Задание.** Создать трехмерную модель детали по заданным двум проекционным видам, используя функции “Вытянутая бобышка/Основание”, “Вытянутый вырез”, “Повернутая бобышка/Основание”, “Повернутый вырез”.

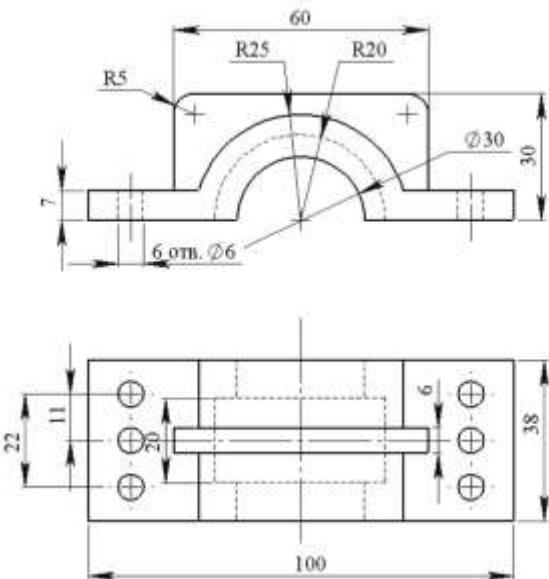


Рисунок 1 – Вариант 1 (корпус)

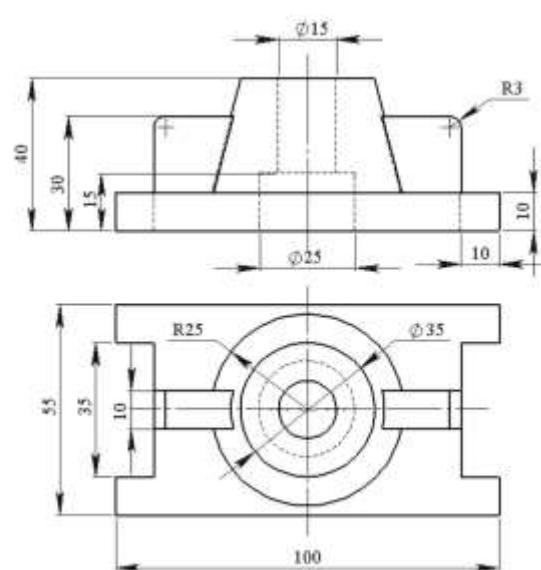


Рисунок 2 – Вариант 2 (стойка)

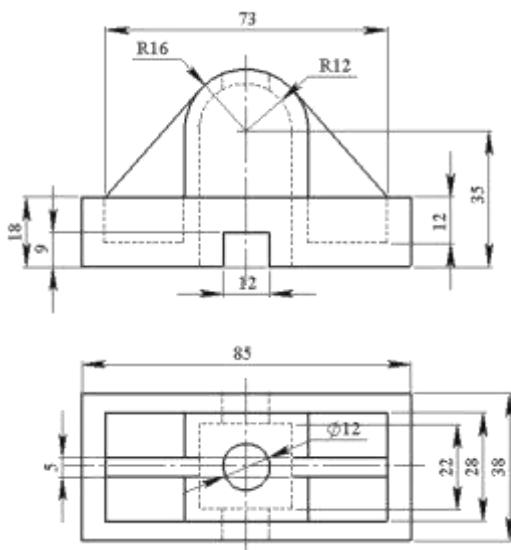


Рисунок 3 – Вариант 4 (стойка)

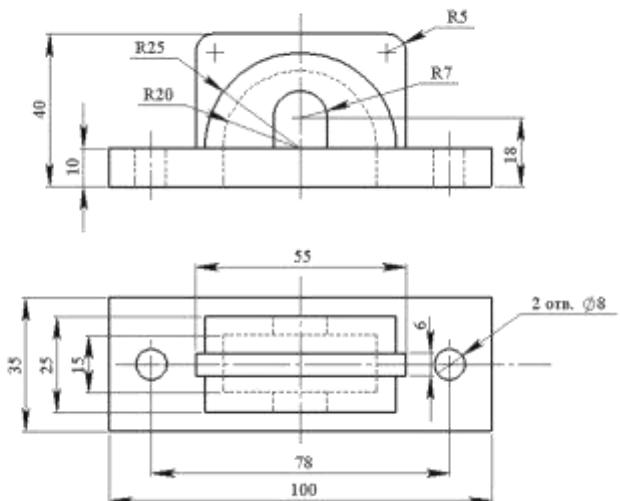


Рисунок 4 – Вариант 4 (фланец)

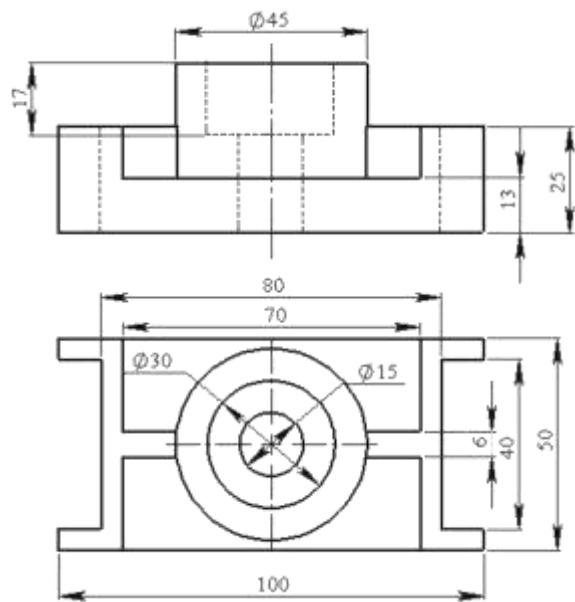


Рисунок 5 – Вариант 5 (упор)

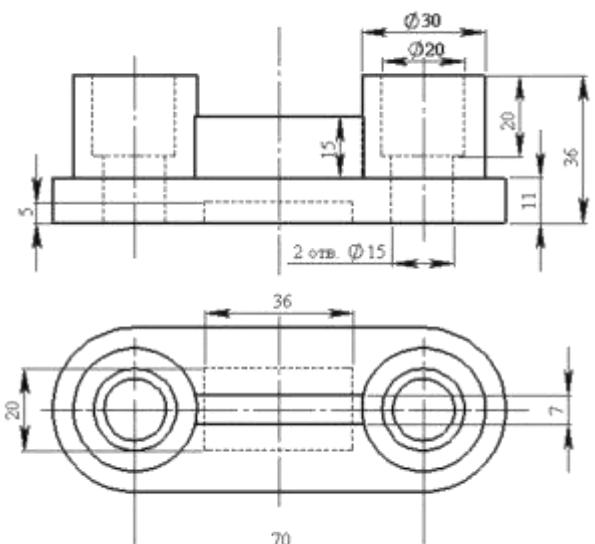


Рисунок 6 – Вариант 6 (опора)

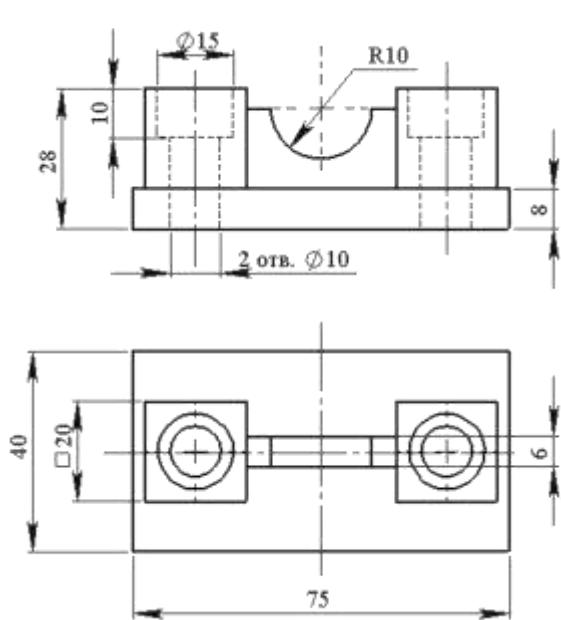


Рисунок 7 – Вариант 7 (опора)

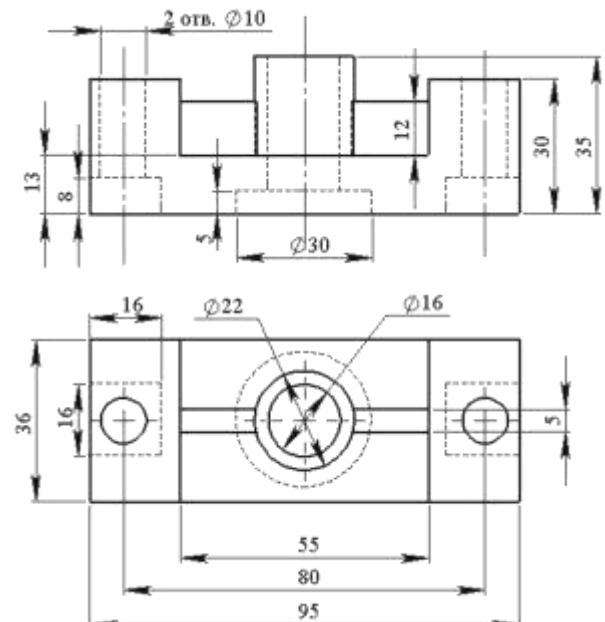


Рисунок 8 – Вариант 8 (опора)

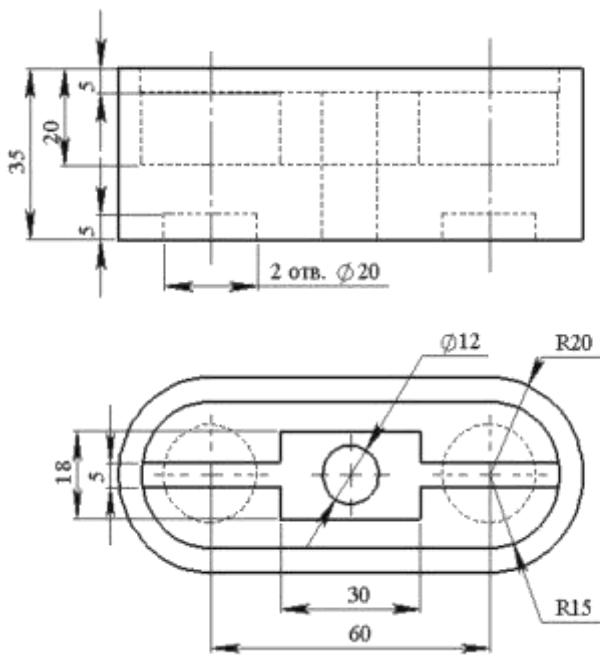


Рисунок 9 – Вариант 9 (коробка)

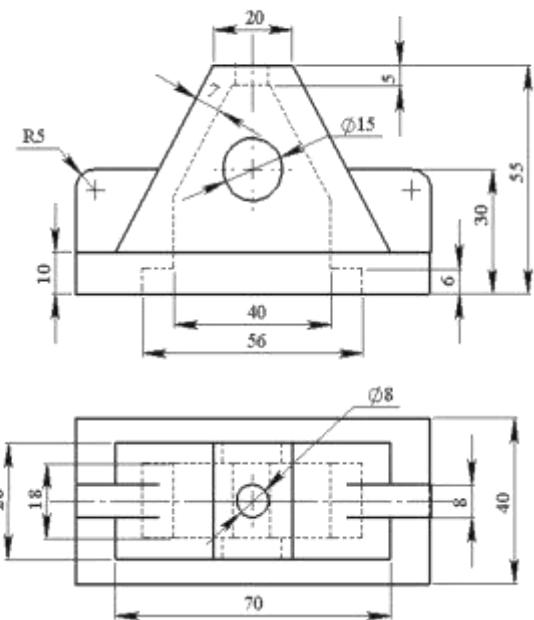


Рисунок 10 – вариант 10 (стойка)

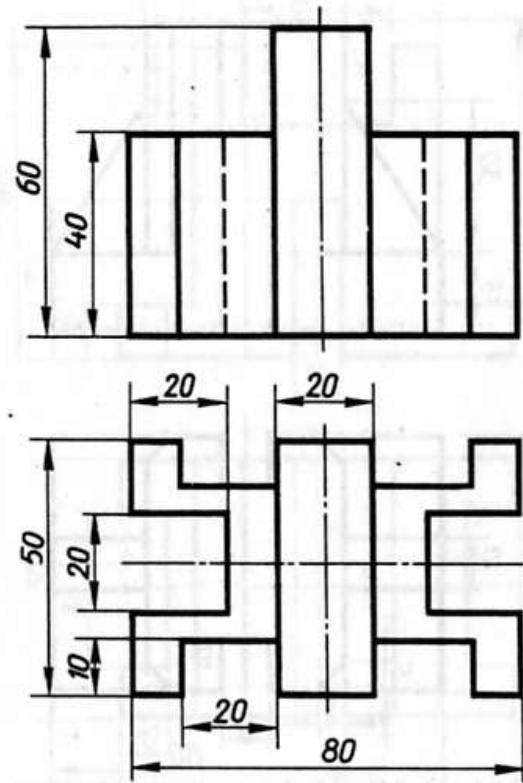


Рисунок 11 – Вариант 11

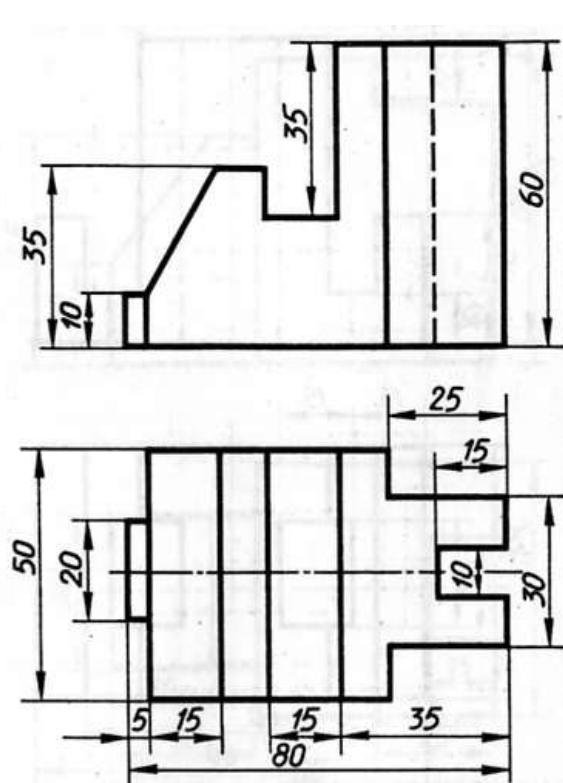


Рисунок 12 – Вариант 12

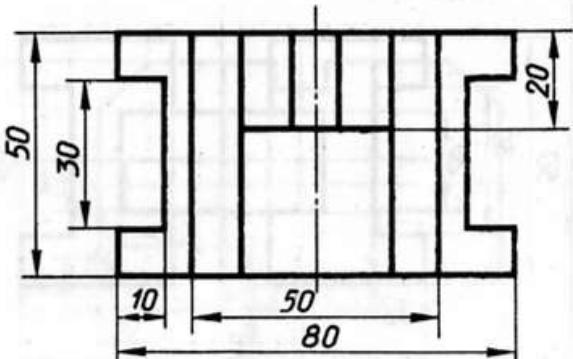
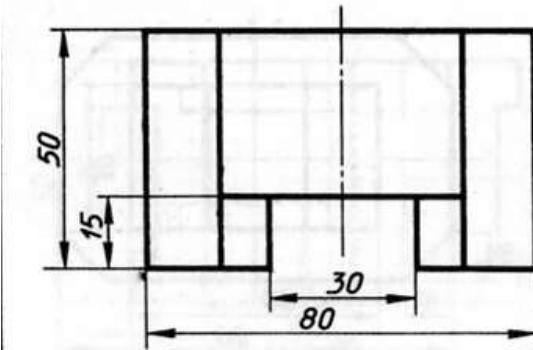
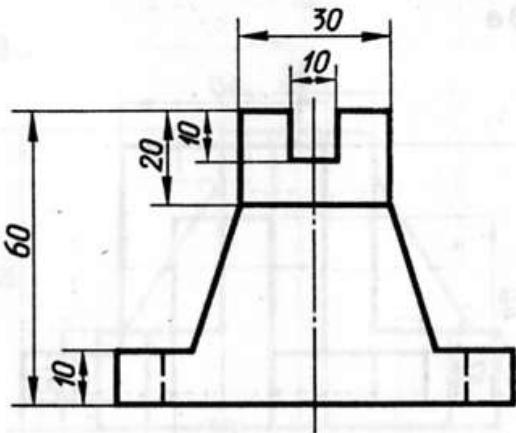
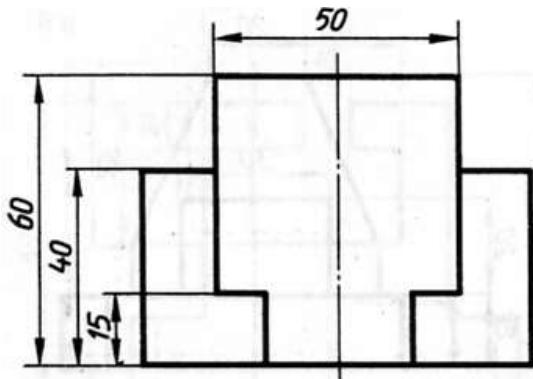


Рисунок 13 – Вариант 13

Рисунок 14 – Вариант 14

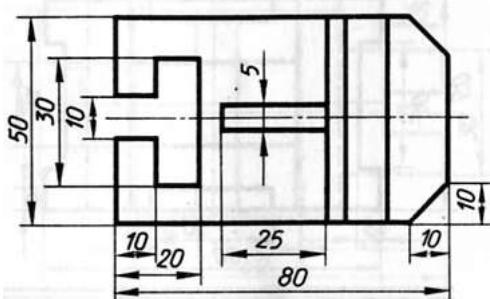
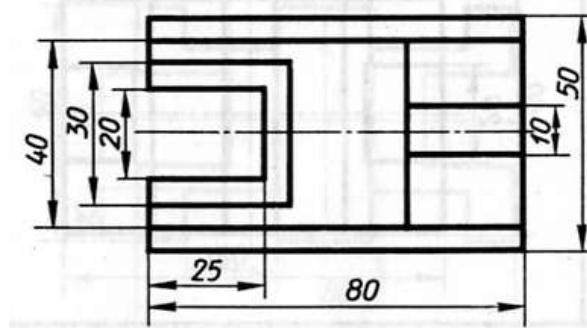
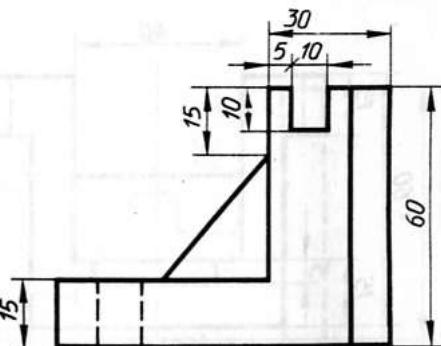
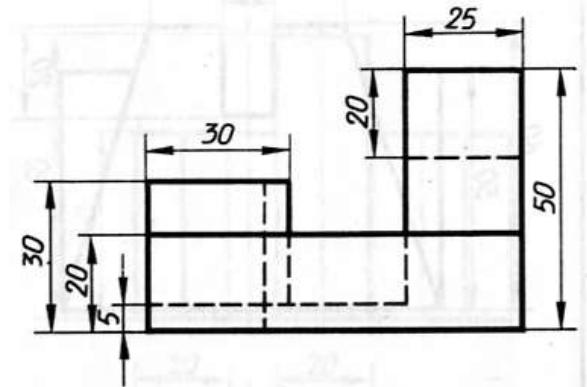


Рисунок 15 – Вариант 15

Рисунок 16 – Вариант 16

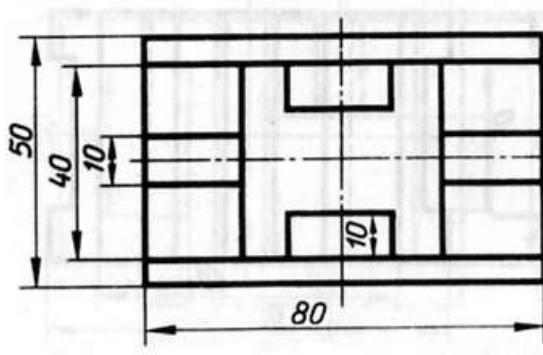
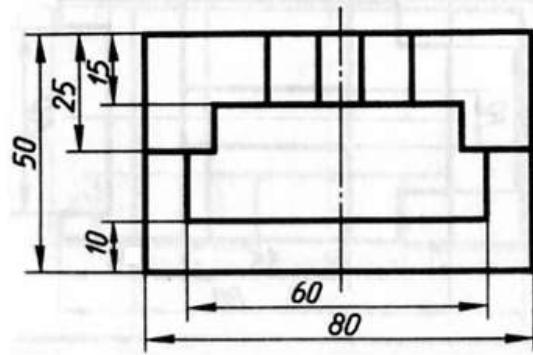
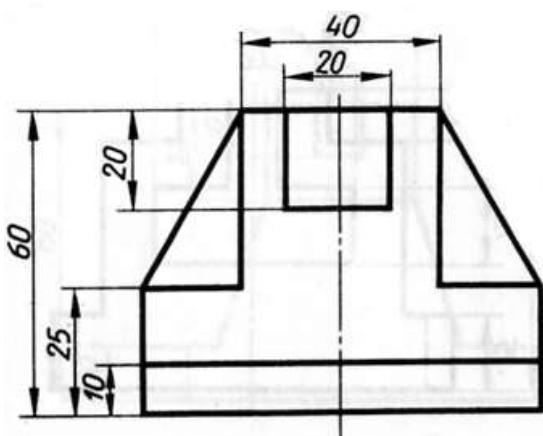
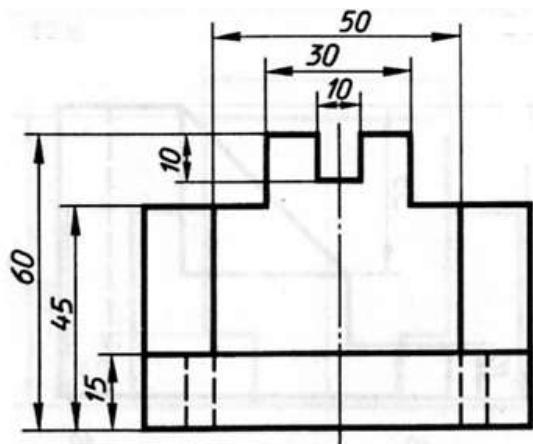


Рисунок 17 – Вариант 17

Рисунок 18 – Вариант 18

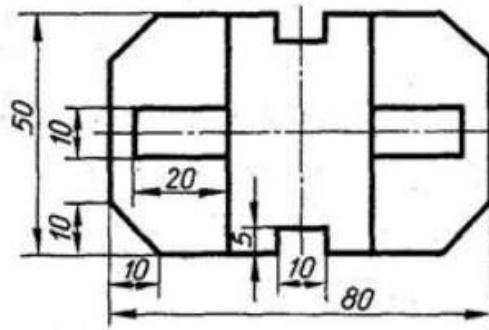
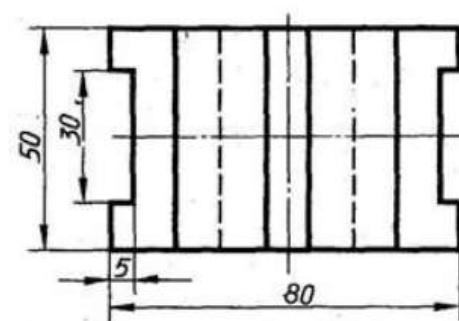
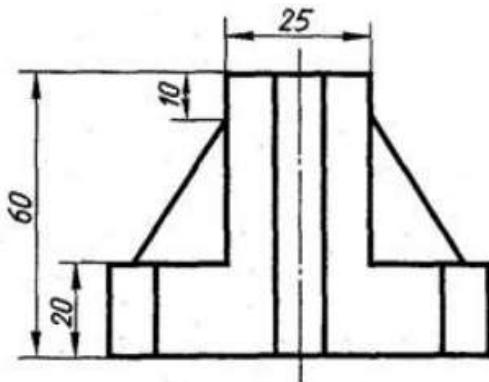
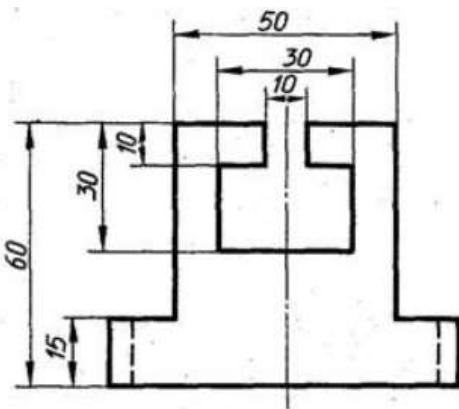


Рисунок 19 – Вариант 19

Рисунок 20 – Вариант 20

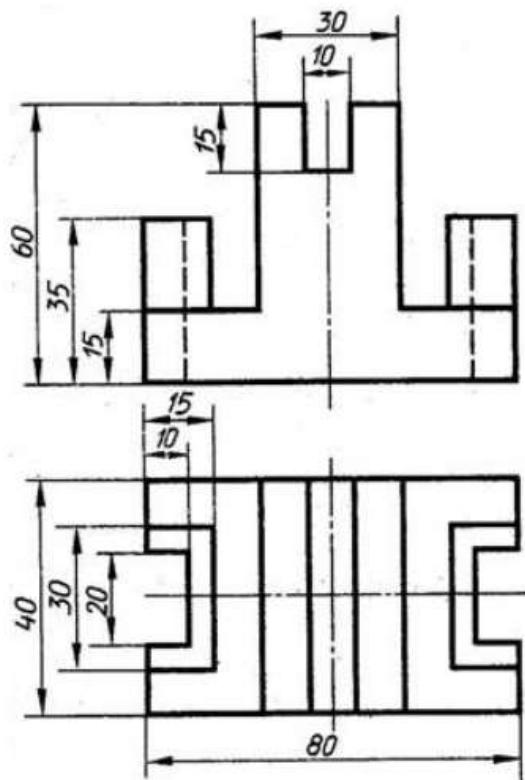


Рисунок 21 – Вариант 21

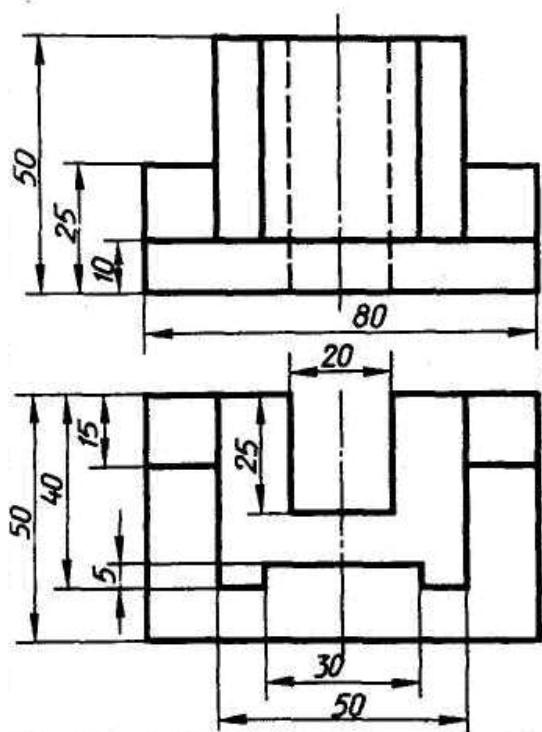


Рисунок 22 – Вариант 22

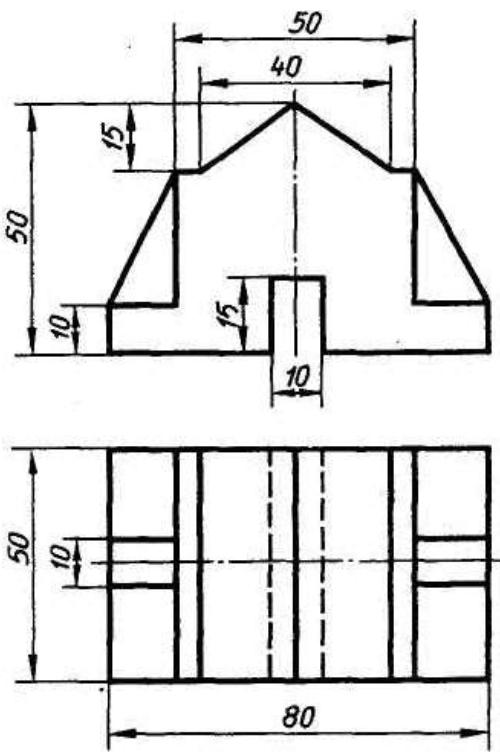


Рисунок 23 – Вариант 23

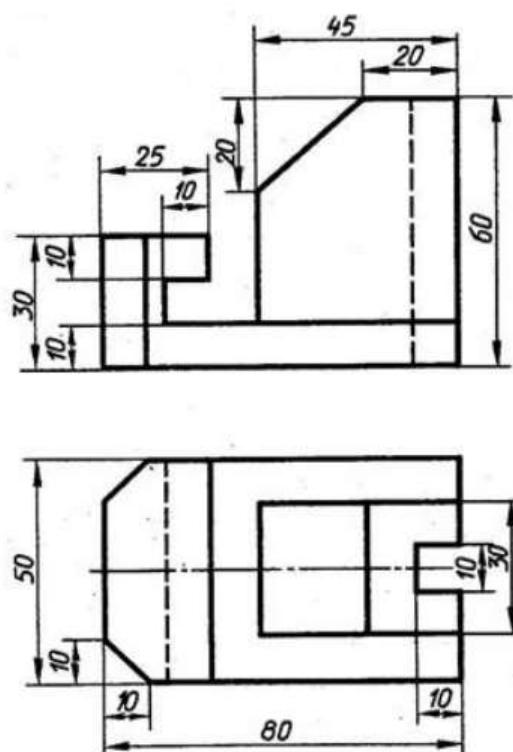


Рисунок 24 – Вариант 24

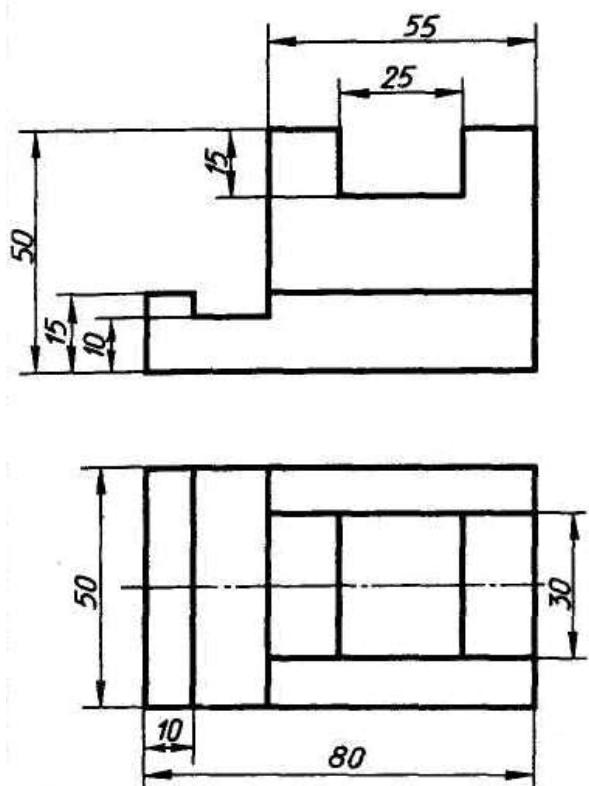


Рисунок 25 – Вариант 25

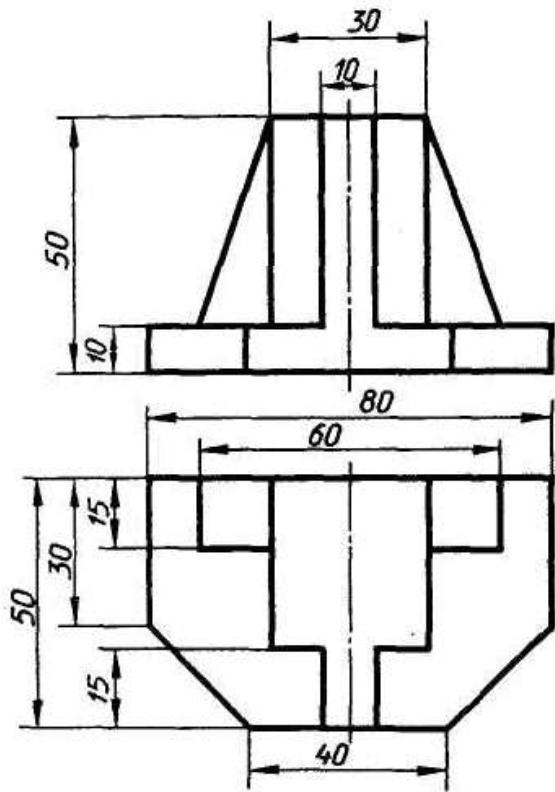


Рисунок 26 – Вариант 26

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Завьялов Д.А.* Основы моделирования в SolidWorks – М.: ДМК Пресс, 2017. – 240 с.
2. *Алямовский А.А.* SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации – СПб.: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.
3. *Алямовский А.А.* SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.
4. *Дударева Н.Ю., Загайко С.А.* SolidWorks 2011 на примерах. – , БХВ-Петербург, 2011. – 496 с.
5. *Быканова, А.Ю.* Основы SolidWorks. Построение моделей деталей: учеб.-метод. пособие / А.Ю. Быканова, А.В. Старков. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 120 с
6. *Георгиевский О.В.* Сборник заданий по машиностроительному черчению: Метод. пособие. – М.: Архитектура, 2004. – 104 с.
7. *Прерис А.* SolidWorks 2005/2006: Учеб. курс. – СПб.: Питер, 2006. – 529 с.
8. *Прохоренко В.П.* SolidWorks: Практ. рук. – СПб.: Бином - Пресс, 2004. – 448 с.
9. *Прохоренко В.П.* SolidWorks 2005: Практ. рук. – СПб.: Бином-Пресс, 2005. – 512 с.
10. *Тику Ш.* Эффективная работа: SolidWorks 2004. – СПб.: Питер, 2005. – 768 с.: ил.
11. *SolidWorks.* Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.: ил.