

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГОРОДА МОСКВЫ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
(НИТУ «МИСиС»)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образованию



\_\_\_\_\_ / А.А. Волков

« 31 » 12 2022 г.

Учебное пособие по курсу «Инженерный практикум»

Москва 2022 г.

№ 4346 М ИНИСТЕРСТВО НАУК И И ВЫ СШЕГО О БРАЗОВАНИЯ РФ  
УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ МИСИС  
ЦЕНТР ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ И ПРИЕМА  
Проект «Инженерный класс в московской школе»

УДК 004.896 X20

Рецензенты: учитель  
физики и информатики,  
преподаватель проектов «Инженерный класс в московской школе», куратор  
проекта ИТ-класса, эксперт ЕГЭ, ОГЭ *И.А. Пальчикова*;  
канд. физ.-мат. наук, руководитель проектов Центра технологической поддержки  
образования МФТИ *Д.В. Савицкий*

Н.Д. Харитонов

# ИНЖЕНЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ

**Харитонов, Николай Дмитриевич.**  
Х20 Инженерный практикум : метод. указания /  
Н.Д. Харитонов. – М. : Издательский дом НИТУ  
«МИСиС», 2022. – 154 с.

Методические указания

Содержат теоретические сведения, необходимые для освоения  
учащимися 10–11 классов 3D-моделирования и прототипирова-  
ния, а также задания, позволяющие закрепить полученные знания на практике.

Могут быть использованы для обучения школьников 10– 11  
классов на площадке любой образовательной организации.

Рекомендовано редакционно-издательским  
советом университета

**004.896**



Москва 2022

© Н.Д. Харитонов, 2022  
© НИТУ МИСИС, 2022

## Оглавление

Раздел 1 Твердотельное, или CAD-моделирование .....	5
Тема 1.1 Понятие 3d-моделирования.	
Виды моделирования и прототипирования .....	5
Тема 1.2 Kompas 3d. Знакомство с твердотельным моделированием .....	7
Тема 1.3 Создание эскиза в рабочем пространстве Kompas 3d ver20 .....	19
Практическая работа к Теме 1.3	
Создание эскиза на поверхности .....	43
Тема 1.4 Команды изменения геометрии, редактирование эскиза .....	45
Тема 1.5 Элементы твердого тела .....	59
Практическая работа к Теме 1.5	
Пошаговое создание детали в системе «Компас» .....	71
Тема 1.6 Вспомогательные построения, массивы .....	79
Практическое занятие к Теме 1.6 .....	88
Тема 1.7 Создание сборки. Элементы взаимодействий и ограничений .....	98
Тема 1.8 Создание чертежа .....	105
Раздел 2 Полигональное моделирование в Blender .....	112
Тема 2.1 Полигональное моделирование .....	112
Тема 2.2 Интерфейс программного обеспечения .....	116
Практическая работа к Теме 2.2	
Управление сценой .....	122
Тема 2.3 Работа с полигональными моделями .....	124
Практическая работа к Теме 2.3	
Работа с полигональными объектами .....	129
Тема 2.4 Редактирование полигональной сетки .....	137
Практическая работа к Теме 2.4	
Редактирование полигональной сетки .....	142
Тема 2.5 Текстуры .....	148

## Введение

3D-моделирование – это процесс создания трехмерного графического объекта с целью его дальнейшего использования.

Сегодня 3D-графика широко используется для проектирования сооружений и конструкций, изготовления каких-либо деталей и сборочных единиц, в системах автоматизации проектных работ (САПР); в медицине и биоинженерии; на телевидении, в книгопечатании и т.д.

Наиболее распространенным программным обеспечением в сфере 3D-моделирования являются продукты *Autodesk 3ds Max*, *Autodesk Maya*, *Autodesk Softimage*, *Blender* и многие другие.

Наиболее популярными российскими программными продуктами в этой области являются *T-FLEX CAD 7.0* фирмы «Топ Системы» и «КОМПАС» от компании «Аскон» с возможностями оформления проектной и конструкторской документации.

Данный сборник содержит методические рекомендации, позволяющие организовать проведение занятий в области 3D-моделирования и прототипирования с учащимися 10–11 классов на площадке любой образовательной организации.

# Раздел 1 Твёрдотельное, или CAD-моделирование

## Тема 1.1 Понятие 3d-моделирования. Виды моделирования и прототипирования

3D-моделирование – создание цифрового двойника на основе работы с координатами на поверхности, благодаря которым создается облик двойника.

Цифровой двойник – это цифровая (виртуальная) модель любых объектов, систем, процессов или людей. Она точно воспроизводит форму и действия оригинала и синхронизирована с ним.

Цифровой двойник нужен, чтобы смоделировать, что будет происходить с оригиналом в тех или иных условиях. Это помогает, во-первых, сэкономить время и средства (например, если речь идет о сложном и дорогостоящем оборудовании), а во-вторых, избежать вреда для людей и окружающей среды.

По типу создания двойника моделирование можно разделить на два основных способа.

Способ первый – твердотельное моделирование, или моделирование твердых объектов. Это метод, при котором создание модели происходит путем использования логических операторов (объединение, пересечение, вычитание).

Все основные элементы твердотельного моделирования – примитивы, которые можно описать с геометрической стороны (таблица 1.1).

Способ второй – создание объекта путем оболочечного моделирования. Создание оболочки включает в себя создание внешних границ элемента без заполнения пространства. Таким образом, модель не имеет физических свойств, однако может легко поддаваться визуализации и системам отображения, что делает такую модель более детализированной, чем твердая модель.

Таблица 1.1 – Основные операции твердотельного моделирования

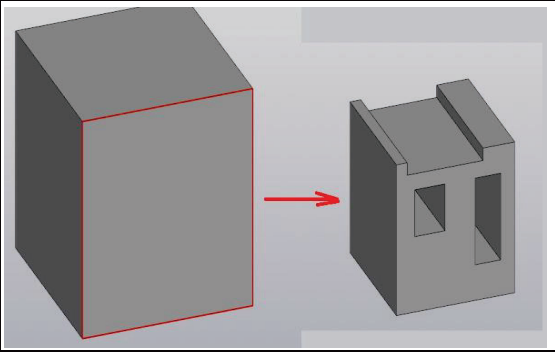
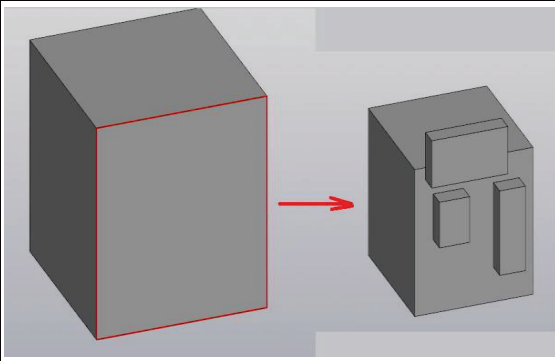
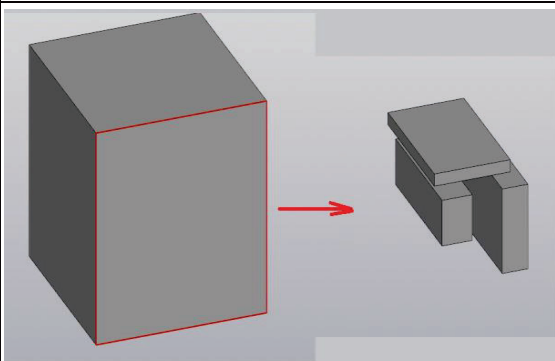
	<p>Операция «Вычитание» (вычитание набора объектов из другого объекта)</p>
	<p>Операция «Объединение» (объединение 2 элементов в новый элемент)</p>
	<p>Операция «Пересечение» (оставляется только часть, общая для выбранной группы элементов)</p>



Рисунок 1.1 – Система визуализации в программе Blender

## Тема 1.2 Kompas 3d. Знакомство с твердотельным моделированием

Работать мы будем в программном обеспечении *Kompas 3d ver 20*.

Скриншот интерфейса программного обеспечения представлен на рисунке 1.2.

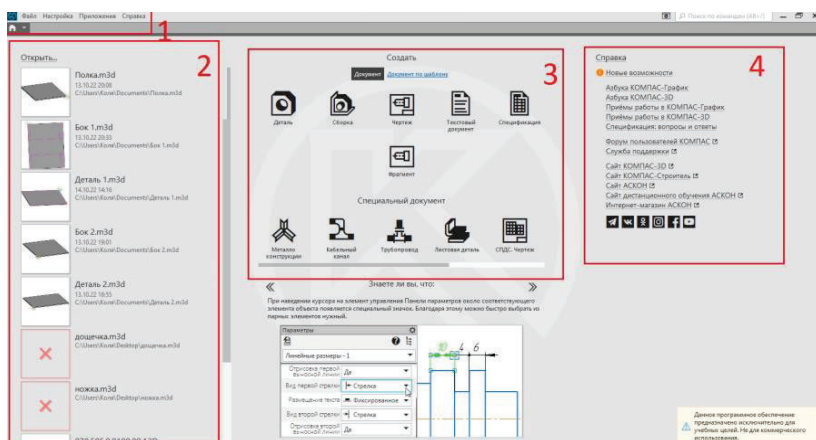


Рисунок 1.2 – Интерфейс создания в *Kompas 3d*

На рисунке 1.2 указаны основные кнопки для работы и создания проектов.

1 Заголовок. Содержит основные кнопки *Windows* (сохранение, открытие файла). Также включает название и элемент активного документа.

2 Панель активных проектов. Здесь с предпросмотром можно увидеть активные элементы. Рядом с каждым элементом отображается путь к этому элементу.





Таким значком отображаются переименованные, удаленные или перемещенные объекты. Это объекты, которые система не может найти.

3 Меню создания нового объекта. В зависимости от выбора можно создать следующее (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Возможные проекты в программе

<p>Деталь</p>	<p>Создание простого тела или набора из тел, имеющих физические свойства. Посредством создания тел формируются твердотельные модели</p>
<p>Сборка</p>	<p>Создание технологической сборки из компонентов (деталей) с наложением между компонентами специальной связи</p>
<p>Чертеж</p>	<p>Создание из готовой детали материала для размещения видов, установки размеров. В данном режиме можно создать чертеж без использования готовой детали в качестве образца</p>
<p>Текстовый документ</p>	<p>Создание текстового документа для обработки и создания текстовой документации</p>

## Окончание таблицы 1.2

 <p>Спецификация</p>	<p>Добавление к чертежу спецификации. Спецификация – это документ, в котором перечисляются все основные узлы, компоненты, зависимости и элементы соединения</p>
 <p>Фрагмент</p>	<p>Вынос фрагмента чертежа или сборки в отдельный файл с сохранением зависимости с основным файлом</p>

4 Справка – система отображения и работы с программой. В меню «Справка» содержится вся основная информация по программе и работе с основными модулями программы *Kompas*.

Изучим рабочее пространство **Детали** (рисунок 1.3).

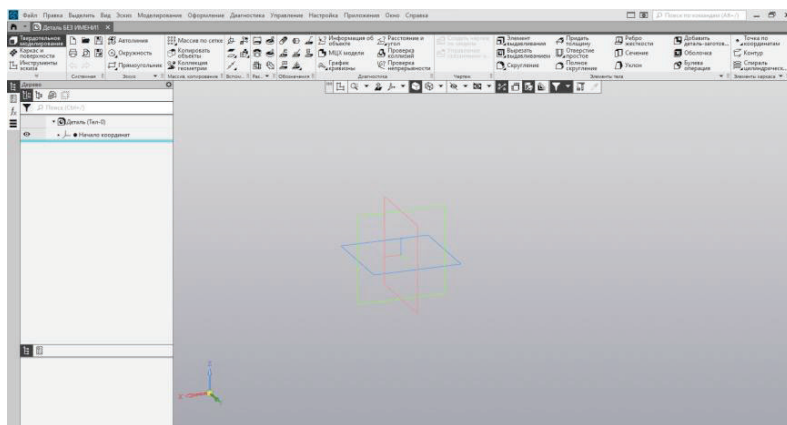


Рисунок 1.3 – Рабочее пространство

Заголовок содержит основные кнопки *Windows* (сохранение, открытие файла). Также содержит название и элемент активного документа (рисунок 1.4).

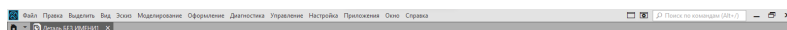


Рисунок 1.4 – Заголовок

Панель инструментов содержит команды для работы с графическими элементами (рисунок 1.5). Типы команд зависят от активного документа (деталь, чертеж, сборка и т.д.).



Рисунок 1.5 – Панель инструментов

На панели вспомогательных инструментов располагаются элементы для взаимодействия с командами и инструментами (рисунок 1.6).

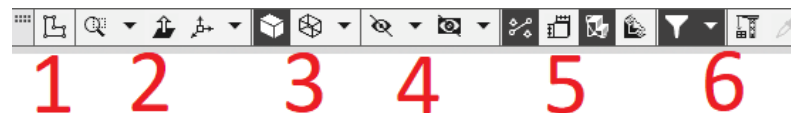



Рисунок 1.6 – Панель вспомогательных инструментов

Панель условно разделена на следующие части.

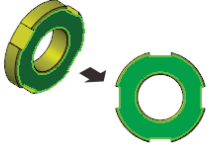
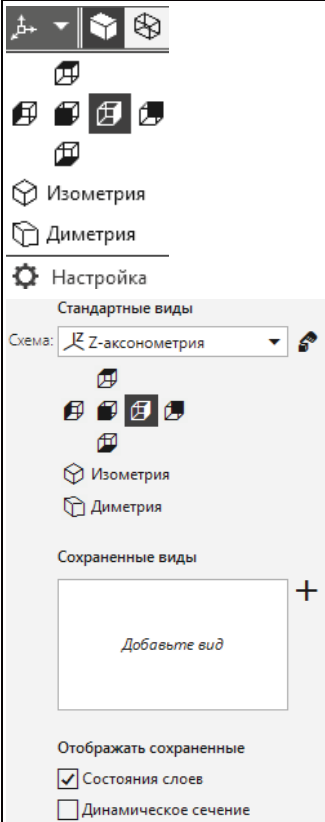
1 Функция создания эскиза – во время работы в некоторых рабочих областях (сборка) команда создания эскиза не располагается в непосредственной видимости от исполнителя.

2 Во втором наборе располагаются инструменты управления видами проекта (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Инструменты управления видами проекта

 <ul style="list-style-type: none"> <li>Показать все</li> <li>Масштаб по выделенным объектам</li> <li>Приблизить/отдалить</li> <li>Увеличить масштаб</li> <li>Уменьшить масштаб</li> <li>Предыдущий масштаб</li> <li>Последующий масштаб</li> </ul>	<p>Функция масштабирования позволяет вам настраивать расстояние до выбранного элемента. Команда «Показать все», как следует из ее названия, отображает все <b>активные</b> элементы на рабочем пространстве</p>
--	---

### Окончание таблицы 1.3

<p>Нормально к...</p>  <p>Установка ориентации модели, при которой ее плоская грань или вспомогательная плоскость параллельна плоскости экрана.</p> <p>После вызова команды модель повернется так, чтобы направление взгляда было перпендикулярно выбранному объекту. Объект можно указать как до, так и после вызова команды.</p>	<p>Команда «Нормально к...» размещает камеру плоскости экрана параллельно плоскости, выбранной этой командой. Это позволяет переносить вид в нужную плоскость для удобства работы с элементом</p>
 <p>Ориентация позволяет разместить камеру по относительно выбору. Выбранный вид расположения закрашивается, что позволяет ориентироваться в плоскости модели. При использовании настройки ориентации вы можете сменить основную цепь направлений и главный вектор (сменить направление с оси Z на ось Y) и настроить виды, которые могут пригодиться во время работы с программой</p>	<p>Ориентация позволяет разместить камеру по относительно выбору. Выбранный вид расположения закрашивается, что позволяет ориентироваться в плоскости модели. При использовании настройки ориентации вы можете сменить основную цепь направлений и главный вектор (сменить направление с оси Z на ось Y) и настроить виды, которые могут пригодиться во время работы с программой</p>

3 В третьем наборе располагаются инструменты отображения модели (рисунок 1.7).

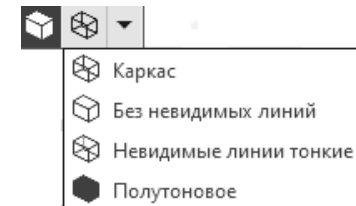



Рисунок 1.7 – Панель отображения



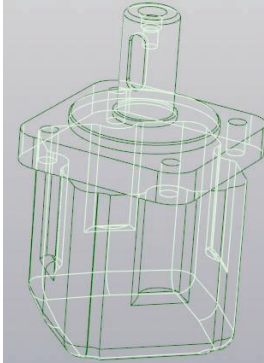


С правой стороны располагается стандартное отображение объекта – полутоновое с каркасом. В дополнительном наборе мы можем выбрать вид визуализации объекта.

Виды визуализации представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Виды визуализации проекта





<p> Полутоновое с каркасом</p> <p>Вид отображения, в котором присутствует полутон модели, позволяющий отобразить ее форму, с указанием всех <b>видимых</b> очерков и ребер каркаса</p>	
<p> Каркас</p> <p>Каркас представляет собой совокупность всех ребер и очерков модели</p>	

Окончание таблицы 1.4

<p> <b>Без невидимых линий</b></p> <p>Каркас без невидимых линий представляет собой отображение всех очерков и ребер каркаса, которые видны на рабочем пространстве</p>	
<p> <b>Невидимые линии тонкие</b></p> <p>Для отображения всех невидимых линий отдельно используется функция «Невидимые линии тонкие»</p>	
<p> <b>Полутоновое</b></p> <p>Обычное отображение модели, позволяющее увидеть форму объекта и ее поверхность. В этом виде каркас модели не отображается</p>	

4 Четвертый набор включает в себя две команды (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Отображение элементов на рабочем пространстве


<ul style="list-style-type: none"> <li>Системы координат</li> <li>Конструктивные плоскости</li> <li>Конструктивные оси</li> <li>Эскизы</li> <li>Поверхности</li> <li>Условные изображения резьбы</li> <li>Элементы каркаса</li> <li>Контрольные точки</li> <li>Размеры</li> <li>Условные обозначения</li> <li>Компоновочную геометрию</li> <li>Надписи объектов</li> <li>Объекты диагностики</li> </ul>	  <p>– отображает скрывание дополнительных и вспомогательных элементов со всего рабочего пространства</p>
	  <p>– при загрузке компонентов в сборку они загружаются со всеми активными вспомогательными элементами, которые были при последнем сохранении детали, из которой компонент и создан. Команда скрывает все вспомогательные и дополнительные элементы с каждого компонента в рабочем пространстве</p>

5 Набор включает в себя дополнительные параметры для отображения проекта в рабочем пространстве (рисунок 1.8, таблица 1.6).



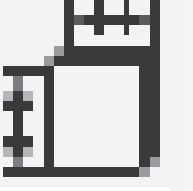

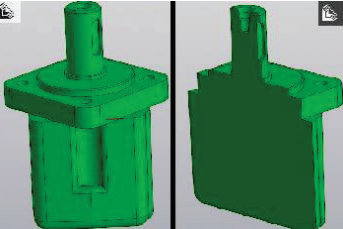
Рисунок 1.8 – Вспомогательные элементы отображения

Таблица 1.6 – Вспомогательные элементы отображения

	<p>В режиме округления все значения размеров будут округлены до ближайшего значения, близкого к шагу курсора или масштабу</p>
---	---



Окончание таблицы 1.6

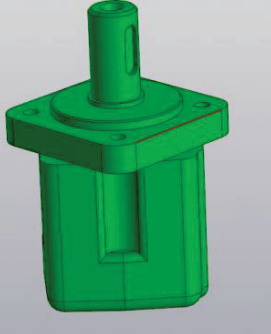
	<p>Команда «Отображение размеров». Если в процессе создания эскиза или с использованием вспомогательных команд были созданы размеры, то с помощью команды можно оперативно скрыть или отобразить все размеры</p>
	<p>Режим упрощенного отображения позволяет экономить ресурсы устройства посредством упрощения незначительных элементов. Упрощение происходит, когда незначительные элементы (маленькие отверстия, небольшие скругления) заменяются на простые геометрические фигуры без обработки</p>
	<p>Режим отображения сечения модели. Включает сечение, которое можно отредактировать по усмотрению</p>

6 Здесь отображаются 2 команды: команда «Фильтрация выбора объекта» и команда «Перестроение» чертежа в пространстве чертежа. Работу команды «Фильтрация» можно увидеть в таблице 1.7. Работу команды перестройка можно увидеть в разделе чертеж. Каждая команда позволяет взаимодействовать с элементами в своем разделе.

**Дерево проекта.** Дерево модели отображает графическое представление набора объектов, содержащихся в детали. В самом верху располагается корень дерева – сама деталь. Все объекты автоматически появляются в дереве в момент создания или добавления.

В зависимости от настроек отображения элементы в дереве могут располагаться либо по очереди добавления, либо по типам. В самом дереве также присутствуют все начальные элементы: оси координат, плоскости.

Таблица 1.7 – Команда фильтрации выбора

	 <p>Команда фильтрации включает режим фильтрации выбора объектов на рабочем пространстве. На примере выше произведен выбор ребер. Теперь программа будет выбирать только ребра</p>
---	---

Каждый из элементов автоматически возникает при добавлении в систему дерева. Если объект создан с помощью другого объекта (например, тело создано из эскиза), то рядом с элементом отображается значок «+». Он отображает, что данный объект содержит подчиненные объекты. Все объекты, которые еще не использованы в командах, отображаются в дереве модели на верхнем уровне (рисунок 1.9).

В детали могут присутствовать однотипные объекты. Для различия между такими объектами присутствуют названия. Каждое название при создании получает порядковый номер (Элемент выдавливания 1, Эскиз 3). Название отображается в дереве и может быть отредактировано. Для этого необходимо щелкнуть 2 раза по названию и ввести новое название. Подтвердите название, и оно будет сохранено в системе.

Слева от названия отображается способ создания модели, с помощью которого модель была создана. Пиктограмму способа поменять нельзя, и она остается, отображая способ и порядок создания детали.

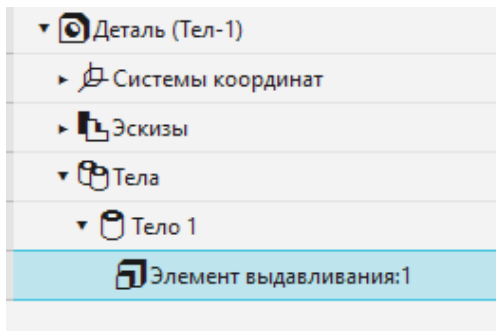


Рисунок 1.9 – Отображение объектов в дереве


Дерево модели можно убрать в любой момент. Для этого на рабочем пространстве на дереве построения необходимо нажать на кнопку дерева модели  (таблица 1.8).

Таблица 1.8 – Отображение дерева проекта с примерной деталью

	<p>Дерево проекта отображает все созданные или добавленные тела, эскизы, вспомогательные элементы.</p> <p>Также на древе будут отображаться зависимости и команды, которые применяются к телам</p>
--	--

**Рабочее пространство программного обеспечения** (рисунок 1.10). На рабочем пространстве будут отображаться все созданные, скрытые или добавленные элементы. В зависимости от выбранных параметров (команды выше) зависит отображение деталей. В центре рабочего пространства располагается система координат, на которой располагаются основные плоскости.

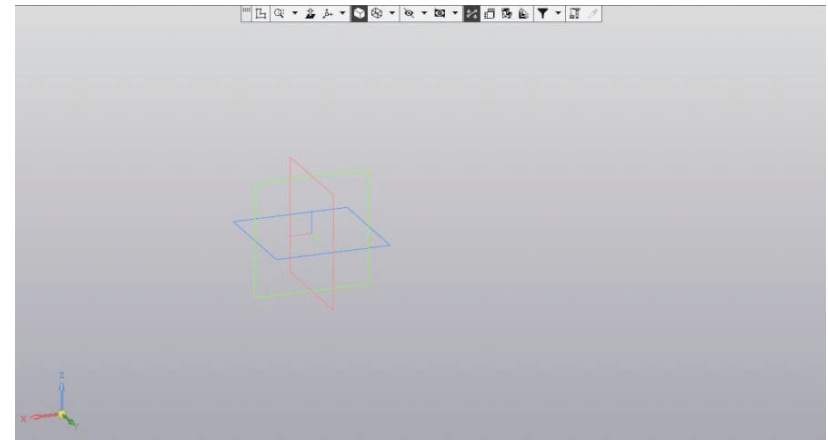


Рисунок 1.10 – Рабочее пространство

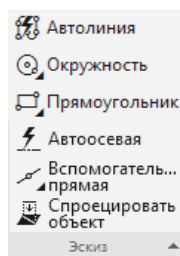
## Вопросы к Теме 1.2

- 1 В чем различие между сборкой и деталью?
- 2 Где располагаются команды для создания и редактирования?
- 3 Сколько вариантов отображения есть в программе? Перечислите их.
- 4 Меняются ли команды при смене рабочего пространства?
- 5 Можно ли убирать и добавлять вспомогательные элементы? Каким способом?

### Тема 1.3 Создание эскиза в рабочем пространстве Kompas 3d ver20

Для создания твердотельных объектов в программах для моделирования необходимо сначала создать эскиз: 2D-основу для наших дальнейших манипуляций.

Сам эскиз создается на *любой* поверхности, в том числе как на поверхностях базового набора (Тема 1.2 «Рабочее пространство программного обеспечения»), так и на поверхностях уже созданных тел.



Для включения режима выбора поверхности мы должны воспользоваться одной из функций в наборе «Эскиз» или воспользоваться функцией «Создать эскиз» на вспомогательной панели (Тема 1.2 «Вспомогательная панель», п. 1).

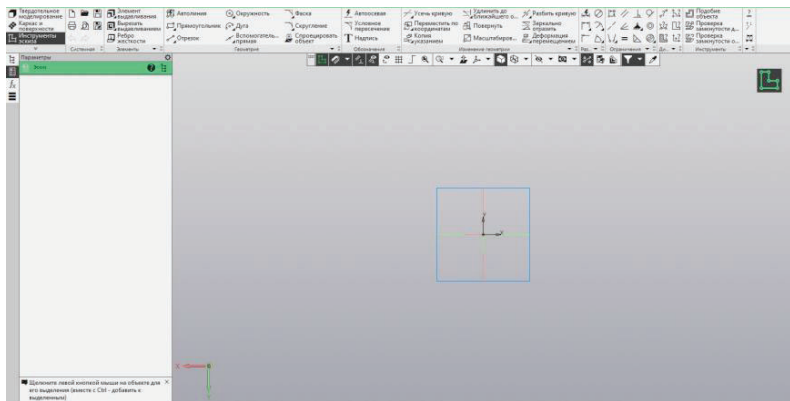


Рисунок 1.11 – Рабочее пространство в режиме эскиза

Сама поверхность может быть выбрана как во время команды, так и до нее. Если плоскость указана, то программа перейдет в режим эскиза (рисунок 1.11). Система координат эскиза будет полностью совпадать с системой координат проекта.

Во время работы в режиме эскиза на дереве проекта (Тема 1.2 «Дерево проекта») будет отображено присутствие эскиза в системе.

Разберем основные команды в режиме эскиза, которые позволяют создавать объекты на поверхности.

**1 Отрезок.** Как следует из названия, функция «Отрезок» создает отрезок по заданным вами параметрам. Так как команда комплексная, здесь присутствуют различные варианты для задания свойств отрезка (рисунок 1.12).

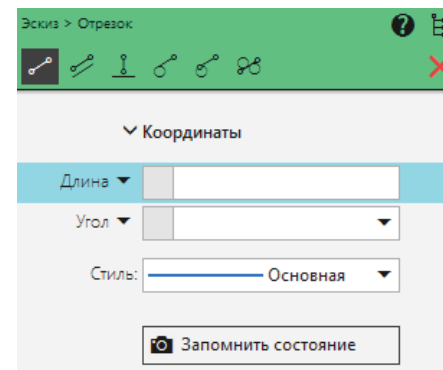


Рисунок 1.12 – Командная строка «Отрезок»

**1.1 Отрезок через две точки.** Команда «Отрезок» позволяет вам создать две точки.

Первая точка – базовая. Относительно второй точки можно задать два основных параметра – длину отрезка (расстояние от базовой точки до новой точки) и угол поворота отрезка. Значения можно вводить в любой момент времени до установки второй точки (рисунок 1.13).

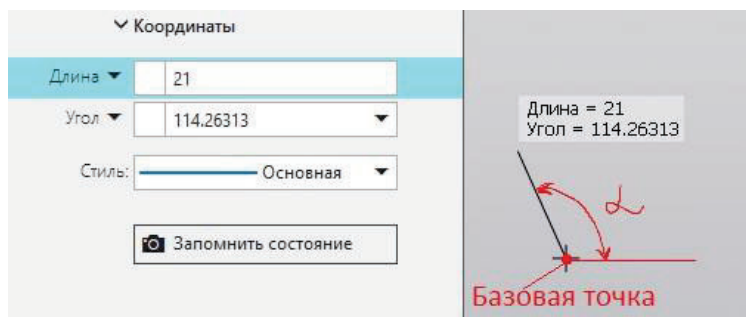


Рисунок 1.13 – Отрезок через две точки

**1.2 Параллельный отрезок.** Для использования команды «Параллельный отрезок» необходимо выбрать другой отрезок или вспомогательную линию для создания отрезка. После чего в значении расстояния указать расстояние до оригинального отрезка и длину нового отрезка (рисунок 1.14).

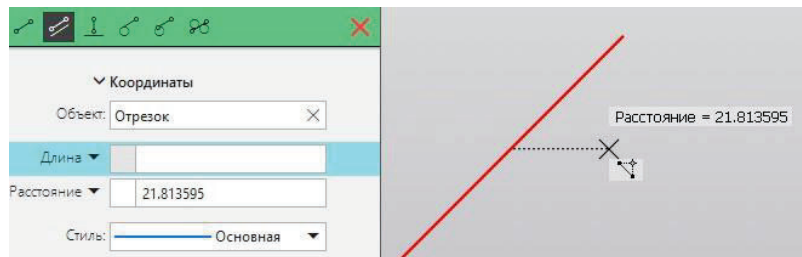


Рисунок 1.14 – Параллельный отрезок

**1.3 Перпендикулярный отрезок.** Для использования команды «Перпендикулярный отрезок» необходимо выбрать другой отрезок или вспомогательную линию для создания отрезка. После чего в значении расстояния указать расстояние до оригинального отрезка и длину нового отрезка (рисунок 1.15).

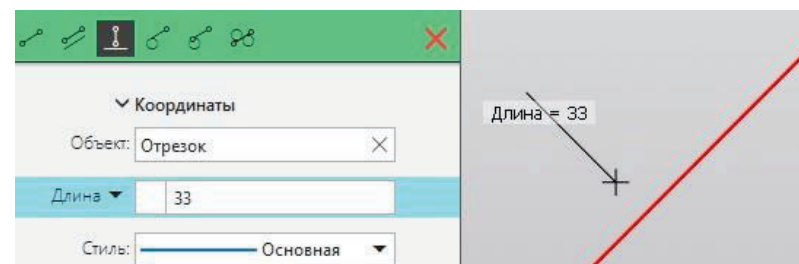


Рисунок 1.15 – Перпендикулярный отрезок

**1.4 Касательный отрезок через внешнюю точку.** Для использования команды «Касательный отрезок через внешнюю точку» необходимо выбрать окружность, скругление или часть дуги. Указать длину нового отрезка (рисунок 1.16).

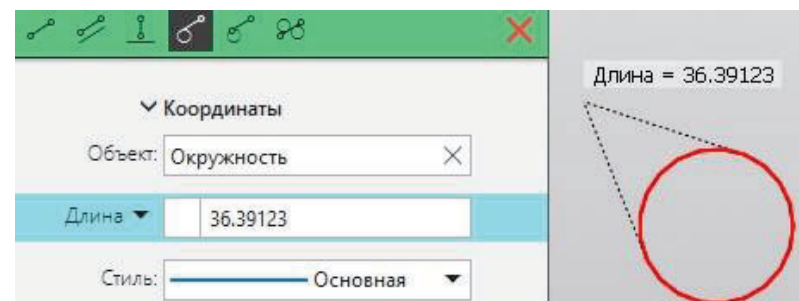


Рисунок 1.16 – Касательный отрезок через внешнюю точку

**1.5 Касательный отрезок через точку кривой.** Для использования команды касательный отрезок через точку кривой необходимо выбрать окружность, скругление или часть дуги. Указать длину нового отрезка (рисунок 1.17).

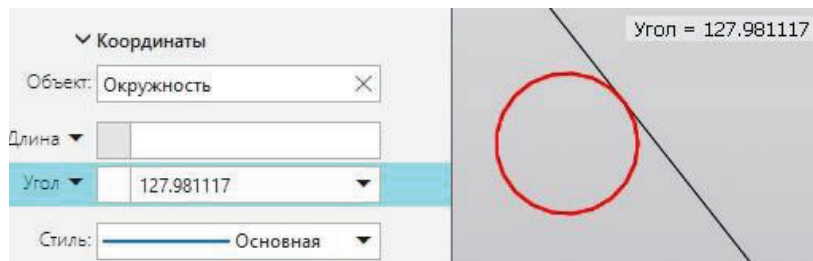


Рисунок 1.17 – Касательный отрезок через точку кривой

**1.6 Отрезок, касательный к двум кривым.** Используемая команда требует наличия двух кривых на листе эскиза. При выборе двух элементов кривых программа просчитывает возможные линии проведения (рисунок 1.18). После выбора нужная линия отобразится со всеми наложенными зависимостями (рисунок 1.19).

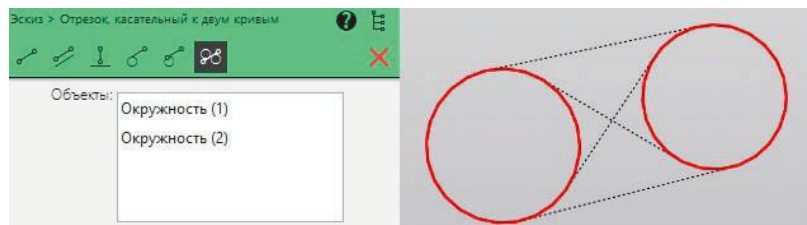


Рисунок 1.18 – Возможные линии проведения

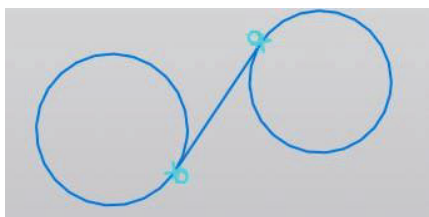


Рисунок 1.19 – Результат выполнения команды

В любой момент можно произвести редактирование объекта. Редактирование происходит двумя путями.

1 Прямое редактирование – перемещение контрольных точек на объекте позволяет произвести приблизительное редактирование (рисунок 1.20).

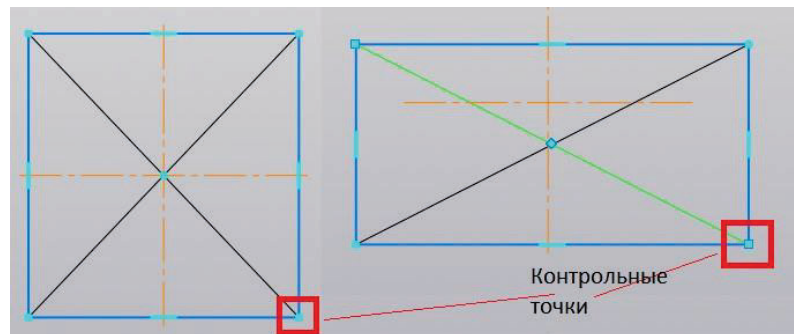


Рисунок 1.20 – Отображение и редактирование объекта

2 Редактирование свойств (параметров) объекта. При выборе объекта происходит вывод его основных параметров. Параметры объекта можно редактировать, как видно на рисунке 1.21.

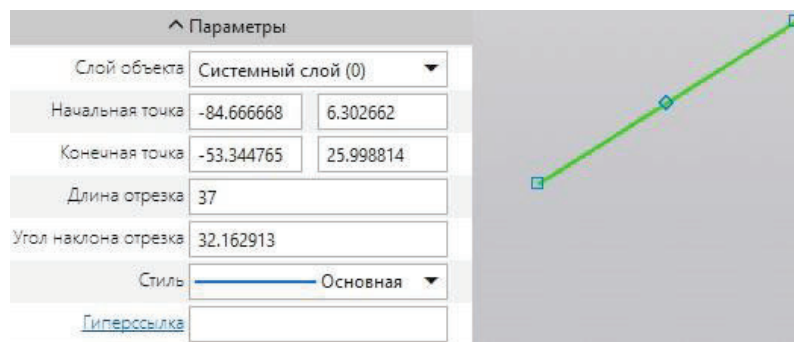


Рисунок 1.21 – Отображение параметров отрезка

**1.7 Автолиния.** Команда «Автолиния» позволяет создавать набор объектов отрезков / дуг окружностей. При этом объекты образуют цепочки (каждый последующий объект начинается с конца предыдущего).

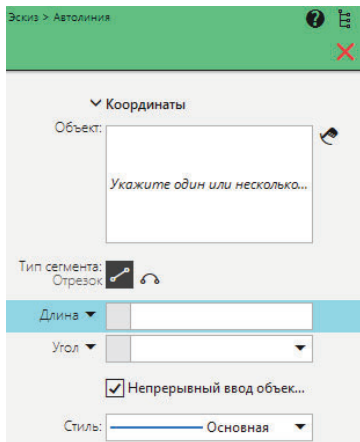


Рисунок 1.22 – Автолиния

Каждый объект автолинии можно размещать произвольно или подсоединять к уже существующим объектам эскиза / чертежа.

При выборе объекта для соотношения программа будет создавать объект, зависимый от объекта соотношения: параллельность, касательная, перпендикулярность (рисунок 1.22).

Включение функции «Непрерывный ввод объекта» (рисунок 1.23) позволяет включить цепное создание элементов. При включенном состоянии объекты строятся друг за другом таким образом, что конец первого объекта является началом для второго.

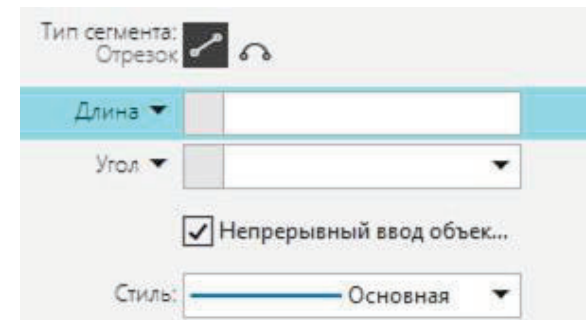
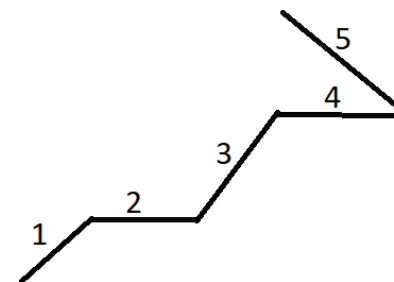


Рисунок 1.23 – Включение функции «Непрерывный ввод объекта»

**1.8 Задание для самоподготовки.**



Строим линии, не отрываясь от построения.

- 1 Длина 25; угол 45°.
- 2 Длина 15; угол 0°.
- 3 Длина 30; угол 75°.
- 4 Длина 20; угол 0°.
- 5 Длина 40; угол 150°.

**2 Прямоугольник.** Функция прямоугольника создает по набору координат и заданным параметрам прямоугольник (рисунок 1.24).

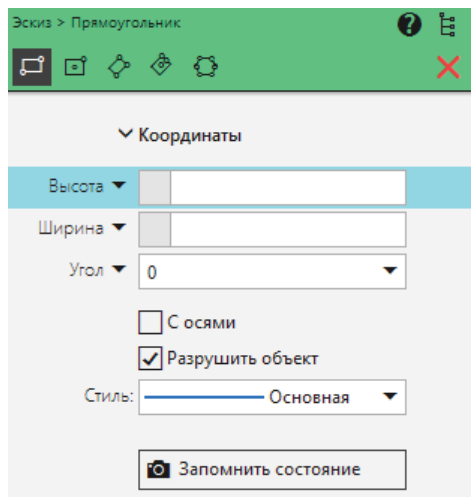


Рисунок 1.24 – Командная строка «Прямоугольник»

Функция «С осями» создает вспомогательные линии при создании объекта (рисунок 1.25).



Рисунок 1.25 – Включение функции «С осями»

Функция «Разрушить объект» разбивает ваш созданный объект на составляющие. Стороны прямоугольника разбиваются на отрезки (рисунок 1.26).

Видимость функции заметна только при выборе элемента.

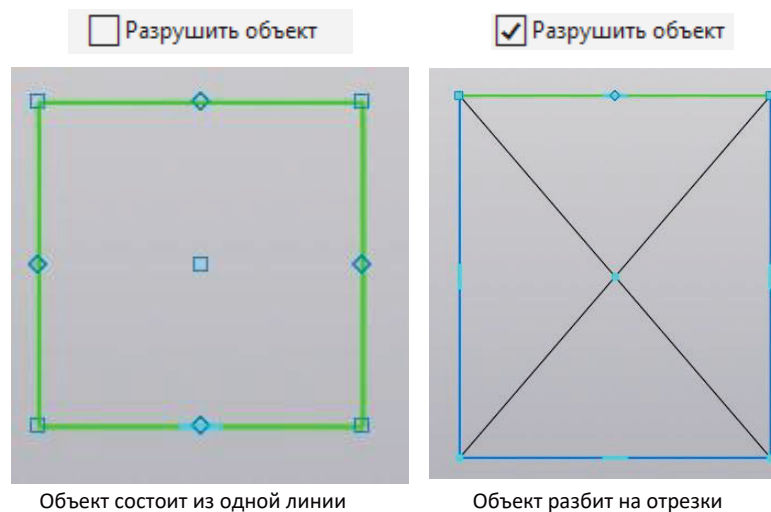


Рисунок 1.26 – Включение функции «Разрушить объект»

Рассмотрим варианты создания прямоугольника.

**2.1 Прямоугольник через две точки, прямоугольник по центру и вершине.** Способы создания прямоугольника указываем двумя контрольными точками:

- а) двух вершин при режиме «Прямоугольник» (рисунок 1.27);
- б) центра размещения прямоугольника и вершины в режиме «Прямоугольник по центру и вершине» (рисунок 1.28).

«Угол» – параметр, влияющий на угол поворота созданного объекта относительно системы координат.



«Прямоугольник»

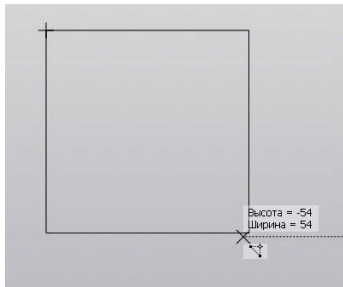


Рисунок 1.27 – Способ (а)

«Прямоугольник по центру и вершине»

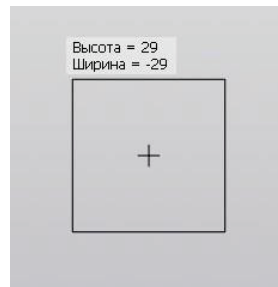


Рисунок 1.28 – Способ (б)

Угол поворота отображается в параметрах и может быть отредактирован (рисунок 1.29).

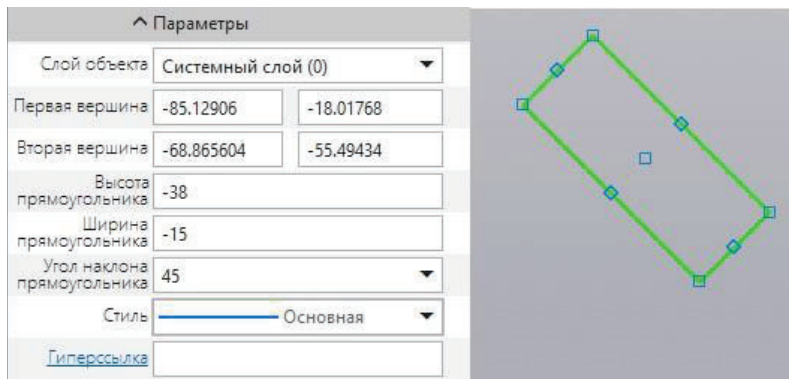


Рисунок 1.29 – Параметры прямоугольника при построении с углом поворота

**2.2 Прямоугольник по трем вершинам и прямоугольник по центру и двум вершинам.** Способы создания прямоугольника, указанием трех контрольных точек:

а) трех вершин при режиме «Прямоугольник по трем вершинам» (рисунок 1.30);

б) центра размещения прямоугольника, вершины по длине и вершине по ширине в режиме «Прямоугольник по центру и 2 вершинам» (рисунок 1.31).

«Прямоугольник по трем вершинам»

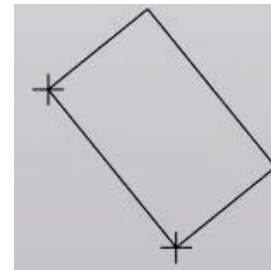


Рисунок 1.30 – Способ (а)

«Прямоугольник по центру и двум вершинам»

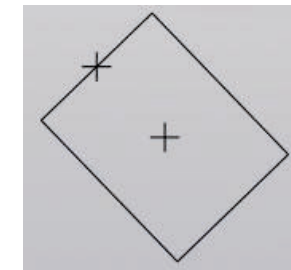


Рисунок 1.31 – Способ (б)

**3 Многоугольник.** Команда «Многоугольник» имеет внутри себя набор параметров (рисунок 1.32) для создания многоугольника, описанного / вписанного в окружность (рисунок 1.33).

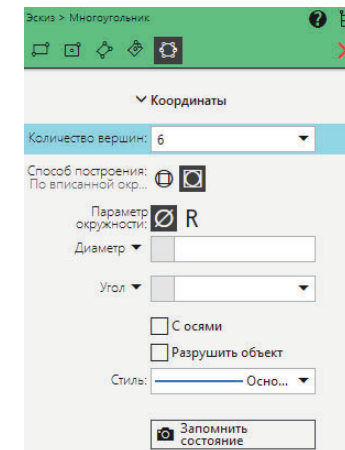


Рисунок 1.32 – Команда «Многоугольник»



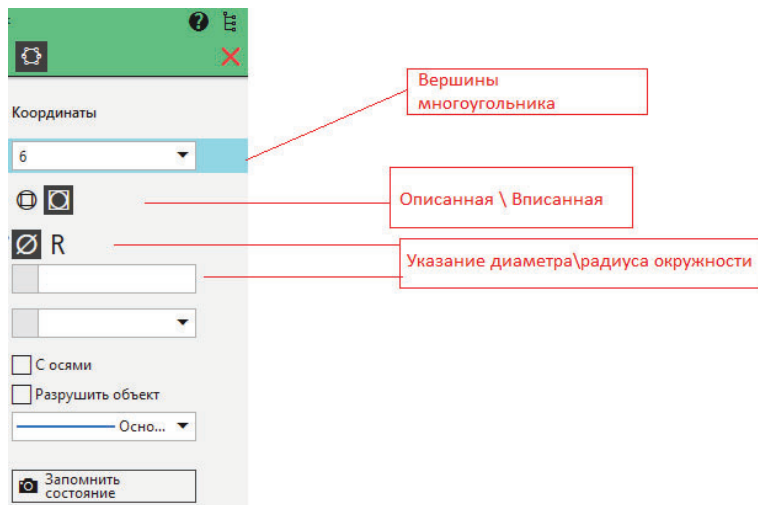


Рисунок 1.33 – Вводимые параметры команды «Многоугольник»

**4 Окружность.** Указанием центральной точки и диаметра / радиуса команда создает окружность с заданным параметром.

У команды «Окружность» есть функция «С осями», включающая режим создания вспомогательной геометрии (рисунок 1.34).

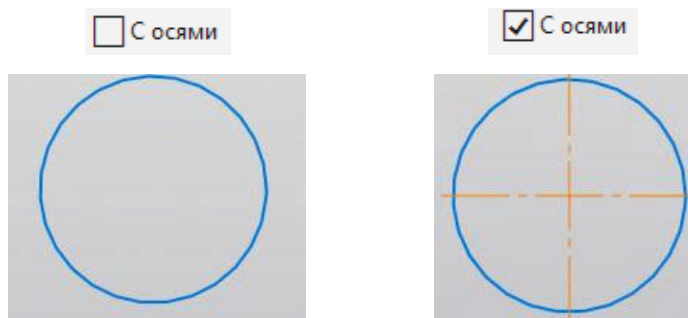


Рисунок 1.34 – Функция «С осями»

#### 4.1 Окружность через две точки, окружность через три точки.

Создание окружности происходит указанием контрольной точки (центра окружности, квадранта окружности), выбором отсчета (радиус / диаметр) (рисунок 1.35).

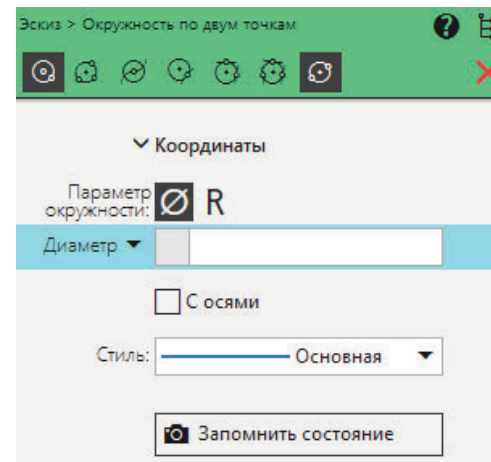


Рисунок 1.35

**4.2 Окружность касательная к кривой, к двум кривым, к трем кривым.** Для работы этих команд необходимо наличие кривой (окружности, сплайна<sup>1</sup>, дуги).

При создании элемента программа отобразит все основные элементы, а также варианты результатов. Пример построения этих команд представлен ниже.

При выборе кривых в параметрах команды программа покажет возможные расположения будущей окружности. После выбора расположения программа создаст окружность с зависимостями (рисунок 1.36).

<sup>1</sup> Сплайн – это кривая линия, проводимая между набором точек. Сплайн отличается от обычной прямой тем, что отрезки между точками скругляются, образуя кривую, которую можно настроить либо направлением уклона, либо расположением вершин (точек).

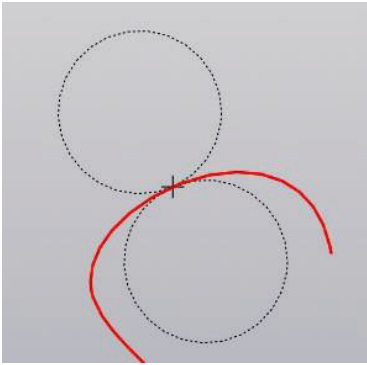


Рисунок 1.36 – Отображение возможных расположений окружности

**5 Дуга.** Создание дуги предполагает создание окружности определенного радиуса, после чего окружность срезается по заданным параметрам.

Обычная команда «Дуга» позволяет создать окружность, указать радиус / диаметр, а также создать два угла – начальный угол и конечный (рисунок 1.37).

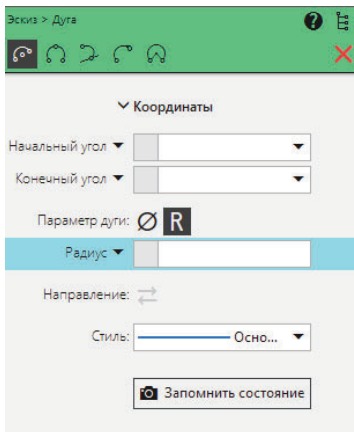


Рисунок 1.37 – Панель параметров инструмента «Дуга»

**5.1 Дуга по трем точкам.** В этой команде создание дуги обозначается тремя контрольными точками и позволяет создать дугу по высоте сегмента дуги (рисунок 1.38).

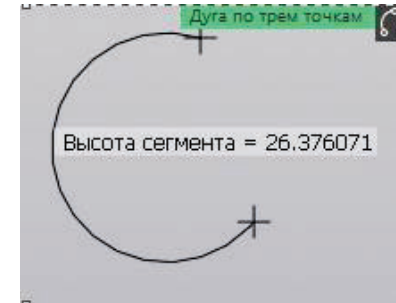


Рисунок 1.38 – Дуга по трем точкам

**5.2 Дуга по двум точкам.**

Создание дуги с использованием радиуса окружности и двух контрольных точек (рисунок 1.39).

Создание дуги этими командами позволяет создать дугу с использованием угла раствора окружности и направления угла (рисунок 1.40).

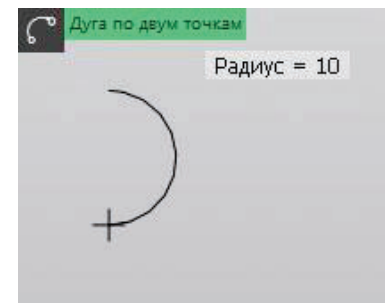


Рисунок 1.39 – Дуга по двум точкам

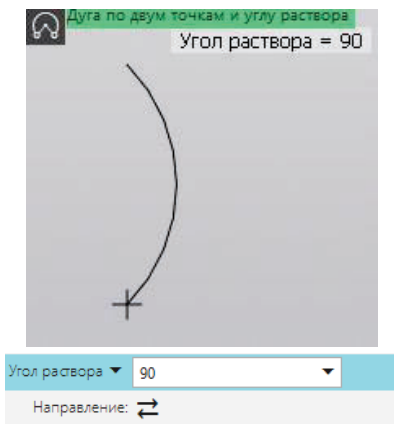


Рисунок 1.40 – Дуга по двум точкам и углу раствора

**6 Точка.** Команда «Точка» позволяет создать точку по координатам. Как и у других команд, у «Точки» есть несколько дополнительных функций.

**6.1 Точка по кривой.** Точка по кривой позволяет создать набор точек на уже готовом объекте эскиза. На выбранном объекте можно настроить количество «точек» и задать начальную точку отсчета (рисунок 1.41).

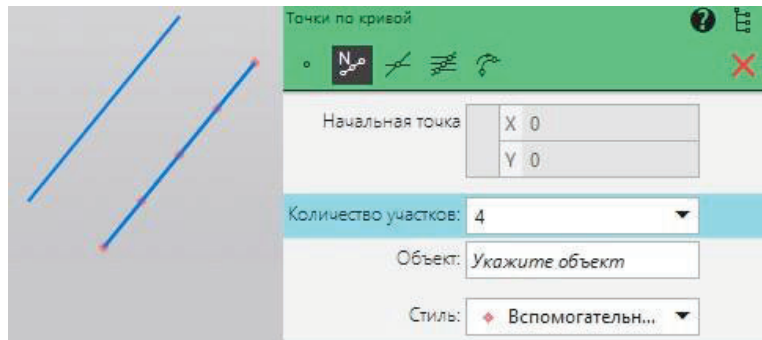


Рисунок 1.41 – Точки по кривой

**6.2 Точка пересечения двух кривых и все точки пересечения кривой.**

Для работы команды необходимо выбрать два объекта эскиза, после чего программа создаст точку в месте пересечения объектов (рисунок 1.42).

Для работы команды нужно выбрать один объект, после чего программа создаст точки на всей длине объекта в местах пересечения этого объекта с другими объектами эскиза (рисунок 1.43).

**7 Слайн по точкам.** Для создания слайна необходимо выбрать следующее.

1 Способ построения слайна:

- а) по линиям (соединение между точек прямыми линиями);
- б) по длине хорд;
- в) центростремительный (построение слайна с упором в центр скругления).

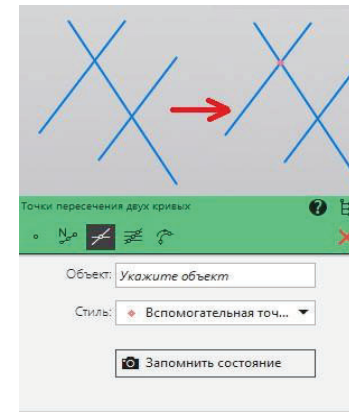


Рисунок 1.42 – Точка пересечения двух кривых

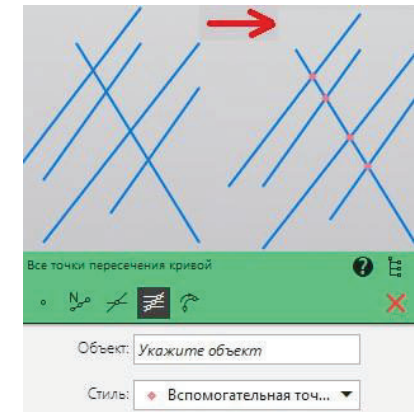


Рисунок 1.43 – Все точки пересечения кривой

2 Отображение координат всех точек слайна, а также расчет дополнительных параметров.

3 Ввод координат вручную (рисунок 1.44).

«Замкнуть кривую» – команда, завершающая построение возвратом в первую точку построения.

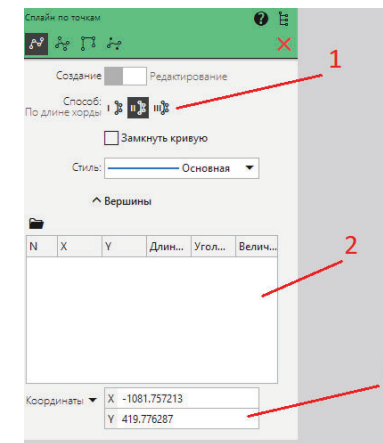


Рисунок 1.44 – Слайн по точкам

**8 Фаска / Фаска на углах объекта.** Для построения фаски (переходной кромки между двумя объектами чертежа) необходимо выбрать два отрезка и задать необходимые параметры в зависимости способа построения фаски.

На рисунке 1.45 изображен вариант построения фаски с использованием способа построения двух расстояний. На рисунке 1.46 изображено построение фаски с использованием длины и угла на отрезке.

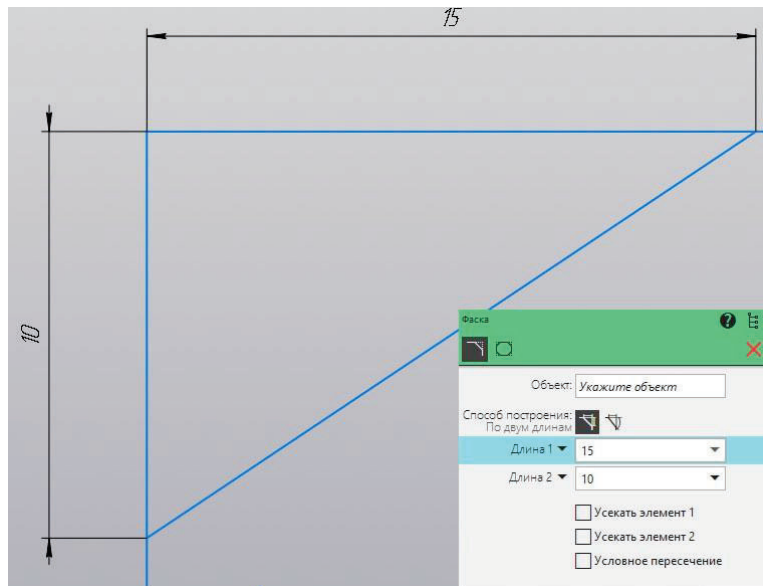


Рисунок 1.45 – Построение с помощью двух расстояний

Для упрощения построения в команде «Фаска» можно использовать дополнительные функции «Усечь» и «Условное пересечение».

Функция «Усечь элемент» удаляет остатки от отрезков после создания линии фаски.

Функция «Условное пересечение» отображает точку пересечения между отрезками после применения команды (рисунки 1.47).

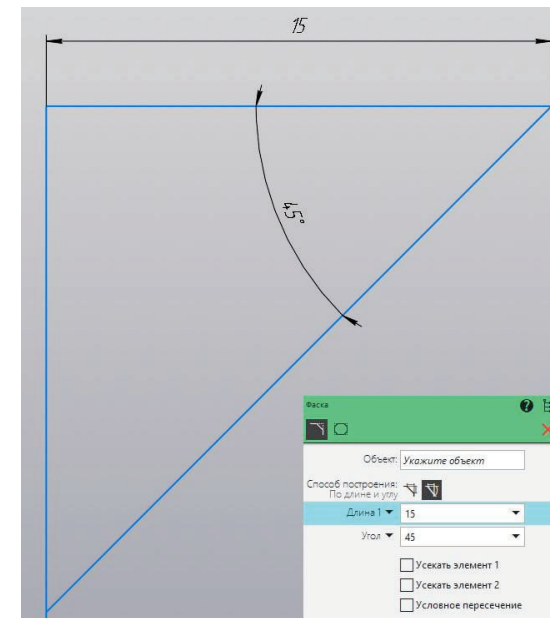


Рисунок 1.46 – Построение с помощью угла и длины

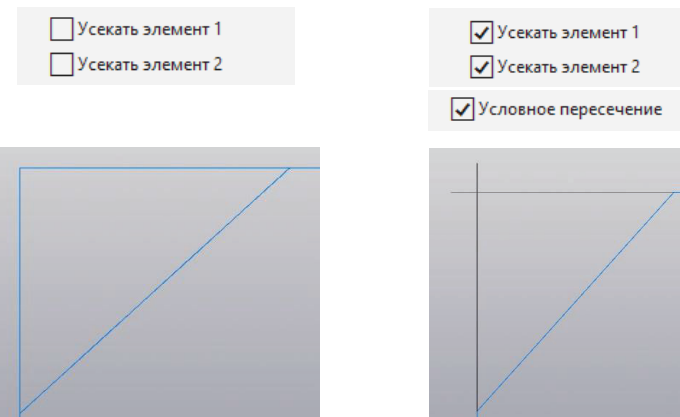


Рисунок 1.47 – Результаты изменения параметра команды фаска

**9 Скругление / Скругление на углах объекта.** Для построения скругления необходимо выбрать два отрезка и задать необходимые параметры.

На рисунке 1.48 изображен вариант построения скругления с указанием радиуса скругления.

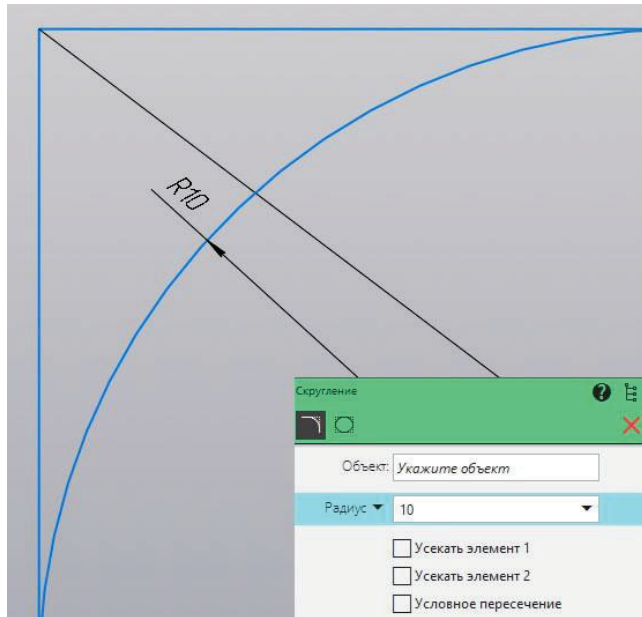


Рисунок 1.48 – Скругление объекта на чертеже

Для упрощения построения в команде «Скругление» можно использовать дополнительные функции «Усечь» и «Условное пересечение».

«Усечь элемент» удаляет остатки от отрезков после создания линии фаски (см. п. 8 «Фаска / Фаска на углах объекта»).

«Условное пересечение» отображает точку пересечения между отрезками после применения команды (см. п. 8 «Фаска / Фаска на углах объекта»).

**10 Эквидистанта.** Команда «Эквидистанта» позволяет нам создать подобие элемента на определенном расстоянии (рисунок 1.49).

Эквидистанта может быть применена ко всем геометрическим объектам на эскизе.

Внутри команды можно работать как с обычными линиями, так и собрать «контур» объекта, с которым вы хотите работать.

Для примера возьмем прямоугольник со сторонами 100×150.

На рисунке 1.49 можно увидеть обычное использование команды «Эквидистанта». Параметр «Отступ» обозначает расстояние от оригинала до новой копии объекта.

При включении режима «С двух сторон» программа создает копию объекта с каждой стороны оригинального элемента.

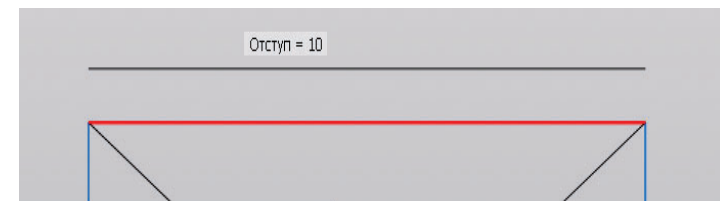
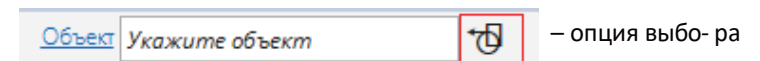


Рисунок 1.49 – Отображение результата работы команды «Эквидистанта»

При зажатой клавиши *CTRL* происходит расширение параметров функции, и ее можно настраивать (рисунок 1.50).

Если нам необходимо работать с замкнутыми линиями, то надо создать контур.



контур.

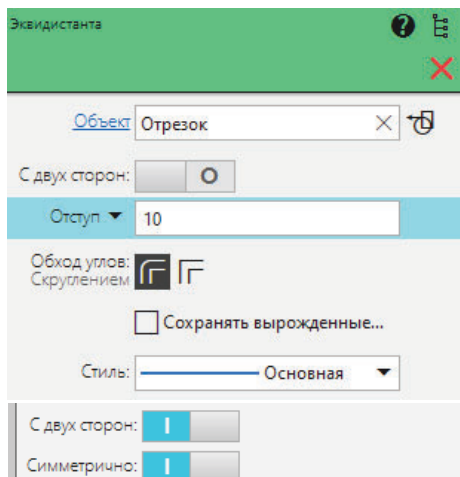


Рисунок 1.50 – Функция «Отступ»

Если выбрать отдельно наш контур отдельно по отрезкам, то результат функции эквидистанта будет выглядеть так, как представлено на рисунке 1.51.

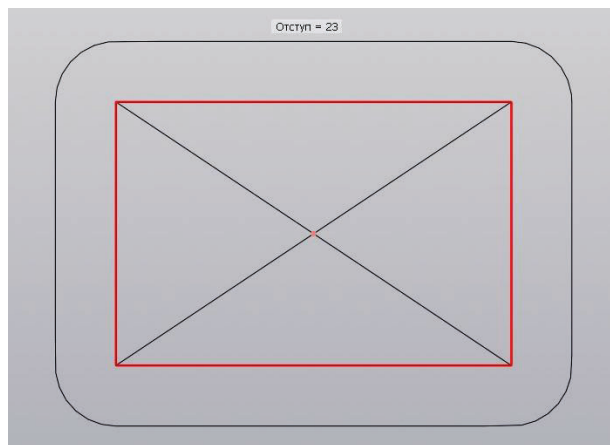


Рисунок 1.51 – Результат комбинации функций «Контур» и «Эквидистанта»

В качестве контура мы можем выбрать не все линии за раз, а только часть из них. При этом у нас есть параметры вывода результата со скруглением и ровными краями (рисунок 1.52).

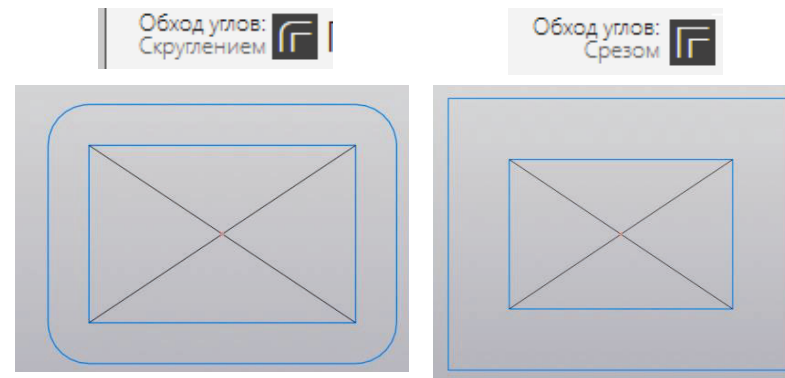


Рисунок 1.52 – Вывод результатов со скруглением и ровными краями

### Вопросы к Теме 1.3

- 1 В чем различие автолинии и обычного отрезка?
- 2 Какие элементы необходимы для создания отрезка?
- 3 Сколько всего элементов можно выбрать при использовании фаски?
- 4 Как построить окружность, касательную к трем кривым?
- 5 Можно ли выбрать вариант построения обычной окружности?

## Практическая работа к Теме 1.3 Создание эскиза на поверхности

Выполните построение эскизов на поверхности, используя элементы предыдущей темы.

**Задание 1.** Выполните построение, используя команды «Дуга» и «Отрезок» согласно рисунку 1.53.

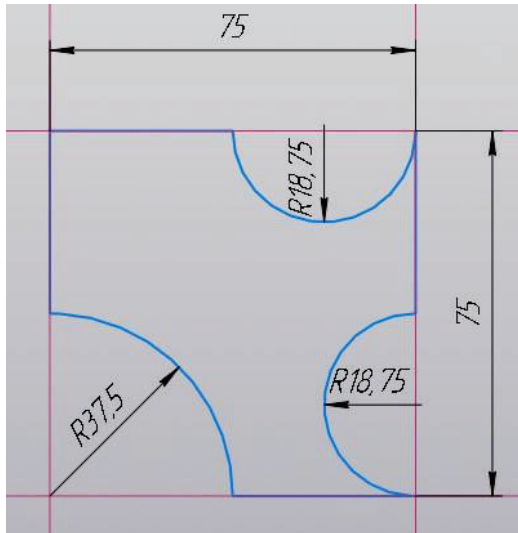


Рисунок 1.53 – К заданию 1

**Задание 2.** Выполните построение с использованием команд «Многоугольник», «Окружность через две точки», «Окружность, касательная к трем кривым» (рисунок 1.54).

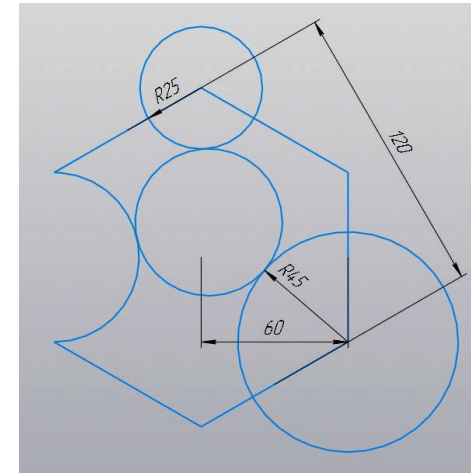


Рисунок 1.54 – К заданию 2

**Задание 3.** Выполните задание согласно рисунку 1.55.

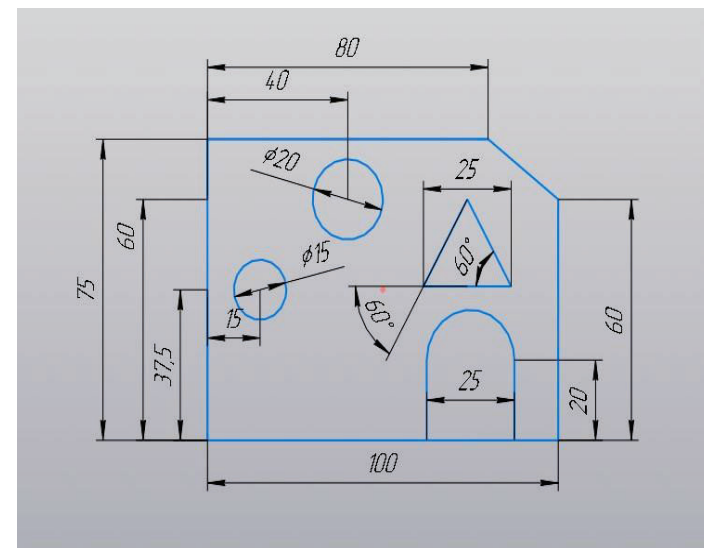


Рисунок 1.55 – К заданию 3

## Тема 1.4 Команды изменения геометрии, редактирование эскиза

В этой области располагаются вспомогательные команды для построения эскизов на плоскости, а также команды, взаимодействующие с другими объектами в проекте.

**1 Усечь кривую / Усечь кривую двумя точками.** Команда «Усечь кривую» позволяет удалить часть объекта, выбранного с помощью курсора. Части объектов удаляются согласно нескольким правилам.

1 Производится удаление только выбранного объекта.

2 Если объект пересекается с другими объектами, то удаляется только та часть, на которую *наведен курсор* (рисунок 1.56). Однако данное правило будет работать в обратную сторону, если выбрать соответствующий параметр.



Рисунок 1.56 – Команда «Усечь кривую»

Для усечения кривой двумя точками или обрезки ее в двух местах мы можем воспользоваться переключателем «Усечь кривую по двум точкам».

При этом смысл функции не меняется. Меняется только принцип выбора объектов: **выбор отрезка, который мы усекаем, – выбор точки начала обрезки – выбор окончания обрезки.**

**2 Удлинить до ближайшего объекта / выровнять по границе.** Команда «Удлинить до ближайшего объекта» позволяет нам в автоматическом режиме совершить выравнивание объектов относительно друг друга.

Необходимо только выбрать объект для удлинения.

Программа сама удлинит объект и высчитывает новую длину (рисунок 1.57).

Если необходимо удлинить объект несколько раз, нужно выполнить команду соответствующее количество раз (рисунок 1.58).

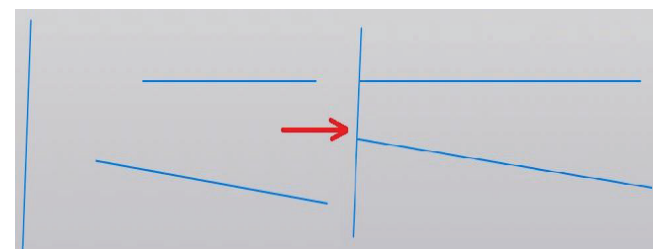


Рисунок 1.57 – Удлинение объекта

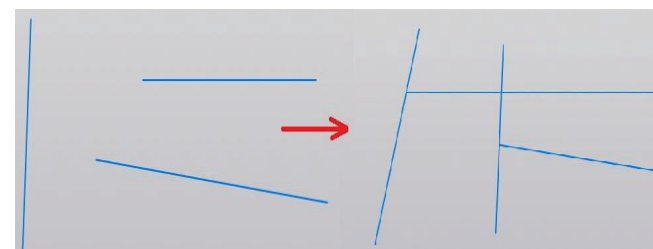


Рисунок 1.58 – Удлинение объекта несколько раз



Команда «Выровнять по границе» позволяет нам как обрезать кривую, так и удлинить ее сразу до нужного нам уровня. В качестве первого объекта мы выбираем «границу», по которой будет происходить выравнивание. После чего выбираем объекты, которые необходимо выровнять (рисунок 1.59).

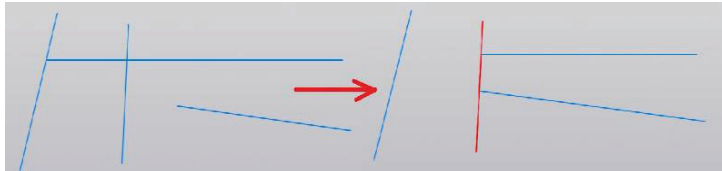


Рисунок 1.59 – Выравнивание по границе

**Важно!** При выборе объекта для обрезания остается та часть, которая выбрана с помощью курсора, из-за чего выравнивание по границе может выглядеть так, как представлено на рисунке 1.60 (ср. с рисунком 1.59).

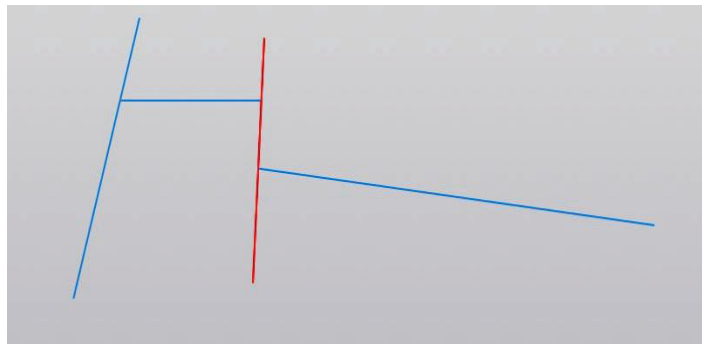


Рисунок 1.60 – Альтернативный вариант работы команды «Выровнять по границе»

**3 Команда «Повернуть».** Для команды «Повернуть» нам необходимо совершить выбор объектов эскиза, после чего выбрать контрольную точку поворота, относительно которой будет поворот (рисунки 1.61, 1.62).

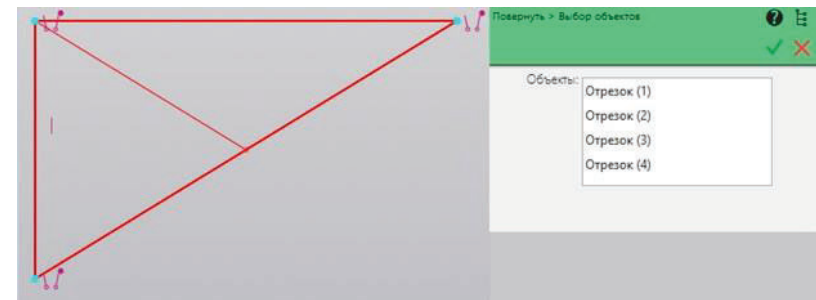


Рисунок 1.61 – Выбор объектов для поворота

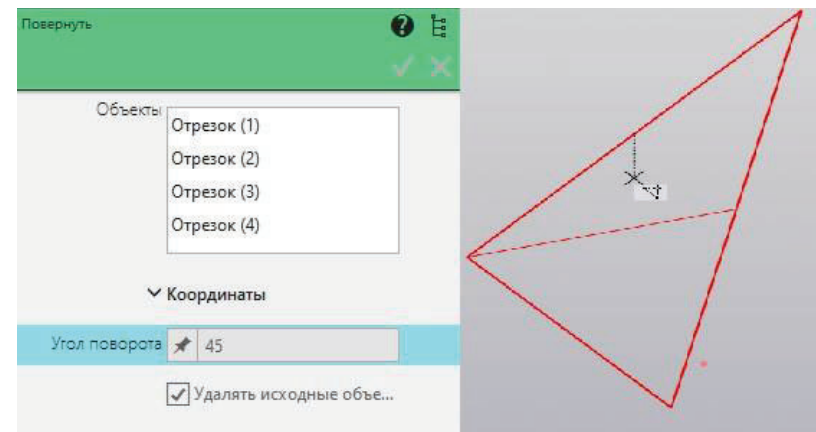


Рисунок 1.62 – Результат поворота объектов

**Важно!** Команда «Поворот» не работает при работе ограничений и зависимостей.

Чтобы команда «Поворот» и ей подобные продолжали свою работу, программа выдаст вам сообщение о перестройке эскиза (рисунок 1.63).

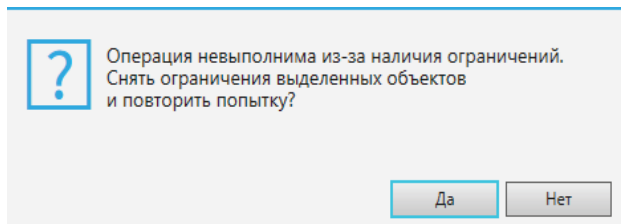


Рисунок 1.63 – Сообщение о наличии ограничений

Положительный ответ задействует команду редактирования и перестроит эскиз.

Если вам необходимы зависимости, то не выбирайте положительный ответ.

**4 Команда «Переместить».** Для команды «Переместить» нам необходимо совершить выбор объектов эскиза, после чего выбрать контрольную точку перемещения, относительно которой будет перемещение (рисунки 1.64, 1.65).

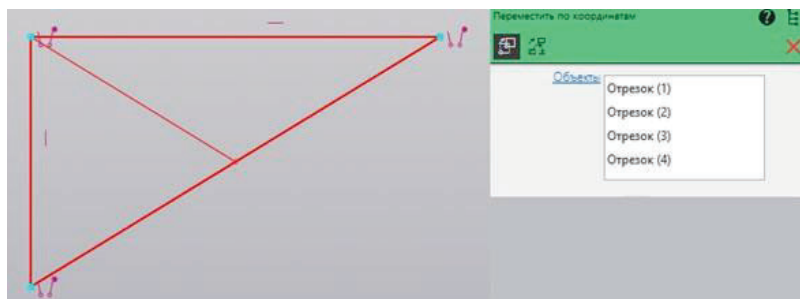


Рисунок 1.64 – Выбор объектов для перемещения

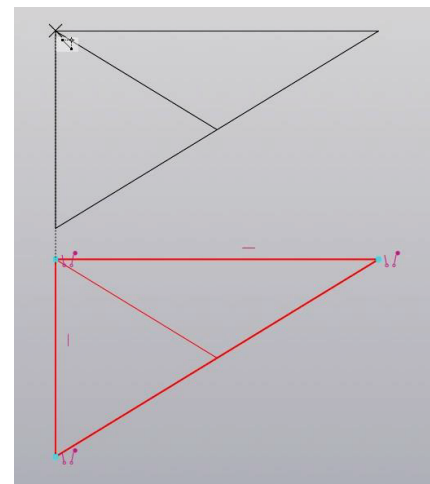


Рисунок 1.65 – Результат команды «Перемещение»

**Важно!** Функция  Удалять исходные объ... («Удалять исходные объекты») удаляет первоначальный объект для перемещения.

Команда «Перемещение» может не работать при работе ограничений и зависимостей.

Чтобы команда «Перемещение» и ей подобные продолжали свою работу, программа выдаст вам сообщение о перестройке эскиза (рисунок 1.66).

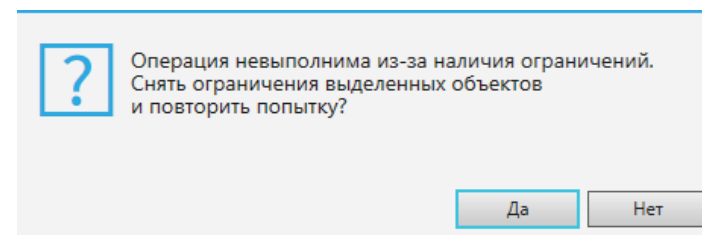


Рисунок 1.66 – Сообщение о наличии ограничений

Положительный ответ задействует команду редактирования и перестроит эскиз.

Если вам необходимы зависимости, то не выбирайте положительный ответ.

**5 Команда «Зеркально отразить».** Команда «Зеркальное отражение» позволяет копировать объект с поворотом относительно «зеркальной» оси.

Для команды «Зеркальное отражение» нам необходимо совершить выбор объектов эскиза, после чего создать линию симметрии (зеркала) для создания зеркального отражения (рисунки 1.67, 1.68).

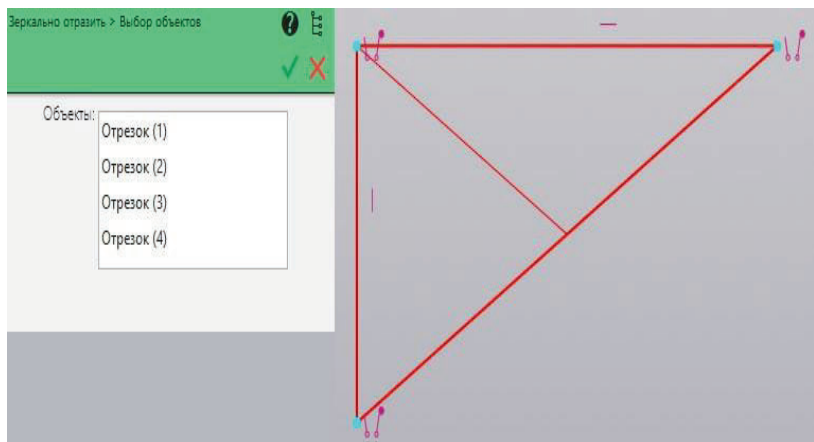


Рисунок 1.67 – Выбор объектов для «Зеркального отражения»

**Зеркально отразить тексты** – функция, накладывающая команду «Зеркальное отражение» на текст и формулу.

В обычном режиме ориентация текста остается без изменений.

**Важно!** Функция  **Удалять исходные объ...** («Удалять исходные объекты») удаляет первоначальный объект.

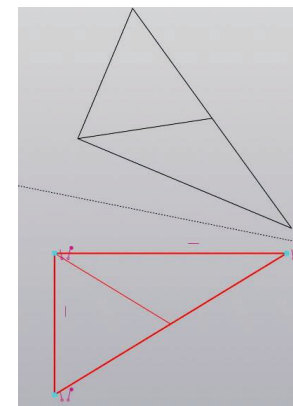


Рисунок 1.68 – Отображение «Зеркального отражения»

**6 Команда «Масштабирование».** Команда «Масштабирование» позволяет копировать объект с увеличением размера объекта относительно осей.

Для команды нам необходимо совершить выбор объектов эскиза, после чего указать коэффициент масштабирования для создания копии объекта.

Чтобы программа начала расчет, необходимо выбрать «контрольную точку», относительно которой будет происходить увеличение (рисунок 1.69).

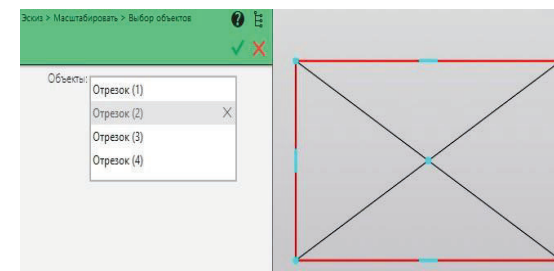



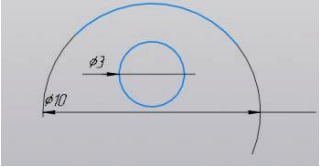

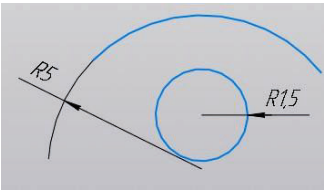

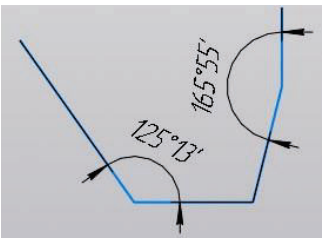
Рисунок 1.69 – Выбор объектов для редактирования

**7 Установка размеров.** В программе «Компас» существует большое количество функций для расстановки и создания размерных линий и аннотаций (таблица 1.9).

Таблица 1.9 – Установка размеров в программе

Название размера	Результат
 – авторазмер позволяет расставить все основные виды размеров, на основании выбранных объектов. Можно получить все виды размеров. Выбор объектов осуществляется нажатием курсора или выбором нескольких объектов с использованием комбинации <i>Shift</i> + нажатие курсора. В настройках размера можно указать стиль отображения (стиль отображает размерность размера, а также вид и размер выносных элементов), а также уровень взаимодействия с другими размерами (рисунок 1.70)	 <p>Рисунок 1.70 – Авторазмер</p>
 – линейный размер (рисунок 1.71) позволяет выставить размер по линии. Для выставления размера указываются начальные точки и точка расположения размера.	
 – расстановка размера от общей базы позволяет выставить размер от уже существующей линии размера.	
 – линейный размер цепью позволяет расставить цепь из размеров, необходимую при построении размеров по ГОСТ.	
 – размер от отрезка до точки позволяет ограничить выбор объектов для расстановки размера. В настройках размера можно указать стиль отображения (стиль отображает размерность размера, а также вид и размер выносных элементов), а также уровень взаимодействия с другими размерами	<p>Рисунок 1.71 – Примеры расстановки линейного размера</p>

Продолжение таблицы 1.9

Название размера	Результат
 – диаметральный размер. Установка размера с указанием диаметра. В настройках размера можно указать стиль отображения (стиль отображает размерность размера, а также вид и размер выносных элементов), а также уровень взаимодействия с другими размерами (рисунок 1.72)	 <p>Рисунок 1.72 – Диаметральный размер</p>
 – радиальный размер (рисунок 1.73). Установка размера с указанием радиуса. В настройках размера можно указать стиль отображения (стиль отображает размерность размера, а также вид и размер выносных элементов), а также уровень взаимодействия с другими размерами. Второй вид отображения – это размер с изломом. Излом выставляется после выбора объекта для команды размера	 <p>Рисунок 1.73 – Радиальный размер</p>
 – угловой размер (рисунок 1.74). Установка углового размера с выбором двух отрезков или вспомогательных линий. В настройках размера можно указать стиль отображения (стиль отображает размерность размера, а также вид и размер выносных элементов), а также уровень взаимодействия с другими размерами.	 <p>Рисунок 1.74 – Угловой размер</p>

### Окончание таблицы 1.9


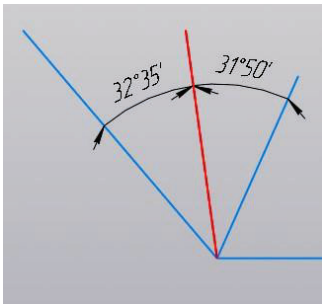


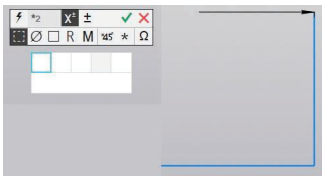
Название размера	Результат
 – расстановка размера от общей базы позволяет выставить размер от уже существующей линии размера. – размер цепью позволяет расставить цепь из размеров, необходимую при построении размеров по ГОСТ	 <p>Рисунок 1.74 – Угловой размер</p>
 /  / Линейный размер с обрывом / угловой размер с обрывом (рисунок 1.75). Выставка размера с указанием только одной выносной стрелки и указанием текста в настройках команды. Функция позволяет внести свой текст с указанием основных элементов и добавлением символов	 <p>Рисунок 1.75 – Линейный размер</p>



Рисунок 1.76 – Зависимость «Параллельность»

**8 Ограничения.** Каждый элемент эскиза обладает определенными свойствами, и эти свойства можно в любой момент изменить или добавить новые.

Команды «Ограничения» накладывают геометрические ограничения на элементы эскиза.

Каждое ограничение работает в связке с остальными, поэтому может отключать и связывать элементы эскиза с определенными объектами. На рисунке 1.76 можно увидеть результат наложения зависимости «Параллельность».

**Важно!** При наложении зависимостей нужно обратить внимание на выбор объектов.

**9 Диагностика.** Команды этого набора позволяют отображать элементы эскиза, отображающие параметры.

При работе с командами диагностики будет выводиться набор параметров в зависимости от выбранной команды (рисунок 1.77).

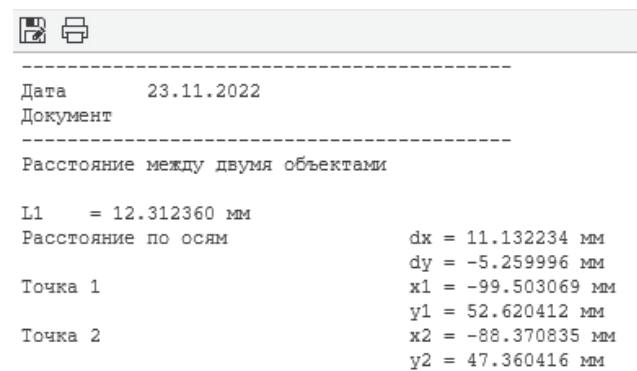


Рисунок 1.77 – Команда «Диагностика»

**Важно!** При использовании некоторых команд программа может запускать математический модуль. Например, при расчете площади объектов можно выводить сумму площадей определенных фигур (рисунок 1.78).

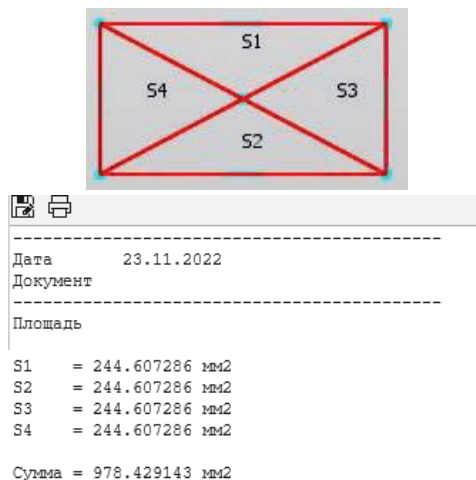


Рисунок 1.78 – Математический модуль

**10 Инструменты.** Команда «Подобие объекта» работает по принципу команды «Эквидистанта» (Тема 1.2, п. 10).

Принцип работы команды не изменился: Выбор объекта – Указание дистанции – вывод элемента (рисунок 1.79).

Параметр «Отступ» обозначает расстояние от оригинала до новой копии объекта.

При включении режима «С двух сторон» программа создает копию объекта с каждой стороны оригинального элемента.

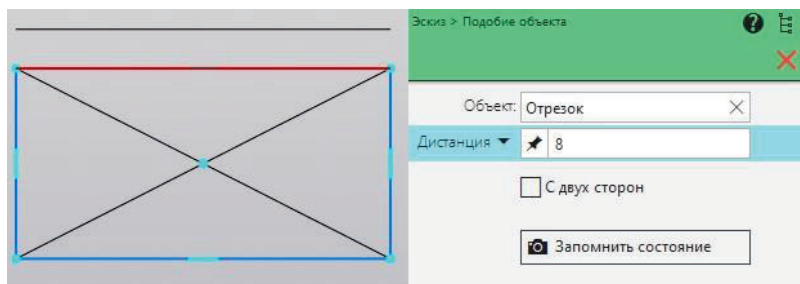


Рисунок 1.79 – Команда «Подобие объекта»

«Проверка замкнутости» – команда, необходимая для создания и работы с твердотельными объектами. Для того чтобы команда создавала объект по эскизу, очень часто необходимо, чтобы эскиз был замкнут, образуя поверхность. На рисунке 1.81 можно увидеть использование команды и отображение незамкнутых сегментов.

При использовании команды отображается сообщение (рисунок 1.80).

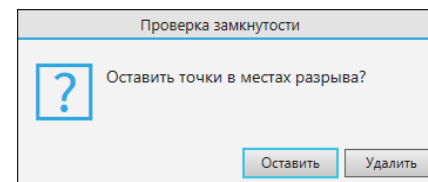


Рисунок 1.80 – Сообщение команды «Проверка замкнутости»

Создание точек позволяет заметить места разрыва.

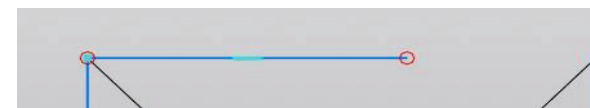


Рисунок 1.81 – Отображение работы команды «Проверка замкнутости»

### Вопросы к Теме 1.4

- 1 Как инструменты редактирования влияют на объекты с ограничениями?
- 2 Сколько объектов эскиза можно выбрать командой «Подобие»?
- 3 Как называется команда универсальной установки размеров?
- 4 Какие параметры выводит диагностика?
- 5 Какой инструмент поможет в определении замкнутых линий?

## Тема 1.5 Элементы твердого тела

Создав элементы, можно накладывать команды для создания и редактирования «твердого тела».

Для использования всех команд создания твердого тела необходимо иметь эскиз, замкнутую поверхность или твердое тело.

**1 Элемент выдавливания / вращения по траектории / по сечениям.** На рисунке 1.82 можно увидеть список основных параметров для элементов выдавливания / вращения по траектории / по сечениям.

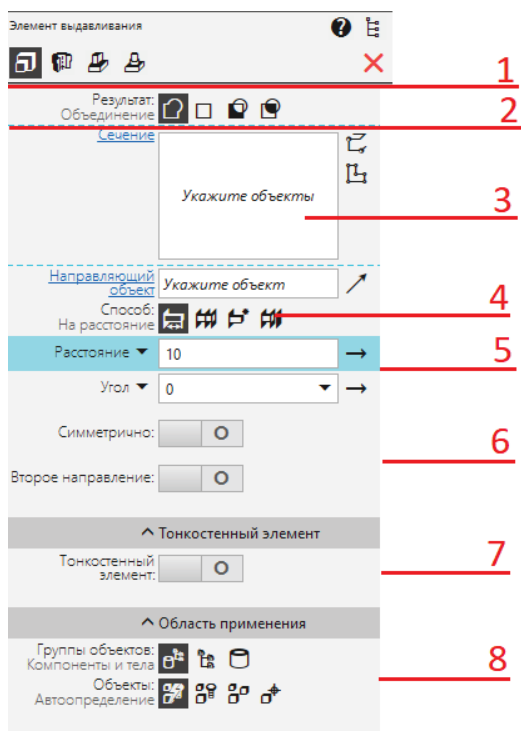


Рисунок 1.82 – Список основных параметров для элементов выдавливания / вращения по траектории / по сечениям

1 Параметр команды позволяет выбрать между элементом выдавливания, или вращения по траектории, или по сечениям.

Ниже на рисунках 1.83, 1.84 видно различие между параметрами команды «Выдавливание».

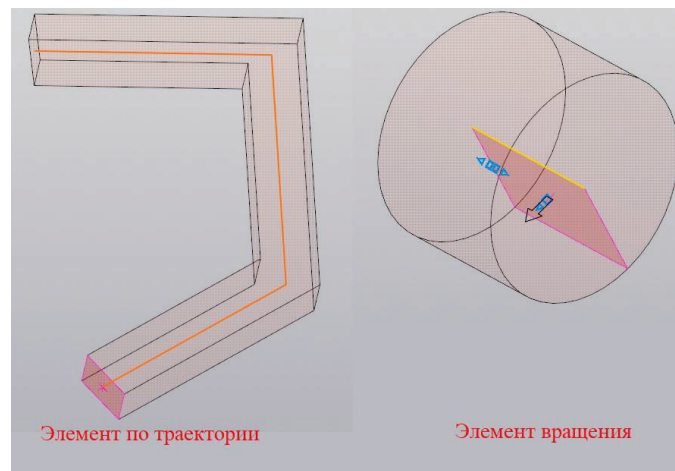


Рисунок 1.83 – Создание элемента по траектории и вращением

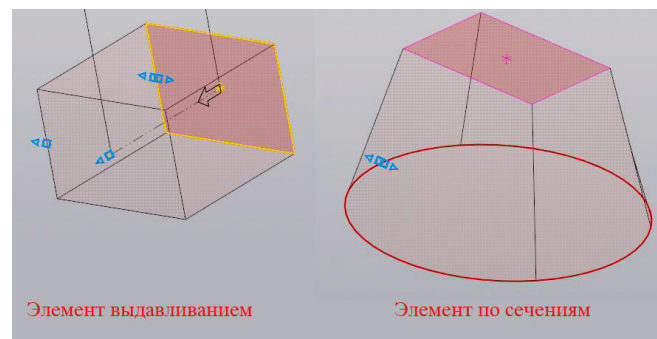
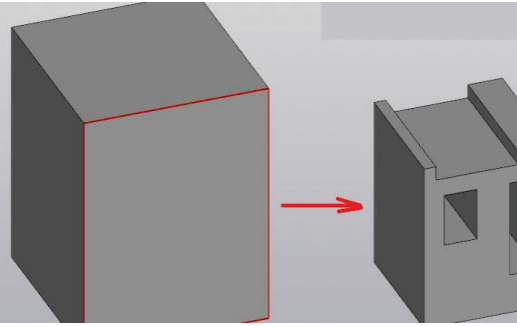
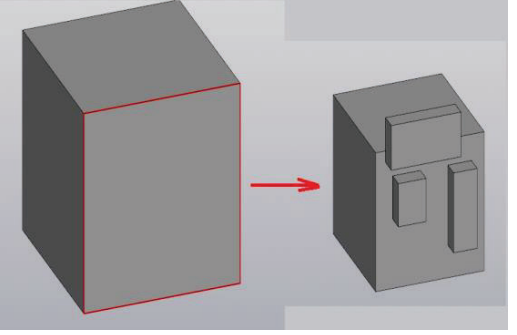
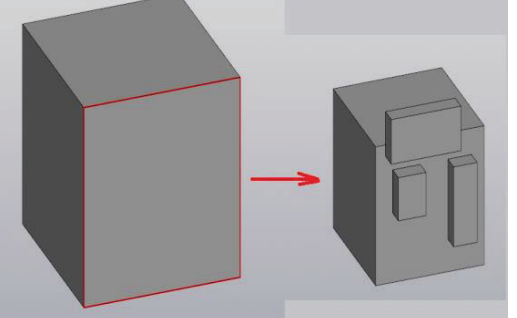


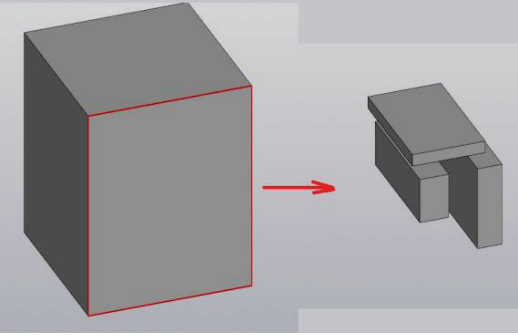
Рисунок 1.84 – Создание элемента выдавливанием и по сечениям

2 Разницу между логическими выводами команды можно увидеть в таблице 1.10.


Таблица 1.10 – Логические выводы команды


	<p>Операция «Вычитание» (вычитание набора объектов из другого объекта)</p>
	<p>Операция – «Объединение» (объединение двух элементов в новый элемент)</p>
	<p>Операция «Новое тело» создаст на месте объектов новые тела. Если объекты пересекаются по настройкам команды, то они будут пересекаться физически.</p>

Окончание таблицы 1.10


	<p>Операция «Пересечение» (оставляет только часть, общую для выбранной группы элементов)</p>
---	--


3 Указание объектов эскизов и поверхностей для команды. Объекты можно удалить из списка при неверном выборе. Программа будет указывать номера и описание объектов в команде.

 – позволяет создавать новый контур, если команда не определяет его.


 – позволяет создать новый эскиз со всеми основными настройками.

4 Установка параметра расстояния в зависимости от выставленного параметра будет изменяться (п. 5).

 – на расстояние. При выборе параметра «выдавливание на расстояние» для создания объекта необходимо указать расстояние, на которое объект будет выдавлен / перемещен. На рисунке 1.85 можно увидеть результат.

 через все – в основном используется при выборе параметров «Вычитание» и «Пересечение». Команда проводит расстояние через все объекты.

5 Указание расстояния и угла созданного объекта для команды. В зависимости от п. 4 изменяются вводимые параметры:

 кнопка позволяет сменить направление, в которое будет произведено построение.



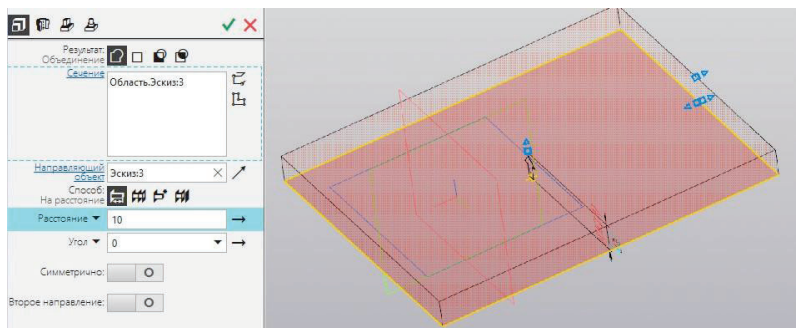


Рисунок 1.85 – Результат применения параметра «на расстояние»

**Важно!** Если объектов на пути нет, программа выдаст ошибку создания команды (рисунок 1.86).

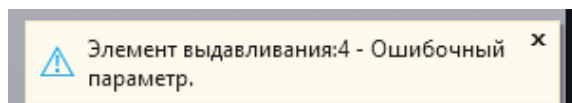


Рисунок 1.86 – Сообщение об ошибочном параметре

– до объекта. Параметр позволяет вам выбрать объект, до которого будет работать команда «Объект».

**Важно!** Объект может не располагаться в зоне пересечения создаваемого объекта. Команда рассчитывает расстояние до ПЛОСКОСТИ.

На рисунке 1.87 можно увидеть результат построения с параметром.

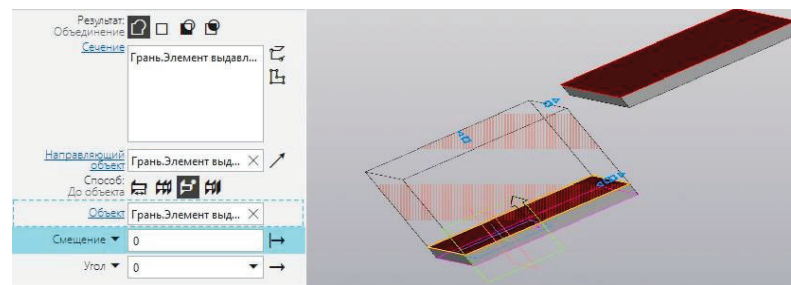


Рисунок 1.87 – Результат построения с параметром «до объекта»

– до ближайшей поверхности. Параметр высчитывает ближайшее пересечение с плоскостью (считаются ближжайшие!). На рисунке 1.88 можно увидеть результат построения с этим параметром.

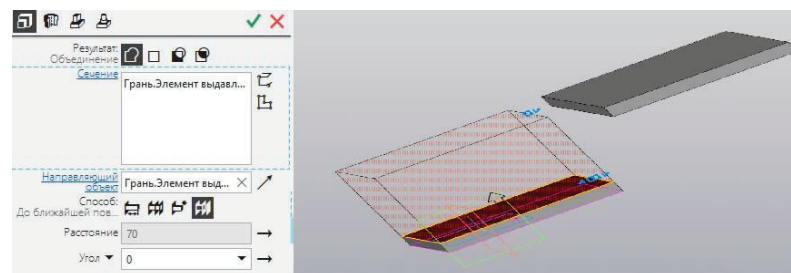
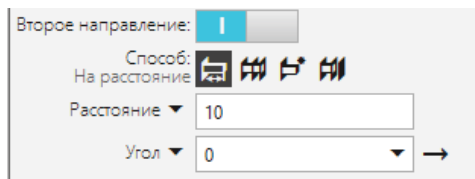


Рисунок 1.88 – Результат построения с параметром «до ближайшей поверхности»

6 Параметры в этой области отвечают за создание второго направления создания элемента.

– копирует свойства расстояния и угла, создавая симметричное направление в противоположную сторону от основного.



– создание второго

направления со своими параметрами, расстоянием и настройками.

7 Расчет тонкостенного элемента. При обычном создании элемента создается твердый объект. Если включить тонкостенный элемент, то программа создаст оболочку, в которой можно указать толщину стенки. На рисунке 1.89 можно увидеть результат построения.

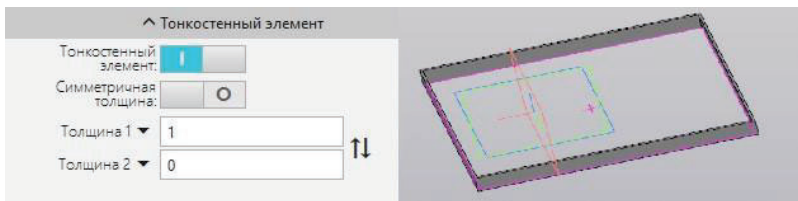


Рисунок 1.89 – Результат построения тонкостенного объекта

**Важно!** При работе с незамкнутыми эскизами (Тема 1.4 «Инструменты») команда будет автоматически включать режим «Тонкостенный элемент», так как по-другому не сможет просчитать создание элемента.

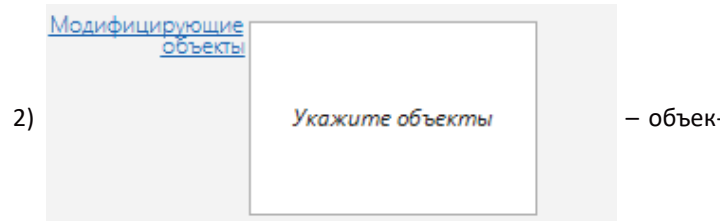
8 Выставление этого параметра (**область определения**) определяет, какие элементы проекта будут взаимодействовать с командой.

**2 Булева операция.** «Булева операция» – команда, встроенная во все команды «Элемент».

Внутри команды есть три логических операции, которые вы можете увидеть в п. 1 Темы 1.5 «Элементы твердого тела».

Для работы булевой операции необходимо выбрать два типа объектов:

1) **Базовый объект** *Укажите объект* – основной объект для применения логической операции. Именно от этого объекта будет производиться вычитание, отсчитываться пересечение и объединение;



2) **Модифицирующие объекты** *Укажите объекты* – объекты, которые будут применяться к основному телу во время логического расчета.

На рисунке 1.90 можно увидеть работу команды.

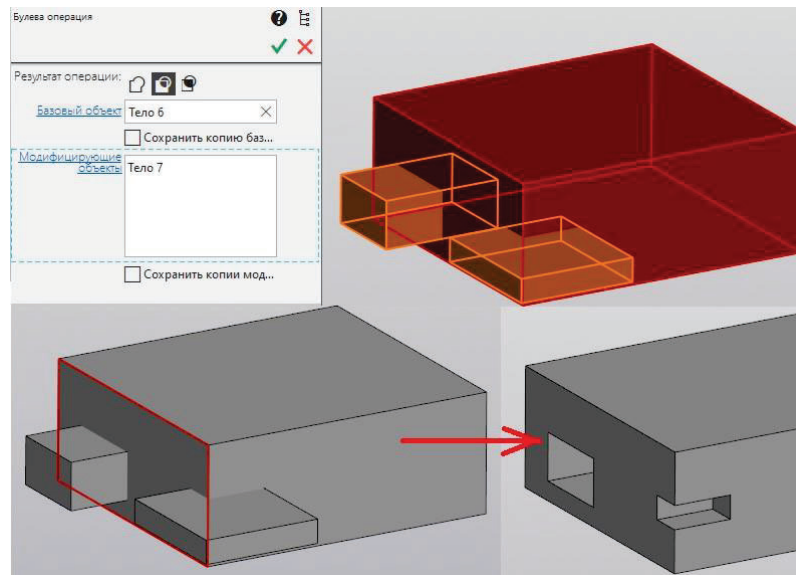
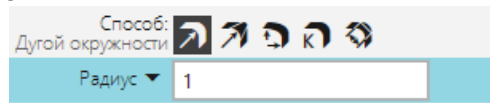


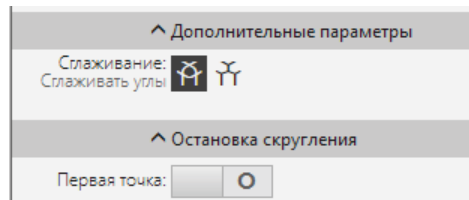
Рисунок 1.90 – Результат использования команды «Вычитание»

**3 Фаска / Скругление.** Для работы команды необходимо выбрать ребро / поверхность для создания автоматической фаски / скругления.



– в параметрах

мы можем указать радиус скругления, а также тип отсчета для скругления.



В дополнительных свойствах можно указать вид расчета сглаживания углов скругления или добавить точку для остановки скругления. Пример можно увидеть на рисунке 1.91.

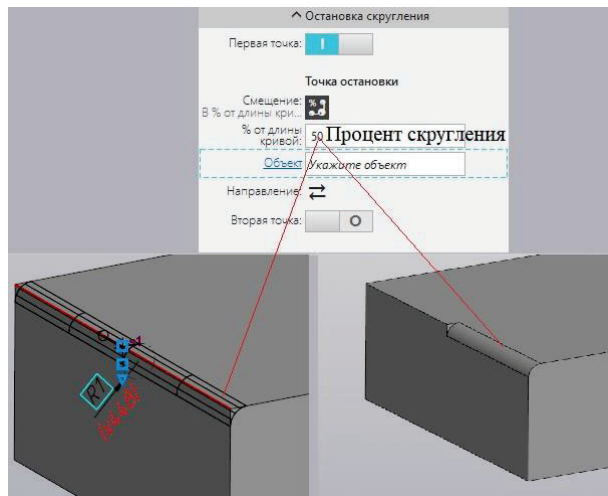


Рисунок 1.91 – Результат применения сглаживания с точной остановки скругления

Для построения фаски используется тот же набор параметров для создания, как и в Теме 1.3 «Создание эскиза».

Фаска создается с использованием либо по двух сторон, либо угла и стороны.

**4 Полное скругление.** Для создания полного скругления необходимо выбрать последовательно три объекта: две боковые грани и центральную грань. На рисунке 1.92 можно увидеть пример выбора.

После выбора объектов программа удалит центральную грань, создав на ее месте скругление таким образом, чтобы боковые грани соединялись в центре центральной грани.

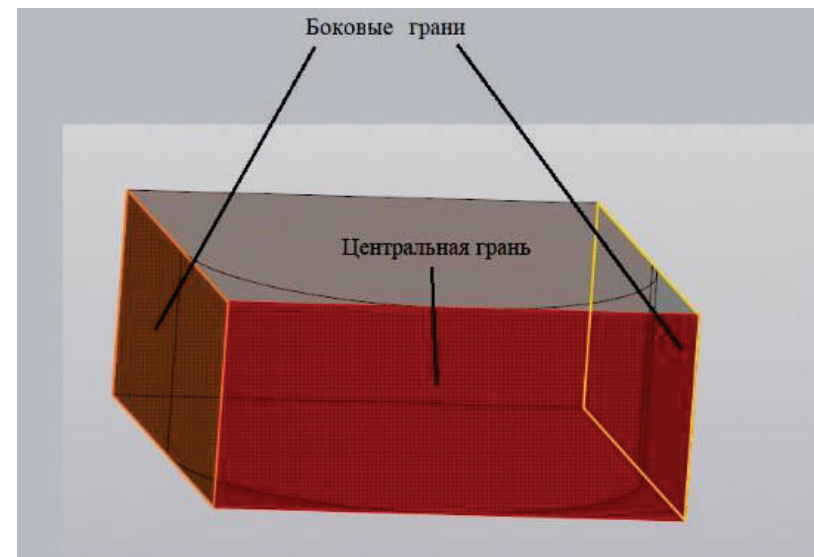





Рисунок 1.92 – Полное скругление

**5 Отверстие.**

 – набор команд «Отверстие» включает в себя создание отверстия по ГОСТ или загрузку на-строек из специального файла  («Отверстие из библиотеки»).

Основные параметры для создания отверстия – поверхность и точка привязки отверстия (может выступать любая точка на поверхности).

Резьба:  – в качестве дополнительного параметра

для расчета модели выступает создание резьбы на отверстиях.

Установка резьбы включает в себя выбор стандарта или загрузку из специального файла. Диаметр резьбы и шаг можно как установить, так и задать из ГОСТ.

Как и в элементах, есть вариант выбора глубины отверстия (на длину, через все, до объекта).

Дополнительные параметры отверстия включают в себя зенковку и выбор формы дна отверстия.

Зенковка – это создание углубления в отверстии для повышения качества соединения.

**Важно!** При установке глубины «Через все» данные параметры могут не отображаться на итоговом элементе.

Для расчета точки размещения отверстия используются два направления на поверхности.

Программа выбирает два ребра (которые можно изменить для удобства отсчета), и относительно этих ребер и расстояний (рисунок 1.93) производится построение отверстия.

Рисунок 1.93 – Построение отверстия

## Вопросы к Теме 1.5

- 1 Сколько видов операции для создания элемента вы знаете?
- 2 В чем разница между командами «Элемент по траектории» и «Элемент по сечениям»?
- 3 Какие типы объектов подходят для создания элементов?
- 4 Как работает параметр «тонкостенный элемент»?
- 5 Сколько можно создать фасок / скруглений на объекте?

## Практическая работа к Теме 1.5 Пошаговое создание детали в системе «Компас»

**Задание 1.** Пошаговый разбор создания детали в программе. В качестве примера проекта воспользуемся чертежом на рисунке 1.94.

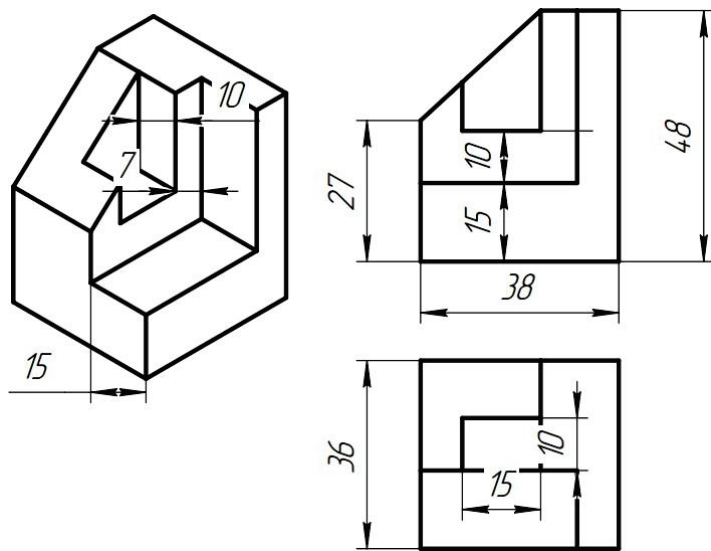


Рисунок 1.94 – К заданию 1

1 Для создания модели первым делом создадим эскиз на боковой поверхности (рисунок 1.95).



Рисунок 1.95 – Выбор команды эскиз

2 На поверхности эскиза с помощью команды «Отрезок» создаем боковую проекцию фигуры (рисунок 1.96).

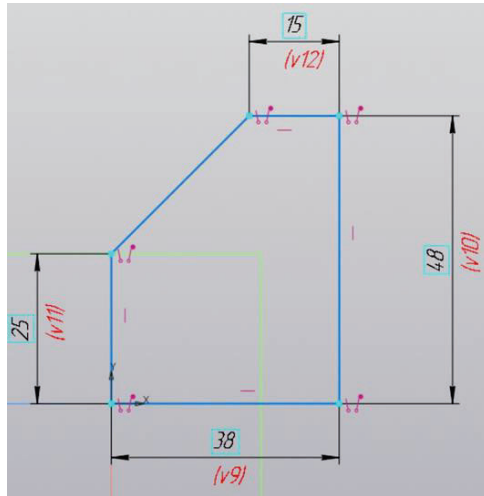


Рисунок 1.96 – Результат построений на шаге

3 Полученный эскиз выдавливаем на 21 (рисунок 1.97).

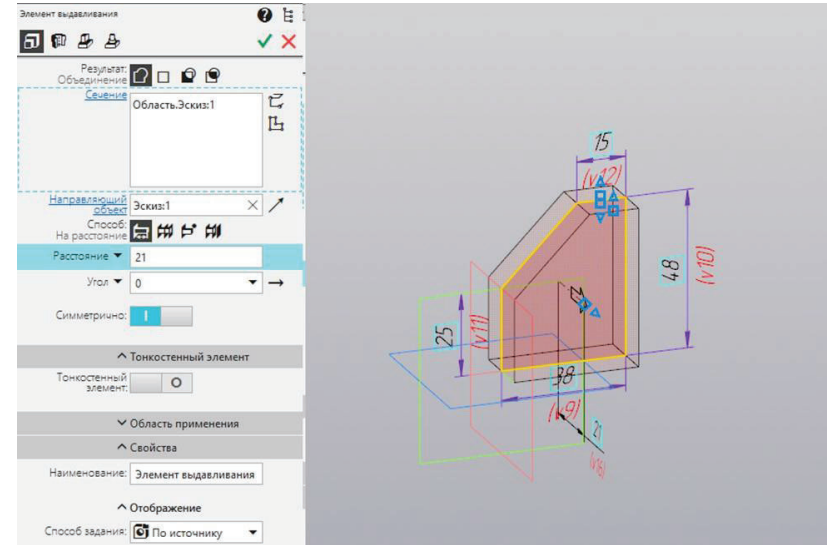
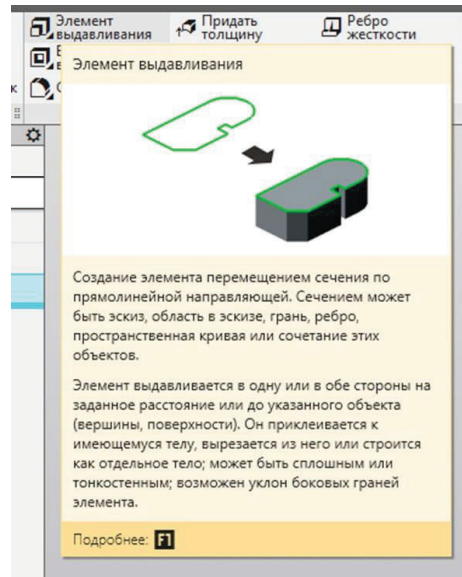


Рисунок 1.97 – Результат применения команды «Выдавливание»



Промежуточный результат выполнения показан на рисунке 1.98.

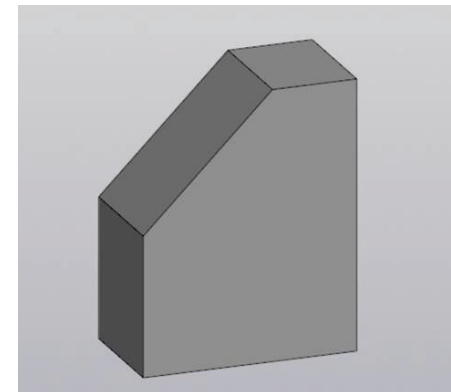


Рисунок 1.98 – Результат выполнения на данном этапе

4 Выбираем с помощью команды «Создать эскиз» боковую поверхность нашей модели (рисунок 1.99). Создаем отрезками построение с рисунка 1.100.

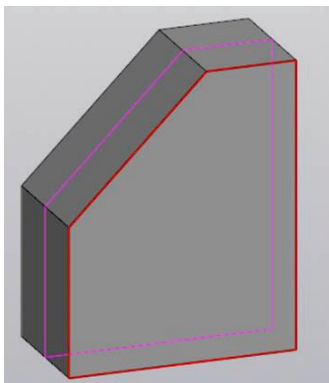


Рисунок 1.99 – Выбор поверхности для «Эскиза»

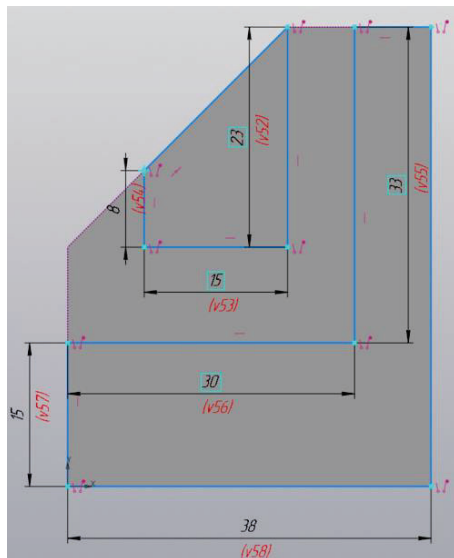


Рисунок 1.100 – Итог эскиза на боковой поверхности

5 Используя команду «Элемент выдавливания» выдавливаем две области эскиза. Сначала выдавим первую часть на 15 (рисунок 1.101).

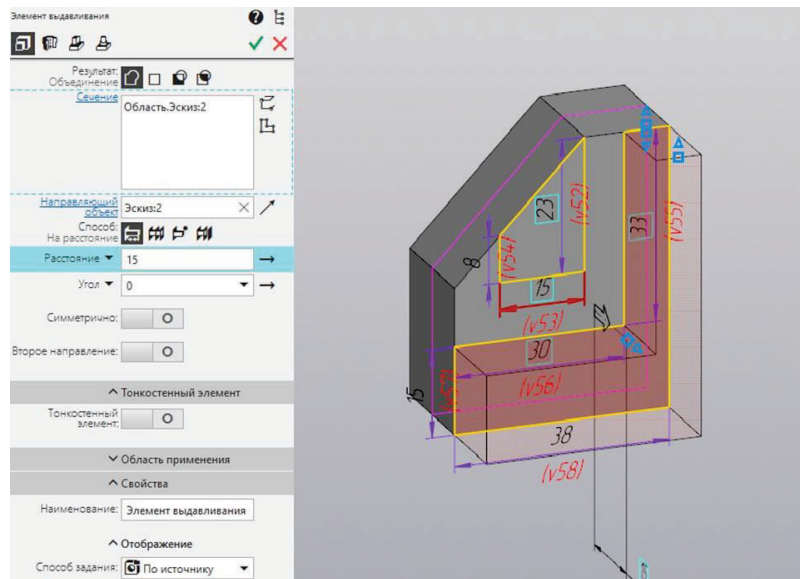


Рисунок 1.101 – Создание первого «Элемента выдавливания»

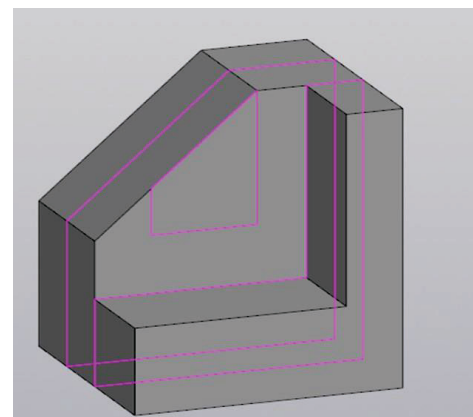


Рисунок 1.102 – Результат первого «Элемента выдавливания»

6 Используя команду «Элемент выдавливания» выдавливаем две области эскиза. Выдавливаем второй эскиз на расстояние 10 (рисунок 1.103).

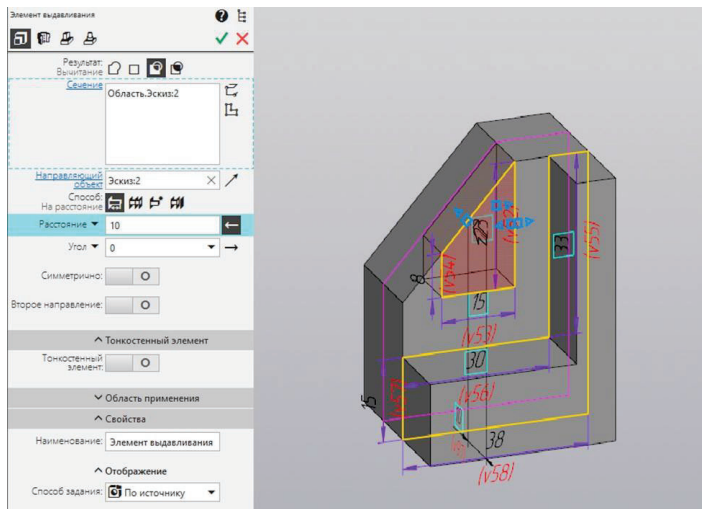


Рисунок 1.103 – Создание второго «Элемента выдавливания»

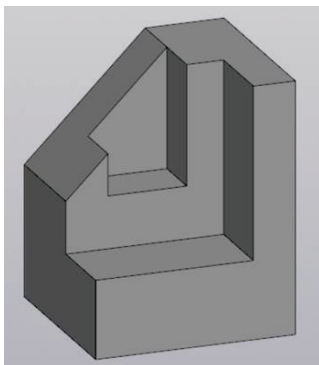


Рисунок 1.104 – Результат построения второго «Элемента Выдавливания»

Задание 2. Используя полученные знания, создайте деталь на основе чертежа на рисунке 1.105.

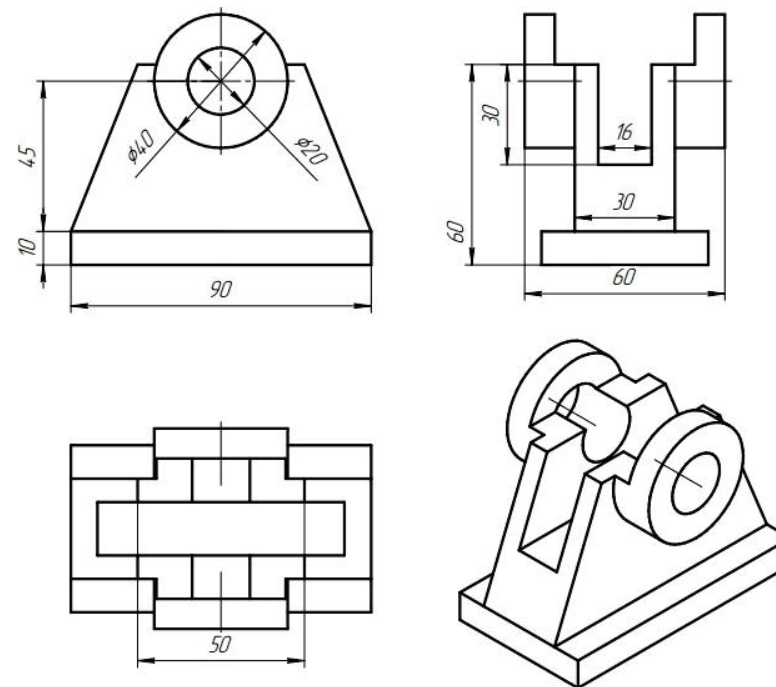


Рисунок 1.105 – К заданию 2



## Тема 1.6 Вспомогательные построения, массивы

Вспомогательная геометрия помогает при создании дополнительных элементов в проекте.

### 1 Вспомогательные плоскости.

#### 1.1 Смещенная плоскость.

На рисунке 1.106 можно увидеть работу команды «Смещенная плоскость», для работы программы необходимо выбрать поверхность или плоскость (можно выбрать начальные плоскости) и указать расстояние от выбранной плоскости до новой, созданной.

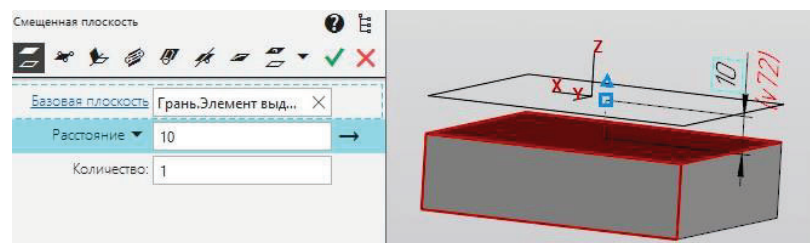


Рисунок 1.106 – Команда «Смещенная плоскость»

#### 1.2 Плоскость через три точки.

На рисунке 1.107 можно увидеть работу команды «Плоскость через три точки», для работы команды необходимо выбрать три точки на поверхностях, объектах или компонентах. Новая плоскость будет создана с участием этих трех точек.

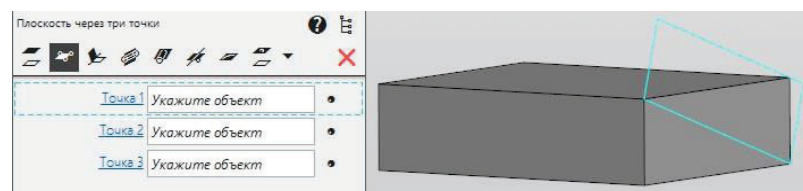


Рисунок 1.107 – Команда «Плоскость через три точки»

#### 1.3 Плоскость под углом.

На рисунке 1.108 можно увидеть работу команды «Плоскость под углом», основные параметры для работы команды:

- 1) выбор плоскости или поверхности для расчета;
- 2) ось, относительно которой происходит расчет объектов;
- 3) установка угла и количества плоскостей (если указать больше одной плоскости, произойдет расчет нескольких плоскостей через указанный угол, а не создание плоскостей внутри этого градусного диапазона).

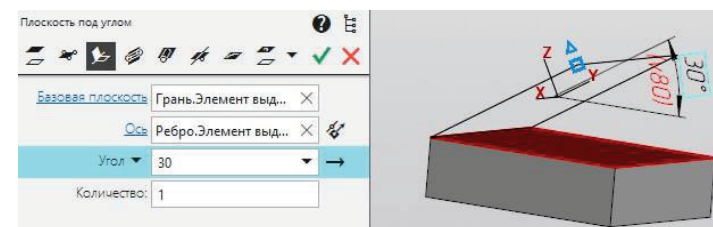


Рисунок 1.108 – Плоскость под углом

#### 1.4 Нормальная плоскость / касательная плоскость.

На рисунке 1.109 можно увидеть работу команды «Нормальная плоскость», основные параметры для работы команды:

- 1) выбор поверхности вращения для создания поверхности (отмечена красным);
- 2) базовая плоскость – плоскость, от которой идет расчет угла поворота плоскости;
- 3) угол поворота плоскости.

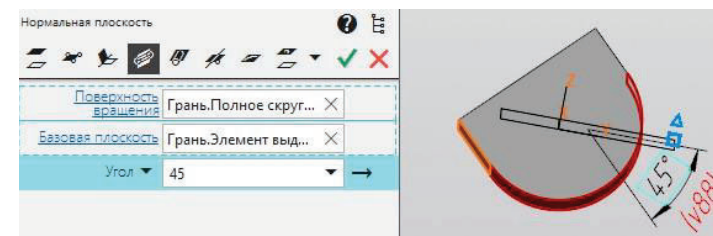


Рисунок 1.109 – Нормальная плоскость

### 1.5 Плоскость через ребро и точку.

На рисунке 1.110 можно увидеть работу команды «Плоскость через ребро и точку», для работы команды необходимо выбрать точку и ребро на поверхностях, или объектах, или компонентах. Новая плоскость будет создана с участием этих трех точек.

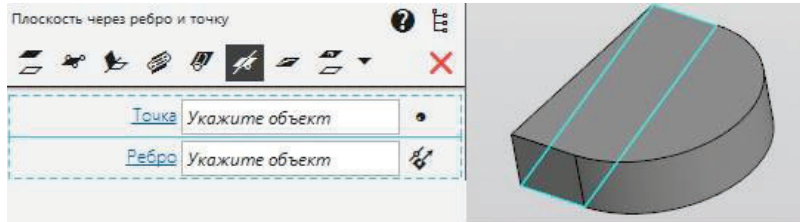


Рисунок 1.110 – Плоскость через ребро и точку

### 1.6 Плоскость через плоскую кривую.

На рисунке 1.111 отображена работа команды «Плоскость через плоскую кривую», команда создает из кривой, лежащей полностью на поверхности, плоскости.

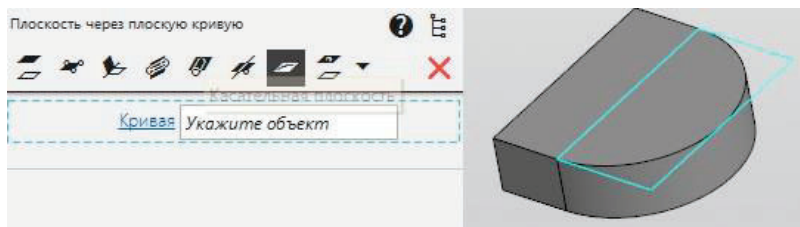


Рисунок 1.111 – Плоскость через плоскую кривую

### 1.7 Плоскость через точку параллельно другой плоскости.

На рисунке 1.112 отображена работа команды «Плоскость через точку параллельно другой плоскости», для создания элемента важно указать точку – через нее будет проходить наша новая плоскость – и указать плоскость, относительно которой будет произведен расчет новой плоскости.

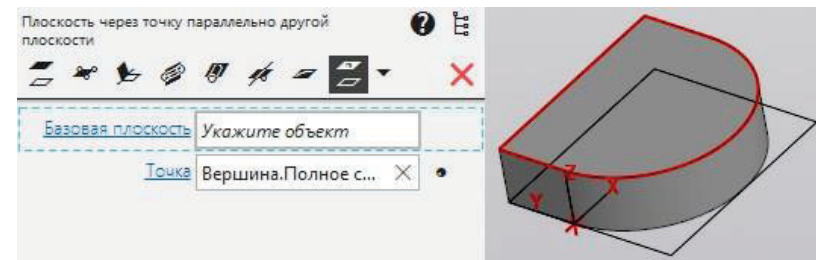


Рисунок 1.112 – Плоскость через точку параллельно другой плоскости

### 1.8 Средняя плоскость.

На рисунке 1.113 отображена работа команды «Средняя плоскость». Команда создает плоскость между двумя выбранными плоскостями.

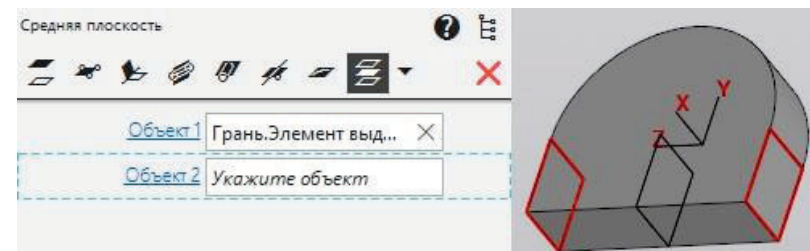


Рисунок 1.113 – Средняя плоскость

## 2 Построение вспомогательных осей.

### 2.1 Ось на пересечении двух плоскостей / через две точки.

На рисунке 1.114 можно увидеть результат двух похожих команд: «Ось на пересечении двух плоскостей» и «Ось через две точки».

**Важно!** Созданная ось отображается перед завершением каждой команды, что позволяет увидеть результат заранее.

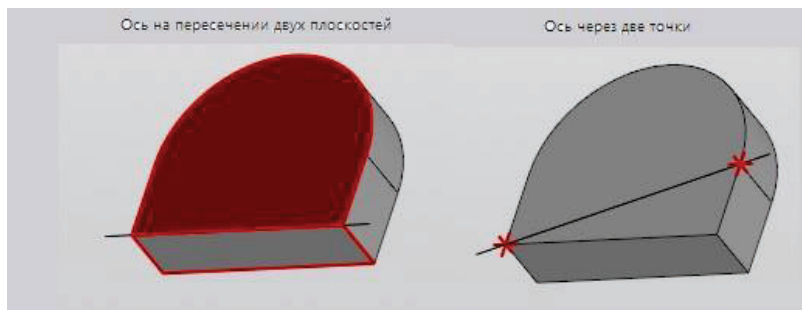


Рисунок 1.114 – Ось на пересечении двух плоскостей / через две точки

### 2.2 Ось конической резьбы / Ось через ребро.

На рисунке 1.115 отображен результат команд «Ось конической резьбы», «Ось через ребро».

**Важно!** Созданная ось отображается перед завершением каждой команды, что позволяет увидеть результат заранее).

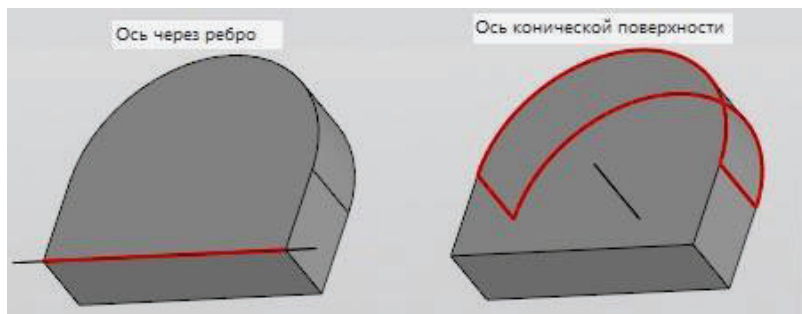


Рисунок 1.115 – Ось конической резьбы / Ось через ребро

### 3 Массивы. Копирование объектов.

**3.1 Массивы.** Для работы с массивами необходимо всегда выполнять определенный набор действий.

1 Выбрать тип и объекты для создания массива (рисунок 1.116).

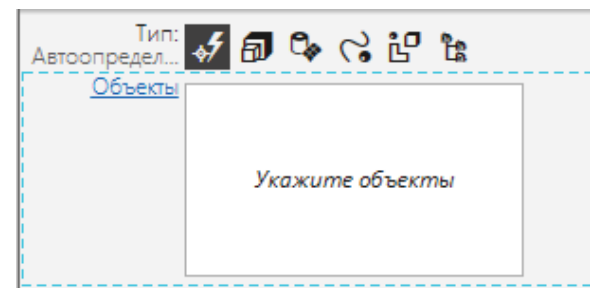


Рисунок 1.116 – Выбор типа объекта для команды

2 В соответствии с видом массива выбрать определитель для направления создания копий ваших элементов (таблица 1.11).

Таблица 1.11 – Параметры для создания массива

<p><b>Ось</b> <input type="text" value="Укажите объект"/></p>	<p>Массив по концентрической сетке (круговой массив)</p>
<p><b>Направляющий объект</b> <input type="text" value="Автоопределение"/></p> <p>Наклон <input type="text" value="0"/></p>	<p>Указание двух направлений для создания массива по сетке</p>
<p><b>Точки</b></p> <p><input type="text" value="Укажите объекты"/></p> <p>Ориентация: <input type="text" value="Сохранять исходный"/></p>	<p>Точки для массива по точкам</p>
<p><b>Плоскость</b> <input type="text" value="Укажите объект"/></p>	<p>Зеркальная плоскость в «Зеркальном массиве»</p>

3 Установка параметров для создания массива – расстояние от объекта до объекта, установка элементов и вида отображения массива.

На рисунках 1.117, 1.118 можно увидеть принцип работы команды «Массив по сетке».

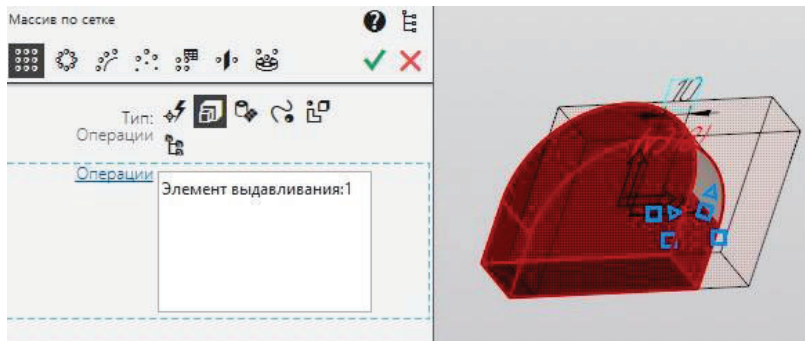


Рисунок 1.117 – Выбор объектов для команды «Массив»

После чего мы можем выставить параметры отображения для массива сложной формы, если есть сложная форма (рисунок 1.120).

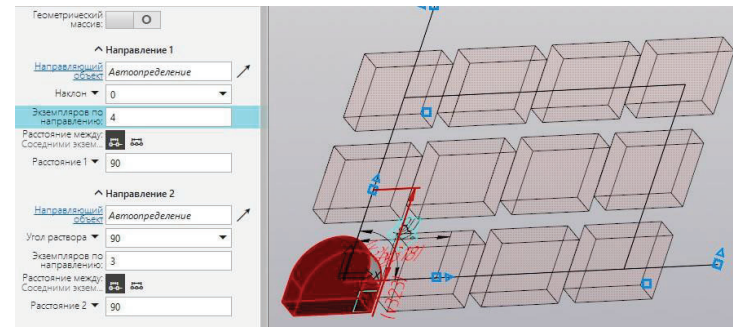


Рисунок 1.119 – Результаты изменения параметров «Массив»

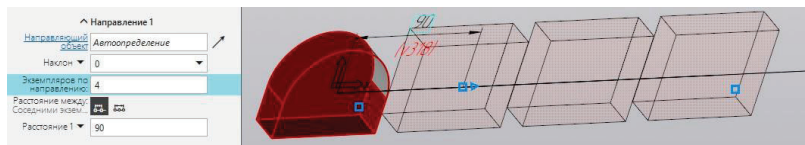


Рисунок 1.118 – Установка параметров для создания массива. Указание наклона объекта, выбор количества экземпляров, установка расстояния между каждым объектом

**Важно!** – выбор параметров расстояния.

В режиме «Расстояние между экземплярами» расстояние указывается между **двумя последующими элементами**.

В режиме «Крайними экземплярами» – расстояние рассчитывается между первым и последним элементом массива.

При выборе второго направления (если параметр присутствует) команда рассчитывает новое направление массива (рисунок 1.119).

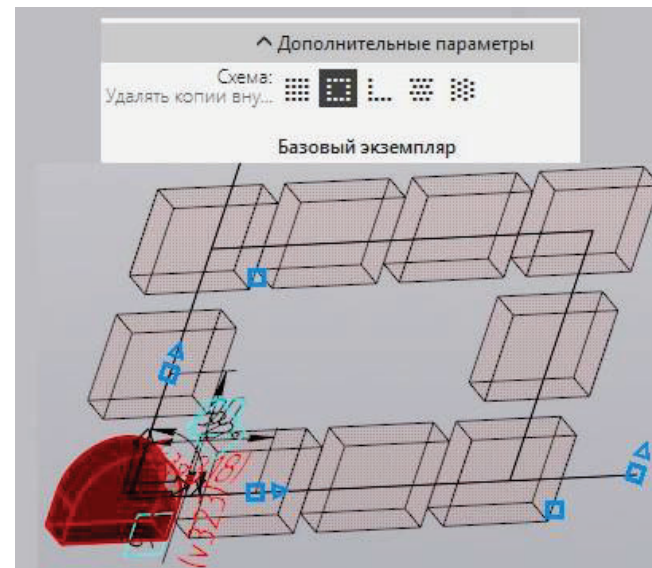


Рисунок 1.120 – Изменение параметра «Схема»

## Вопросы к Теме 1.6

- 1 Какие элементы позволяют нам создавать новые поверхности?
- 2 Какие существуют возможные способы создания поверхностей? (Перечислите.)
- 3 Функция массив позволяет нам работать со всеми видами объектов. Можно ли создать массив из эскиза?
- 4 В чем разница между «Расстояние между экземплярами» и «Крайними экземплярами» в параметрах расстояния?
- 5 Какое ограничение есть в команде «Плоскость через плоскую кривую»?

## Практическое занятие к Теме 1.6

**Задание 1.** Пошаговый разбор создания детали в программе. В качестве примера проекта воспользуемся чертежом на рисунке 1.121.

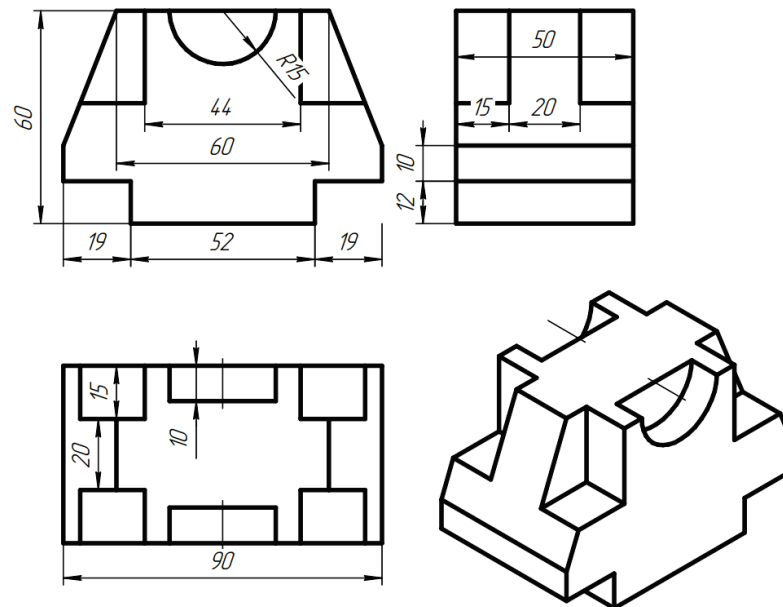


Рисунок 1.121 – К заданию 1

1 Для создания модели для начала создадим эскиз на боковой поверхности (рисунок 1.122).



Рисунок 1.122 – Выбор команды «Эскиз»

2 На поверхности эскиза с помощью инструмента «От-резок» создаем боковую проекцию фигуры (рисунки 1.123, 1.124).

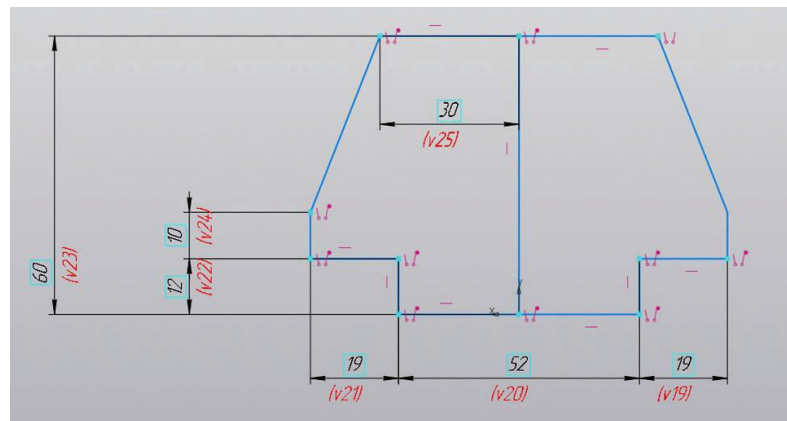


Рисунок 1.123 – Чертеж для построения

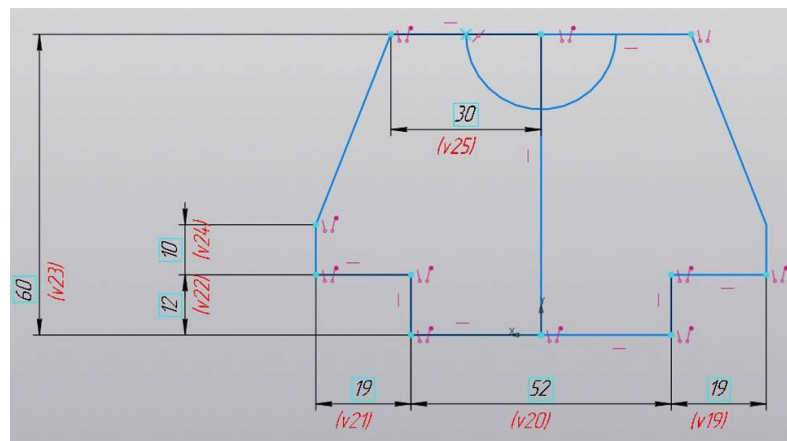


Рисунок 1.124 – Чертеж для построения

3 Полученный эскиз выдавливаем на половину от общей толщины; функцией «Зеркало» мы воспользуемся в конце (рисунки 1.125–1.127).

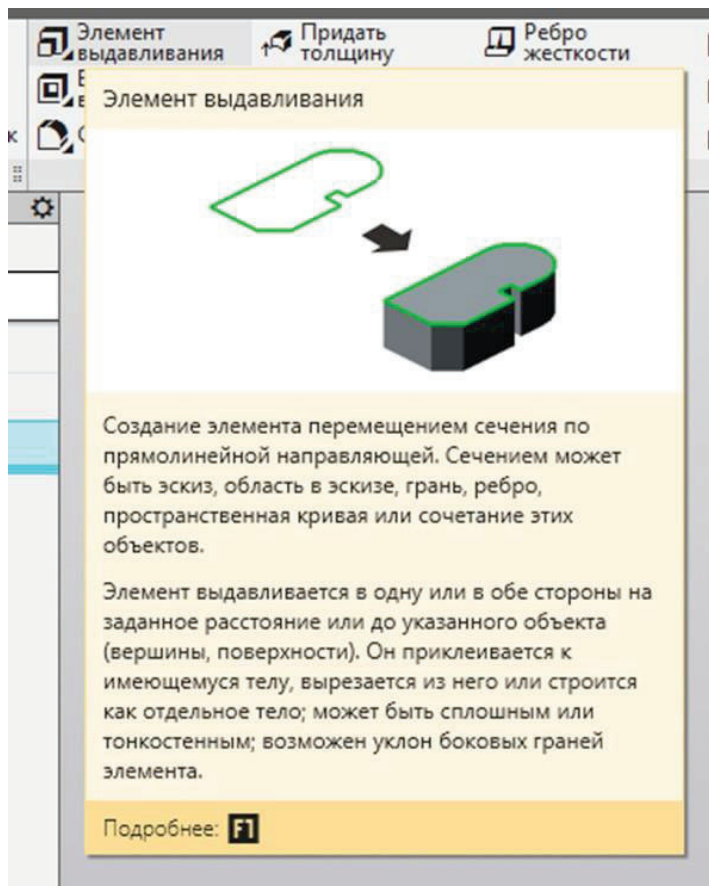


Рисунок 1.125 – Расположение команды «Элемент выдавливания»

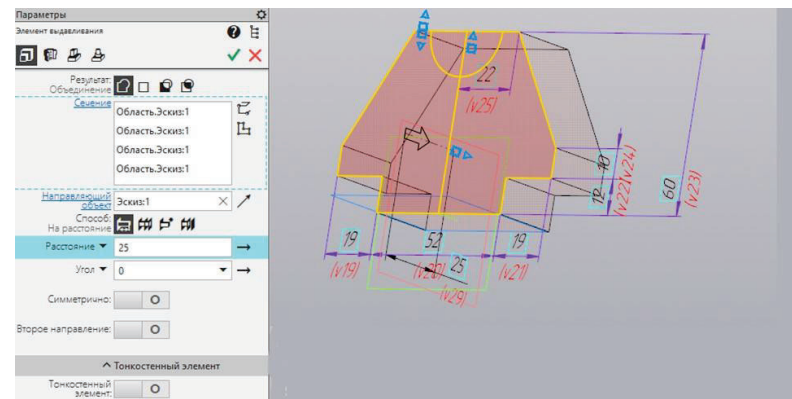


Рисунок 1. 126 – Параметры команды «Элемент выдавливания»

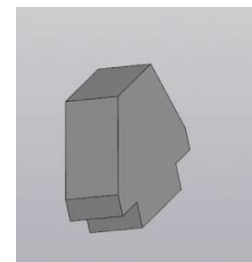


Рисунок 1.127 – Промежуточный результат

4 Используя эскиз, еще раз выдавим окружность для создания отверстия (рисунок 1.128).

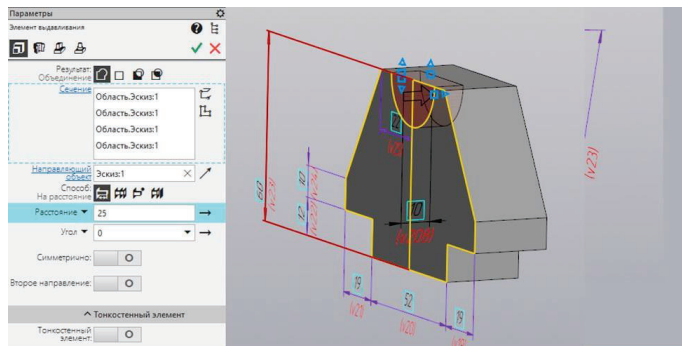


Рисунок 1.128 – Параметры команды «Элемент выдавливания»

5 На верхней поверхности нашей модели создаем чер- теж для создания выступов (рисунок 1.129).

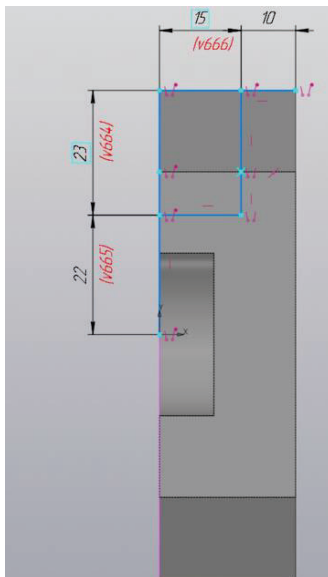


Рисунок 1.129 – Вид построения на верхней поверхности модели

6 Используем функцию «Зеркальное отражение» и вы- бираем все наши объекты (рисунки 1.130–1.32).

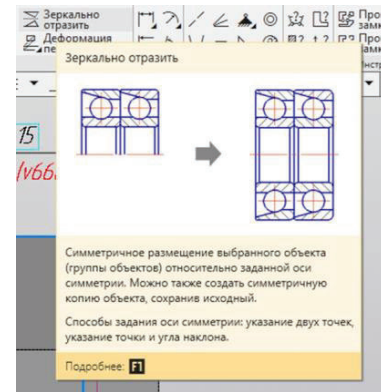


Рисунок 1.130 – Расположение команды

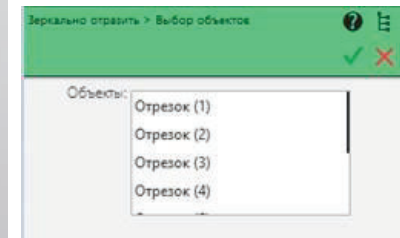


Рисунок 1.131 – Параметры выбора

Рисуем осевую (зеркальную) линию (рисунок 1.133).



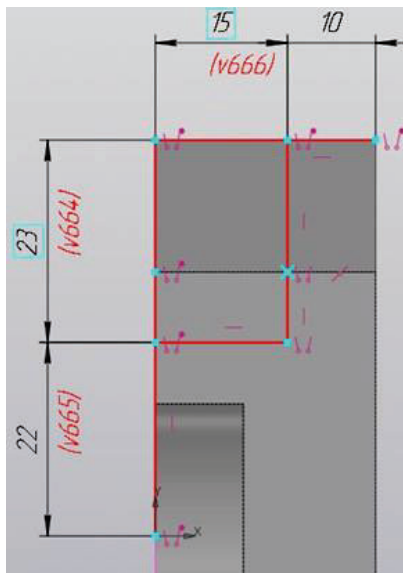


Рисунок 1.132 – Выбор объектов для «отражения»

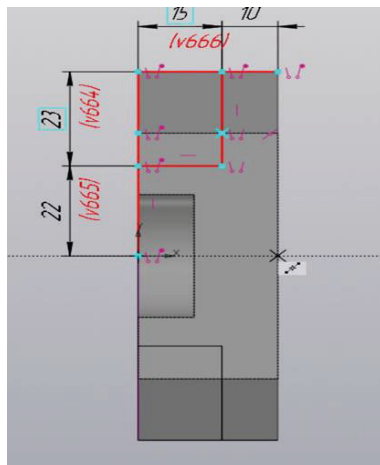


Рисунок 1.133 – Создание осевой линии для «зеркального отражения»

7 Полученный эскиз выдавливаем на расстояние 26 внутрь нашей детали (рисунок 1.134).

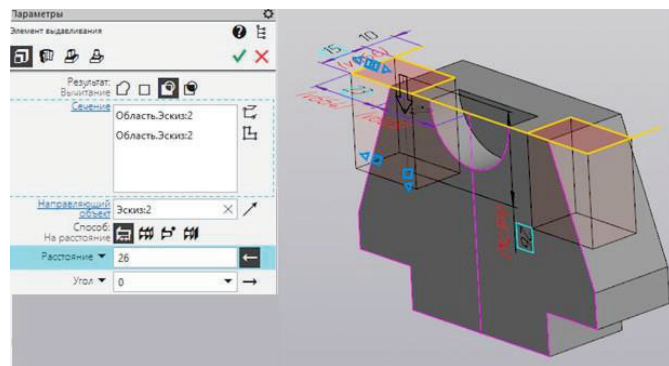


Рисунок 1.134 – Параметры команды «Элемент выдавливания»

8 Делаем зеркальное отражение нашей фигуры. В качестве объектов для «зеркала» выбираем ВСЮ деталь.

В качестве второй поверхности (зеркальной) выбираем заднюю стенку детали (рисунки 1.135, 1.136).

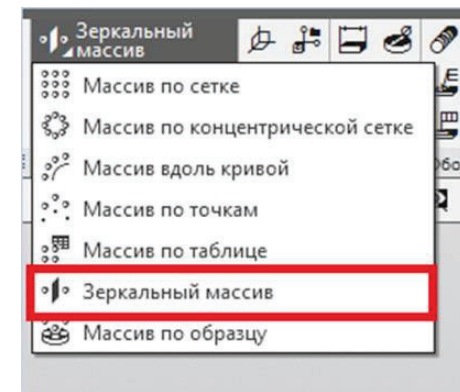
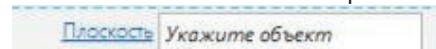


Рисунок 1. 135 – Расположение команды «Зеркальный массив»

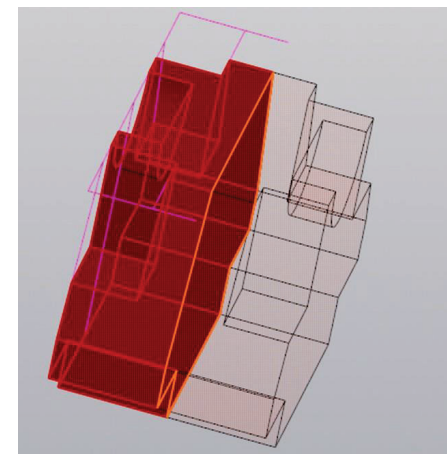


Рисунок 1.136 – Результат построения

**Задание 2.** На основе приобретенных навыков и знаний создадим деталь, используя наименьшее количество действий. Чертеж детали представлен на рисунке 1.137.

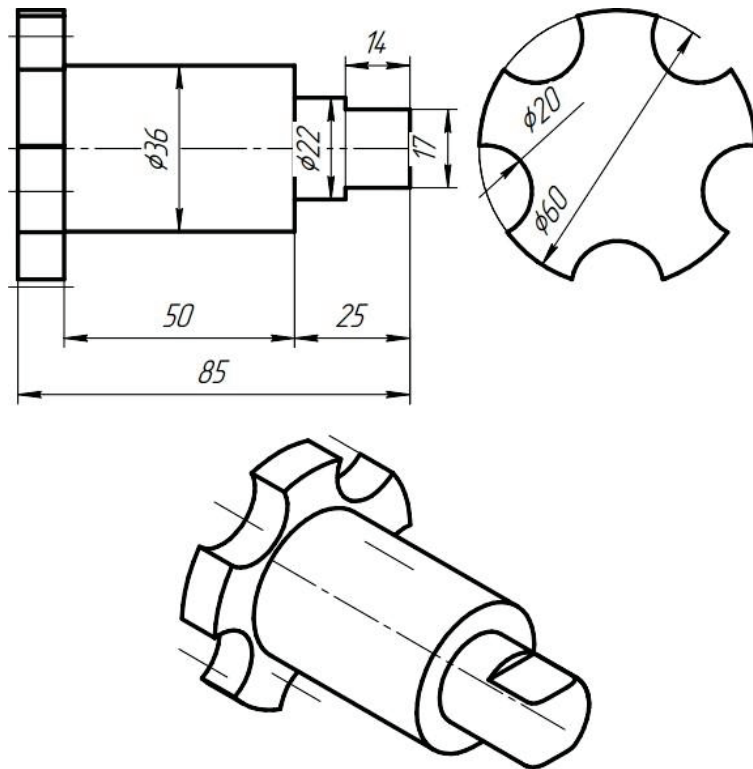
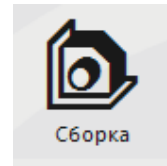


Рисунок 1.137 – К заданию 2

## Тема 1.7 Создание сборки. Элементы взаимодействия и ограничений



Создание технологической сборки из компонентов (деталей) с наложением между компонентами специальной связи.

Создание сборки разделяется на несколько шагов.

1 Добавление компонентов или создание их по чертежу. 2

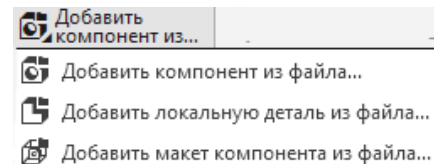
Создание взаимодействий с помощью набора команд

«Размещение компонентов».

3 Создание спецификации для документации.

**1 Добавление компонентов или создание компонентов по чертежу.**

Добавление компонента в сборку осуществляется командой «Добавление компонента». Если деталь уже открыта в другом окне (рисунок 1.138), то достаточно выбрать ее из списка, в противном случае, нажав кнопку «Из файла...», открываем файл традиционным способом.



Для примера создания сборки создадим сборку из двух компонентов.

Для этого возьмем Задание 2 к Теме 1.6.

Таким образом выглядит окно добавления модели из готового (открытого в программе) проекта или детали.

В случае если нужный файл не открыт, мы можем воспользоваться параметром **Выбрать с диска...** для поиска нужного файла в файловой системе.

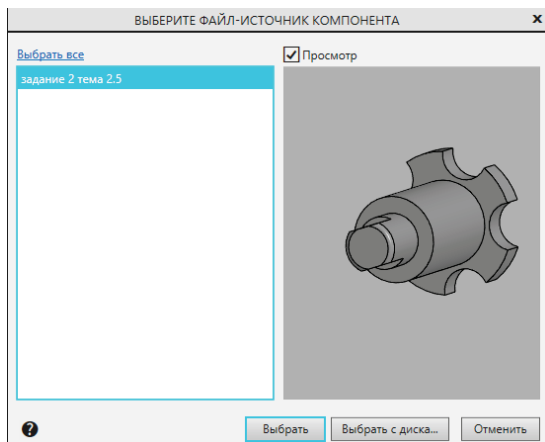
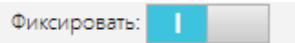


Рисунок 1.138 – Окно выбора активного объекта

После добавления файла активируется команда перемещения и добавления компонента (рисунок 1.139).

Добавление файла означает добавление зависимостей и установку параметров расположения объекта.

### Важно!



– параметр фиксации отобража-

ет закрепленность объекта в системе координат. Это означает, что после завершения команды вы не сможете ни передвинуть, ни закрепить объект к другим элементам: объект будет находиться в том же месте, куда вы его и установили.

Если вы делаете сборку, то этот параметр можно оставить, если вы добавляете **главный** или **статичный** (то есть объект, к которому крепятся все остальные детали).

Снять параметр фиксации можно в дереве модели.



– таким образом отображаются объекты, фиксированные в системе.

Отключить фиксацию

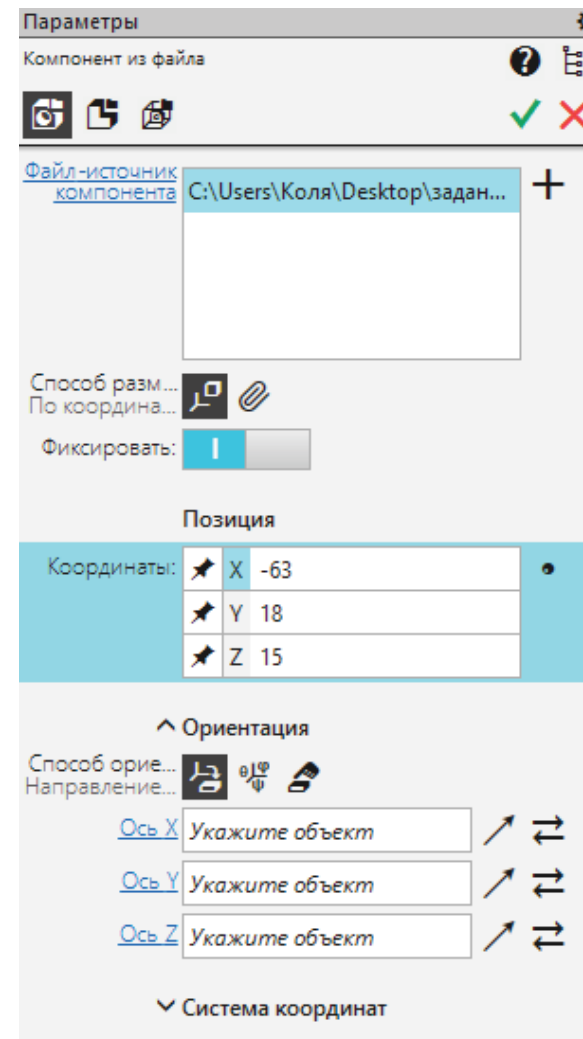
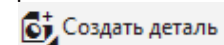


Рисунок 1.139 – Параметры размещения компонента

Для второго объекта мы воспользуемся командой «Создать деталь»



При включении команды программа переходит в режим создания детали. Отображается это изменением цвета и смещением рабочего пространства на рабочее пространство создания модели.

Выход из режима –  (кнопка завершения редактирования нового компонента)

Для нашей сборки сделаем второй элемент по чертежу на рисунке 1.140.

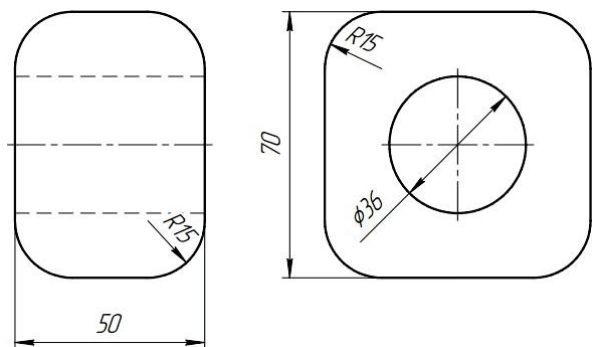


Рисунок 1.140 – Чертеж для второй детали

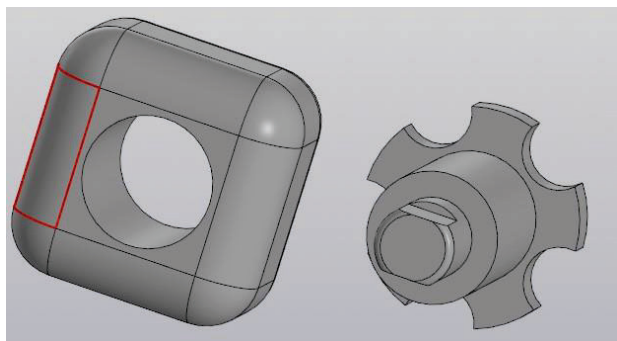



Рисунок 1.141 – Результат добавления и создания двух объектов

**2 Размещение компонентов и их соединение.** Для соединения компонентов в сборке используют команду «Совпадение».

«Совпадение» – набор команд, позволяющий установить связь между двумя объектами посредством указания точек, ребер, граней, поверхностей, совпадающих между двумя объектами.

В нашем случае мы воспользуемся «Соосность»  в наборе команд.

Выбираем внутреннюю часть нашей модели № 2 и большой цилиндр объекта № 1 (рисунок 1.142).

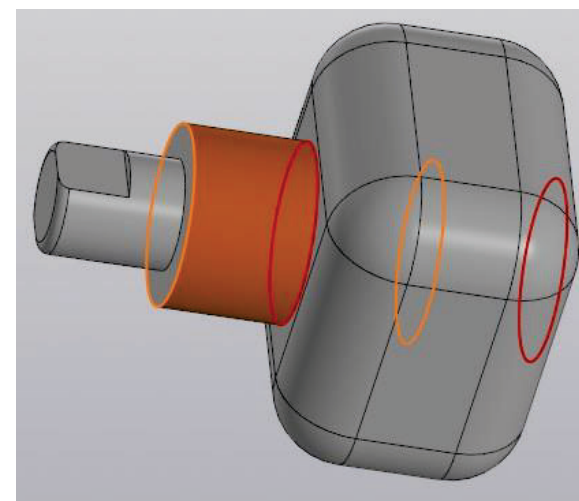


Рисунок 1.142 – Выбор активного элемента и поверхности для соединения

Однако при нашей сборке выходит, что одна модель погружена в другую – такой результат нас не устраивает, поэтому мы добавим еще одну зависимость между объектами – «Совпадение».

В качестве элементов мы выбираем поверхность на объекте № 2 и поверхность цилиндра диаметром 36 на объекте № 1 (рисунок 1.143).

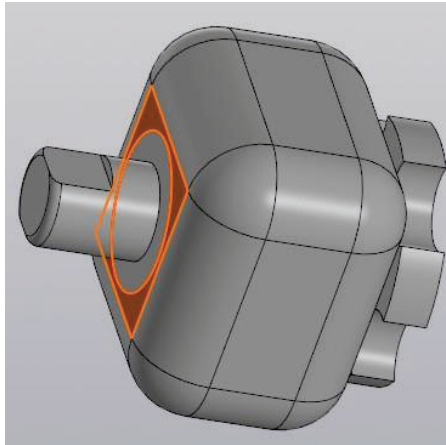


Рисунок 1.143 – Результат команды «Совпадение»

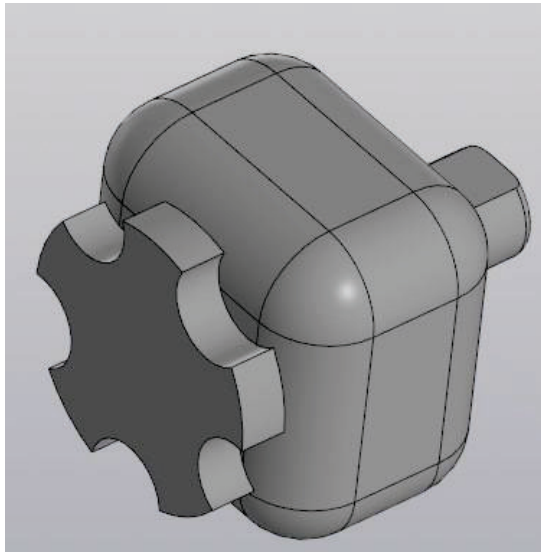



Рисунок 1.144 – Результат работы «Совпадение»

**3 Создание спецификации.** Каждое добавление компонента, каждый новый элемент и каждая команда в сборке сохраняются в спецификацию , при нажатии на команду создается документ, который будет содержать все основные параметры об объектах в сборке (рисунок 1.145).

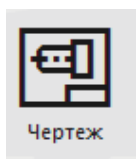
Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Детали		
1	Деталь	1	
2	Деталь	1	

Рисунок 1.145 – Отображение спецификации

### Вопросы к Теме 1.7

- 1 Какие элементы учитываются в сборке?
- 2 Как работает команда «Совпадение»?
- 3 Сколько «Совпадений» можно наложить на один компонент?
- 4 Что отображается в «Спецификации»?
- 5 Сколько существует способов создания детали?

## Тема 1.8 Создание чертежа



Создание из готовой детали материала для размещения видов, установки размеров. В данном режиме можно создать чертеж без использования готовой детали в качестве образца.

Помимо основного изображения графической модели (созданной или спроецированной), чертеж также содержит рамку, основную надпись и технические обозначения.

Лист отображается форматом. Формат включает в себя размер листа (A1, A2), ориентацию листа и кратность. Отображаются все эти элементы в дереве чертежа (рисунок 1.146).



Рисунок 1.146 – Диспетчер листов чертежа

Каждый лист располагается в рабочем пространстве чертежа. Все листы одного проекта располагаются вплотную к друг другу слева направо в порядке их добавления. Листы никак не связаны с графическим отображением. Они располагаются на специальном слое.

Как только происходит создание чертежа, автоматически создается первый лист. Можно изменить количество листов, их отображение и добавить новые.

**1 Виды.** Основным элементом чертежа является вид. Вид – это графический контейнер, содержащий проекцию детали. Все виды между собой связаны проекционной связью. Для добавления видов используется команда «Виды».

Вид может быть создан с помощью команд создания эскиза (Тема 1.3 «Создание эскиза») или с использованием уже готовой модели для создания проецированных видов.

### 2 Новый вид

Команда «Новый вид» добавляет на определенную точку листа ссылку на новый вид. Новый вид создается пустым.

### 3 Стандартные виды с модели / Вид с модели

Для приведения примера использования этих команд мы возьмем Задание 2 к Теме 1.6.

Таким образом выглядит окно «Добавление модели из готового (открытого в программе) проекта или детали».

В случае если нужный файл не открыт, мы можем воспользоваться параметром для поиска нужного нам файла в файловой системе.

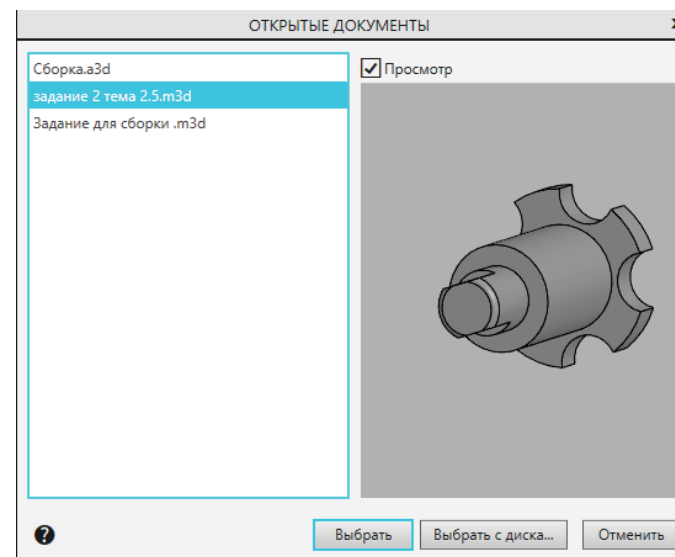


Рисунок 1.147 – Окно выбора активного объекта

После выбора объекта включается режим размещения в панели команды. На рисунке 1.148 отображена строка параметров команды «Стандартные виды с модели».

Основные параметры для команды: основная ориентация модели – относительно этого вида (располагается посере-

дине) будут рассчитываться оставшиеся виды; схема видов – выставление остальных видов, которые программа рассчитает и установит на листе; установка зазоров и цвета отображения проекций.

Главным параметром является установка масштаба проекций.

После установки параметров достаточно указать позицию размещения проекции.

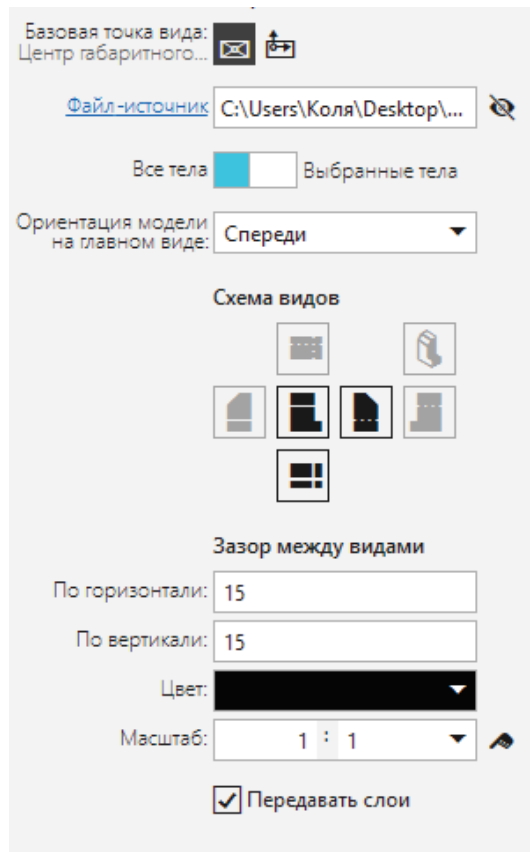



Рисунок 1.148 – Окно параметров размещения вида

«Вид с модели» – команда, схожая с предыдущей. На рисунке 1.149 можно увидеть основные параметры.

**Важно!** Каждый вид можно отредактировать, изменив настройки в дереве модели. Однако при этом рядом с вашими проекционными видами отобразится значок перестройки вида ; при нажатии на вид и на клавишу перестройки программа перестроит вид и все виды, с которыми у данного вида есть проекционная связь.

Основные параметры для команды: основная ориентация модели – относительно этого вида (располагается посередине) будут рассчитываться оставшиеся виды.

Установка масштаба и названия являются основными параметрами, от которых зависит месторасположение элемента в дереве чертежа.

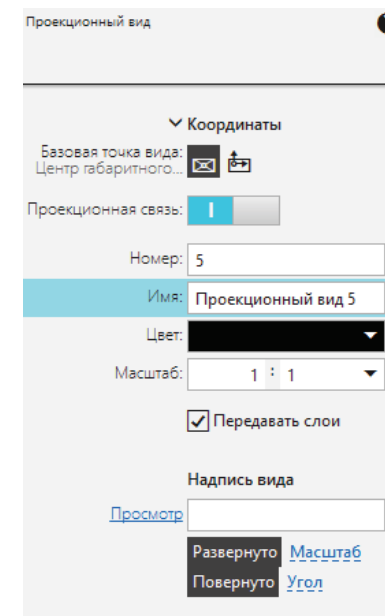


Рисунок 1.149 – Параметры «Проекционного вида»

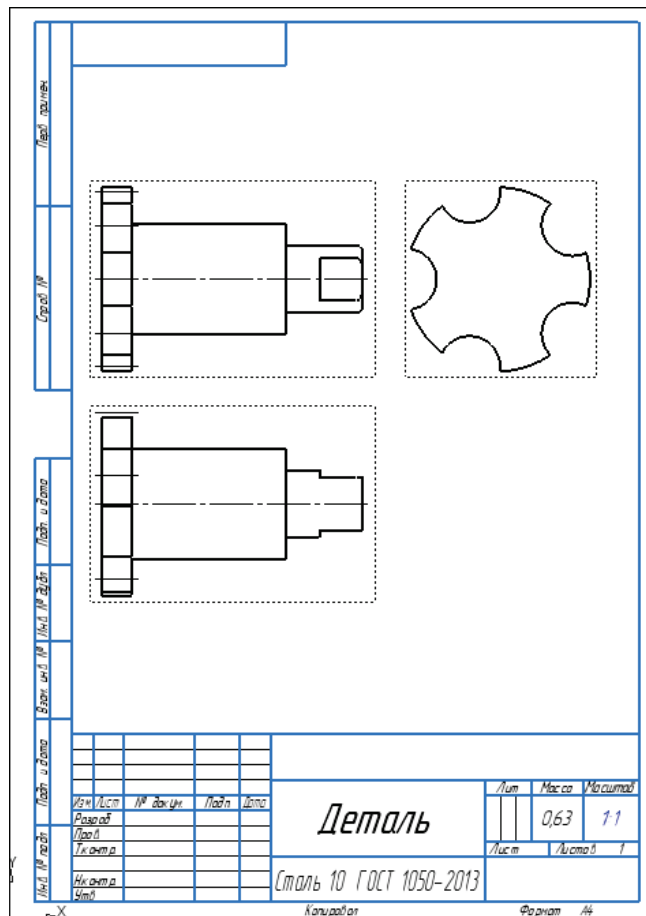


Рисунок 1.150 – Результат размещения командой «Стандартный вид с модели»

**4 Проекционный вид.** Команда «Проекционный вид» позволяет выбрать и создать относительно уже готового вида новую проекцию.

Для работы команды необходимо выбрать существующий вид, после чего выбрать выносной вид посредством перемещения курсора вокруг выбранного вида.

**5 Разрез / сечение / местный вид / выносной элемент / местный разрез.**

Для работы каждой из этих команд нужно сначала добавить на выбранный вами вид дополнительное построение.

Для этого выбранный вид нужно сделать «текущим» (Сделать текущим) в дереве чертежа. После чего, нарисовав нужный элемент в зависимости от выбранной команды, получить необходимый результат.

Разберем пример использования команды на примере команды «Местный вид».

На рисунке 1.151 отображено расположение и создание выносного элемента: выбор вида в качестве «текущего», создание прямоугольника с помощью команды «Прямоугольник». Далее для работы команды выбран «текущий» вид и прямоугольник в качестве элемента обрезки.

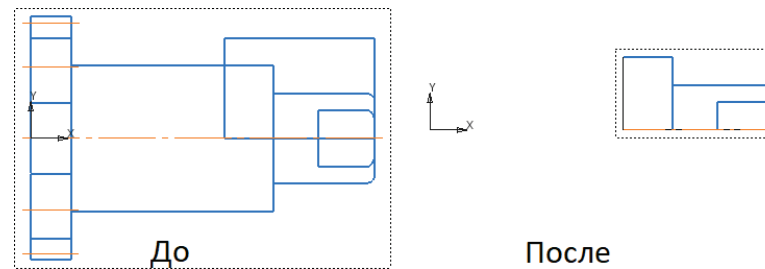


Рисунок 1.151 – Результат работы команды «Местный вид»

Обратите внимание, что вид создается с параметрами.

**Важно!** для некоторых команд требуется создание сложного элемента. Например, для выносного элемента или разреза требуется создать линию и отметку разреза или выносного элемента в разделе «Обозначения».

Пример представлен на рисунке 1.152.



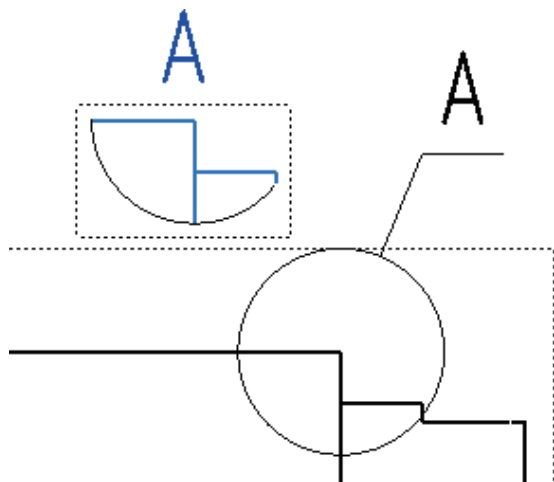



Рисунок 1.152. Создание и результат «Выносного элемента»

### Вопросы к Теме 1.8

- 1 Из каких элементов можно создать вид? Перечислите команды создания вида.
- 2 Сколько можно создать проекций вида на чертеже?
- 3 Что обозначает знак  ?
- 4 Как работает команда размер в чертеже? Есть ли разница в эскизе?
- 5 Какие элементы необходимы для создания «Местного вида»? Как сделать вид «текущим»?

## Раздел 2 Полигональное моделирование в Blender

### Тема 2.1 Полигональное моделирование

Метод полигонального моделирования заключается в усложнении существующего объекта – таким образом из объектов простой формы получают объекты сложных форм.

Объекты в полигональном моделировании называются *Mesh* – сетка. Все элементы моделирования можно добавить, используя специальное, «контекстное» меню. На рисунке 2.1 представлены все базовые «простые» объекты, которые мы можем получить.

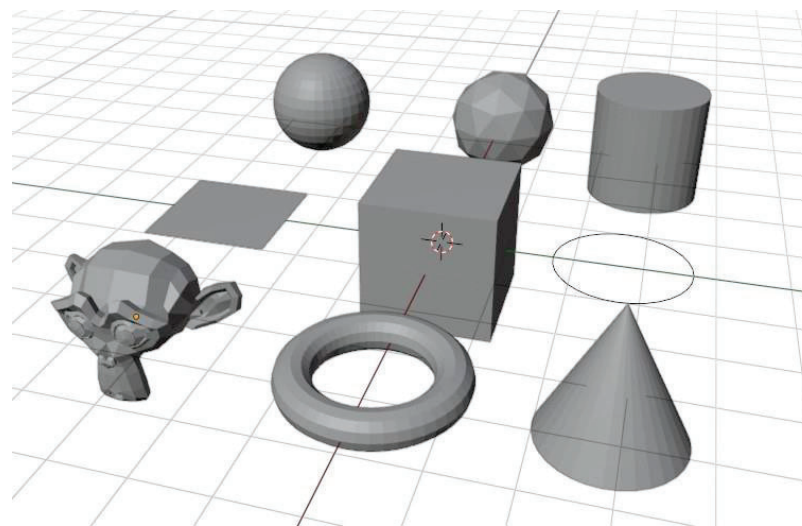


Рисунок 2.1 – Примитивы

Для редактирования и изменения этих «простых» объектов используются несколько техник полигонального моделирования.

**A** Полигональное моделирование – самая первая и классическая техника моделирования, которую используют в са-

мом начале работы с моделями. Смысл техники заключается в работе с поверхностями моделей, разбитых на полигоны. Полигоны – это многоугольники, содержащие внутри себя вершины (*vertex*), ребра (*edge*). Поверхность, которая образуется между точками / ребрами, называется гранью (*face*). Изменение объектов происходит с использованием базовых операций и модификаторов. К базовым операциям можно отнести перемещение (*translate*), вращение (*rotate*), масштабирование (*scale*), выдавливание (*extrude*), разделение (*subdivide*), слияние (*merge*), скольжение (*slide*). Эти операции будут очень часто повторяться. Методом последовательных комбинаций базовыми операциями можно получить из «простого» объекта сложную форму – чем больше операций будет применено, тем более сложную форму можно получить (рисунок 2.2).

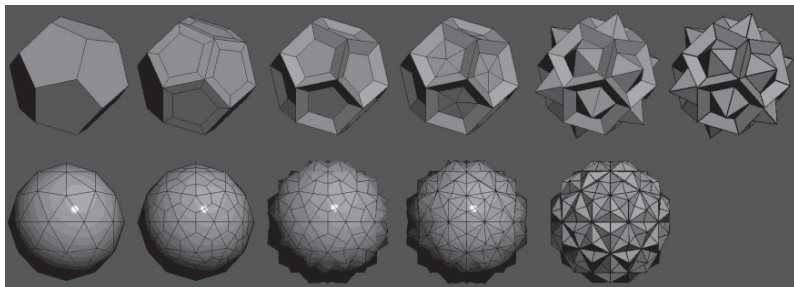


Рисунок 2.2 – Усложнение «простого» объекта

В технике полигонального моделирования существуют правила построения полигональной сетки, или меша (от англ. *mesh* – сетка). Правила описывают подходы, позволяющие формировать и поддерживать корректную топологию сетки. Топология как раздел математики изучает явление непрерывности пространства. Что это означает применительно к сетке? Выстраиваясь, полигоны образуют направления – полигональные кольца или петли (*loop*). От того, как взаимно расположены или склеены полигональные петли, зависит то, как будет происходить сглаживание объекта при операциях подразделения. Дело в том, что сложные полигональные объекты состоят из тысяч полигонов. 3d-художник редактирует форму

объекта только на базовом уровне детализации, а финальное сглаживание выполняет модификатор подразделения. Для того чтобы такое сглаживание приводило к ожидаемому результату, 3d-художнику нужно предусмотреть расположение полигональных петель на критичных участках формы. Иначе будут заметны артефакты (рисунок 2.3) сглаживания или форма объекта будет казаться оплавленной. Также нужно следить, чтобы плотность сетки была одинаковой по всей поверхности объекта и состояла только из квадров. Иногда допускается врезка треугольных граней (*faces*), но это исключение. Есть небольшие различия в моделировании высокополигональных моделей (для кино) и моделей, предназначенных для визуализации реального времени (интернет, игры). Для высокополигональных моделей важна правильная топология и сетка, состоящая из четырехугольных граней, а для игровой графики важна оптимизация. Поэтому модели, которые прошли оптимизацию, имеют большую угловатость и состоят преимущественно из треугольных граней.

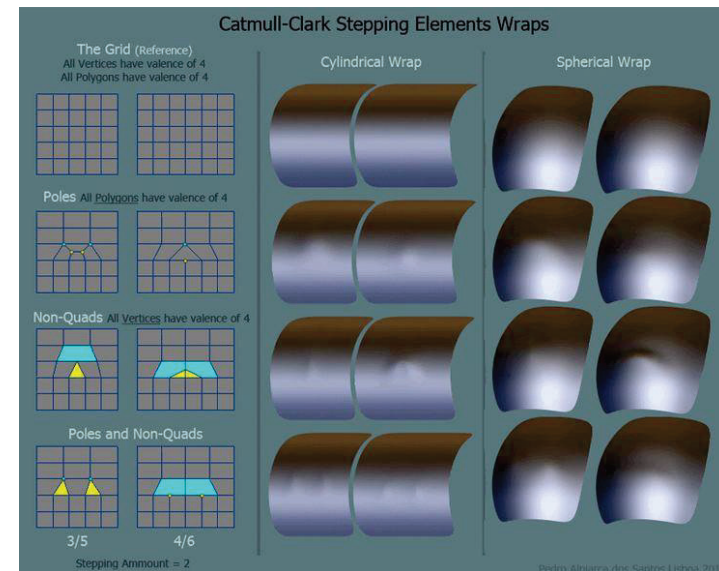


Рисунок 2.3 – Базовые виды артефактов

**Б** Скульптинг – техника, основанная на принципах скульптурной лепки, похожая на реальную жизнь. Скульптор создает или изменяет форму объекта, используя виртуальную кисть, которая может отображать различные действия (вырезать часть, создать шероховатость, вытянуть). Однако при такой технологии состоится загрязнение топологии объекта (растягивание полигонов или неправильное распределение на области модели). После чего необходимо проводить ретопологию – процесс уменьшения количества и размеров полигонов для оптимизации топологической сетки. По сути, это обрисование объекта для оптимального расположения полигонов.

В Третий способ моделирования основан на использовании криволинейных поверхностей. Такие поверхности называют *NURBS*-поверхностями (с англ. *Non-uniform rational B-spline*). От полигональной техники данный метод отличается тем, что 3d-художник оперирует не гранями, а кусками, ограниченными кривыми линиями. Чтобы изменить характеристики поверхности, нужно изменить кривизну линии. *NURBS*-поверхности имеют бесконечную детализацию, так как форму таких поверхностей описывают математическими формулами, а не расположением вершин, как в полигональном моделировании. Перед тем как визуализировать такую поверхность программа предварительно ее триангулирует. Триангуляция – это процесс разбиения на треугольные грани. У данного метода моделирования есть преимущества перед полигональным. А именно – точность. Данную методику применяют для изготовления точных промышленных изделий, которые потом будут изготавливаться литьем штамповкой и т.д. Данная технология реализована в *3dsmax* и *Maya* и доведена до совершенства в *CAD*-пакетах: *Rinoceros*, *Katia*, *Fusion 360*.

### Вопросы к Теме 2.1

- 1 Какая техника создания полигональных моделей больше похожа на твердотельное моделирование? Почему?
- 2 Каковы плюсы и минусы полигонального моделирования?
- 3 В чем главный минус скульптинга? А главный плюс?
- 4 Какая техника полигонального моделирования самая «точная»? Почему?

## Тема 2.2 Интерфейс программного обеспечения

Производить нашу работу мы будем в программе *Blender ver 3*. Принцип работы в других программах по полигональному моделированию не сильно отличается, однако некоторые из команд или элементов могут называться по-другому или находиться в других наборах команд.

Интерфейс программного обеспечения *Blender* для удобства использования разбит на специальные зоны (окна) в которых пользователь может вывести всю необходимую информацию (рисунок 2.4).

Такой формат позволяет создать несколько видов модели или вывести настройки цвета одновременно с режимом предпросмотра.

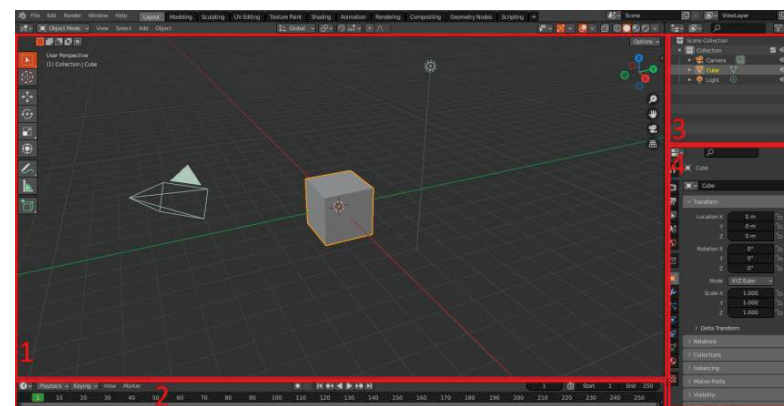


Рисунок 2.4: 1 – область вьюпорта (отображения); 2 – таймлайн; 3 – область объектов сцены (обозреватель); 4 – набор инструментов

В любой момент любой элемент экрана можно заменить на одну из существующих областей. Области можно комбинировать в любом порядке. Для переключения достаточно найти переключатель в верхнем левом углу экрана. Также в любой момент можно произвести разделение или создание нового экрана. Для этого необходимо навести курсор мыши на один

из углов активного экрана программы до изменения курсора мыши на перекрестие. После чего достаточно потянуть в сторону экрана, чтобы создать второй экран. Таким образом можно разделить рабочее пространство проекта на огромное количество экранов – главное, чтоб хватало мощности и размера монитора (рисунки 2.5, 2.6).

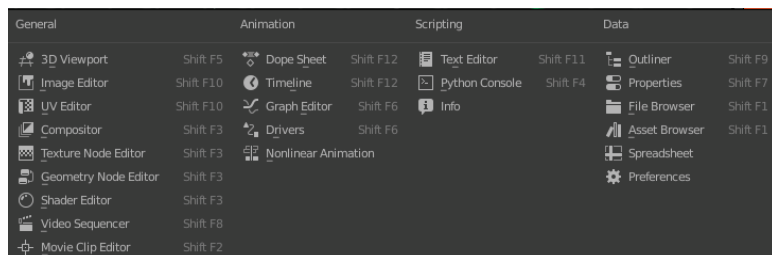


Рисунок 2.5 – Области инструментов blender

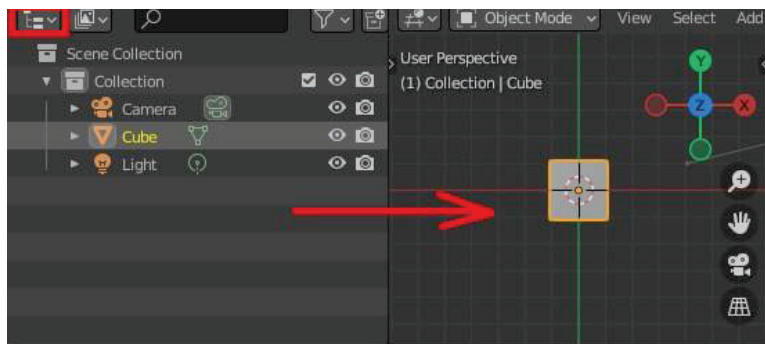


Рисунок 2.6 – Изменение области экрана

Рассмотрим некоторые из областей, которые мы с вами можем использовать в работе с полигональным моделированием.

### 1 3D Viewport.

Главное окно программы. Отображает загруженную 3D-сцену (с точки зрения камеры или с любого другого ракур-

са). В этом окне создаются, редактируются и анимируются трехмерные объекты, составляющие сцену (рисунок 2.7).

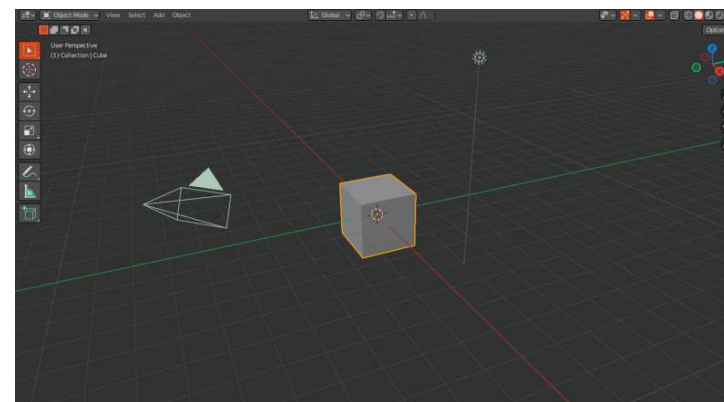


Рисунок 2.7 – Viewport

### 2 Timeline.

В данном окне проводится установка анимации сцены. Окно обычно располагается в нижней части экрана для удобства использования. На *timeline* создаются ключевые кадры для создания анимации и отображается общее количество кадров в анимации (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 – Timeline

### 3 UV-карты.

Для работы со сложными объектами используются сложные текстуры и материалы. Для такого создана разверстка – модель, которая раскладывается на поверхности текстуры, как оригами, позволяя перемещать части поверхностей по текстуре, как бы накладывая цвет по поверхности (рисунок 2.9).

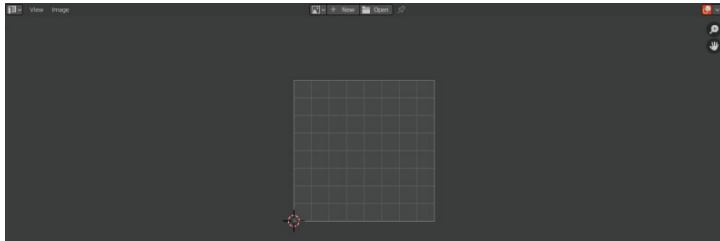


Рисунок 2.9 – Рабочая панель создания и развертки

#### 4 Shader editor.

Основа полигональной модели – создание цвета или шейдера, который задает поведение материала, из которого якобы создан объект. *Shader editor* позволяет создавать новые материалы с помощью систем нод. Нодовая система позволяет соединять и работать с материалами посредством выборов определенных свойств и создания логических действий между ними (рисунок 2.10).

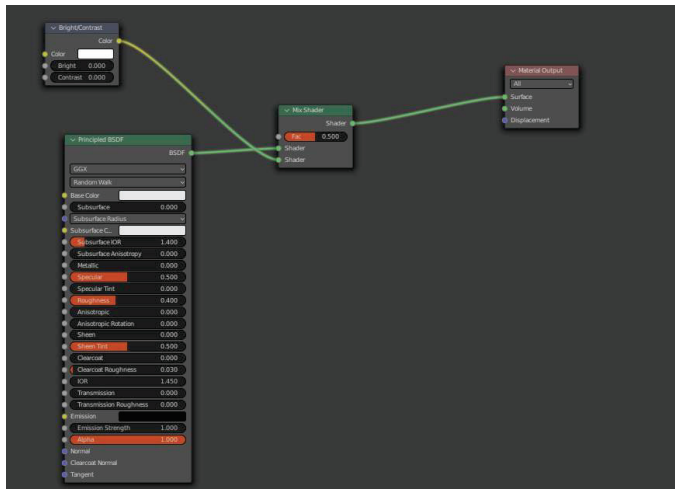


Рисунок 2.10 – Редактор шейдеров и ноды для создания материалов

#### 5 Outliner.

Обозреватель (*outliner*) отображает в своем наборе все объекты сцены, начиная с созданных моделей и заканчивая объектами сцены (камеры, элементы освещения и т.д.) (рисунок 2.11). Каждый объект обозначается соответствующей иконкой и может быть переименован или выбран.

На обозревателе присутствуют команды отображения / видимости объектов сцены (👁).

Значок 📷 включает или отключает расчет данного объекта при создании рендера (визуализации). «Выключенный» объект не отобразится на итоговом рендере.

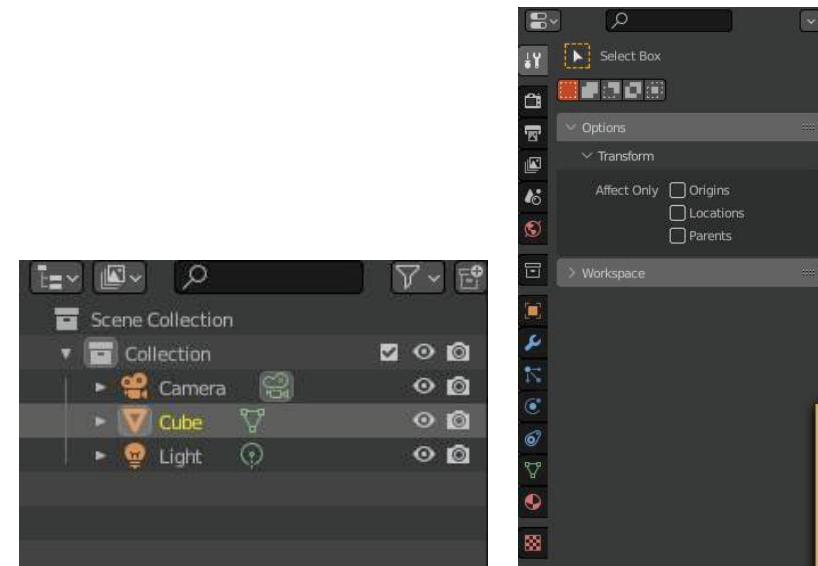


Рисунок 2.11 – Обзорщик

Рисунок 2.12

#### 6 Properties.

Одно из главных окон для отображения и работы со сценами и объектами. В области *properties* (свойства, параметры) отображаются параметры, затрагивающие как отдельно взятый компонент, так и всю сцену, и результат визуализации (рисунок 2.12).

## Вопросы к Теме 2.2

- 1 Зачем нужны экраны в программном обеспечении?
- 2 Сколько экранов можно разместить в одном проекте? 3  
Какая область отвечает за видимость всех объектов на сцене?
- 4 Для чего нужен *Viewport*?

## Практическая работа к Теме 2.2

### Управление сценой

1 Запустите *Blender*. Откройте в *Blender* модель **управление сценой.blend** (меню Файл – Открыть, *File – Open*).

Важно! Для работы с *3d viewportom* курсор мыши должен находиться в области действия *viewporta*.

2 Используя колесико мыши, выставите камеру вида таким образом, чтобы была видна вся модель.

3 В верхней правой части установите тип затемнения вьюпорте «Сплошной» (*Solid*). Что изменилось?



4 Нажмите клавишу *Z*, чтобы вернуться обратно в режим «Сетка» (*Wireframe*).

5 Для того чтобы перейти к ортогональной проекции, нажмите клавишу *Num5* («5» на цифровой клавиатуре). Что изменилось? Нажмите еще раз на клавишу *Num5*, чтобы перейти обратно к перспективной проекции.

6 Установите режим просмотра предпросмотр материалов (*Material Preview*). Что изменилось?

7 Нажмите на колесико (среднюю кнопку мыши) и поворачивайте контейнер, начиная вращение с разных точек поля.

8 Нажмите клавишу *Shift* и попробуйте перемещать видимую область, нажав на колесико мыши.

9 Используя перемещение и вращение, посмотрите на контейнер со всех сторон. Запишите в тетрадь то, что написано на каждой из шести граней.

10 Попробуйте установить стандартные проекции: вид сверху (клавиша *Num7*), вид снизу (*Ctrl+Num7*), вид спереди (*Num1*), вид снизу (*Ctrl+Num1*), вид справа (*Num3*), вид слева (*Ctrl+Num3*). Курсор мыши при этом должен находиться над рабочим полем.

11 Попробуйте выбирать те же самые команды из меню Вид (*View*) – Точка наблюдения (*Viewpoint*) в верхней части окна.

12 Попробуйте вращать изображение с помощью клавиш *Num2*, *Num4*, *Num6*, *Num8*.

13 Попробуйте сдвигать изображение с помощью клавиш *Ctrl+Num2*, *Ctrl+Num4*, *Ctrl+Num6*, *Ctrl+Num8*.


14 Перейдите в режим четырех проекций (*Quad View*, клавиши *Ctrl+Alt+Q*). Вернитесь обратно с помощью той же комбинации клавиш.

15 Постройте готовую картинку (выполните рендеринг), нажав клавишу *F12*.

16 Сохраните рисунок в виде файла в именем *container1.png* в своей папке (клавиша *F3*). Курсор мыши при этом должен находиться над окном с рисунком.

17 Нажмите клавишу *Esc*, чтобы вернуться к окну *3D-проекции (3D View)*.

18 В окне «Структура проекта» посмотрите, какие объекты есть на сцене.

19 Щелкнув на значках , включите изображение на сцене для лампы (объекты *Light*) и камеры (объект *Camera*) (рисунок 2.13).

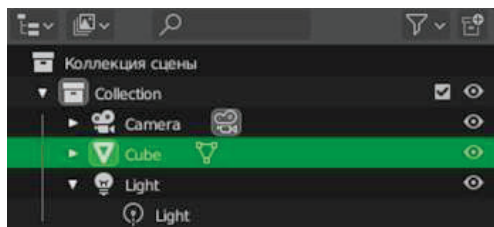


Рисунок 2.13

20 Выделите щелчком мыши название камеры в окне «Структура проекта». Используя колесико мыши, измените масштаб так, чтобы видеть камеру и лампы на рабочем поле.

21 Нажав клавишу *Num0*, переключитесь на вид с камеры.

22 Перейдите во вкладку «Вид – Навигация», чтобы перевести камеру в режим «Ориентировка в полете» (англ. *fly mode*). Теперь, перемещая мышку, вы можете настроить вид в камере так, чтобы хорошо видеть весь контейнер. Для изменения масштаба используйте колесико мыши. Когда найден нужный вид, нажмите левую кнопку мыши (ЛКМ).

23 Выполните рендеринг (*F12*) и сохраните рисунок под именем *container2.png*.

## Тема 2.3 Работа с полигональными моделями

При создании и работе с объектами в полигональном моделировании есть определенный набор команд, с которых начинается взаимодействие с любым новым объектом. Для начала рассмотрим набор команд для добавления новых объектов в сцену проекта.

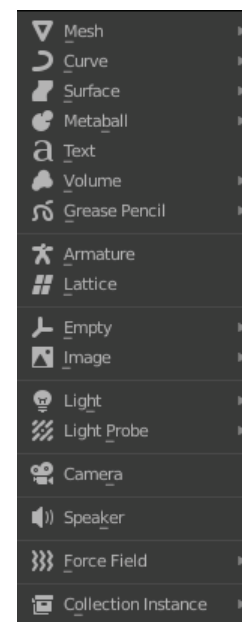


Рисунок 2.14

Набор команд *Add* (добавить) позволяет нам добавлять любые возможные варианты объектов на рабочее пространство. Вид, тип и набор объектов меняются в зависимости от рабочего пространства (например, добавить объект в *Viewport* и добавить объект в *Shader editor* будут различаться по набору).

Добавление объекта происходит с привязкой к центру сцены и указанием контрольной точки создания объекта (рисунок 2.14).

Добавление любого объекта провоцируется выводом его основных параметров. Рассмотрим добавление объекта на примере добавления *UV-сферы* (рисунки 2.15, 2.16). На рисунках видно, что при добавлении сферы мы можем ввести как физические параметры, так и параметры для полигонального моделирования. Второй набор параметров относится к положению объекта, что позволяет нам отредактировать его положение, поворот и то, относительно чего будет происходить перемещение.

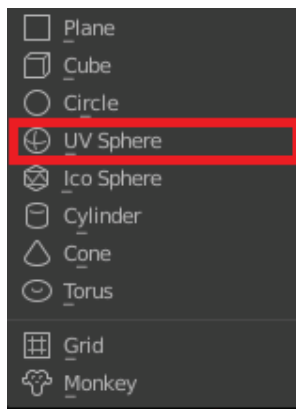


Рисунок 2.15

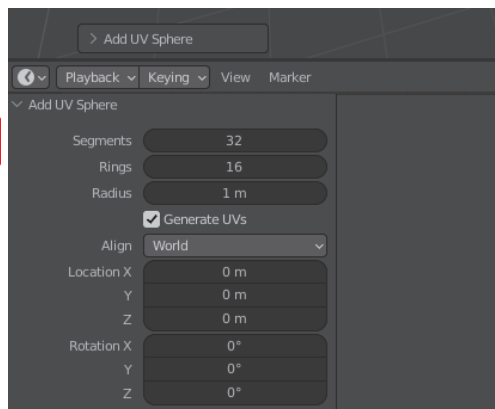



Рисунок 2.16

В случае если необходимо провести редактирование объекта, в любой момент можно использовать набор команд свойства объекта – *object properties* .

Для непосредственного редактирования мы можем воспользоваться панелью инструментов.



На рисунке отображены основные команды панели инструментов. Каждая команда может подразделяться на команды по параметрам. Для отображения альтернативных режимов команд, достаточно нажать кнопку с командой для выбора нужной из списка.

Важно! Для отображения панели инструментов нужно перейти во вкладку *View* (вид) – *toolbar* (панель инструментов)



или нажать горячую клавишу (Буква *T* на английской раскладке).

Режим выбора объектов.

Выбор объектов на рабочем пространстве осуществляется посредством выбора каждого объекта по отдельности или с использованием режима выбора.

*Tweak* – режима выбора одного объекта. Во время работы этого режима при выборе объекта вы можете, не выходя из функции выбора, совершать перемещение объекта.

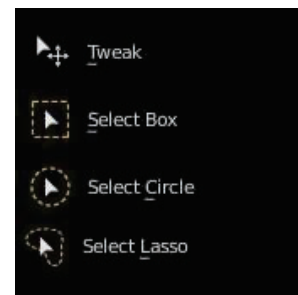
*Select box* – выбор объектов посредством создания прямоугольника. Все объекты, попавшие в прямоугольник, выбираются. Перемещение невозможно.

*Select circle* – выбор объектов посредством «Кисточки» в форме окружности. Все объекты, по которым вы «проведете кистью», будут выбраны в качестве активных. Перемещение невозможно.

*Select Lasso* – выбор объектов посредством создания свободной формы. При перемещении формы вы накладываете на рабочую область форму, если провести по которой еще раз, образуются «дыры», где объекты не выбираются.


Перенос 3d-курсора , от-


носительного которого происходит перемещение камеры и объектов.









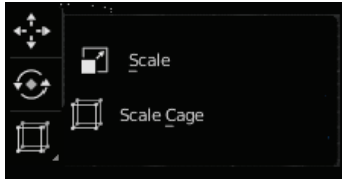
Основные команды для редактирования.

 – перемещение объекта или полигонов по осям гизмо (осям координат).

 – поворот объектов посредством гизмо.

 Scale  
 Scale\_Cage – масштабирование

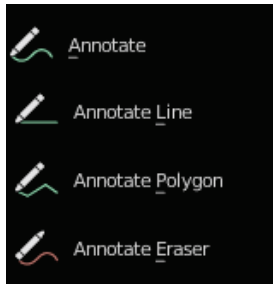
позволяет увеличить объект по осям гизмо  или создать клетку масштабирования и увеличить объект по нужному направлению .



Изменение (*Transform*) позволяет изменить объект по всем 3 основным командам одновременно.



Создание аннотации на рабочем пространстве. Отличается выбором инструмента и видом аннотации. Для удаления аннотации можно воспользоваться меню или *Annotate Eraser* (ластиком).

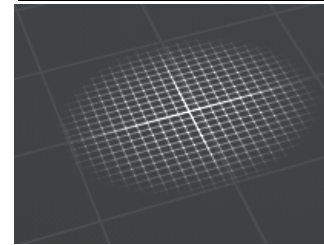


Линейка для измерения расстояния между 2 точками на рабочем пространстве. Создание размера происходит путем указания первой точки и протягивания прямой до конечной точки размера.



Создание одного из примитивов на поверхности. Поверхность создания примитива подсвечивается для удобства определения.

**Важно!** В качестве поверхности может выступать ЛЮБАЯ поверхность в пределах рабочего пространства.



Для совершения модификаций с моделью, наложением текстур, модификаторов, настроек поведения объектов используется меню *Properties* (свойства) ( п. 6 глава 2.2).

Чтобы потренироваться в редактировании и работе с полигональными моделями выполним практическую работу к Теме 2.3.

## Практическая работа к Теме 2.3 Работа с полигональными объектами

1 Откройте *Blender*, при этом загружается сцена, установленная по умолчанию: куб в начале координат, камера и лампа.

2 Куб сейчас выделен. Удалите куб, нажав клавишу

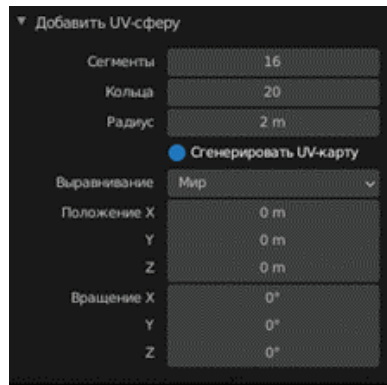
*Delete*. В начале координат



остался курсор.


Он указывает место, где будет создан новый объект.

3 С помощью верхнего меню «**Добавить – Меш – UV-сфера**» (*Add – Mesh – UV-sphere*) создайте новую сферу. Увеличьте масштаб изображения (колесиком мыши) и переключитесь в режим «Сетки» (клавиша *Z*).



4 На панели инструментов (слева внизу) уменьшите число сегментов (*Segments*) до 16, увеличьте число **колец** (*Rings*) до 20 и **радиус** (*Scale*) до 2. Наблюдайте за изменением каркаса модели.

5 С помощью элемента управления в верхней правой части окна установите режим просмотра «**Сплошной**» (*Solid*).

6 Найдите панель свойств в правой части окна программы, перейдите на вкладку «**Настройки объекта**» (*Object properties* ). Измените имя объекта, например на **Голова** (*Head*) (рисунок 2.17).

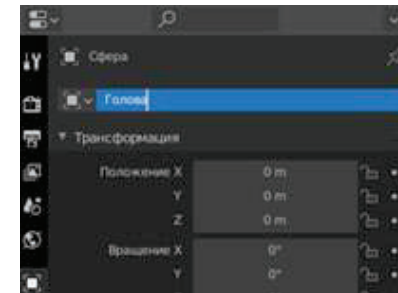


Рисунок 2.17

7 Перейдите на страницу свойств «**Настройки материалов**» (*Material properties*) и щелкните по кнопке **Создать** (*New*), чтобы создать новый материал (рисунок 2.18).

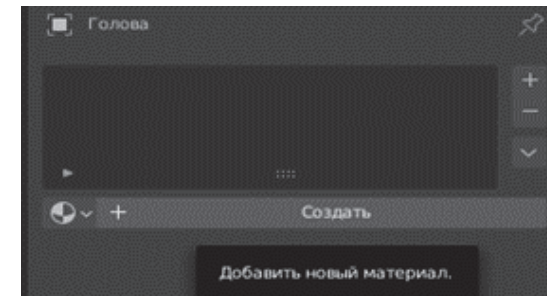
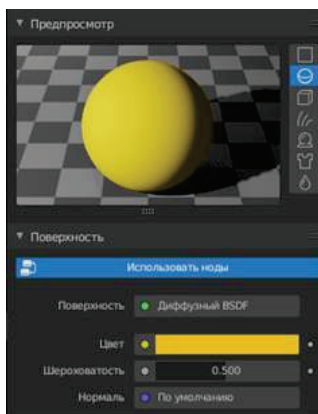


Рисунок 2.18

8 Щелкните по цветовому полю в графе поверхность, предварительно изменив значение на «**Диффузный**» *BSDF (Diffuse)* – этот так называемый диффузный цвет и есть цвет предмета в нашем понимании, и выберите цвет.



Попробуйте менять составляющие цвета в модели *RGB*: щелчок мыши переводит поле в режим редактирования. Кроме того, можно «схватить» поле (нажать ЛКМ и не отпускать ее) и перетащить значение влево или вправо (соответственно уменьшая или увеличивая его) (рисунок 2.19).

Рисунок 2.19

9 Попробуйте менять цвет в цветовой модели *HSV*. Посмотрите, как смещается указатель на поле при изменения параметров *H* (англ. *hue* – тон), *S* (англ. *saturation* – насыщенность) и *V* (англ. *value* – величина или яркость).

10 Во вкладке «**Отображение**» во выпорте перейдите в режим ввода шестнадцатеричного кода цвета (кнопка *Hex* под цветовым кругом) и задайте цвет *A5C8CE* (рисунок 2.20).

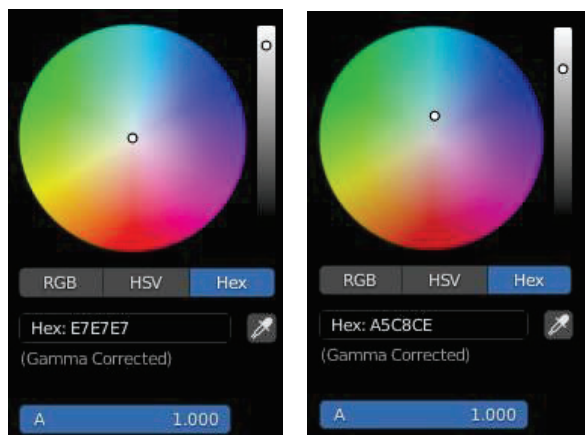


Рисунок 2.20

11 Измените название материала на «**Серый**» (*Gray*) (рисунок 2.21).

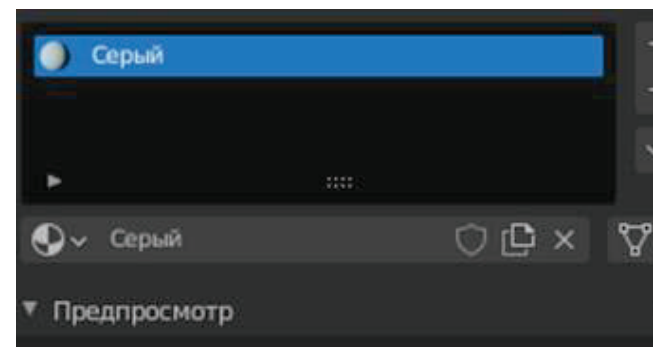


Рисунок 2.21

12 Переключитесь на вид сверху (*Num7*) и щелчком ЛКМ поставьте курсор в точку с координатами  $(-5, 0)$  (значение можно отсчитать по делениям или через свойства) (рисунок 2.22).

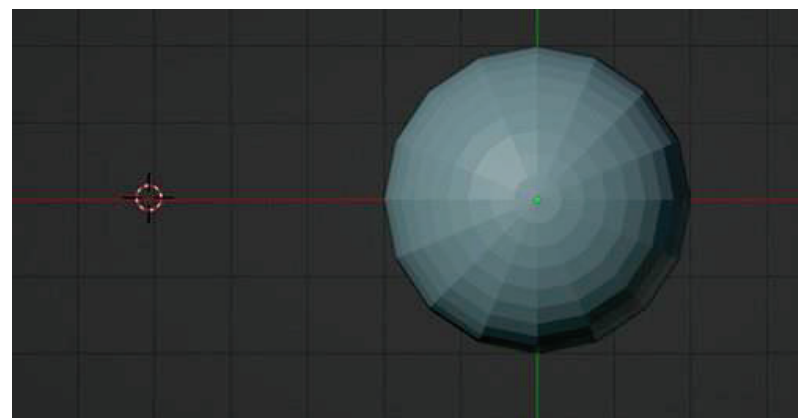
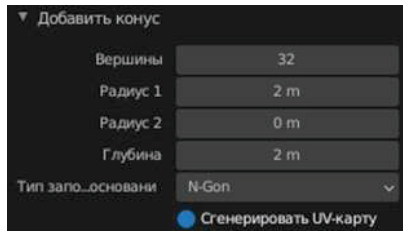


Рисунок 2.22

При создании нового объекта его начало координат будет создаваться в контрольной точке.

13 Не забудем сохранить наш прогресс! Сохраните сцену под именем **Объекты.Blend**.

14 Добавьте на сцену новый объект – конус. Для этого нажмите клавиши *Shift+A* или кнопку «Добавить» (*Add*) и выберите из всплывающего меню пункт «Меш – Конус» (*Mesh – Cone*).



15 В нижней части панели инструментов увеличьте радиус конуса до 2.

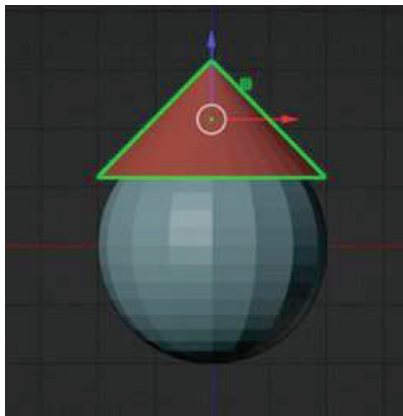


Рисунок 2.23

16 Переключитесь на вид спереди (*Num1*), схватите мышью за центр конуса (внутри белой окружности) и поставьте конус на сферу. Задайте для конуса имя «Шляпа» (*Hat*) и материал коричневого цвета. Дайте материалу название «Коричневый» (*Brown*). (рисунок 2.23).

17 Попробуйте выделять (ПКМ – правой кнопкой мыши) разные объекты и двигать их.

18 Постройте еще один конус и придайте ему форму морковки (это будет нос снеговика).

18.1 Нажмите клавишу *R* (*Rotate*), чтобы перевести конус в режим вращения. Мышкой поверните конус в нужное положение (положите его на бок) и наблюдайте, как меняются значения на панели свойств. Щелчок ЛКМ завершает перемещение. Отмените поворот, нажав клавиши *Ctrl+Z*.

18.2 Нажмите клавишу *R* (поворот), затем – клавишу *Y* (поворот относительно оси *Y*). После этого наберите на клавиатуре «-90» (поворот на -90 градусов). Отмените поворот, нажав клавиши *Ctrl+Z*.

18.3 Щелкните мышью на панели свойств в поле «Вращение» (*Rotation*) – *Y* и измените значение на -90. Все три испытанных способа должны приводить к одному и тому же результату.

19 Поставьте нос на место, передвинув его на вид спереди. Задайте для этого конуса имя «Нос» (*Nose*) и материал красного цвета. Дайте материалу название «Красный» (*Red*) (рисунок 2.24)

20 Создайте новую сферу типа Меш – Икосфера (*Icosphere*). Перейдите в режим «Сетка» (*Wireframe*, клавиша *Z*) и сравните, чем отличаются каркасы двух сфер. Вернитесь обратно в режим просмотра «Сплошной» (*Solid*).

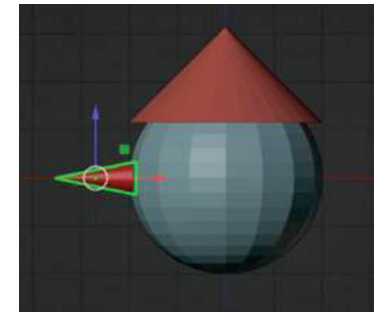


Рисунок 2.24

21 Нажмите клавишу *S* (*scale*, изменение размеров) и, перемещая мышью, уменьшите новую сферу так, чтобы она могла быть добавлена к голове снеговика как глаз (щелчок ЛКМ завершает изменение размеров). Наблюдайте за изменением размеров на панели свойств.

22 Задайте ей имя «Глаз-1» (*Eye-1*) и синий цвет материала. Назовите материал «Синий» (*Blue*).

23 Создайте копию полученного глаза, нажав клавиши *Shift+D*, затем клавишу *X* (перемещать копию только вдоль оси *X*) и передвинув копию мышкой влево или вправо (щелчок **ЛКМ** завершает перемещение). Дайте ей имя **Глаз-2** (*Eye-2*). Проверьте, какой материал был выбран для копии.

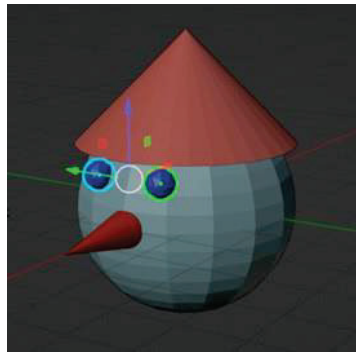


Рисунок 2.25 –  
Результат

24 Выделите шляпу и временно отключите ее изображение на экране, щелкнув по значку в окне **«Структура проекта»** (*Outliner*, в правой верхней части окна).

25 Выделите оба глаза (**ПКМ** при нажатой клавише *Shift*) и передвиньте их вверх (по оси *Y*) на уровень, где должны быть глаза.

26 Перейдите к виду сверху (клавиша *Num7*) и поставьте глаза на место симметрично относительно носа. Проверьте правильность установки, покрутив голову в разные стороны, потом верните шляпу на место.

27 Добавьте новый объект – *Tor* («бублик»), меню **«Добавить – Меш – Тор»** (*Add – Mesh – Torus*). Измените его параметры так, чтобы получилось изображение рта. Задайте для объекта имя **«Рот»** (*Mouth*).

28 Перейдите на страницу свойств **«Настройка материалов»** (*Material*) и щелкните на кнопке слева от кнопки **«Создать»** (*New*) для того, чтобы назначить тору существующий материал. Выберите из списка материал **«Красный»**.

29 Используя перемещение и вращение, установите рот на место (рисунок 2.26).

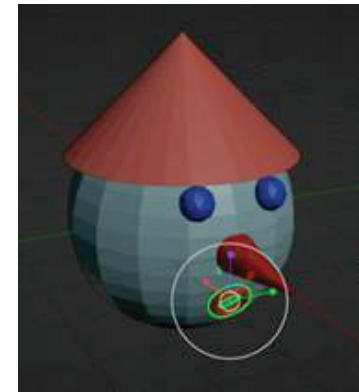


Рисунок 2.26

30 Выделите сферу-голову и попробуйте переместить ее. Передвинулись ли остальные элементы?

31 Выделите одновременно глаза, нос, рот и шляпу, а затем (в самом конце!) – сферу-голову. Теперь нажмите на клавиши *Ctrl+P*, чтобы сделать последний объект родительским для всех остальных. Попробуйте теперь перемещать голову. Что наблюдаете? Попробуйте перемещать шляпу.



Рисунок 2.27

32 В окне **«Структура проекта»** (*Outliner*) посмотрите, как изменилось расположение объектов в структуре сцены.

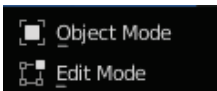
33 Используя сферы и два цилиндра для ног, объекты **«Цилиндр»** (*Cylinder*), достройте полную фигуру снеговика, как на рисунке 2.27. Для ног установите тот же материал, что и для шляпы.

34 Установите правильно камеру и выполните рендеринг. Сохраните полученную картинку в файле *Снеговик.png*

Задание на самоподготовку. Постройте колонну из объектов-примитивов. Сохраните трехмерную модель в файле *Колонна (самоподготовка).blend*, а результат рендеринга – в файле *колонна.png*.

## Тема 2.4 Редактирование полигональной сетки

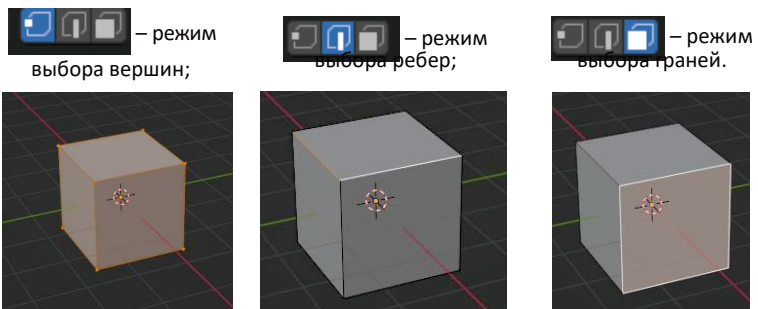
Для редактирования полигонов можно воспользоваться одним из способов для редактирования объекта. В прошлой теме мы рассмотрели основные способы для редактирования примитивных объектов с использованием простых команд для редактирования объектов.



Переключение между режимами редактирования происходит через меню взаимодействия с объектом.

**Object Mode** – стандартный режим работы с моделью, в которой мы взаимодействуем с самим объектом, его параметрами. В объектном режиме все команды, модификаторы и настройки касаются только выбранного объекта.

**Edit Mode** – режим редактирования выбранного объекта. В данном режиме мы взаимодействуем с полигонами на нашем объекте:



Для одновременного выбора нескольких элементов на объекте необходимо зажать *Shift*. Для отмены выбора следует нажать на элемент еще раз.

Команды, изученные нами на прошлой теме, взаимодействуют с элементами точно так же, как и с обычными объектами. Важно помнить, что выбранный элемент подчиняется полигональности – то есть, если вы переместите часть куба, то сместятся и все сопряженные с ним полигоны (рисунок 2.28).

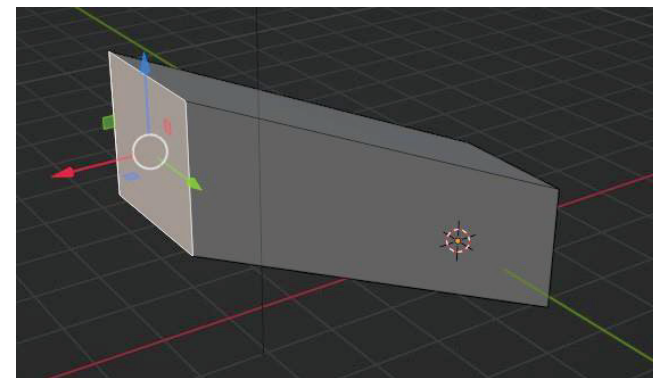


Рисунок 2.28 – Пример полигональности

В дополнение к командам, изученным нами на прошлой теме, у нас появляются команды для взаимодействия с полигонами.

### 1 Выдавливание области (*Extrude region*)

Работа команды очень схожа с командой из твердотельного моделирования. Необходимо выбрать элемент для выдавливания (можно указать также направление, нажав соответствующую кнопку) и создать новые элементы посредством выдавливания элемента по направлению (рисунок 2.29).

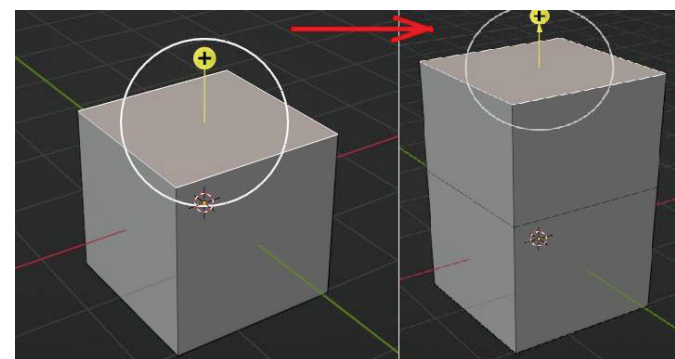
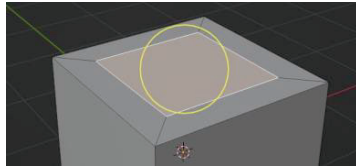


Рисунок 2.29 – Команда «Выдавливание»

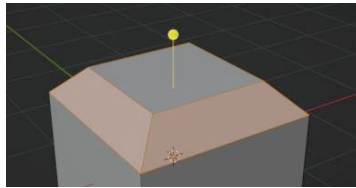
## 2 Вставка граней (*Inset faces*)



Команда позволяет создать новую грань посредством смещения уже существующей грани.

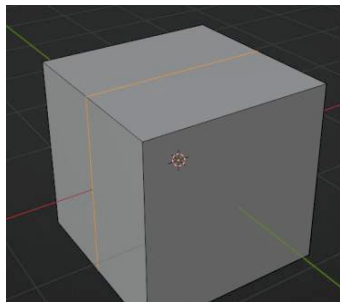
**Важно! Работает только с гранями.**

## 3 Фаска



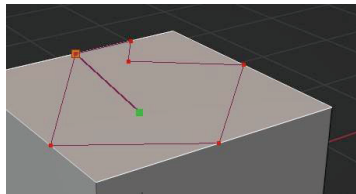
Команда позволяет создать фаску на грани или ребре.

## 4 Разрезка петель (*Loop Cut*)



Разрезка петель позволяет разрезать связанные между собой полигоны. Программа создает новую линию разреза строго посередине каждого полигона.

## 5 Нож (*knife*).



Как и разрезка петель позволяет создать новую топологию, однако на этот раз топологию можно нарисовать, тем самым создавая различные формы.

## 6 Дополнительное взаимодействие.

Экструдировать вершины	
Extrude to Cursor or Add	Ctrl ПКМ
Фаска вершин	Shift Ctrl B
Новое ребро/грань из вершин	F
Соединить вершины по линии	J
Соединить пары вершин	
Разрезать вершины	V
Разрезать вершины и залить	Alt V
Разрезать вершины и продлить	Alt D
Сдвинуть вершины вдоль ребер	Shift V
Сгладить вершины	
Smooth Vertices (Laplacian)	
Blend from Shape	
Распространить на формы	
Группы вершин	Ctrl G▶
Крюки	Ctrl H▶
Создать родительскую вершину	Ctrl P

Для каждого элемента присутствуют дополнительные параметры для взаимодействия: создание новых элементов, перемещение объектов относительно осей.

**Важно! Расположение этих команд** **Вершина** отображается только в режиме редактирования.

Между элементами внутри режима редактирования можно совершать дополнительные команды для решения узконаправленных задач. Примером такой команды служит команда «Заполнить» (*Fill*) (горячая клавиша буква *F*), для работы команды следует выбрать набор ребер для заполнения, а после вызвать контекстное меню, нажав правую клавишу мыши и выбрав команду «Заполнить» (*Fill*), рисунок 2.30.

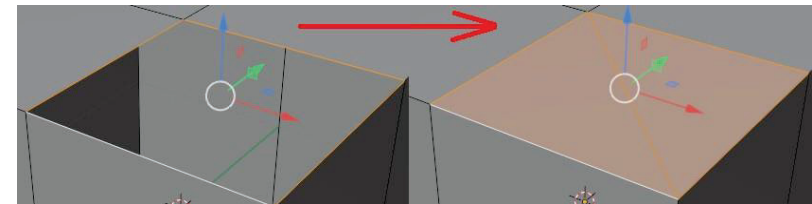


Рисунок 2.30 – Работа команды дополнительного действия «Заполнить»

Таким же образом работает и команда **Мост** (*Bridge*). Она позволяет сцепить 2 ребра (или больше) между собой по одной грани. Для работы команды достаточно выбрать 2 или более ребер и, используя контекстное меню, выбрать *Bridge*.

### Вопросы к Теме 2.4

- 1 Чем отличается режим редактирования от объектного режима?
- 2 Какие элементы в режиме редактирования мы можем выбирать? Можно ли выбрать их все вместе?
- 3 Как действует команда *Extrude region*?
- 4 Меняется ли инструментарий при переходе в режим редактирования?
- 5 Есть ли дополнительные взаимодействия для каждого элемента режима редактирования?

## Практическая работа к Теме 2.4 Редактирование полигональной сетки

Сеточные модели

1 Откройте *Blender*, при этом загружается сцена, установленная по умолчанию: куб в начале координат, камера и лампа.

2 Перейдите в режим редактирования (*Edit Mode*), нажав клавишу *Tab*. Отмените выделение вершин, нажав на клавишу *A* (англ. *all* – все).

3 Нажмите клавишу *B*, чтобы перейти в режим выделения прямоугольником. Обведите левой кнопкой мыши все 4 вершины верхней грани. Чтобы свести их вместе и построить пирамиду, применим масштабирование с коэффициентом 0. Для этого нужно нажать клавишу *S*, набрать на клавиатуре 0 и нажать *Enter*. Теперь 4 вершины находятся в одной точке.

4 Чтобы оставить только одну вершину из этих четырех, щелкните по кнопке **Меш – Очистка – Объединить** по расстоянию на панели инструментов (в верхней части окна) (рисунок 2.31).

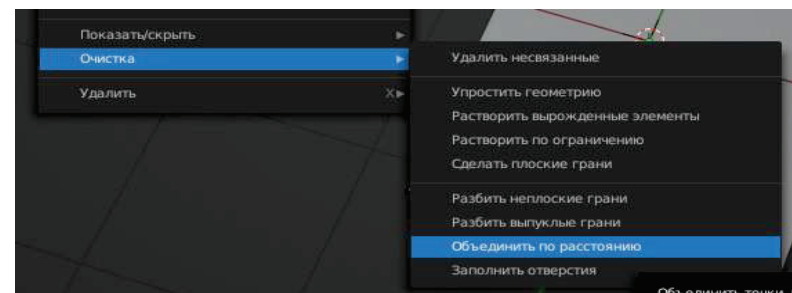


Рисунок 2.31

5 Нажмите на клавиши *Ctrl+Tab* и выберите в появившемся всплывающем меню пункт **Режим редактирования** (рисунок 2.32).



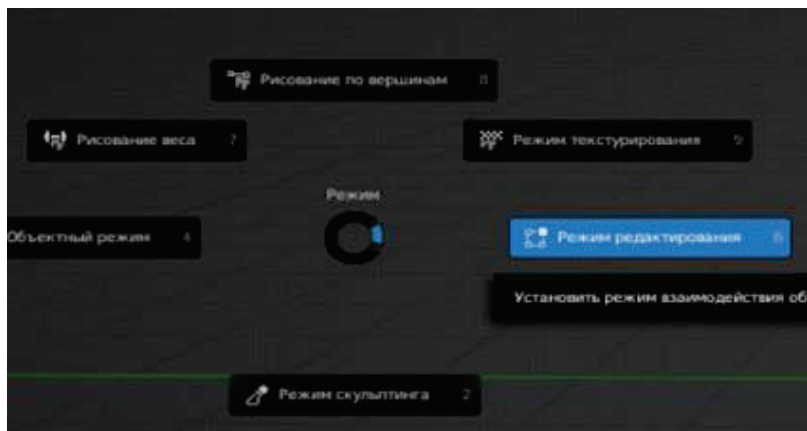
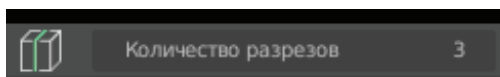

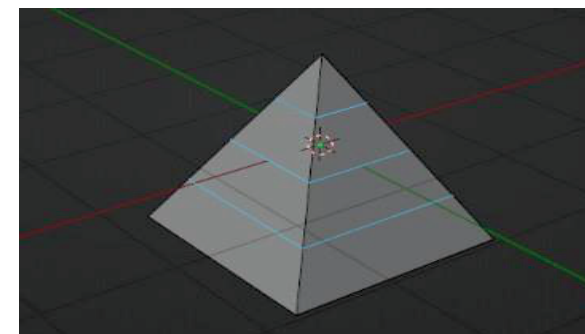


Рисунок 2.32



6 Перейдите к виду сверху (*Num7*) и выделите все 4 наклонных ребра (ПКМ при нажатой клавише *Shift*). Щелкните по кнопке Разрезать петлей (*Subdivide*) на панели инструментов слева, и вверху экрана установите Количество разрезов (*Number of Cuts*), равное 3 (чтобы разбить каждое ребро на 4 равных части). Пирамида будет разделена на 4 слоя.

7 С помощью элемента управления  в верхней части окна включите режим работы с вершинами (самая левая кнопка).



8 Чтобы построить усеченную пирамиду, выделите вершину и нажмите клавишу *Delete*. Появится всплывающее меню, в котором нужно выбрать удаляемые элементы. Выберите **Вершины** (*Vertices*). Посмотрите на пирамиду сверху – появилось отверстие в торце.

9 Нажмите клавишу *C* (англ. *circle selection*, круговое выделение), колесиком мыши отрегулируйте область выделения, которая обозначается белой точечной окружностью. Выделите с помощью ЛКМ все 4 верхние вершины и нажмите клавишу *Esc*, чтобы закончить выделение (рисунок 2.33).

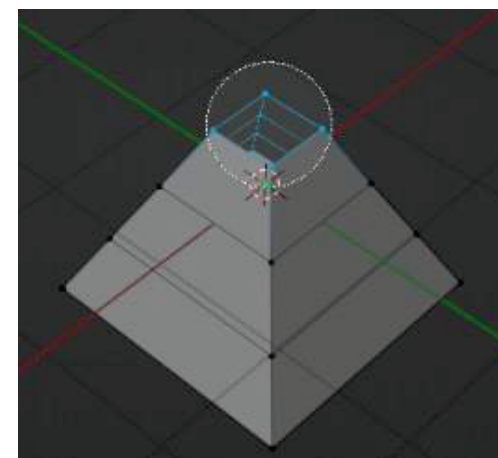


Рисунок 2.35

Чтобы создать закрывающую грань сверху, нажмите клавишу *F*.

10 Выделите первый промежуточный ряд вершин, нажав клавишу *Alt* и щелкнув по одному из ребер, образующих контур. Применив масштабирование (клавиша *S*), уменьшите размеры контура (рисунок 2.34).

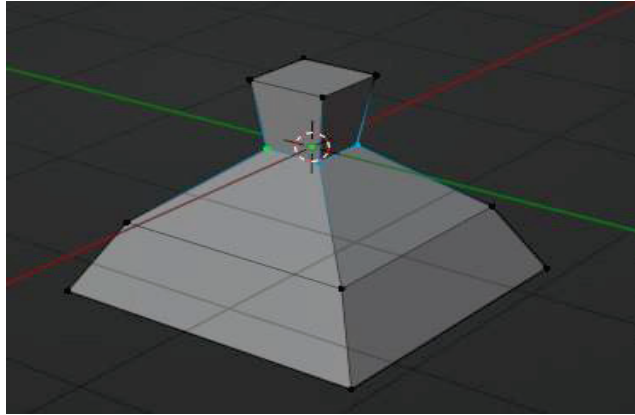


Рисунок 2.34

11 Выделите следующий контур и увеличьте его размер с помощью масштабирования (рисунок 2.35).

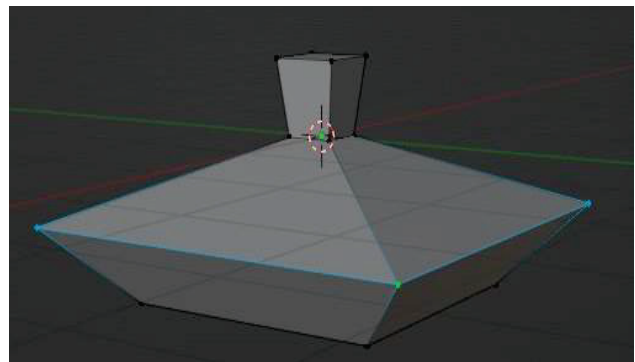


Рисунок 2.35

12 С помощью элемента управления



включите режим работы с гранями (последняя кнопка), поверните объект так, чтобы видеть нижнюю грань, и выделите ее. Нажмите кнопку *E* (англ. *extrude* – выдавливание) и переместите выделенную грань вниз примерно так, как на рисунке 2.36.

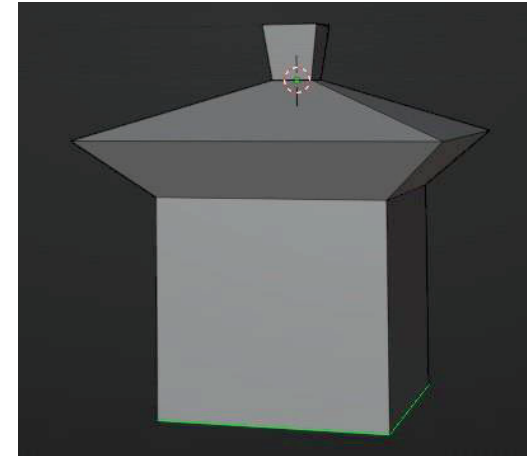


Рисунок 2.36

13 Используя масштабирование, уменьшите размеры нижней грани. Затем, используя дважды выдавливание и масштабирование, завершите построение нижней части (рисунок 2.37).

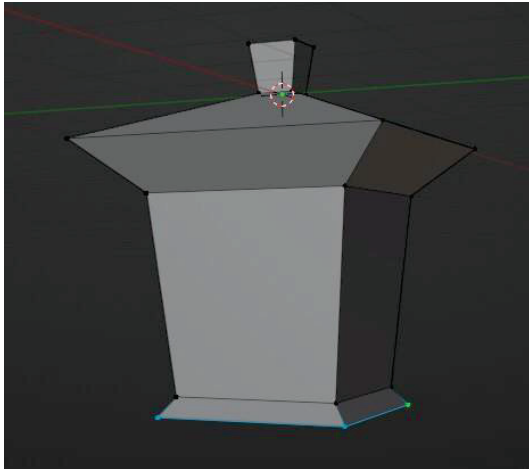


Рисунок 2.37

14 Добавьте колечко, за которое такой фонарь можно подвесить, – это объект Тор (Torus) (рисунок 2.38).

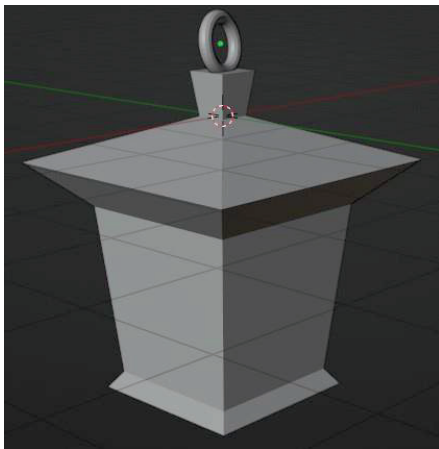


Рисунок 2.38

15 Сохраните модель под именем Светильник.blend.

## Тема 2.5 Текстуры

Для создания более реалистичных поверхностей, материалов, веществ и текстур, приближенных к реальному миру, используются специальные параметры и меню текстур в *Blender*. При этом текстуры можно как создавать с 0, так и использовать готовые изображения для наложения текстуры на объект.

Созданные текстуры как бы накладываются поверх полигональных объектов. Таким образом, созданная текстура как бы натягивается на меш-поверхность, накладываясь на каждый полигон.

Для работы с текстурами придется освоить работу еще как минимум в одном редакторе *Blender*. Это будет *Shader Editor* – редактор шейдеров.

Разделим область *3D Viewport* по вертикали на две части и в одну загрузим *Shader Editor* / Редактор шейдеров (рисунок 2.39).

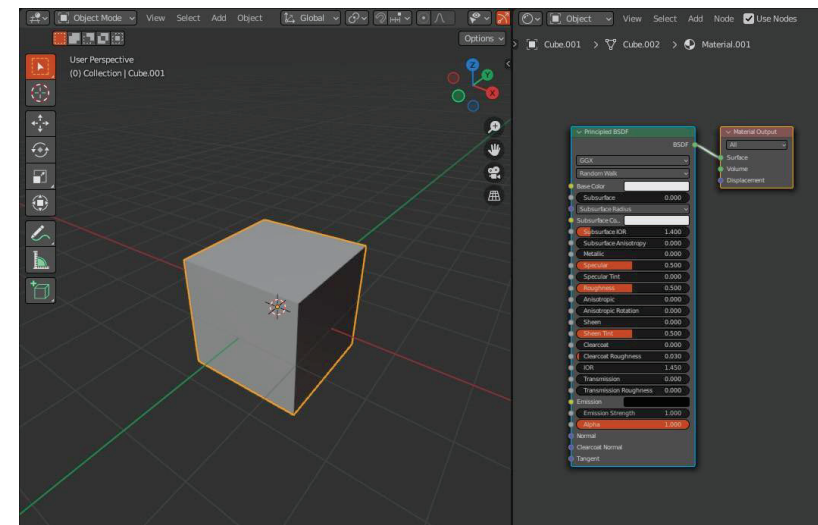


Рисунок 2.39 – Разделенный экран для текстурирования

Если объекту добавлен материал, то у него уже будут две ноды. Настройки основной, в данном случае *Principled BSDF* / **Принципиальный BSDF**, дублируются на вкладке материалов, если не выключать там кнопку *Use Nodes* / **Использовать ноды**. У каждой ноды есть небольшие цветные отверстия по бокам – через эти «отверстия» ноды взаимодействуют с друг другом. В самом начале *Principled BSDF* взаимодействует с нодой *Material Output*.

**Важно!** Если мы хотим добавить текстуру, нужна соответствующая нода. Добавить ее можно через меню заголовка *Add* → *Texture* → ... / **Добавить** → **Текстура** → ... . Также работает комбинация *Shift+A*.

Добавим *Cheker texture* / **Шахматная текстура** и соединим ноду со свойством *Base Color* / **Основной цвет** главной ноды. Мы как бы заменяем цвет на текстуру. Чтобы увидеть эффект в 3D Viewport, не забываем в нем переключиться на за- тенение *Rendered* / **Рендер**.

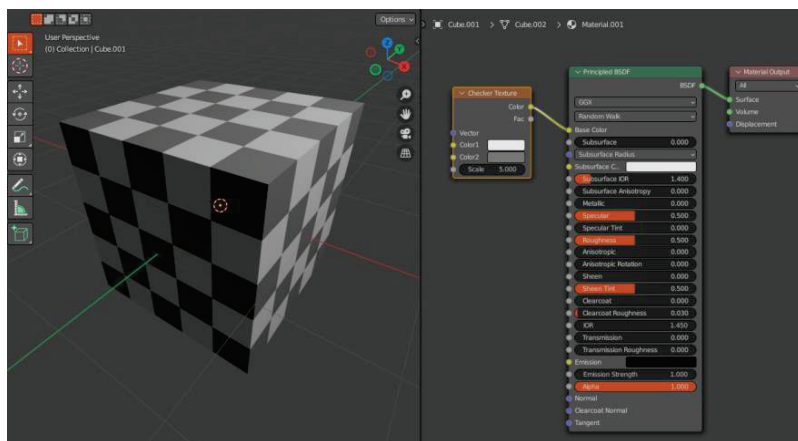


Рисунок 2.40 – Добавление ноды «шахматная текстура»

Можно обратить внимание что изменение *Color1* / *Color 2* в ноде *Cheker texture* позволяет нам изменить цвет (ри- сунок 2.41).

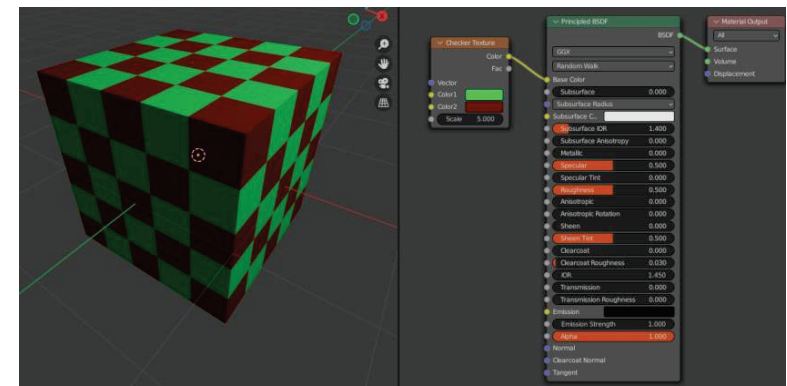


Рисунок 2.41 – Изменение шахматной текстуры

Рассмотрим ноду *Image Texture* / **Изображение тексту- ра** – наложение на поверхность собственной картинки.

Если посмотреть на рисунок 2.42, то можно увидеть, что текстура как будто натянута на весь объект. Если мы хотим определенным образом позиционировать изображение на гра- нях, повторить его, придется добавить еще пару нод: *Texture Coordinate* / **Текстурные координаты** и *Mapping* / **Отображе- ние**. Найти все эти ноды можно в графе **Добавить** / *Add*.

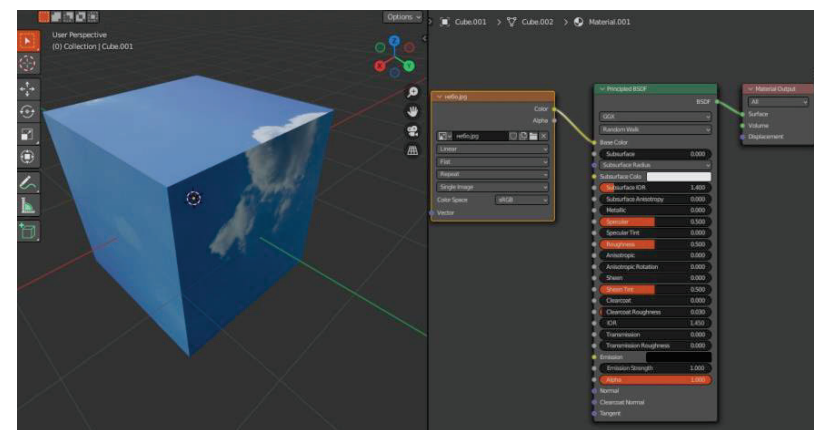


Рисунок 2.42 – Текстура изображения

Подключаем ноды таким образом: *Mapping* / **Отображение** подсоединяем к значению *Vector* / **Направление** на нашей *Image Texture* / **Изображение текстура**. А к ноде *Mapping* / **Отображение** подключаем *Texture Coordinate* / **Текстурные координаты**. Подключение производится через *vector* и *UV* – это перенесет значения на каждую грань. Результат подключения можно увидеть на рисунке 2.43. Если вы все подключили правильно, то картинка выровняется по каждой грани.

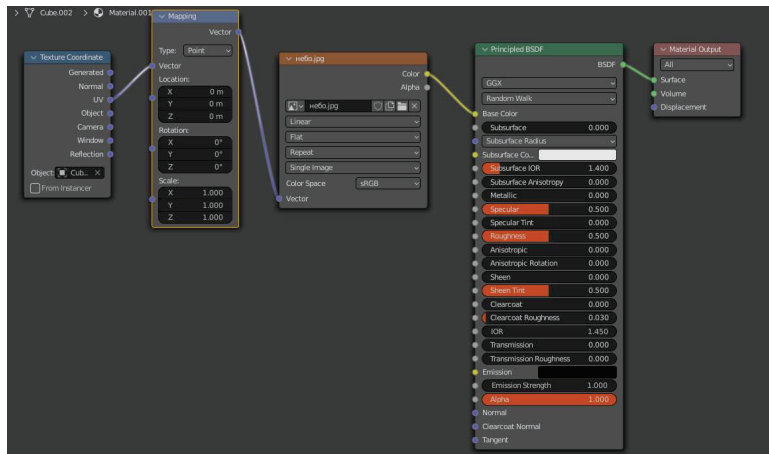


Рисунок 2.43 – Подключение нод

### Вопросы к Теме 2.5

- 1 Что такое нода? Как ноды взаимодействуют?
- 2 Можно ли добавить текстуру на одну грань? На один объект?
- Какие две ноды всегда появляются при создании материала?
- 4 Что создает нода *Brick texture*?
- 5 Можно ли менять настройки ноды во время их работы?

### Список использованных источников

- 1 Autodesk design Academy: электронный учебник. 2018. URL: <https://academy.autodesk.com>
- 2 Прахов А. Самоучитель Blender 2.6. 2013.
- 3 Скиба Д. Совмещение реального с виртуальным в Blender. 32 с.
- 4 Enrico Valenza Blender Cycles Materials and Textures Cookbook. 2015. 56 с.
- 5 Kuhn Christopher Blender 3D Incredible Machines. 2016. 24 с.
- 6 Энциклопедия Нодов: справочник по Blender. 15 с.
- 7 Кух Кристофер Blender 3D incredible machine. 2017. 399 с.
- 8 Хирако Сан Blender Eevee Rendering engine. 2018. 77 с.
- 9 Чагина А.В., Большаков В.П. 3D-моделирование в КОМПАС-3D версий v17 и выше: учеб. пособие для вузов. 2021. 256 с.
- 10 Герасимов А.А. Самоучитель КОМПАС-3D v19. 2021. 624 с.
- 11 Кидрук М.И. КОМПАС-3D: На 100%. СПб.: Питер, 2009. 560 с.
- 12 Кудрявцев Е.М. КОМПАС-3D: Проектирование и расчет механических систем. М.: ДМК-Пресс, 2008. 400 с.
- 13 Кудрявцев Е.М. КОМПАС-3D: Проектирование в машиностроении. М.: ДМК-Пресс, 2009. 440 с.
- 14 Кудрявцев Е.М. КОМПАС-3D V10: Максимально полное руководство. М.: ДМК-Пресс, 2008. 1184 с.
- 15 Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение: справочник. СПб.: Политехника, 2006. 456 с.
- 16 Справочное руководство по черчению / В.Н. Богданов, И.Ф. Малежик, А.П. Верхола и др. М.: Машиностроение, 1989. 864 с.
- 17 <https://blender3d.com.ua/>
- 18 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2006. Т. 1. 928 с.; Т. 2. 960 с.; Т. 3. 928 с.
- 19 Ганин Н.Б. Проектирование в системе КОМПАС-3D: учебный курс. СПб.: Питер; М.: ДМК-Пресс, 2008. 448 с.

20 Ганин Н.Б. КОМПАС-3D: Трехмерное моделирование. М.: ДМК-Пресс, 2009. 384 с.

21 Ганин Н.Б. Современный самоучитель работы в КОМПАС-3D V10. М.: ДМК-Пресс, 2009. 560 с.

22 Герасимов А.А. КОМПАС-3D V10: Наиболее полное руководство. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 976 с.

*Учебное издание*

**Харитонов Николай Дмитриевич**

## **ИНЖЕНЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

### **Методические указания**

Корректор *В.В. Демидова* Технический редактор *Т.В. Суханова* Верстальщик *Ю.Б. Пашкова*

---

Подписано в печать 30.12.22

Уч.-изд. л. 9,625

Формат 60 × 90 1/16

Уч.-изд. сим. 230000

---

Университет науки и технологий МИСИС, 119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1

Издательский Дом НИТУ «МИСиС», 119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 2А Тел. 8 (495) 638-44-06

Отпечатано в типографии Издательского Дома НИТУ «МИСиС», 119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4А Тел. 8 (495) 638-44-16, 8 (495) 638-44-43