

**М.Ю. Куприков, Н.П. Животов,
Т.Н. Кравчик, А.В. Рипецкий**

**ОСОБЕННОСТИ
ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ЛА
В СРЕДЕ SOLIDWORKS**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)**

**М.Ю. КУПРИКОВ, Н.П. ЖИВОТОВ,
Т.Н. КРАВЧИК, А.В. РИПЕЦКИЙ**

**ОСОБЕННОСТИ
ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ЛА
В СРЕДЕ SOLIDWORKS**

Учебное пособие

**Утверждено
на заседании редсовета
28 апреля 2011 г.**

**Москва
Издательство МАИ-ПРИНТ
2012**

ББК 39.65

К 92

К 92 Куприков М.Ю., Животов Н.П., Кравчик Т.Н., Рипецкий А.В.
Особенности трехмерного моделирования силовых установок ЛА в среде SolidWorks: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2012. — 68 с.: ил.
ISBN 978-5-7035-2302-5

Рассмотрены основные принципы и методы создания в среде SolidWorks 3D-моделей деталей и сборок типового ракетного двигателя твердого топлива (РДТТ), а также их чертежей. Представлены способы выполнения основных элементов РДТТ, показана многовариантность решения поставленной задачи. В качестве основного предложен принцип проектирования “сверху-вниз”. Рассмотрен метод построения “от детали к сборке”, подразумевающий проработку технологии изготовления детали, имитирующий с помощью инструментов SolidWorks реальные технологические операции изготовления. Предлагаются рекомендации по отдельным операциям, которые целесообразно применять при проектировании конструкций РДТТ.

Для студентов факультета “Двигатели летательных аппаратов”, для аспирантов и инженерных работников, занимающихся проектированием РДТТ.

Рецензенты:

кафедра начертательной геометрии и инженерной графики Российского государственного открытого технического университета путей сообщения (зав. кафедрой профессор, д.т.н. *С.А. Сеницын*);
ведущий конструктор ОАО “МКБ “Искра” им. И.И. Картукова, к.т.н. *И.У. Вышедкевич*

Работа выполнена при поддержке гранта президента РФ МК-8460.2010.8

ISBN 978-5-7035-2302-5

© Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет), 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие составлено по материалам лекций, читаемых студентам факультета “Двигатели летательных аппаратов” МАИ по курсам: “Конструирование РДТТ”, “Конструирование агрегатов и двигательных установок”, “Технология изготовления и сборки РДТТ” и другим. Пособие может использоваться при выполнении курсовых работ, дипломных проектов, научных и опытно-конструкторских работ.

Повышение эффективности проектирования не только двигателей, но и всех прочих изделий машиностроения в последнее время связывают с широким внедрением в практику работы конструктора средств компьютерного моделирования. Одно из ведущих мест в области 3D-моделирования занимает пакет SolidWorks, принятый многими предприятиями и корпорациями в качестве базового. В связи с этим актуальным является вопрос качественной подготовки специалистов по ракетной технике, свободно владеющих методами и способами компьютерного проектирования.

Пособие охватывает все основные стадии создания РДТТ; показана многовариантность построения трехмерной модели, отмечается необходимость творческого подхода к процессу проектирования. В пособии даются основные принципы и методы проектирования деталей и сборок типового РДТТ. Показана необходимость освоения и применения как можно большего количества инструментов и возможностей, предоставляемых SolidWorks. Подчеркивается наличие двух подходов к проектированию “сверху-вниз”, т.е. создание деталей и сборок на основе габаритного эскиза двигателя и “снизу-вверх” — от эскизов и отдельных деталей до сборки двигателя. Первый подход имеет приоритет для конструктора, создающего совершенно новое изделие, второй — для конструктора детализовщика, технолога производства и т.п. Создание отдельных элементов двигателя по второму принципу особенно полезно для студентов, т.к. позволяет проследить всю цепочку опе-

раций создания деталей двигателя, продумать наилучшие технологические приемы его изготовления.

Книга содержит множество примеров и иллюстраций, облегчающих восприятие и усвоение материала.

Авторский коллектив надеется, что учебное пособие окажется полезным не только начинающим пользователям, но и инженерам, занимающимся проектированием двигателей.

Авторы выражают глубокую благодарность рецензентам, сделавшим ценные замечания и предложения по содержательной части пособия, а также студентам 2-го факультета МАИ Логинову А.Н. и Сарыкову А.С, оказавшим помощь в оформлении издаваемого пособия.

ВВЕДЕНИЕ

Основой и главной составляющей любого летательного аппарата (ЛА) является двигатель. Существует множество типов двигателей ЛА, основными из которых являются поршневые, реактивные авиационные двигатели, ракетные двигатели (жидкостные, твердотопливные, гибридные), электроракетные и ядерные двигатели.

Создание трехмерной модели двигателя в основном мало отличается от создания других технических объектов, машин и механизмов, тем не менее они имеют свои особенности. Отличительной особенностью реактивного и ракетного двигателя является то, что они представляют собой тела вращения — цилиндры, конусы или сферические объекты; их форма в чем-то проще, например, дизельного двигателя или крыла самолета. При этом крайне редко при их изготовлении используются такие инструменты, как листовый материал, тонкостенное ребро и некоторые другие. Каждый из типов двигателя, в свою очередь, имеет особенности, связанные с его конструкцией и назначением. Так, воздушно-реактивный двигатель содержит большее количество вспомогательных агрегатов, развитую систему трубопроводов, всевозможных лючков и разъемов. Жидкостной ракетный двигатель отличается большим количеством внутренних полостей и каналов, как правило, переменного сечения, сложным взаимным расположением агрегатов и трубопроводов.

Наиболее простым является ракетный двигатель твердого топлива, поэтому на его основе рассмотрим основные способы и методы построения твердотельных моделей двигателя.

В состав ракетного двигателя твердого топлива входят:

- корпус двигателя;
- заряд ТТ;
- воспламенительное устройство.

В корпус двигателя входят:

- обечайка с законцовками;
- передняя крышка;

- задняя крышка;
- сопловой блок;
- теплозащитное покрытие;
- узлы крепления.

Проектирование двигателя — сложный и многостадийный процесс, включающий в себя определение конструктивной схемы двигателя, создание трехмерной модели, проведение основных видов расчетов (прочностной, тепловой, внутрибаллистический и т.п.) с уточнением и редактированием модели.

Создание трехмерной модели и чертежей двигателя производится в CAD-системе SolidWorks. Расчетные задачи могут решаться с помощью его приложений — COSMOSWorks и COSMOSFloWorks, функционирующих совместно, и на моделях SolidWorks. Интерфейс и описание команд дано для версии SolidWorks 2010, но аналогичные команды и последовательность действий доступны и в более ранних версиях.

Основной принцип создания трехмерной модели — проектирование — проводится “сверху-вниз”, т.е. от габаритного или компоновочного эскиза сборки к созданию и проработке узлов и деталей. Этот принцип подразумевает следующий порядок действий:

1. При создании новых деталей максимально используются заимствованные элементы (линии, грани, ребра) уже созданных деталей.
2. Использование наиболее правильных и рациональных способов и методов создания отдельных элементов.
3. Использование готовых (импортированных) деталей и узлов, независимое создание отдельных деталей, впоследствии включаемых в сборку.

Последовательность создания трехмерной модели двигателя представлена на рис. 0.1.

Основной принцип не исключает возможности, в методических целях, изначального построения отдельных деталей с последующей компоновкой их в сборку. Без такого подхода не обойтись на стадии освоения инструментов SolidWorks.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Для успешного создания трехмерной модели РДТТ обучающиеся должны овладеть следующими основными навыками работы в SolidWorks:

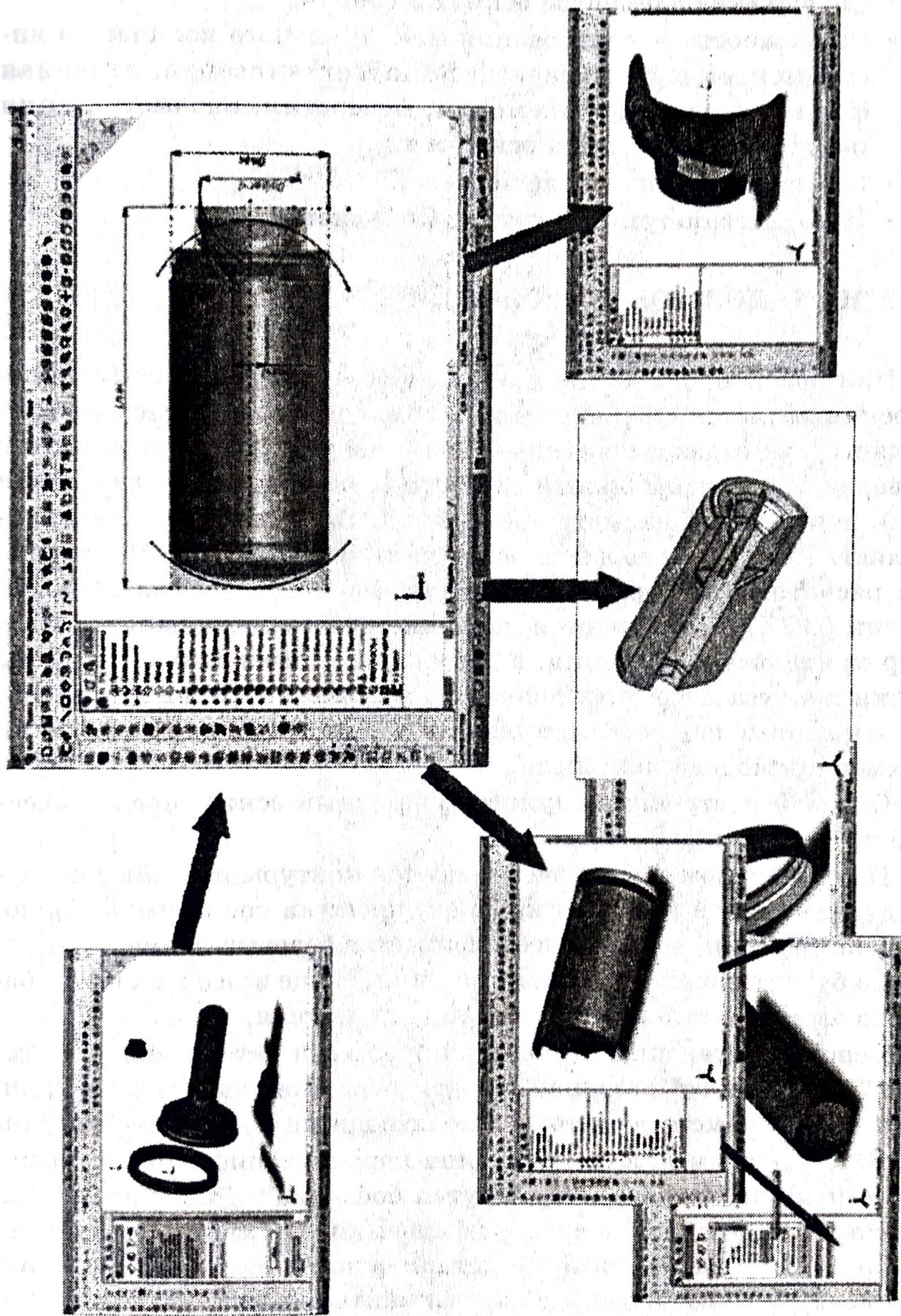


Рис. 0.1. Создание модели двигателя по принципу "сверху-вниз"

- Создание детали, сборки.
- Сопряжение элементов эскиза и сборки.
- Возможность использования максимального количества инструментов и приложений SolidWorks (сварка, литейная форма, крепежные элементы, отверстия, параметризация размеров, трехмерный эскиз и т.д.).
- Создание и оформление чертежа.
- Импорт геометрии из других CAD-систем.

2. НАЧАЛО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

При проектировании по принципу “сверху - вниз” основой построения является габаритный или компоновочный эскиз. Габариты двигателя задаются техническим заданием (ТЗ). Чаще всего в ТЗ задаются максимальный диаметр (D_{max}) и длина двигателя ($L_{дв}$), допустимый диаметр среза сопла (D_a) и требуемые внутрибаллистические и тяговые характеристики двигателя. На основании расчетов предварительных внутрибаллистических характеристик (ВБХ) определяются давление в камере сгорания и диаметр критического сечения, а также ориентировочные толщины стенки корпуса и крышек двигателя и теплозащитных покрытий. Все эти данные являются исходными параметрами для построения трехмерной модели двигателя.

Основой построения служит габаритный эскиз, представленный на рис. 2.1.

На габаритном эскизе очерчиваются контуры обечайки корпуса, дуги передней и задней крышек, профили сопла (многосопловой конструкции) и т.д. Далее выбирается базовый элемент, от которого будет строиться вся конструкция. Чаще всего в качестве базового элемента выбирается обечайка двигателя.

Основополагающим для создания модели детали является вопрос “правильного”, а лучше сказать — рационального выбора инструмента, с помощью которого производится построение модели.

Естественным для фигуры типа параллелепипеда был бы инструмент SolidWorks — “Вытянутая бобышка”. Для фигуры вращения более удобной может оказаться инструмент “Повернутая бобышка” и т.д. При создании детали основой для выбранного инструмента, в свою очередь, могут служить самые различные эскизы, использующие разнообразные настройки данного инструмента. Дать рекомендацию, которая позволила бы выбрать заведомо

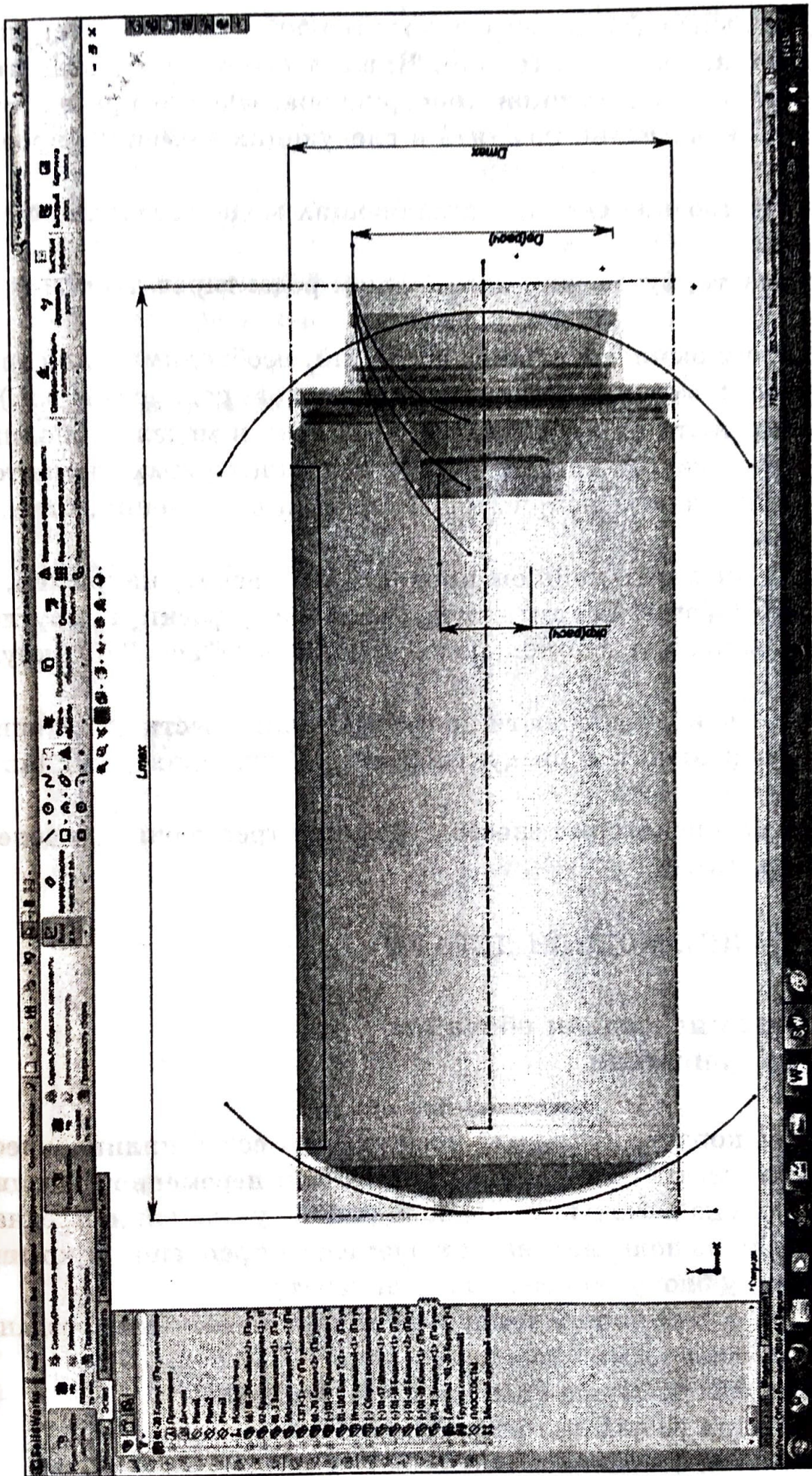


Рис. 2.1. Создание габаритного эскиза

более эффективный инструмент, в подавляющем большинстве случаев достаточно затруднительно. Чаще всего это определяется пристрастием или привычкой конструктора. Однако при выборе инструмента желательно помнить о следующих моментах проектирования:

а) количество элементов, составляющих модель, должно быть минимальным;

б) учитывать, будет ли в дальнейшем редактироваться деталь и сборка;

в) минимум вычислительных операций, необходимых для точных построений модели (расчет углов, уклонов, радиусов и т.п.);

г) продумывать альтернативу применения в модели дополнительных инструментов или включение дополнительных элементов в эскиз детали, таких, например, как фаски, скругления, отверстия, массивы;

д) будет ли в дальнейшем проводиться расчет, например, в среде COSMOSWorks. В этом случае, например, фаски и скругления лучше выполнять с помощью инструментов “Фаска” и “Скругление”.

Все нюансы и возможности проектирования учесть достаточно сложно, а уверенность и продуктивность работы приходят с опытом.

Рассмотрим некоторые способы создания трехмерных моделей элементов двигателя.

3. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ

3.1. Создание модели обечайки корпуса двигателя

Обечайка корпуса двигателя представляет собой цилиндрическую или коническую фигуру постоянной или переменной толщины. По краям она может иметь законцовки — утолщения, предназначенные для выполнения на них элементов крепления к крышкам, сопловому блоку, летательному аппарату.

Обечайка с постоянной толщиной стенки может быть создана следующими основными способами:

- Вытянутая бобышка (Вытягивание кольца).
- Вытянутая бобышка тонкостенная.
- Вытянутая бобышка + Вытянутый вырез.

- Повернутая бобышка (Вращение замкнутого профиля переменного диаметра вокруг продольной оси).
- Повернутая бобышка (Вращение линии эскиза вокруг продольной оси с указанием толщины стенки) и др.

Для создания эскиза необходимо в браузере (меню слева от поля) указать плоскость, в которой этот эскиз будет строиться. После этого выбрать инструмент, которым будет производиться построение (линия, дуга, окружность и т.п.).

Примеры выполнения показаны на рис. 3.1—3.11.

3.1.1. “Вытягивание кольца”

Создается эскиз окружности с заданными наружным и внутренним диаметрами (рис. 3.1). Выполняется команда **Вытянутая бобышка/основание** на заданную длину (рис. 3.2).

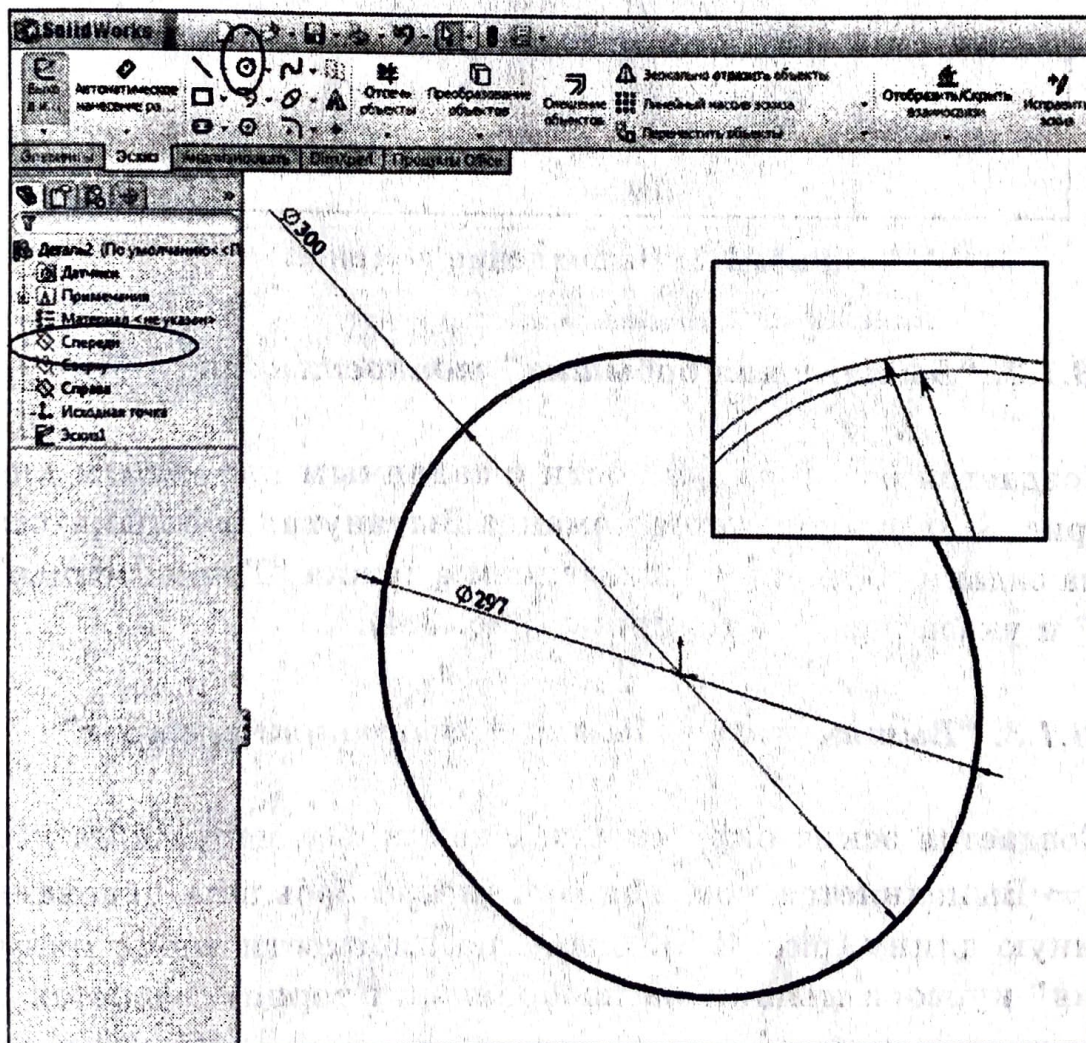


Рис. 3.1. Создание эскиза

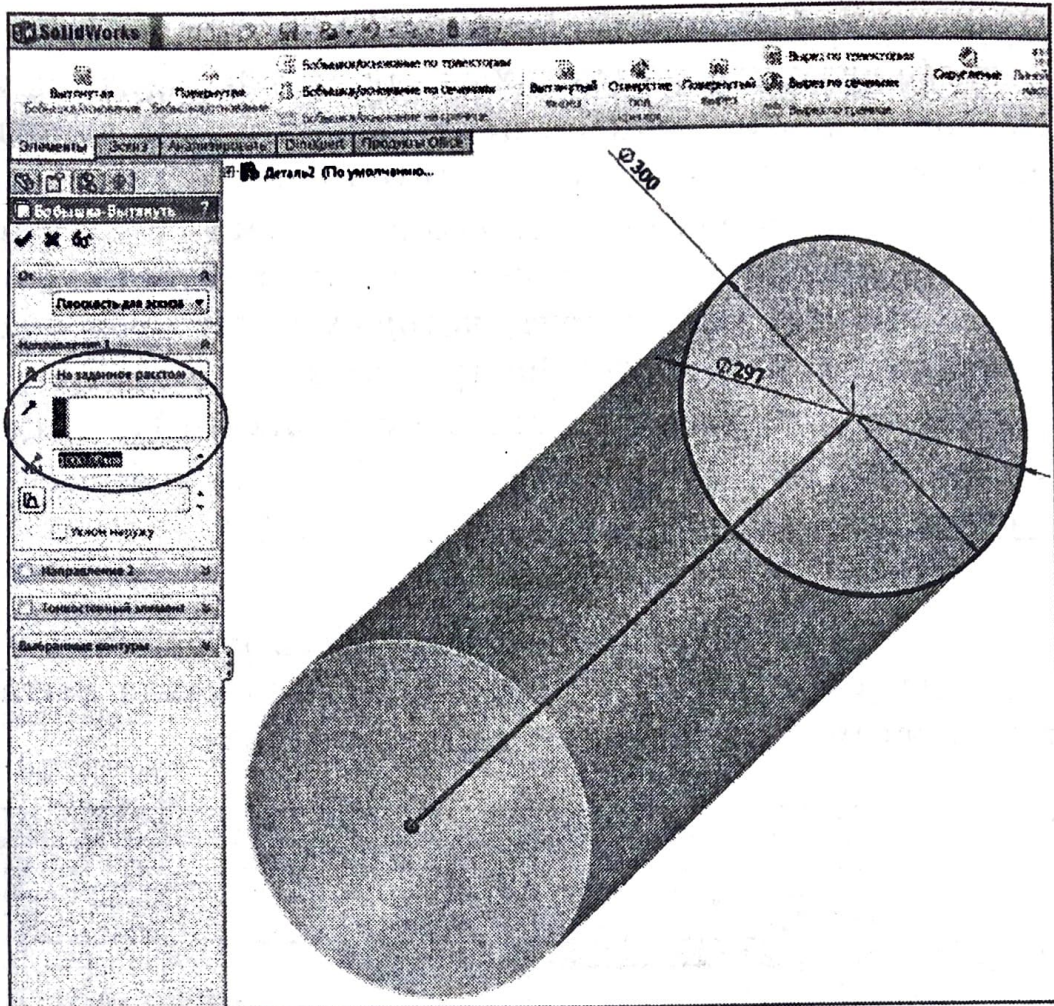


Рис. 3.2. Выполнение команды

3.1.2. “Вытянутая бобышка” тонкостенная

Создается эскиз окружности с заданным наружным диаметром (рис. 3.3). Выполняется команда **Вытянутая бобышка/основание** на заданную длину с выделением флажка “Тонкостенный элемент” и указанием его толщины (рис. 3.4).

3.1.3. “Вытянутая бобышка + Вытянутый вырез”

Создается эскиз окружности с заданным наружным диаметром. ⇒ Выполняется команда **Вытянутая бобышка/основание** на заданную длину (рис. 3.5). Затем на плоскости торца цилиндра (“клик” курсора мышки на изображении торца) создается эскиз окружности с заданным внутренним диаметром обечайки. ⇒ Выполняется команда **Вытянутый вырез** на заданную длину (рис. 3.6).

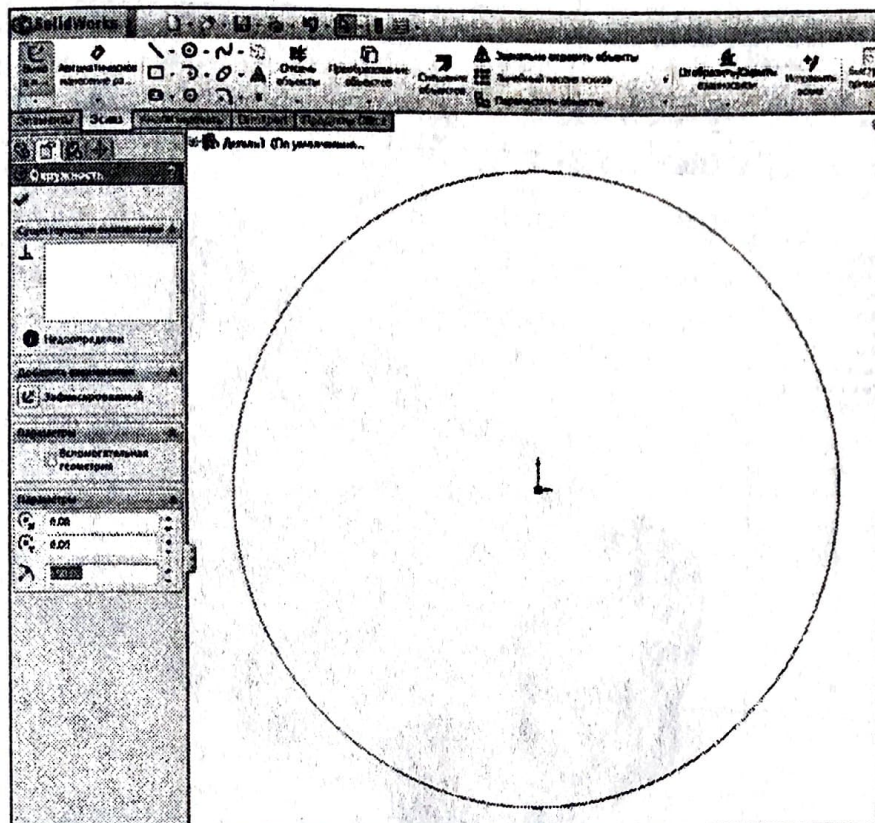


Рис. 3.3. Создание эскиза

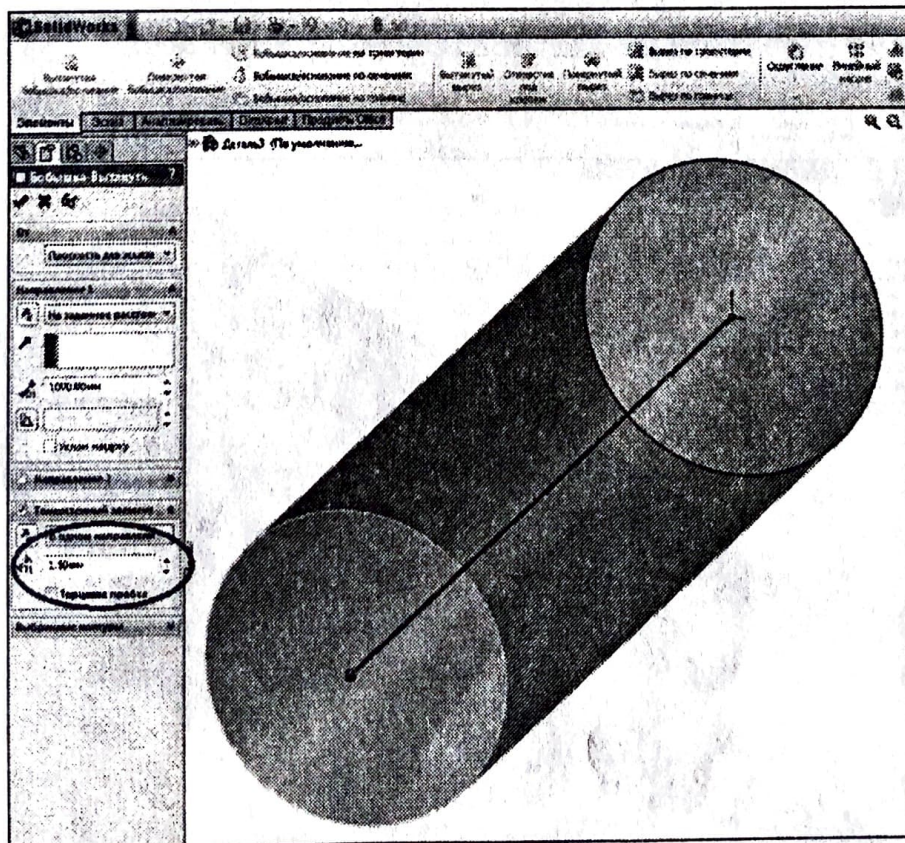


Рис. 3.4. Выполнение команды

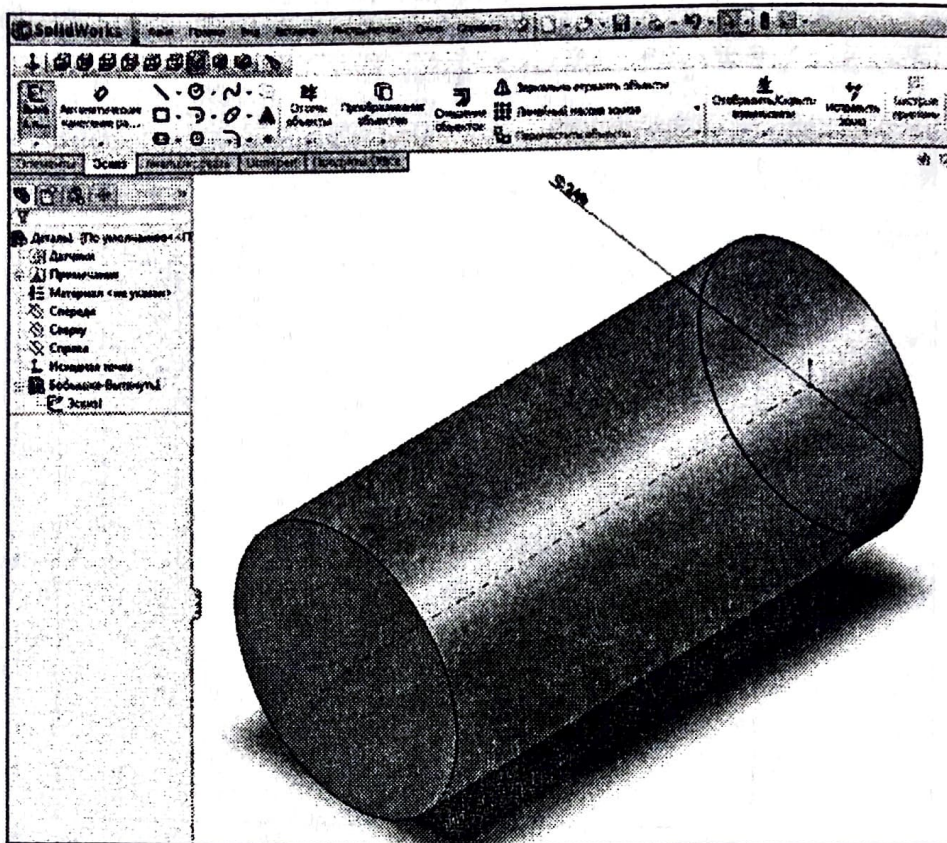


Рис. 3.5. Создание эскиза

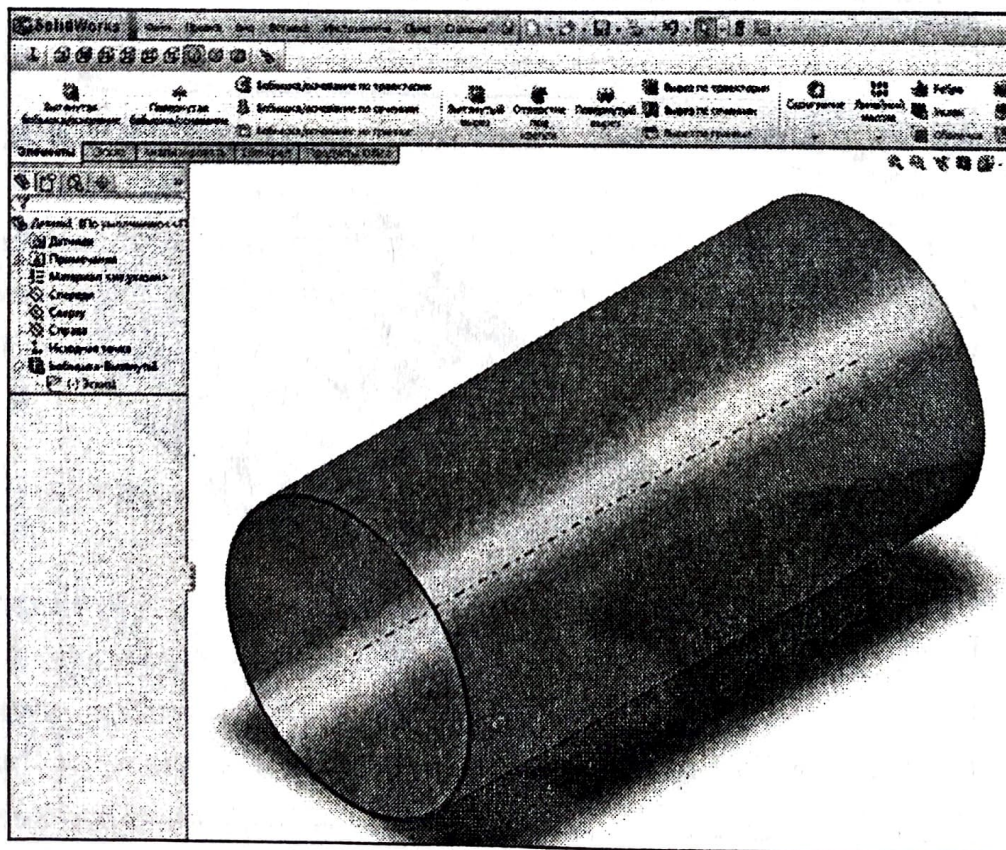


Рис. 3.6. Выполнение команды

3.1.4. “Повернутая бобышка” (Вращение замкнутого профиля переменного диаметра вокруг продольной оси)

Выполняется замкнутый эскиз для создания тела вращения, на котором указываются все необходимые размеры детали (рис. 3.7).
⇒ Выполняется команда Повернутая бобышка/основание на заданный угол (рис. 3.8).

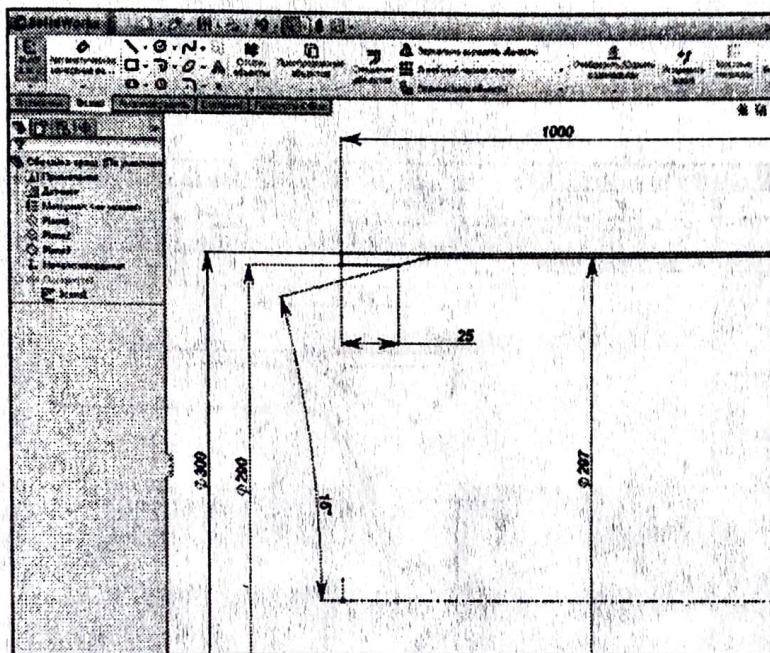


Рис. 3.7. Создание эскиза

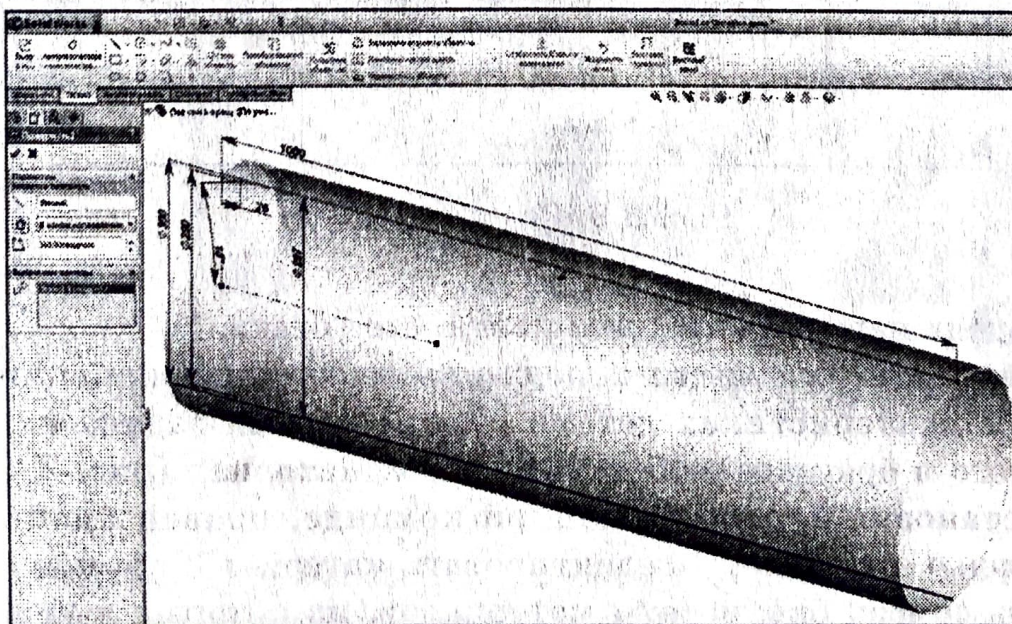



Рис. 3.8. Выполнение команды

При повороте на полный круг необходимо в  окошке указать угол 360° . В случае детали, не имеющей центрального отверстия, необходимо замкнуть эскиз линией, совпадающей с осью детали. Модель обечайки корпуса двигателя готова.

3.2. Создание модели передней крышки двигателя

Выполняется эскиз для создания тела вращения, на котором указываются все необходимые размеры детали (рис. 3.9). ⇒ Выполняется команда **Повернутая бобышка/основание** на заданный (360°) угол (рис. 3.10).

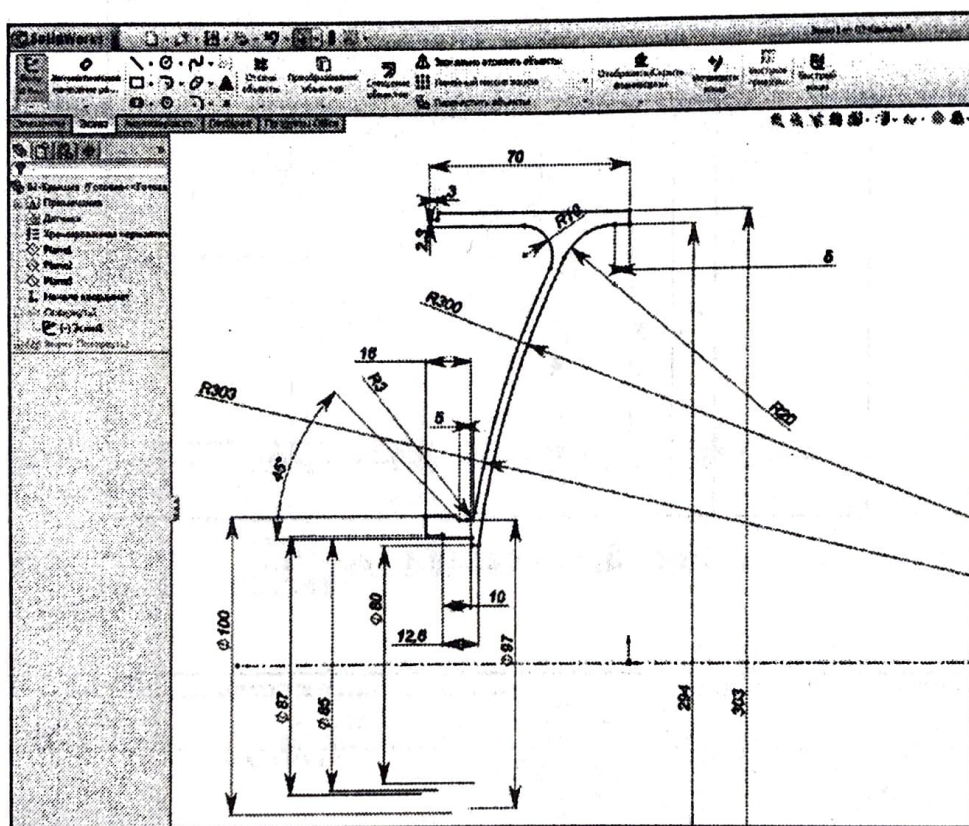


Рис. 3.9. Создание эскиза

Модель передней крышки двигателя готова.

Для получения максимального количества информации о массовых характеристиках детали рекомендуется задать материал. Для этого в браузере выбрать команду **Материал** (рис. 3.11). Далее, установив курсор на данной команде, правой кнопкой вызвать меню и выбрать “**Редактировать материал**”; кликом мышки вызвать список библиотеки материалов, из которых выбрать требуемый материал.

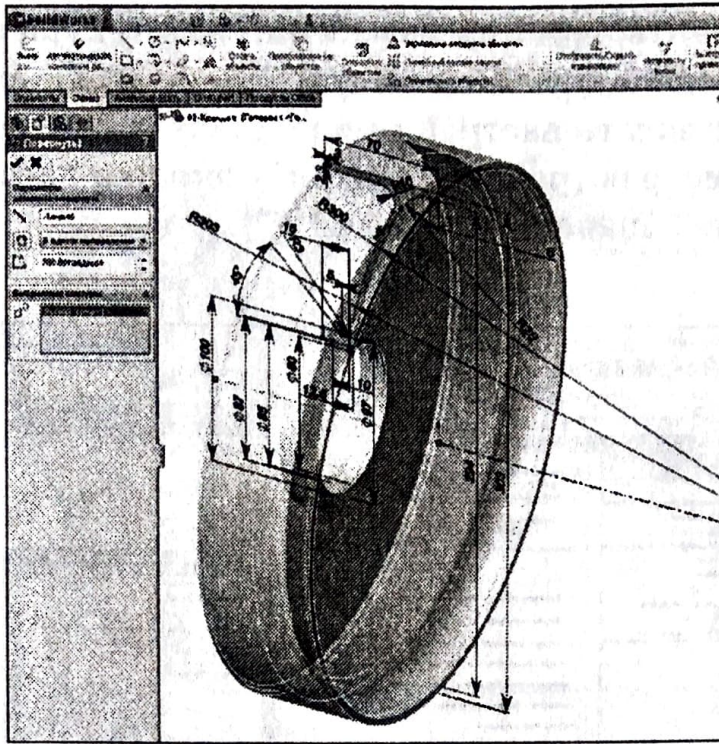


Рис. 3.10. Выполнение команды

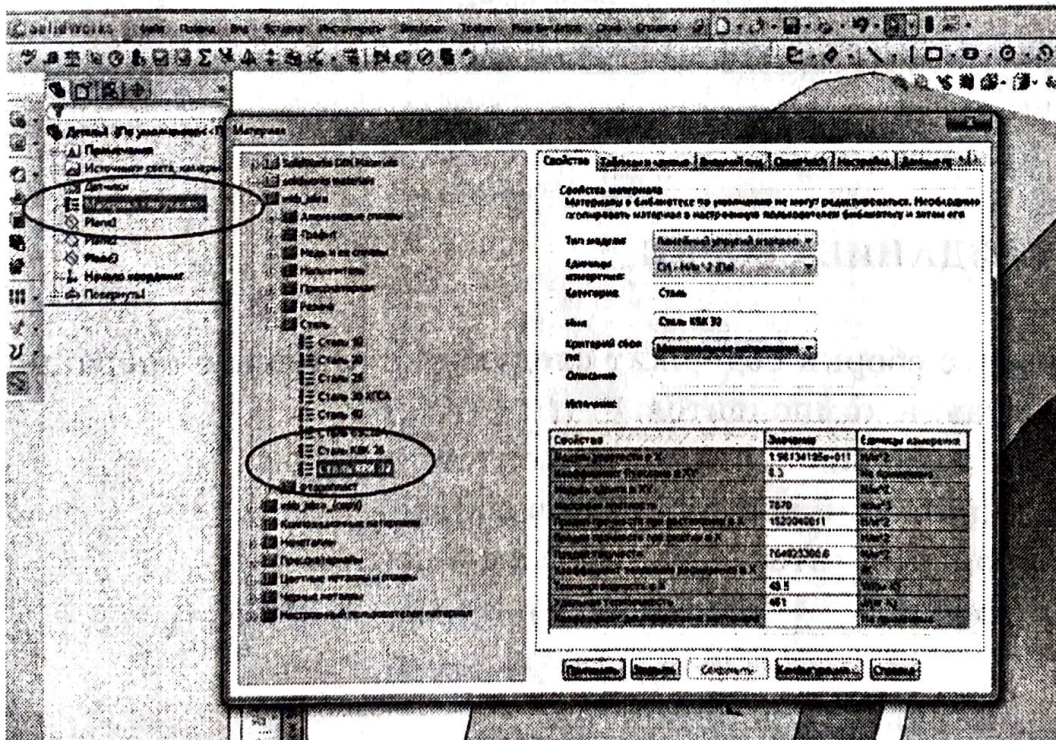



Рис. 3.11. Задание материала

Для определения массы детали выберите команду **Инструменты | Массовые характеристики** или иконку  на панели “Инструменты”.

Чтобы изменить единицу измерения для текущего документа, активизируйте закладку “Параметры” (рис. 3.12), активизируйте флажок “Использовать настройки пользователя” и установите размерности параметров (рекомендуется в окошке “десятичные разряды” установить значение “5” или “6”).

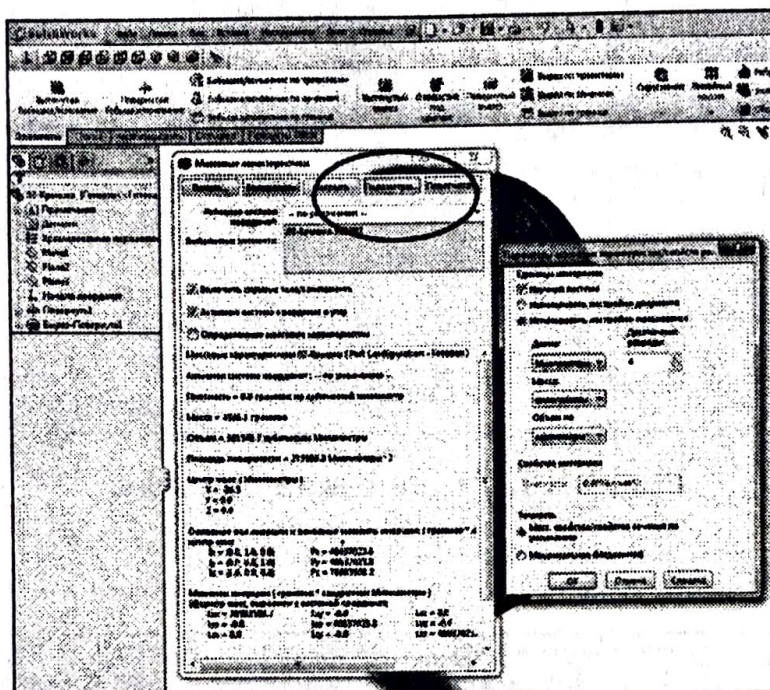


Рис. 3.12. Массовые характеристики

4. СОЗДАНИЕ СБОРКИ

Процесс сборки содержит следующие основные операции:

- Вставка компонентов.
- Позиционирование компонентов.
- Сопряжение компонентов в сборке.
- Проверка интерференции компонентов.
- Прочие.

4.1. Вставка компонентов

Для создания сборки выберите команду в меню Файл | Новый. В появившемся окне выберите шаблон Сборка. Для вставки компонентов выберите команду Вставить компоненты на панели инструментов Сборка (рис. 4.1). В появившемся меню выберите модели деталей (рис. 4.2) и нажмите кнопку “Открыть”.

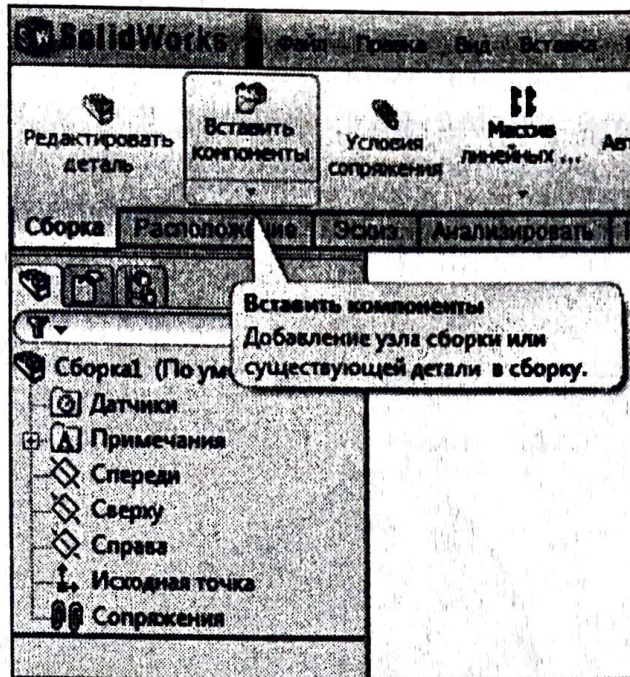


Рис. 4.1. Выполнение команды

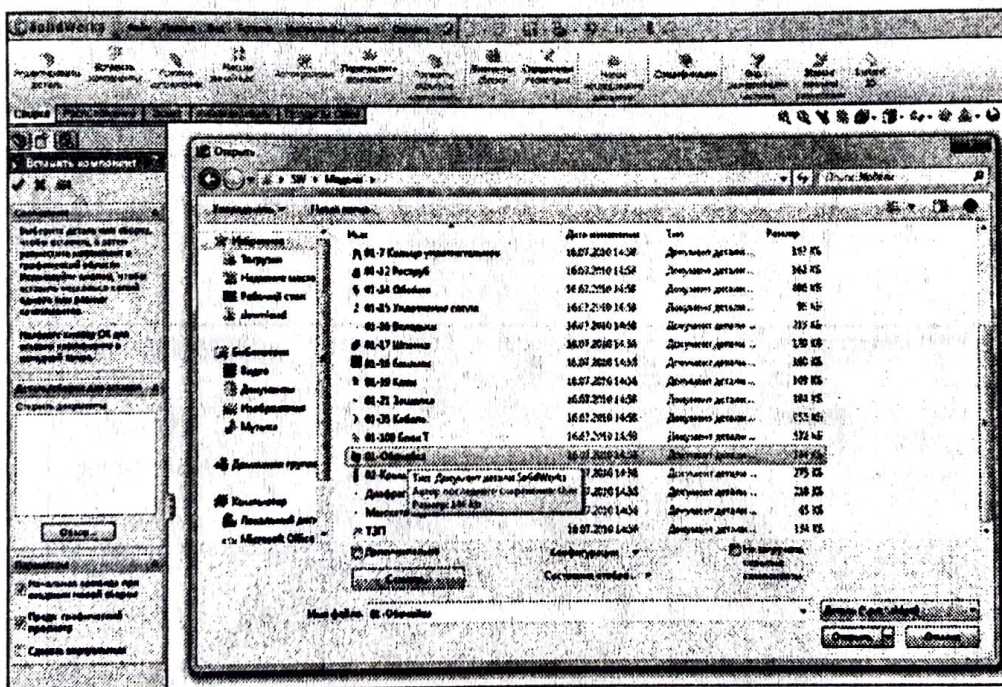


Рис. 4.2. Выбор модели детали

4.2. Позиционирование компонентов

Для позиционирования компонентов в сборочном пространстве необходимо указателем мыши обозначить место для размещения исходной точки первой детали сборки (рис. 4.3). Рекомендует

ся при этом исходную точку (изображение начала координат) детали совместить с исходной точкой сборки. При этом деталь будет жестко привязана к глобальному началу координат. При вставке последующих деталей этого делать не следует. Аналогичным образом в сборочное пространство помещаются все детали, необходимые для построения сборки (рис. 4.4).

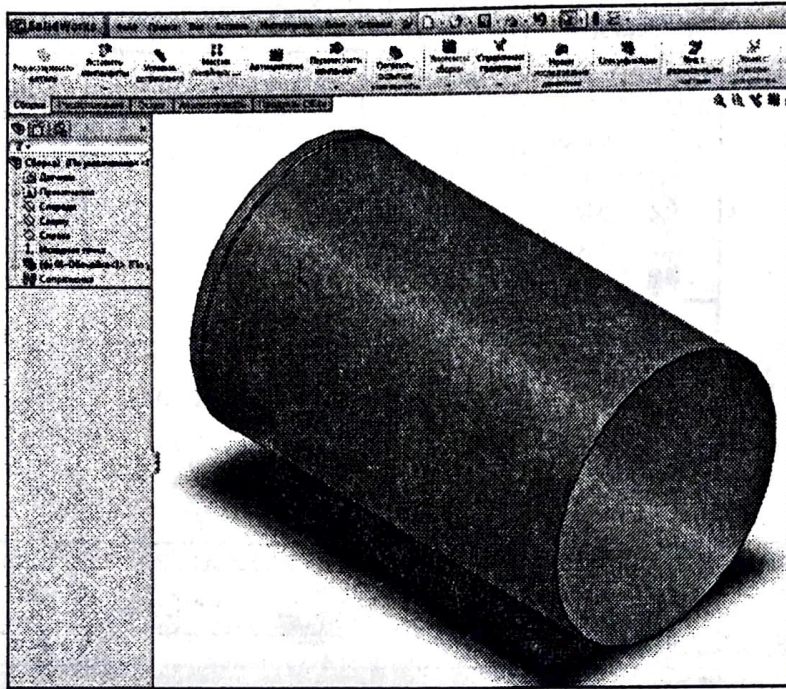


Рис. 4.3. Размещение детали

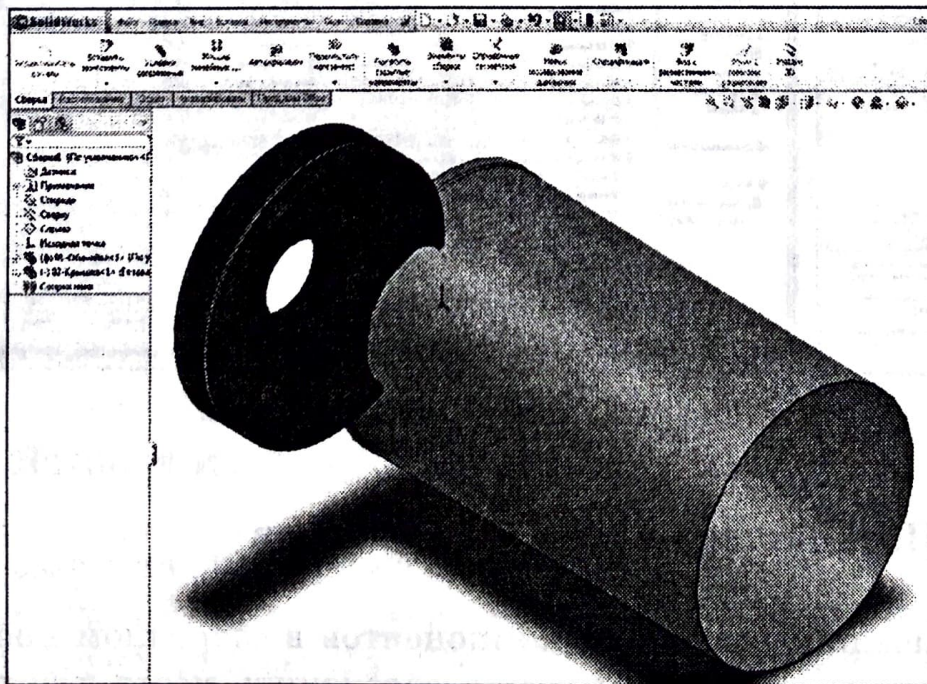



Рис. 4.4. Добавление деталей

4.3. Сопряжение компонентов в сборке

После размещения всех деталей и узлов в сборочном пространстве необходимо задать сопряжения между ними. Для этого выбирается команда **Условия сопряжения**  (иконка) на панели инструментов Сборка (рис. 4.5). На экране появится окно сопряжения, где указываются сопрягаемые объекты и тип сопряжения (рис. 4.6).

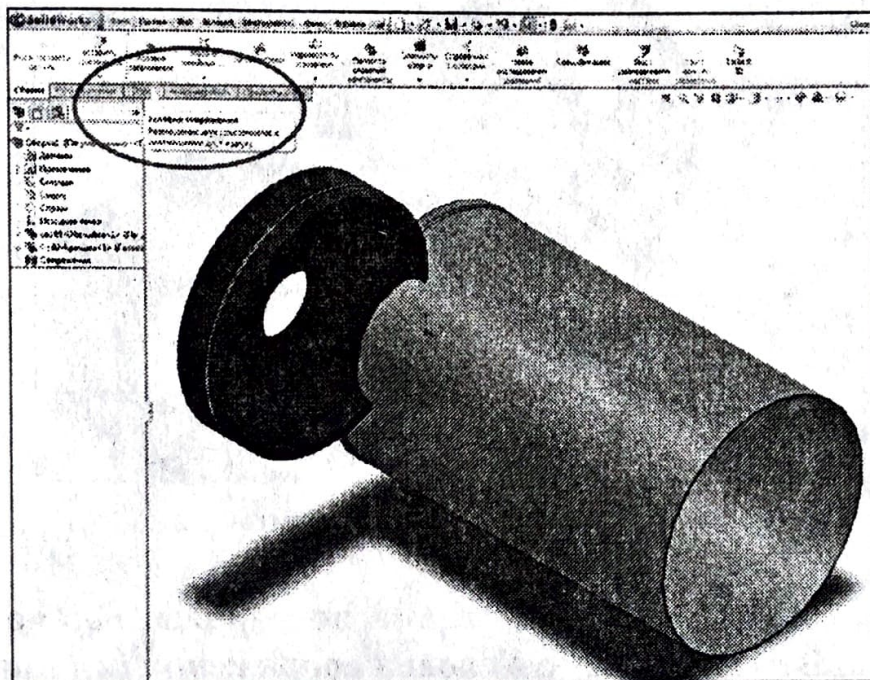


Рис. 4.5. Выполнение команды

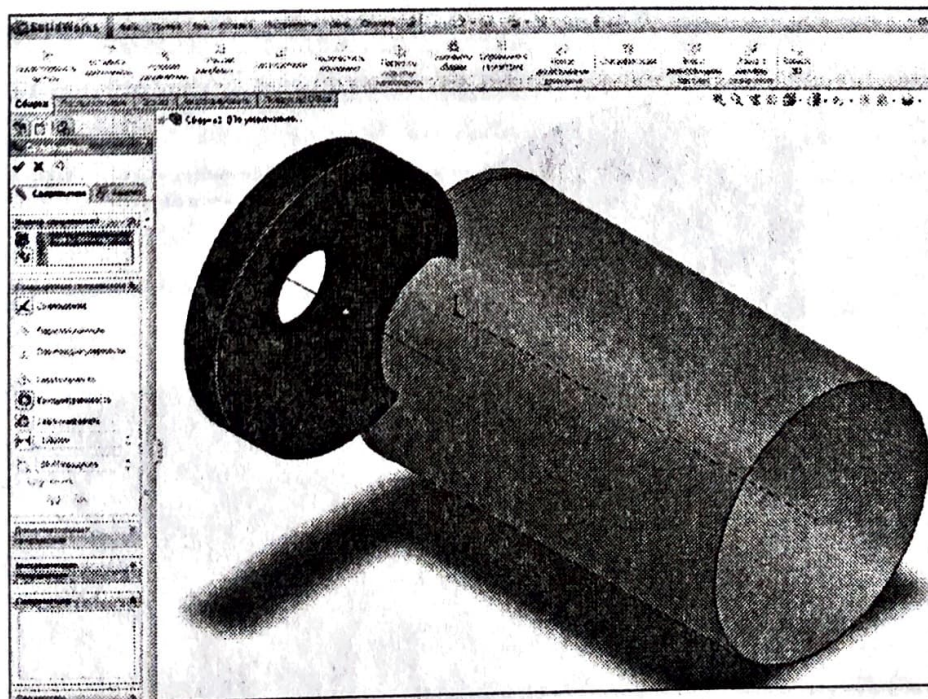



Рис. 4.6. Окно сопряжения

В процессе задания сопряжений появляется всплывающая панель инструментов, на которой можно выбрать тип сопряжения (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Панель инструментов

Рассмотрим сопряжение деталей по торцам. Сначала, вызвав команду меню Вставка и далее Условия сопряжения (или иконку ) , выделяем оси обечайки и крышки в окне “Выбор сопряжения” (рис. 4.8), указываем вид сопряжения — “совпадение” и под-

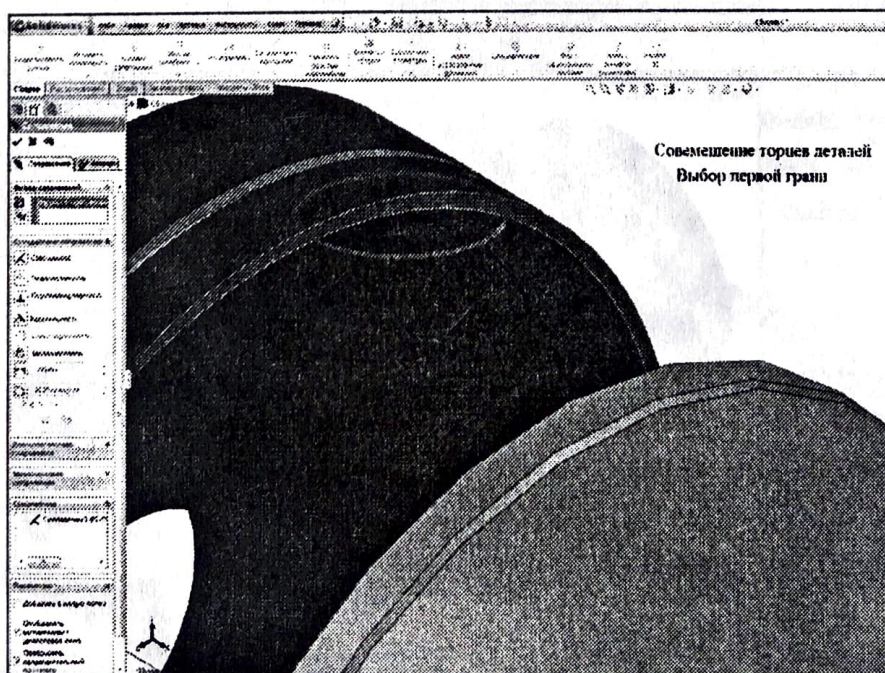


Рис. 4.8. Выбор первой грани

тверждаем команду нажатием ОК либо зеленой галочкой в окне сопряжений. Оси совмещены. Далее выделяем грань первого сопрягаемого объекта в окне “Выбор сопряжения”.

Для завершения команды проделаем ту же операцию для второго объекта (рис. 4.9).

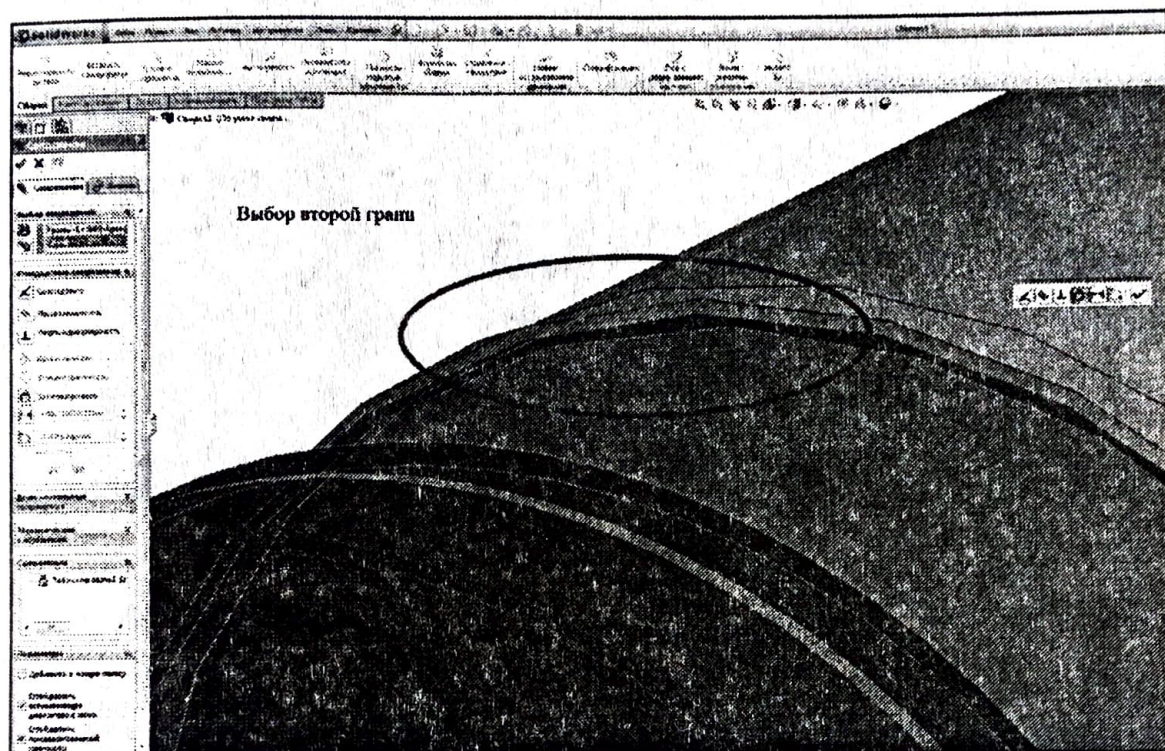


Рис. 4.9. Выбор второй грани

Если детали сопрягаются “до упора” по кромкам одного диаметра, то сопряжение можно осуществить одной командой. Для этого выделяются сопрягаемые диаметры деталей и в окне “Выбор сопряжения” выполняется команда Совпадение. При этом происходит одновременное совмещение как осей деталей, так и сопрягаемых диаметров (торцов) — рис. 4.10.

4.4. Совместная обработка нескольких деталей в сборке

Для совместной обработки нескольких деталей в сборке необходимо создать профиль обрабатывающей поверхности с помощью вкладки Эскиз на панели инструментов (рис. 4.11). После чего выполнить команду Элементы сборки | Вырез-повернуть на панели инструментов во вкладке Сборка (рис. 4.12).

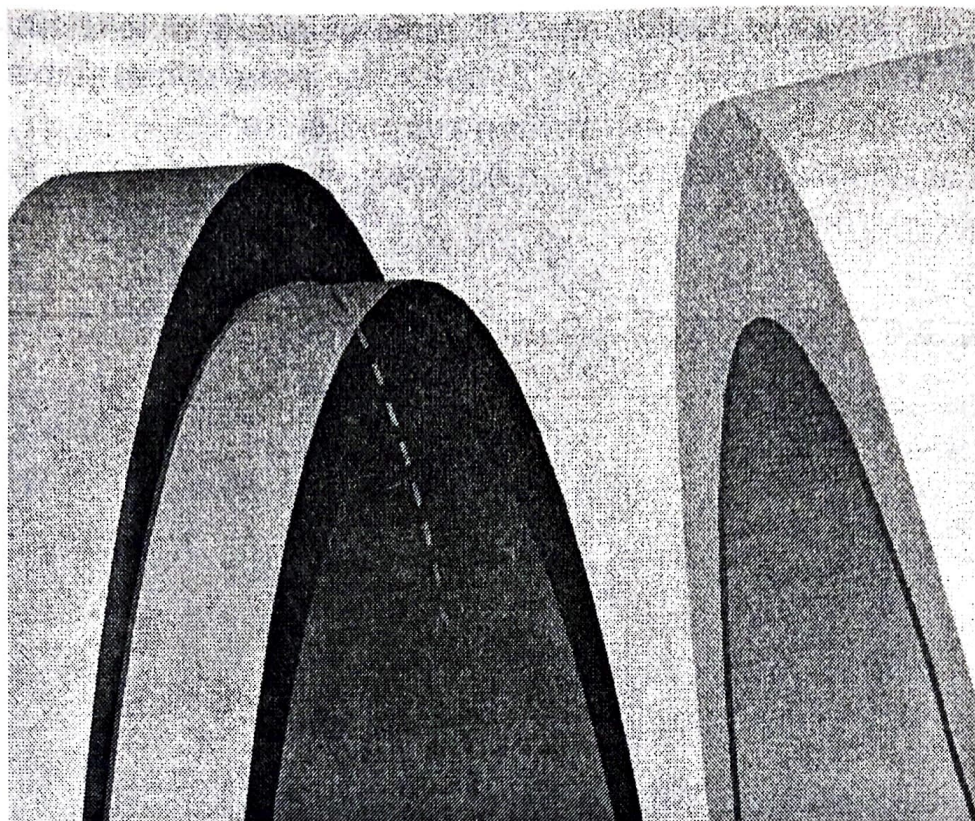


Рис. 4.10,а. Процесс сопряжения

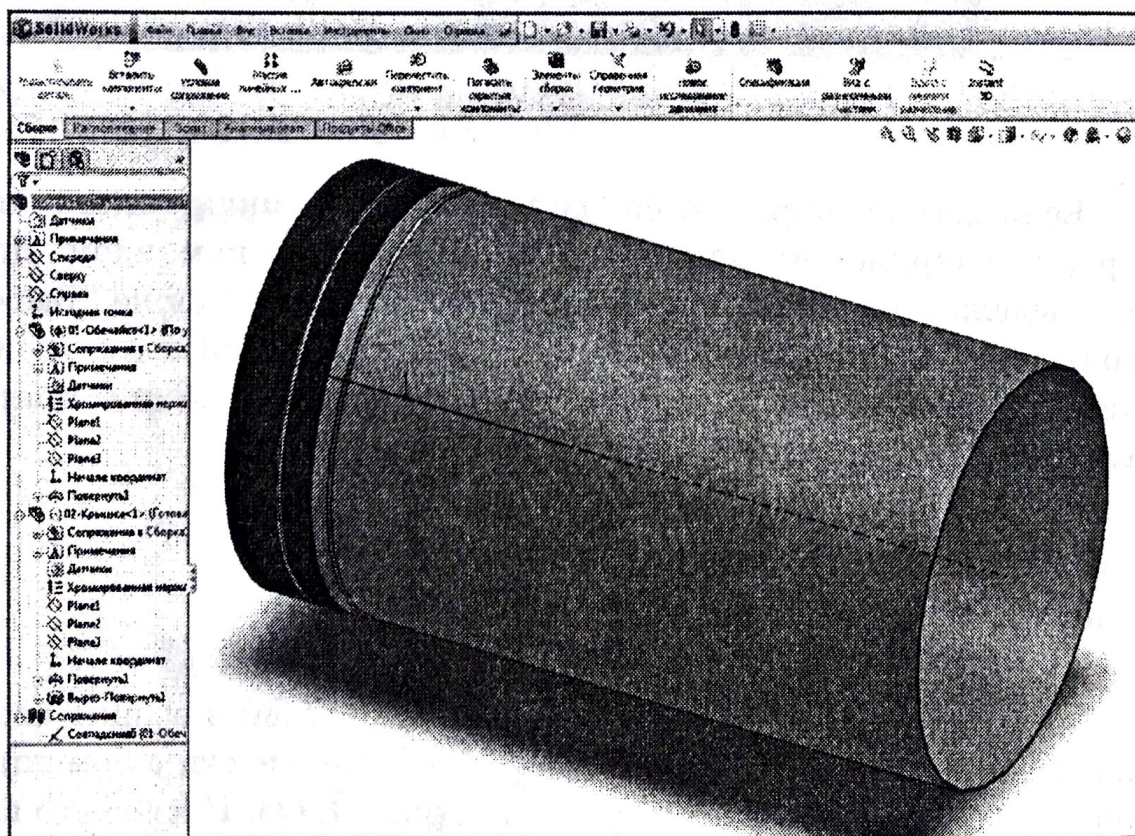


Рис. 4.10,б. Сопряжение выполнено

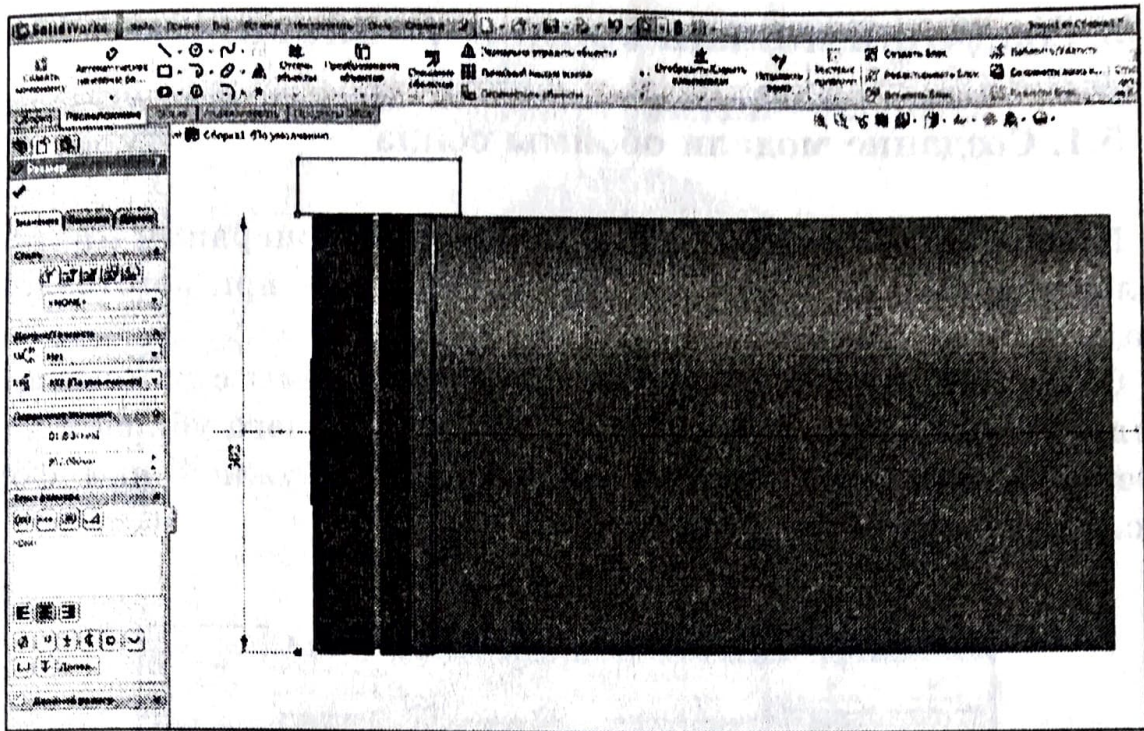


Рис. 4.11. Создание профиля

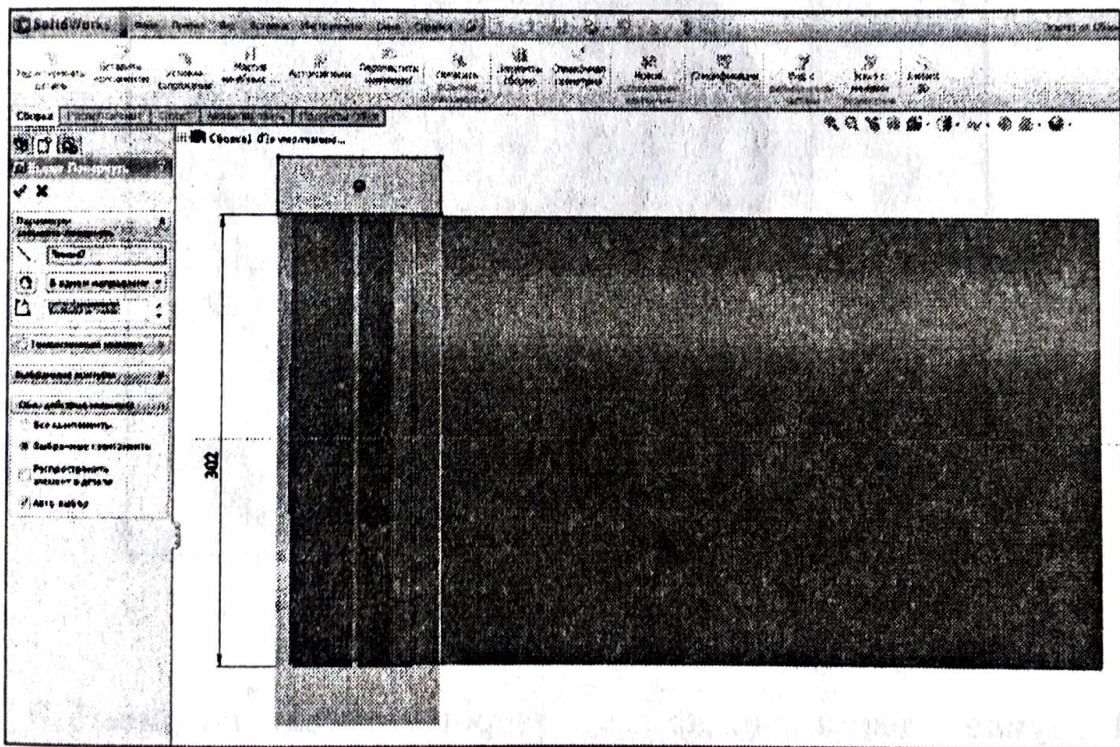


Рис. 4.12. Выполнение команды

При этом происходит удаление “материала” сразу по всем деталям, включенным в сборку. Эта операция аналогична совместной токарной обработке сборки в процессе её производства.

5. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ СОПЛОВОГО БЛОКА

5.1. Создание модели обоймы сопла

Приведенная ниже последовательность операций является аналогом технологических токарных операций при изготовлении детали.

Создается заготовка цилиндрической формы с помощью команды **Вытянутая бобышка** (рис. 5.1). После чего убираем часть материала командой **Вытянутый вырез** по нужной нам форме (рис. 5.2, *a—e*).

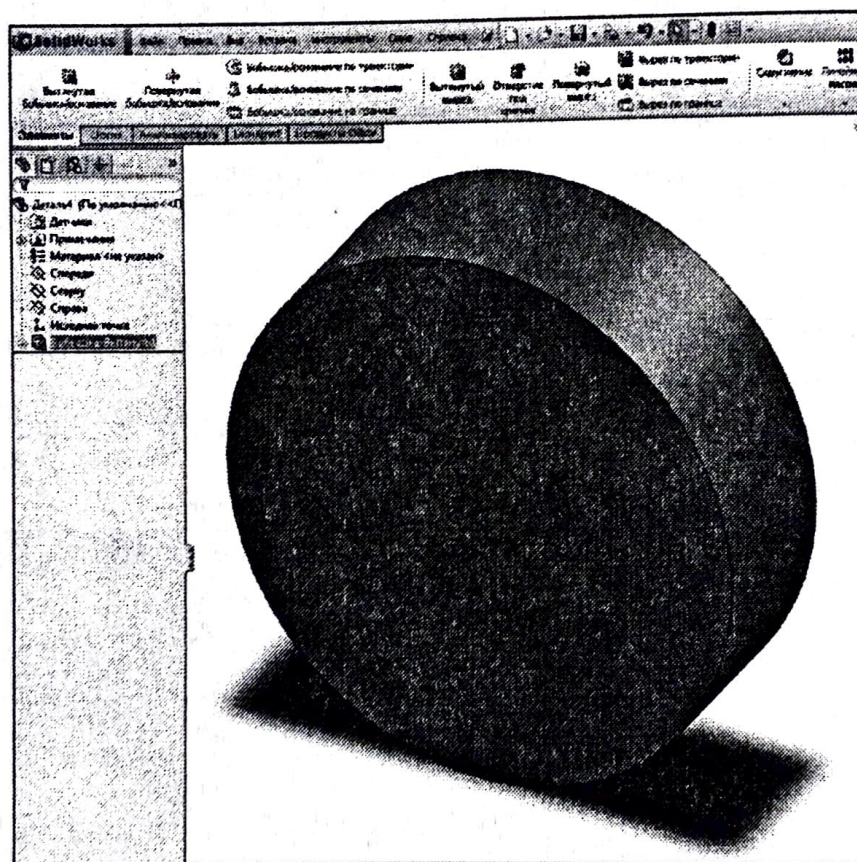


Рис. 5.1. Создание заготовки

Получаем деталь, профиль которой показан на рис. 5.3. Для обработки детали по внутренней поверхности можно использовать команду **Повернутый вырез**, предварительно создав эскиз обрабатывающего профиля (рис. 5.4, 5.5).

Для выполнения пазов на внешней поверхности необходимо создать эскиз нужных нам профилей, после чего выполнить команду **Повернутый вырез** (рис. 5.6, 5.7).

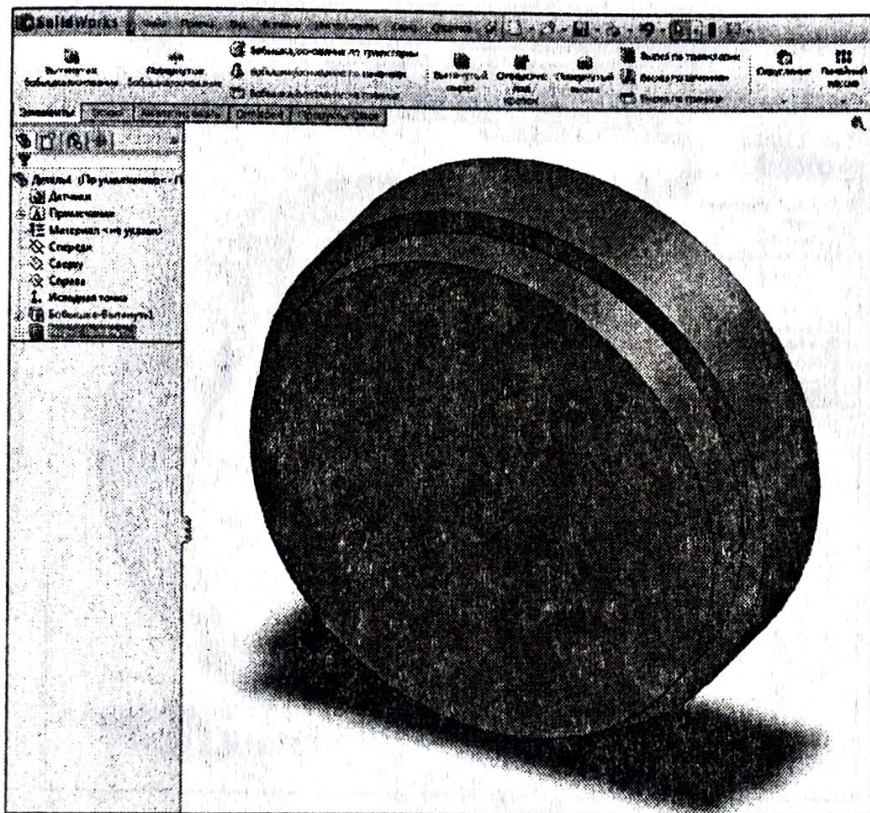


Рис. 5.2,а. Обработка детали (левый торец)

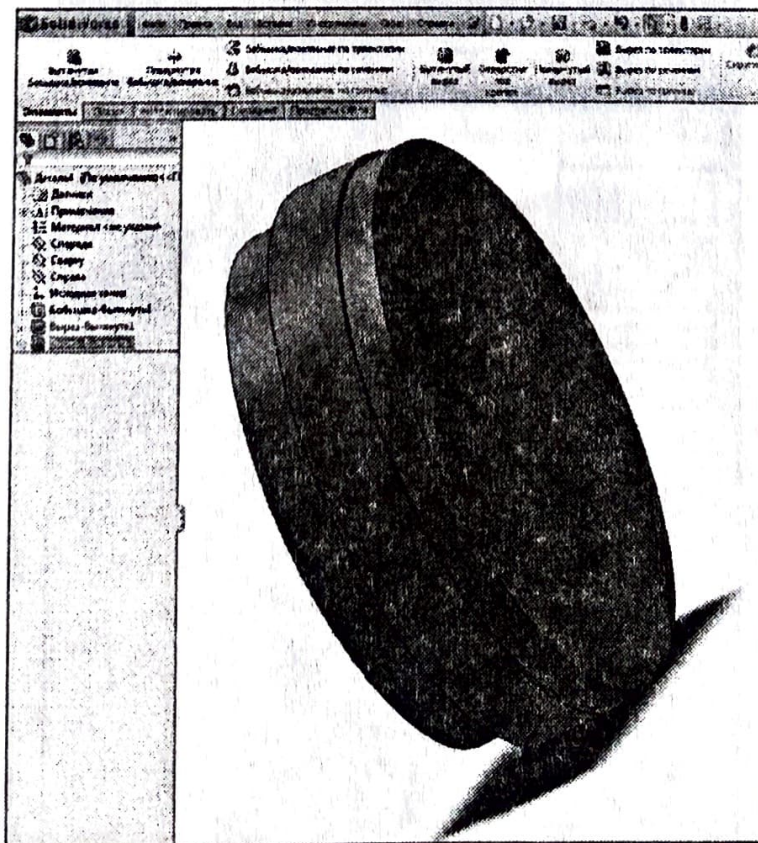


Рис. 5.2,б. Обработка детали (правый торец)



Рис. 5.2,в. Обработка внутренней поверхности

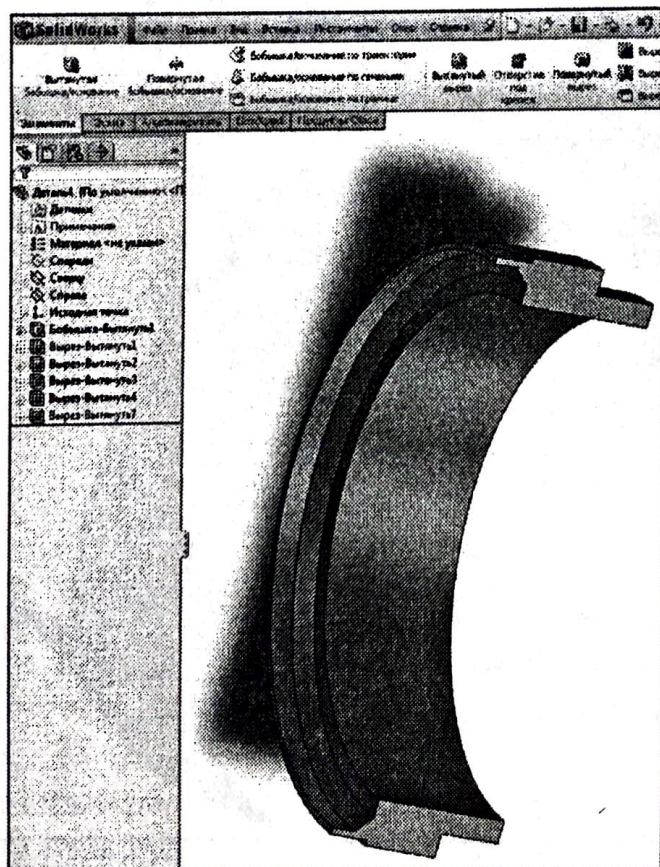


Рис. 5.3. Получение профиля детали

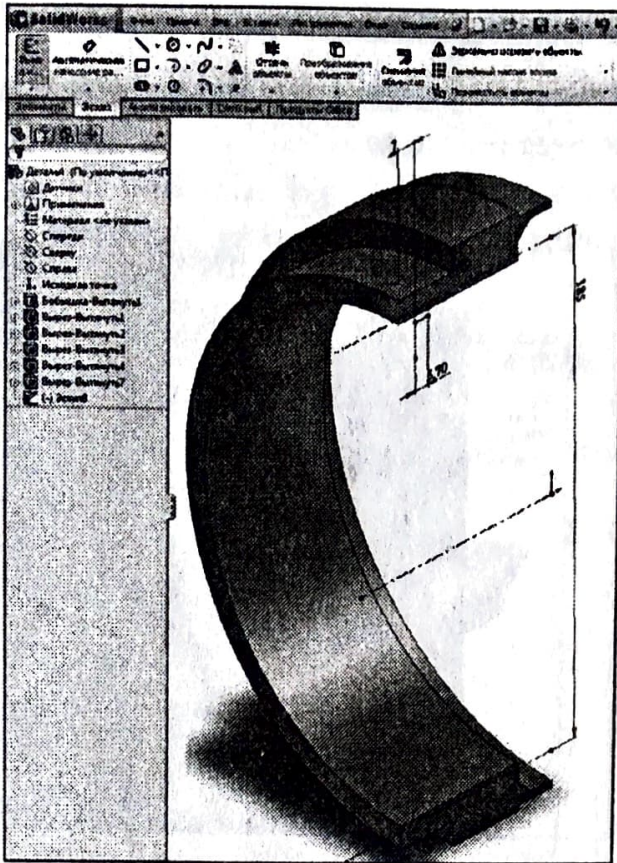


Рис. 5.4. Создание эскиза паза

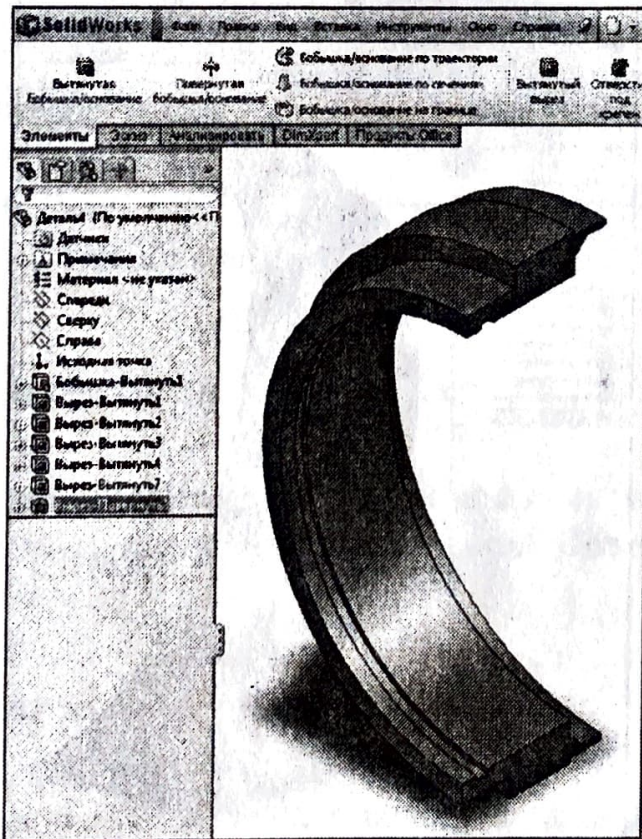


Рис. 5.5. Выполнение команды

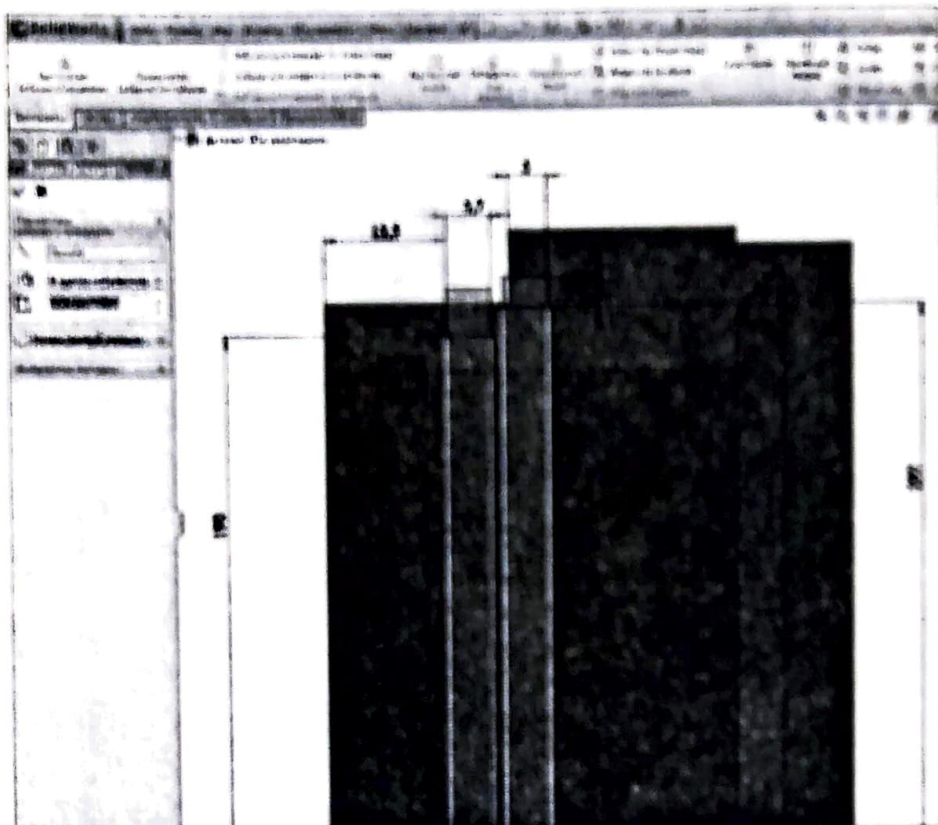


Рис. 5.6. Создание эскиза

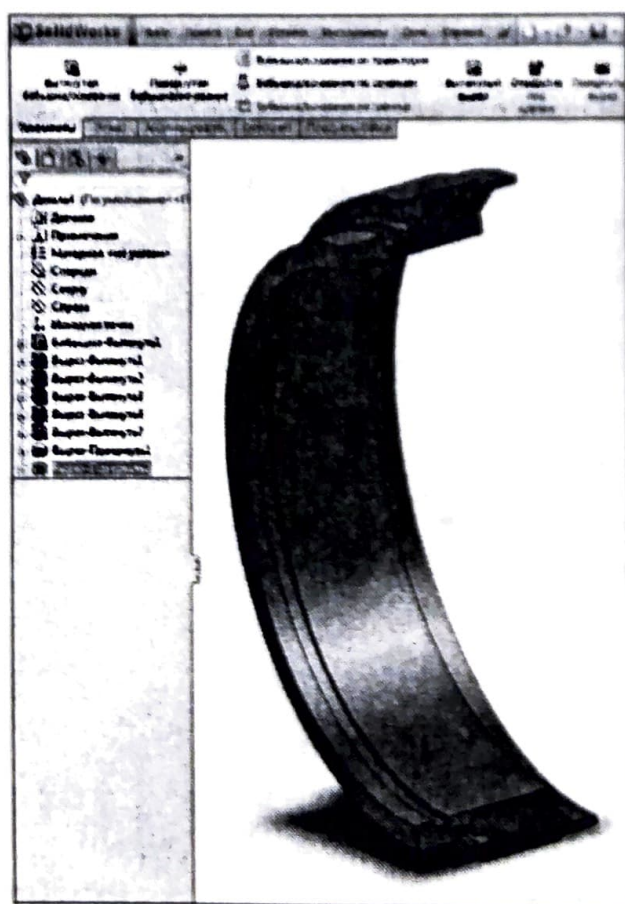


Рис. 5.7. Выполнение команды

Для получения пазов под монтажный инструмент на соответствующем торце создается эскиз прямоугольника, задаются его размеры и расположение. Используя команду **Вытянутый вырез**, а затем команду **Круговой массив**, расположенную на панели инструментов (рис. 5.8), получаем требуемые пазы.

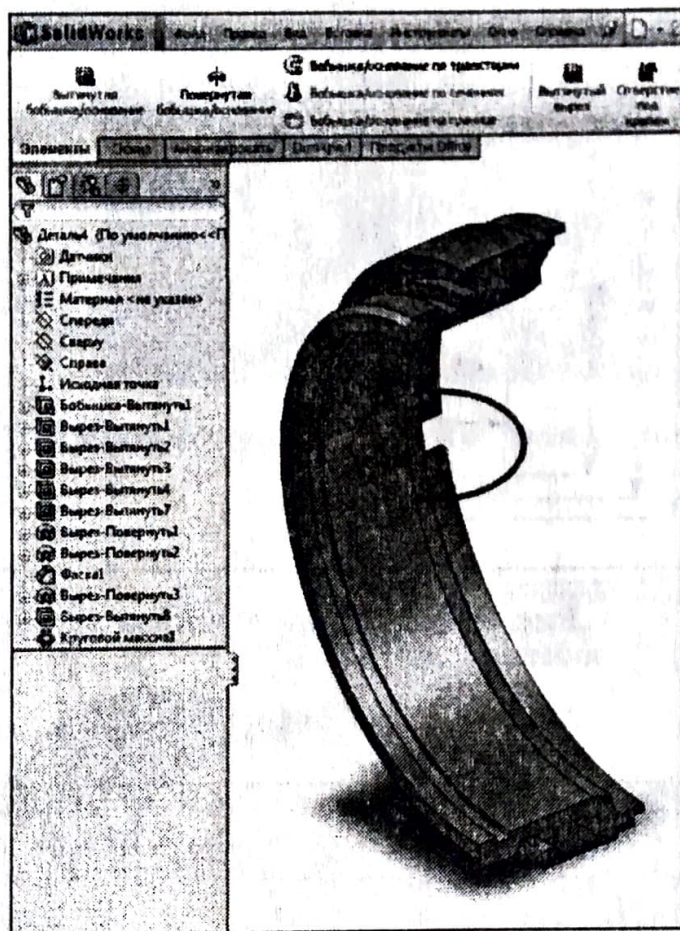


Рис. 5.8. Создание пазов под инструмент

5.2. Создание модели раструба сопла

Для получения модели раструба сопла создается эскиз детали (рис. 5.9), после чего выполняется команда **Повернутая бобышка** (рис. 5.10).

5.3. Создание сборки соплового блока

Для выполнения сборки соплового блока последовательно помещают все детали и узлы в сборочное пространство и выбирают необходимые типы сопряжений (рис. 5.11, 5.12).

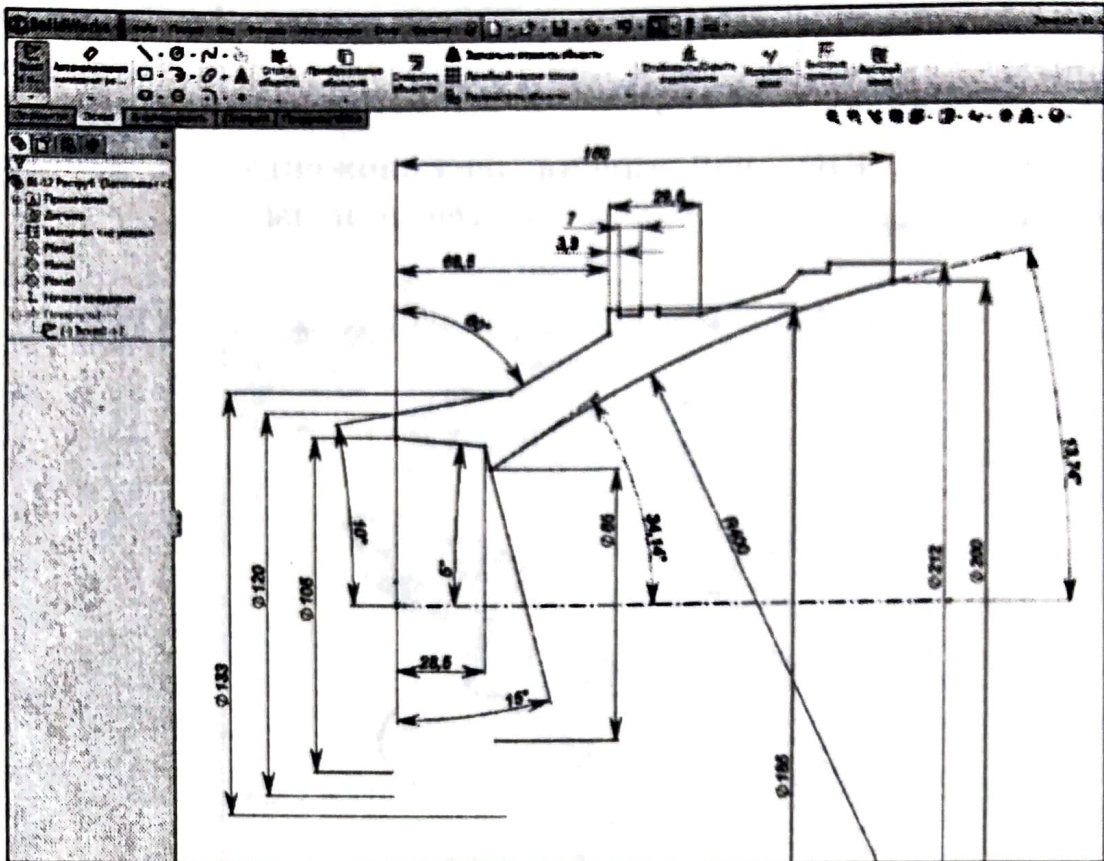


Рис. 5.9. Создание эскиза

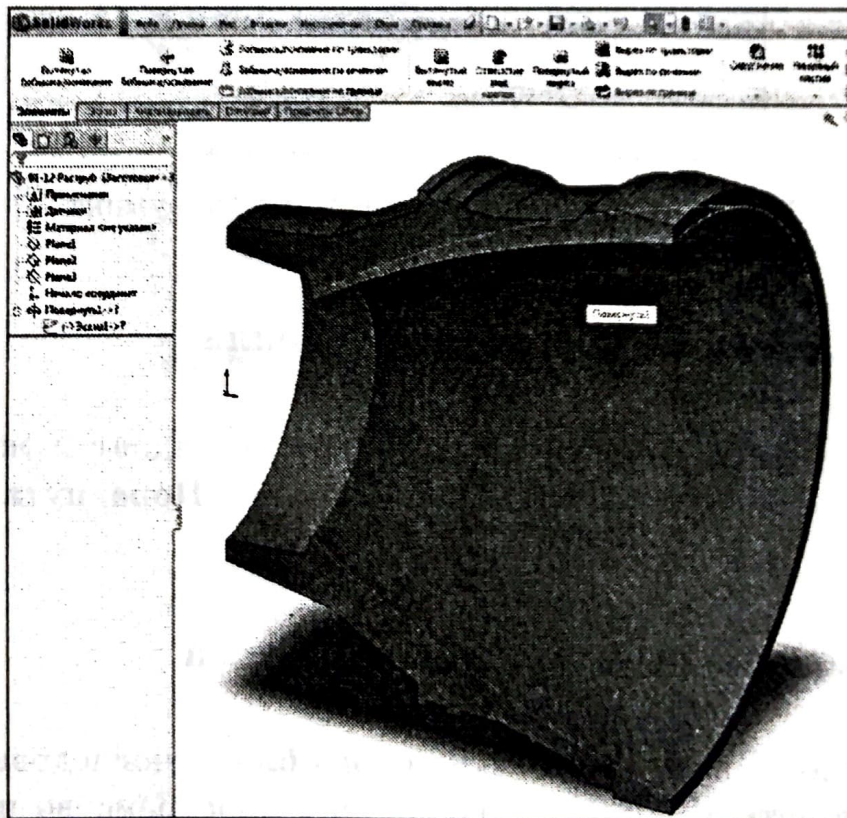


Рис. 5.10. Выполнение команды

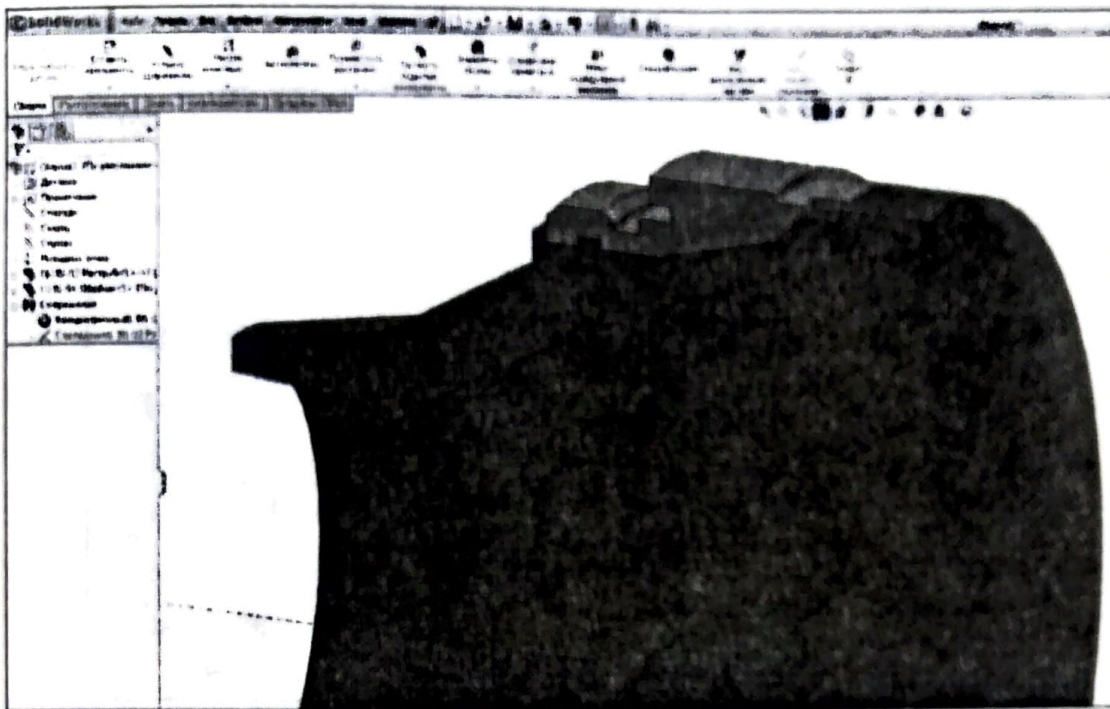


Рис. 5.11. Совмещение раструба сопла с обоймой

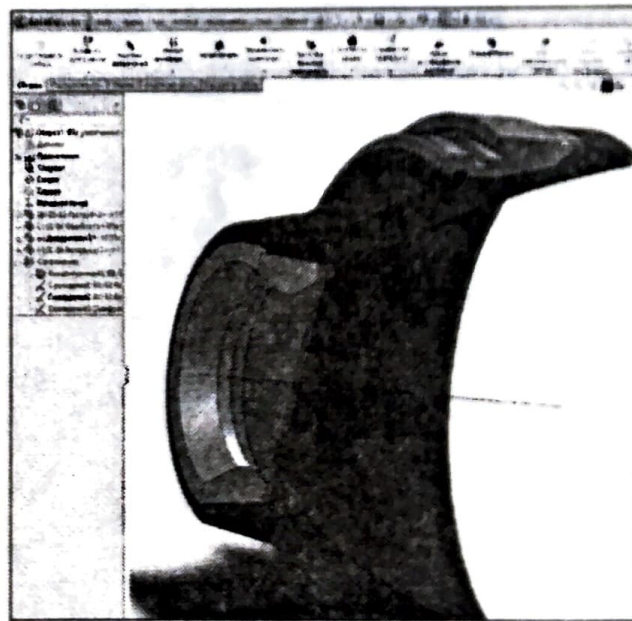
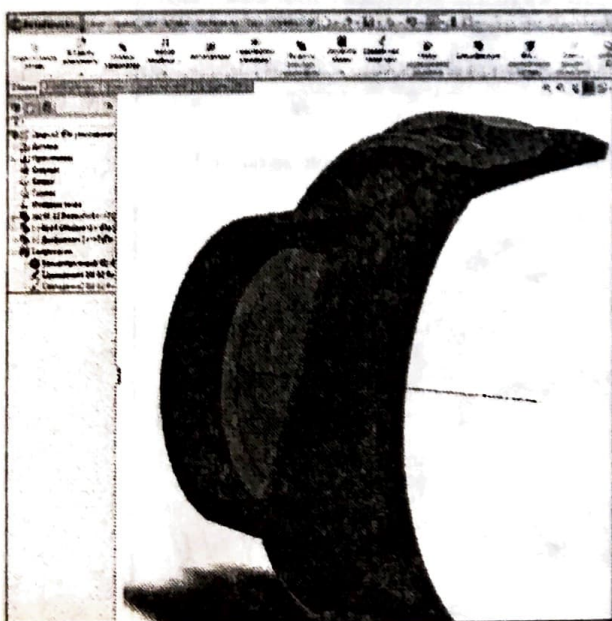


Рис. 5.12. Расположение заглушки и вкладыша в раструбе сопла

6. СОЗДАНИЕ СБОРКИ КОРПУСА

Для выполнения сборки корпуса нужно последовательно поместить все детали и узлы в сборочное пространство и выбрать необходимые типы сопряжений (рис. 6.1, 6.2).

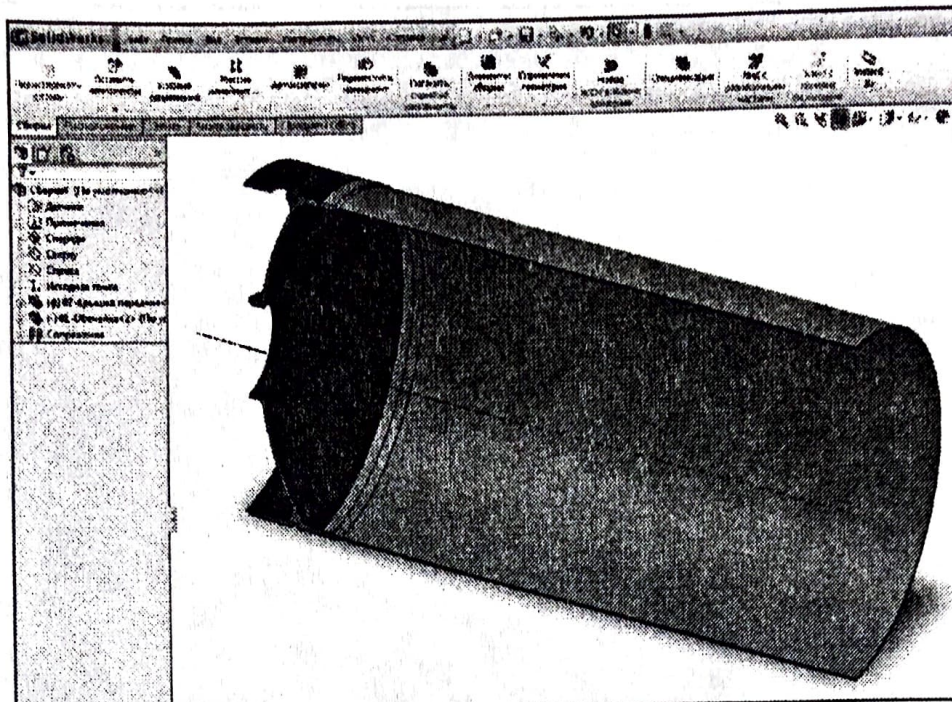


Рис. 6.1. Обечайка и передняя крышка

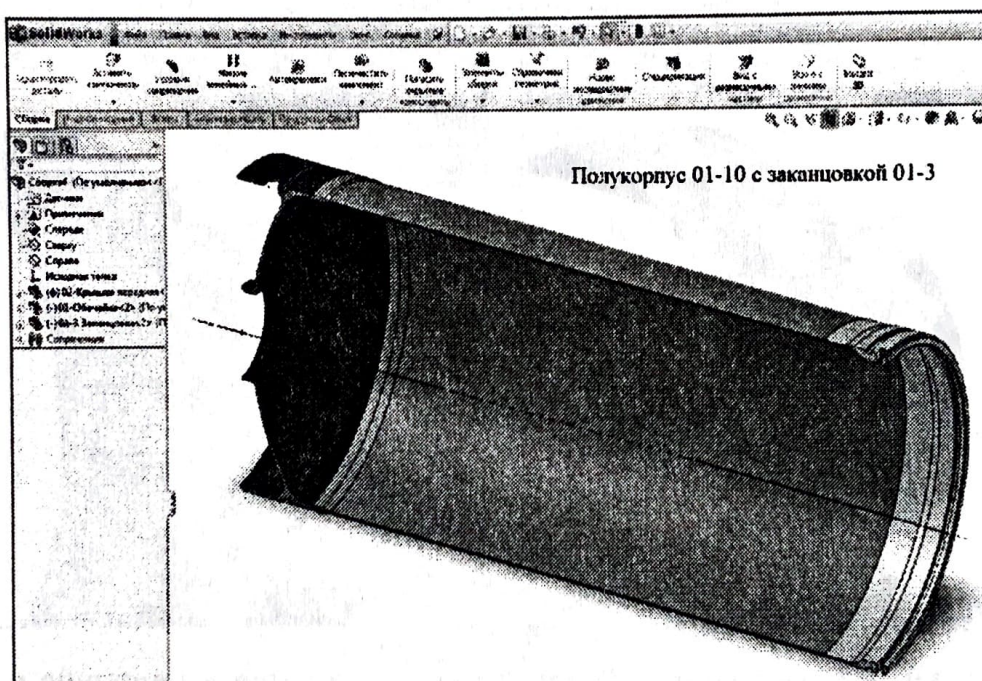


Рис. 6.2. Полукорпус с законцовкой

При создании сборки по принципу “сверху-вниз” удобно использовать уже созданную геометрию для создания последующих деталей полностью сопряженных с уже имеющимися. Данное обстоятельство особенно важно при сопряжении сферических и других непрямолинейных поверхностей. В этом случае новая деталь

создается в режиме сборки. Для создания детали (например — “задняя манжета”) следует выполнить команду **Вставить компоненты | Создать** на панели инструментов. Далее открываем и создаём эскиз, привязывая начала создаваемых линий, дуг и т.п. элементов к соответствующим точкам существующей детали (рис. 6.3). После создания эскиза получаем манжету с помощью команды **Повернутая бобышка** (рис. 6.4).

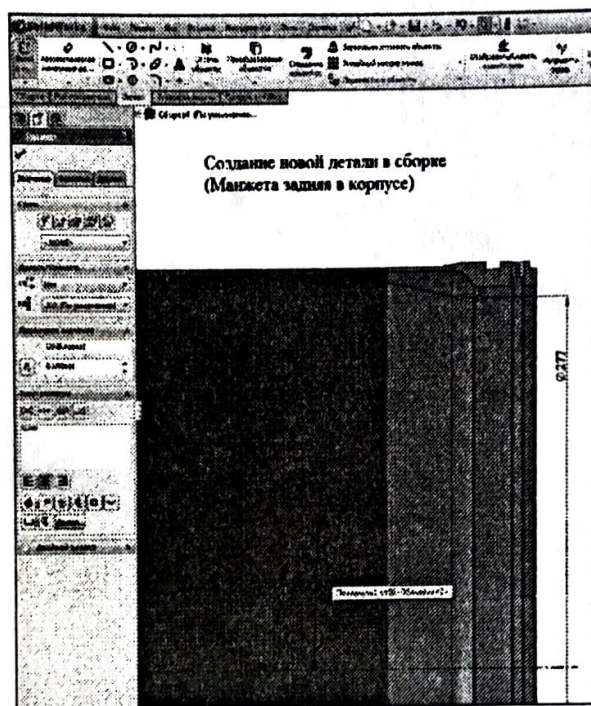


Рис. 6.3. Создание эскиза

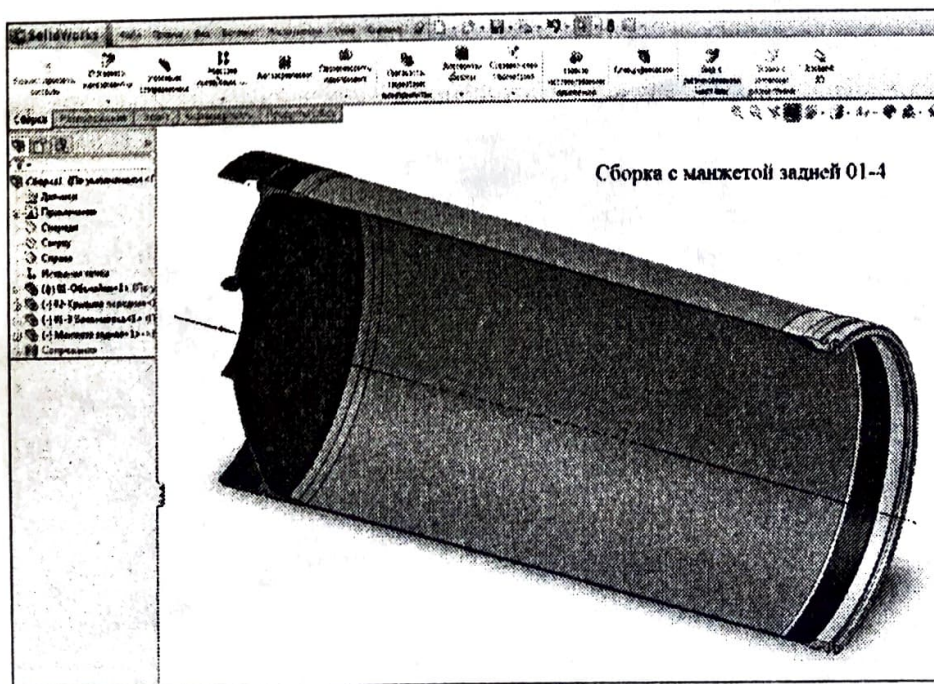


Рис. 6.4. Выполнение команды

Для создания новой модели в сборке (теплозащитное покрытие — ТЗП) повторите команды (рис. 6.5, 6.6).

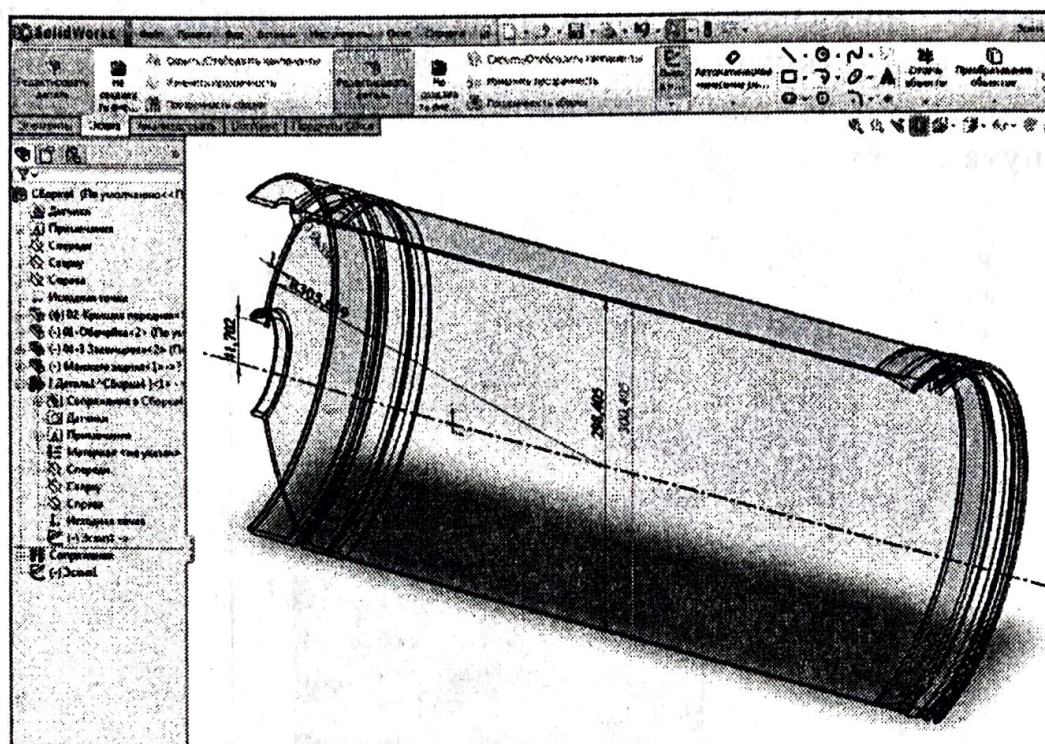


Рис. 6.5. Создание эскиза ТЗП

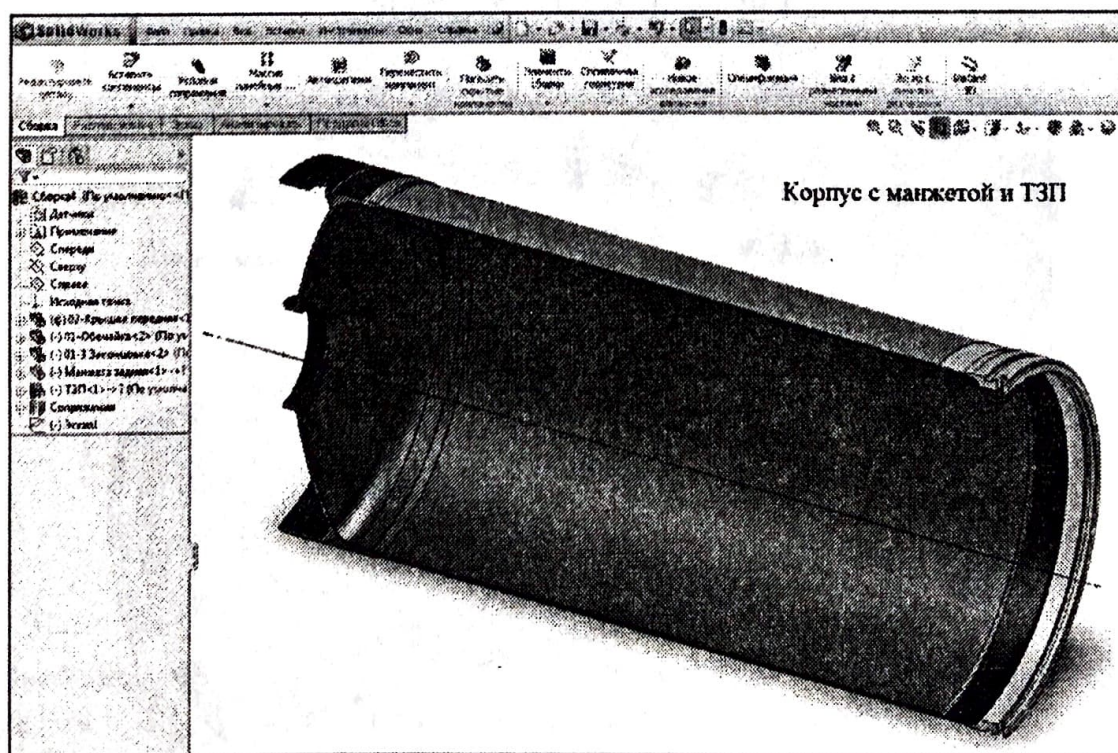


Рис. 6.6. Завершение создания ТЗП

В версии SolidWorks 2010 созданная модель ТЗП автоматически жестко связывается с сопрягаемой деталью. В более ранних версиях либо при определенных настройках “по умолчанию” такой привязки может не быть.

Для выполнения сборки корпуса с сопловым блоком следует последовательно поместить все детали и узлы в сборочное пространство и выбрать необходимые типы сопряжений. На рис. 6.7 и 6.8 показан процесс сборки корпуса из отдельных, не связанных между собой деталей.

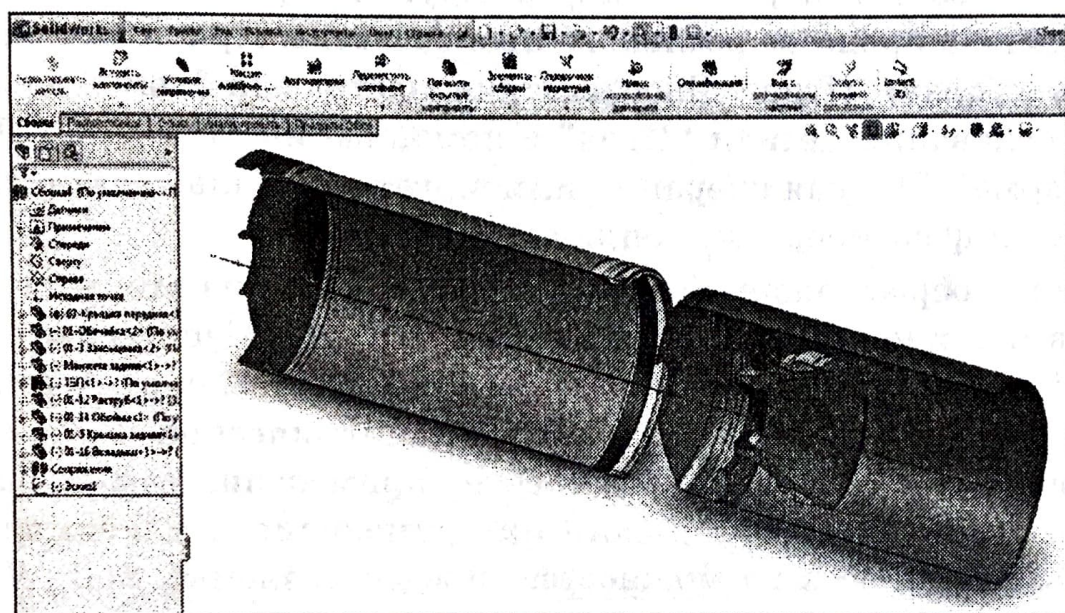


Рис. 6.7. Расположение деталей в сборочном пространстве

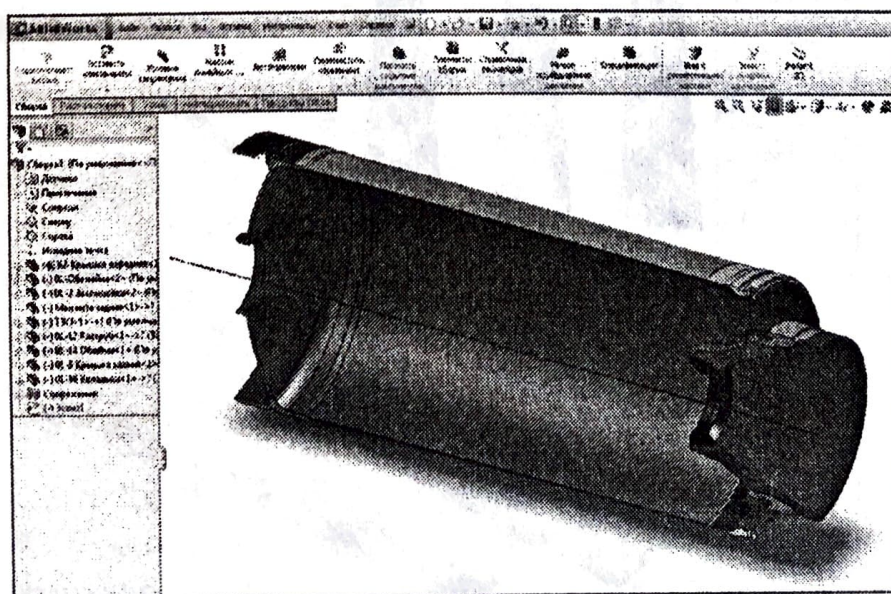


Рис. 6.8. Сборка корпуса с сопловым блоком

7. СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ ТОПЛИВНОГО БЛОКА

Топливный блок, как предмет моделирования, является одним из наиболее сложных элементов РДТТ. Он может содержать развитые внутренние полости с переменной кривизной, уклонами, сопряжениями переменного радиуса и т.п. Создание подобных полостей инструментами типа “Вытянутый вырез” или “Повернутый вырез” не всегда удобно. Рассмотрим способ создания топливного блока с помощью создания внешних поверхностей, т.н. “формообразующей оснастки”, которая формирует профиль канала топливного блока в процессе реального производства. При этом создается деталь (сборка) “Игла”. Впоследствии топливный блок выполняется на основании детали “Игла” с помощью инструмента “Литейная форма”. Данная операция имитирует виртуальное заполнение корпуса и формирование топливного блока.

Формообразующая оснастка (игла) состоит из стержня иглы, перьев и технологической крышки (рис. 7.1). Перо иглы в переходной части имеет переменную высоту; радиусы скругления вершины пера и в области касания с цилиндрической поверхности стягиваются в точку. Всё это требует применения самых различных инструментов, вдумчивого их применения и максимального использования всех возможностей, предоставляемых SolidWorks.

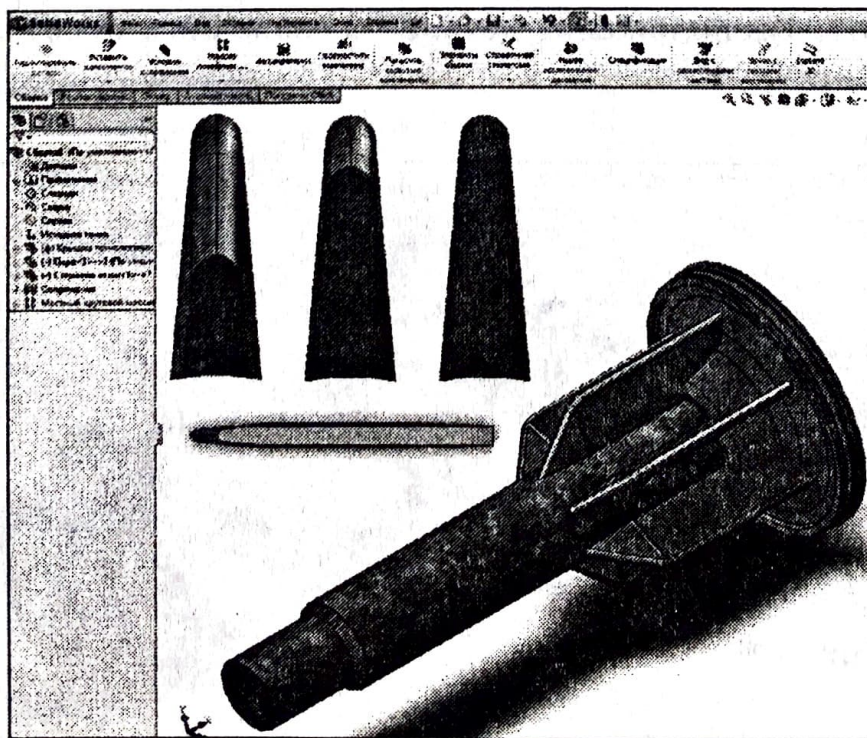


Рис. 7.1. Игла

7.1. Создание формообразующей оснастки

Для получения модели пера необходимо создать плоскости командой **Вставка | Справочная геометрия | Плоскость**, на которых выполнить эскизы профилей (рис. 7.2).

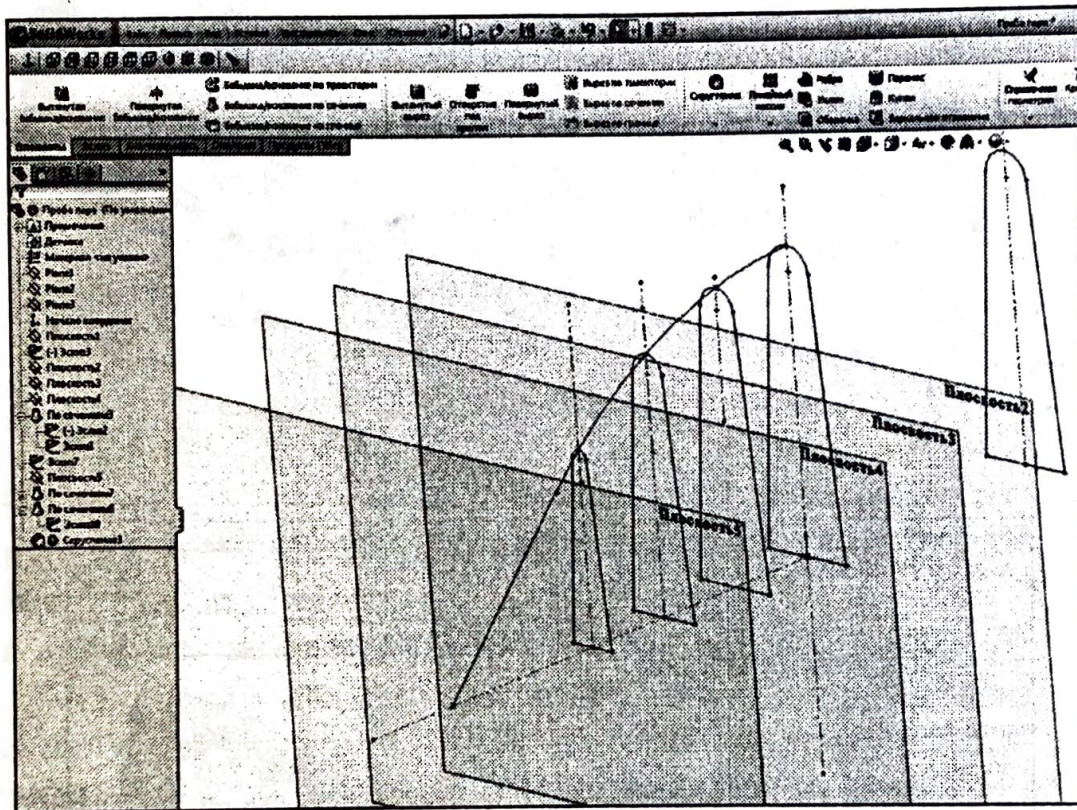


Рис. 7.2. Плоскости и эскизы

Далее следует выполнить команду **Бобышка по сечениям** на панели инструментов (рис. 7.3).

Параллельно выполняется деталь “Цилиндр” с помощью команды **Повернутая бобышка** или **Вытянутая бобышка**, и далее создается сборка иглы, на которой устанавливается связь “Перо” с “Цилиндром”; перо размножается в режиме сборки с помощью команды **Круговой массив**. Таким образом, получена модель “Иглы”.

7.2. Создание модели топливного блока

Компонент “Блок-Т” может быть создан, например, инструментом — “Литейная форма”, которая создается вокруг компонента “Игла формообразующая”. Для этого выбираем шаблон сборки и с помощью команды **Вставить элементы** размещаем в сборочном

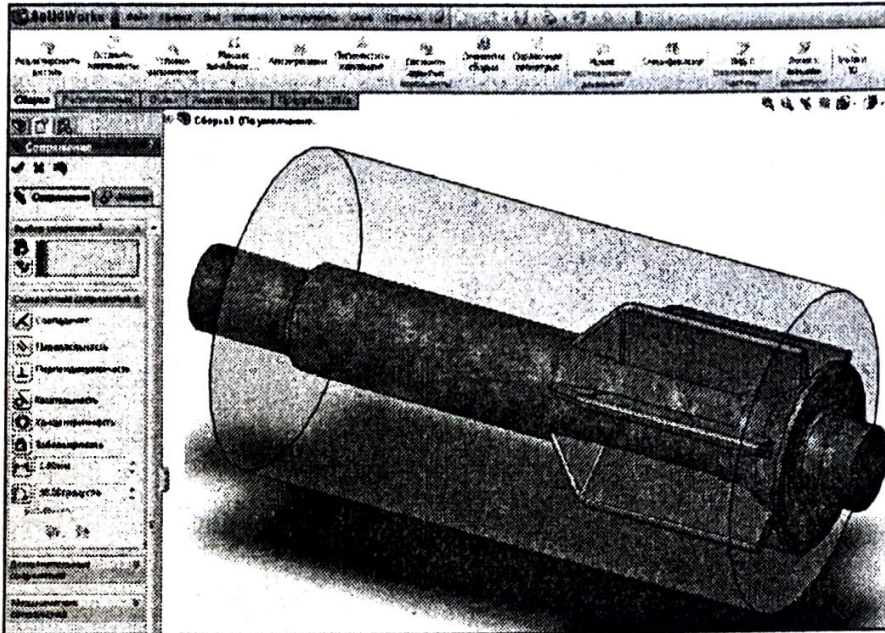


Рис. 7.4. Создание цилиндра

Для формирования полости требуемой формы воспользуетесь командой **Редактировать деталь**, затем выберите в меню **Вставка | Литьейные формы | Полость**. После выделите элементы, которые будут являться прототипом полости, в дереве конструирования (рис. 7.4). После извлечения формообразующего компонента торцы полученной детали «Блок-Т» дорабатываются (формируется их профиль), например, с помощью инструмента — «Повернутый вырез» (рис. 7.5). Получаем готовую модель Блока-Т (рис. 7.6).

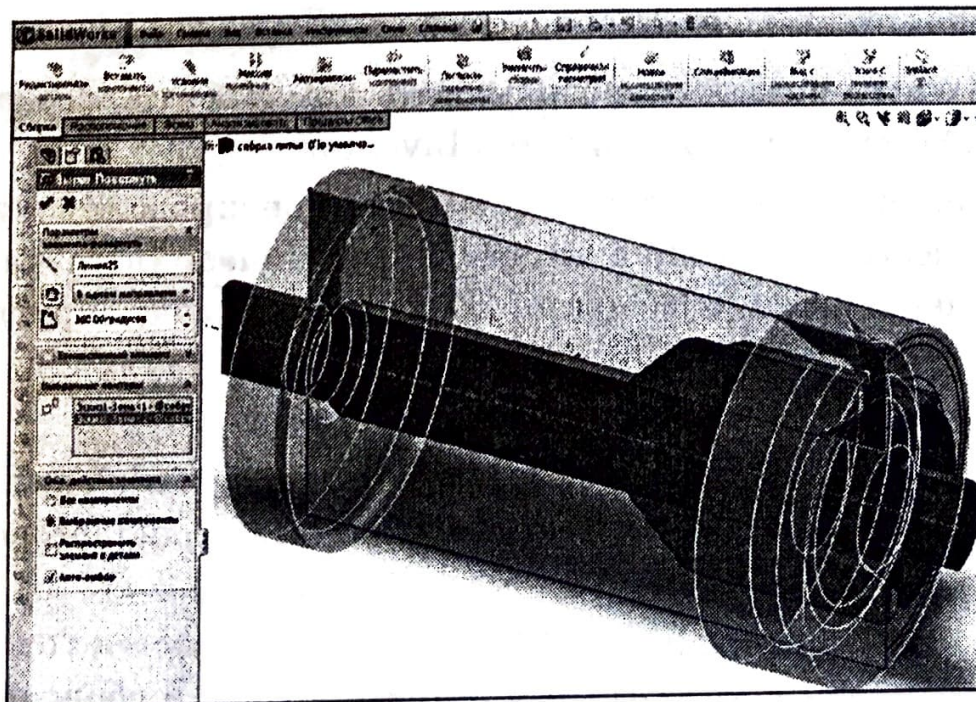


Рис. 7.5. Обработка торцов

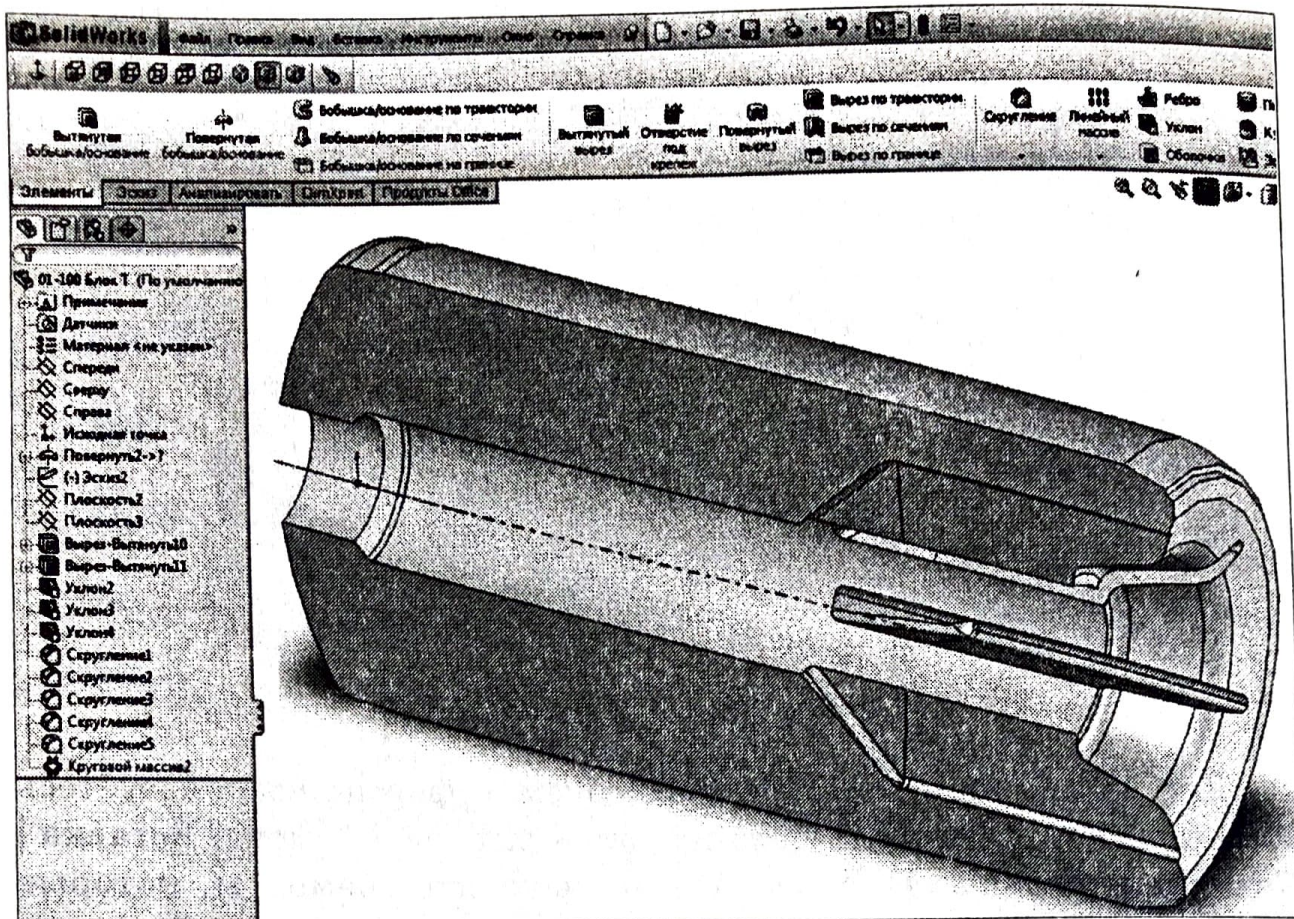


Рис. 7.6. Трехмерная модель Блока-Т

8. ИМПОРТ ГЕОМЕТРИИ

SolidWorks позволяет использовать компоненты, созданные в других CAD-системах, например в Inventor.

Компоненты сохраняются в виде импортированных элементов, количество операций с которыми ограничено (вставка в сборку, изменение масштаба, цвета, добавление фасок, скруглений и т.п.)

Доступ к эскизной геометрии невозможен.

Для импортирования файлов из другого приложения выполните команду **Файл | Открыть**, в появившемся диалоговом окне выберите формат для типа файла (.ipt) (рис. 8.1, 8.2).

Для выполнения сборки импортируемых элементов следует последовательно поместить все детали и узлы в сборочное пространство и выбрать необходимые типы сопряжений (рис. 8.3).

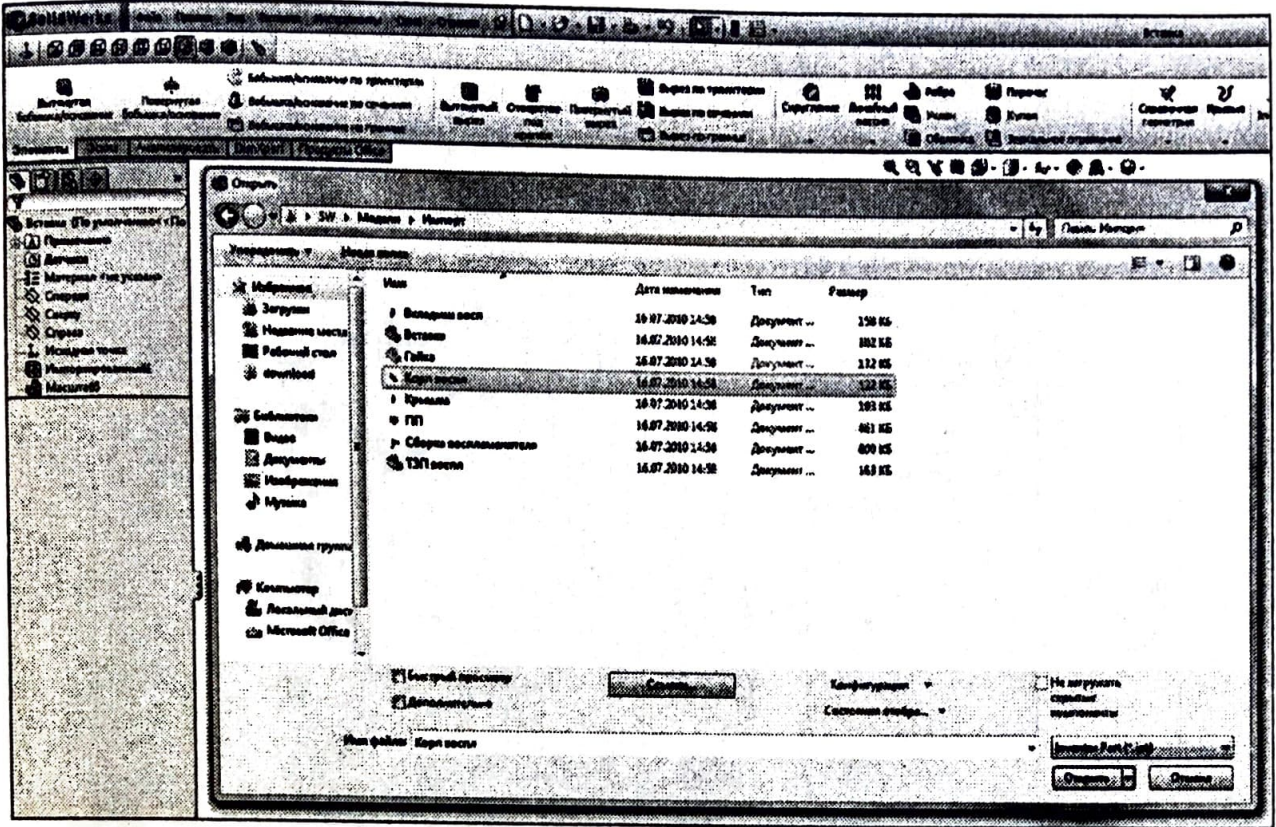


Рис. 8.1. Выбор импортируемых элементов

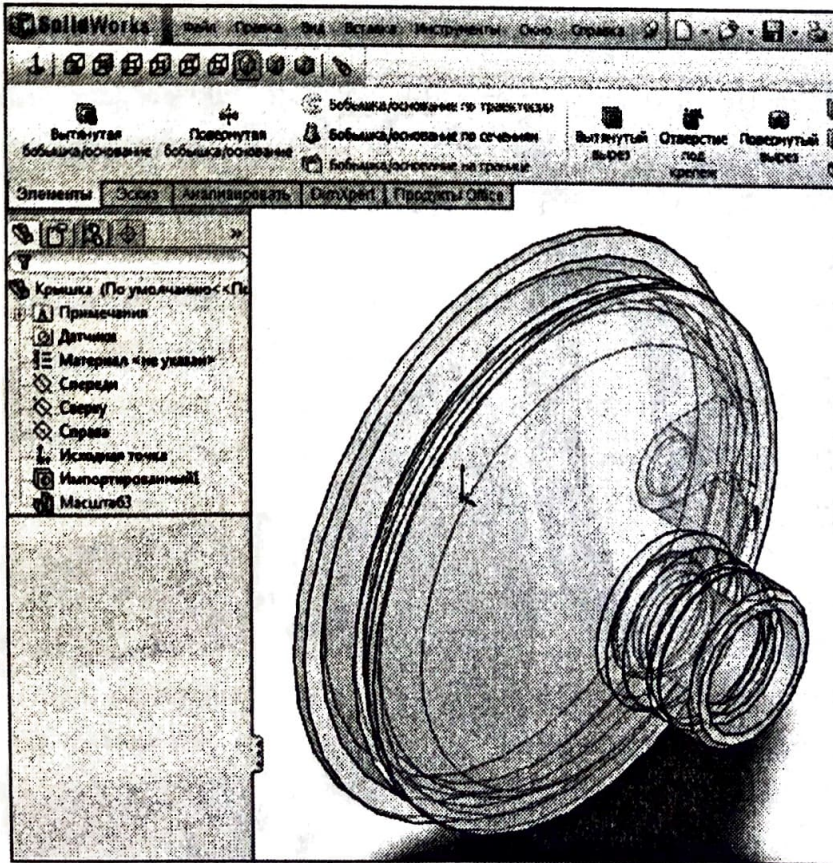


Рис. 8.2. (начало)

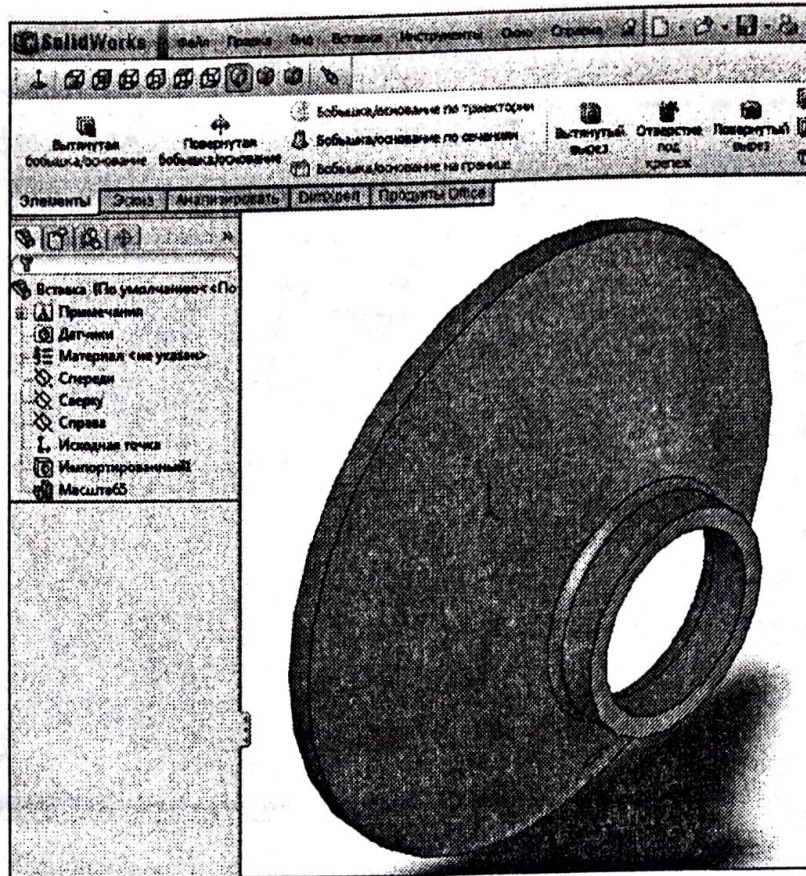


Рис. 8.2. Импортированные вставка и крышка (окончание)

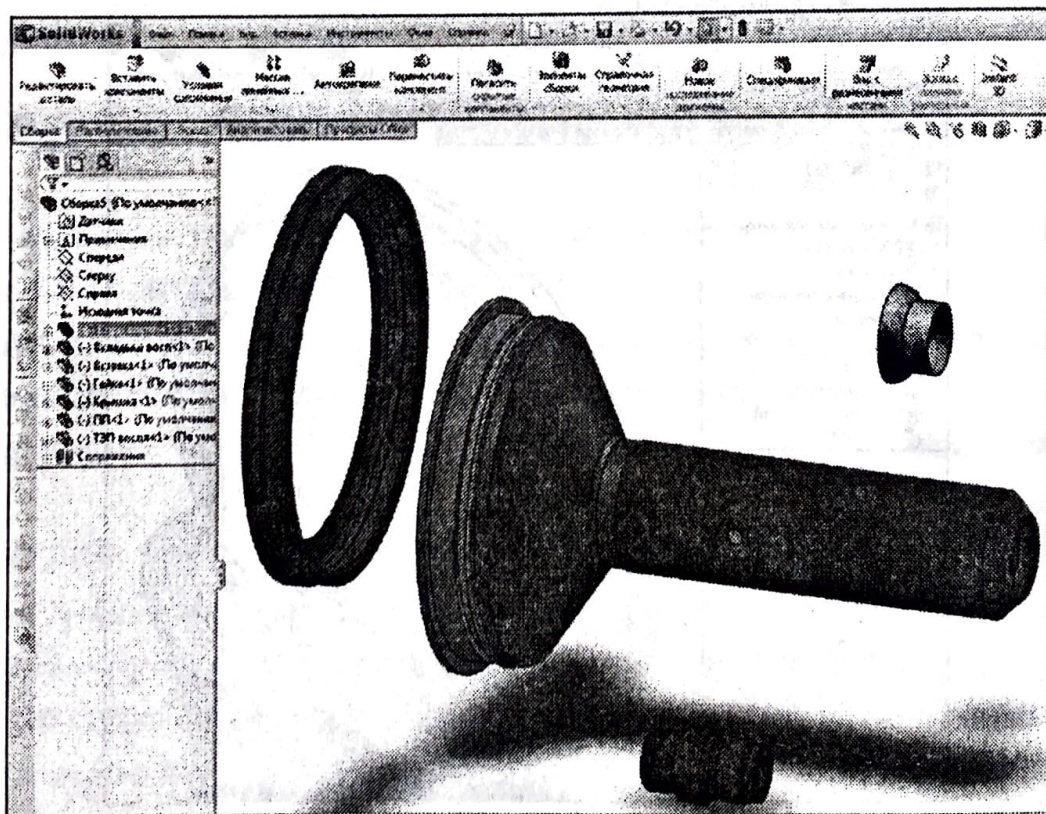


Рис. 8.3. (начало)

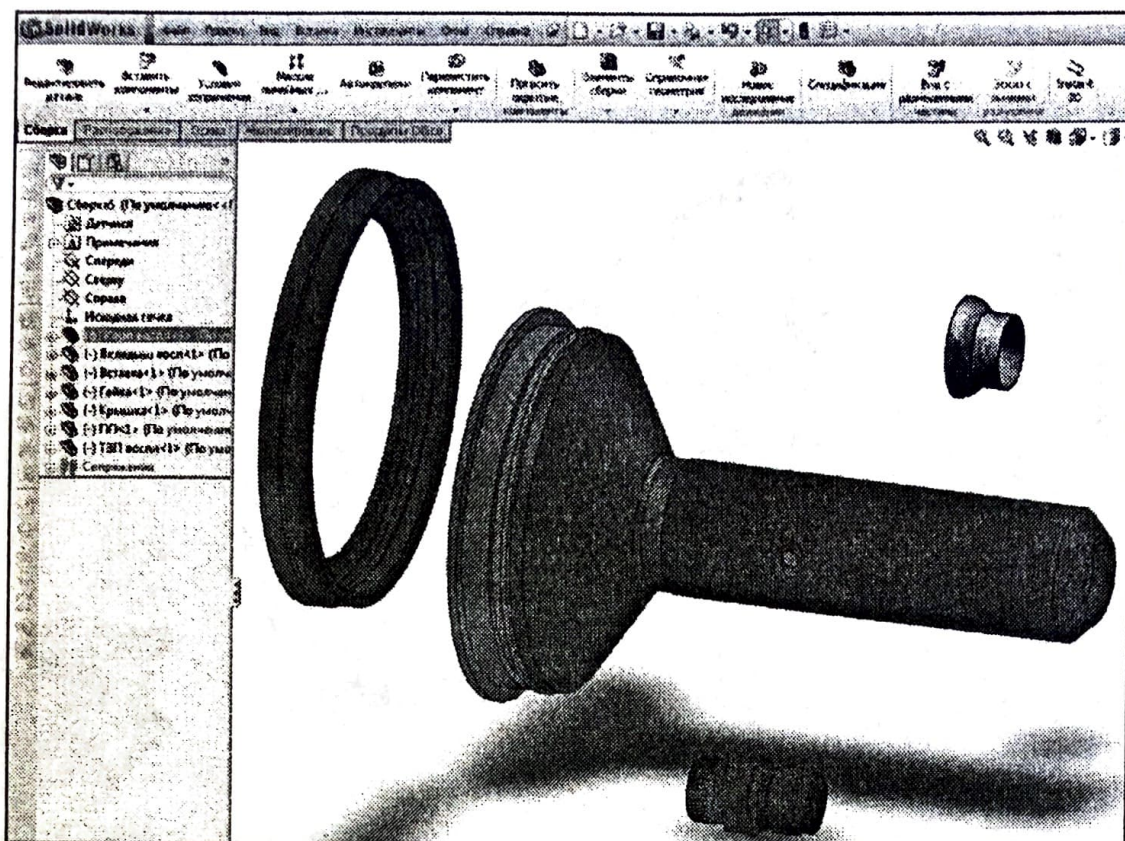



Рис. 8.3. Размещение и сборка импортированных элементов

9. СБОРКА ДВИГАТЕЛЯ

Для выполнения сборки двигателя последовательно помещают все детали и узлы в сборочное пространство и выбирают необходимые типы сопряжений (рис. 9.1). Физически блок-Т скреплен с обечайкой корпуса двигателя, поэтому рекомендуется создать сначала их отдельную сборку с собственным именем, а затем использовать ее в дальнейшей сборке двигателя.

Созданную ранее деталь “Сегментная шпонка” необходимо вставить в предназначенный для этого кольцевой паз на крышке и равномерно размножить этот элемент сборки по окружности паза. Установка шпонки в паз показана на рис. 9.2. Сначала нижнюю поверхность шпонки совмещаем с цилиндрической поверхностью паза, для чего выделяем сопрягаемые поверхности и в меню команды **Условия сопряжения**  выбираем **Касательность**, а затем, выделяя боковую поверхность шпонки и вертикальную стенку канавки, выбираем условие сопряжения “Совпадение”. Можно также задать угловое положение шпонки относительно главных плоскостей сборки (крышки). Таким образом, положение шпонки в канавке крышки однозначно определено. На рис. 9.2 стрелками

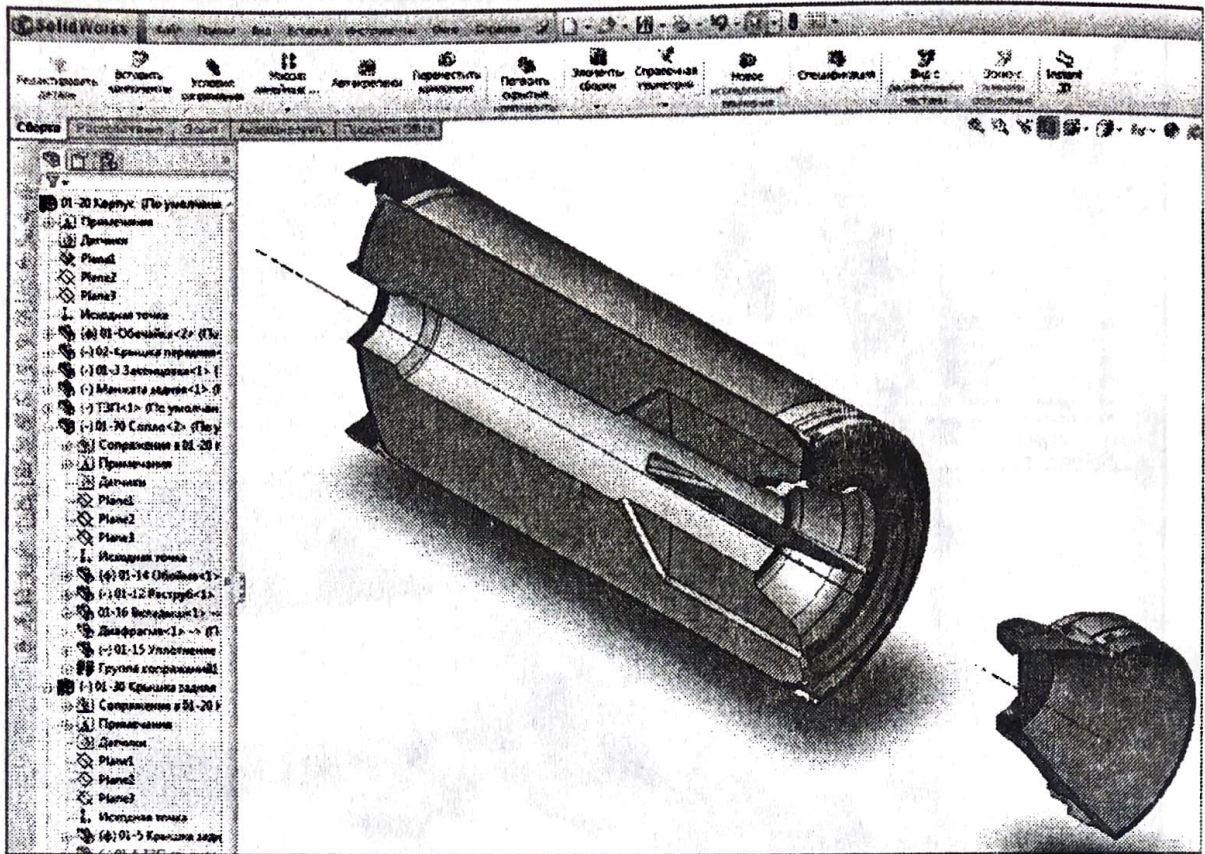


Рис. 9.1,а. Установка задней крышки

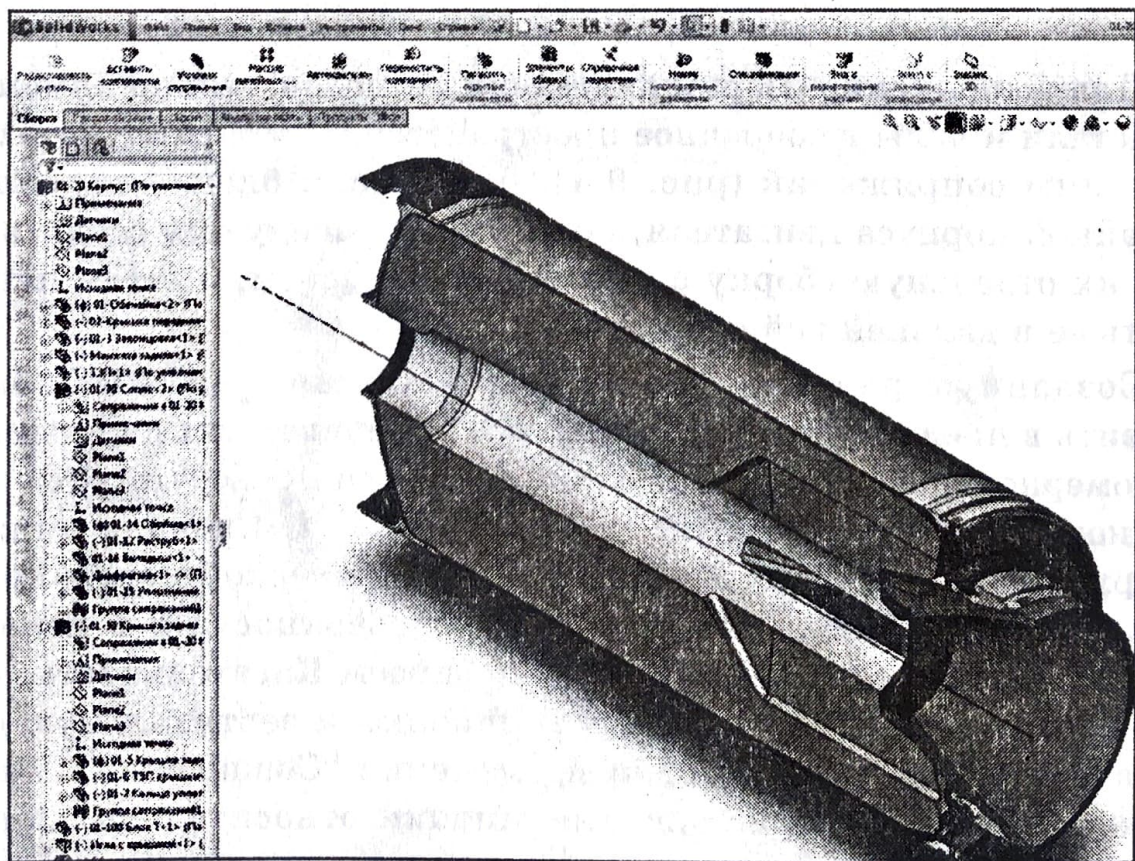


Рис. 9.1,б. Установка соплового блока двигателя

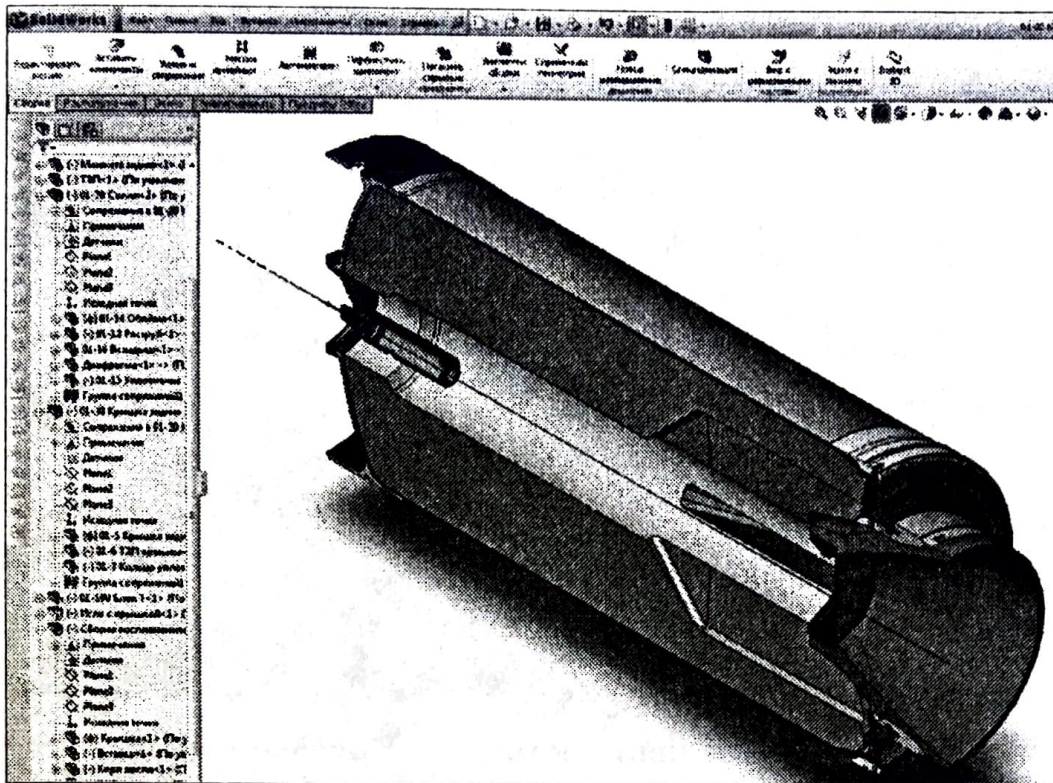


Рис. 9.1,в. Установка воспламенителя

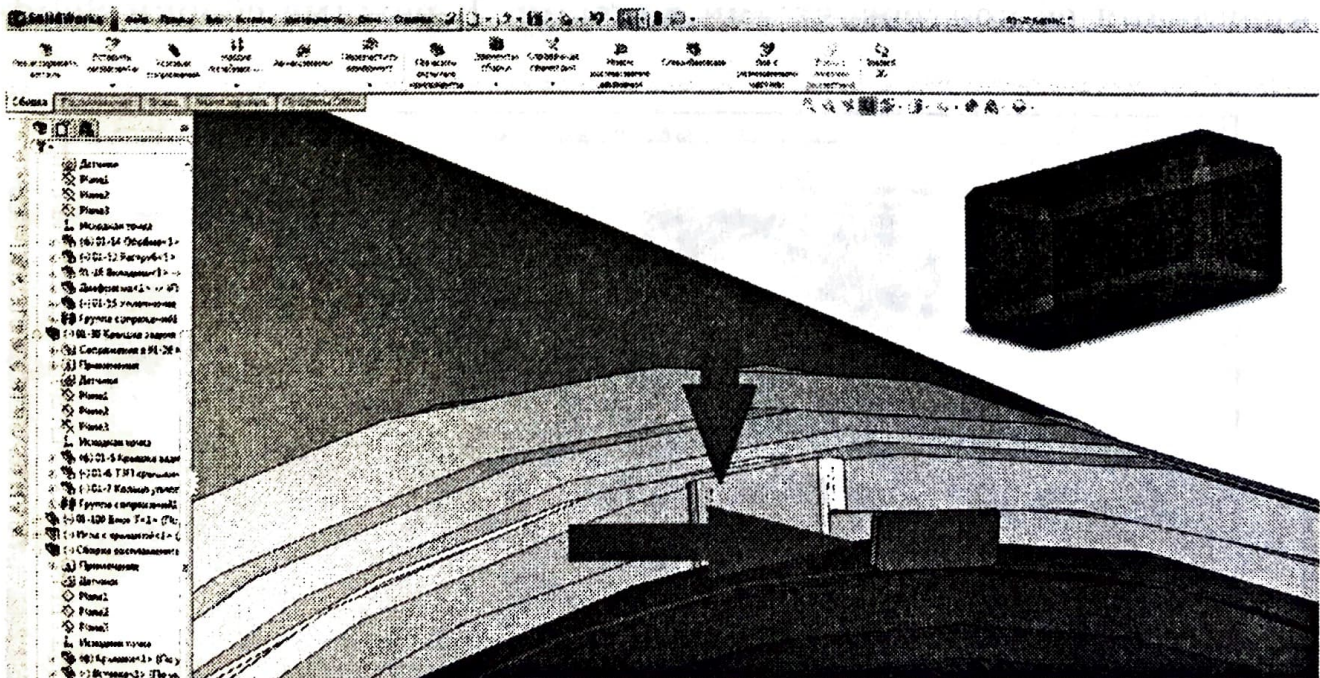


Рис. 9.2. Установка шпонки

показан процесс физической установки шпонки при сборке двигателя. Для расположения всех шпонок воспользуемся командой **Круговой массив** на панели инструментов (рис. 9.3).

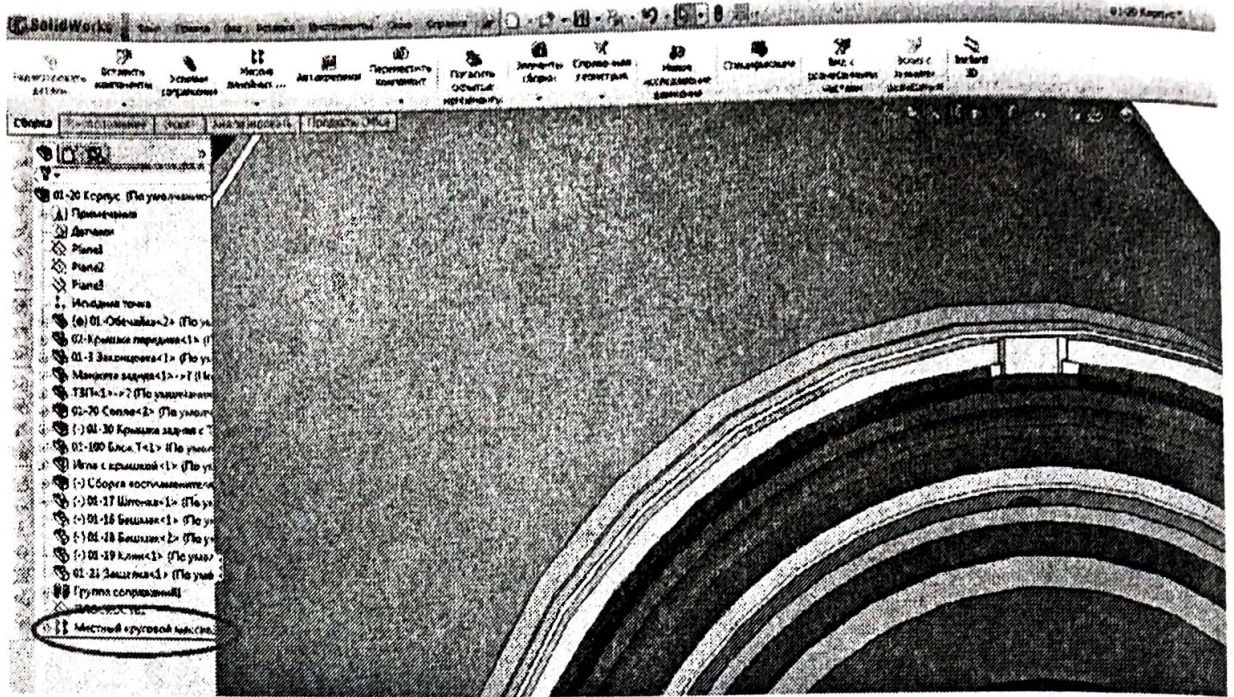


Рис. 9.3.Выполнение команды Круговой массив

Установка шпонок при сборке завершается установкой распорных “башмаков” (рис. 9.4), запирающего клина (рис. 9.5) и постановкой защелки — герметизирующей крышки (рис. 9.6) и крепления её контрольными винтами. В режиме сборки Solid-

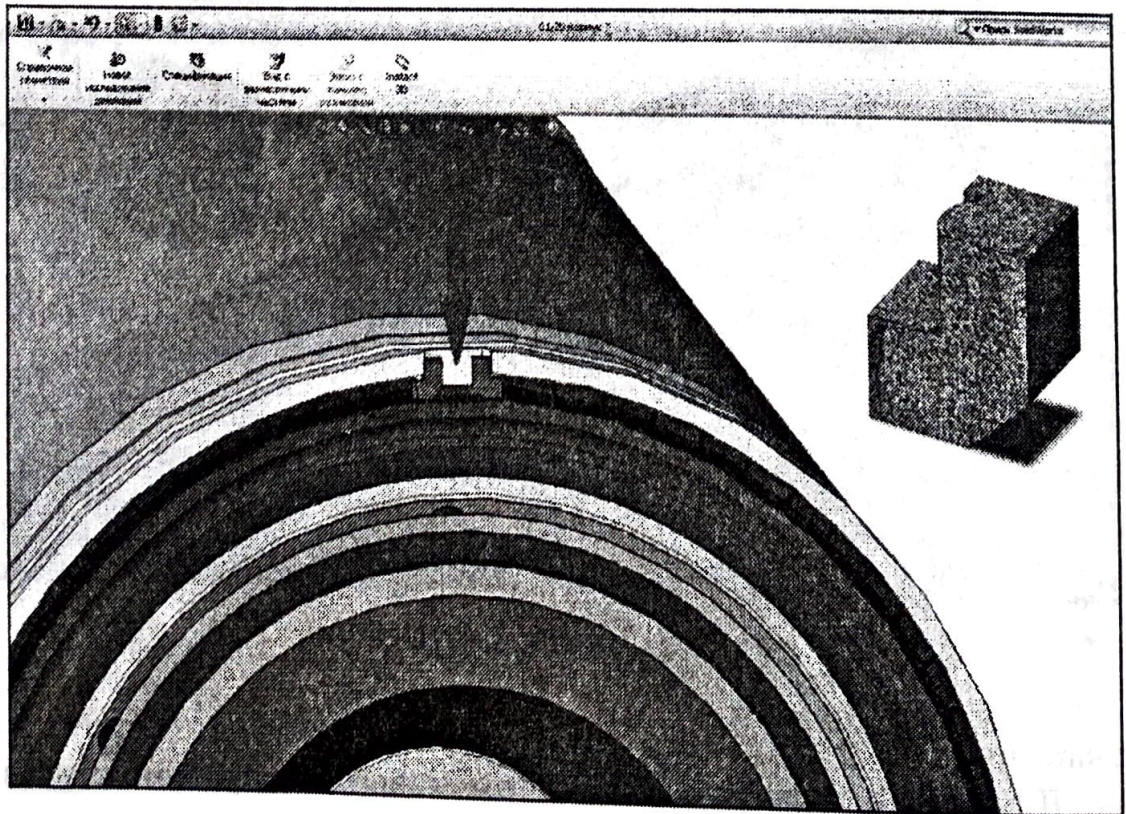


Рис. 9.4. Установка башмаков

Works эти операции выполняются аналогично операции установки шпонки при соответствующем выборе элементов и способов сопряжения. Теперь необходимо закрепить защелку винтами.

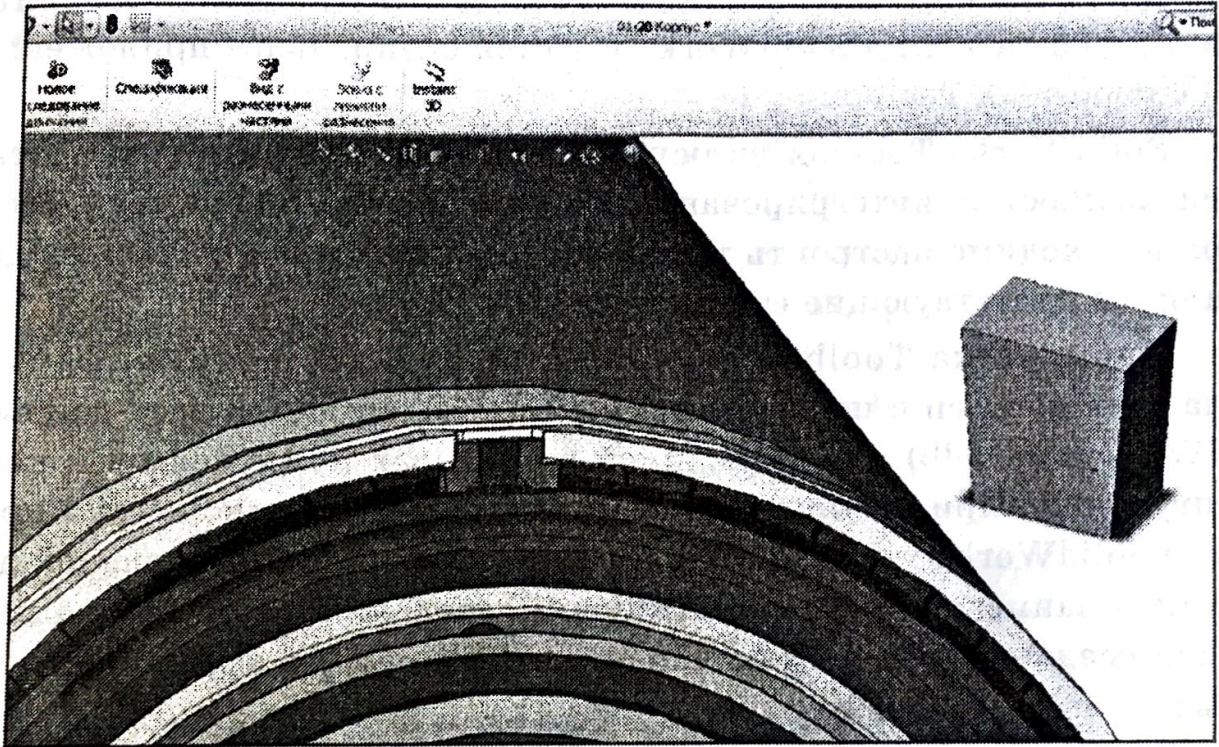


Рис. 9.5. Установка клина

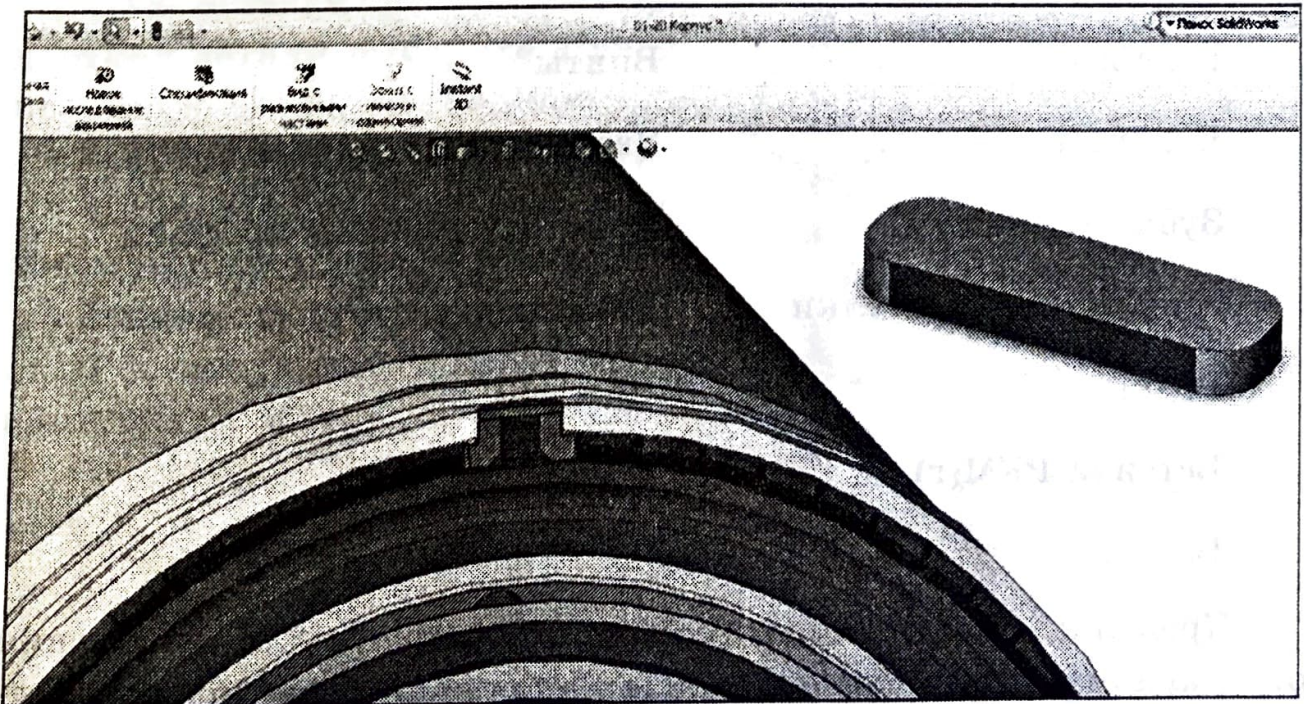


Рис. 9.6. Установка защелки

10. БИБЛИОТЕКА СТАНДАРТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Для вставки в сборку стандартных деталей, таких, как винт, болт шайба и т.п., в SolidWorks имеется специальное приложение — библиотека Toolbox.

SolidWorks Toolbox включает библиотеку стандартных деталей, полностью интегрированную в SolidWorks. Библиотеку Toolbox необходимо настроить таким образом, чтобы она включала детали, соответствующие стандартам РФ.

Библиотека Toolbox содержит следующие данные: файлы главных деталей с поддерживаемыми стандартами и базу данных (SWBrowser.mdb) с информацией о размерах компонентов и конфигураций. При использовании нового размера компонента в проекте SolidWorks утилита Toolbox либо обновляет файл главной детали и записывает соответствующие сведения о конфигурации, либо создает файл детали для нового размера, в зависимости от выбора пользователя.

Toolbox поддерживает международные стандарты включая: ANSI, AS, BSI, CISC, DIN, GB, ISO, IS, JIS и KS. Toolbox включает следующие крепежные детали:

Подшипники	Стопорные кольца
Болты	Винты
Кулачки	Звездочки
Зубчатые колеса	Конструкционные профили
Кондукторные втулки	Шкивы для зубчатых ремней
Гайки	Unistrut®
Вставки PEM(r)	Шайбы
Болты	

Крепежи, имеющиеся в Toolbox, непригодны для проведения ряда анализов, например анализа напряжения, поскольку представлены в упрощенном виде и содержат лишь приблизительные данные о резьбе.

Зубчатые колеса Toolbox являются репрезентациями для целей проектирования машин. Они не являются действующими зубчатыми передачами, которые можно использовать в производстве.

Реечные передачи должны иметь менее 1000 зубцов.

Кроме того, в Toolbox имеется несколько конструктивных инструментов:

- Расчет балки для определения напряжения и отклонения балки.
- Расчет подшипника для определения нагрузки и жизненного цикла подшипника.
- Канавки — добавление стандартных канавок к цилиндрическим деталям.
- Конструкционная сталь для добавления в качестве эскиза в деталь.

Для вставки в сборку стандартной детали выберите в главном меню закладку Toolbox или одноименную иконку (рис. 10.1).

Выберите стандарт, тип и основной размер детали (например диаметр резьбы), которую необходимо вставить, затем перетащите компонент в сборку.

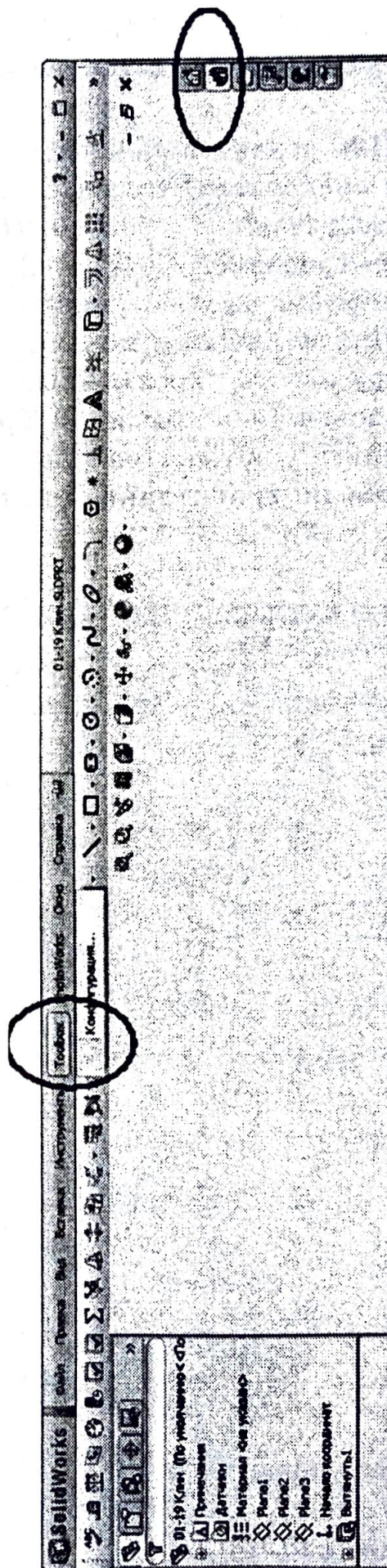


Рис. 10.1. Выбор команды

11. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

Для подачи напряжения от энергосистемы ЛА к иницирующим средствам двигателя применяют гибкий кабель, который прокладывают по свободным полостям ДУ от электроразъема ЛА к электроразъему двигателя. Такой кабель имеет сложную пространственную конструкцию.

Для получения модели электрического кабеля воспользуемся инструментом "Трехмерный эскиз". Сначала создадим эскиз, воспользовавшись командой Трехмерный эскиз, расположенной на панели инструментов (рис. 11.1). Далее выполним команду Бобышка по траектории, расположенной на панели инструментов (рис. 11.2).

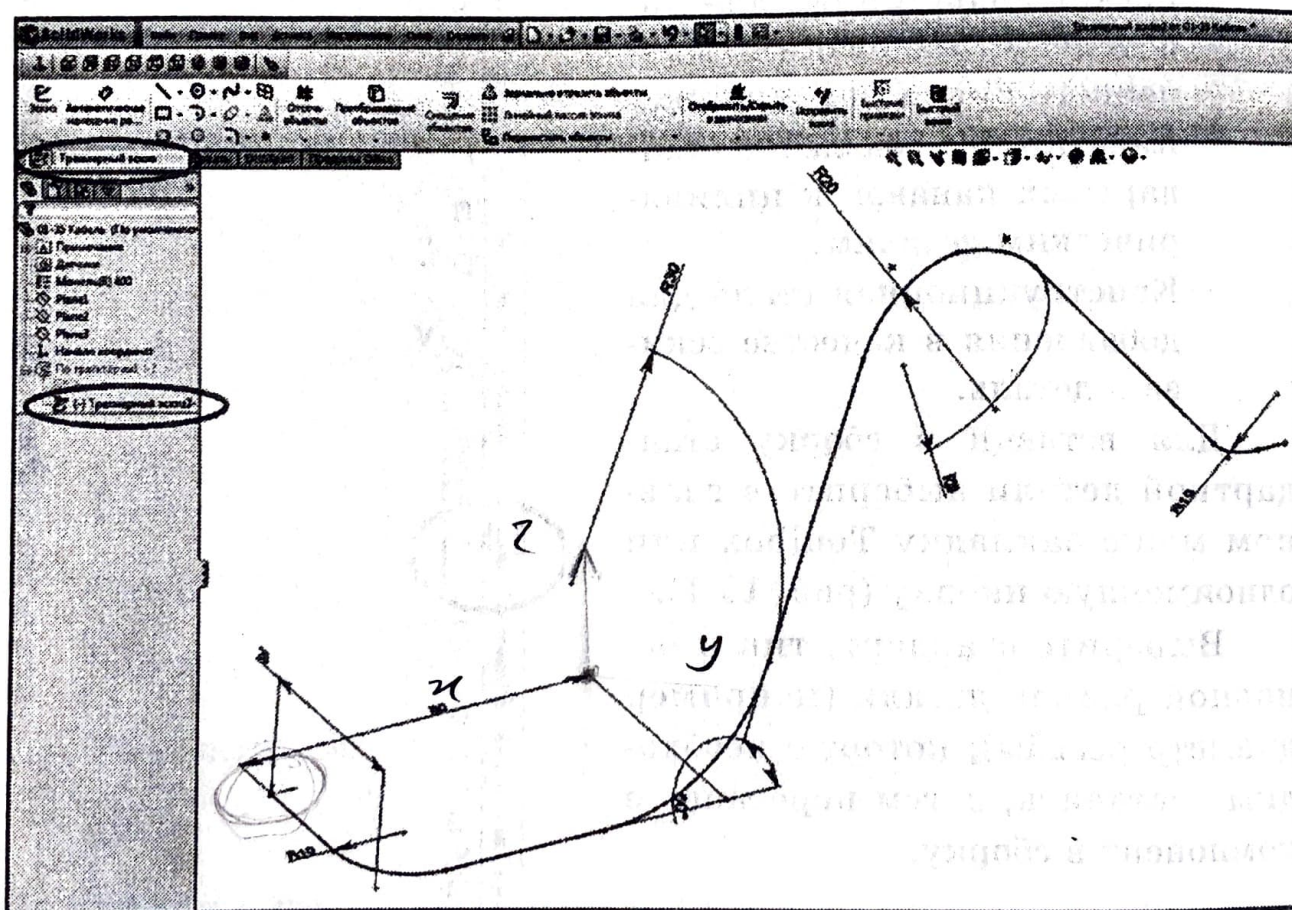


Рис. 11.1. Создание трехмерного эскиза

Завершаем сборку двигателя добавлением электрического кабеля с помощью команд Вставить компоненты и Условия сопряжения (рис. 11.3).



Рис. 11.2. Выполнение команды Бобышка по траектории

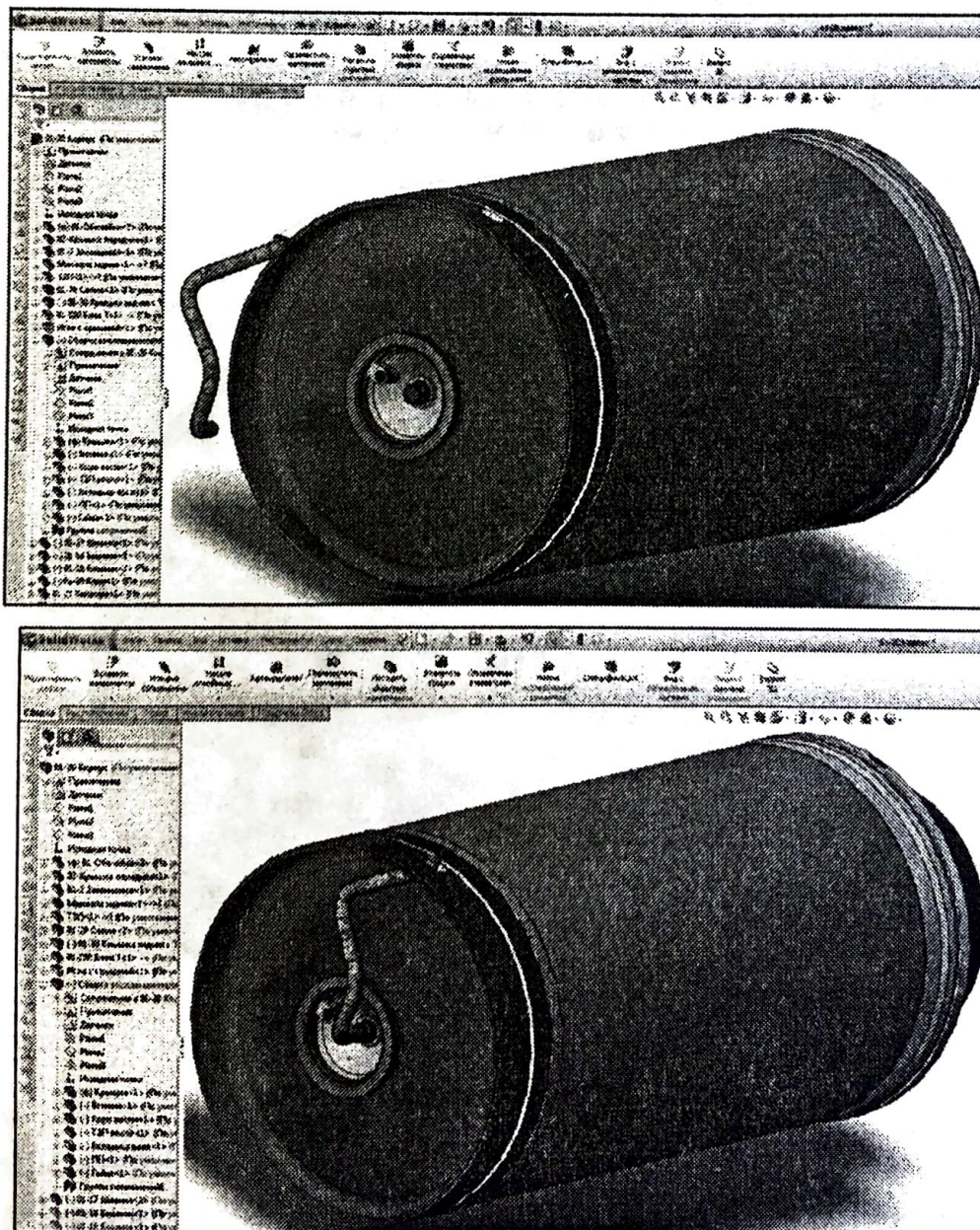


Рис. 11.3. Вставка компонентов и условия сопряжения

12. ОФОРМЛЕНИЕ СБОРКИ ДВИГАТЕЛЯ

Сборка двигателя закончена. Теперь необходимо еще раз убедиться, что все элементы и детали сборки зафиксированы; вспомогательные элементы эскиза, такие, как “вспомогательные оси”, “плоскости”, “размеры”, “эскизы”, “точки” и т.п. находятся в состоянии — невидимый. Можно определить массу двигателя, его центр масс с помощью команды “Массовые характеристики”. Для более удобного восприятия изображения двигателя можно отредактировать цвет отдельных деталей. В случае если предполагается включение сборки в презентацию Power Point, Adobt Reader или любом другом соответствующем программном продукте, бывает полезно сделать вырез четверти модели (рис. 12.1). В отличие

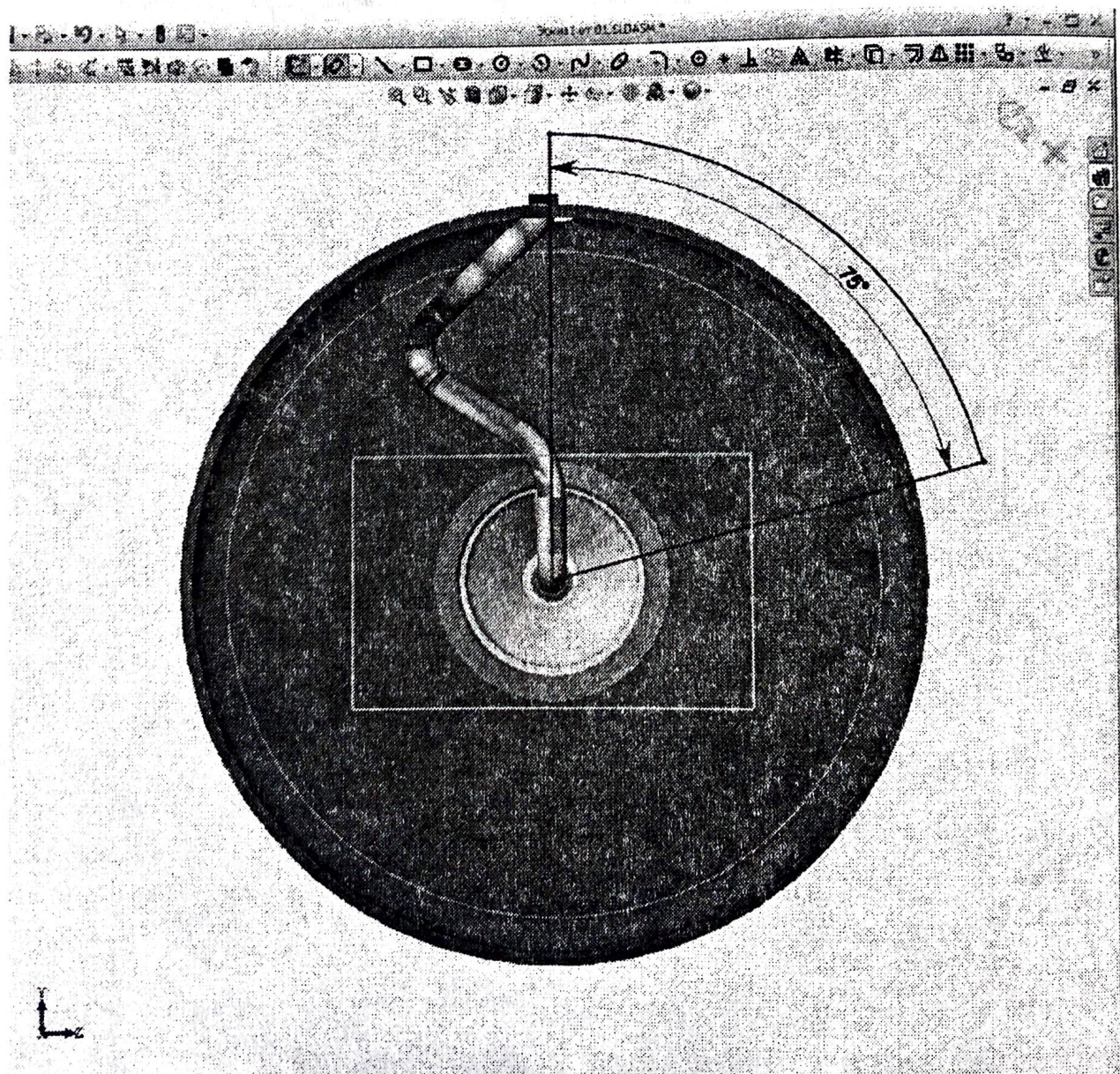



Рис. 12.1. Эскиз выреза сборки

от разреза, создаваемого в рамках открытой сборки (иконка ), вырез должен сохраняться при переносе в любой другой файл. Проще всего это сделать с помощью инструмента “Вытянутый вырез”. Для этого на плоскости сборки, перпендикулярной направлению выреза, создается эскиз сектора, перекрывающего все элементы сборки, после чего выполняется команда “Вытянутый вырез” на заданную произвольную глубину (рис. 12.2). Заметим, что угол раскрытия сектора в эскизе также может быть произвольным, что обеспечивает требуемый уровень детализации и информативности изображения.

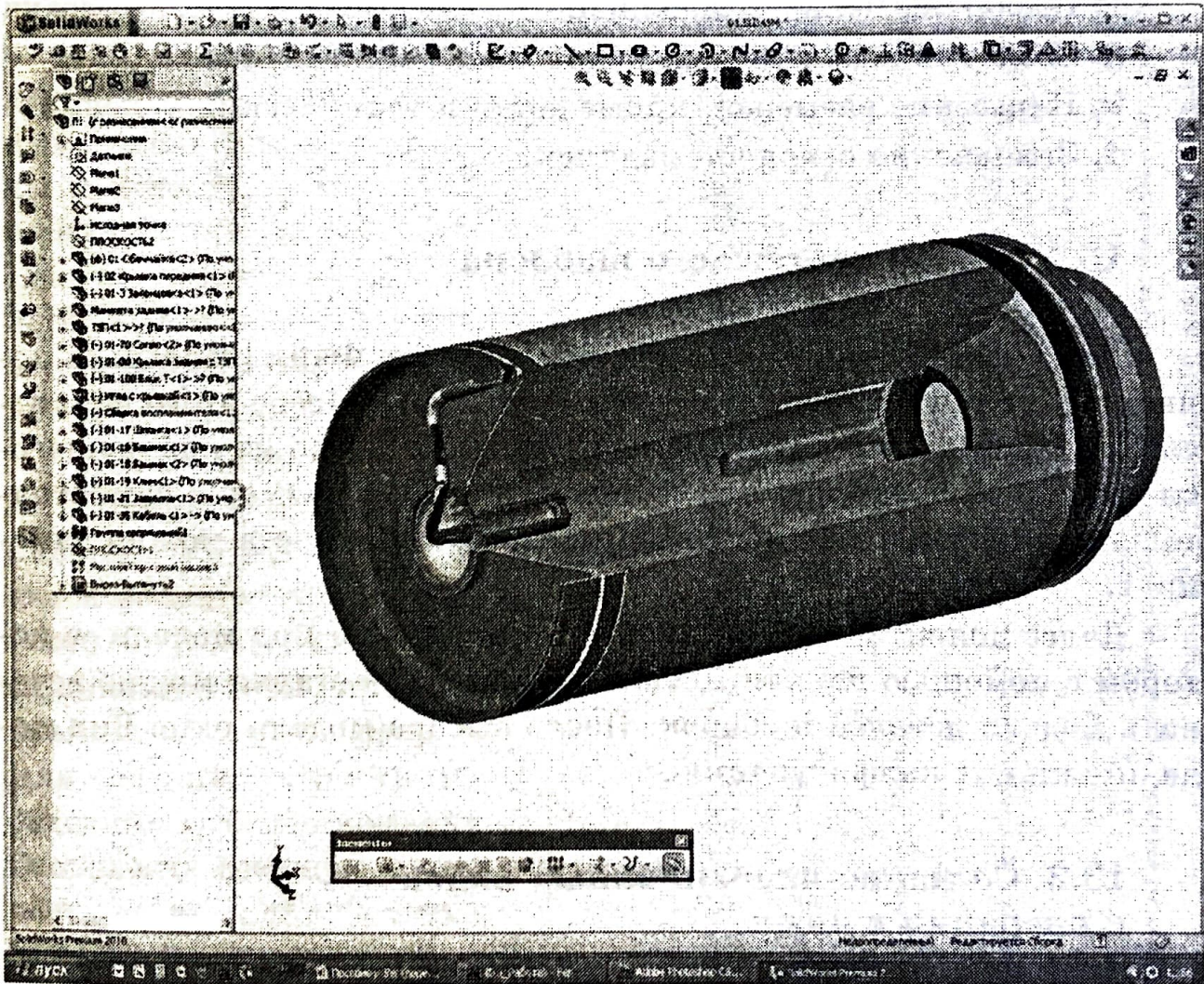


Рис. 12.2. Сборка двигателя с сегментным вырезом

Если мы хотим оставить отдельные под сборки неразрезанными, то для этого достаточно создать дополнительные конфигурации разрезаемых объектов с вырезами, а неразрезаемые оставить в прежнем виде. Создав новую сборку, мы добьемся требуемого ре-

зультата. Такой подход более трудоемкий, но зато он может оказаться востребованным при создании плакатов, презентаций и информационных проспектов.

13. СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖА

Чертеж в SolidWorks создается на основании имеющихся 3D-моделей детали или сборки.

Всю работу по созданию чертежа можно разделить на следующие этапы:

1. Выбор чертёжного шаблона.
2. Создание необходимых видов и операции с ними.
3. Нанесение размеров, примечаний и технических условий.
4. Заполнение основной надписи.

13.1. Выбор чертёжного шаблона

Для создания чертежа выберите команду **Файл | Новый**, в появившемся окне выберите **Чертёж** (рис. 13.1). После этого появится окно **Формат листа/Размер**. В нём необходимо из появившегося списка выбрать формат листа или задать размеры самостоятельно, в дальнейшем процессе работы формат листа можно изменить.

Далее появится пустой лист чертежа и окно **Вид модели**, в котором с помощью панели **Деталь/сборка** для вставки можно вставить модели деталей и сборок. После выбора модели окно **Вид модели** изменит конфигурацию.

13.2. Создание проекционных видов и операции с ними

Для создания главного вида в окне детали на вкладке **Количество видов** установите режим **Один**, затем переместите курсор мыши в графическую область. Рядом с указателем возникнет динамический вид спереди. После выбора места расположения вида на чертеже появится требуемый вид. Если за главный вид принимается не вид спереди, то выбрать вид можно во вкладке **Ориентация** (рис. 13.2).

После создания главного вида автоматически запускается команда **Создание проекционных видов** и появляется окно **Проекционный вид** (рис. 13.3).

При движении мыши в различных направлениях от чертежа отображаются другие виды. После построения проекционных видов нажмите **ОК**. При этом проекционный вид будет жестко связан с главным видом. Перемещать виды можно мышью, зажав на клавиатуре кнопку **Ctrl**. При создании проекционного вида нажатие и удержание кнопки **Ctrl** освободит его от главного вида.

Для создания разрезов и сечений выполняется команда **Разрез** и проводится линия секущей плоскости, после чего появляется динамический вид и открывается окно **разрез**. Для создания сечения необходимо выбрать команду **Отобразить** текущую плоскость во вкладке **Сечение** (рис. 13.4).

Для более подробного показа элементов крепежных отверстий и проточек создается **Местный вид**. Для этого на панели инструментов чертёж нажмите кнопку **Местный вид**. Ак-

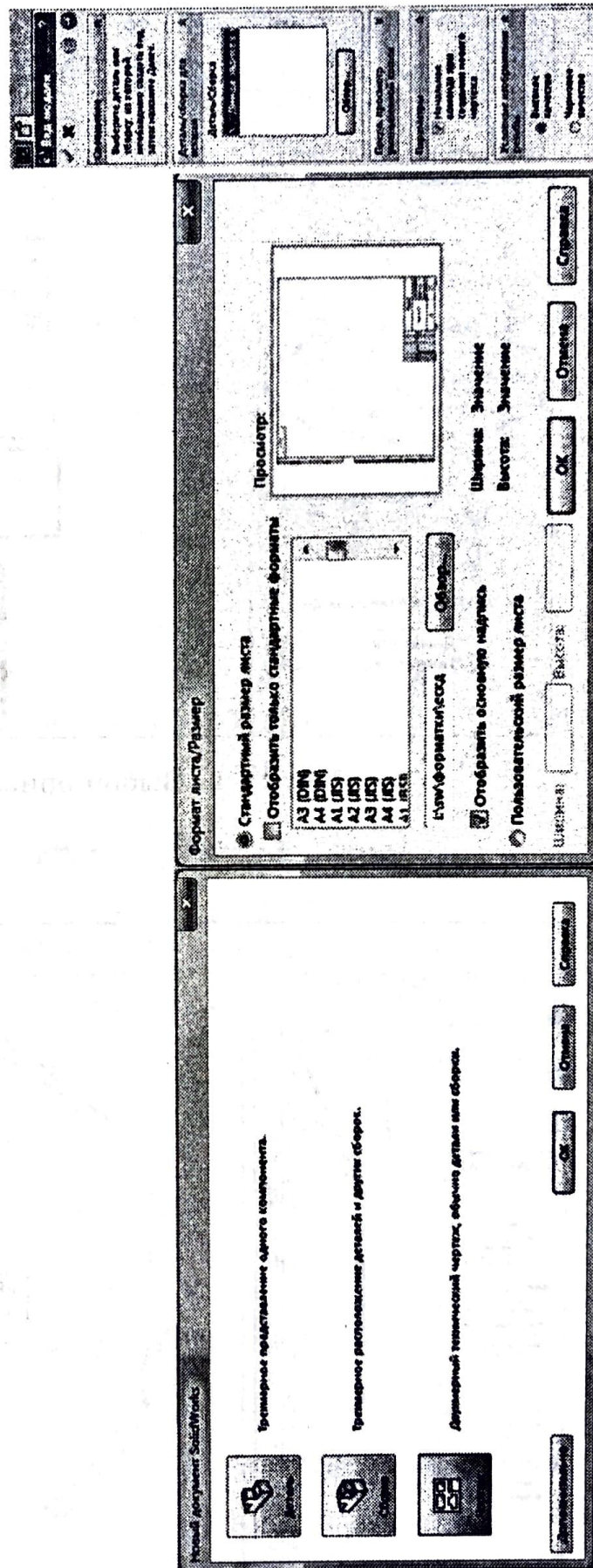


Рис. 13.1. Создание нового чертежа

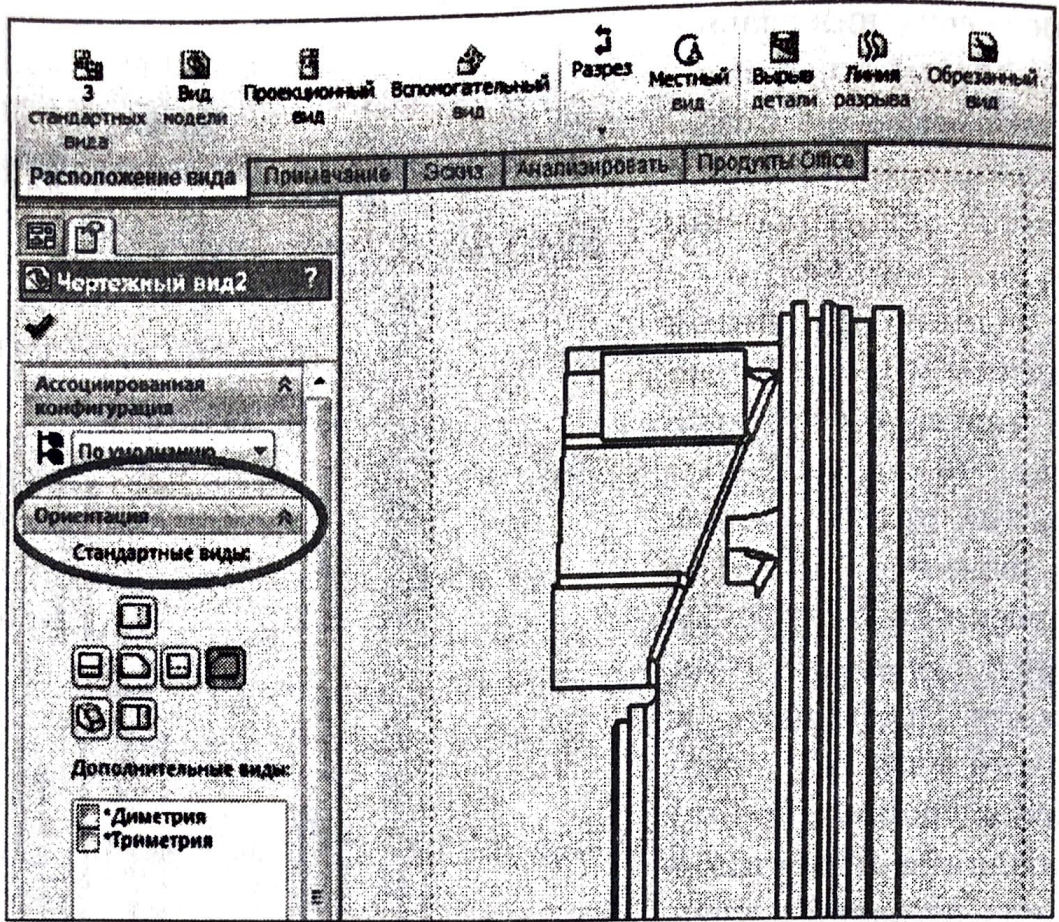


Рис. 13.2. Выбор ориентации вида

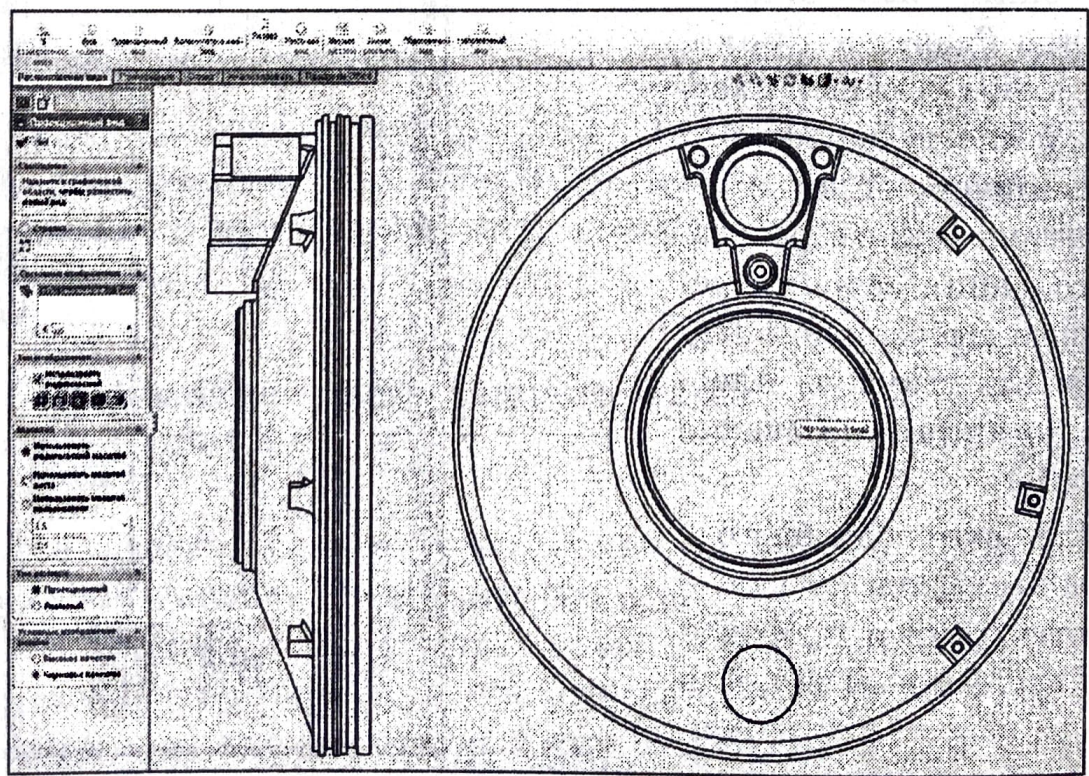


Рис. 13.3. Создание проекционного вида

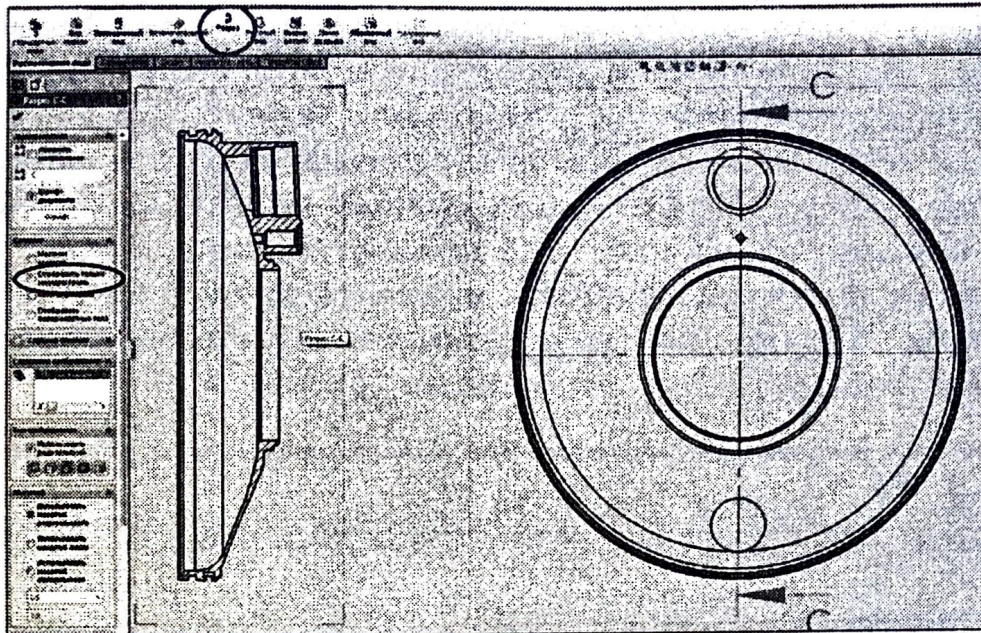


Рис. 13.4. Создание разреза

тивизируется кнопка **Окружность** на панели инструментов эскиз. Нарисуйте окружность вокруг выбранного элемента, после этого в открывшемся окне выберите нужный масштаб (рис. 13.5).

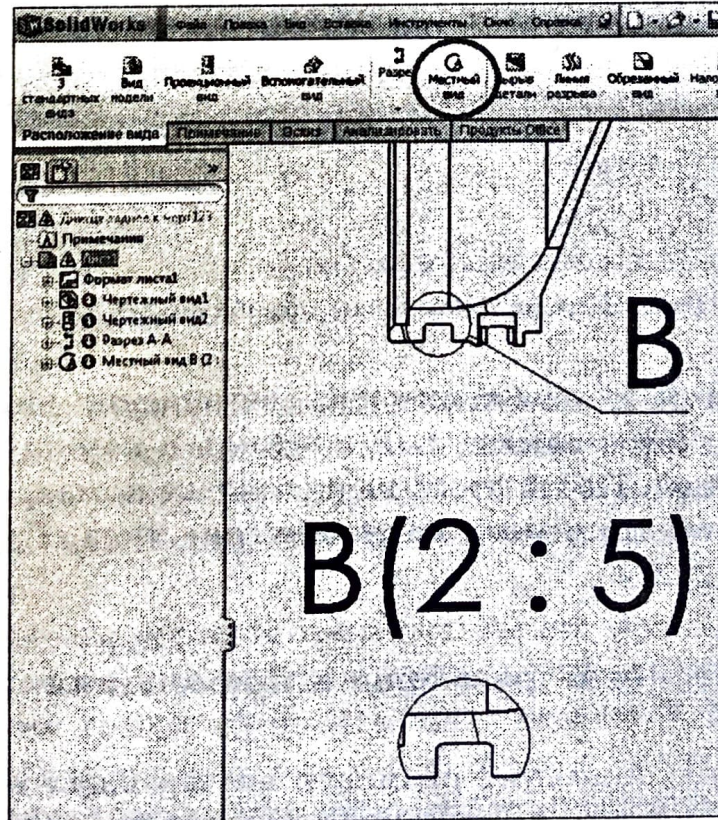



Рис. 13.5. Создание местного вида

В некоторых случаях требуется показать только часть вида. Для этого создайте требуемый вид, затем на панели инструментов **Чертеж** нажмите кнопку  **“Обрезанный вид”**. Эта команда обрезает существующий вид для его частичного отображения. После выполнения команды будет предложено нарисовать замкнутый контур (сплайн, окружность или прямоугольник). После того как нарисовали замкнутый контур, нажмите кнопку **ОК**, чтобы закрыть окно **Создание контура**. Затем снова выберите команду **Обрезанный вид**, вид станет обрезанным (рис. 13.6,а).

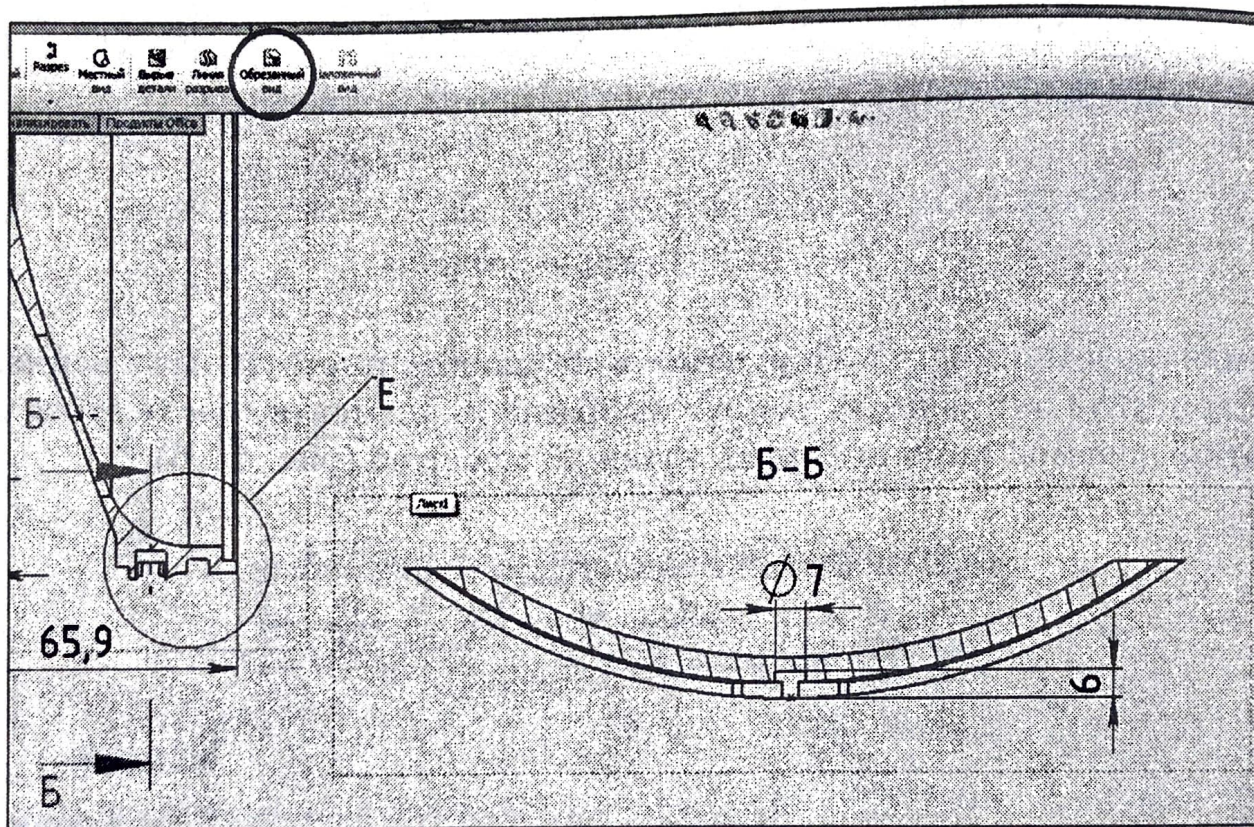


Рис. 13.6,а. Создание обрезанного вида

Часто возникает необходимость совмещения вида с разрезом. Для этого создается замкнутый профиль с помощью панели инструментов **Эскиз**. После этого выполняется команда **Вырыв детали** на панели инструментов **Расположение вида**. Глубина вырыва задается (рис 13.6,б).

13.3. Постановка размеров и примечаний

В основном нанесение размеров на чертежах выполняют командой **Автоматическое нанесение размеров** на панели инструментов **“Размеры/взаимосвязи”**, последовательно указывая кромки.

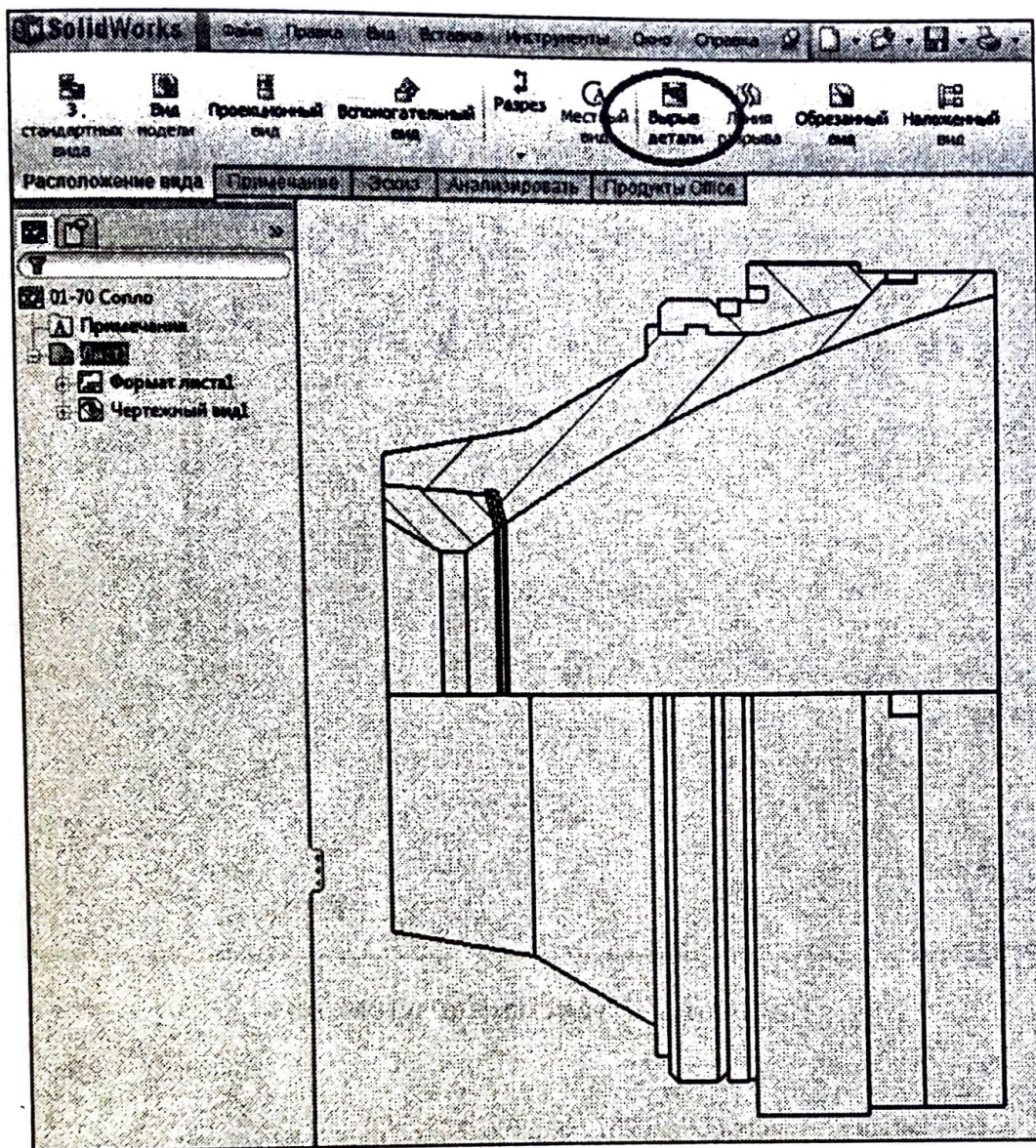


Рис. 13.6,б. Создание вида с разрезом

При нанесении диаметральных размеров необходимо выбрать соответствующий значок в открывшемся окне редактирования размера (рис. 13.7).

Для создания размеров между осями или центрами окружностей сначала создаются оси (центры) командами **Осевая линия** и **Указатель центра** соответственно (рис. 13.8). После этого выполняется команда **Автоматическое нанесение размеров** и выделяются оси.

Для постановки угловых размеров также выполняется команда **Автоматическое нанесение размеров** и выделяются кромки, между которыми требуется показать угловой размер.

При нанесении размеров на скруглениях выполняется команда **Автоматическое нанесение размеров** и выделяется скруглённая кромка. В случае когда необходимо показать одним размером два

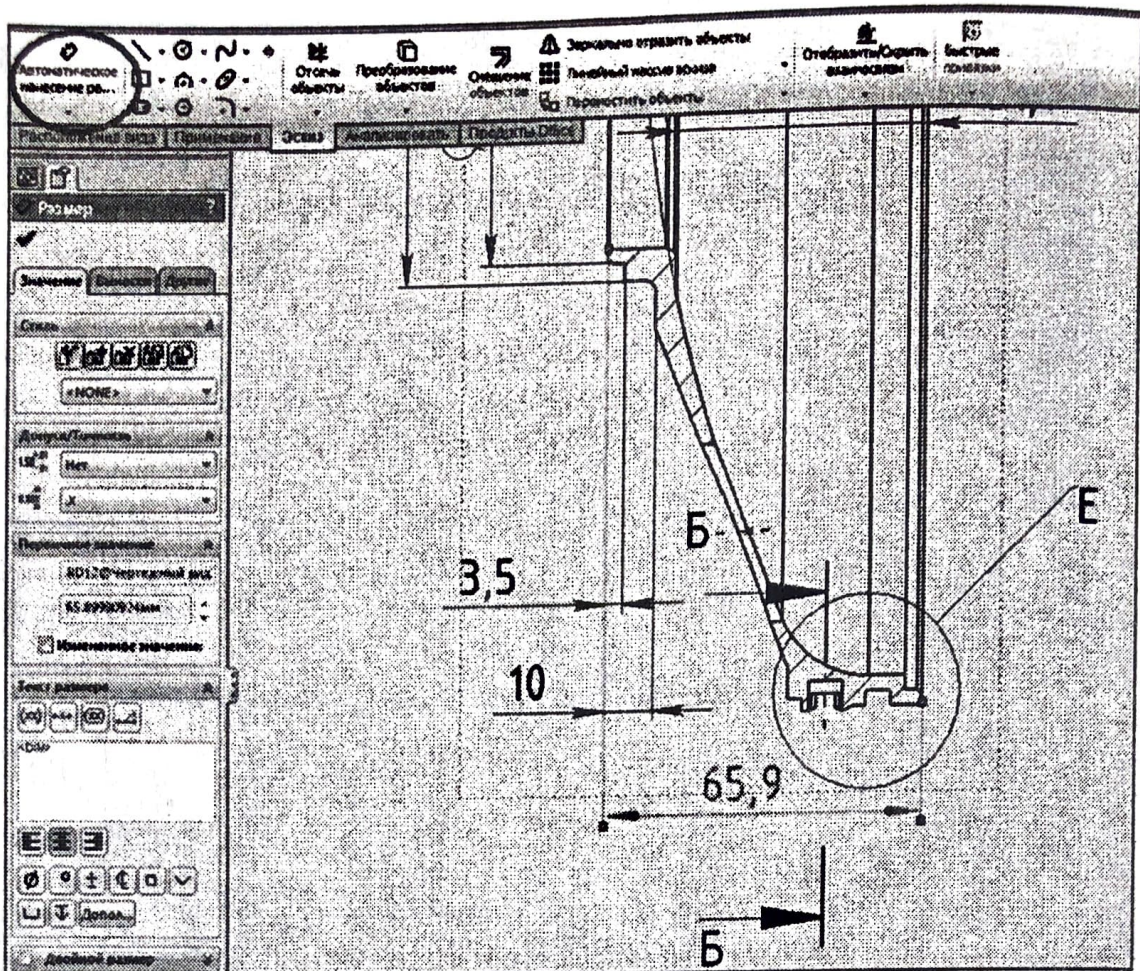


Рис. 13.7. Нанесение размеров

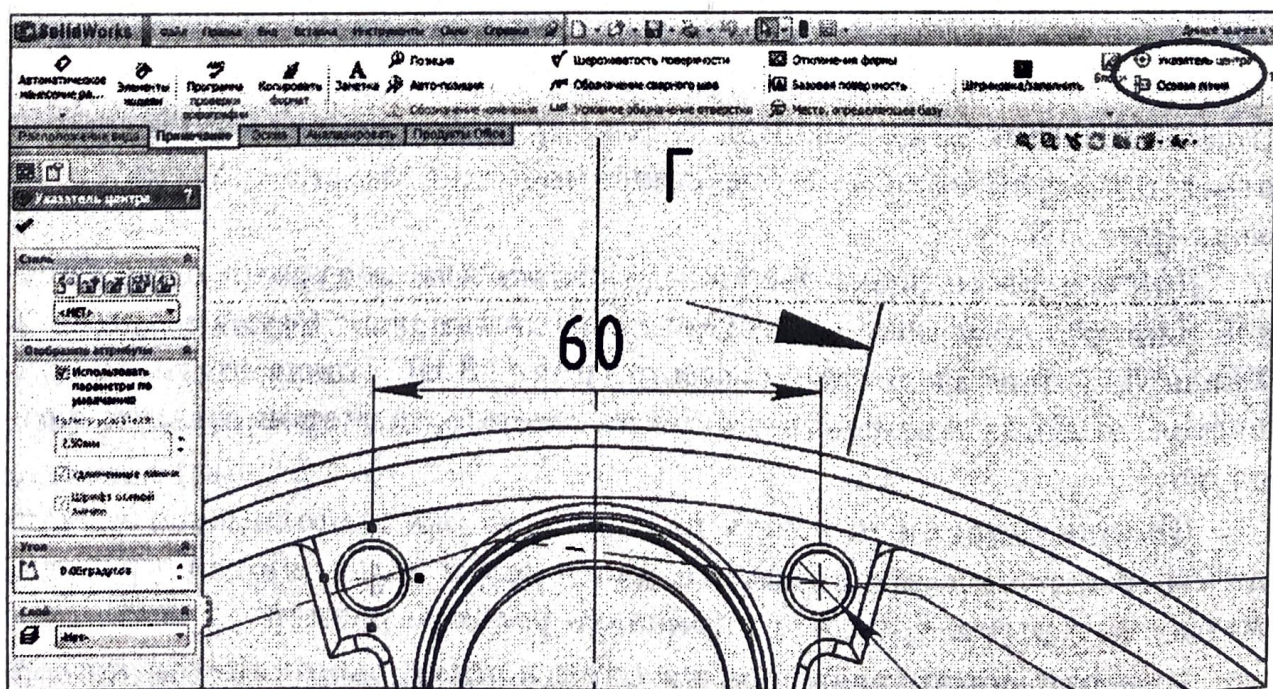


Рис. 13.8. Простановка межосевого расстояния

одинаковых скругления, после нанесения размера на одну кромку выполняется следующее: выбирается команда Заметка на панели инструментов “Примечания”, выделяется первая скруглённая кромка. Затем, зажав на клавиатуре кнопку Ctrl, выбирают вторую и выделяют поставленный ранее размер. После этих операций выбирается размер на кромке, с помощью правой кнопки мыши выполняется команда Скрыть (рис. 13.9).

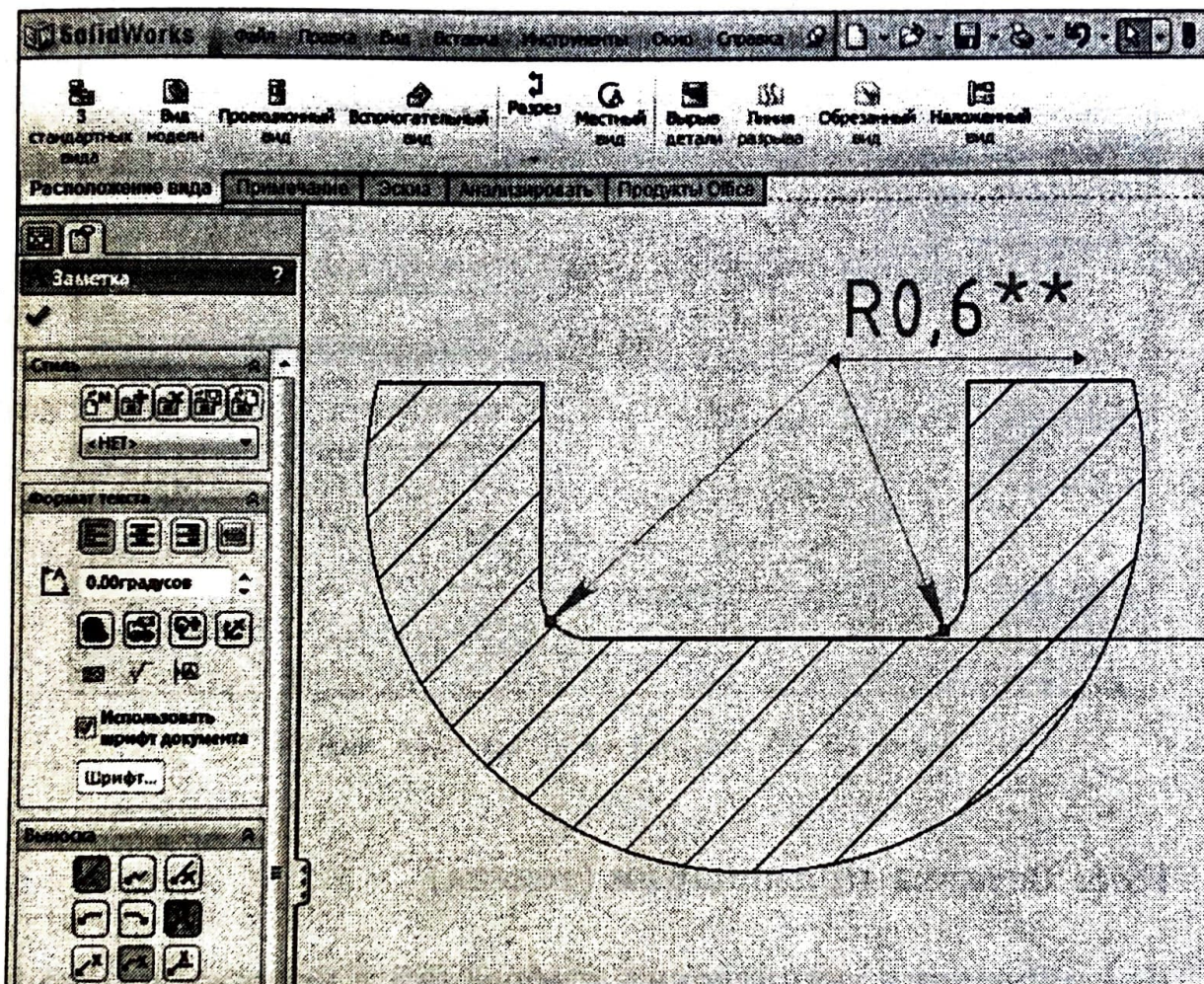


Рис. 13.9. Постановка радиусов скругления

Скрытие выносных линий требуется в тех случаях, когда скрывается часть чертежа и размерной линии не на что опереться, например при выполнении **Местного вида**. Размер при этом выполняется с помощью команды **Примечания / Несколько изогнутых линий указателей**. Для скрытия выносной линии нажмите на неё правой кнопкой мыши и выберите команду **Скрыть выносную линию**. Лишняя часть размерной линии убирается аналогичным образом. Нажмите на ту часть линии, которую необходимо удалить, и выберите команду **Скрыть линию размера** (рис. 13.10).

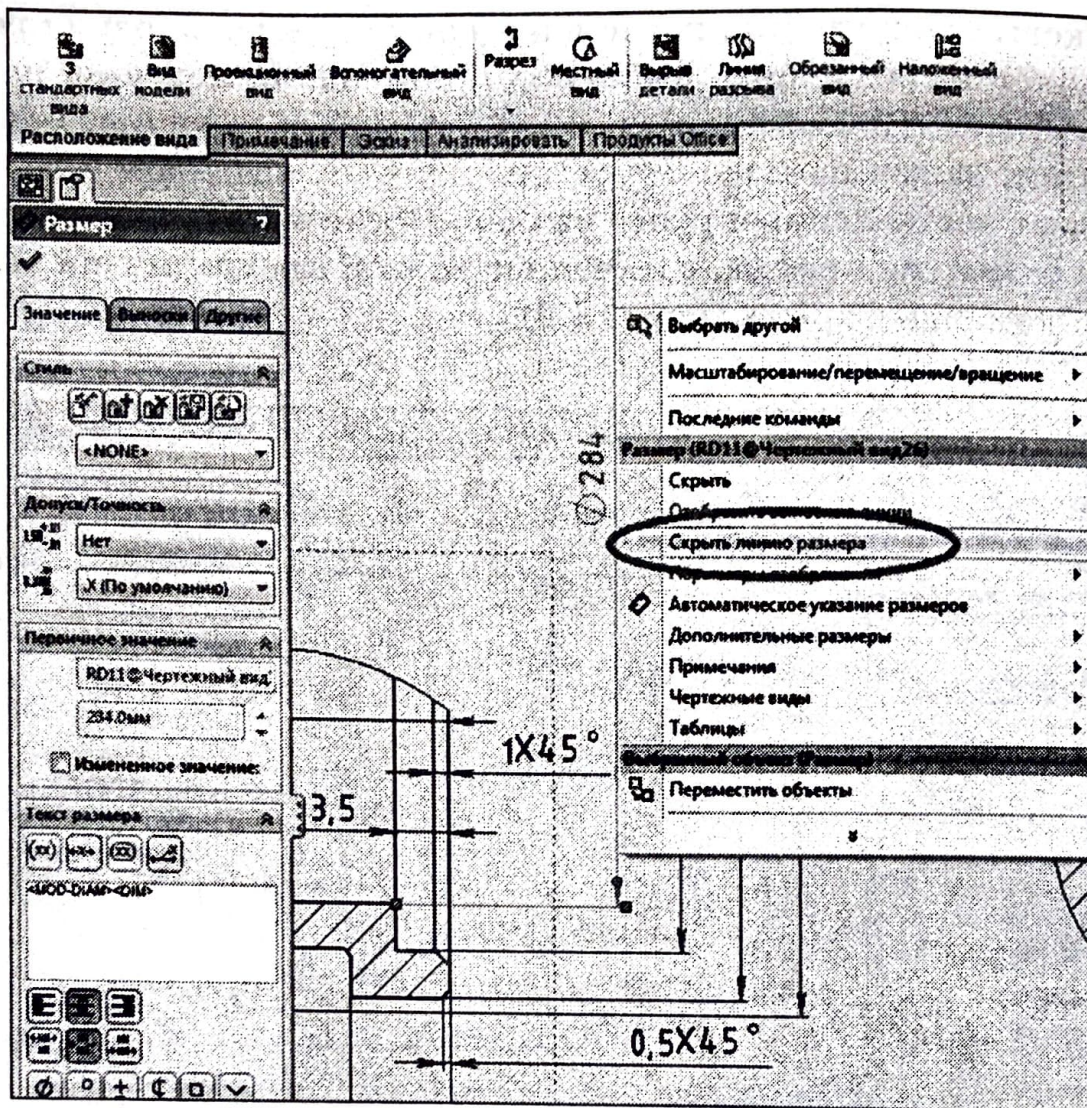



Рис. 13.10. Скрытие выносных линий

13.4. Вставка примечаний (текста)

Для написания технических требований к чертежу нужно выбрать на панели инструментов “Примечание” команду Заметка , выделить рабочую область и заполнить её текстом технических условий (рис. 13.11). При этом необходимо в окне “Форматирование” выбрать написание текста “ГОСТ А” с курсивом.

Для заполнения основной надписи чертежа необходимо выполнить команду Редактировать основную надпись, нажав правой кнопкой мыши в рабочей области. Все чертежные виды исчезнут, а в основной надписи возникнут поля, которые можно редактировать, щелкнув по ним два раза мышью. Появится окно Форматирования, и поле станет доступным для изменения. В данном окне можно задать шрифт, его тип, цвет, а также размер (рис. 13.11).

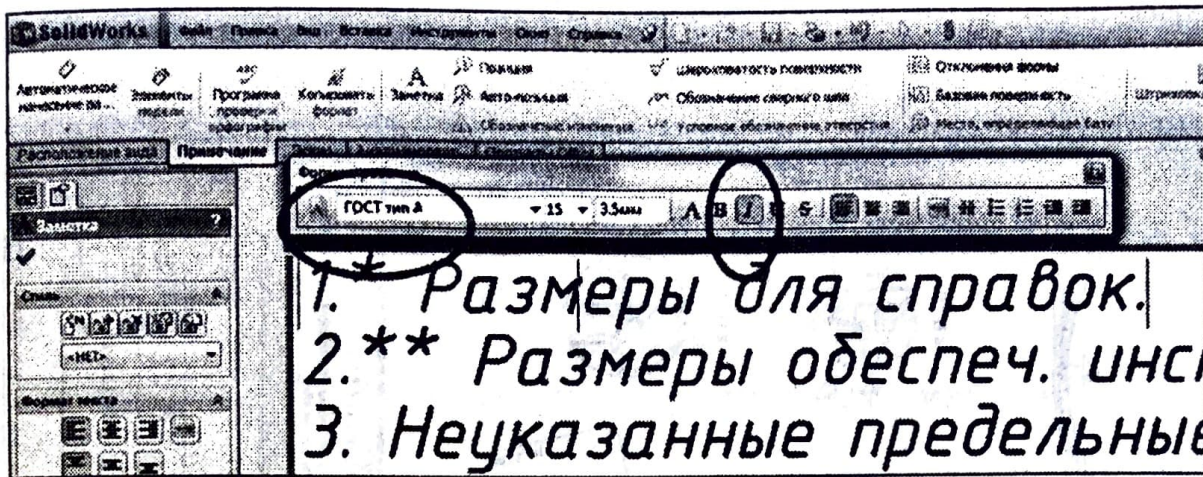
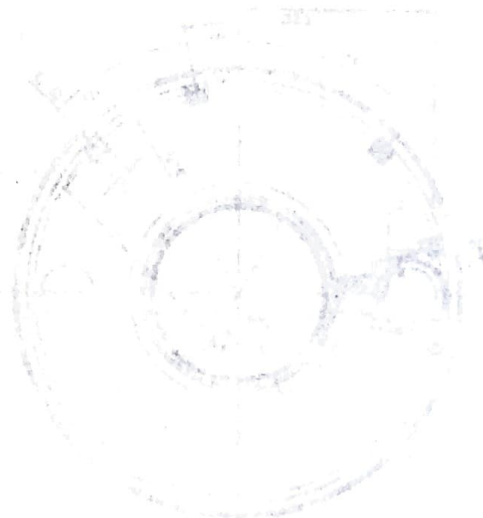


Рис. 13.11. Окно форматирования

Для возвращения в рабочее поле чертежа необходимо выполнить команду **Редактировать лист**, нажав правой кнопкой мыши в рабочей области.

В конце работы файл чертежа необходимо сохранить. Вид готового чертежа представлен на рис. 13.12.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шам Тику*. Эффективная работа в SolidWorks 2005. — СПб.: ООО “Питер Принт”, 2006.
 2. SolidWorks Оформление чертежей по ЕСКД: Учебное пособие. — М.: SolidWorks Russia, 2005.
 3. Онлайн-овая справка SolidWorks 2010.
 4. *Бушуев В.В.* Практика конструирования машин. — М.: Машиностроение, 2006.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
1. Общие требования к обучающимся	6
2. Начало проектирования	8
3. Создание модели детали	10
4. Создание сборки	18
5. Создание модели соплового блока	26
6. Создание сборки корпуса	33
7. Создание 3D-модели топливного блока	38
8. Импорт геометрии	42
9. Сборка двигателя	45
10. Библиотека стандартных деталей	50
11. Создание модели электрического кабеля	52
12. Оформление сборки двигателя	54
13. Создание чертежа	56
Библиографический список	67

**Куприков Михаил Юрьевич
Животов Николай Павлович
Кравчик Татьяна Николаевна
Рипецкий Андрей Владимирович**

**ОСОБЕННОСТИ
ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ЛА
В СРЕДЕ SOLIDWORKS**

**Редактор *М.С. Винниченко*
Компьютерная верстка *Т.Е. Евгеньевой***

Сдано в набор 27.12.11. Подписано в печать 15.05.12.

Бум. писчая. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ.л. 3,95. Уч.-изд. л. 4,25. Тираж 100 экз.

Заказ 091/483.

**Издательство МАИ-ПРИНТ
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4, Москва, А-80, ГСП-3 125993**

**Типография Издательства МАИ
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4, Москва, А-80, ГСП-3 125993**