

---

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

621.92(07)  
Ч-63

С.Г. Чиненов, Я.В. Высогорец

**ОСНОВЫ САПР.  
ЗД-МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Учебное пособие для самостоятельной  
работы

---

Челябинск  
2009

---

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Южно-Уральский государственный университет  
Филиал ЮУрГУ в г. Миассе  
Машиностроительный факультет  
Кафедра «Технология производства машин»

621.92(07)  
Ч-63

С.Г. Чиненов, Я.В. Высогорец

## **ОСНОВЫ САПР. 3Д-МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Учебное пособие для самостоятельной работы

Челябинск  
Издательский центр ЮУрГУ  
2009

УДК 621.92.(07) (075.8)  
Ч-63

*Одобрено  
учебно-методической комиссией машиностроительного факультета  
филиала ЮУрГУ в г. Миассе.*

*Рецензенты:  
Звонарева Л.М., Лесников С.Н.*

**Чиненов, С.Г.**

Ч-63      Основы САПР. ЗД-моделирование: учебное пособие для самостоятельной работы / С.Г. Чиненов, Я.В. Высогорец. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 68 с.

Учебное пособие предназначено для выполнения практических работ по курсу «Основы САПР» студентами дневной и вечерней форм обучения по специальности 151001.

УДК 621.92.(07) (075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2009

## **ВВЕДЕНИЕ**

Системы САПР (системы автоматизировано проектирования) как правило, делят в соответствии с международной классификацией на системы CAD, CAM и CAE. Хотя есть и отечественная классификация, но она в настоящее время не используется.

К системам CAD относят конструкторский САПР – построение двумерных и трёхмерных чертежей, получение из трёхмерных чертежей проекций и т.д. В настоящее время достаточно сложно найти чистые CAD, т.к. практически все они содержат те или иные элементы CAE – автоматизированных расчетов, так например в CAD «Компас – 3D V9» присутствуют такие элементы CAE, как различные прочностные расчёты шестерён и валов, проверочные расчёты и т.д.

К современным CAD, применяемым в отечественном машиностроении относят: «Компас – 3D V9», AutoCAD, SolidWorks, CATIA, и др.

CAM-системы отвечают за автоматизацию технологических процессов. В них автоматизировано выполнение таких операций, как расчёт режимов резания, технологическое нормирование, а также в любой современной CAM существует база данных, в которой находятся технологические процессы на получение всех деталей с момента внедрения CAM в производство. В нашей стране в настоящее время используется три CAM-системы отечественного производителя: «Компас – АВТОПРОЕКТ», «Вертикаль» и «ТехноПРО».

Существуют также комплексные САПР системы, которые призваны объединить в себе CAD, CAM и CAE, такие, как ProEngineer, однако в настоящее время более распространены дифференцированные САПР.

Одной из самых распространённых САПР CAD в нашей стране является система «Компас – 3D», на момент написания методического пособия последняя версия данного продукта – «Компас – 3D V9». Цель этого пособия – научить студентов пользоваться указанным CAD-продуктом.

Несмотря на то, что 2D-системы позволяют вполне успешно решать стоящие перед большинством пользователей задачи, по мере развития новых технологий все отчетливее проявляются серьезные ограничения, присущие плоскому проектированию. Так дизайнерская отработка деталей и сборочных единиц успешно решается только с применением трехмерной графики. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ в CAM-системах при 3<sup>х</sup>, 4<sup>х</sup>, 5<sup>и</sup>-координатной обработке требуют создания 3D моделей.

В данном методическом пособии рассмотрено проектирование деталей в объеме, а также проектирование сборок из деталей, выполненных в «Компас – 3D V9». Методическое пособие является продолжением выпущенного ранее методического пособия «Основы САПР. Часть 1». Пособие может быть использовано для самостоятельной работы студентов.

# 1. ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ. ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ И ИНСТРУМЕНТЫ

## 1.1. Создание документа

Перед началом работы необходимо запустить программу. Запуск программы «Компас – 3D V9» осуществляется либо путем нажатия ярлыка на рабочем столе, либо из меню «Пуск/Программы/Аскон/Компас-3D V9/ Компас-3D V9».

При первом запуске программа, через диалоговое окно, предлагает пользователю выбрать, с каким интерфейсом он предпочитает работать. Обычно оставляют интерфейс «по умолчанию». Хотя есть возможность выбрать и более удобный для себя интерфейс.

После выбора интерфейса необходимо создать новый документ. Это можно сделать либо нажав комбинацию клавиш Ctrl+n, либо нажав на соответствующую пиктограмму в левом верхнем углу (белый лист с загнутым уголком), либо при помощи меню Файл/Создать. При выполнении любого из этих действий появится следующее меню (рис. 1).

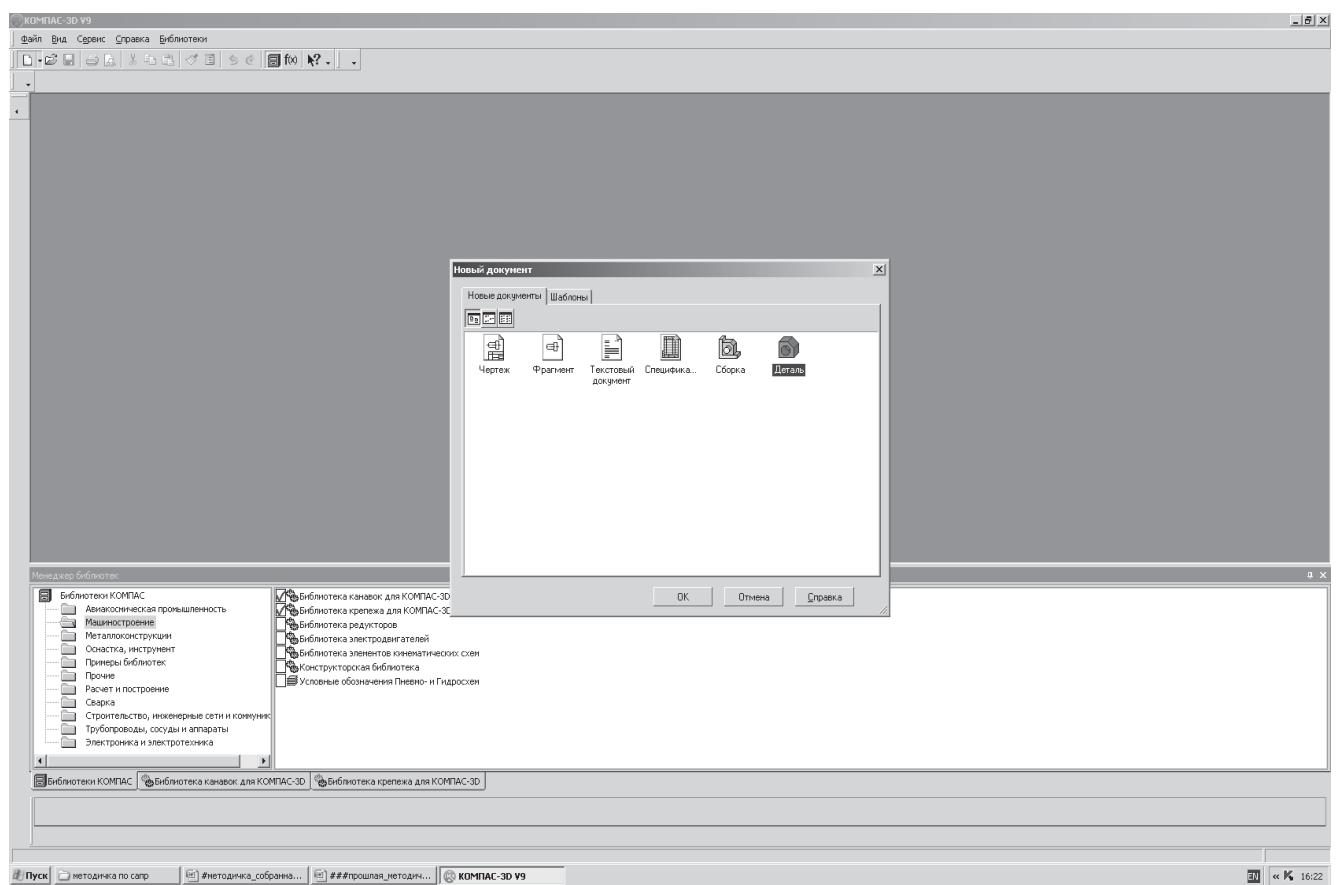


Рис. 1. Создание трехмерного документа и сборки

За создание трехмерного (3D) документа или сборки отвечают две последние иконки, которые называются «Сборка» и «Деталь».

При нажатии на пиктограмму «Деталь» появляется окно следующего вида (рис. 2).

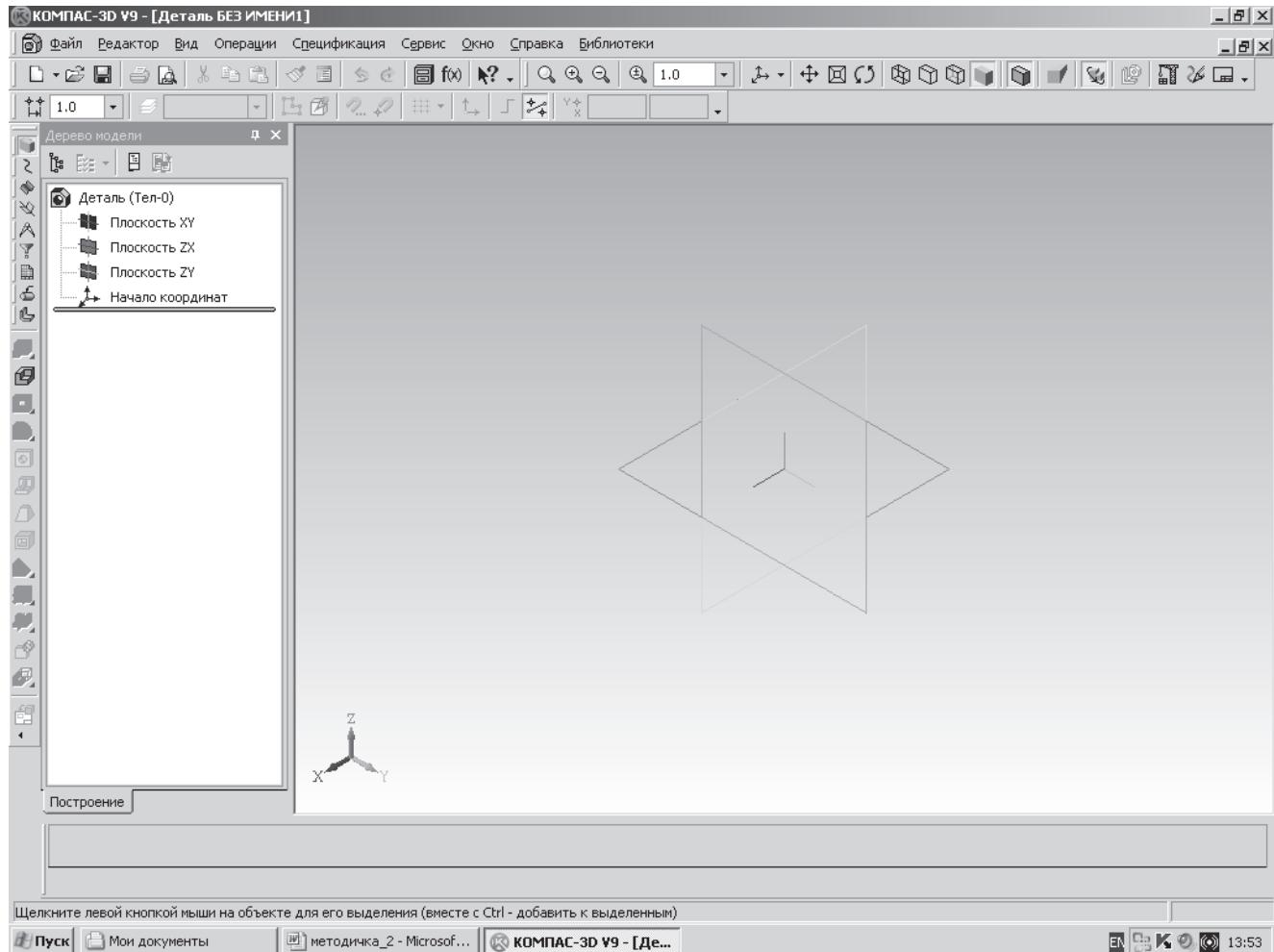


Рис. 2. Интерфейс программы при трехмерном проектировании

## 1.2. Компактная инструментальная панель

Компактная инструментальная панель (компактная панель) по умолчанию находится в левой части окна системы и состоит из двух частей: панели переключения и страницы инструментальной панели. Панель переключения находится в верхней части инструментальной панели – шесть верхних кнопок инструментальной панели. Ниже располагается страница компактной панели. Каждой кнопке на панели переключения соответствует одноименная страница. Каждая страница содержит набор кнопок, сгруппированных по функциональному признаку.

Сразу после открытия трехмерной модели открывается страница «Редактирования детали». На этой странице расположены команды, с помощью которых можно выполнять трехмерные построения моделей. Трехмерное построение моделей будет рассмотрено ниже. Рассмотрим другие возможности компактной панели.

Кнопка «Пространственные кривые» на панели переключения открывает одноименную страницу компактной панели. На этой странице расположены кнопки команд, с помощью которых в окне модели можно создавать точки, цилиндрические и конические спирали, трехмерные ломаные линии и плавные кривые (сплайны) (рис. 3).

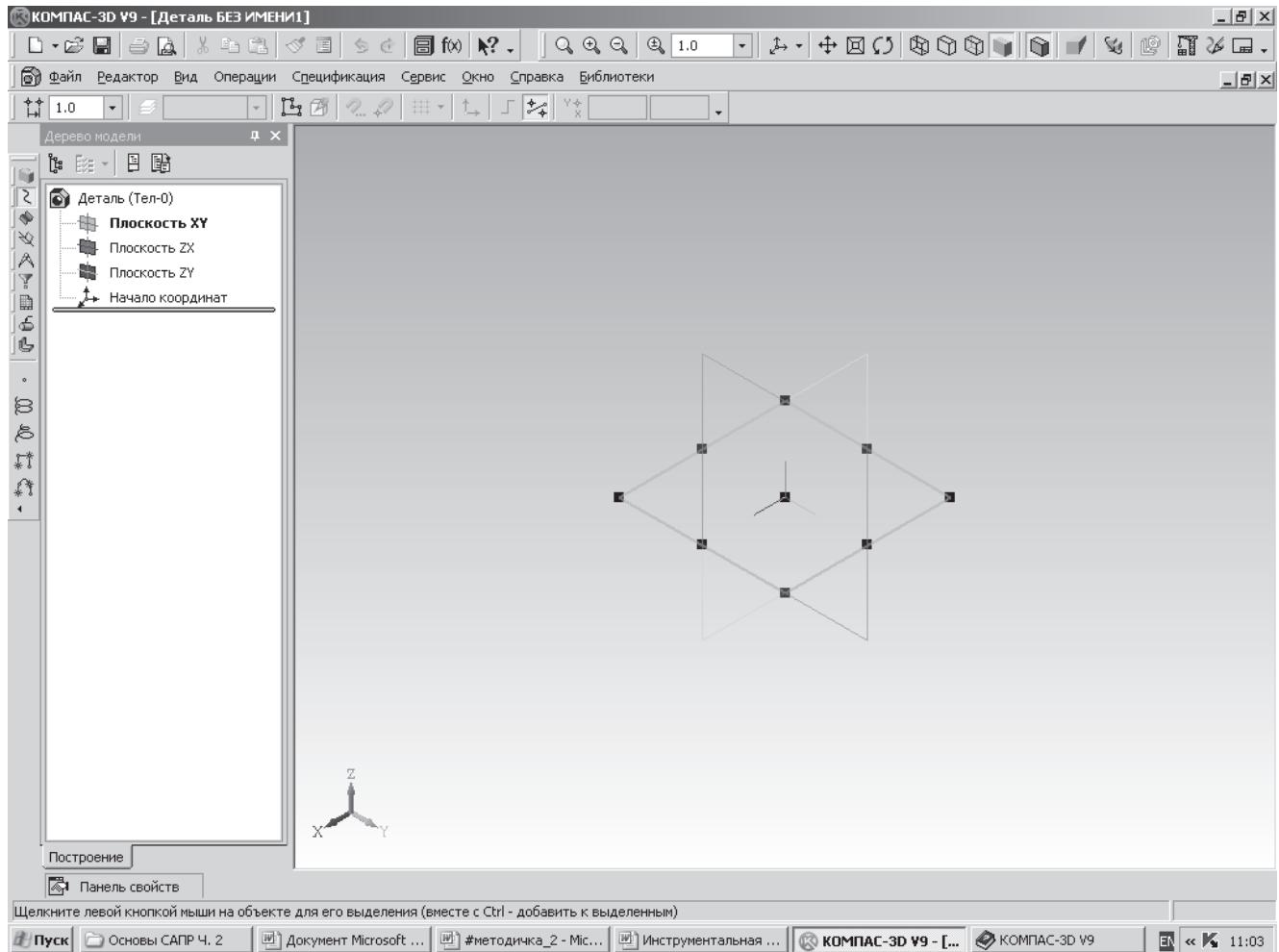


Рис. 3. Состав страницы «Пространственные кривые»

Страница «Поверхности» (рис. 4) позволяет создавать поверхности и выполнять с ними операции. Она содержит следующие кнопки:

- импортированная поверхность, позволяет импортировать в файлы модели «Компас – 3D V9» поверхности, записанные в файлах форматов SAT или IGES;
- поверхность выдавливания, позволяет создавать поверхность выдавливания, которая образуется путем перемещения эскиза в направлении, перпендикулярном его плоскости;
- поверхность вращения, позволяет создавать поверхность вращения, образуемую вращением эскиза вокруг оси, лежащей в плоскости эскиза;
- кинематическая поверхность, позволяет создавать кинематическую поверхность, которая образуется в результате перемещения эскиза-сечения вдоль выбранной траектории;

- поверхность по сечениям, позволяет создавать поверхность, указав несколько ее сечений, изображенных в разных эскизах;
- сшивка поверхностей, позволяет соединить открытые ребра указанных поверхностей с получением целой поверхности, а также присоединить поверхность к открытым ребрам детали после удаления граней с помощью команды «Удалить грани»;
- удалить грань, позволяет удалить грань поверхности или тела.

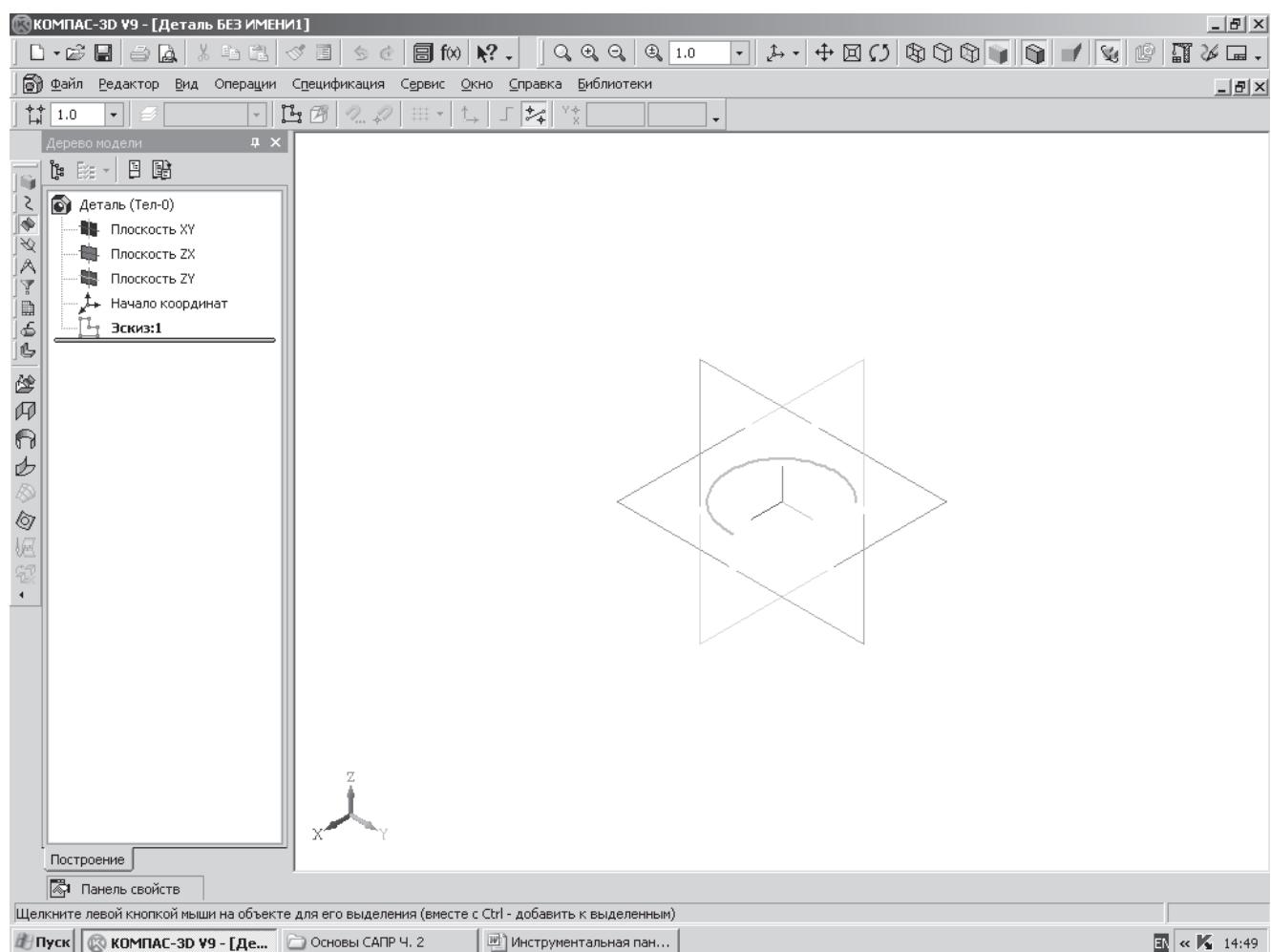


Рис. 4. Состав панели «Поверхности»

На странице «Вспомогательная геометрия» (рис. 5) расположены кнопки вызова команд построения вспомогательных прямых и плоскостей. Она содержит следующие кнопки: построения вспомогательных осей; построения вспомогательных плоскостей; организации линии разъема, позволяющая разбить грань на несколько граней; построения контрольных точек на модели.

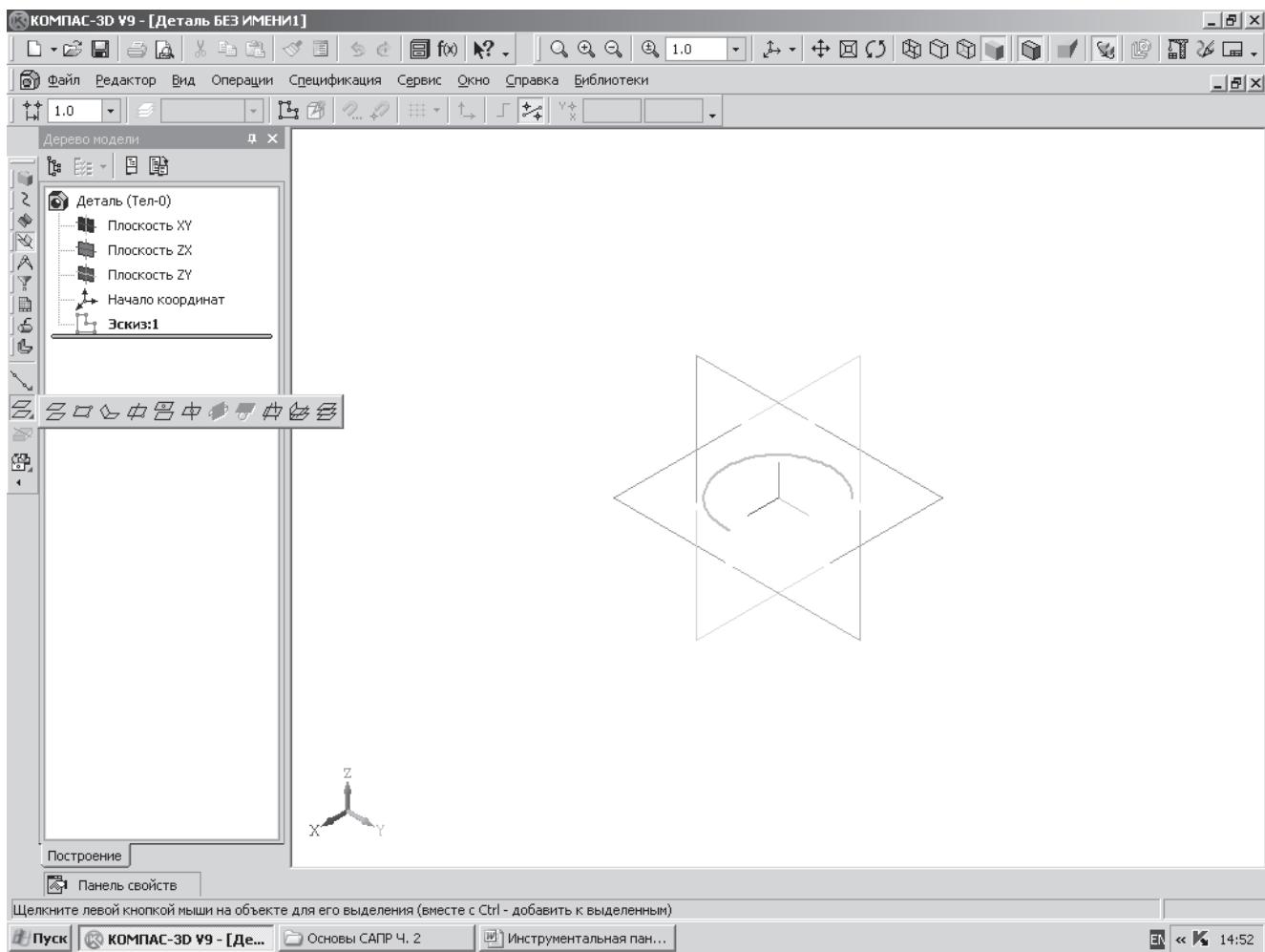


Рис. 5. Страница «Вспомогательная геометрия»

Кнопка построения вспомогательных осей содержит расширенные команды:

- ось через две вершины, позволяющая создать одну или несколько конструктивных осей, каждая из которых проходит через две указанные точки;
- ось на пересечении плоскостей, позволяющая создавать одну или несколько осей, каждая из которых является линией пересечения плоскостей или плоских граней;
- ось конической поверхности, позволяющая создать одну или несколько конструктивных осей, каждая из которых является осью конической (а в частном случае – цилиндрической) поверхности;
- ось через ребро, позволяющая создать одну или несколько конструктивных осей, каждая из которых проходит через прямолинейное ребро детали.

Кнопка построения вспомогательных плоскостей содержит расширенные команды:

- смещенная плоскость, позволяющая создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, расположенных на заданном расстоянии от указанной плоскости или плоской грани детали;

- плоскость через три вершины, позволяющая создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, каждая из которых проходит через три указанные опорные точки;
- плоскость под углом к другой плоскости, позволяющая создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, проходящих через прямолинейный объект под заданным углом к существующему плоскому объекту;
- плоскость через ребро и вершину, позволяющая создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, каждая из которых проходит через прямолинейный объект и точку;
- плоскость через вершину параллельно другой плоскости, позволяющая создать одну или несколько плоскостей, проходящих через указанные точки параллельно указанным конструктивным плоскостям или плоским граням;
- плоскость через вершину перпендикулярно ребру, позволяющая создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, проходящих через указанные точки перпендикулярно указанным прямолинейным объектам;
- нормальная плоскость, позволяющая создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, нормальных к цилиндрической или конической грани детали;
- касательная плоскость, позволяющая создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, касательных к цилиндрической или конической грани детали;
- плоскость через ребро параллельно/перпендикулярно другому ребру, позволяющая создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, проходящих через указанные прямолинейные объекты параллельно или перпендикулярно другим прямолинейным объектам;
- плоскость через ребро параллельно/перпендикулярно грани, позволяющая создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, проходящих через указанные прямолинейные объекты параллельно или перпендикулярно плоским объектам;
- средняя плоскость, позволяющая построить биссекторную плоскость двугранного угла.

Созданные при помощи этих команд плоскости отображаются в окне детали в виде прямоугольников, а в дереве модели в виде пиктограммы .

Кнопка измерений позволяет измерить различные параметры созданных предварительно объектов. Эта панель содержит несколько кнопок (команд):

- команда измерить угол позволяет измерить расстояние и, если возможно, угол между двумя объектами (конструктивными осями и плоскостями, гранями, ребрами и вершинами);
- команда измерить площадь, позволяет измерить площадь граней детали;
- команда измерить длину ребра позволяет измерить длину: ребра, кривой, сегмента ломаной, конструктивной оси, контура в эскизе, периметр грани;
- вычислить массо-центровочные характеристики модели, позволяет выполнить расчет массо-центровочных характеристик существующей модели (детали или сборки);

– проверка пересечений позволяет проверить пересекаются ли указанные компоненты сборки.

На компактной панели существуют и другие страницы, которые используются реже.

Слева от компактной панели находится «дерево модели», в котором отображаются все компоненты моделей и сборок. Наибольшую область занимает белоголубое рабочее поле проектирования с пересекающимися плоскостями.

### 1.3. Построение модели

Построение модели начинается с выбора плоскости. Для того чтобы выбрать плоскость, необходимо нажать левую кнопку мыши на этой плоскости в рабочем поле, либо щелкнуть по ее названию в дереве модели. Следующий шаг в построении модели – создание эскиза. Создание эскиза осуществляется двумя способами – либо нажатием на иконку «Эскиз» (рис. 6), либо нажатием в дереве объектов на выбранной плоскости правой кнопки мыши и выбором из контекстного меню соответствующего пункта (рис. 7).

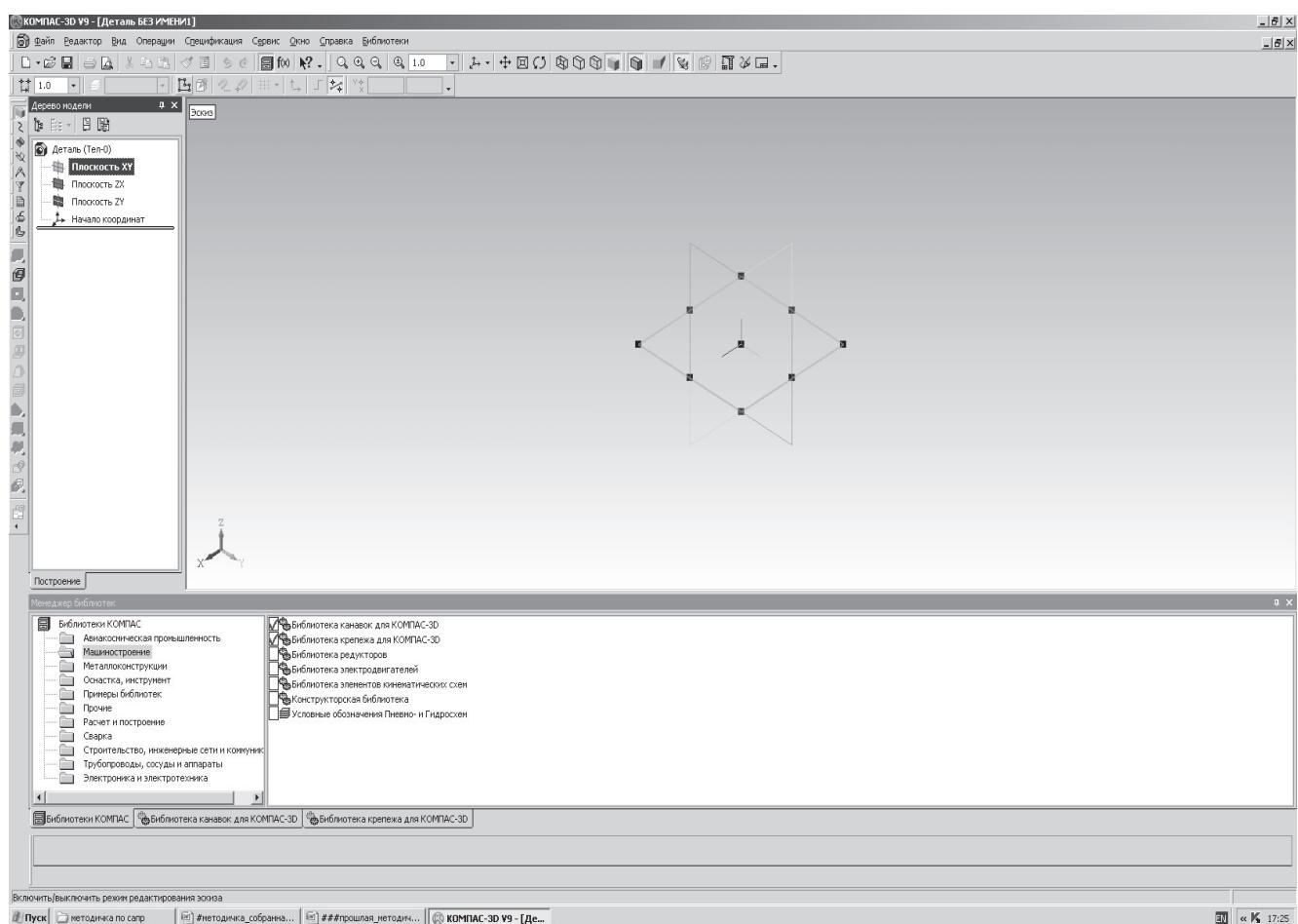


Рис. 6. Создание эскиза. Первый способ

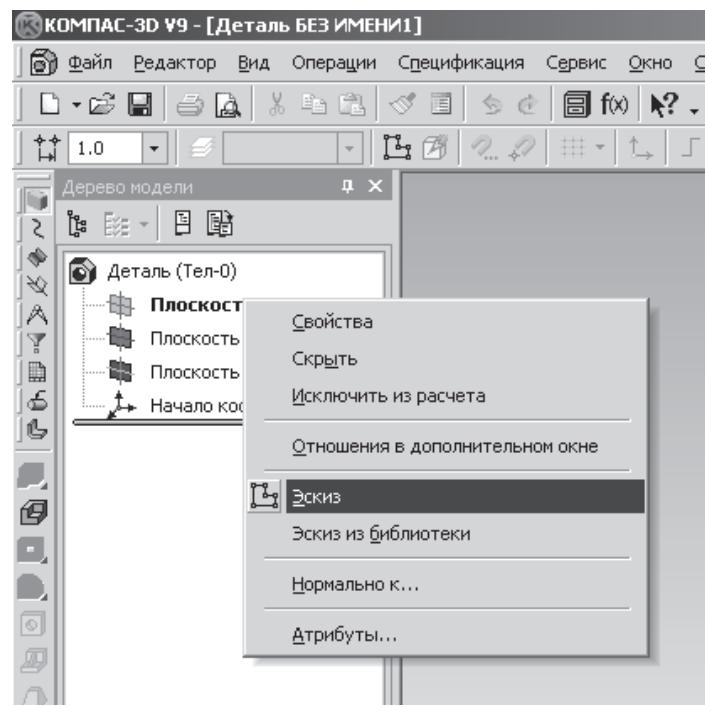


Рис 7. Создание эскиза. Второй способ

#### 1.4. Операция выдавливания

Далее при помощи инструментов двумерного моделирования чертится эскиз (рис. 8) и выбирается опция: «выдавливание» (рис. 9).

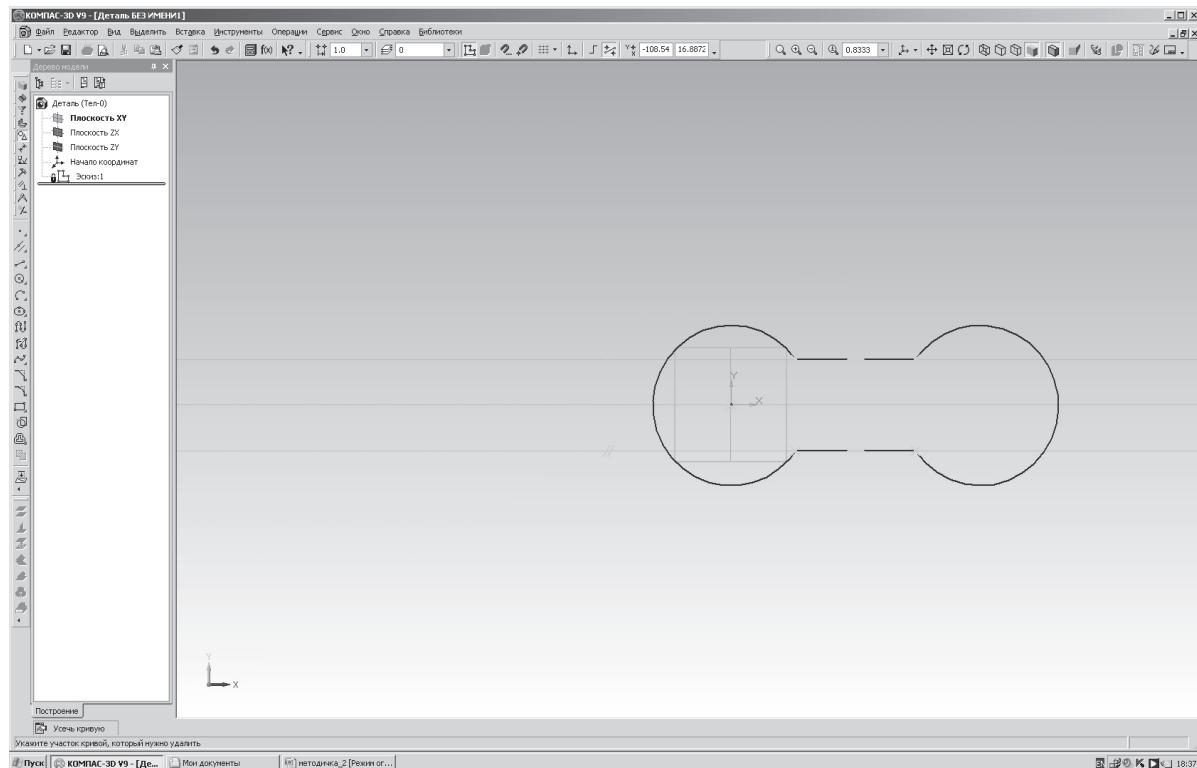


Рис. 8. Двумерный эскиз

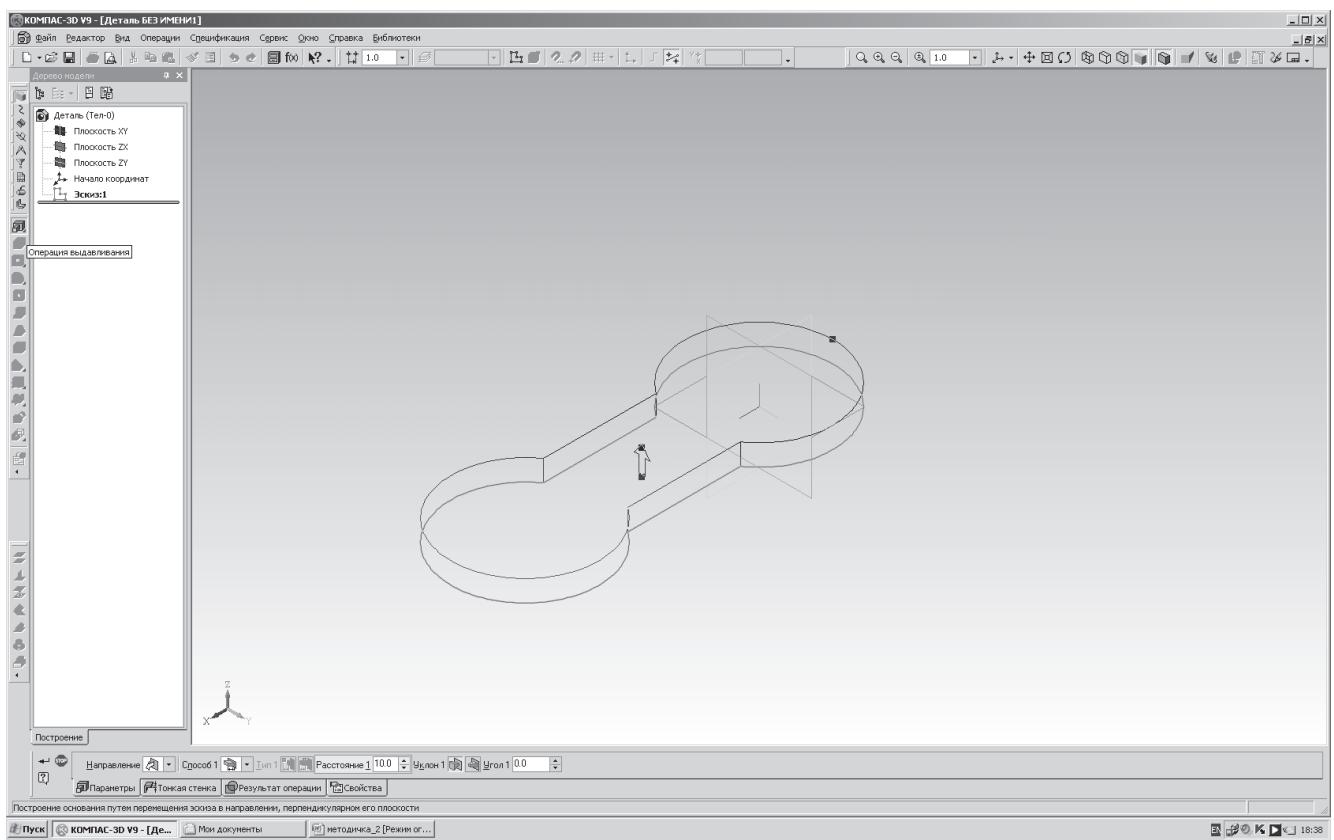


Рис. 9. Операция выдавливания

На панели свойств (рис. 10) можно выбрать направление выдавливания (прямое, обратное, два направления и средняя плоскость); способ выдавливания (на расстояние, через все, до вершины, до поверхности, до ближайшей поверхности); расстояние, на которое производится выдавливание; наличие, либо отсутствие уклиона, а также его направление и величину (угол).

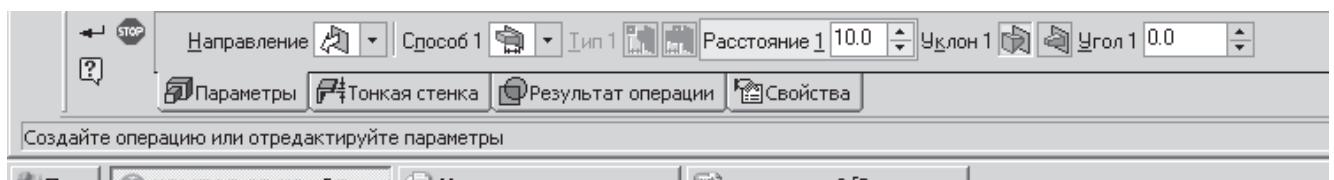


Рис. 10. Выдавливание. Панель свойств

Также на панели свойств присутствуют вкладки:

- тонкая стенка, где задается наличие либо отсутствие тонкой стенки, тип ее построения и толщина (рис. 11);
- результат операции (рис. 12);
- свойства, где можно менять цвет детали и ее оптические свойства (рис. 13)

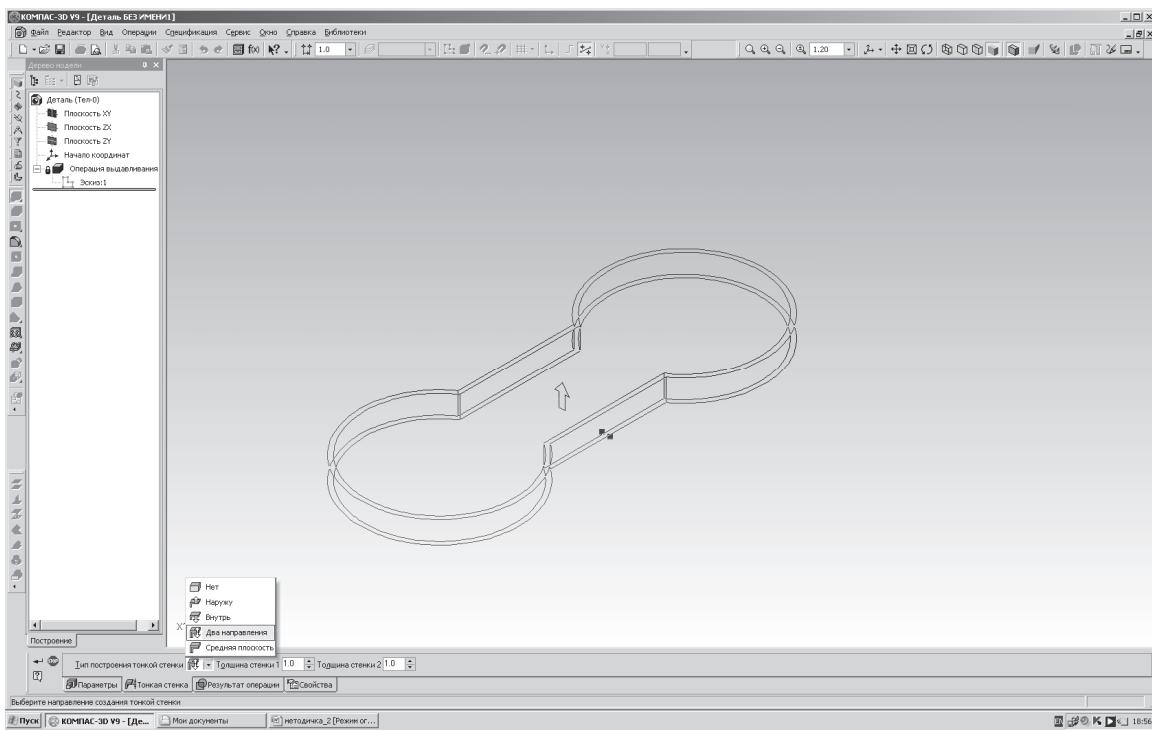


Рис. 11. Выдавливание. Панель свойств. Тонкая стенка

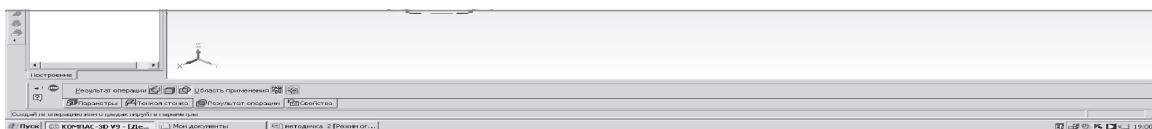


Рис. 12. Выдавливание. Панель свойств. Результат операции

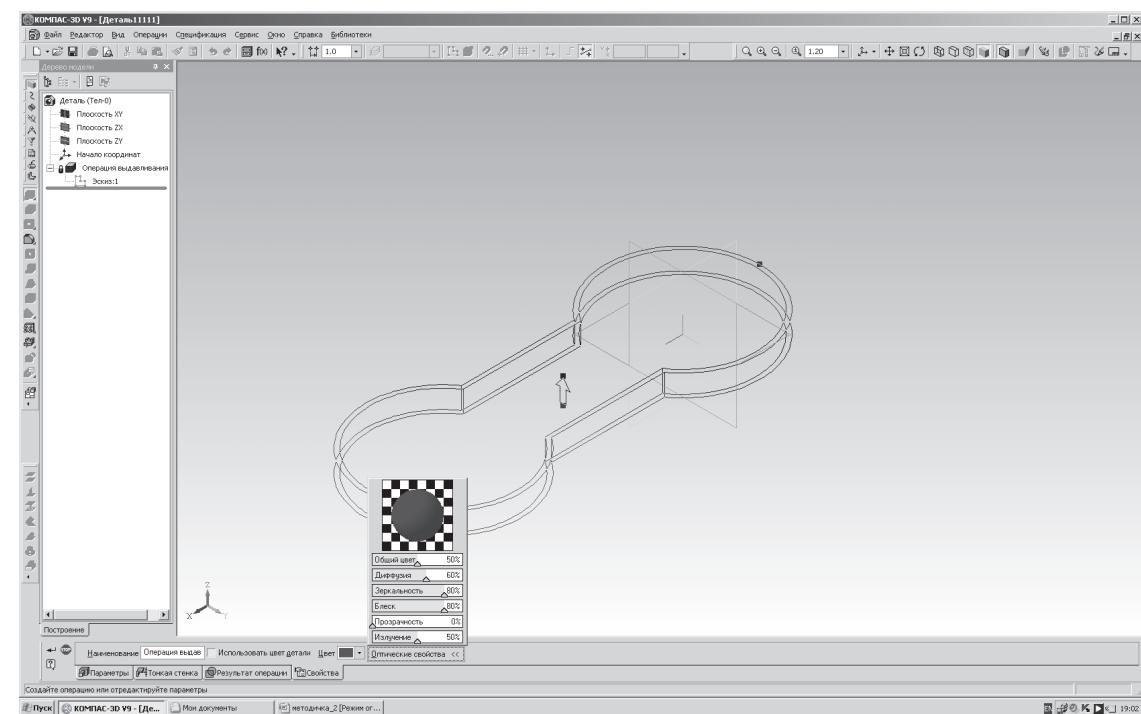


Рис. 13. Выдавливание. Панель свойств. Свойства

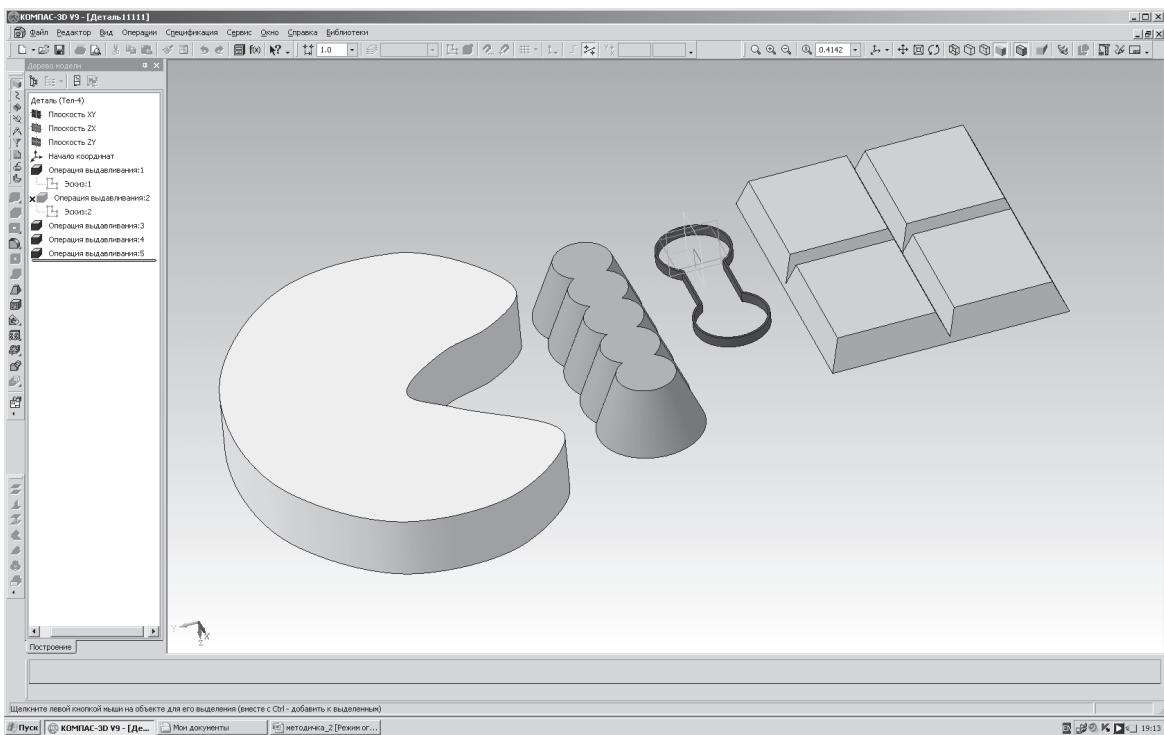


Рис. 14. Различные модели, построенные при помощи инструмента «Выдавливание»

## 1.5. Операция вращения

При трехмерном моделировании с помощью операции «вращение» сначала строится эскиз, подобный изображенному на рис. 15. На эскизе должен присутствовать замкнутый или незамкнутый (для получения тонкостенных моделей) контур и строго одна ось (прямая со стилем «осевая»). Далее нажимается и удерживается несколько секунд кнопка, с помощью которой осуществлялась операция выдавливания. Через несколько секунд появляется всплывающее меню, в котором вторым инструментом является «Операция вращения». При выборе этого инструмента, в случае корректного эскиза (см. выше), программа построит трехмерную модель, повернув эскиз вокруг оси. Примеры различных трехмерных моделей, построенных описанным выше способом, показаны на рис. 16.

Панель свойств инструмента «Операция вращения» аналогична панели свойств «Операции выдавливания». В отличие от «Операции выдавливания», у панели свойств инструмента «Операция вращения», есть меню, в котором можно задавать направление поворота эскиза вокруг оси (прямое, обратное, два, средняя плоскость) и меню, в котором можно задавать угол вращения. По умолчанию этот угол равен 360, однако для получения незамкнутых поверхностей, полученных поворотом вокруг оси, этот угол можно изменять. При угле 270 из модели будет вырезана одна четверть, при угле 90 градусов – три четверти и т.д.

Чтобы построить тонкостенную модель при помощи операции вращения можно либо выбрать соответствующий пункт на вкладке «тонкая стенка» панели свойств (аналогично тому, как это делается при выдавливании), либо построить в

эскизе незамкнутый контур и повернуть его вокруг оси. Первый способ более универсален, потому что с его помощью можно построить как модель с тонкой стенкой, так и без нее.

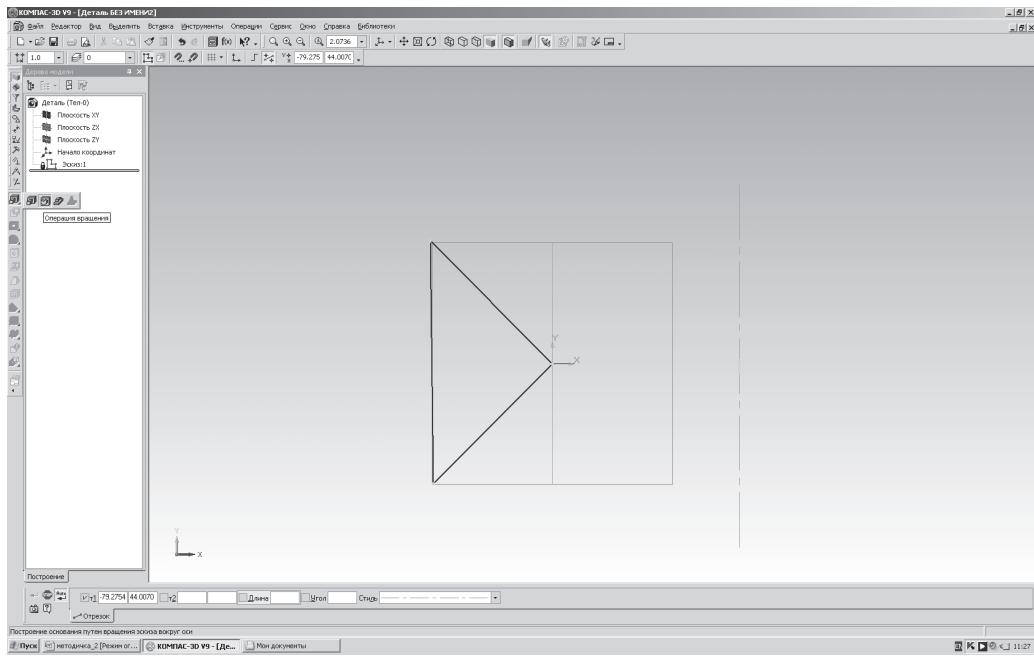


Рис. 15. Операция вращения. Построение эскиза

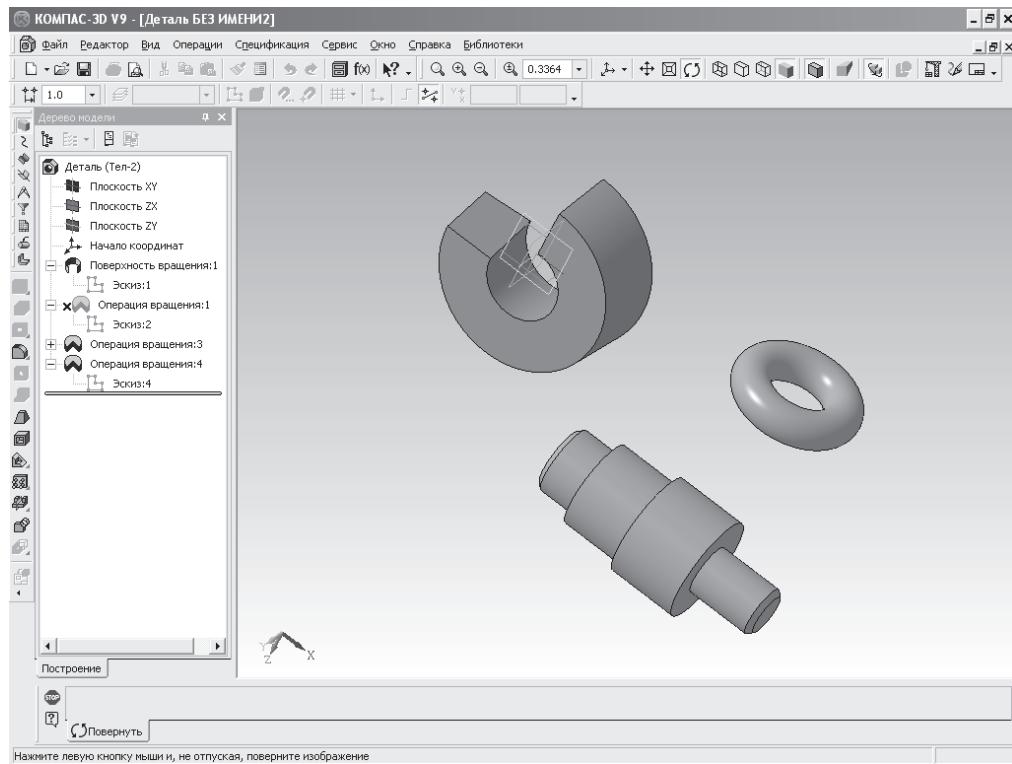


Рис. 16. Модели, построенные с помощью операции вращения

Также во всплывающем меню при длительном нажатии на кнопку «Операция выдавливания» есть опции «Кинематическая операция» и «Операция по сечениям». Перечисленные опции будут рассмотрены ниже.

## 1.6. Вырезание выдавливанием. Вырезание вращением

При вырезании выдавливанием вначале строится модель при помощи операции выдавливания (см. рис. 6-14). На этой модели выделяется любая плоскость. На плоскости строится новый эскиз (рис. 6,7). Результат построения эскиза на плоскости показан на рис. 17.

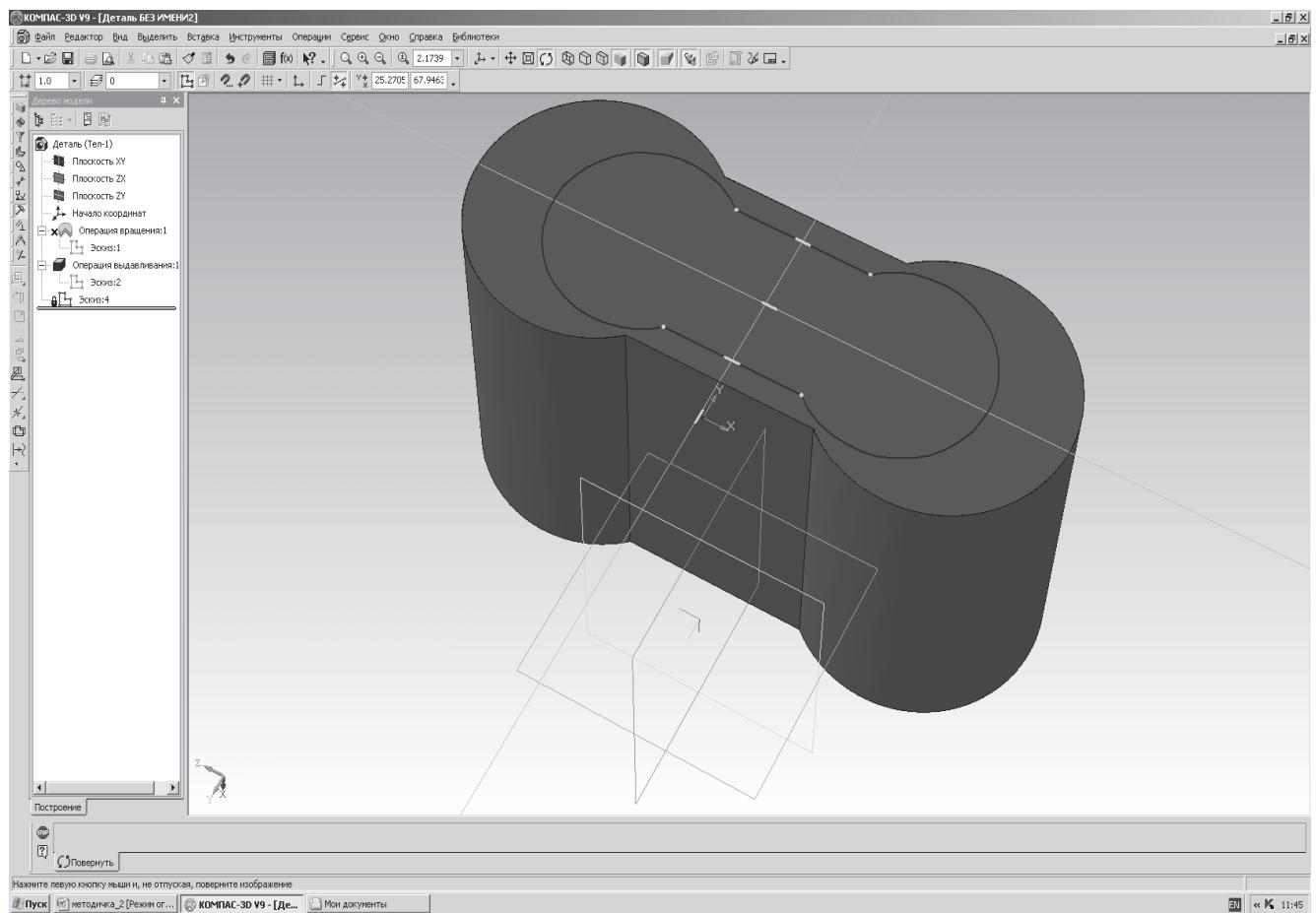


Рис. 17. Вырезание выдавливанием. Построение эскиза

Далее на компактной панели выбирается инструмент «Вырезать выдавливанием» (рис. 18), после чего незамедлительно появляется фантомное изображение будущего отверстия, которое будет вырезано в детали.

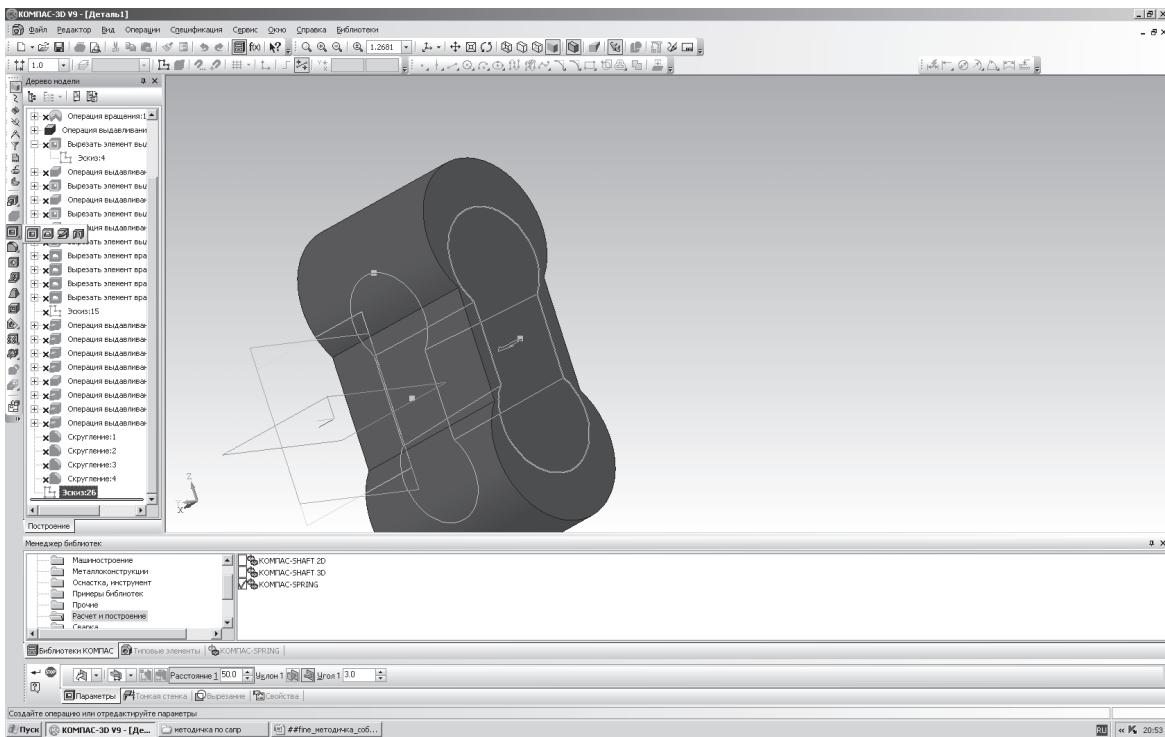


Рис. 18. Вырезание выдавливанием. Панель свойств

На панели свойств инструмента «Вырезать выдавливанием» можно выбрать направление вырезания, способ построения, расстояние, уклон, а также, в соответствующих вкладках, наличие, либо отсутствие тонкой стенки, ее толщину, цвет и оптические свойства выреза (рис. 18). Результат вырезания выдавливанием показан на рис. 19.

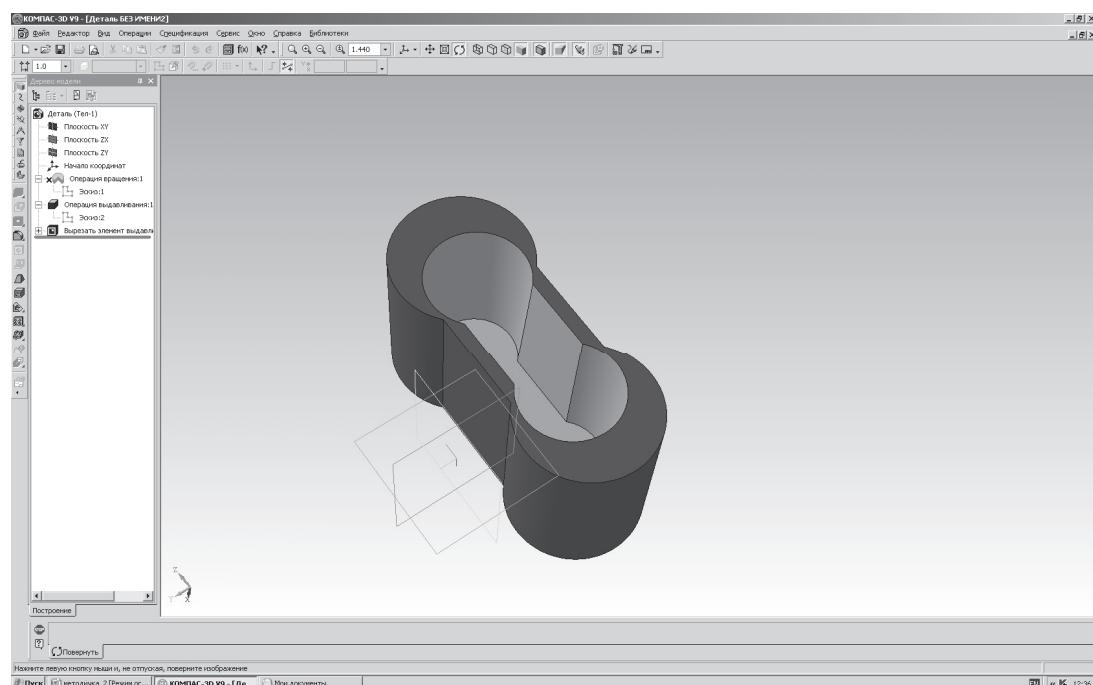


Рис. 19. Вырезание выдавливанием. Результат выполнения операции

Различные модели, построенные с помощью вырезания выдавливанием, представлены на рис. 20.

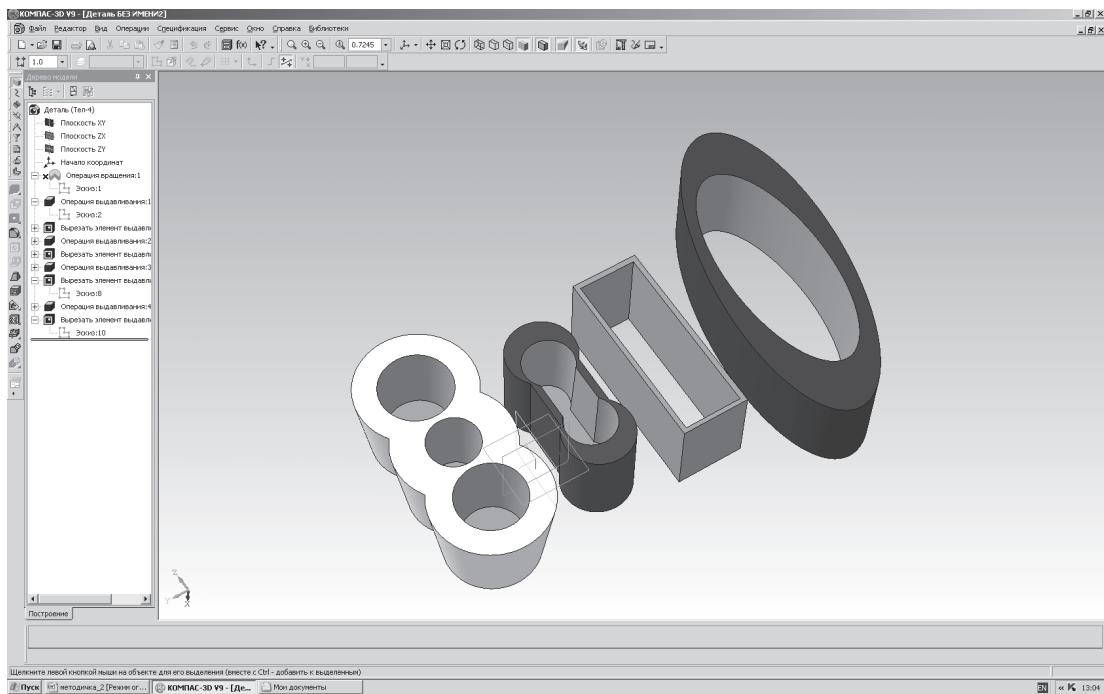


Рис. 20. Модели, построенные с помощью операции вырезания выдавливанием

У инструмента «Вырезание выдавливанием» есть другие опции: «Вырезать вращением», «Вырезать кинематически» и «Вырезать по сечениям» (рис. 21). Для того, чтобы эти опции появились необходимо нажать на инструмент левой кнопкой мыши и удержать кнопкой нажатой в течение нескольких секунд.

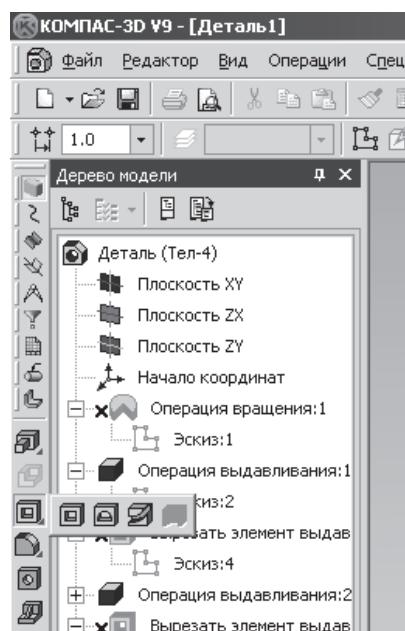


Рис. 21. Опции инструмента «Вырезать выдавливанием»

На рис. 22 показан результат применения инструмента «Вырезать вращением»:

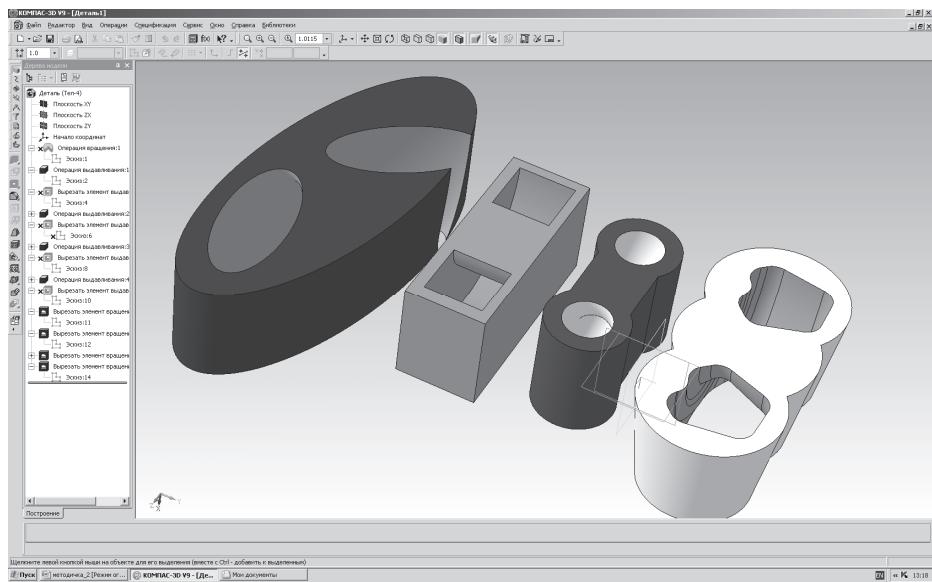


Рис. 22. Вырезание вращением

### 1.7. Наращивание выдавливанием

Рассмотрим наращивание объектов один на другой при помощи «Операции выдавливания». Для этого выбирается плоскость объекта, на котором будет производиться наращивание и выбирается опция «Эскиз» (рис. 23).

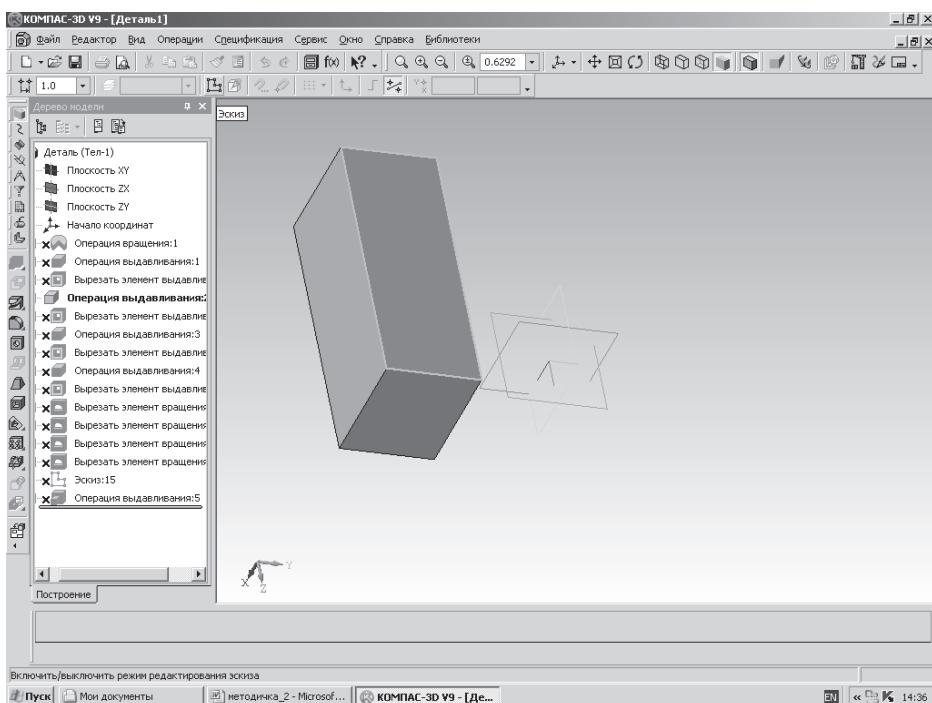


Рис. 23. Наращивание объектов. Выбор плоскости. Эскиз

Далее строится сам эскиз и выбирается опция «Операция выдавливания». Свойства выдавливания полностью аналогичны рассмотренным выше. Таким образом, существует возможность наращивать объекты друг на друге необходимое число раз, получая тем самым, в сочетании с рассмотренными выше способами, модели самых разнообразных конфигураций (рис. 24).

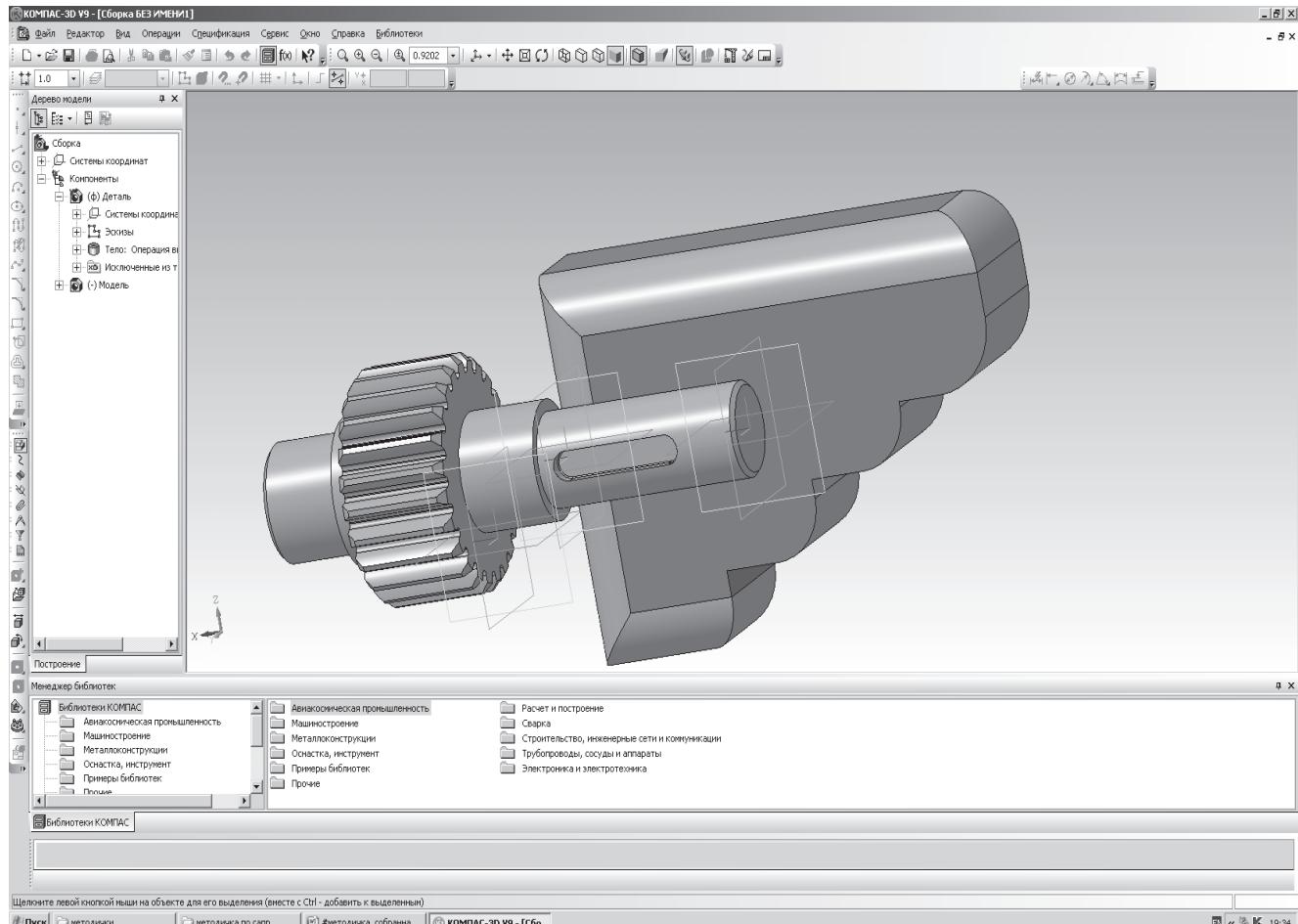


Рис. 24. Нарашивание объектов

## 1.8. Навигация. Панель «Вид»

В процессе моделирования пользователю необходимо приближать/отдалять элементы модели, либо всю модель, поворачивать ее в пространстве, а также оперировать с ее различными представлениями. Например, в сложной сборке в полутонах режим может быть не видно значительную часть деталей, с другой стороны в большинстве случаев именно полутоновый режим дает наиболее наглядное представление о модели. Все эти операции осуществляются при помощи кнопок, расположенных на панели «Вид», а также при помощи скроллинга (если речь идет о приближении/удалении). Рассмотрим основные возможности панели вид (рис. 25).



Рис. 25. Панель вид

Иконки с лупами отвечают за масштабирование (увеличение или уменьшение) чертежей и моделей или их фрагментов. С помощью первой иконки («Увеличить масштаб рамкой») можно увеличивать конкретную выбранную область. Второй и третий инструменты увеличивают, либо уменьшают все рабочее поле целиком, относительно центра. В поле правее луп показан текущий масштаб (на рис. 25 – 0,5096), его можно задавать вручную. Кнопка «Ориентация» позволяет выбрать тот или иной вид ориентации модели в пространстве (сверху, справа, изометрические, диметрический и т.д. – рис. 26, 27).

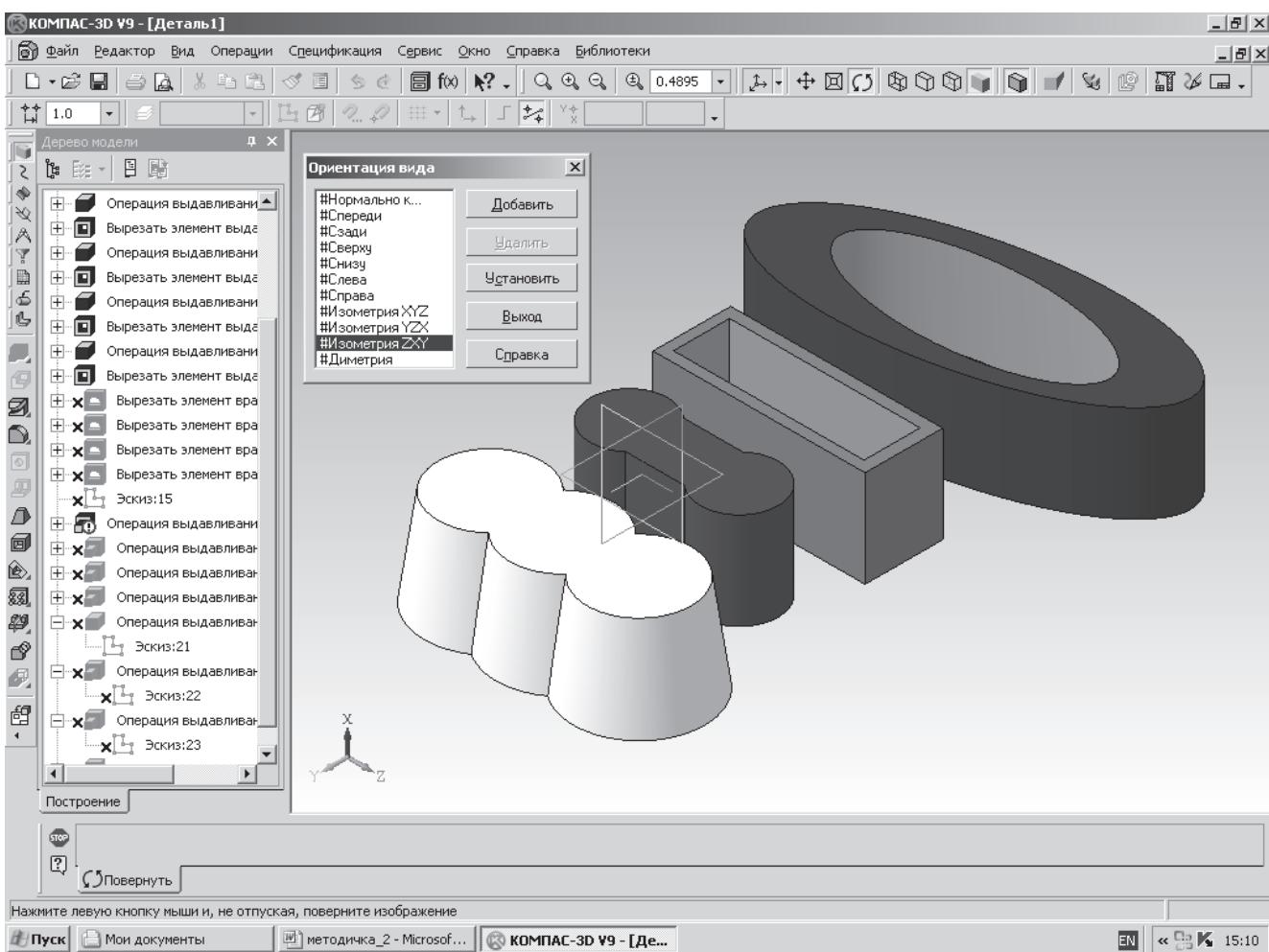


Рис. 26. Ориентация вида. Изометрия ZXY

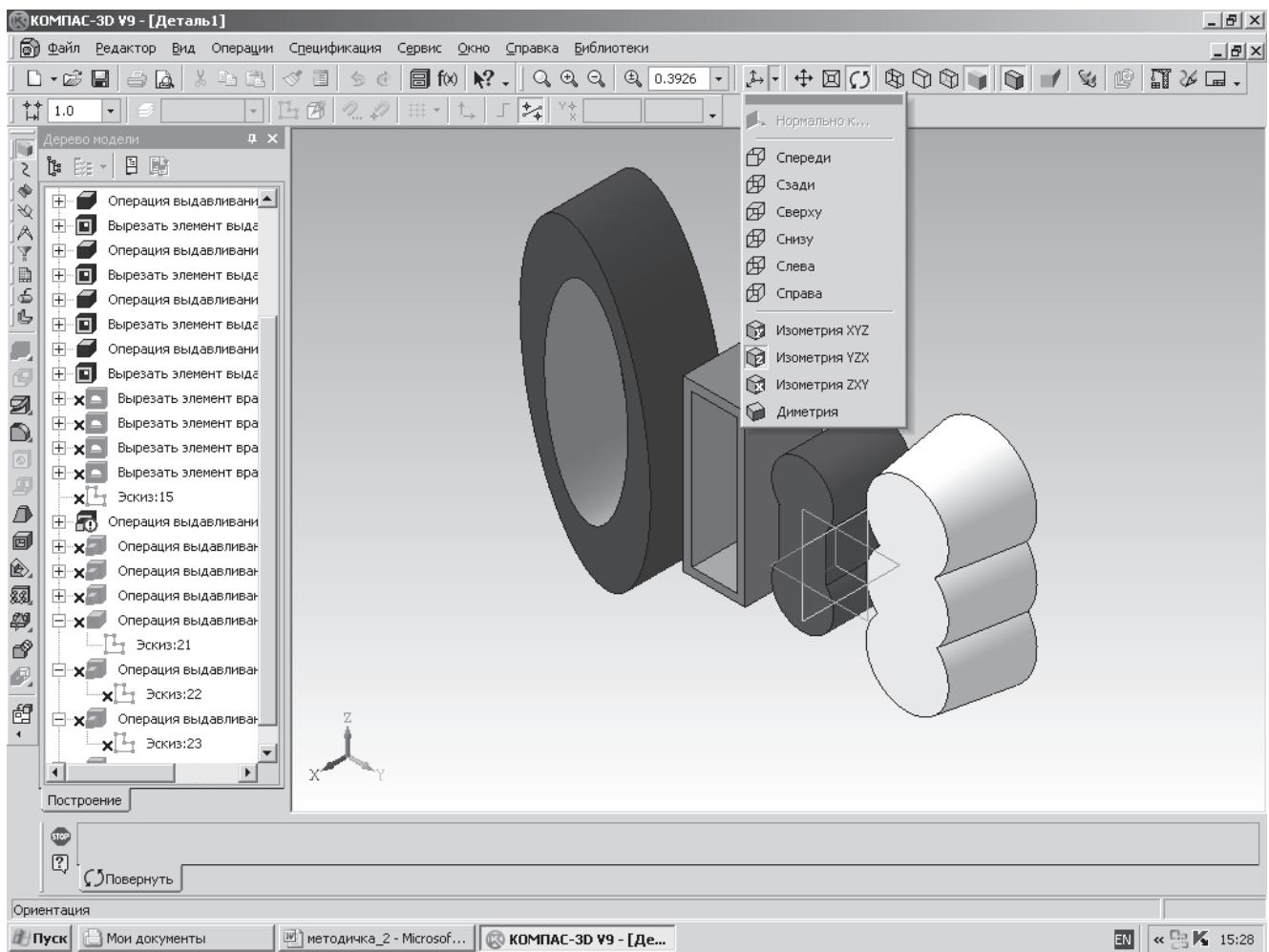


Рис. 27. Ориентация вида. Изометрия YZX

Кнопки «Сдвинуть», «Приблизить/отдалить», «Повернуть» также отвечают за навигацию, результат их работы очевиден исходя из названий. Следующие кнопки, начиная с кнопки «Каркас» и заканчивая кнопкой «Перспектива», характерны только для трехмерного моделирования и позволяют выбирать тот или иной вариант просмотра моделей – либо каркас, либо с тонкими невидимыми линиями, либо без невидимых линий вообще, полуточковое изображение с каркасом и без, а также наличие или отсутствие имитации перспективы (рис. 28, 29, 30).

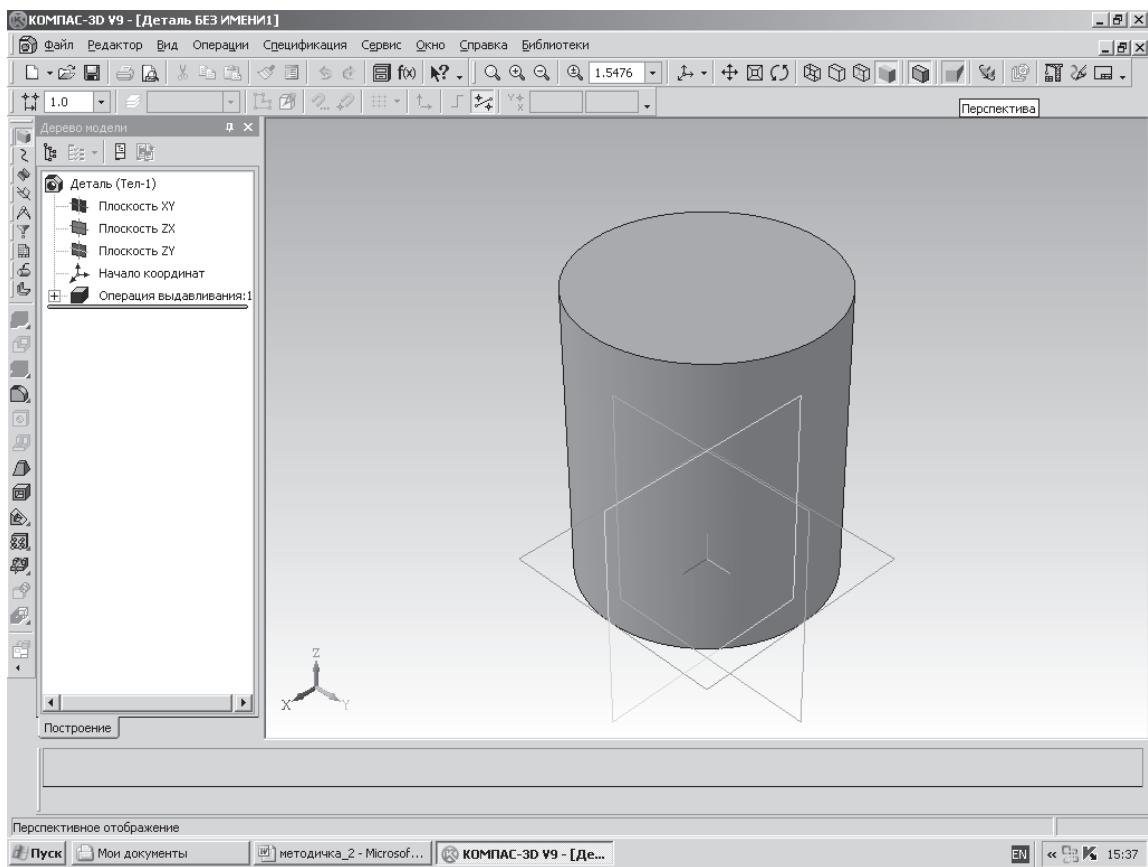


Рис. 28. Полутоновое изображение, перспектива

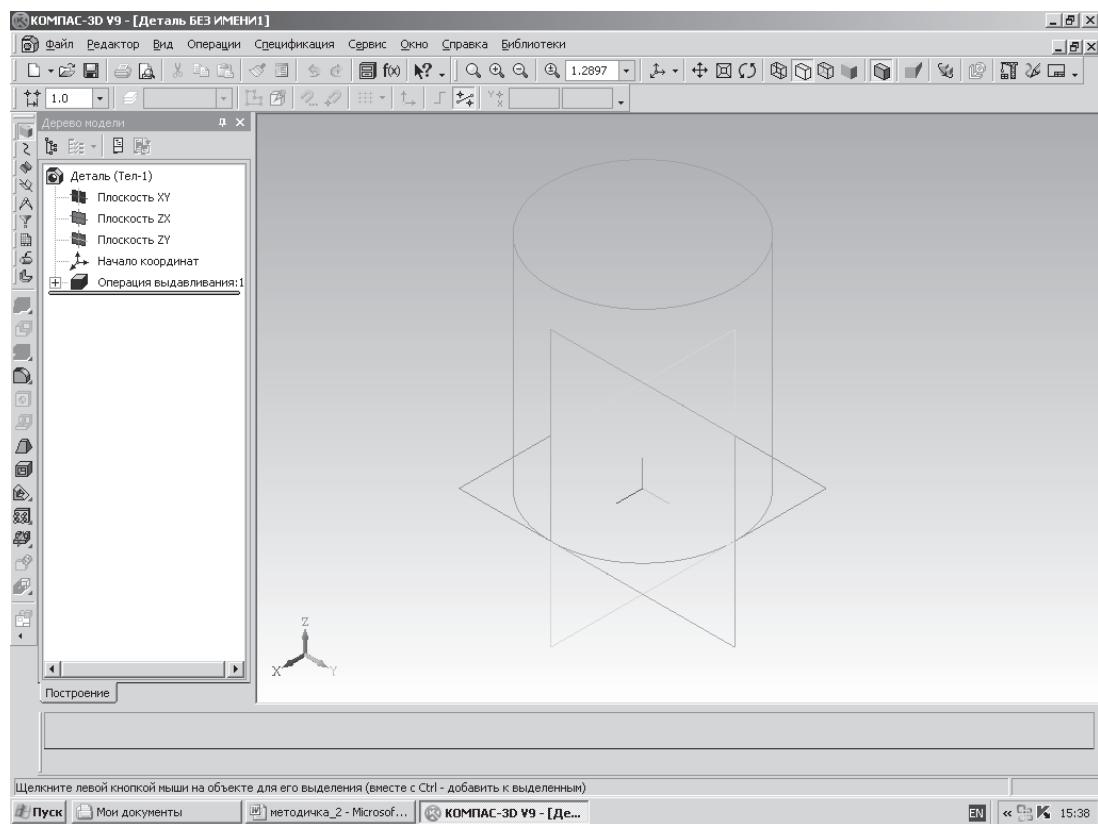


Рис. 29. Каркас без невидимых линий, без перспективы

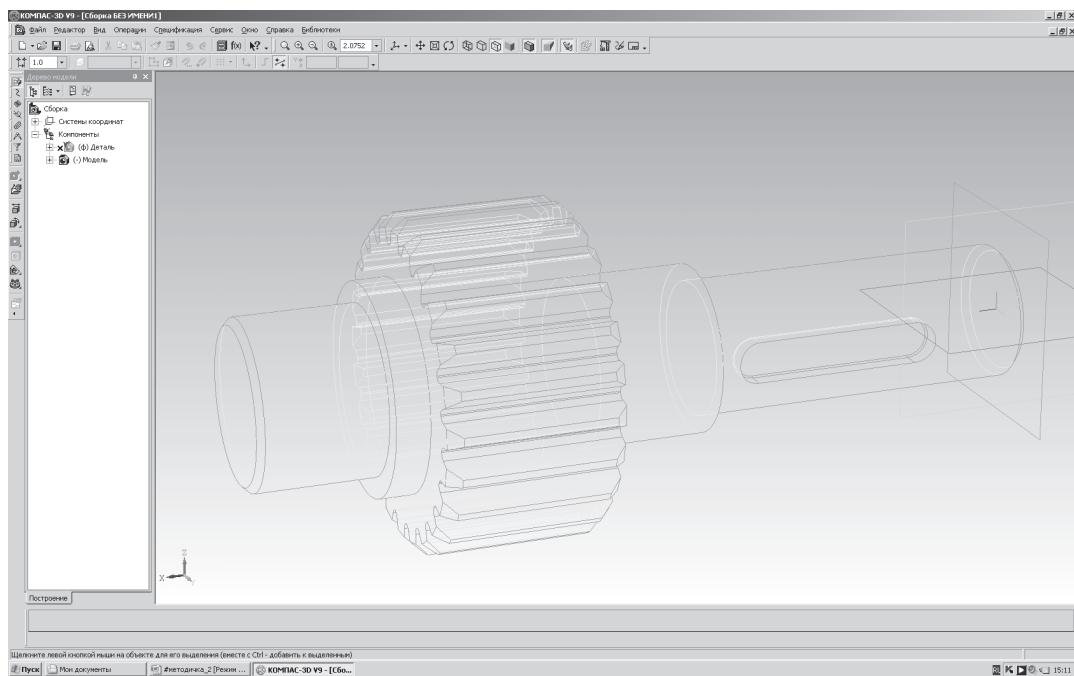


Рис. 30. Каркас с тонкими невидимыми линиями, с перспективой

## 1.9. Скругления, фаски

По умолчанию первым из этих инструментов на панели находится инструмент «Скругление». При удержании этой кнопки нажатой появится инструмент «Фаска» (рис. 31).

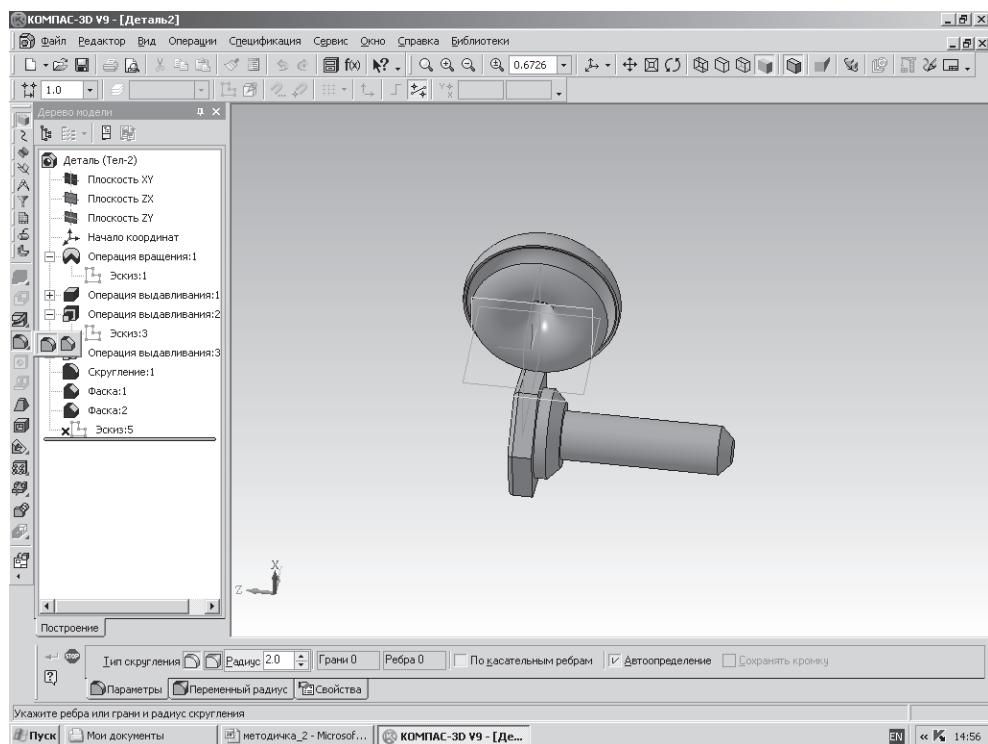


Рис. 31. Скругления. Фаски

Чтобы построить скругление или фаску, необходимо выбрать на модели грань или две пересекающиеся поверхности с нажатой кнопкой «Ctrl». Затем выбрать соответствующий инструмент – фаску или скругление, выбрать его параметры на панели свойств и нажать сочетание клавиш «Ctrl» + «Enter» или стрелочку, имитирующую кнопку «Enter», («Создать объект») на панели свойств (на рис. 32 – самый левый значок).

В панели свойств можно задавать тип скругления, его радиус, способ построения скругления, а также сохранение или нет кромки. Также на панели свойств есть вкладки «Переменный радиус» и «Свойства», на которых можно задавать свойства переменного радиуса, а также название, цвет и оптические свойства скругления или фаски. По умолчанию цвет соответствует цвету детали, а названия – соответственно «Скругление» или «Фаска» с соответствующими индексами. Для фаски панель свойств выглядит так, как показано на рис. 32.

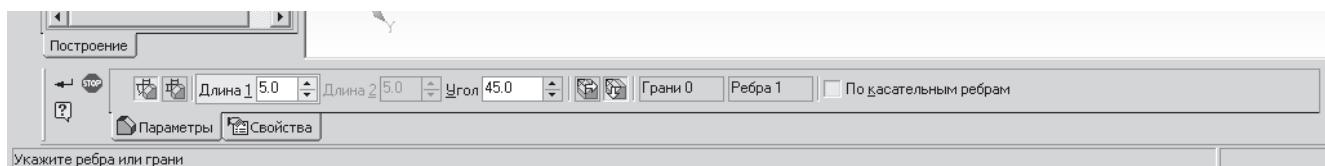


Рис. 32. Фаска. Панель свойств

На панели свойств инструмента «Фаска» можно выбрать способ построения фаски – либо по стороне и углу, либо по двум сторонам (значения вводятся в соответствующие поля), а также направление и способ построения фаски.

## 1.10. Кинематическая операция

Существует несколько видов кинематических операций: кинематическая операция, вырезать кинематически. Для построения трубопроводов и других деталей, имеющих постоянное сечение и пространственную ось, используется инструмент «Кинематическая операция». Допустим, необходимо построить трехмерную модель пространственного трубопровода (рис. 33).

Для выполнения команды «Кинематическая операция» предварительно необходимо построить ось кинематической операции. Для построения оси необходимо активизировать команду «Пространственные кривые» на компактной инструментальной панели. При нажатии кн. «пространственная кривая» активизируются кнопки вызова команд: «Точка», «Сpirаль цилиндрическая», «Сpirаль коническая», «Ломаная», «Сплайн».

Для построения например ломаной нажимается кн. «ломаная» и на поле чертежа всплывает панель свойств, где нажимается кн. «Координаты вершин», после чего всплывает контекстное меню, в поля которого вводятся координаты вершин ломаной линии (x, y, z) а при необходимости и радиус между прямыми (см. рис. 34).

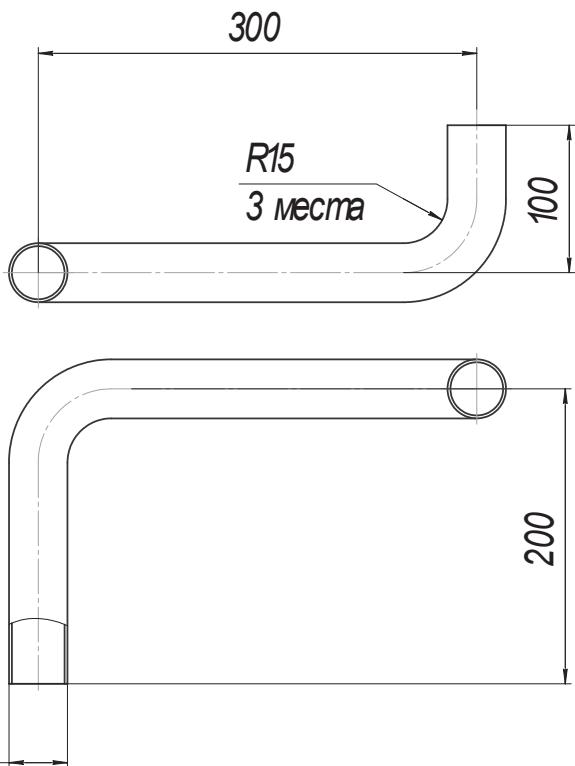


Рис. 33. Эскиз трубопровода для построения трехмерной модели

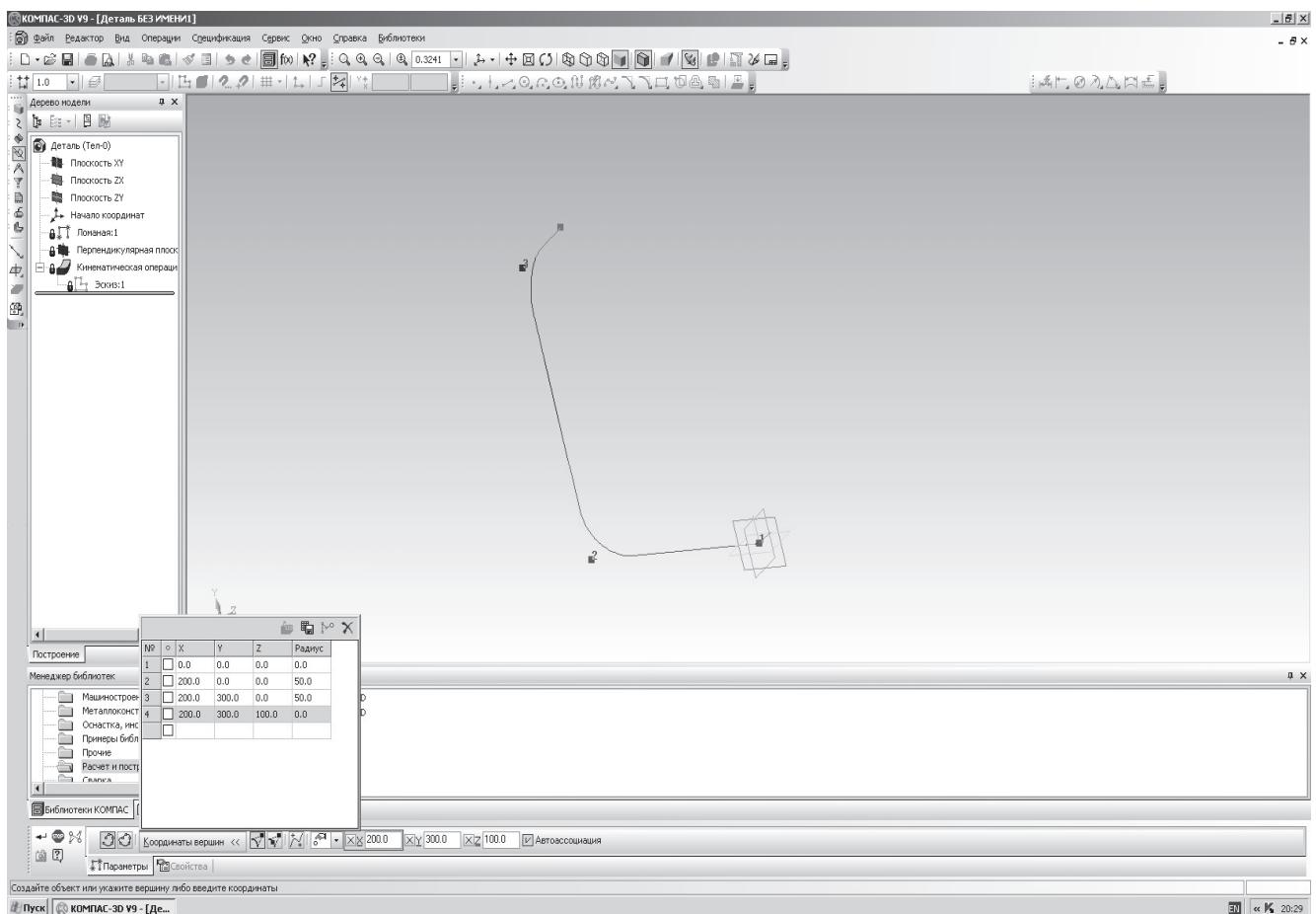


Рис. 34. Построение пространственной кривой

После построения на конечной точке пространственной ломаной строится плоскость в конечной точке перпендикулярно к последнему отрезку ломаной, для чего выбирается из компактной панели кнопка переключения «Вспомогательная геометрия», после чего появляются кнопки вызова команд, откуда из панели расширенных команд выбирается команда «Плоскость через вершину перпендикулярно ребру». Затем производится щелчок мыши по конечной точке ломаной. На чертеже появляется отображение этой плоскости, ее обозначение появляется в дереве модели. После выделения этой плоскости в меню нажимается кн. «Эскиз» и из компактной модели выбирается кн. «Окружность». В панели свойств задается наружный радиус сечения трубы – 20 мм. Используя привязку к точке пересечения ломаной и плоскости, устанавливается данный эскиз на плоскости (рис. 35).

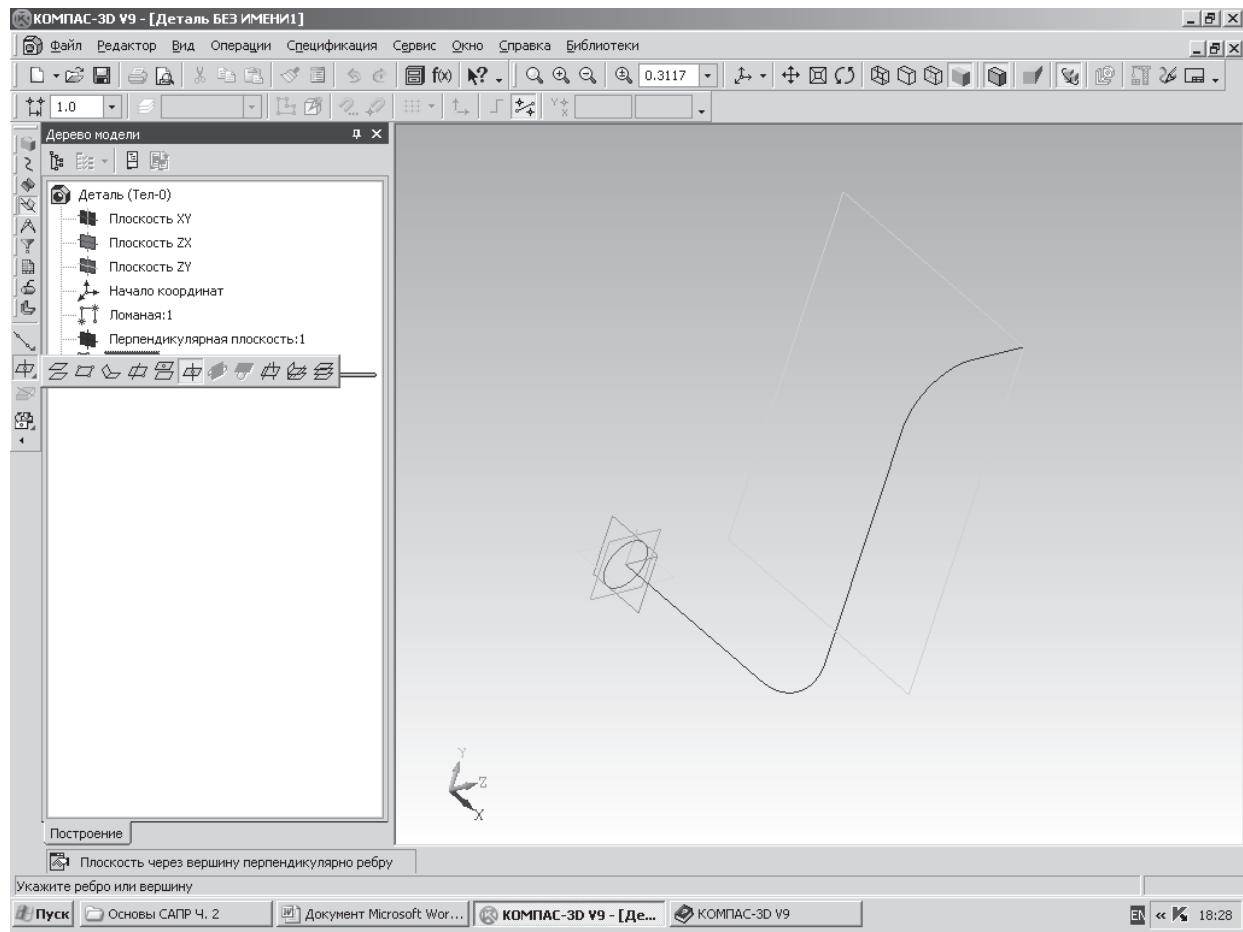


Рис. 35. Построение эскиза на перпендикулярной плоскости

Затем из компактной панели выбирается расширенная команда «Кинематическая операция» и последовательно выбирается из дерева модели: эскиз для образующего сечения и траектория операции. На поле чертежа появляется фантом об разуемой модели (рис. 36).

После нажатия кн. «Создать объект» появляется трехмерная модель трубопровода (рис. 37).

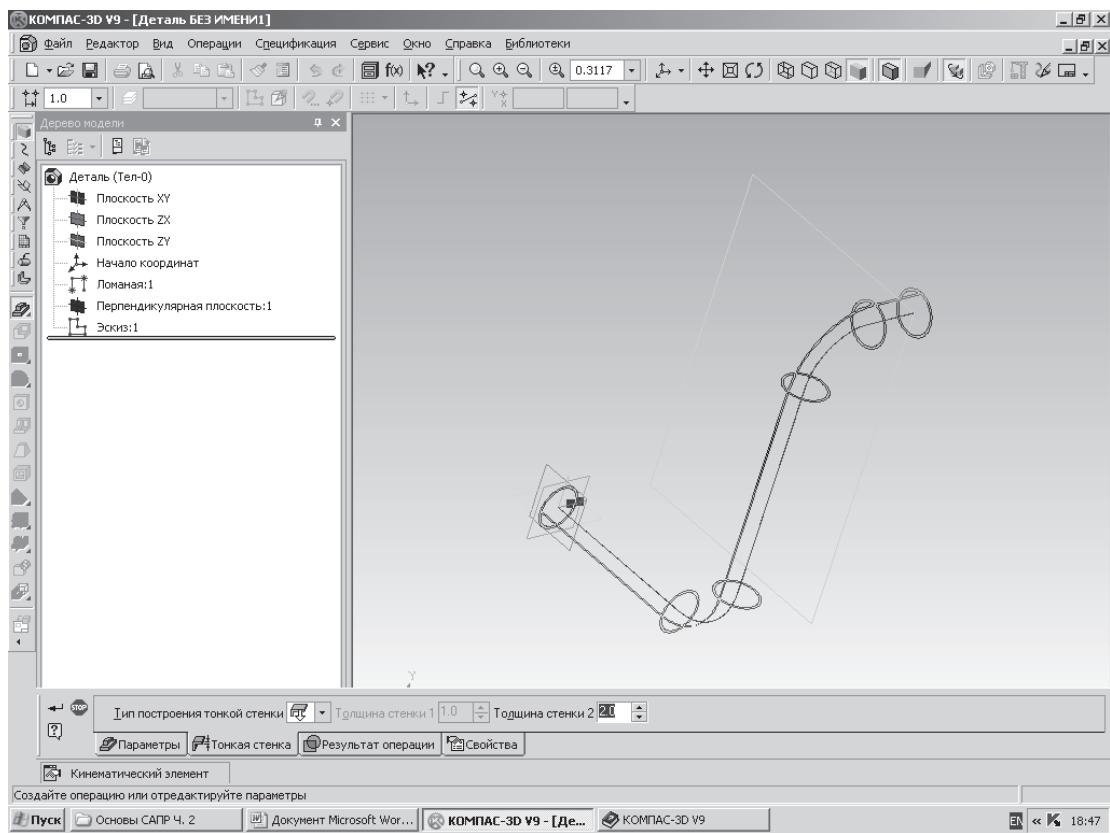


Рис. 36. Кинематическая операция

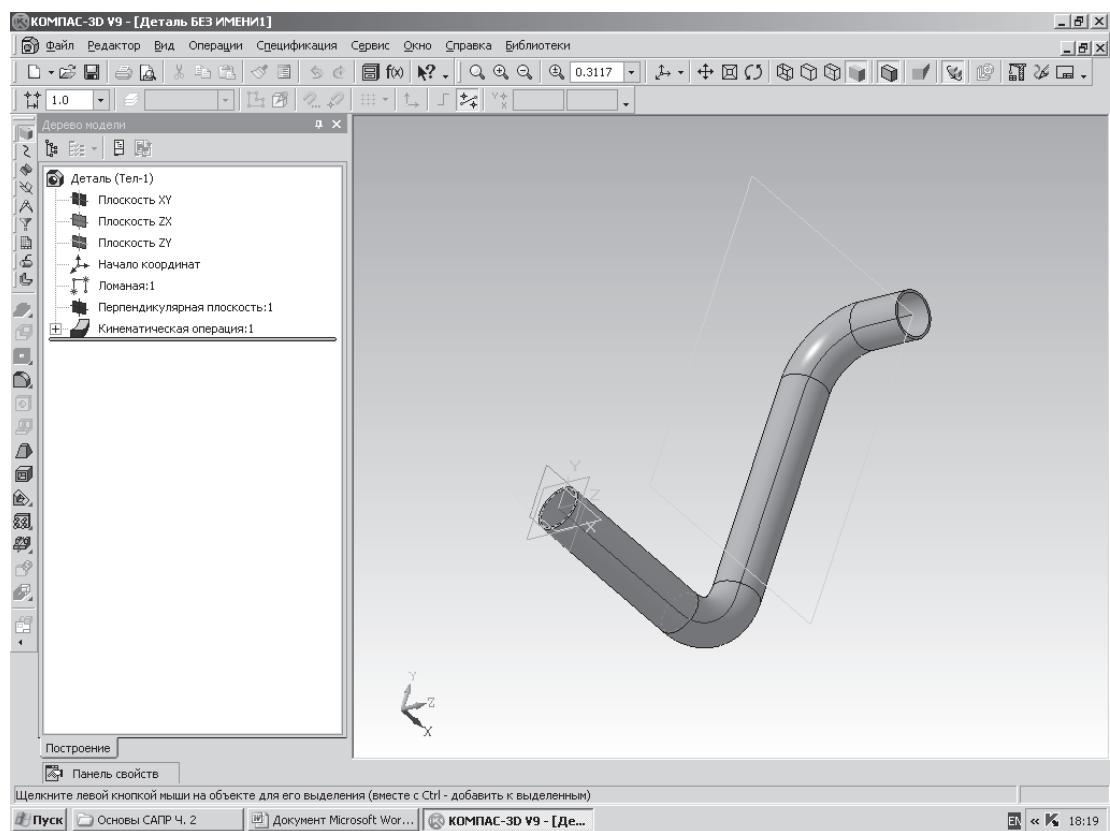


Рис. 37. Результаты построения трубопровода

Операция «Вырезать кинематически» используется для построения на детали элемента, имеющего постоянное сечение и пространственную ось этого сечения, например, сечения резьбовой (винтовой) поверхности.

Необходимо построить на детали внутреннюю трапецеидальную резьбовую поверхность. Параметры резьбы: Трап. 50x5. Предварительно создается модель гайки (например, выдавливанием) с внутренним отверстием, имеющим диаметр, соответствующий внутреннему диаметру образуемой резьбы. Параметры сечения и внутренний диаметр резьбы определяются из соответствующих ГОСТов или из справочников.

Для построения резьбовой поверхности предварительно на внутренней поверхности строится винтовая линия с шагом 5 мм и диаметром, соответствующим внутреннему диаметру резьбы. Количество витков цилиндрической спирали выбирается таким, чтобы осевая длина спирали равнялась или была больше длины детали, на которой образуется резьбовая поверхность. Эти данные задаются в строке панели свойств, после чего на модели появляется винтовая линия (рис. 38).

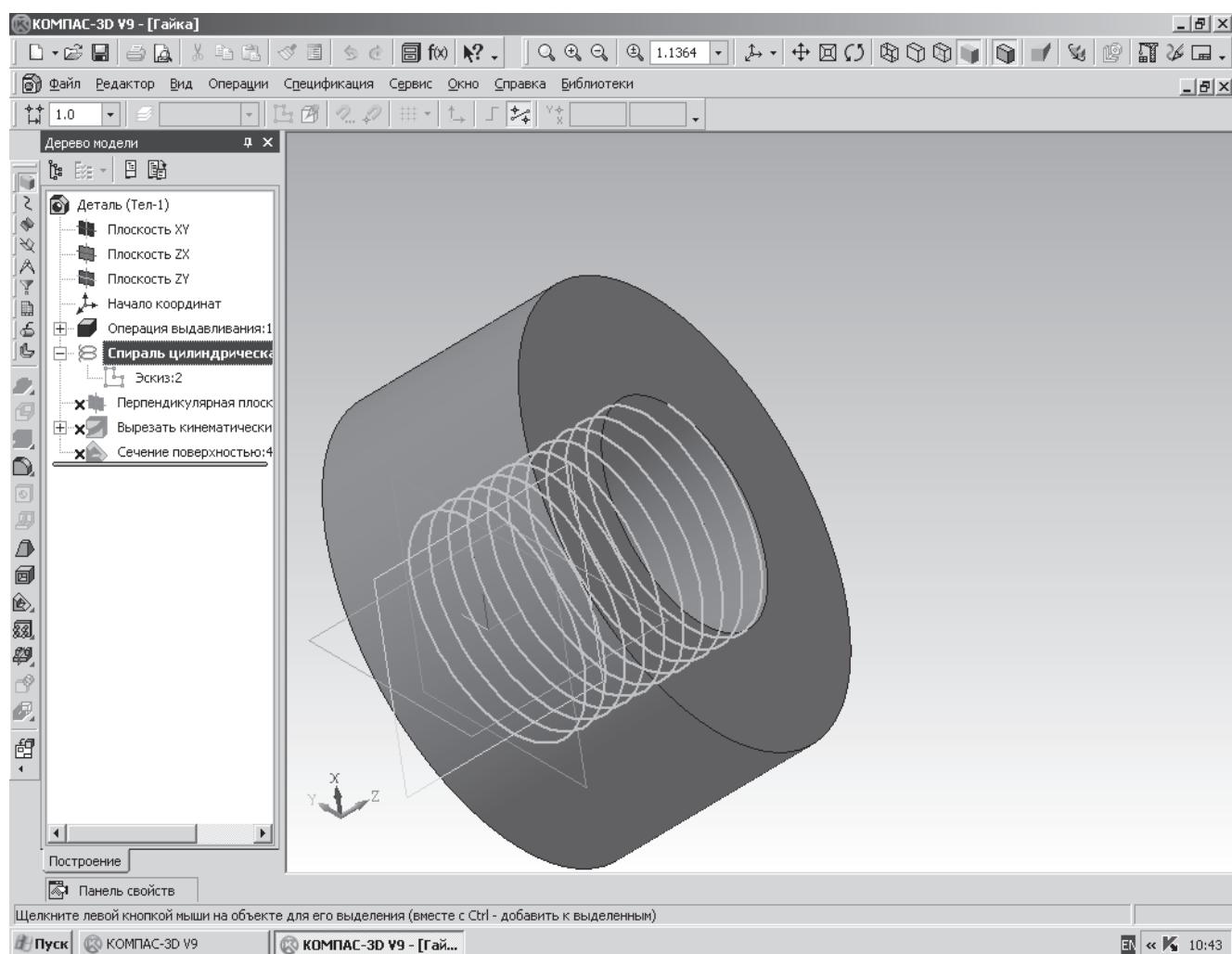


Рис. 38. Построение винтовой линии

После построения винтовой линии на ее крайней точке образуется плоскость, перпендикулярная к винтовой линии из страницы «Вспомогательная геометрия» (рис. 39).

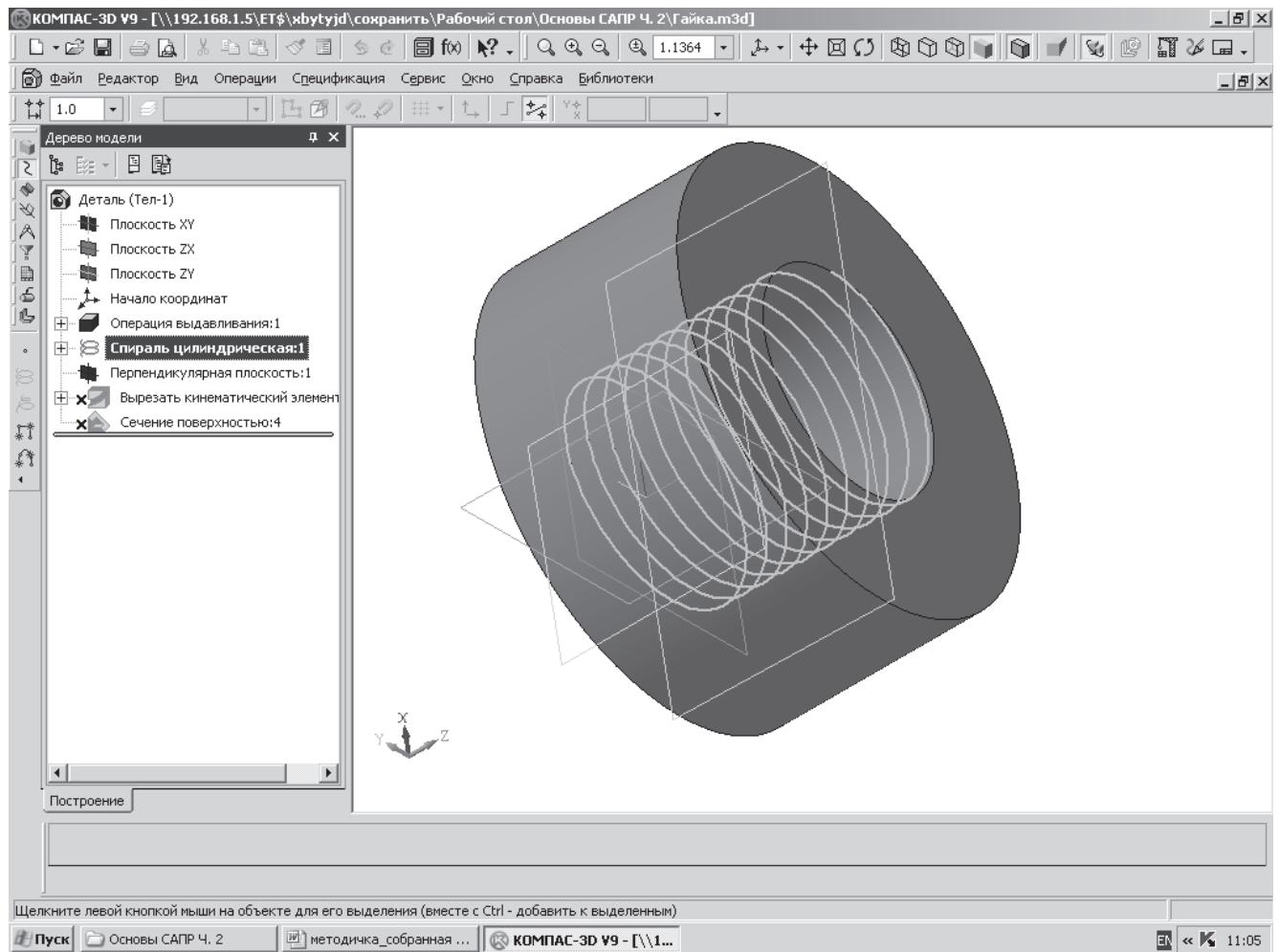


Рис. 39. Построение плоскости, перпендикулярной винтовой линии

Затем на нормальной плоскости строится эскиз сечения трапецидальной резьбы (рис. 40). Для получения резьбовой поверхности на всей внутренней поверхности изображение сечения начинается с начальной точки винтовой линии.

После нажатия кн. «Вырезать кинематически» из панели инструментов образуется резьбовая поверхность на внутренней поверхности детали (см. рис. 40).

Для более наглядного рассмотрения полученной модели необходимо выполнить сечения плоскостью XOZ (рис. 41).

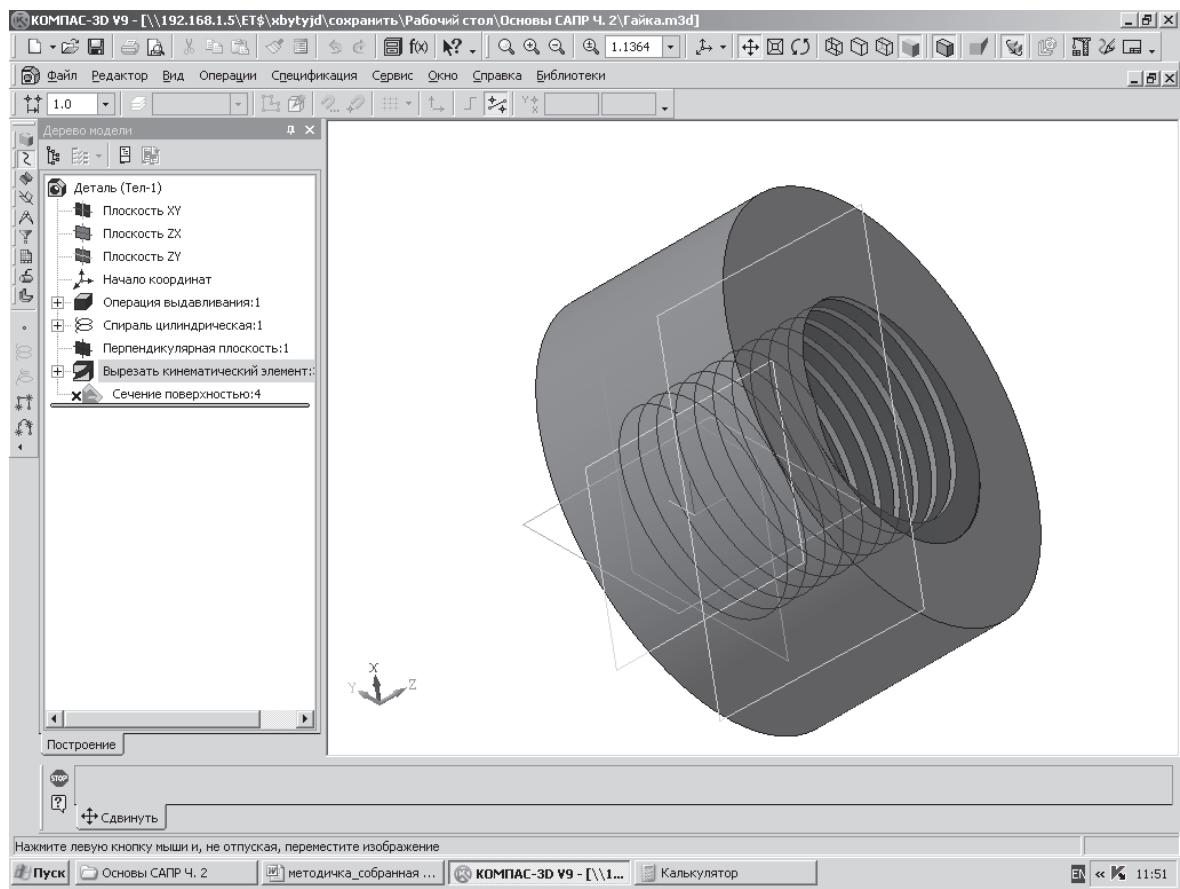


Рис. 40. Образование внутренней резьбовой поверхности

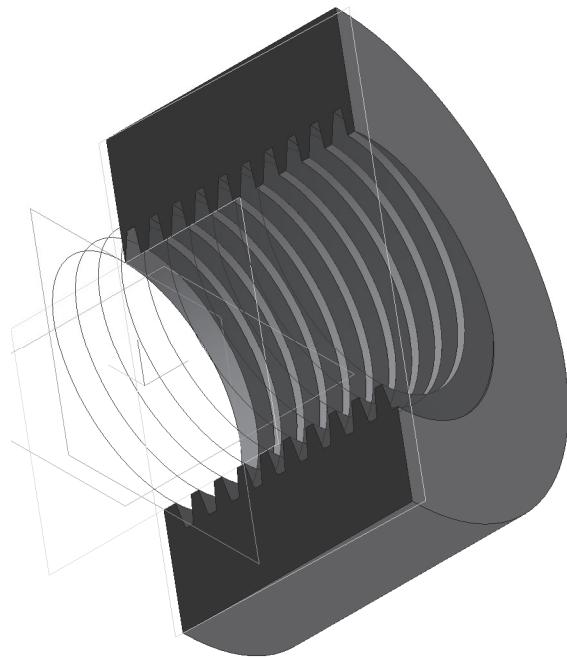


Рис. 41. Результаты построения модели

Кинематическая операция используется при вычерчивании пружин сжатия, находящихся в деформированном состоянии. Допустим, в деформированном состоянии пружина сжатия имеет осевой размер 36 мм, диаметр проволоки 2,5 мм, наружный диаметр пружины 20 мм, число витков 10. Для вычерчивания пружины определяем диаметр оси пружины – 17,5 мм, шаг пружины  $36/10=3,6$  мм. Затем открывается страница «Пространственная кривая» и строится пространственная кривая – спираль цилиндрическая. Для построения предварительно выбирается плоскость, на которой будет строиться спираль, например XY, и в строке панели свойств задаются параметры винтовой линии: число витков – 10, шаг – 3,6 мм, диаметр – 17,5 мм. В результате получаем винтовую линию с заданными параметрами (рис. 42).

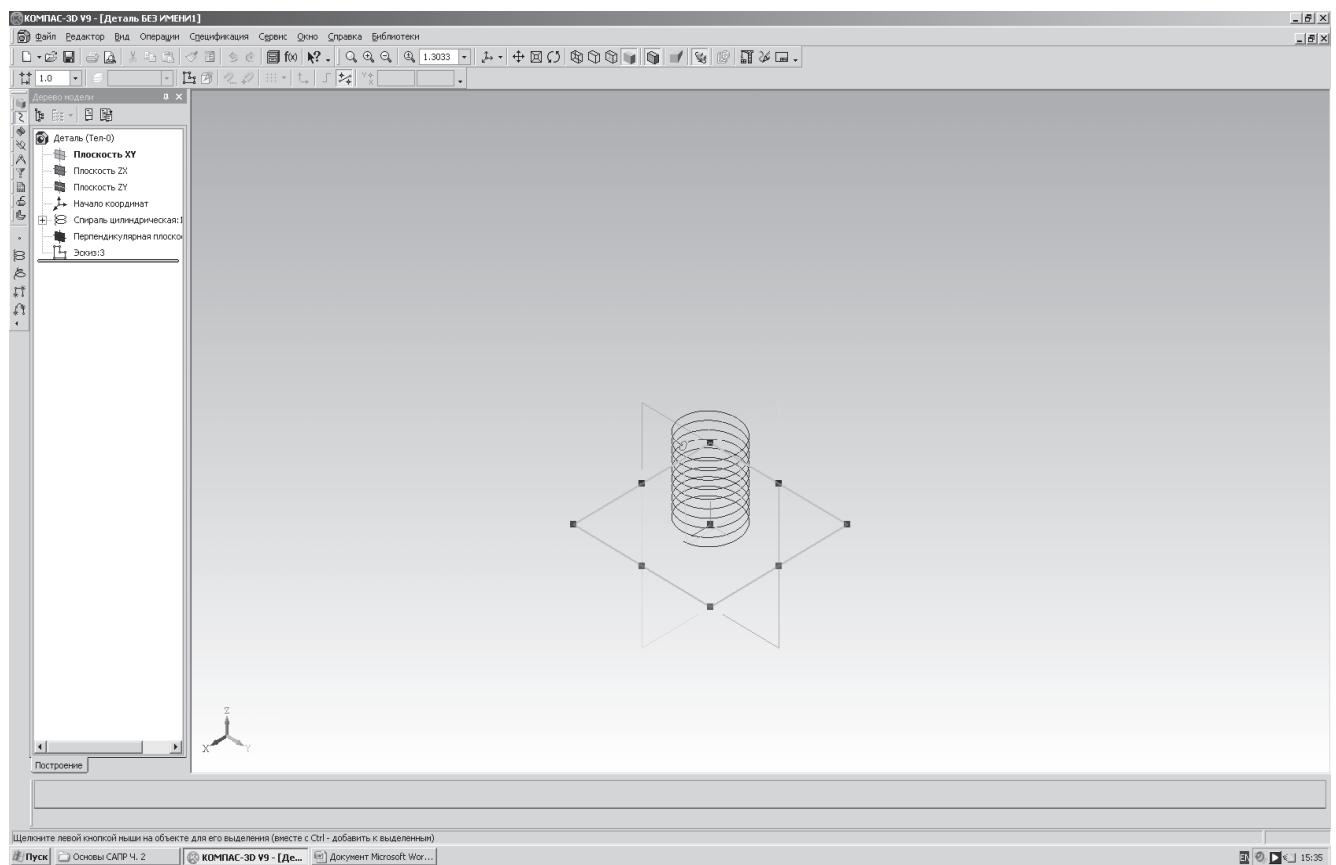


Рис. 42. Построение винтовой линии

После построения винтовой строится плоскость, проходящая через крайнюю точку винтовой нормально к ней, и на этой плоскости строится эскиз сечения проволоки – диаметр 2,5 мм.

Для получения трехмерной модели пружины включается кнопка «Кинематическая операция», затем последовательно указывается в дереве модели «Сpirаль цилиндрическая» и «Эскиз 3» и нажимается кнопка «Создать объект» – на поле появляется модель пружины (рис. 43).

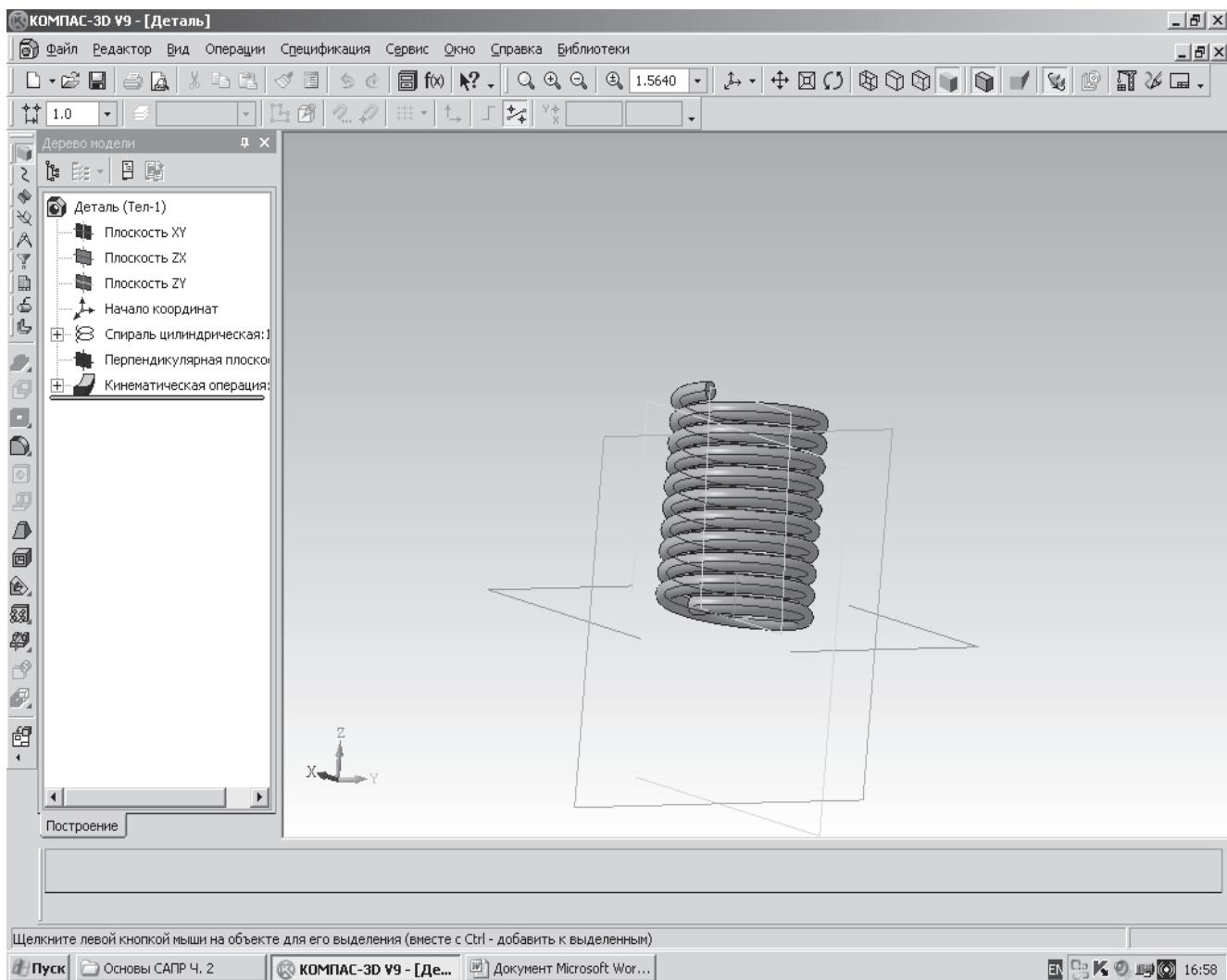


Рис. 43. Построение модели пружины

Для окончательного построения необходимо срезать часть витков плоскостью перпендикулярной оси пружины, для чего предварительно строятся две вспомогательные плоскости, параллельные плоскости XY, одна на расстоянии 1,25 мм – половина диаметра проволоки, другая на расстоянии 36 мм от первой. Для срезания части витков пружины используется механизм «Сечение поверхностью» на странице редактирования. Для получения среза необходимо выбирать правильное направление среза – направление среза указывается стрелкой при выполнении операции.

В результате выполнения операции получим модель пружины со срезанными витками заданных размеров (рис. 44).

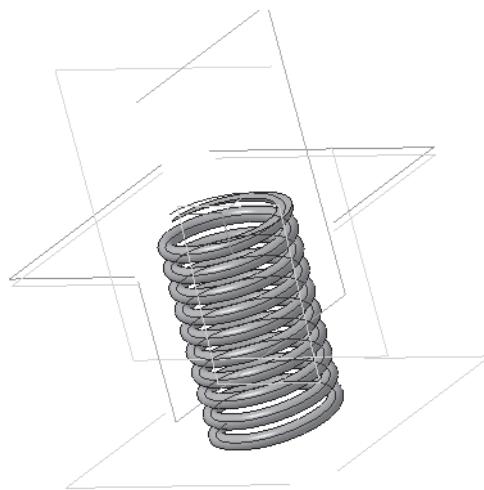


Рис. 44. Результаты построения модели пружины

### 1.11. Операция «По сечениям»

Операция «По сечениям» используется в том случае, когда необходимо обеспечить плавный переход между разными сечениями детали. Допустим, необходимо построить трехмерную модель детали (рис. 45) где необходим плавный переход между сечениями А-А, В-В, Г-Г и Б-Б.

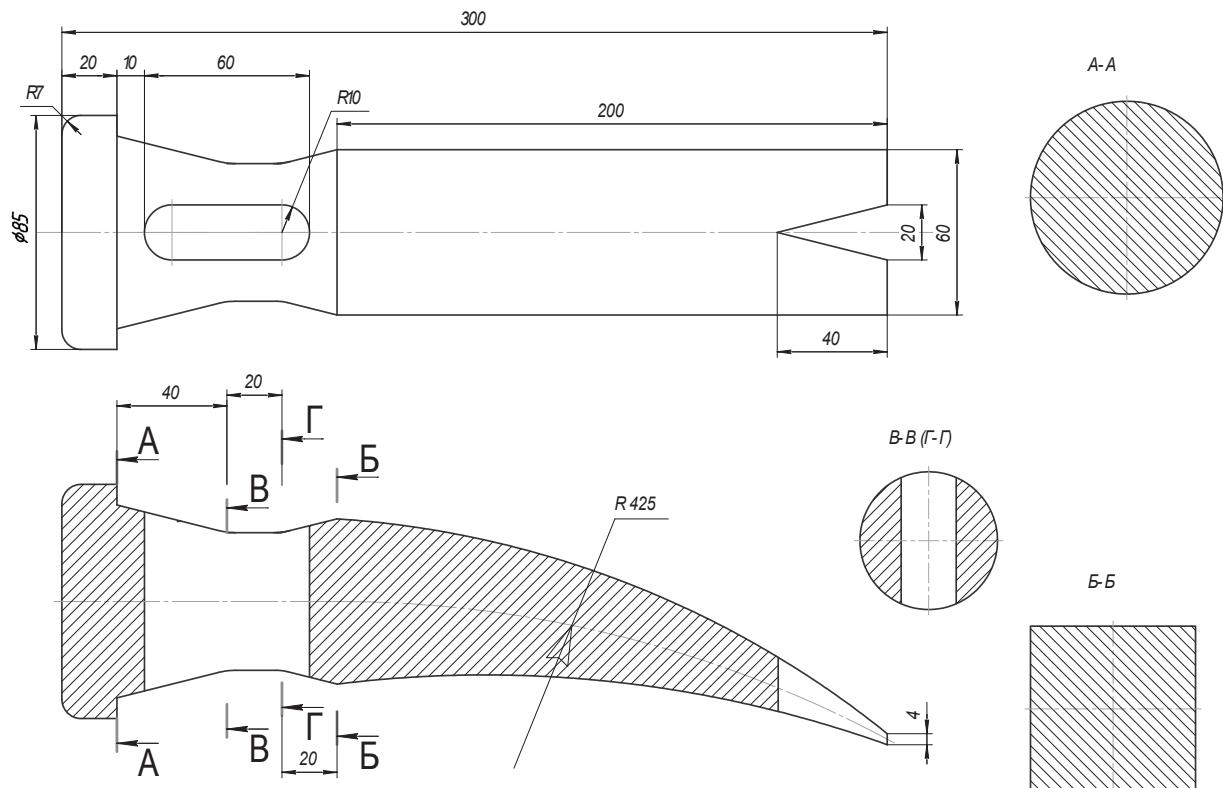


Рис. 45. Деталь для построения трехмерной модели

При построении трехмерной модели на первом этапе необходимо построить плавный переход между сечениями А-А, В-В, Г-Г и Б-Б. Предварительно строятся вспомогательные плоскости параллельные плоскости ZX. Для построения открывается страница «Вспомогательная геометрия», выбирается механизм «Смещенная плоскость», из дерева построения выделяется основная плоскость ZX, параллельно которой строится смещенная плоскость, из панели свойств выбирается расстояние от плоскости ZX до смещенной плоскости и нажимается кн. «Создать объект». На поле чертежа появляется изображение созданной плоскости и в дереве построения появляется обозначение «Смещенная плоскость 1». Аналогичным образом строятся следующие плоскости: смещенная плоскость 2, смещенная плоскость 3 (рис. 46).

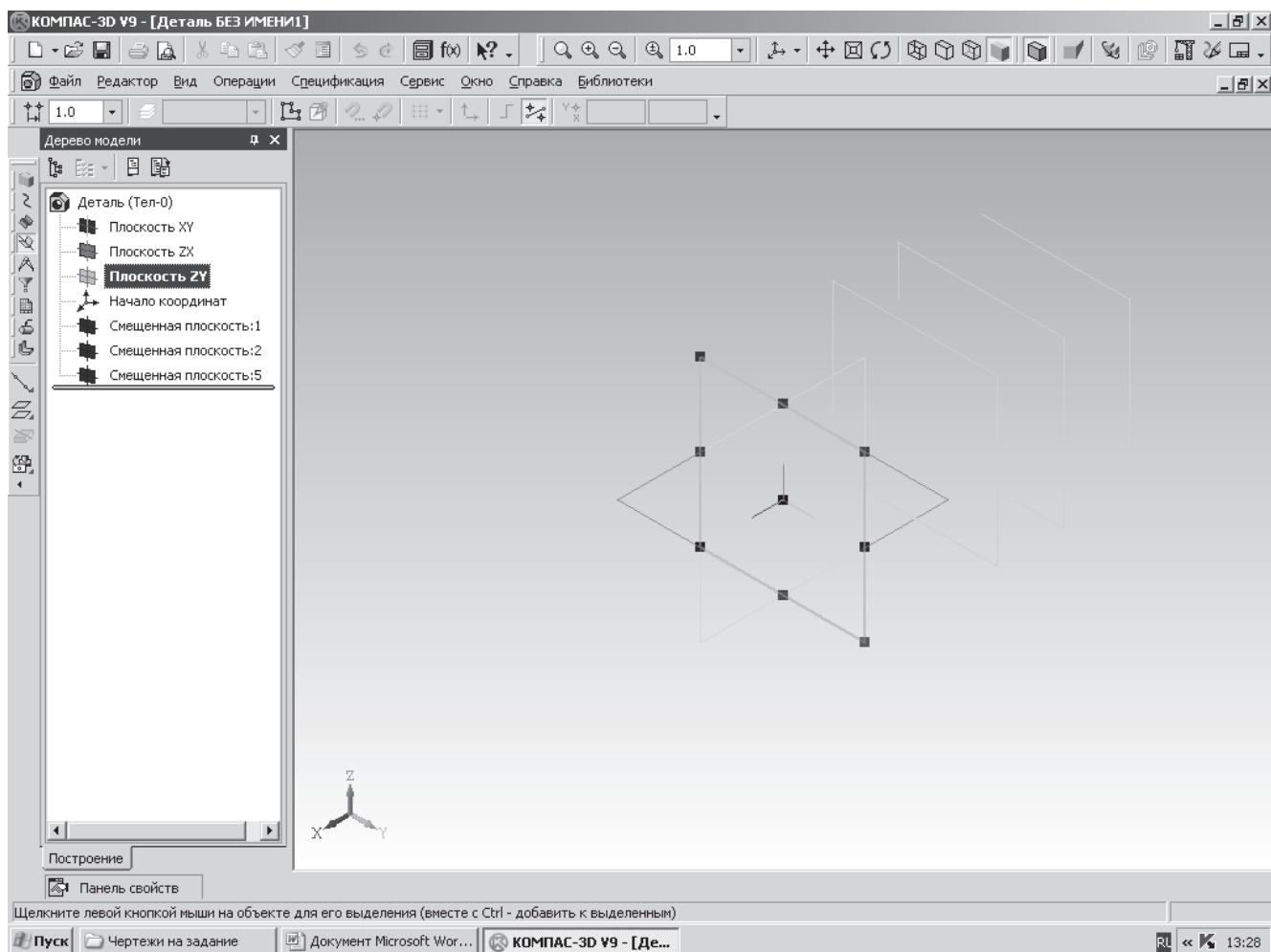


Рис. 46. Построение смещенных плоскостей

После построения смещенных плоскостей, расположенных на заданном расстоянии друг от друга, на этих плоскостях строятся эскизы сечений. На плоскости ZX строится сечение А-А, на смещенной плоскости 1 сечение В-В, на смещенной плоскости 2 – сечение Г-Г, на смещенной плоскости 3 – сечение Б-Б (рис. 47).

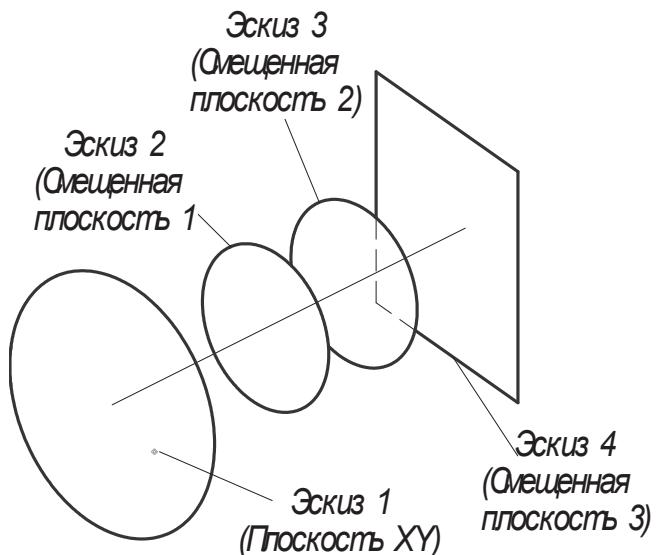


Рис. 47. Построение эскизов на смещенных плоскостях

На дереве построения появляются новые обозначения: эскиз 1, эскиз 2, эскиз 3, эскиз 4. Затем после нажатия кнопки «Операция по сечениям» последовательно выбираются из дерева построения эскизы сечений 1, 2, 3, 4. На поле чертежа появляются фантомы поверхности. После нажатия кн. «Создать объект» появляется модель (рис. 48).

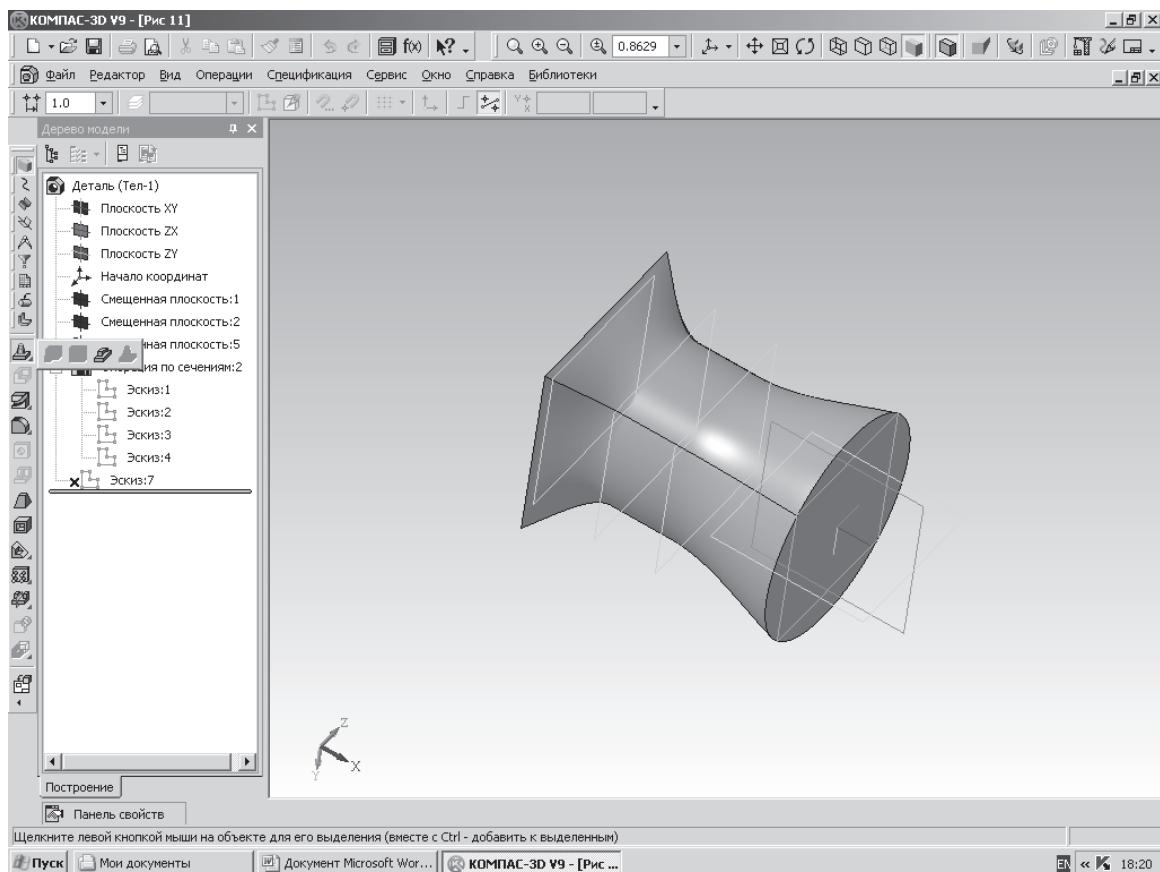


Рис. 48. Трехмерная модель после операции «По сечениям»

Рассмотрим построение дугообразной части детали, которая плавно сужается от основания к правому краю. Этот элемент строится как элемент по сечениям с использованием направляющей.

Для получения нового элемента необходимо построить эскиз на квадратной части детали (повторяется форма и размеры эскиза 4). Затем создается второй эскиз, который будет определять форму нового элемента в продольном сечении. Дуга R 425 (см. рис. 45) будет играть роль направляющей. Для построения дуги выбирается плоскость XY, на ней строятся вспомогательные линии, позволяющие определить центр дуги и ее конечную точку (рис. 49). Затем строится дуга окружности.

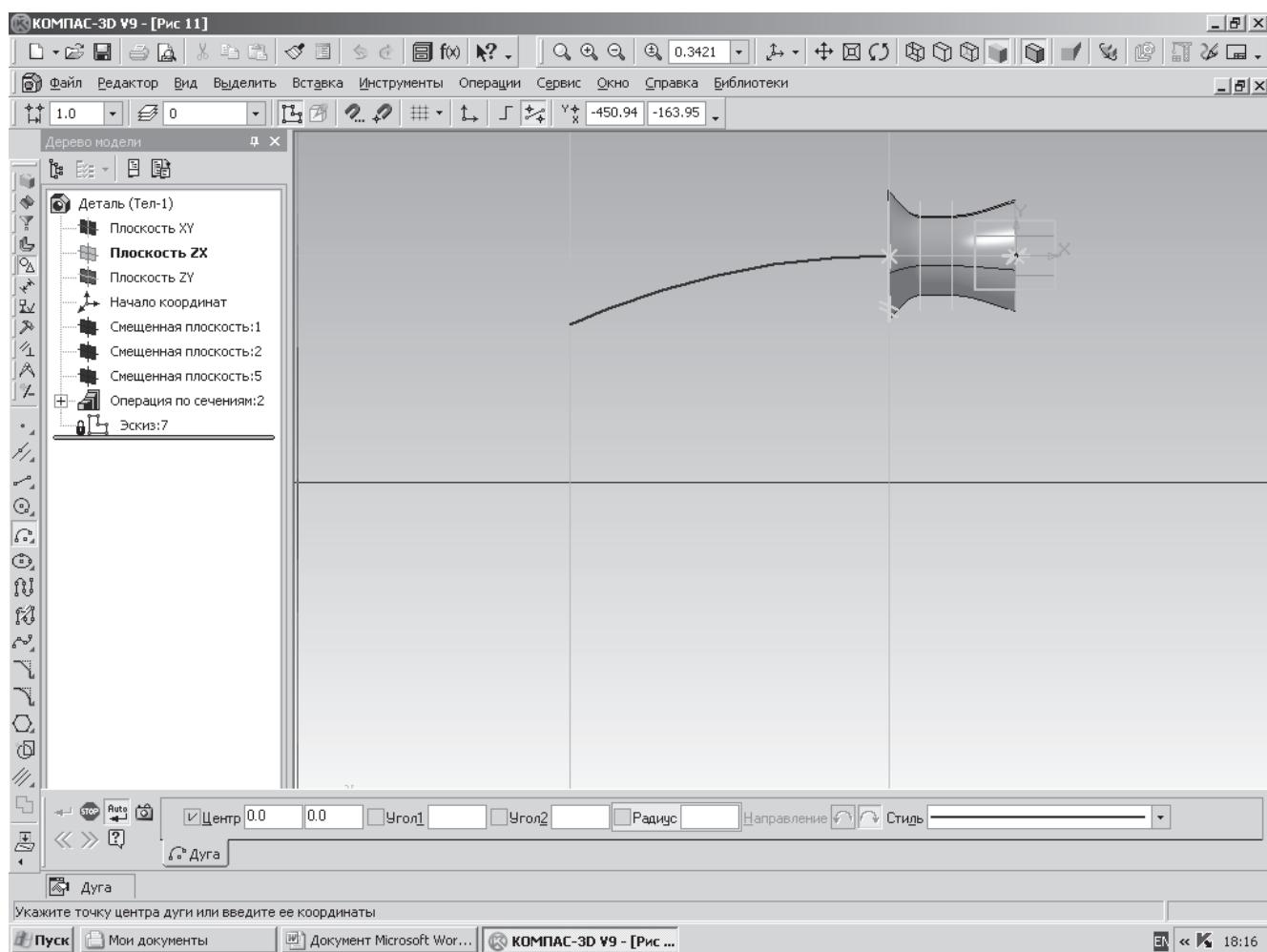


Рис. 49. Построение направляющей линии

Для получения элемента необходимо построить эскиз прямоугольного сечения 50x10 на конце построенной дуги. Этот эскиз определяет размеры заостренного края дугообразного участка модели. Через крайнюю точку дуги параллельно крайней грани построенного участка строится вспомогательная плоскость (рис. 50). Затем на построенной вспомогательной плоскости строится прямоугольник 50x4 с центром на проекции конечной точки дуги на вспомогательную плоскость (см. рис 50).

После построения эскизов из инструментальной панели выбирается операция «По сечениям» и из дерева построения выбираются построенные сечения (сечения 8 и 9). Затем в панели свойств выбирается эскиз направляющей дуги (эскиз 7).

Система выполнит построение нового элемента на основе указанных эскизов с учетом заданного направления (рис. 51).

На полученной модели отсутствуют такие элементы как утолщение на передней части молотка, отверстие для ручки, вырез в конце дугообразного участка. Эти элементы выполняются по известным из предыдущих глав методикам.

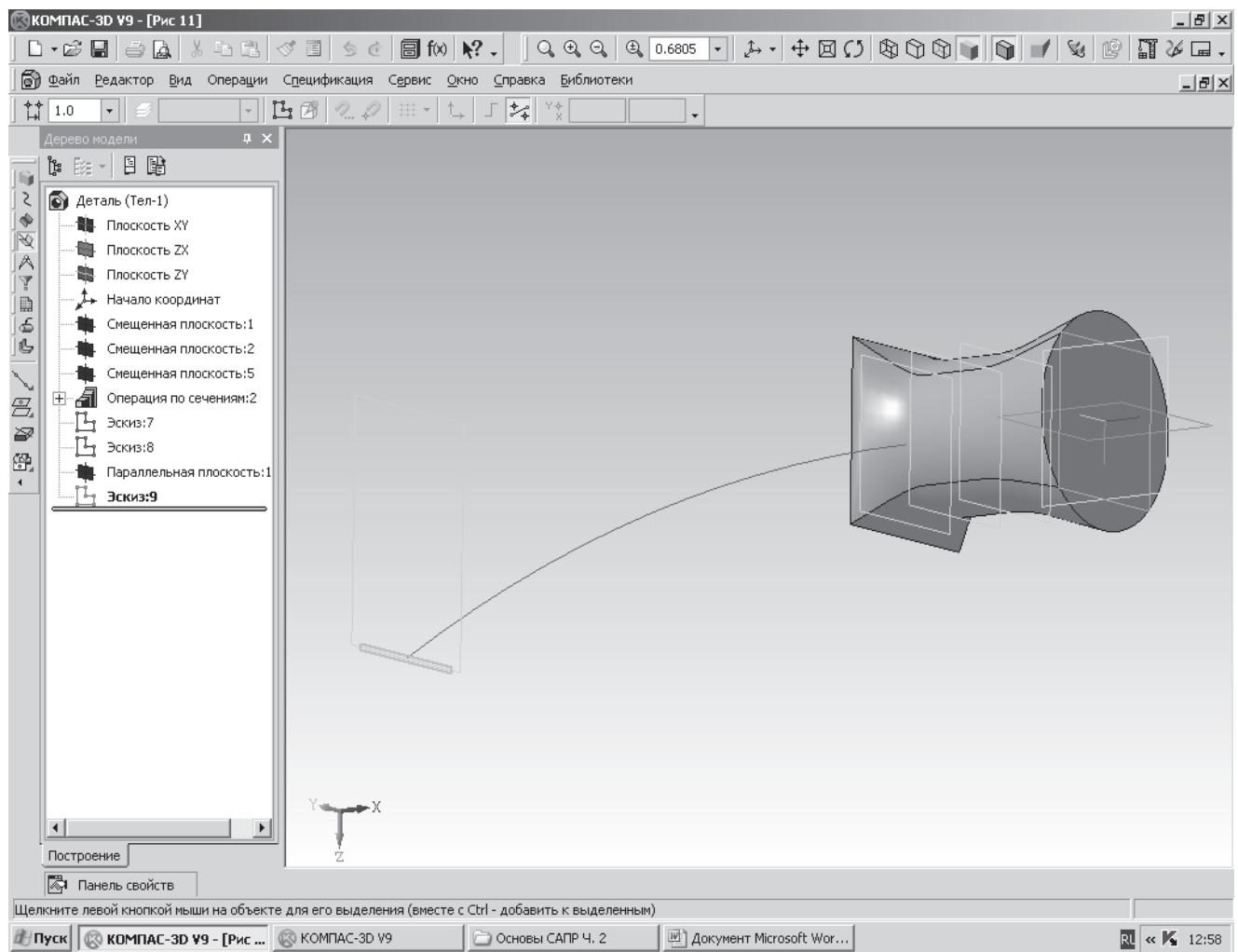


Рис. 50. Построение второго эскиза на вспомогательной плоскости

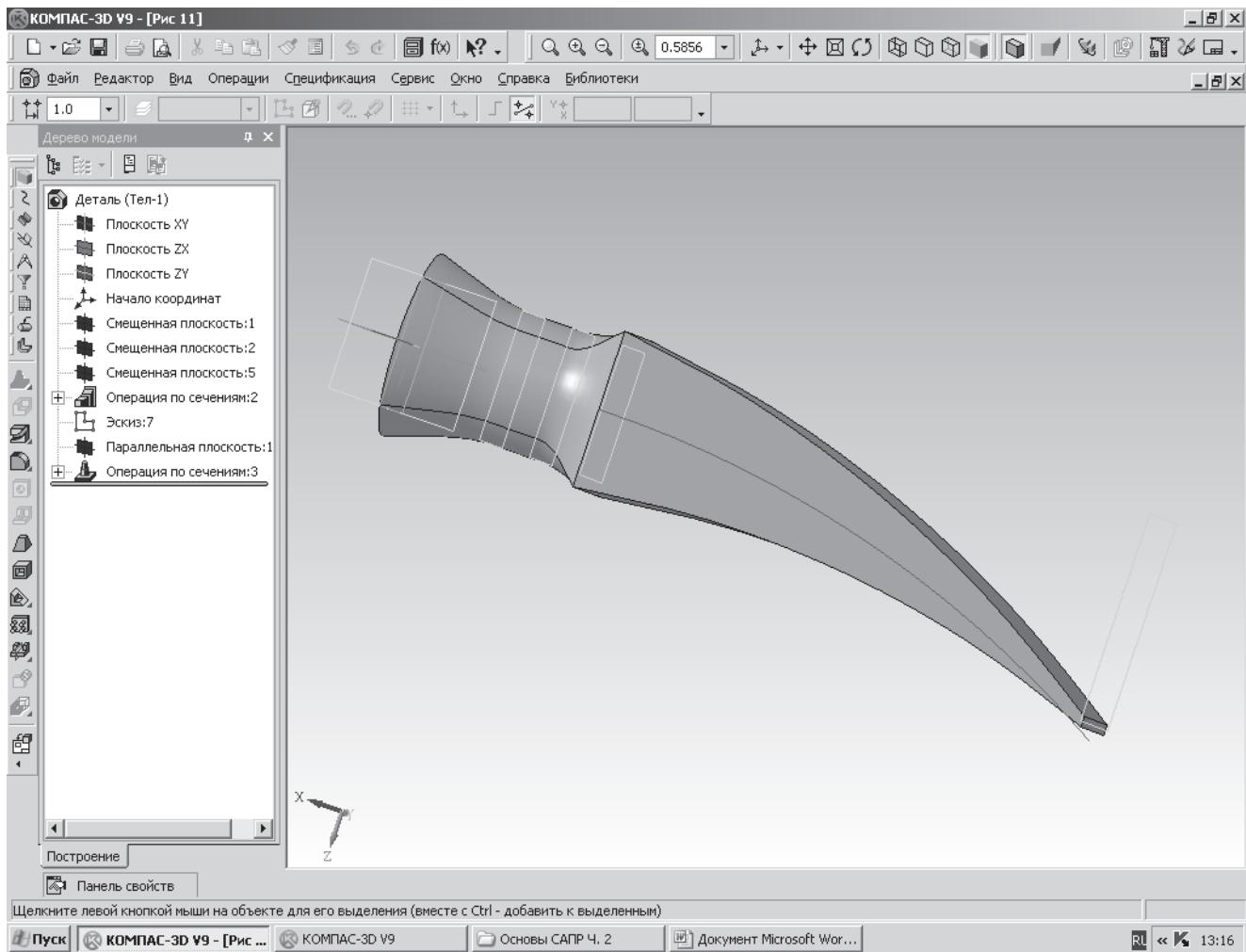


Рис. 51. Результаты выполнения операции

Для получения выреза для ручки выбирается плоскость XY и осуществляется переход в режим эскизирования (значок на инструментальной панели) и производится построение контура отверстия. Предварительно осуществляются вспомогательные построения: проводится вспомогательная горизонтальная и вертикальная линия через начало координат, затем строится вспомогательная линия параллельная вертикальной вспомогательной линии на расстоянии 20 и 60 мм. Пересечения горизонтальной вспомогательной линии и построенных параллельных линий определяют центры дуг окружностей, ограничивающих паз. На полученных точках пересечений строятся окружности радиусом 10 мм, затем строятся отрезки прямых касательных к этим окружностям, удаляются лишние части окружностей. В результате получается эскиз заданного паза (рис. 52).

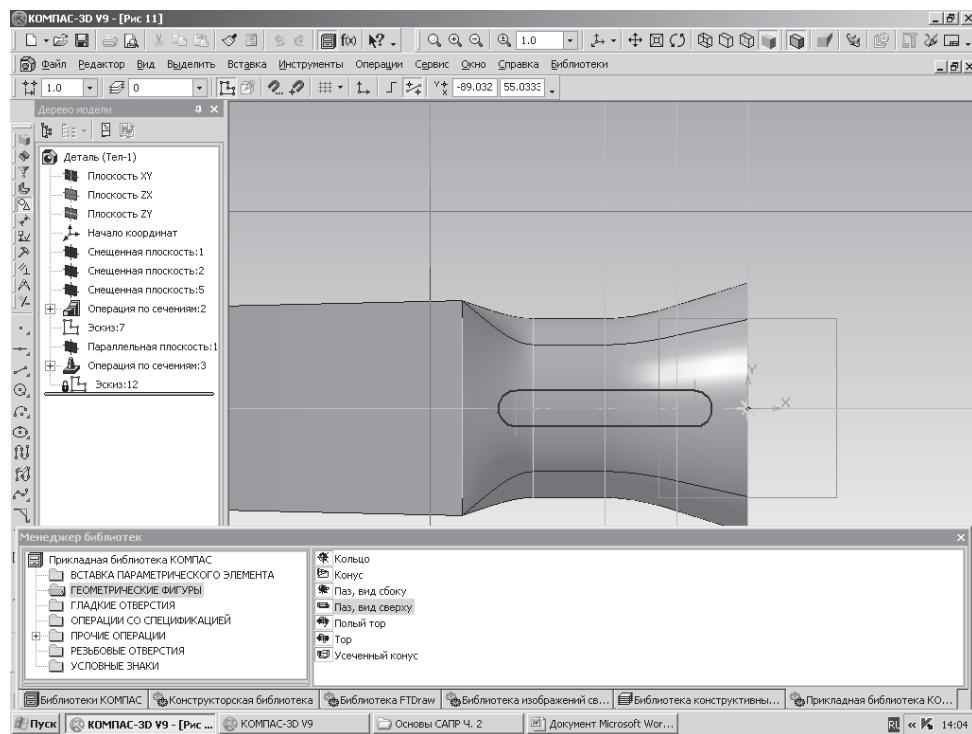


Рис 52. Построение эскиза паза

После выхода из режима эскизирования и выбора из инструментальной панели механизма «Вырезать выдавливанием», в панели свойств выбираются параметры операции выдавливания: в две стороны, через все. После нажатия кнопки «Создать объект» выполняется операция вырезания (рис. 53).

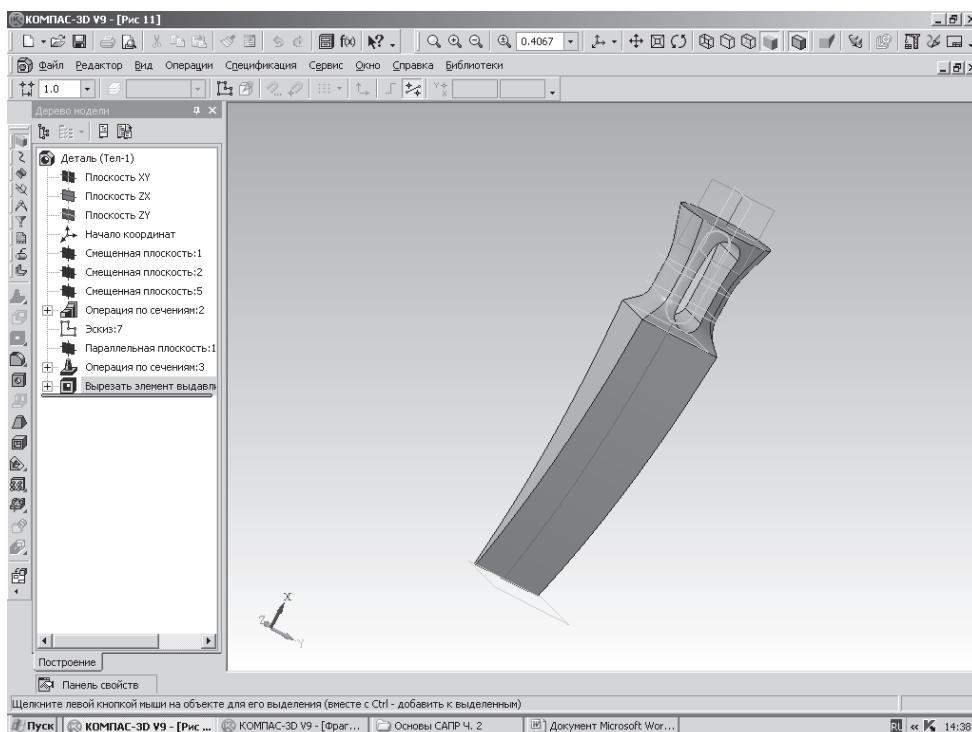


Рис. 53. Результаты операции вырезания

В конце дугообразного участка модели необходимо сделать треугольный вырез, с помощью которого удобно вытаскивать гвозди. Эскиз данного элемента представляет собой равнобедренный треугольник с острым углом при вершине.

Для построения выреза через ребро тонкой части дугообразного участка проводится вспомогательная плоскость параллельная плоскости XY, затем эта плоскость выделяется в дереве построения и следует переход в режим эскизирования. Для правильного построения эскиза предварительно проводятся вспомогательные линии: горизонтальная через центр симметрии, вертикальная через ребро, линии, параллельные горизонтальной, на расстоянии по 10 мм и линия, параллельная вертикальной, на расстоянии 40 мм (рис. 54). По полученным точкам пересечения основными линиями строится требуемый треугольник (см. рис. 54).

После выхода из режима эскизирования используется команда вырезать выдавливанием, через все, в результате на модели появится вырез (рис. 55).

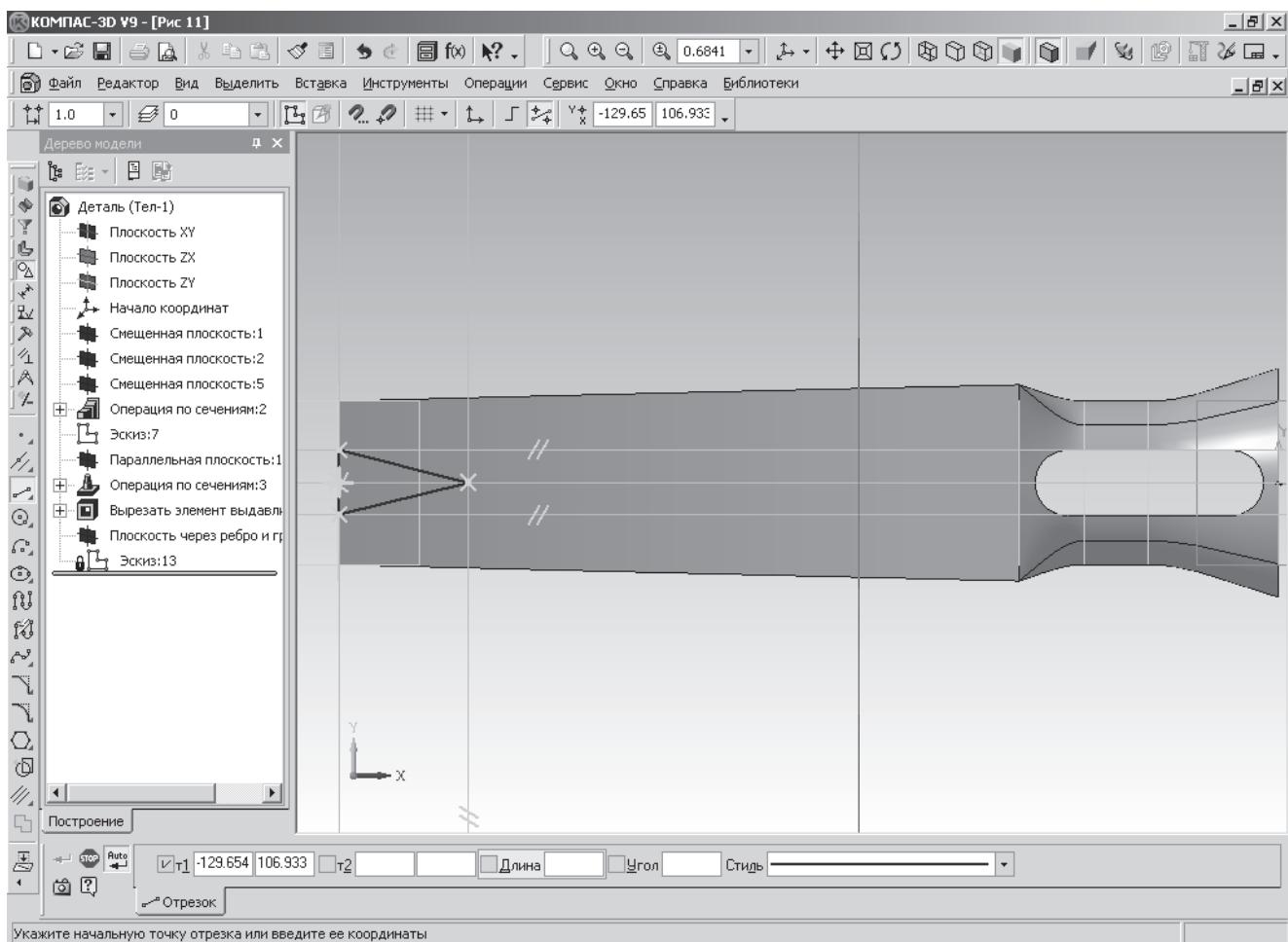


Рис. 54. Построение эскиза выреза

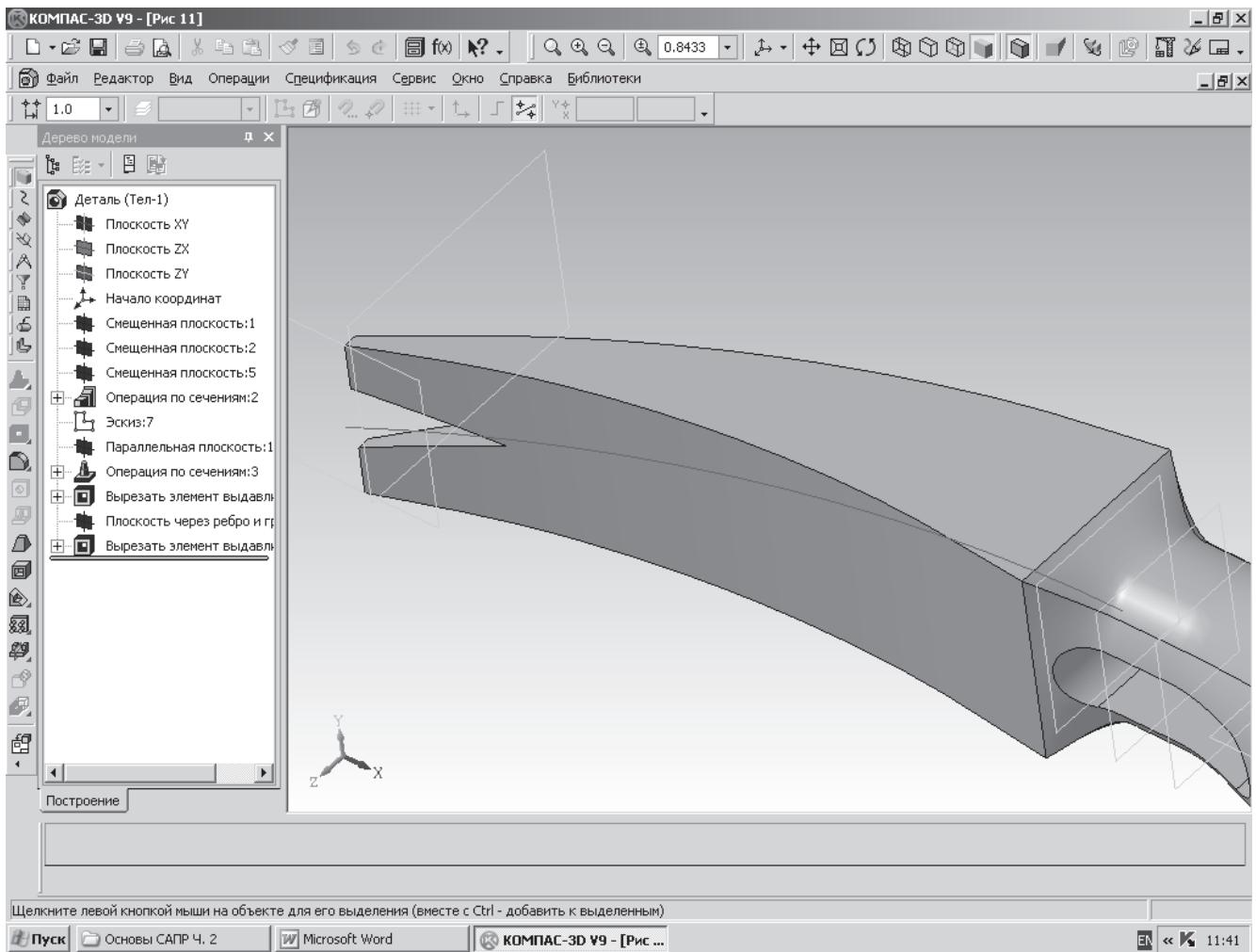


Рис. 55. Результаты операции вырезать выдавливанием

Для того, чтобы облегчить захват шляпки гвоздя необходимо срезать две нижние кромки выреза фасками  $5 \times 45^\circ$ . Необходимо нажать кнопку фаска на панели расширенных команд построения скруглений и фасок, и в окне модели указать два ребра.

В окне панели свойств задаются параметры фаски  $5 \times 45^\circ$  и после нажатия кнопки «Создать объект» выполняется операция построения фасок (рис. 56).

Для получения утолщения на передней части молотка выделяется круглая грань, следует переход в режим эскизирования и на эскизе строится окружность диаметром 85 мм (рис. 57).

Затем после выхода из режима эскизирования выбирается операция выдавливания и в строках панели свойств задаются параметры операции – длина 20 мм (рис. 58).

После получения модели необходимо построить скругление радиусом 7 мм (рис. 59).

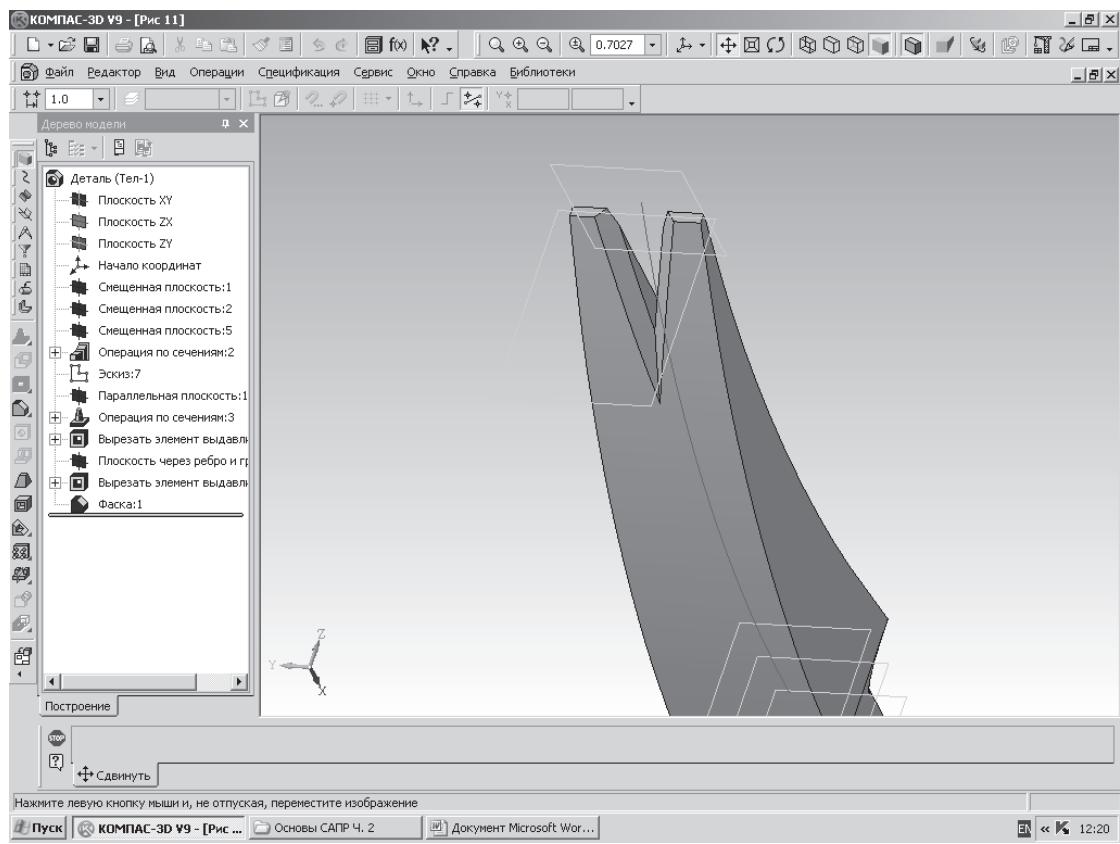


Рис. 56. Построение фасок на ребрах выреза

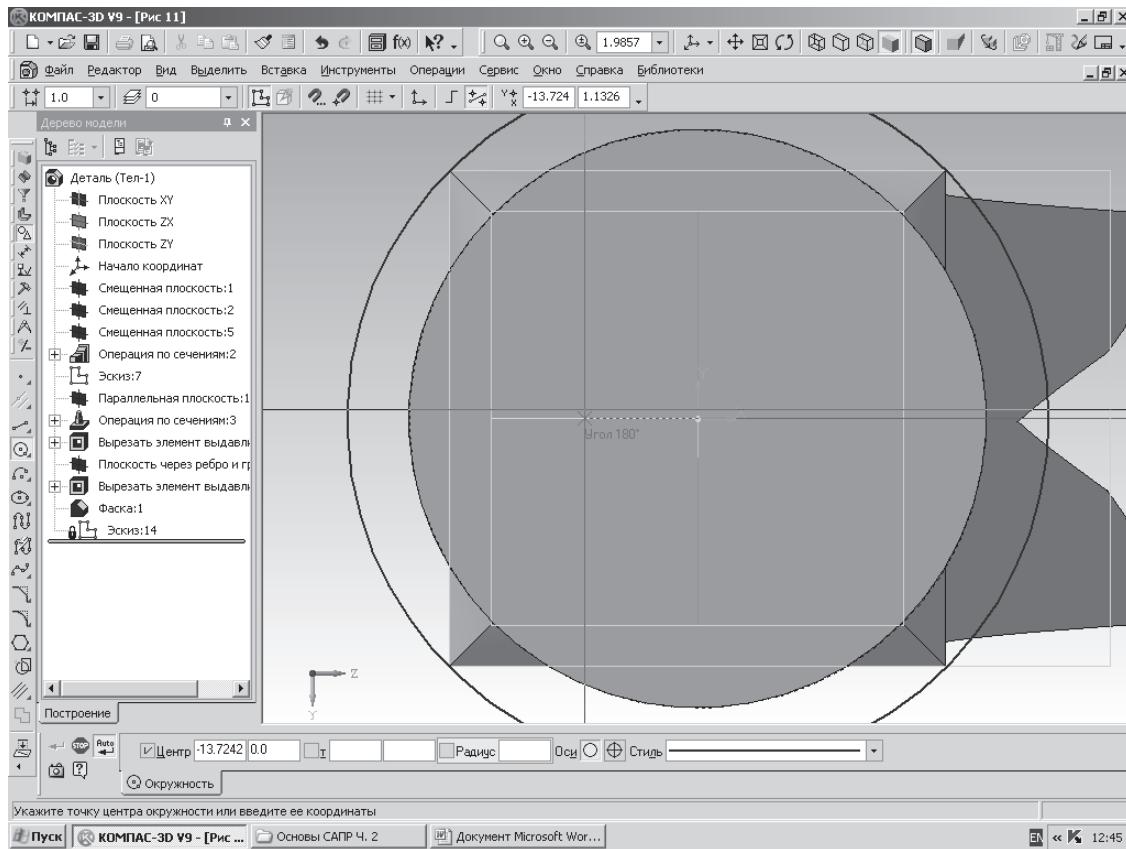


Рис 57. Построение эскиза утолщения

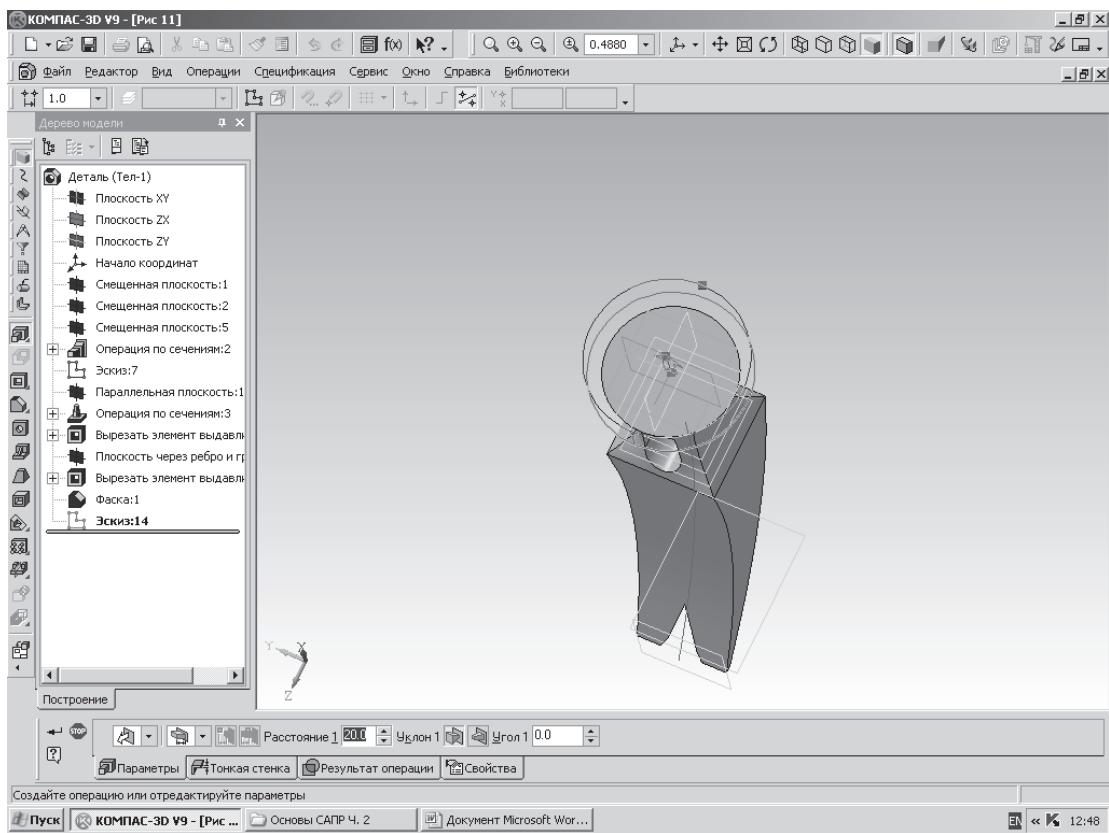


Рис 58. Задание параметров операции выдавливания

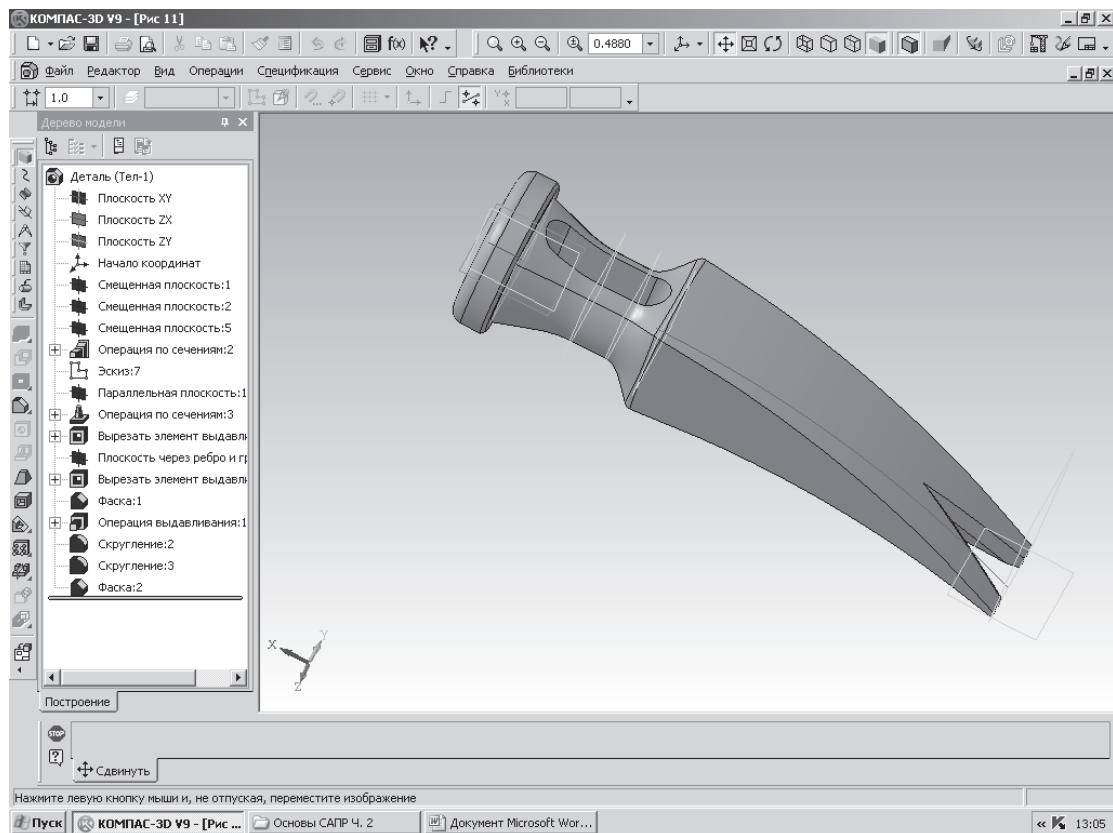


Рис. 59. Результаты построения модели

## 1.12. Построение отверстий

Далее будет рассмотрен инструмент «Отверстие». Для того, чтобы воспользоваться этим инструментом, необходимо выбрать на модели плоскость и нажать кнопку «Отверстие» на панели инструментов, в результате чего загрузится соответствующая библиотека с отверстиями (рис. 60).

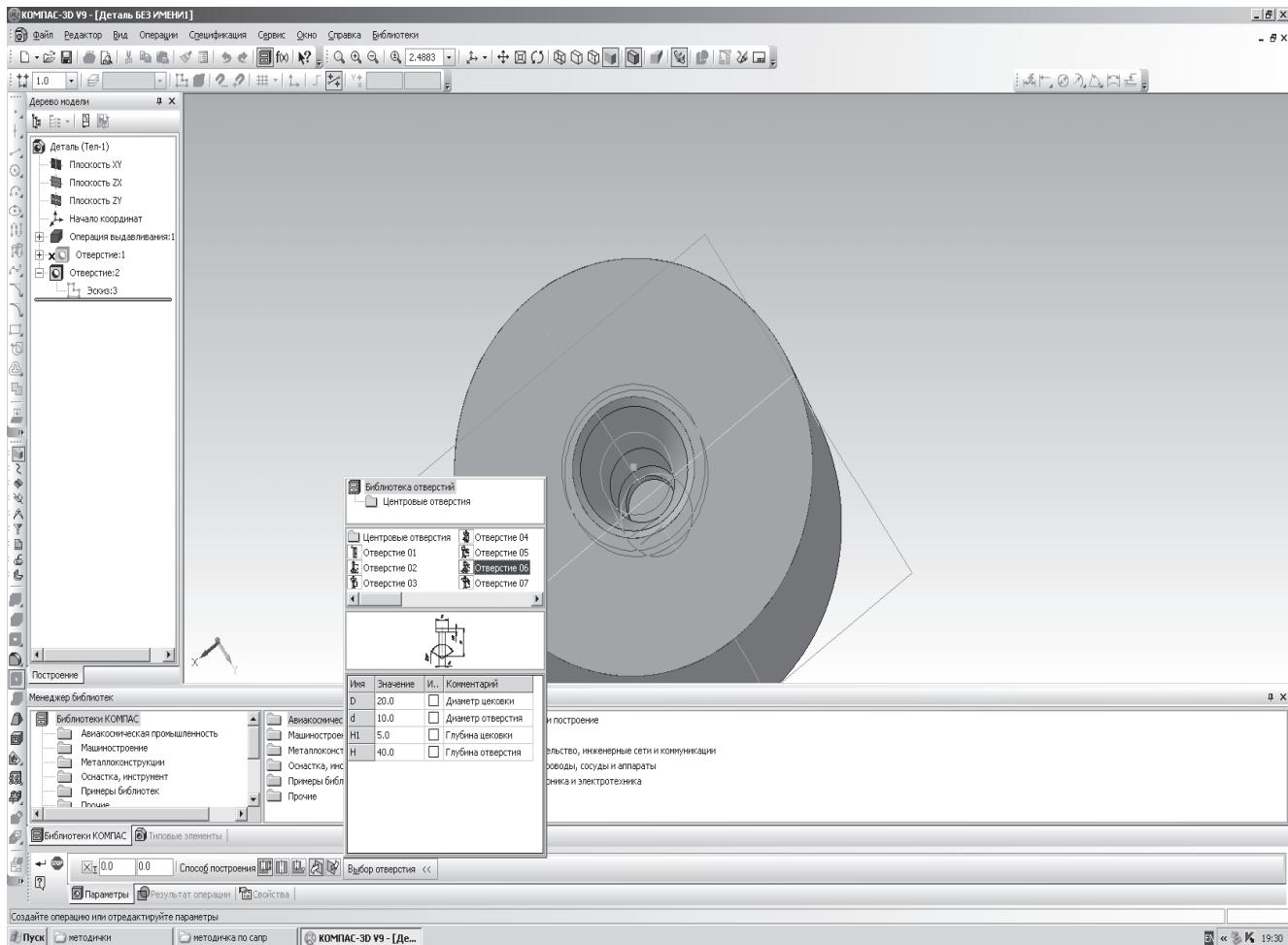


Рис. 60. Построение отверстий из библиотеки

Таким образом, можно строить стандартные центровые отверстия, отверстия под болт и т.п. Центровые отверстия собраны в отдельной папке. Чтобы перемещать центр отверстия необходимо либо задать соответствующие координаты в панели свойств, либо перенести этот центр вручную на чертеже. Способ построения (на расстояние, через все или до вершины), направление, а также цвет и оптические свойства можно выбирать на соответствующих вкладках панели свойств. Параметры отверстий гостированы и задаются в соответствующих полях библиотеки (рис. 60).

## 2. ПОСТРОЕНИЕ СБОРОК

### 2.1. Введение в построение сборочных моделей

В программном обеспечении «Компас – 3D V9», помимо всех рассмотренных ранее видов документов, есть также возможность построения трехмерных сборочных моделей. Данный вид моделей широко распространен среди инженеров, т.к. дает наиболее наглядное представление о сборочной единице – редукторе, двигателе, узле станка, станке в целом и т.д. Также имеется возможность делать различные разрезы в сборочной единице, что дает возможность максимально быстро разобраться в тонкостях соединения различных деталей, особенно это эффективно в сложных сборочных единицах, когда разные детали раскрашены в разные цвета. Примеры различных сборок (сборочная модель комнаты, выполненная в «Компас 3D – V9», фрагмент редуктора и лампа) изображены на рис. 61, 62, 63.

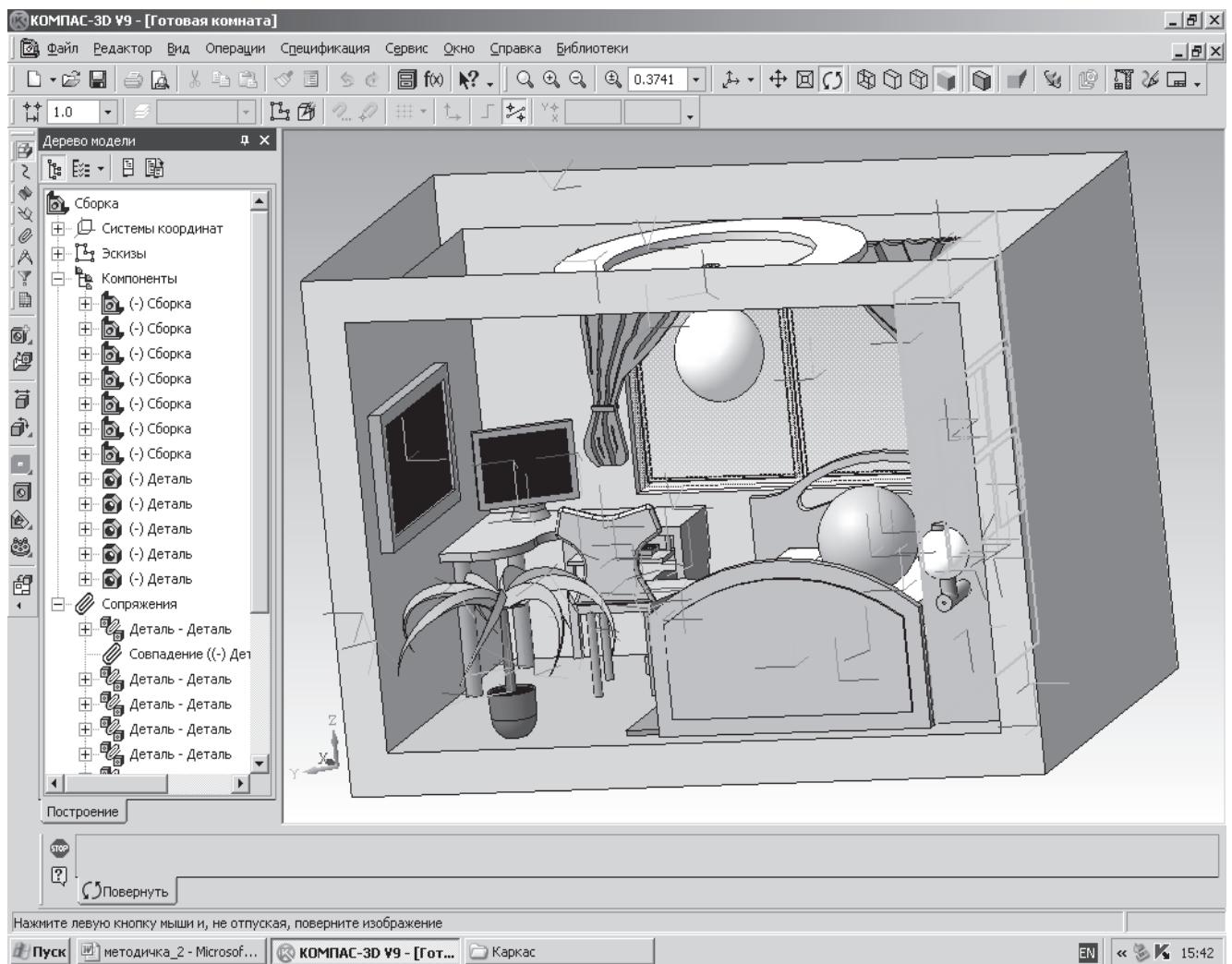


Рис. 61. Сборка. Комната

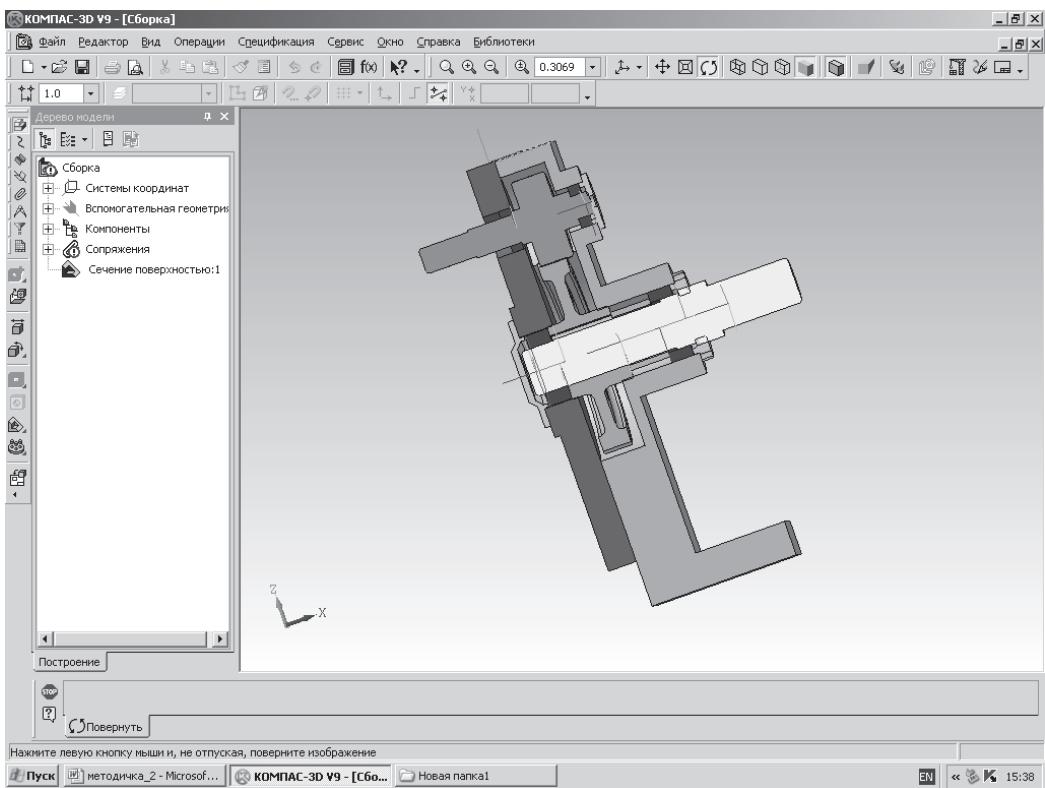


Рис. 62. Сборка. Фрагмент

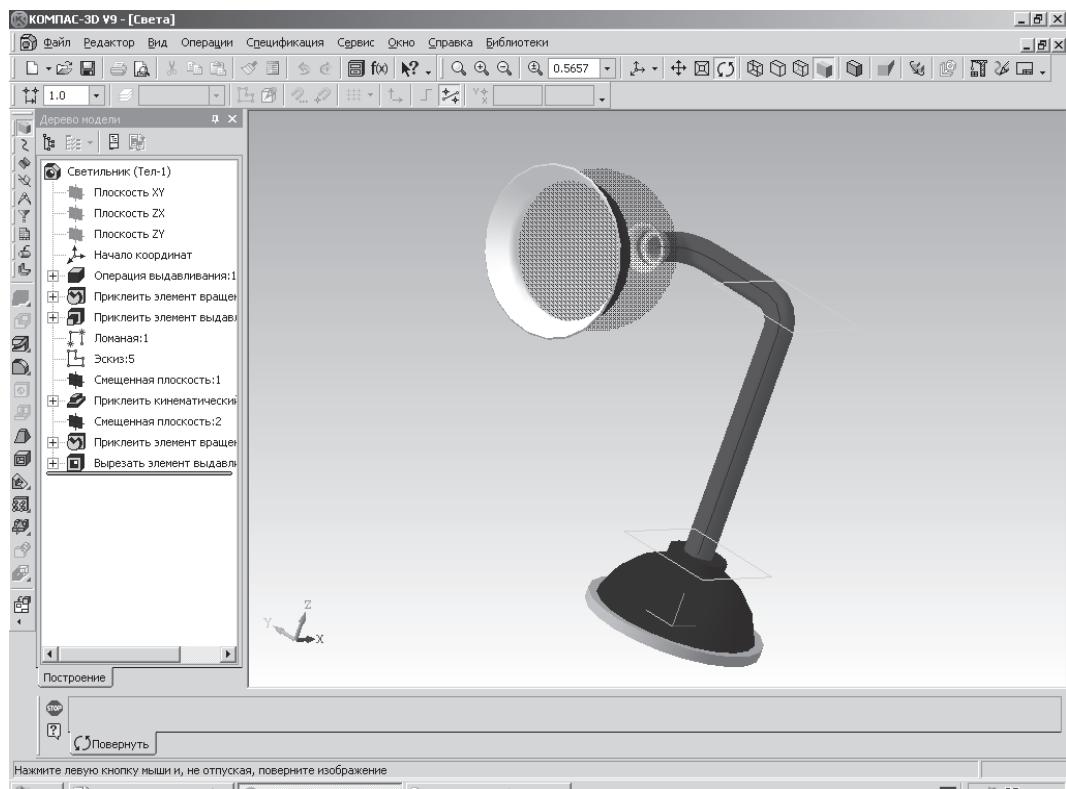


Рис. 63. Сборка. Лампа

## 2.2. Создание сборки. Сопряжения

Для создания сборки нужно вызвать меню создания нового документа любым из способов, описанных в начале методического пособия. И выбрать там пункт «сборка» (рис. 64).

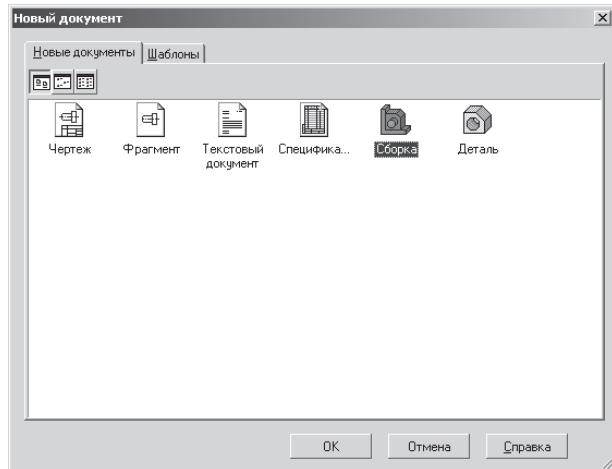


Рис. 64. Создание сборки

Интерфейс, который появится после создания документа, несколько отличается от интерфейса для работы с трехмерными моделями типа «Деталь» (рис. 65).

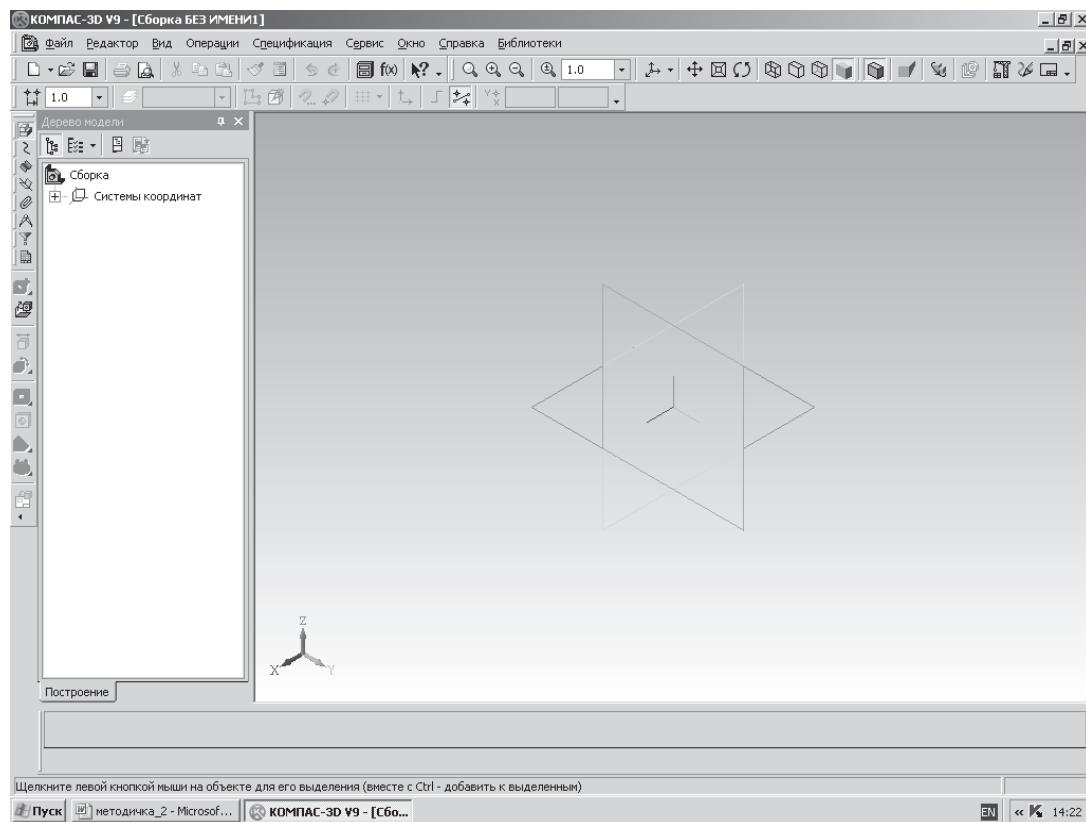


Рис. 65. Создание сборки. Интерфейс

Для импортирования модели или сборки в сборку необходимо нажать кнопку «Добавить из файла» и выбрать соответствующий файл на электронном носителе (как правило, на жестком диске) (рис. 66). Таким файлом может быть либо заранее построенная трехмерная модель, либо заранее построенная сборка. Количество добавляемых трехмерных объектов (моделей или сборок) ограничено только фантазией пользователя, а также возможностями его рабочего компьютера.

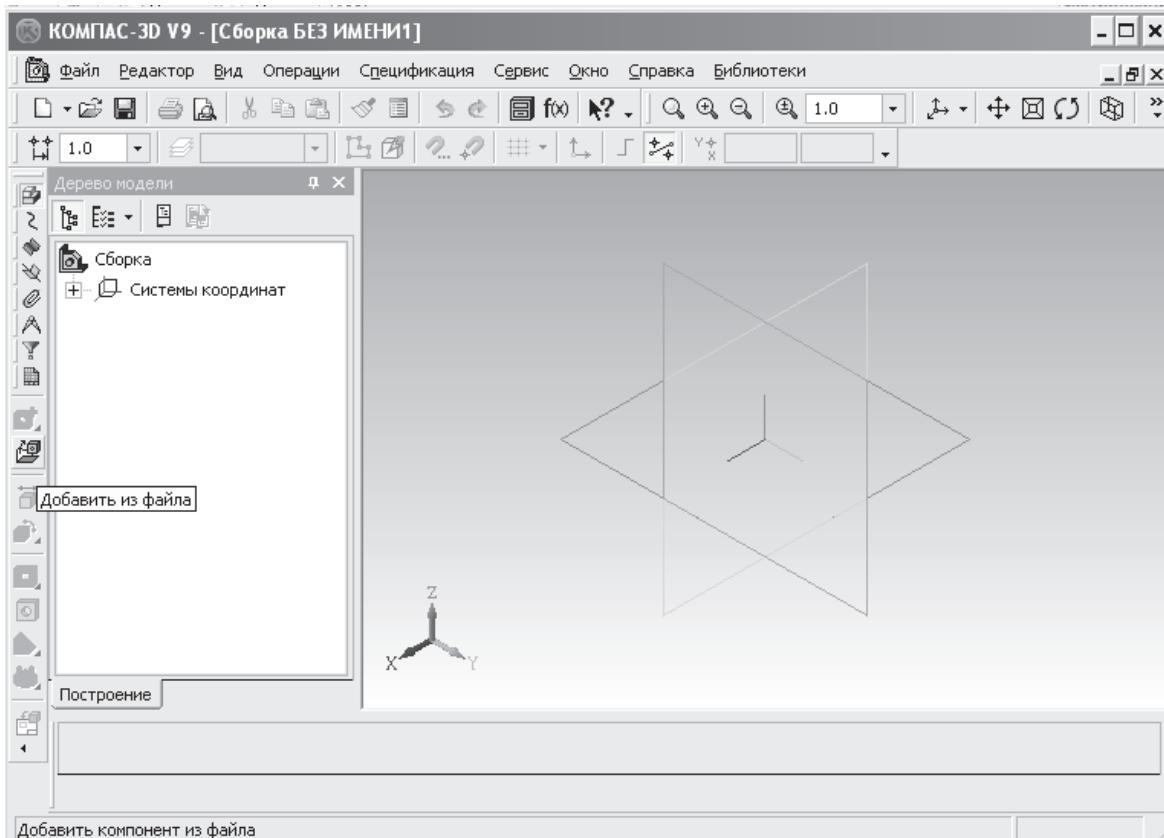


Рис.66. Добавление объектов в сборку

После того, как выбрано несколько объектов, которые необходимо объединить в сборку, необходимо обеспечить их параллельность, перпендикулярность, соосность и т.п. Это делается при помощи отдельной группы инструментов, которая называется «Сопряжения» (рис. 67).

Первый инструмент в наборе «Сопряжения» называется «Параллельность» (рис. 67, 68). Для его использования необходимо сначала выбрать этот инструмент, а затем выбрать две плоскости на объектах, для которых необходимо задать параллельность. Результат действия этого инструмента показан на рис. 68.

Аналогично работает инструмент «Перпендикулярность», только выбранные плоскости станут перпендикулярными, а не параллельными. Инструменты «на расстоянии» и «под углом» позволяют задать расстояние и угол между объектами. «Касание» позволяет установить касание выбранных объектов. Для использования сопряжений необходимо указать два объекта (модели), касание которых не-

обходимо установить. Механизм работы инструментов «Соосность» и «Совпадение объектов» показан на рис. 69, 70, 71.

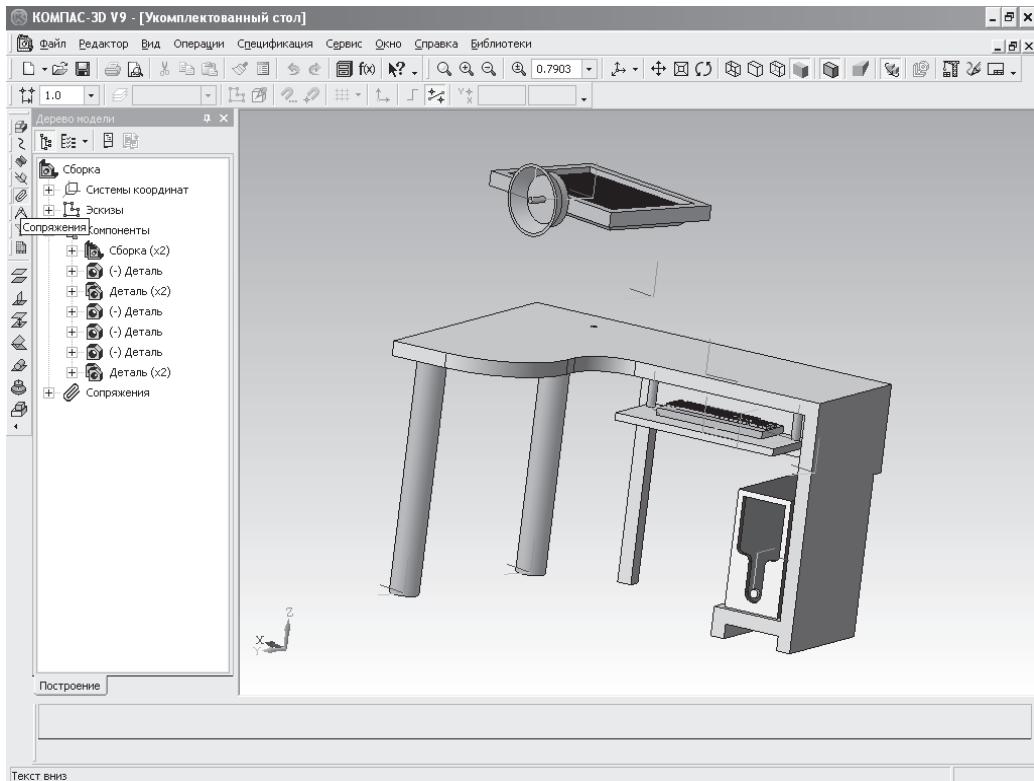


Рис. 67. Сопряжения

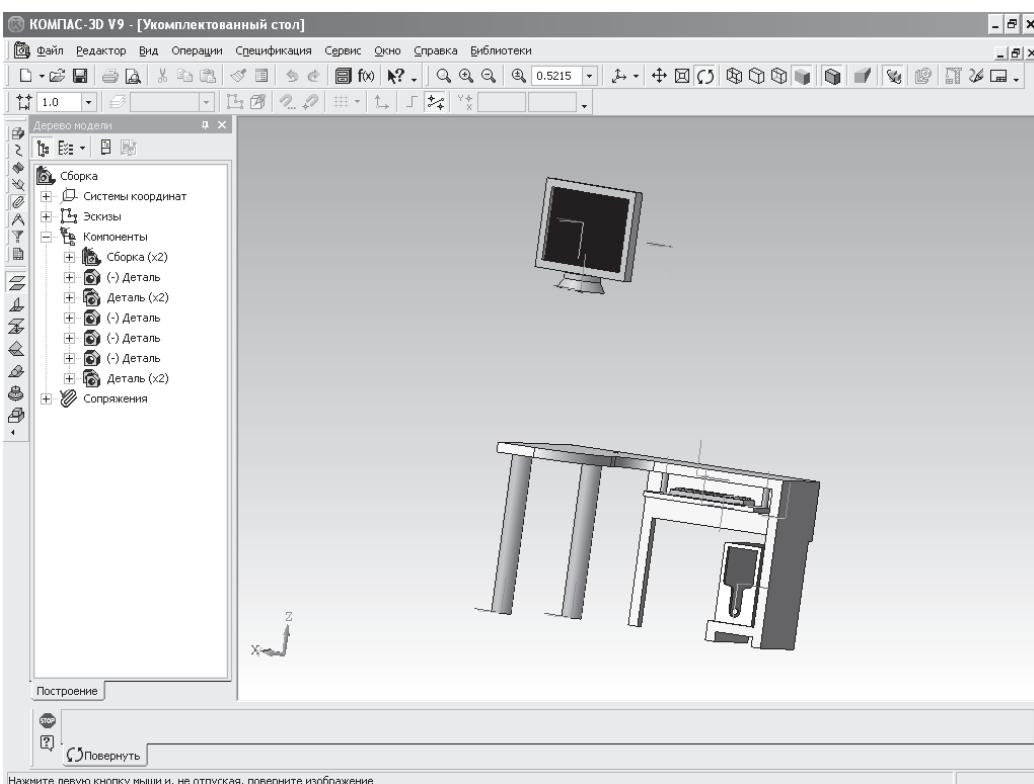


Рис. 68. Параллельность

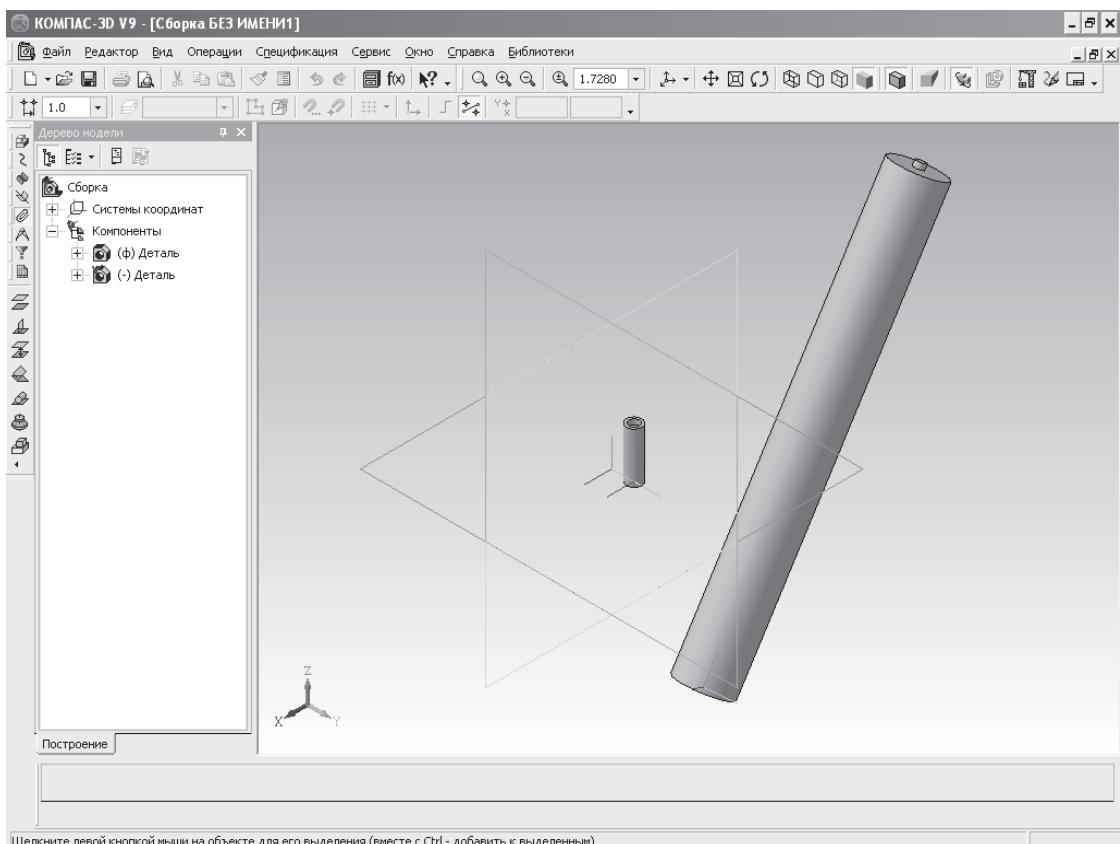


Рис. 69. Несоосная сборка

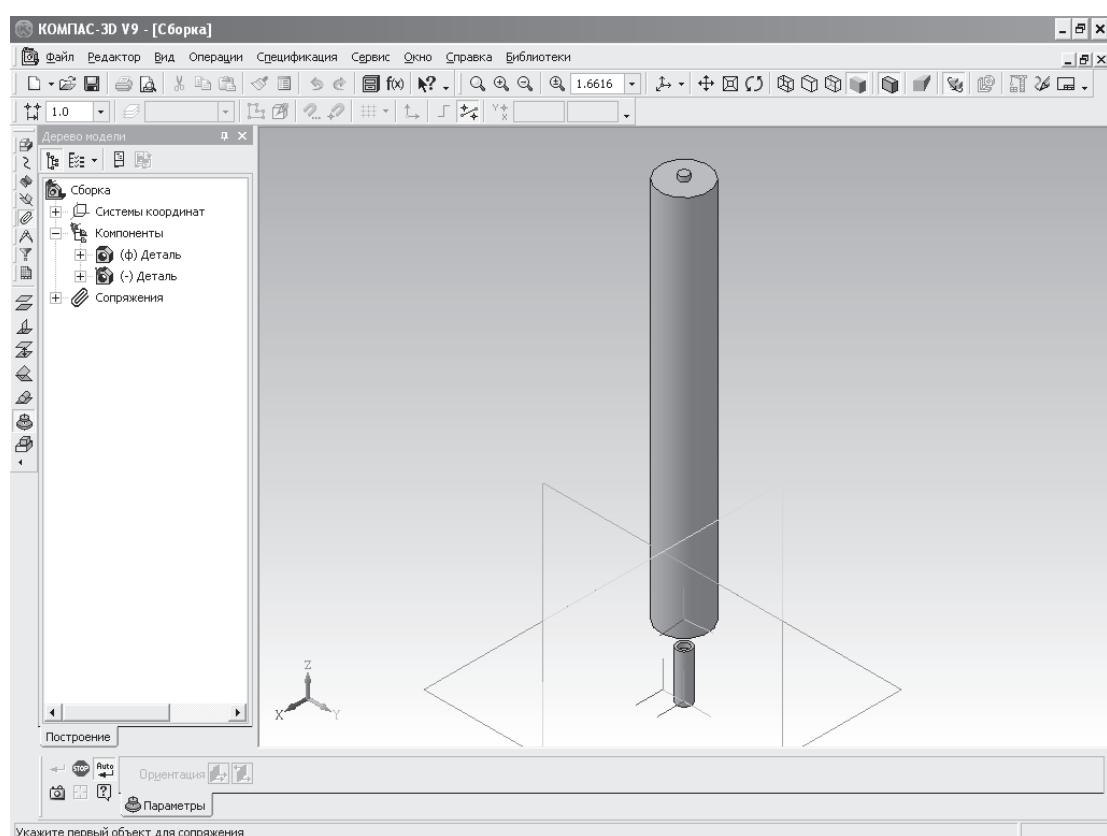


Рис. 70. Соосная сборка

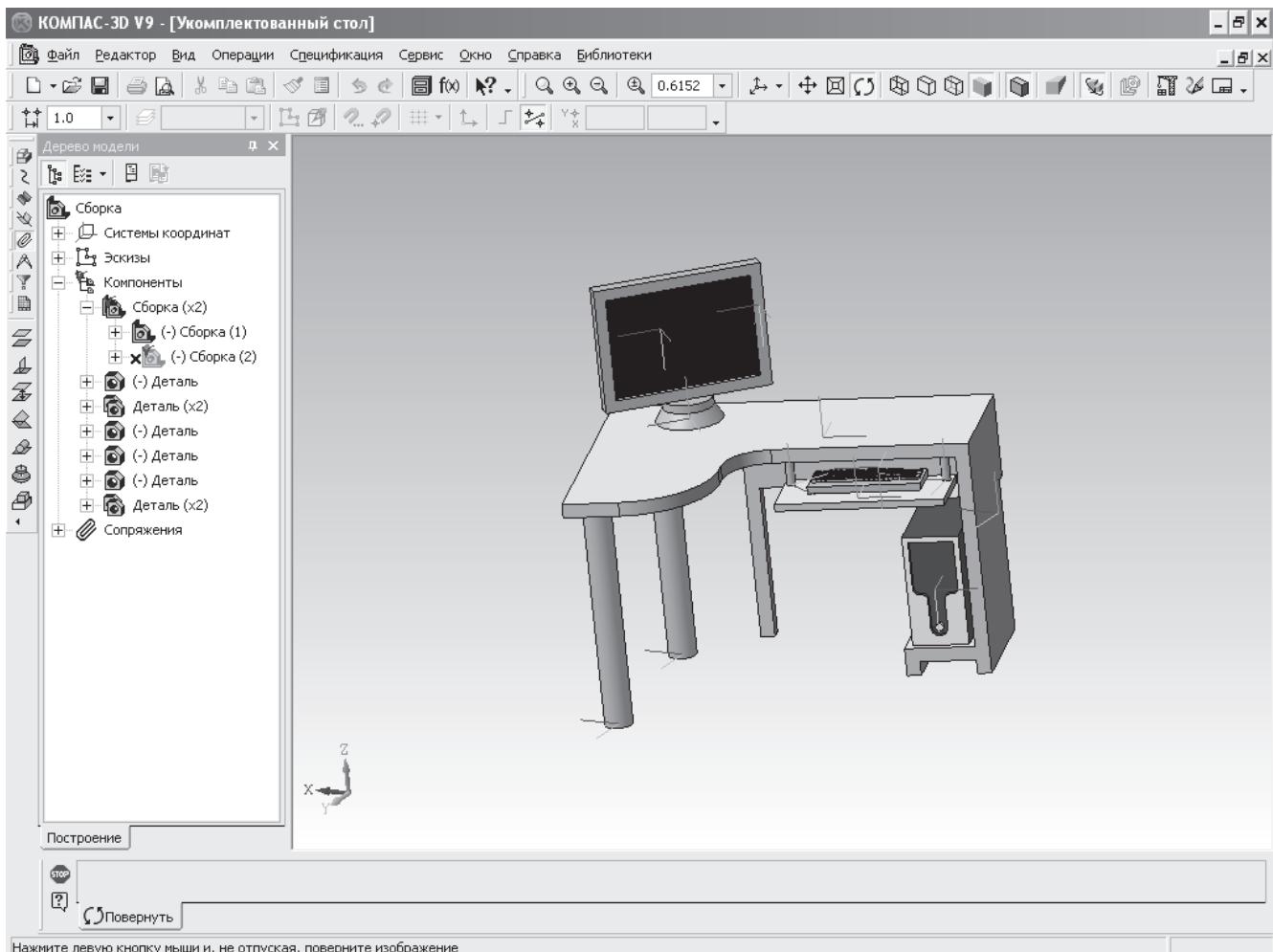


Рис. 71. Совпадение объектов

Фактически, объекты могут быть подогнаны друг к другу и вручную при помощи инструментов «Переместить компонент» и «Повернуть компонент вокруг центральной точки» (рис. 72). Но этот способ не позволяет получить абсолютных значений перпендикулярности, параллельности, соосности и т.п., и вследствие этого считается некорректным. Пользоваться этим способом допускается только в исключительных случаях.



Рис. 72. Ручное перемещение и вращение объектов сборки

### 2.3. Построение сборочной модели подшипника

Рассмотрим сборку шарикового подшипника. Первоначально необходимо построить трехмерные модели внешнего и внутреннего колец подшипника, а также

шарик (рис. 73, 74, 75). Модель подшипника представлена на рис. 76. Все элементы подшипников ГОСТированы, поэтому перед построением необходимо ознакомиться с соответствующей литературой (курс «Детали машин»), либо воспользоваться конструкторской библиотекой «Компас – 3D V9» (рис. 77, 78, 79). Правила пользованиями библиотеками были рассмотрены в пособии, посвященном двухмерному проектированию, а также будут описаны ниже при описании использования трехмерных библиотек моделей «Компас – 3D V9».

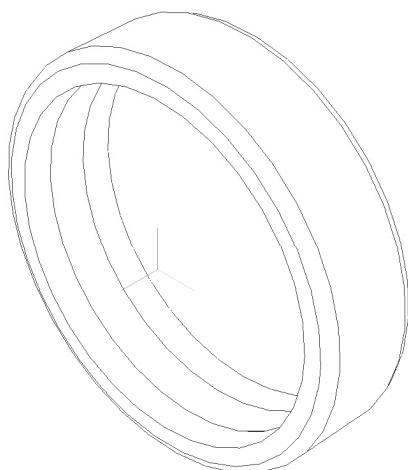


Рис. 73. Создание модели внешнего кольца подшипника

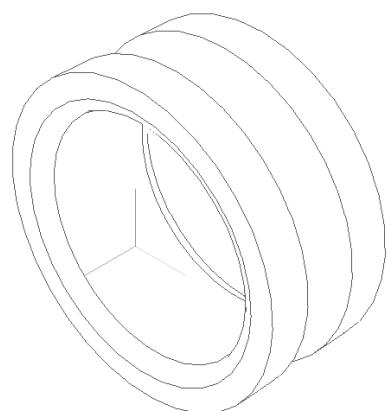


Рис. 74. Создание модели внутреннего кольца подшипника



Рис. 75. Создание модели шарика

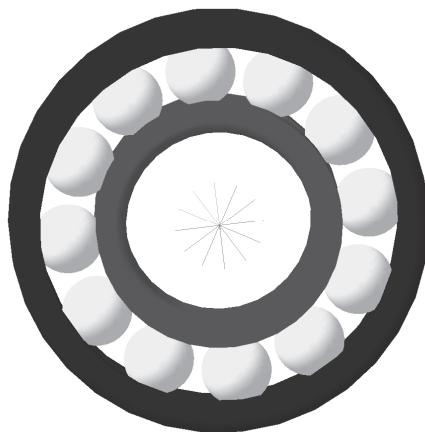


Рис. 76. То, что должно получиться в результате сборки

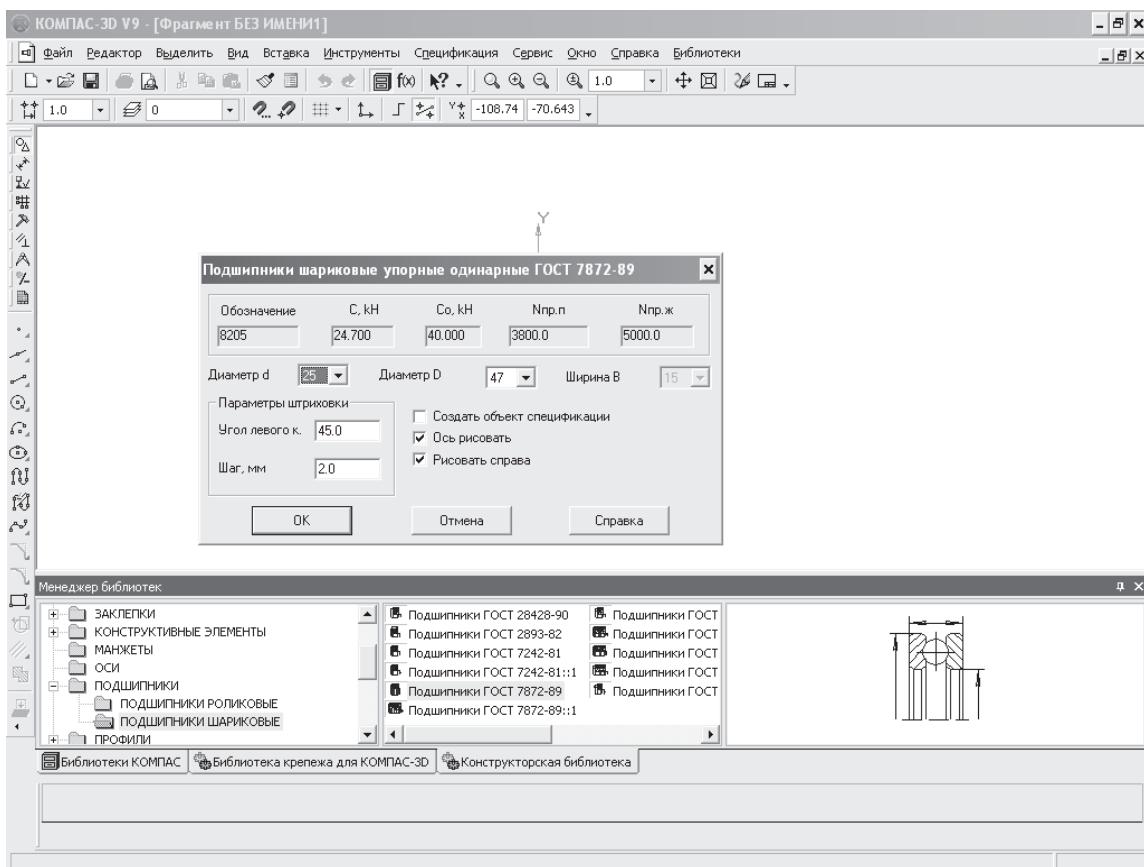


Рис. 77. Конструкторская библиотека.  
Подшипники шариковые упорные одинарные

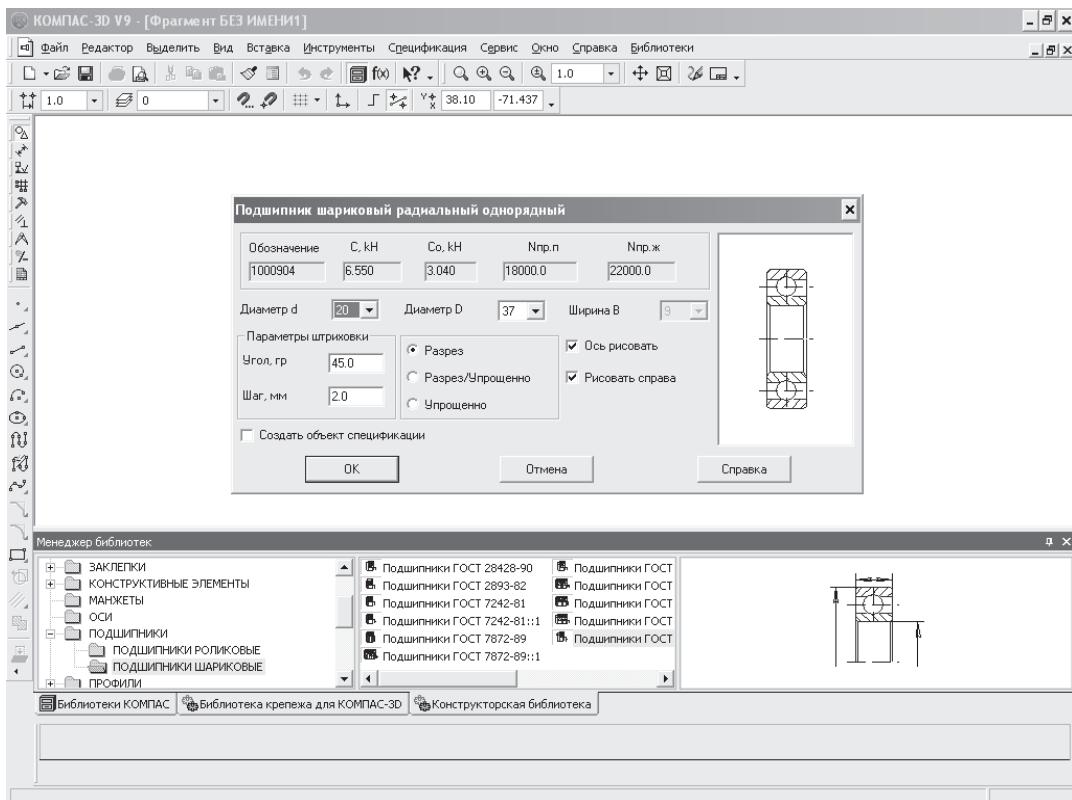


Рис. 78. Конструкторская библиотека.  
Подшипники шариковые радиальные однорядные

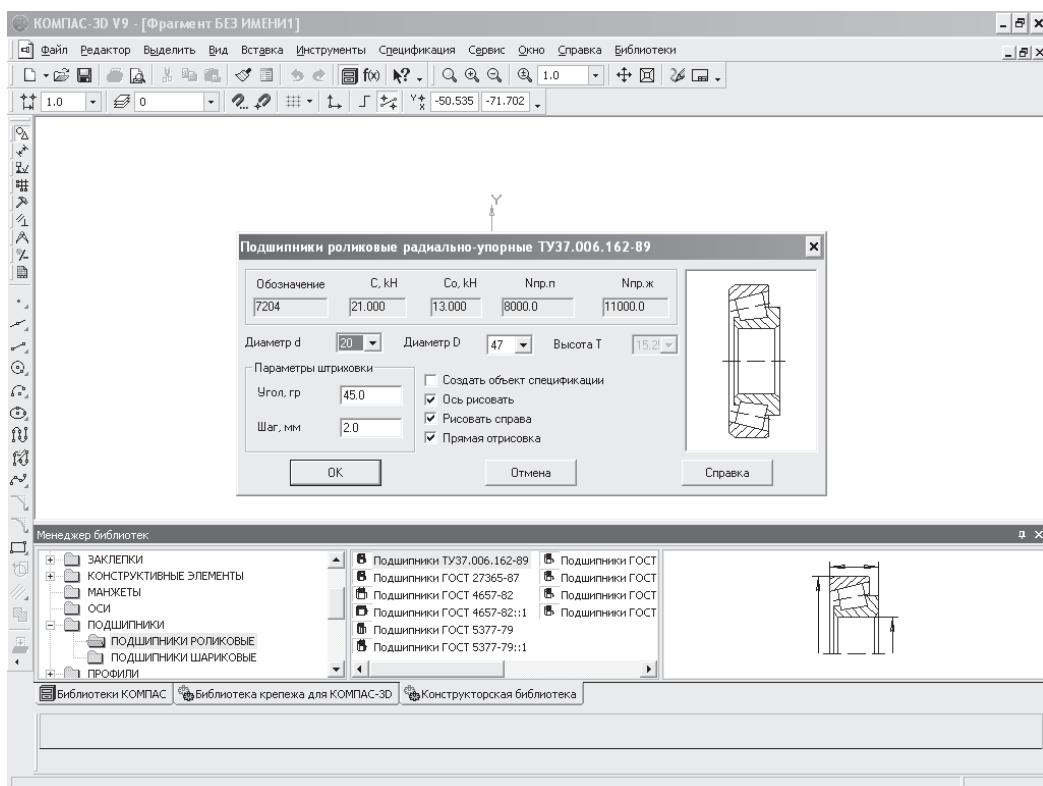


Рис. 79. Конструкторская библиотека.  
Подшипники роликовые радиально-упорные

После того, как трехмерные модели составляющих шарикового подшипника созданы, необходимо создать новый документ и выбрать его тип «Сборка» (см. рис. 64). Далее, при помощи инструмента «добавить компонент из файла» (см. рис. 66), – добавить в рабочее поле сборки все три модели, сделанные заранее (рис. 80). Далее необходимо с помощью сопряжений выставить модели относительно друг друга. И, наконец, сделать массив по концентрической сетке. В результате получится подшипник, аналогичный указанному на рис. 81.

Для создания массива по концентрической сетке, необходимо нажать на соответствующую кнопку на панели инструментов (рис. 82). Затем в качестве оси необходимо указать любую из цилиндрических поверхностей внешнего или внутреннего кольца и заполнить поля на панели свойств также, как показано на рис. 83.

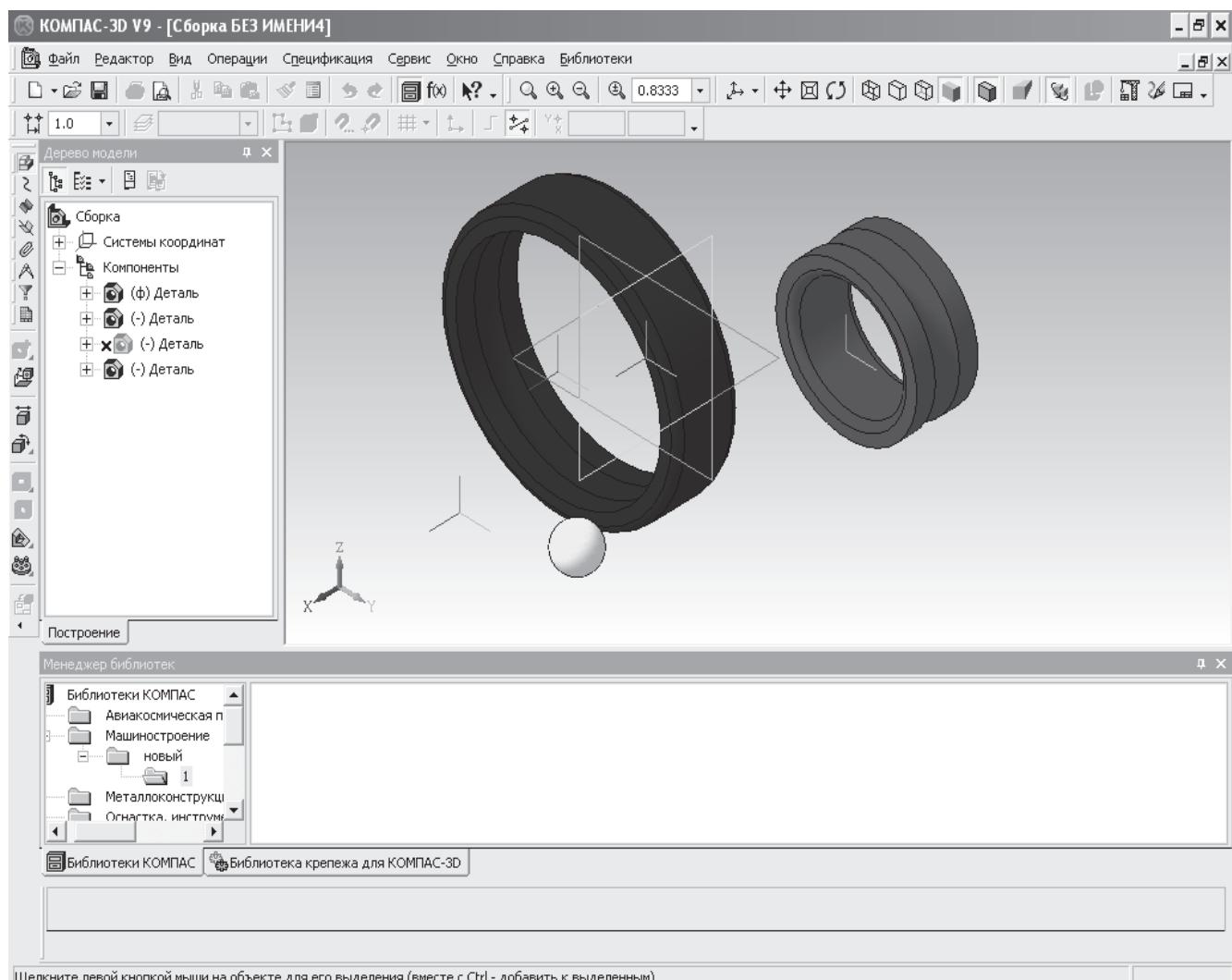


Рис. 80. Добавление деталей в поле сборки

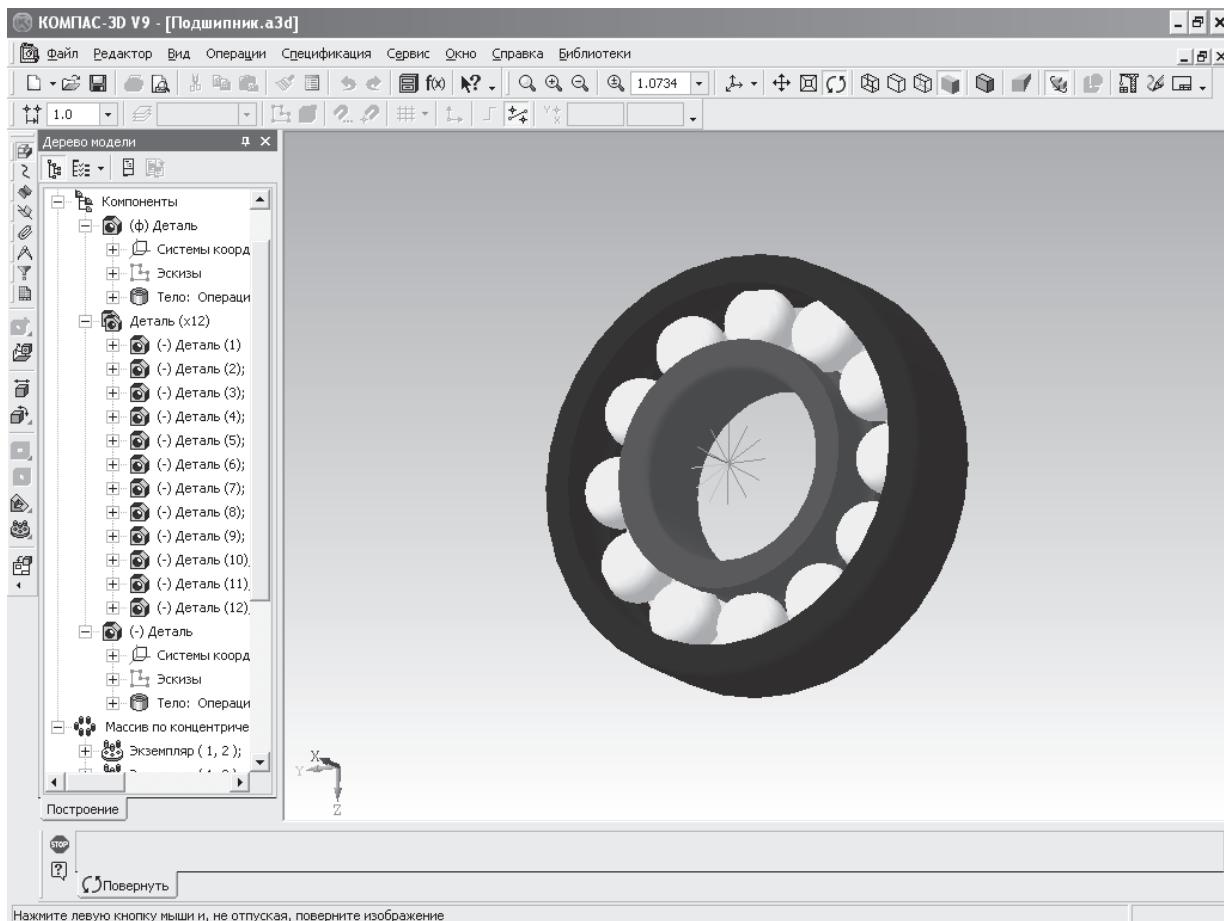


Рис. 81. Собранный подшипник. Справа — дерево сборки

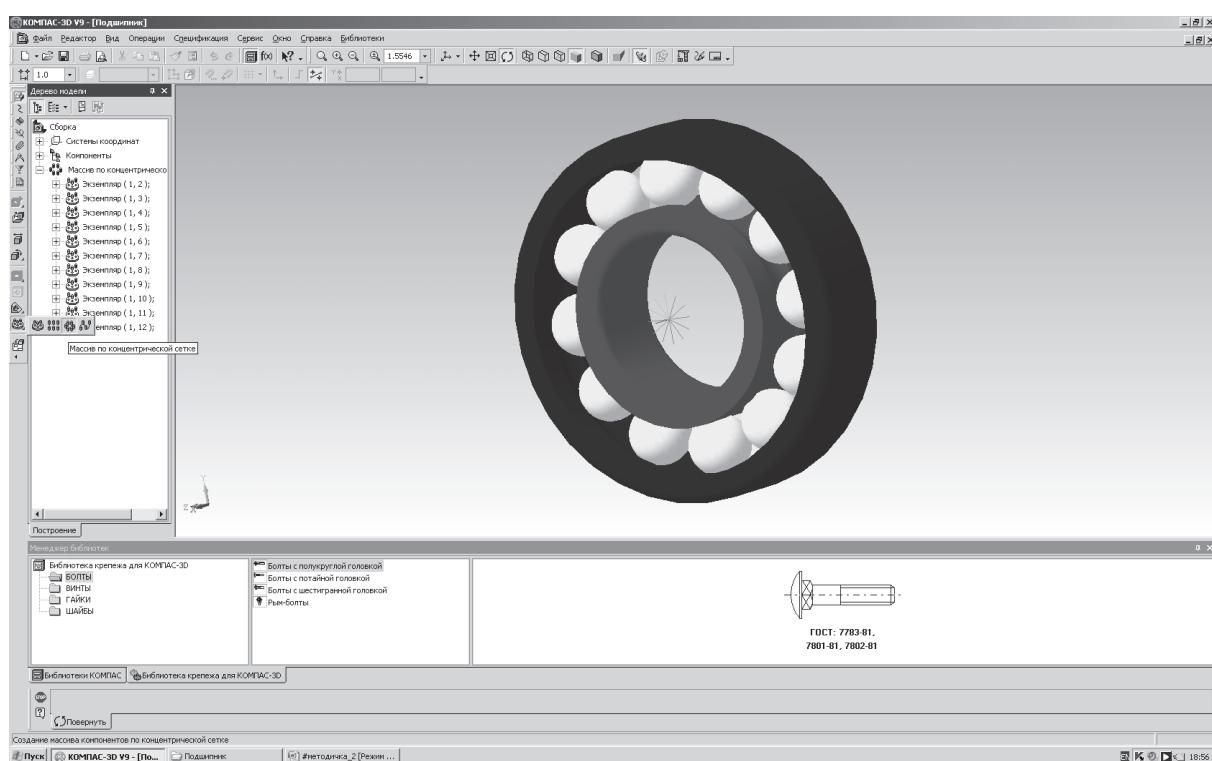


Рис. 82. Создание массива по концентрической сетке

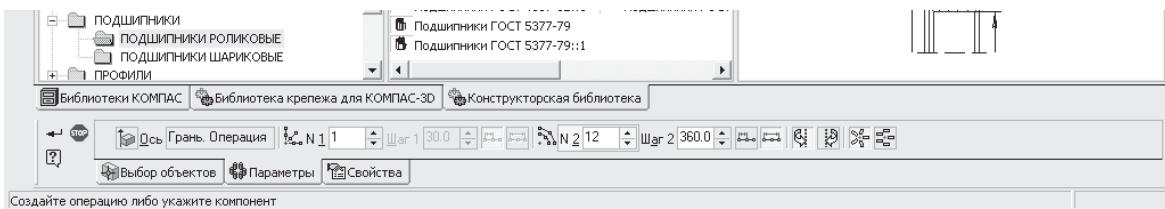


Рис. 83. Создание массива по концентрической сетке. Панель свойств

### 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕК В ТРЕХМЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Нередко для ускорения процесса трехмерного моделирования, а в особенности при использовании повторяющихся стандартных крепежных элементов (болты, гайки и т.п.), и различных канавок, пользователь программы может существенно оптимизировать процесс моделирования, используя соответствующие библиотеки. Чтобы успешно вставить в документ тот или иной объект из библиотеки, необходимо чтобы тип документа соответствовал решаемой задаче – например болты, гайки и другие крепежные элементы вставляются в документ типа «сборка». Чтобы запустить приложение «библиотеки» необходимо нажать на соответствующий значок (рис. 84).

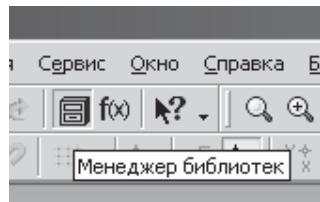


Рис. 84. Менеджер библиотек

Далее в появившемся дереве библиотек выбирается тот раздел библиотек, который соответствует решаемой задаче (рис. 85).

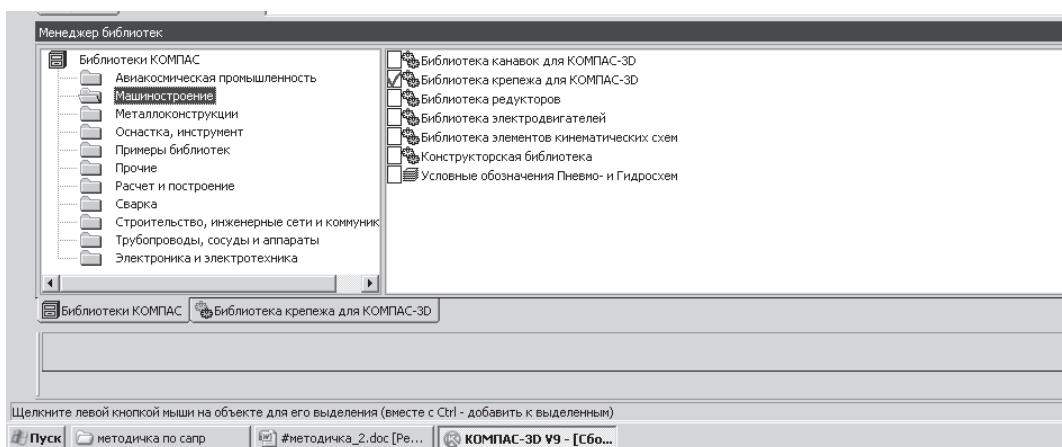


Рис. 85. Дерево библиотек

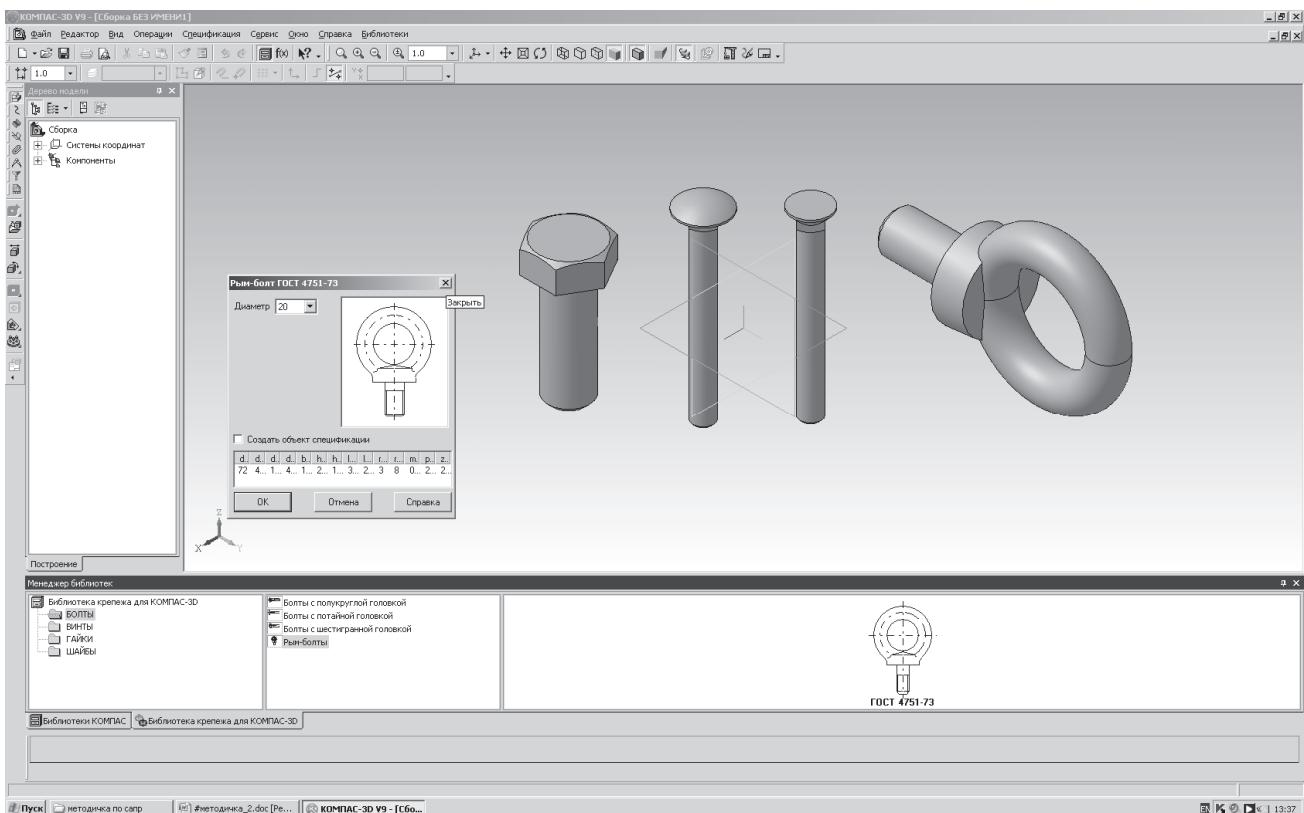


Рис. 86. Использование библиотек 3D. Болты

На рис. 86 показаны болты из библиотеки крепежа. Для всех библиотечных элементов можно менять параметры стандартизованных элементов — диаметр, длину и т.п., а также сами стандартные элементы (на рис. 87 — тип головки). Все стандартные изделия выполнены в соответствии с отечественными ГОСТами, которые также можно выбирать (рис. 88).

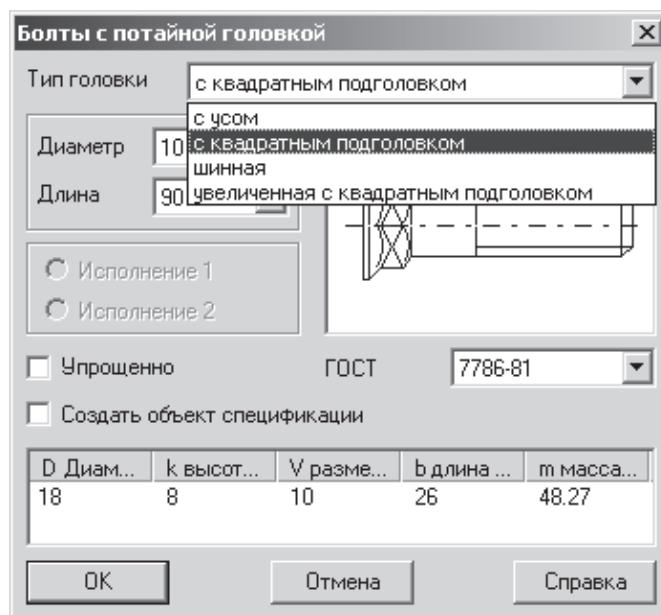


Рис. 87. Выбор стандартизованных элементов

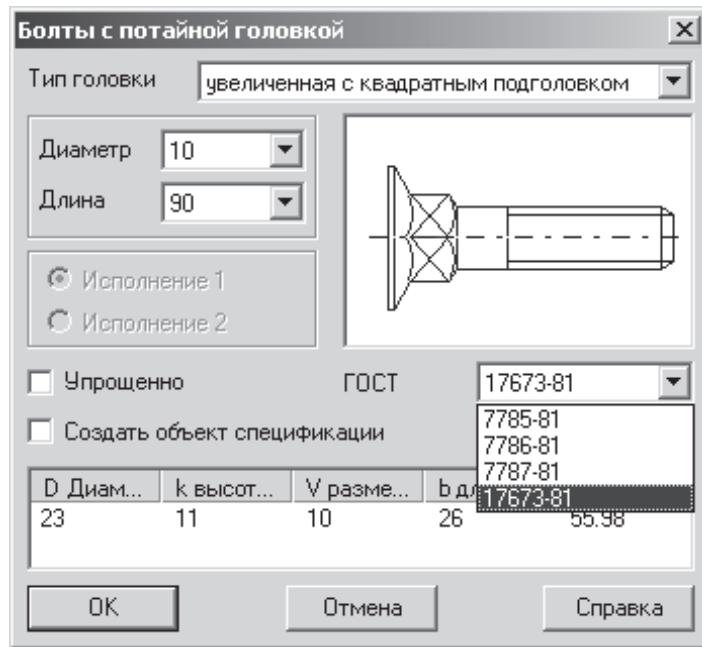


Рис. 88. Выбор ГОСТа

На рис. 89, 90, 91 показаны другие стандартные крепежные элементы, взятые из библиотек – винты, гайки и шайбы.

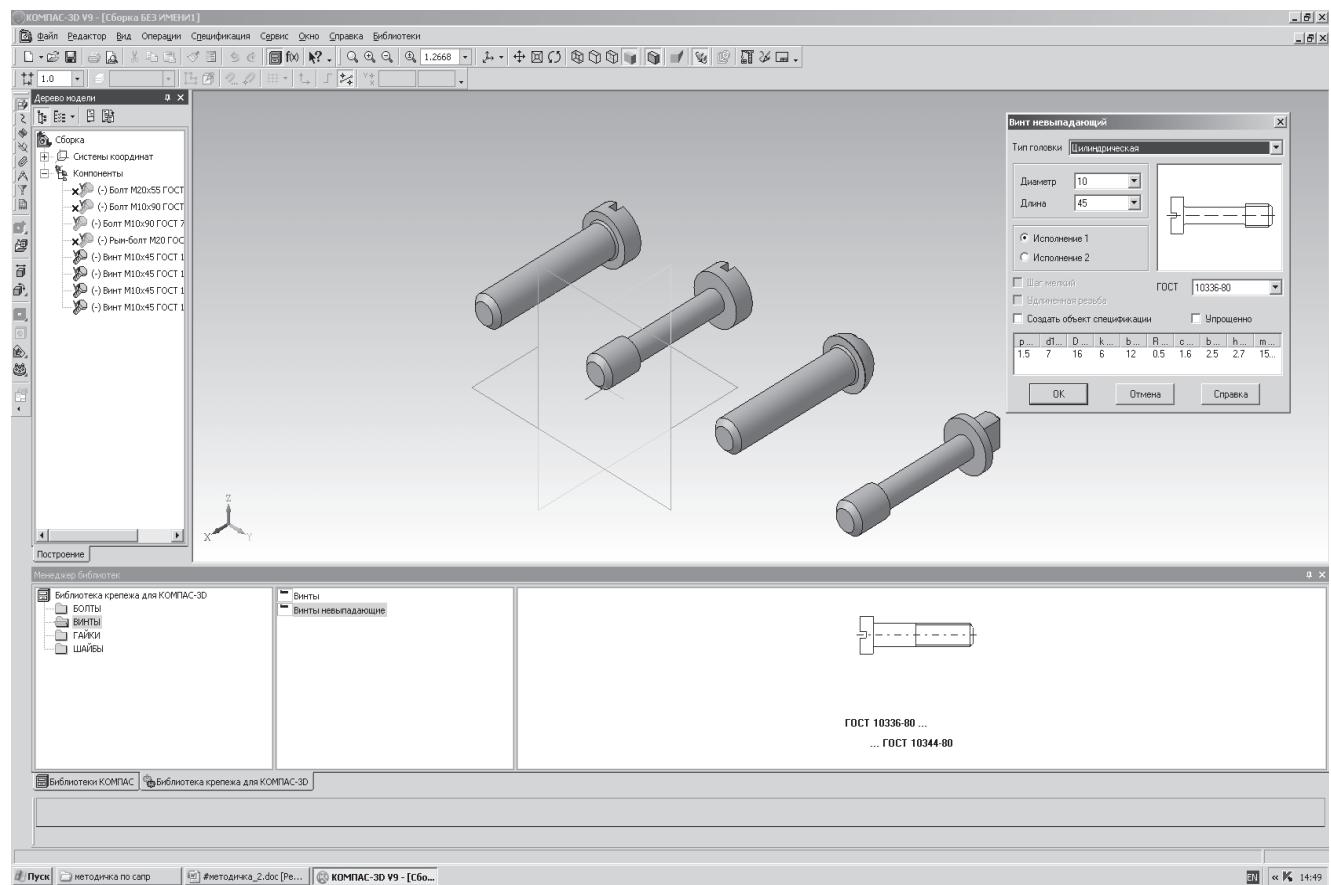


Рис. 89. Использование библиотек 3Д. Винты

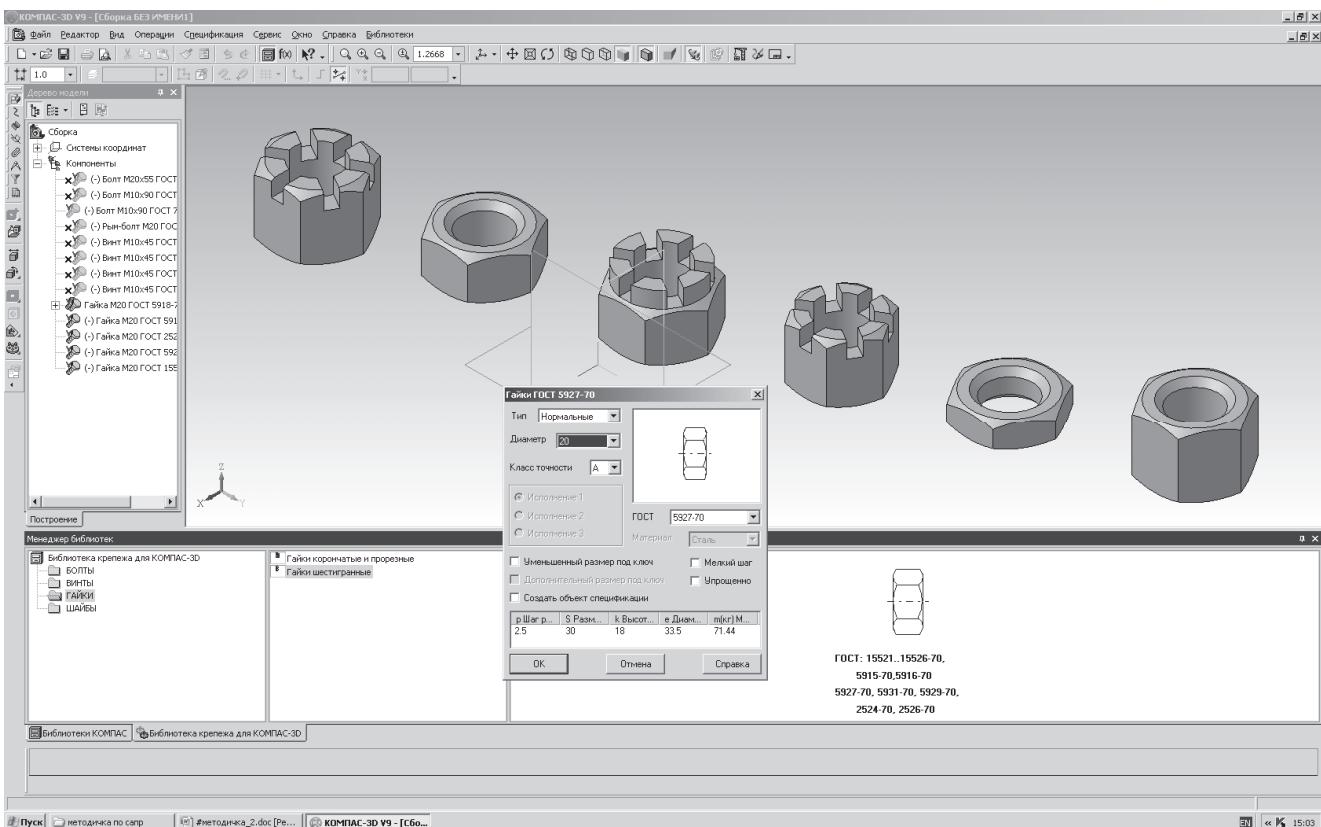


Рис. 90. Использование библиотек 3D. Гайки

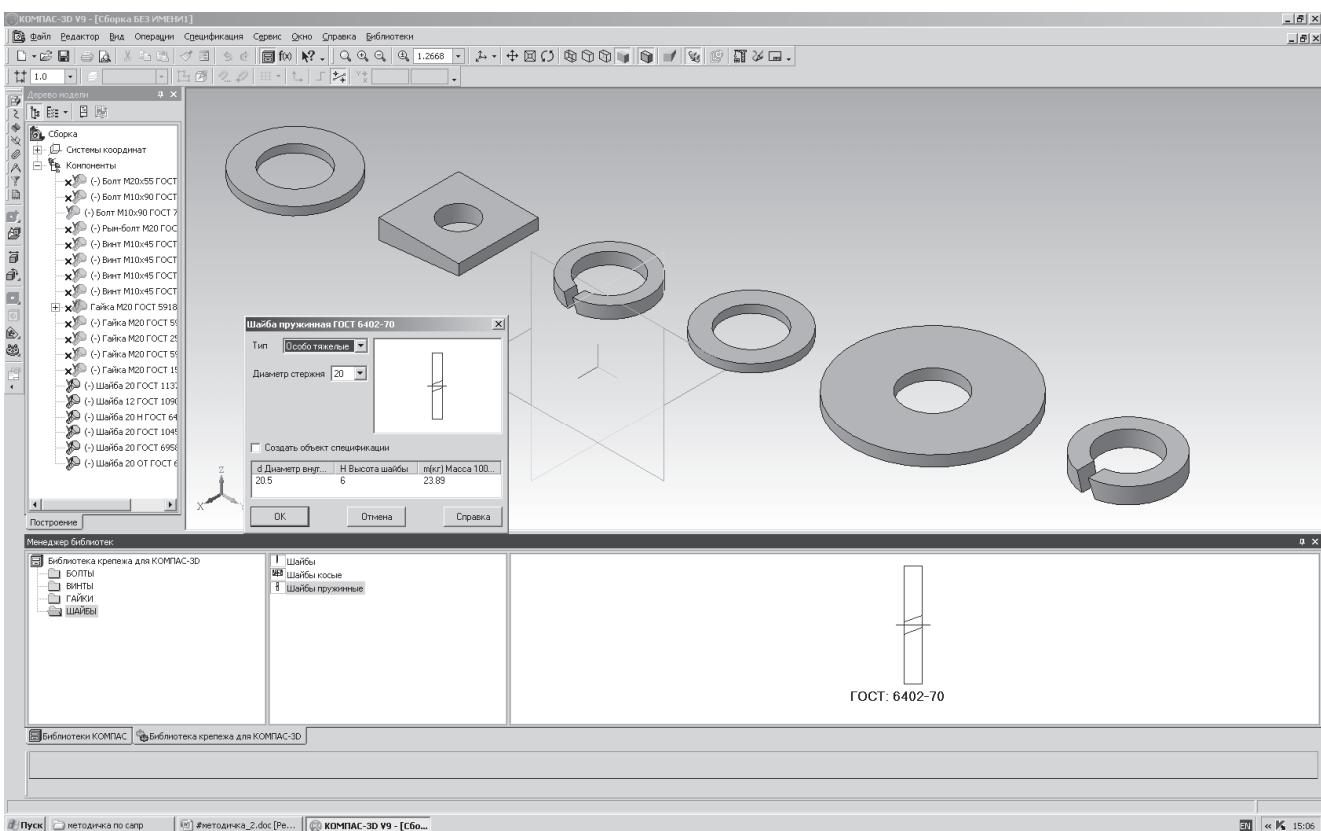


Рис. 91. Использование библиотек 3D. Шайбы

В стандартном наборе библиотек программного обеспечения «Компас – 3D V9» в том же разделе «Машиностроение» содержится еще одна 3D библиотека – библиотека канавок (рис. 92, 93, 94).

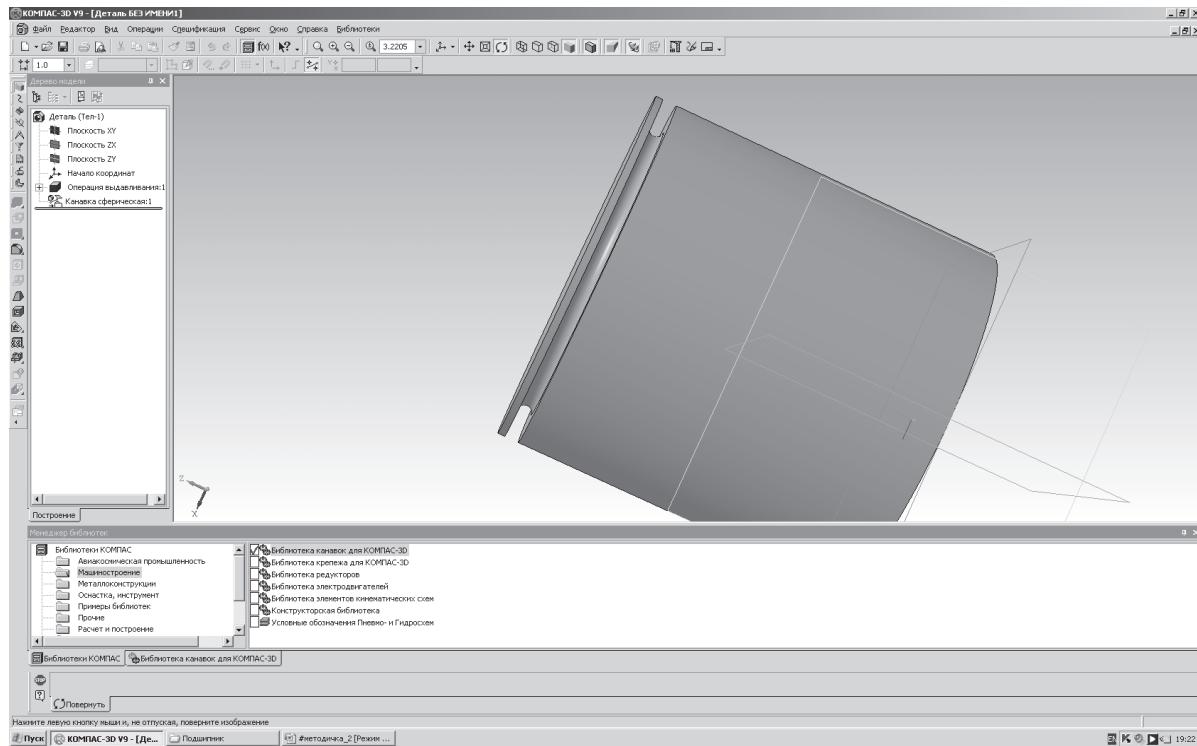


Рис. 92. Библиотеки. Машиностроение. Библиотека канавок для Компас – 3D

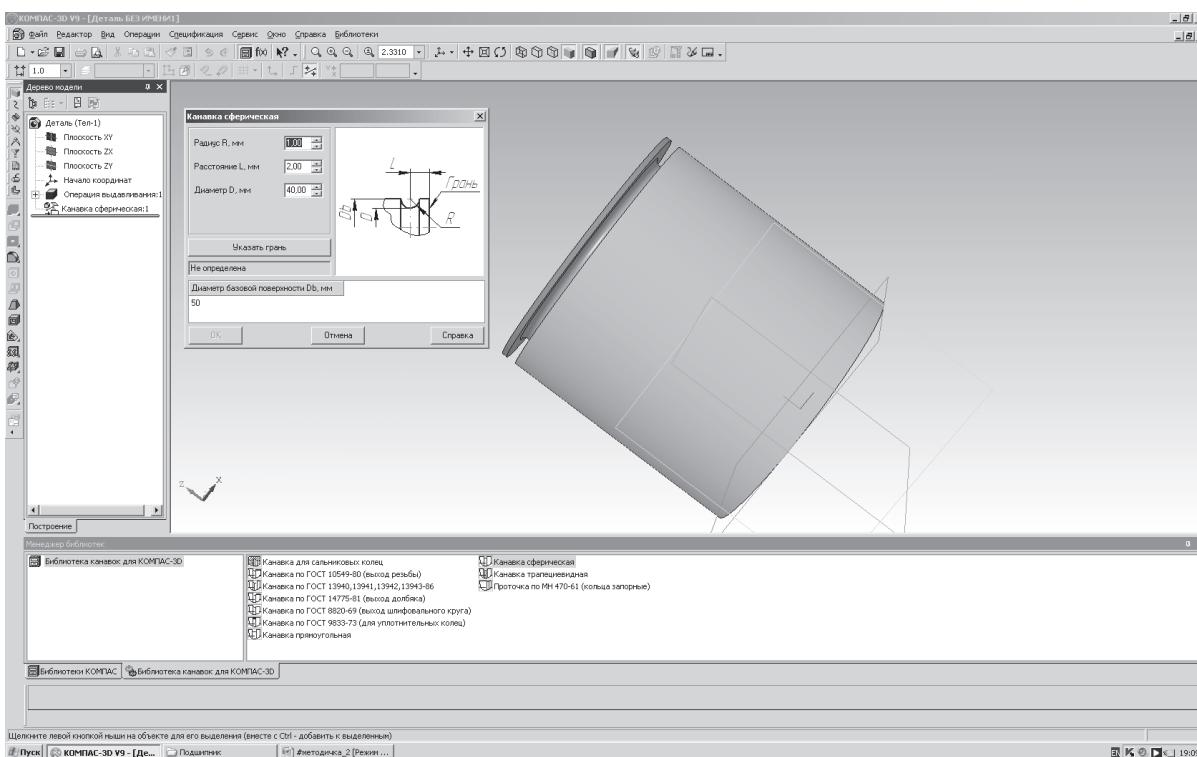


Рис. 93. Библиотека канавок для Компас – 3D. Канавка сферическая

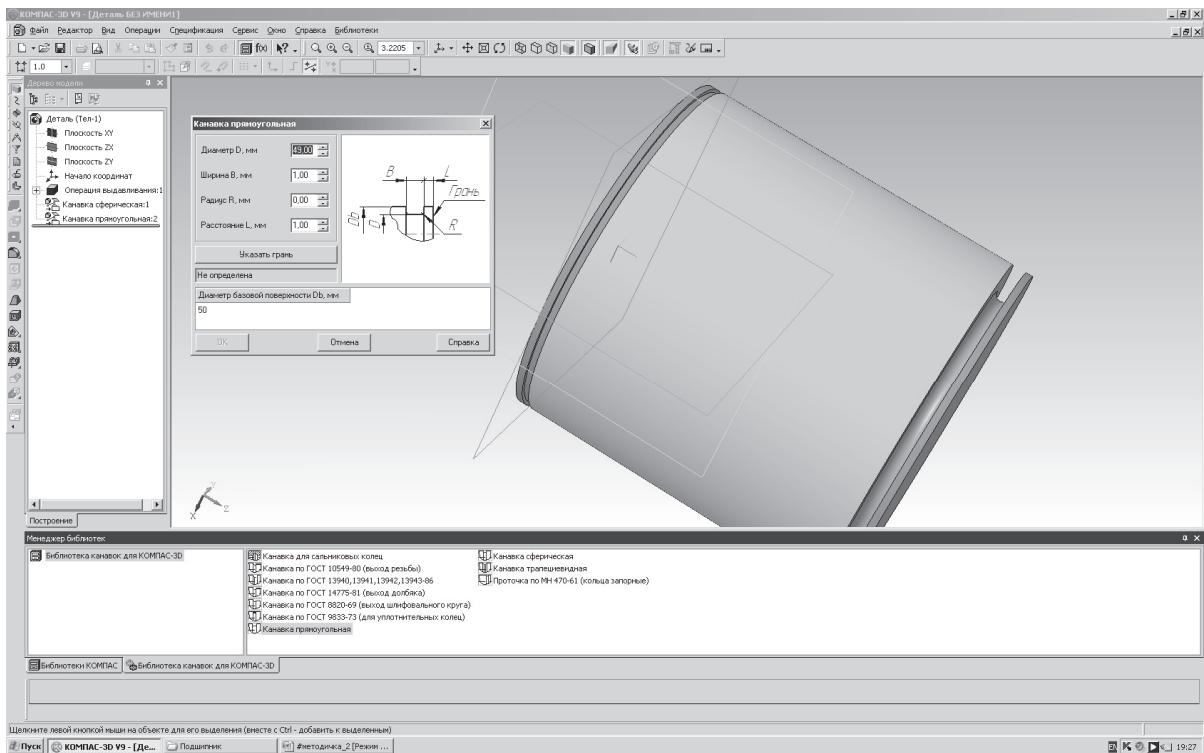


Рис. 94. Библиотека канавок для Компас – 3D. Канавка прямоугольная

Также трехмерному моделированию посвящена 3D-библиотека «Типовые элементы». Тип документа, для которого предназначена данная библиотека – сборка (рис 95):

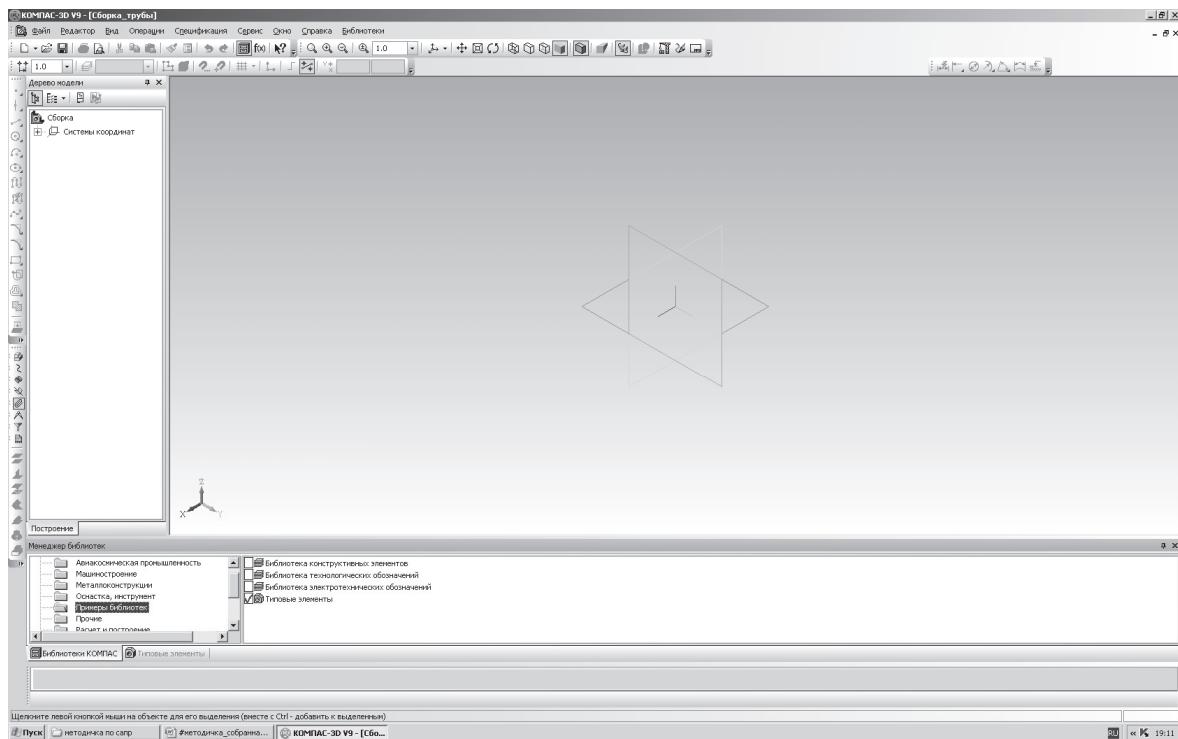


Рис. 95. Библиотеки. Примеры библиотек. Типовые элементы 3D

В данной библиотеке есть три раздела: тела вращения, трубопровод и фланцы. Тела вращения делятся на подразделы: втулки и оси (рис. 96–99).

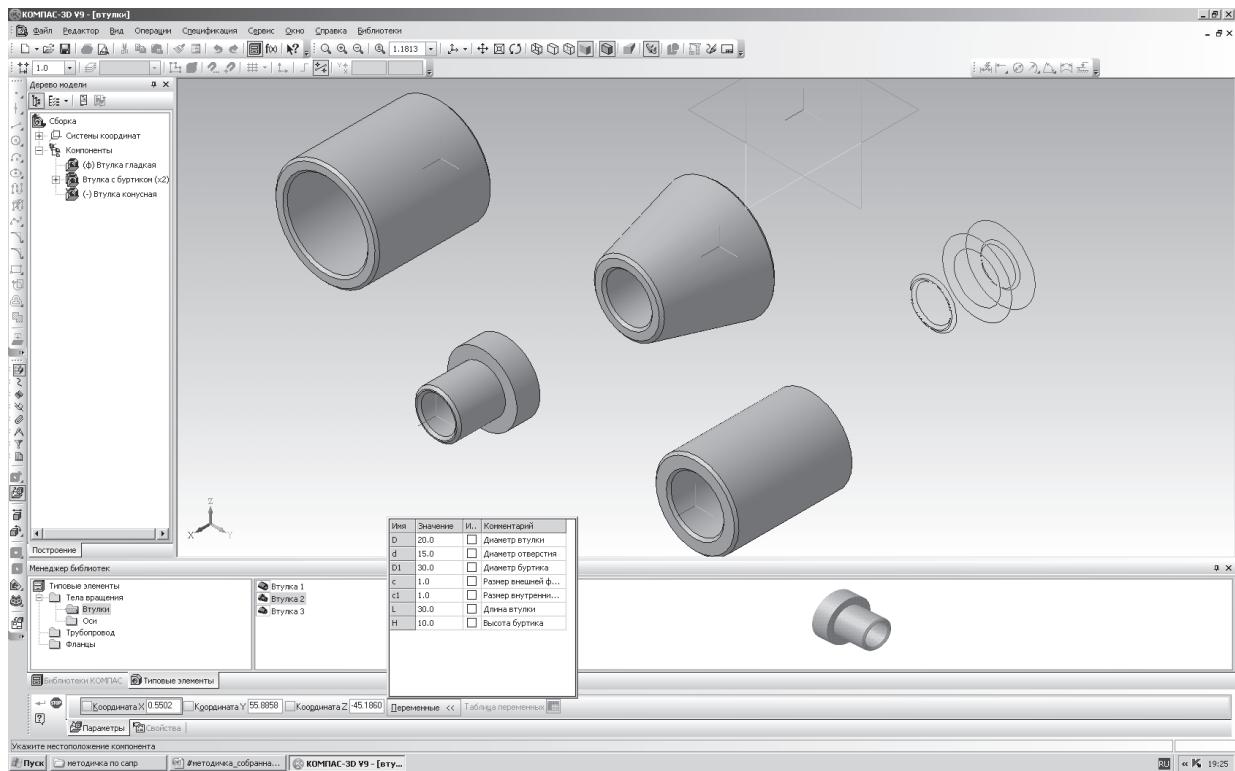


Рис. 96. Библиотеки 3D. Втулки

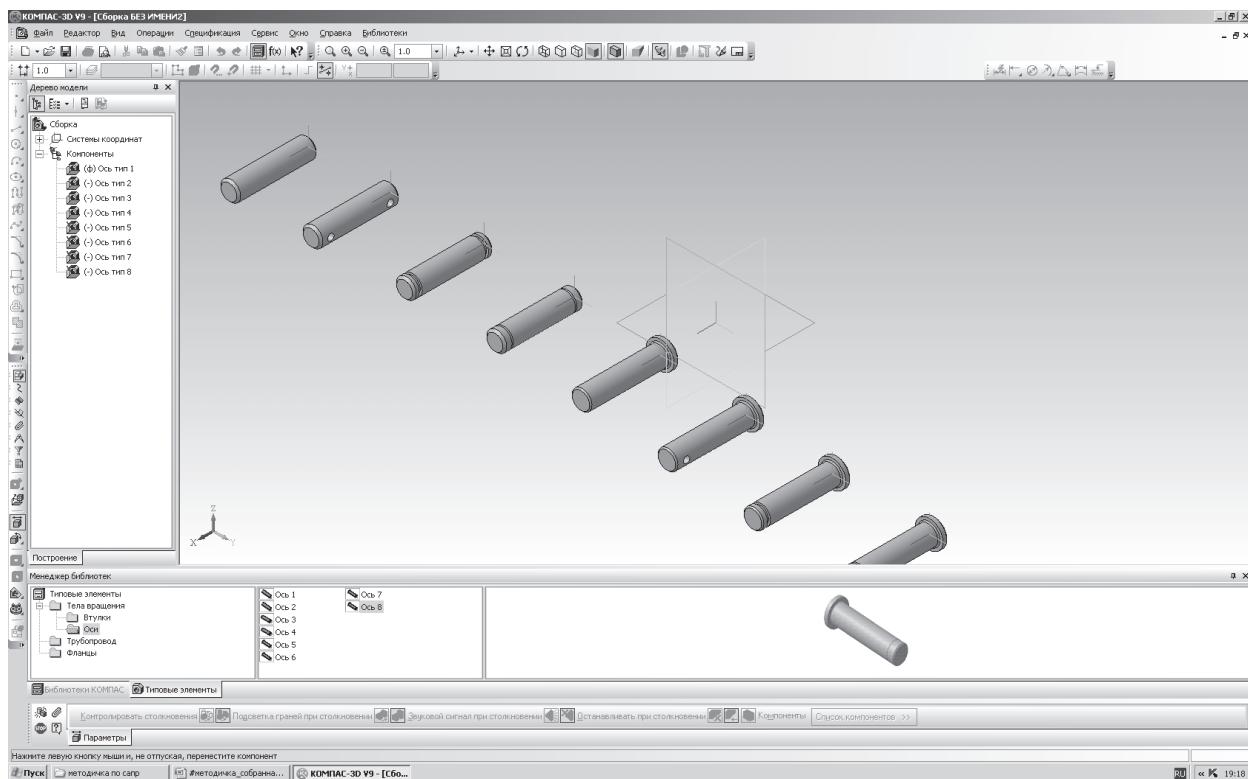


Рис. 97. Библиотеки 3D. Оси

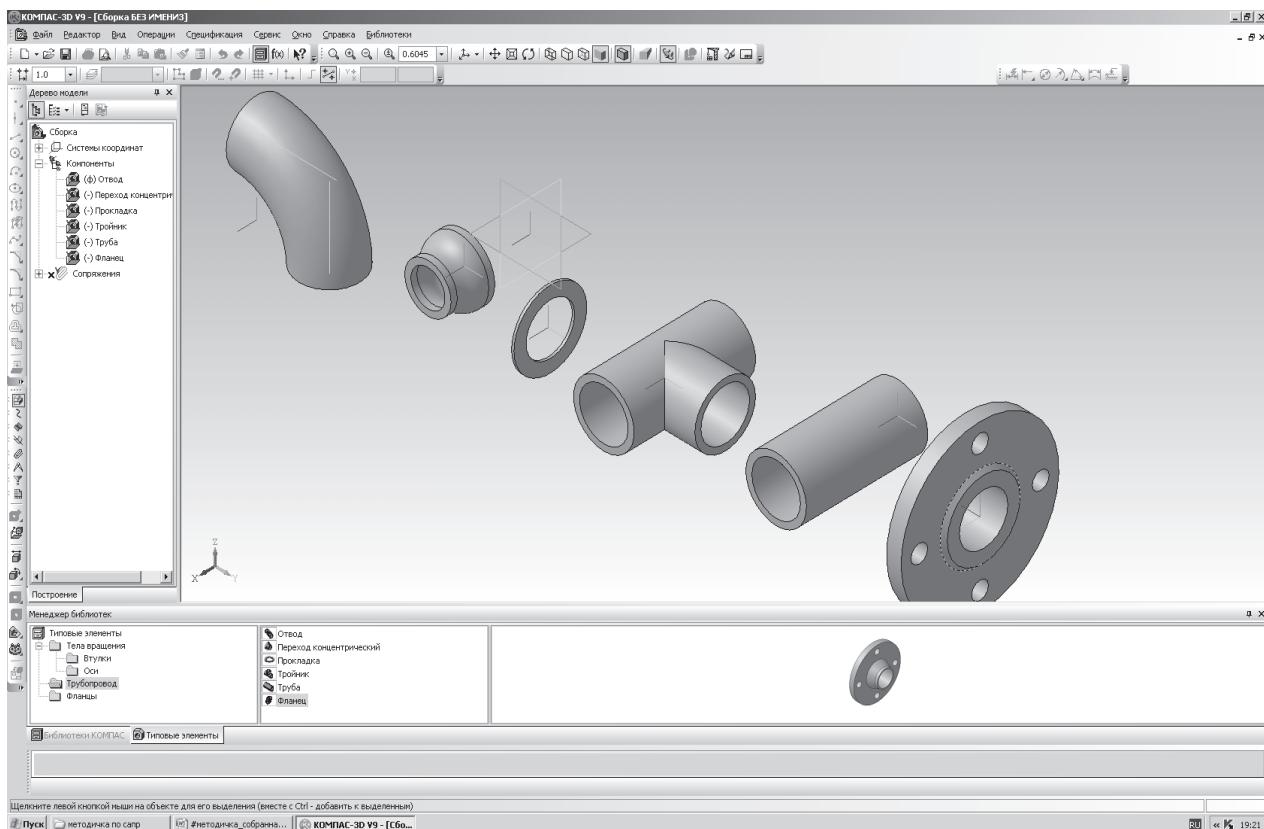


Рис. 98. Библиотеки 3D. Трубопровод

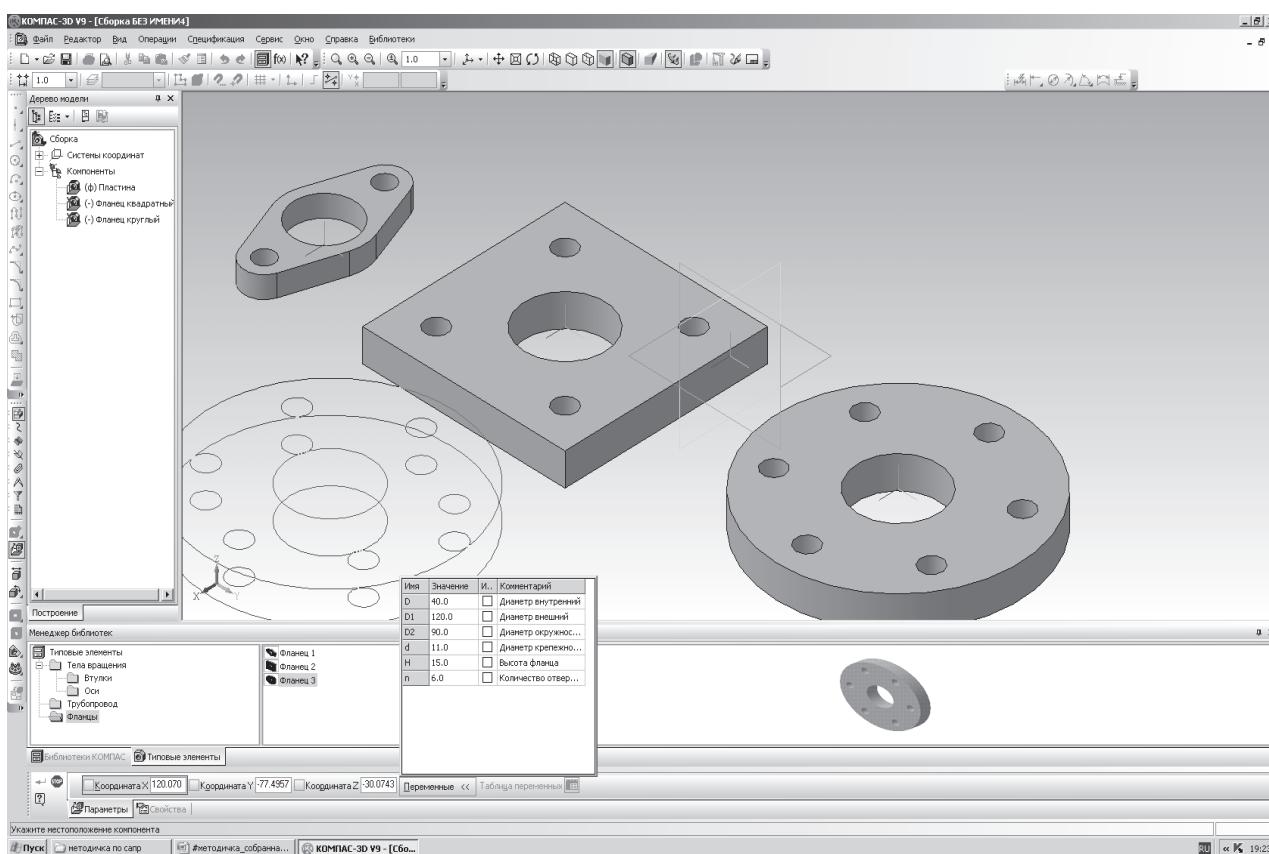


Рис. 99. Библиотеки 3D. Фланцы

В данном методическом пособии был рассмотрен интерфейс программы, все основные способы построения и редактирования трехмерных моделей, создание и редактирование сборок, а также использование различных библиотек с трехмерными компонентами.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Компас – 3D V6. Практическое руководство. Том IV. Трехмерное моделирование. – СПб.: Изд-во: ЗАО АСКОН, 2003 . – 595 с.
2. Компас – 3D V9. Руководство пользователя. – СПб.: Изд-во: ЗАО АСКОН, 2007. – 341 с. – Т. I
3. Компас – 3D V9. Руководство пользователя. – СПб.: Изд-во: ЗАО АСКОН, 2007.– 396 с. – Т. II
4. Компас – 3D V9. Руководство пользователя. – СПб.: Изд-во: ЗАО АСКОН, 2007. – 353 с. – Т. III

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Интерфейс программы. Основные операции и инструменты	
1.1. Создание документа.....	4
1.2. Компактная инструментальная панель.....	5
1.3. Построение модели.....	10
1.4. Операция выдавливания.....	11
1.5. Операция вращения.....	14
1.6. Вырезание выдавливанием. Вырезание вращением.....	16
1.7. Наращивание выдавливанием.....	19
1.8. Навигация. Панель «Вид».....	20
1.9. Скругления, фаски.....	24
1.10. Кинематическая операция.....	25
1.11. Операция «По сечениям».....	34
1.12. Построение отверстий.....	45
2. Построение сборок	
2.1. Введение в построение сборочных моделей.....	46
2.2. Создание сборки. Сопряжения.....	48
2.3. Построение сборочной модели подшипника.....	52
3. Использование библиотек в трехмерном моделировании.....	58
Библиографический список.....	67

Техн. редактор А.В. Миних

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

---

Подписано в печать 27.05.2009. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 3,95. Тираж 100 экз. Заказ 433/551. Цена С.

---

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.  
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.