

2 ОСНОВНЫЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИЕ ОПЕРАЦИИ

2.1 Общие сведения

Прежде чем приступить к созданию трёхмерной модели, необходимо решить вопрос, с какой части модели начинать построение. Универсального ответа в данной ситуации дать нельзя. Чем сложнее деталь, модель которой предстоит создать, тем с большей уверенностью можно утверждать, что разные конструкторы решат одну и ту же задачу, используя разные инструменты построения и применяя их в различной последовательности.

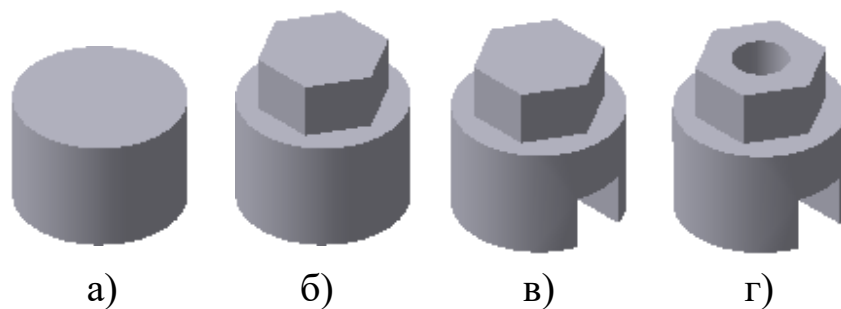
Тем не менее, можно посоветовать представить будущую модель, исключив из неё мелкие конструктивные особенности (такие как фаски, скругления, крепёжные отверстия), разбить на простые геометрические тела (параллелепипеды, призмы, торы и т.п.) и начинать построение с самого крупного из этих тел. Часто помогает в выборе первого элемента построения реальный технологический процесс изготовления детали.

Сложно дать универсальные рекомендации, касающиеся последовательности построения трёхмерных моделей. В процессе накопления опыта, каждый конструктор вырабатывает собственный подход к оптимальному маршруту создания той или иной формы.

Моделирование простых геометрических тел обеспечивают основные формообразующие операции: вращения (и вырезать вращением), выдавливания (и вырезать выдавливанием), кинематическая (и вырезать кинематически) и по сечениям (вырезать по сечениям).

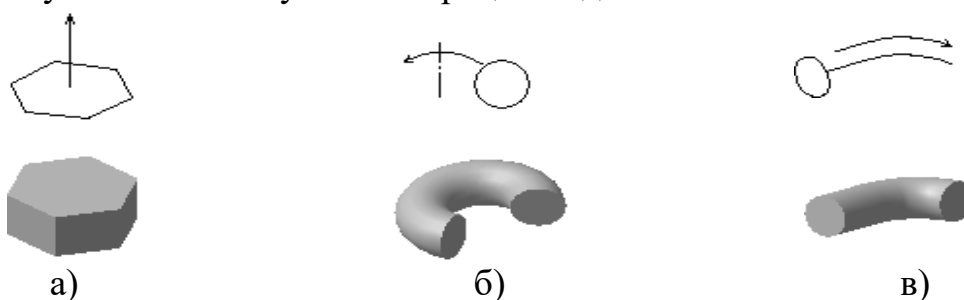
Порядок работы при создании трёхмерной модели детали

Общепринятым порядком моделирования твёрдого тела является последовательное выполнение булевых операций (объединения, вычитания и пересечения) над объёмными элементами (сферами, призмами, цилиндрами, конусами пирамидами и т. п.). Пример выполнения таких операций показан на рисунке 2.1.1. В КОМПАС-3D для задания формы объёмных элементов выполняется такое перемещение плоской фигуры в пространстве, след от которого определяет форму элемента (рисунок 2.1.2).



а) цилиндр; б) объединение цилиндра и призмы;
в) вычитание призмы; г) вычитание цилиндра

Рисунок 2.1.1 — Булевы операции над объёмными элементами



а) образование призмы (элемент выдавливания); б) образование тора (элемент вращения); в) образование элемента по траектории

Рисунок 2.1.2 — Образование объёмных элементов

Эскизы и операции

Плоская фигура, на основе которой образуется тело, называется **эскизом**, а перемещение эскиза — **операцией**.

Эскиз может располагаться в одной из ортогональных плоскостей координат, на плоской грани существующего тела или во вспомогательной плоскости, положение которой задано пользователем. Эскиз изображается на плоскости стандартными средствами чертёжно-графического редактора КОМПАС-3D. В эскиз можно перенести изображение из ранее подготовленного эскиза или фрагмента. Это позволяет при создании трёхмерной модели опираться на существующую чертёжно-конструкторскую документацию.

Построение новой детали начинается с создания основания — первого формообразующего (объёмного) элемента. В системе КОМПАС-3D для создания основания доступны следующие типы элементов:

- **элемент вращения** (и вырезать вращением) создает основание детали вращением плоской геометрической фигуры вокруг фиксиро-

ванной в пространстве оси;

- **элемент выдавливания** (и вырезать выдавливанием) *формирует основание* путем перемещения плоской геометрической фигуры в направлении, перпендикулярном ее плоскости;

- **элемент по траектории** (и вырезать по траектории) позволяет создать основание детали путем перемещения плоской фигуры сечения вдоль плоской кривой траектории;

- **элемент по сечениям** (вырезать по сечениям) формирует объемный элемент на основе нескольких плоских фигур, лежащих в различных, произвольно ориентированных плоскостях. В результате создается объемный элемент, проходящий через заданные сечения.

ПОСТРОЕНИЕ ЭСКИЗА

Как правило, эскиз представляет собой сечение объемного элемента. Одним из основных понятий при описании эскиза является **контур**. При работе в эскизе под **контуром** понимается любой линейный графический объект или совокупность последовательно соединённых линейных графических объектов (отрезков, дуг, сплайнов, ломаных и т.д.).

Работа над эскизом производится средствами чертежно-графического редактора, который автоматически загружается при вызове команды **Эскиз**. Построение эскиза выполняется построением элементов эскиза из геометрических примитивов.

Геометрические примитивы

Команды построения геометрических примитивов активизируются при нажатии соответствующих клавиш на инструментальной **панели Геометрия** (рисунок 2.1.3).

По умолчанию, на панели геометрии установлены следующие кнопки команд: **Автолиния**, **Прямоугольник**, **Отрезок**, **Точка**, **Сплайн по точкам**, **Окружность**, **Дуга**, **Вспомогательная прямая**, **Эквидистанта**, **Коническая кривая**, **Фаска**, **Скругление**, **Спроецировать объект**, **Эллипс**, **Непрерывный ввод объектов**.

Каждая команда имеет несколько вариантов построения примитива. Меню команды разворачивается при продолжительном нажатии на кнопку команды. Выбор нужного варианта производится указанием на него указателем мыши.

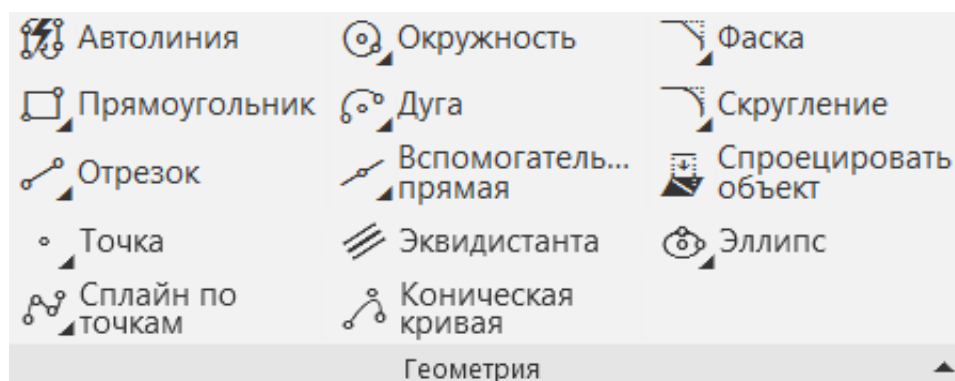


Рисунок 2.1.3 — Вид панели **Геометрия**

Положение курсора на экране определяется относительно начала системы координат, которое отображается в виде двух ортогональных стрелок.

При выполнении команды необходим ввод значений координат характерных точек или других параметров примитива. Например, для построения отрезка можно указать координаты X и Y его начальной и конечной точек или задать координаты его начальной точки совместно с длиной и углом наклона. При построении примитива перемещение курсора от начальной точки до фиксации конечной точки отображается «резиновой нитью». Задание параметров примитива осуществляется с помощью специального инструмента — панели **Параметры** (рисунок 2.1.4), которая возникает при активизации команды построения примитива.

Так, для команды **Отрезок**: возможно задание координат начальной и конечной точек, длины, угла наклона, стиля — типа линии. При фиксации параметра на кнопке появляется изображение гвоздика . «Точка» означает, что ожидается ввод данного параметра.

Значительно облегчает работу конструктора проведение вспомогательных построений, так называемых «тонких линий». Точки пересечения вспомогательных элементов используются в дальнейшем как привязки для позиционирования курсора. Вспомогательные элементы не вычерчиваются при создании твердых копий и могут быть удалены.

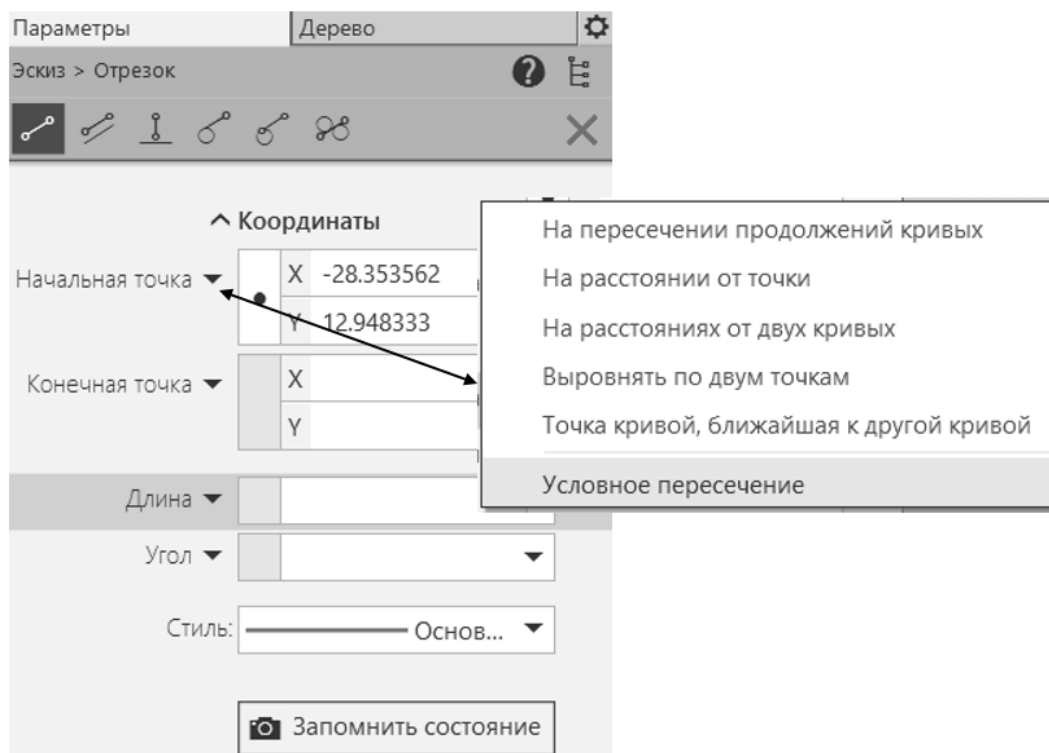


Рисунок 2.1.4 — Панель **Параметры** в режиме задания параметров отрезка

Стиль

На панели **Параметры** в режиме редактирования свойств примитива, помимо поля геометрических параметров находится поле **Стиль**. В нем отображается внешний вид текущего объекта. Под понятием **стиль** подразумевают набор свойств объекта, влияющих на его отображение, например, тип, толщина и цвет линии. По умолчанию система назначает вычерчиваемому объекту текущий стиль. Для изменения стиля достаточно щелкнуть мышью в поле стиля и выбрать нужный стиль из списка системных стилей.

Построенные элементы эскиза можно отредактировать, изменив их параметры. Предварительно следует указать редактируемый элемент эскиза, выделение подтверждается цветом, рядом с элементом отображается контекстное меню, с доступными в данный момент действиями. Двойным щелчком мыши по объекту вызывается поле редактирования параметров.

Команды изменения геометрии

Использование команд редактирования позволяет значительно уменьшить трудоемкость выполнения эскиза, используя имеющиеся

изображения для создания копий с последующей доработкой и зеркально-симметричного изображения. Выполнение данных команд характеризуется режимом слежения. Копия выбранного изображения до момента завершения команды прорисовывается контуром и движется вслед за перемещением курсора, как фантом.

Команды изменения геометрии активизируются вызовом из меню **Черчение** или выбором из одноимённой инструментальной панели (рисунок 2.1.5).

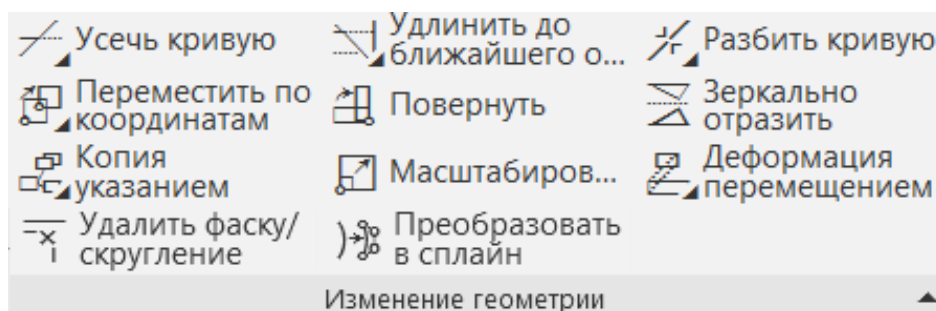


Рисунок 2.1.5 — Панель **Изменение геометрии**

К наиболее популярным относятся следующие изменения геометрии: **Переместить по координатам/по углу и расстоянию**, **Повернуть**, **Масштабировать**, **Симметрия**, **Зеркально отразить**, **Копия указанием/по кривой/по окружности/по сетке/по концентрической сетке**, **Усечь кривую**, **Удлинить до ближайшего объекта**.

Одновременно изменению могут подвергаться один или несколько элементов. Изменение нескольких объектов производится выделением их курсором мыши поэлементно или объединением в группу с помощью рамки. Рамка определяется контурами растягивающегося «резиновой нитью» прямоугольника по двум углам. В группу заносятся объекты, полностью заключенные в рамку. Выделенные объекты меняют цвет линий на зеленый.

При выполнении операции можно явно задать параметры, необходимые для проведения операции, например, координаты базовой точки и ее нового положения, угол поворота, масштаб и прочее, введя их в полях панели **Параметры**.

2.2 Операции «Элемент Вращения» и «Вырезать вращением»

При использовании операции вращения основание детали создается вращением плоской геометрической фигуры вокруг фиксированной в пространстве оси.

Элемент вращения может быть самостоятельным телом, а может быть приклеен к телу или вырезан из него.

Для создания нового тела вращения или приклеивания элемента вращения к имеющемуся телу (т.е. для добавления материала) служит операция *Элемент вращения*, а для вырезания элемента вращения из тела (т.е. для удаления материала) — операция *Вырезать вращением*.

Построение любого основания начинается с создания *эскиза*. Как правило, эскиз представляет собой сечение объемного элемента. Одним из основных понятий при описании эскиза является *контур*. При работе в эскизе под контуром понимается любой линейный графический объект или совокупность последовательно соединённых линейных графических объектов (отрезков, дуг, сплайнов, ломаных и т.д.).

К эскизу, предназначенному для выполнения операции вращения (вырезать вращением), предъявляются следующие требования:

- контур в эскизе изображается стилем линии *Основная*;
- ось вращения должна быть изображена в эскизе отрезком со стилем линии *Осевая*;
- ось вращения должна быть одна;
- в эскизе основания детали может быть один или несколько контуров;
- если контур один, то он может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контуров несколько, все они должны быть замкнуты;
- если контуров несколько, один из них должен быть наружным, а другие — вложенными в него, уровень вложенности не ограничивается;
- ни один из контуров не должен пересекать ось вращения.

Для вызова команды построения элемента вращения раскройте страницу меню **Моделирование**, выберите раздел **Добавить элемент** и

команду  **Элемент вращения** или выберите эту же команду в инструментальной области: **Твердотельное моделирование — Элементы тела — Элемент выдавливания — Элемент вращения**. На экране появляется диалог ввода параметров (рисунок 2.2.1). Рассмотрим основные возможности настройки элемента вращения.

Группа кнопок **Результат операции** позволяет выбрать нужный вариант: объединение/вырезание/пересечение элемента вращения с имеющимся телом, а также создание нового тела. Варианты **Объединение** и **Новое тело** позволяют добавить материал в модель, а варианты **Вычитание** и **Пересечение** — удалить материал из модели.

В качестве сечения может быть выбран существующий объект (укажите его в Дереве модели или в графической области). Если сечение не было создано предварительно, нажмите кнопку  **Построить контур**. Будет запущена операция создания контура. Укажите объекты, входящие в контур, и нажмите кнопку **Создать объект** . Система вернется в процесс операции вращения, созданный контур появится в Дереве модели и будет автоматически выбран в качестве сечения элемента вращения.

Создать ось вращения можно, воспользовавшись кнопкой  **Построить**, или указать существующую. В качестве оси вращения может быть выбран также прямолинейный объект (ребро или ось). В этом случае осью будет сам этот объект. Если в качестве оси вращения выбрать поверхность вращения (кроме сферы), — осью будет ось вращения поверхности.

Если контур в эскизе сечения не замкнут и ось вращения лежит в плоскости сечения, возможны два типа построения элемента вращения — **сфероид** (сплошной элемент) и **тороид** (элемент с отверстием вдоль оси вращения).

Вращение может выполняться в одном направлении или в двух противоположных направлениях.

Угол вращения задается непосредственно на Панели параметров или определяется указанным объектом. Для выбора нужного способа определения угла используется группа кнопок **Способ**.

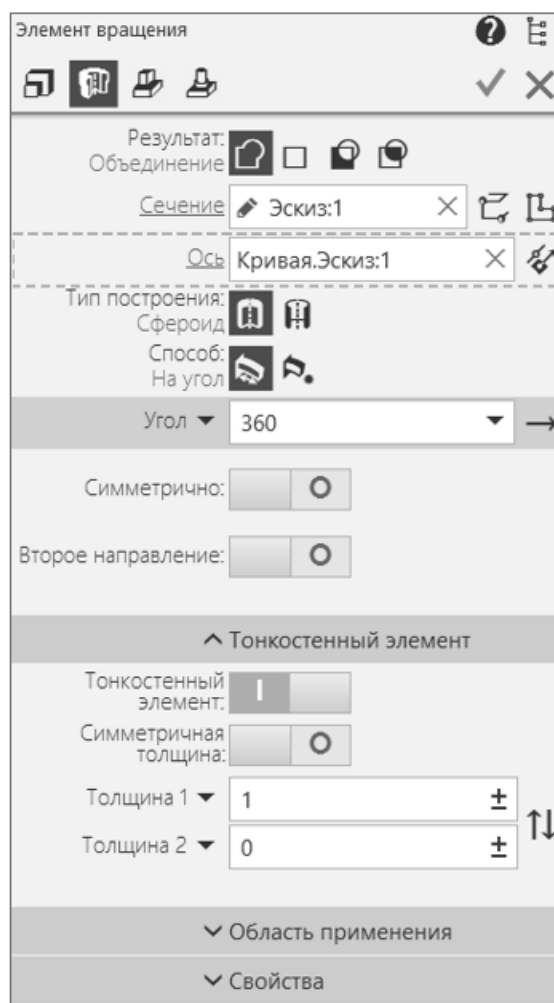


Рисунок 2.2.1 — Диалог ввода параметров операции вращения

Доступны следующие варианты: **На угол** и **До объекта**. При выборе способа построения **На угол** доступно симметричное построение в обе стороны от сечения. Для этого требуется установить переключатель **Симметрично** в положение I (включено). В этом случае в поле **Угол** вводится суммарное значение угла вращения.

При выборе способа построения **До объекта** угол поворота сечения определяется автоматически по положению указанного пользователем объекта — вершины или поверхности (грани, плоскости).

Чтобы вращение выполнялось в одном направлении, выберите способ определения угла и задайте параметры для выбранного способа в Основном разделе Панели параметров.

Для вращения в двух направлениях выполните описанные выше действия в Основном разделе Панели параметров для первого направления вращения, затем установите переключатель **Второе направление** в положение I (включено) и задайте нужные параметры для второго

направления.

Если необходимо создать тонкостенный элемент, поверхность которого представляет собой след движения контура эскиза, задайте его параметры в секции **Тонкостенный элемент**:

- установите переключатель *Тонкостенный элемент* в положение I (включено),
- определите направление построения тонкой стенки и ее толщину.

После задания всех параметров элемента вращения нажмите кнопки **Создать объект**  и  **Завершить**.

Созданный элемент вращения появится в окне детали, а соответствующая ему пиктограмма — в **Дереве модели**.

Для вызова команды построения элемента *Вырезать вращением* раскройте страницу меню **Моделирование**, выберите раздел **Вырезать элемент** и команду  *Вырезать вращением* или выберите эту же команду в инструментальной области: **Твердотельное моделирование — Элементы тела — Вырезать вращением**. Набор параметров элемента *Вырезать вращением* и возможности их настройки такие же, как и у рассмотренного *Элемента вращения*.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Выполнить построение трёхмерных моделей в соответствии с вариантами заданий (см. Приложения 1-3).

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

При помощи операции *Элемент вращения* создадим трёхмерную модель детали *Фланец* (рисунок 2.2.2).

- 1 Создайте новый файл детали: **Файл — Создать деталь**.
- 2 Дважды щелкните мышкой на названии объекта "Деталь" в **Дереве модели** и введите обозначение детали *СПбПУ 001.000.001* и имя *Фланец*. В этом же диалоге можно задать материал детали и некоторые другие параметры, <Enter>.

- 3 Нажмите кнопку **Параметрический режим**  на Панели быстрого доступа или убедитесь, что она нажата.

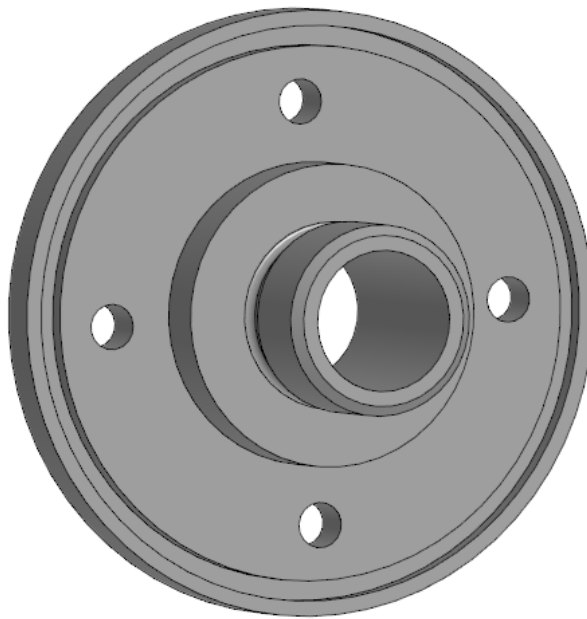


Рисунок 2.2.2 — Модель детали *Фланец*

- 4 Выделите в **Дереве** модели объект "Плоскость XY".
- 5 Создайте новый эскиз на выделенной плоскости:  **Создать эскиз**. Эскиз модели детали **Фланец** будет представлять собой часть сечения модели, расположенную выше оси вращения.
- 6 Постройте ось вращения:
 - активизируйте кнопку **Отрезок** на панели **Геометрия**;
 - измените стиль линии на осевую, выбрав **Стиль** на панели **Параметры**;
 - укажите координаты начальной точки отрезка, щёлкнув по началу координат в графической области;
 - в поле **Длина** введите значение **55**, **<Enter>**;
 - в поле **Угол** — значение **0**, **<Enter>**. (Добиться горизонтального положения отрезка можно и удерживая клавишу **<Shift>** одновременно с перемещением курсора, указывающего положение конечной точки отрезка).
- 7 Построение контура сечения выше оси симметрии, без фасок, производится командой  **Автолиния**, служащей для построения контура из отрезков прямых и дуг, причем конечная точка предыдущего примитива будет являться начальной для следующего.

Первоначально выполните построение контура произвольно, без учёта размеров. Контур эскиза должен быть похож на изображённый в правой части рисунок 2.2.3. Части отрезков 1 и 2 удалите при помощи

команды  **Усечь** кривую (расположенной на панели инструментов **Изменение геометрии**), которая позволяет укоротить отрезок до границы выравнивания, указав курсором часть элемента, подлежащую удалению.

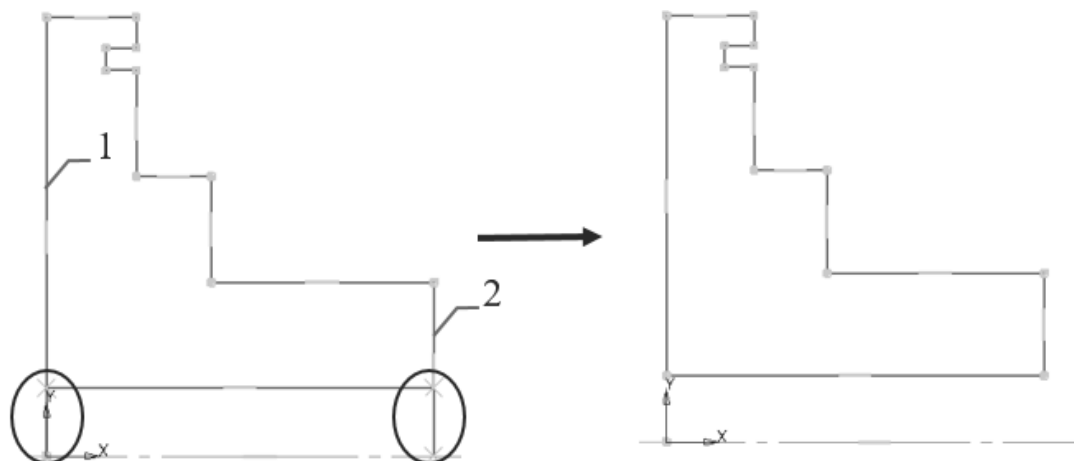


Рисунок 2.2.3 — Первый этап построения контура эскиза

8 Используя команду  **Авторазмер** задайте значения длин отрезков в эскизе (см. рисунки 2.2.4 и 2.2.5).

Размеры в модели могут быть двух типов: управляющие и информационные.

Управляющий размер — это размер, который управляет геометрией объекта модели. Значение управляющего размера можно изменить. После этого объект, имеющий данный размер, перестраивается в соответствии с новым значением размера. Признаком управляющего размера является прямоугольная рамка вокруг его значения. Эта рамка на печать не выводится.

Информационный размер — это размер, которым управляет объект модели. Изменить значение информационного размера невозможно. Если объект, к которому проставлен информационный размер, был перестроен, то значение размера пересчитывается.

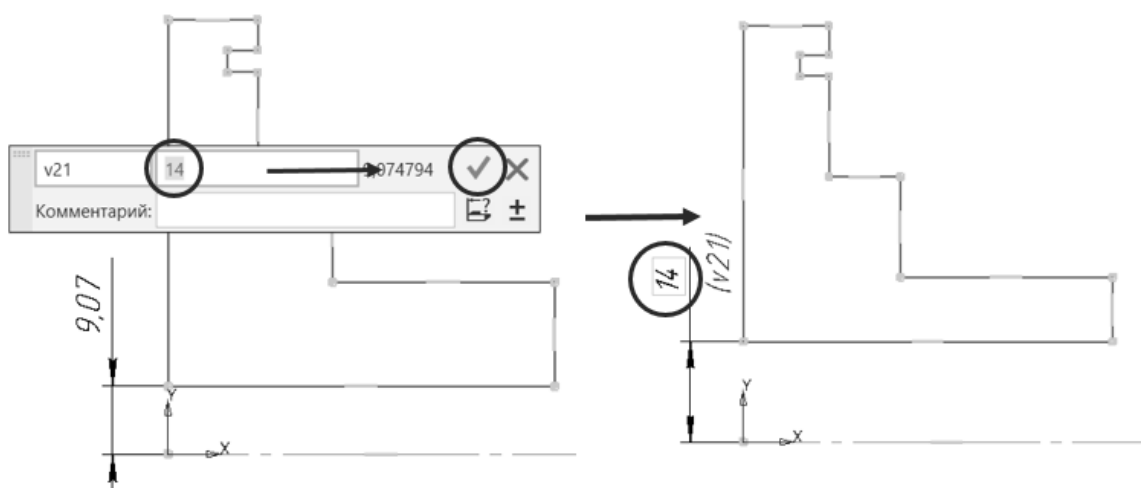


Рисунок 2.2.4 — Последовательность задания управляющего размера

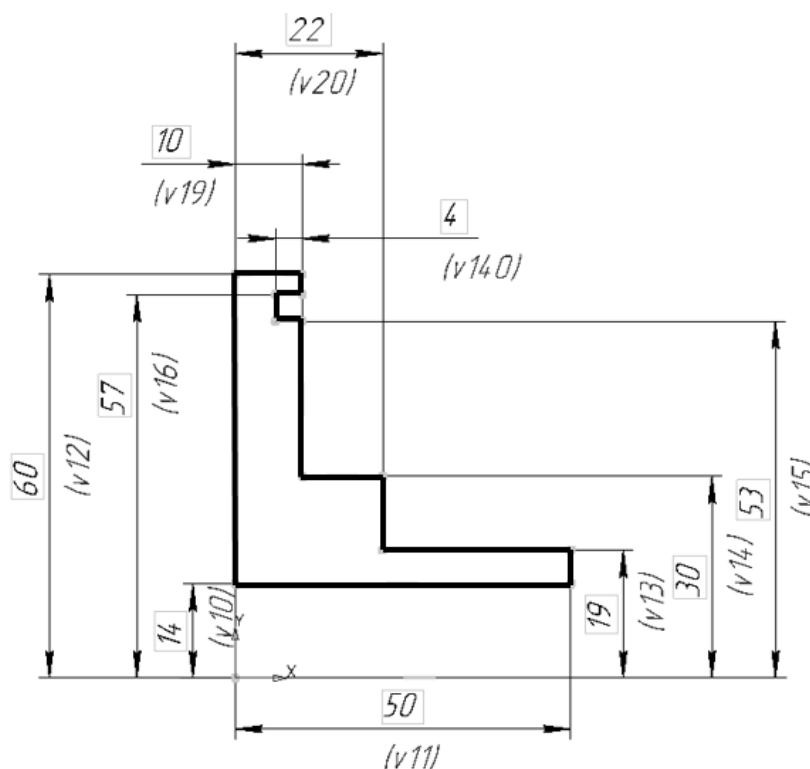


Рисунок 2.2.5 — Эскиз-сечение

Вернёмся к построению трёхмерной модели.

9 Выйдите из режима редактирования эскиза: . В Дереве модели появится созданный объект под именем "Эскиз:1".

10 Произвольно измените ориентацию существующих объектов при помощи команды  **Повернуть** (меню Вид) или при помощи мыши (перемещая мышь с нажатой правой кнопкой).

11 В Дереве модели выделите объект "Эскиз:1" и вызовите команду **Элемент вращения**.

12 На панели **Параметры** установите параметры операции (некоторые параметры отобразятся автоматически, проверьте правильность заданных параметров):

- Результат: **Объединение**;
- Сечение: **Эскиз:1**;
- Ось: **Кривая. Эскиз:1**;
- Способ: **На угол**;
- Угол: **360**;
- Симметрично, Второе направление, Тонкостенный элемент:

Выкл.;

• завершите построение элемента выдавливания — нажмите кнопку **Создать объект** ✓;

• для завершения работы команды нажмите кнопку ✗ **Завершить**. Если всё сделано правильно, модель будет иметь вид, изображенный на рисунке 2.2.6

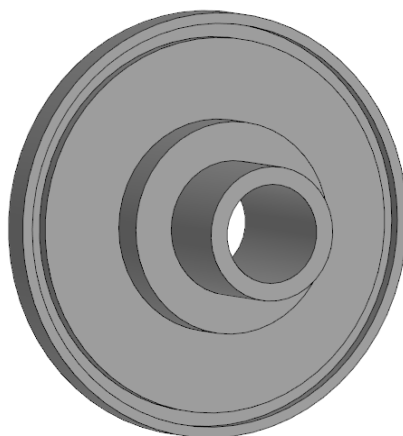


Рисунок 2.2.6 — Вид модели после выполнения операции Вращение

13 Постройте фаску: На инструментальной панели **Элементы тела** выберите  **Скругление** —  **Фаска** (команда доступна и из меню **Моделирование** — **Дополнительные элементы**) и задайте параметры операции:

- Способ: **По стороне и углу**;
- Длина 1: **2**;
- Угол: **45**;
- укажите ребро в **Графической области** (см. рисунок 2.2.7);
- завершите операцию.

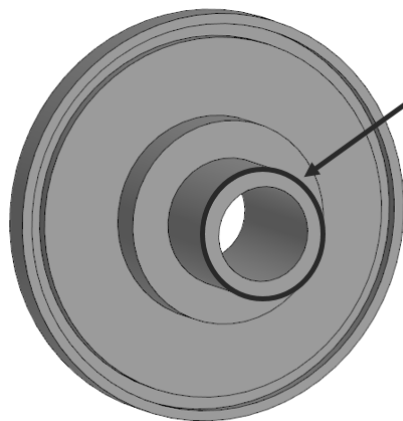


Рисунок 2.2.7 — Указание ребра для построения фаски

14 Постройте в модели условное обозначение резьбы. Для этого на инструментальной панели **Обозначения** выберите команду  **Условное обозначение резьбы**. Настройте параметры операции:

- Укажите мышью в **Графической области** цилиндрическую грань (рисунок 2.2.8);

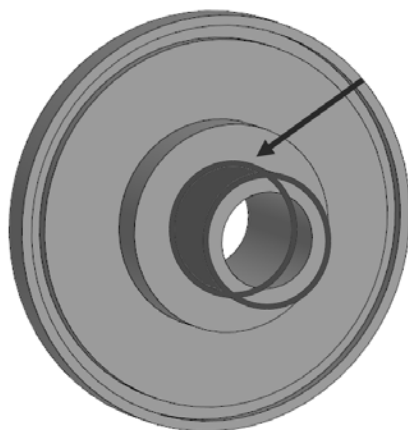


Рисунок 2.2.8 — Выбор объекта для построения условного обозначения резьбы

- Стандарт: **Резьба трубная цилиндрическая ГОСТ 6357-81**;
- Длина: **22**;
- Подгонка: **V**;
- завершите операцию. Резьба будет отображена в модели схематично тонкими линиями.

15 Постройте проточку под выход резьбы при помощи библиотеки стандартных элементов. Для этого выберите пункт главного меню **Приложения** — **Стандартные изделия** — **Вставить элемент**. Перейдите на вкладку «Конструктивные элементы». В дереве разверните последовательность: **Проточки для выхода резьбы** — **Проточки для трубной цилиндрической резьбы** (рисунок 2.2.9):

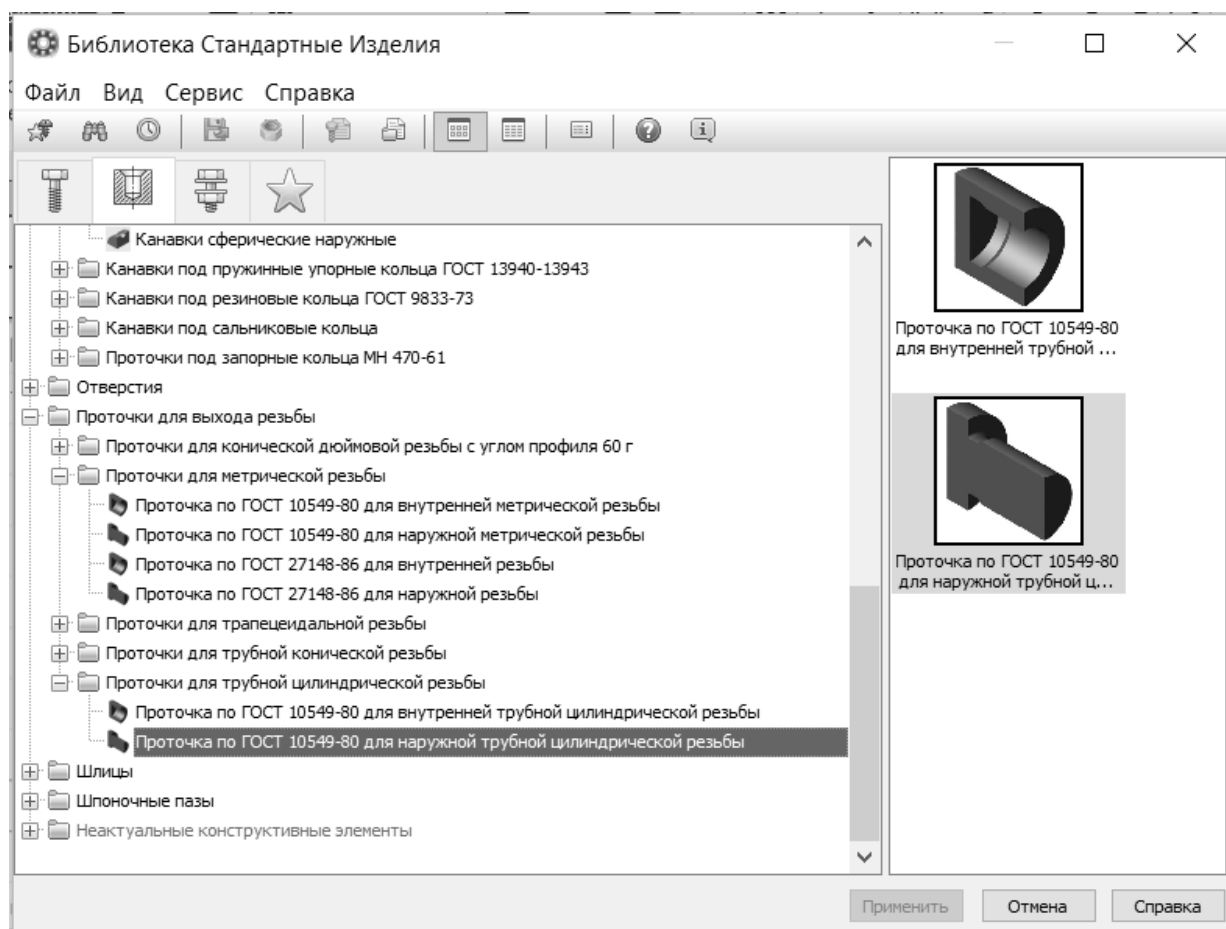


Рисунок 2.2.9 — Выбор конструктивного элемента из библиотеки

- двойным щелчком выберите пункт «Проточка по ГОСТ 10549–80 для наружной трубной цилиндрической резьбы» и укажите на круговое ребро на стыке двух цилиндров (рисунок 2.2.10);
- нажмите кнопку **Создать объект** ;
- в появившемся окне библиотеки нажмите **Применить**, согласившись с предложенными параметрами проточки;

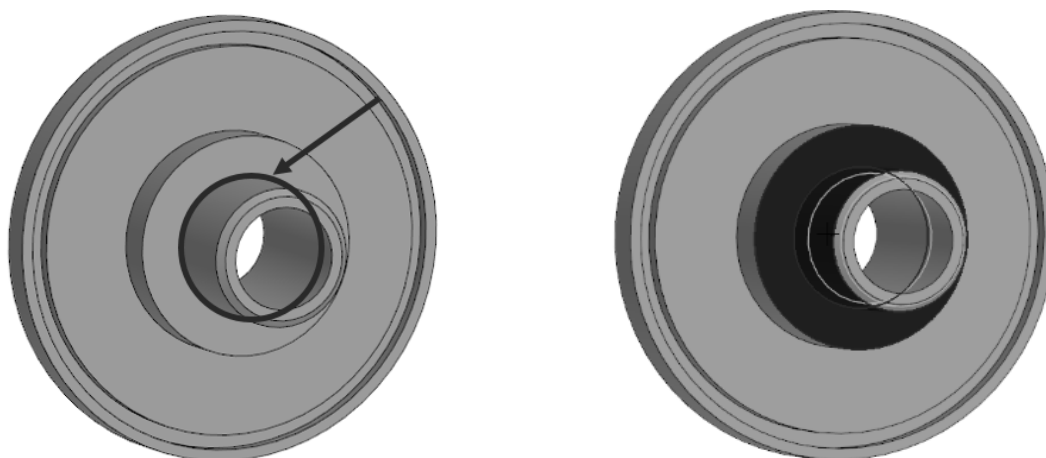


Рисунок 2.2.10 — Построение проточки

• для завершения работы команды нажмите кнопку  **Завершить** и **Отмена** в окне библиотеки. Проточка будет построена и отобразится в Дереве модели. Модель примет вид, изображенный на рисунке 2.2.11.

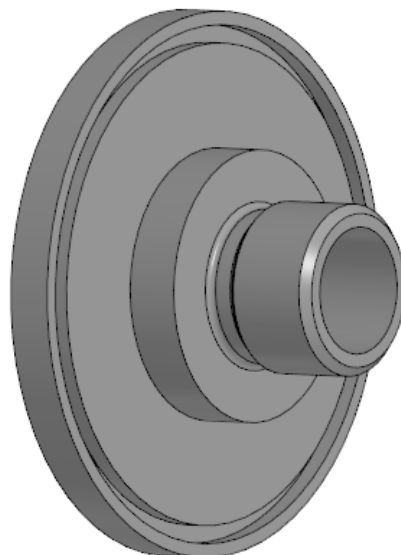


Рисунок 2.2.11 — Вид модели после построения проточки

16 Сохраните созданную деталь в файле.

Построение отверстий в модели будет рассмотрено в разделе «Построение массива элементов».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Что подразумевается под понятием формообразующая операция?
- 2 В чём суть понятия эскиз?
- 3 Какой графический объект может выступать в роли контура?
- 4 Какие требования предъявляются к эскизу, предназначенному для выполнения операции «элемент вращения»?
- 5 Как можно вызвать команду «элемент вращения»?
- 6 Каковы параметры операции «элемент вращения»?
- 7 Каковы параметры тонкой стенки?

2.3 Операции «Элемент выдавливания» и «Вырезать выдавливанием»

При формировании элемента выдавливания, эскиз, содержащий сечение элемента, перемещается в направлении, перпендикулярном собственной плоскости.

К эскизу-сечению приклеиваемого (вырезаемого) элемента выдавливания, предъявляются следующие требования:

- в эскизе может быть один или несколько контуров;
- если контур один, то он может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контуров несколько, они должны быть либо все замкнуты, либо все разомкнуты;
- допускается любой уровень вложенности контуров.

В случае нескольких замкнутых контуров эскиза обратите внимание на следующие особенности:

- пересекающиеся контуры дают элемент, сечение которого представляет собой объединение областей, ограниченных контурами;
- непересекающиеся контуры дают элемент с отверстиями (если контуры вложены друг в друга с уровнем вложенности 1) или элемент из отдельных частей (если контуры не вложены друг в друга, или вложены с уровнем вложенности больше 1).

Для вызова команды построения элемента выдавливания раскройте страницу меню **Моделирование**, выберите раздел **Добавить элемент** и команду  **Элемент выдавливания** или выберите эту же команду в инструментальной области: **Твердотельное моделирование — Элементы тела — Элемент выдавливания**. На экране появляется диалог ввода параметров (рисунок 2.3.1). Рассмотрим основные возможности настройки элемента выдавливания.

Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Результат операции**. Комментарии к выбору результата операции такие же, как и для операции *Элемент вращения*.

Так же, как и у элемента вращения, в качестве сечения может быть выбран существующий объект (укажите его в Дереве модели или в гра-

фической области) или сечение может быть построено путем построения контура.

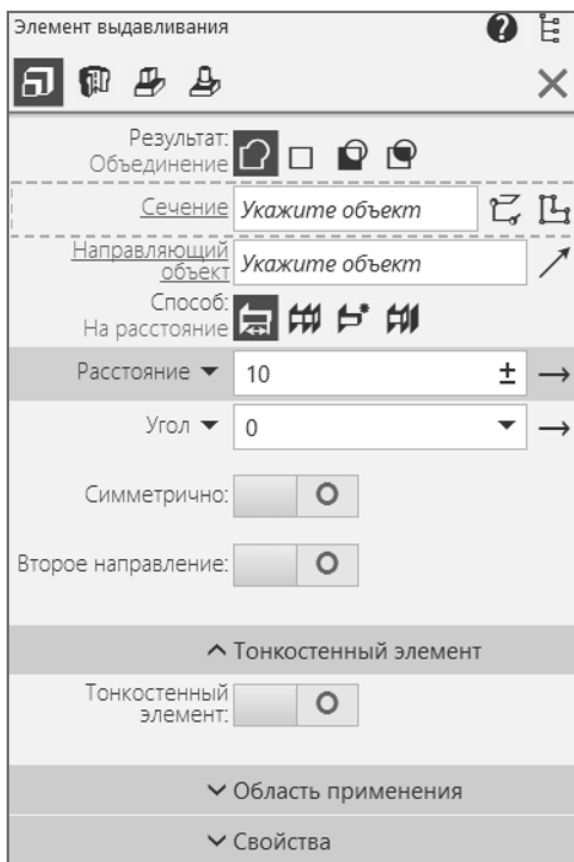


Рисунок 2.3.1 — Диалог ввода параметров операции выдавливания

Если в качестве сечения используется эскиз или плоская грань, то этот же объект автоматически выбирается в качестве направляющего. Выдавливание производится перпендикулярно плоскости эскиза/грани.

Чтобы задать другой направляющий объект, в Основном разделе Панели параметров щелкните в поле **Направляющий объект**. Затем укажите в Дереве построения или в графической области любой плоский или прямолинейный объект. При необходимости вы можете построить вектор, задающий направление выдавливания.

Направляющим объектом для выдавливания может быть:

- прямолинейный объект — выдавливание выполняется параллельно указанному объекту;
- плоский объект — выдавливание выполняется перпендикулярно плоскости указанного объекта.

Глубина выдавливания может определяться различными способами. Для выбора нужного способа используется группа кнопок **Способ**.

Доступны следующие варианты:

-  **На расстояние** — выдавливание производится на заданное расстояние. Величину расстояния требуется ввести в соответствующее поле диалога;

-  **Через всё** — глубина выдавливания определяется автоматически. Элемент выдавливается на минимальное расстояние, при котором все точки торца оказываются за габаритным параллелепипедом модели (или в плоскости грани параллелепипеда, если выдавливание производится перпендикулярно этой грани).

-  **До объекта** — глубина выдавливания определяется автоматически по положению указанного пользователем объекта — вершины или поверхности (грани, плоскости). Чтобы указать объект, определяющий глубину выдавливания, щелкните в поле **Объект** и укажите в графической области точечный объект, грань или плоскость (точку можно указать также в Дереве построения). Название указанного объекта появится в поле **Объект**.

-  **До ближайшей поверхности** — глубина выдавливания определяется автоматически. Элемент выдавливается точно до ближайшей в направлении выдавливания грани тела. Торцев элемент имеет форму грани (граней). Этот способ удобно использовать для выдавливания элемента до ступенчатой грани.

Если способом определения глубины для первого направления является **На расстояние**, можно выполнить симметричное построение. Для этого установите переключатель **Симметрично** в положение I (включено). Задание второго направления становится недоступным. В поле **Расстояние** вводится суммарная глубина выдавливания. Построение будет выполняться симметрично в обе стороны от сечения.

Если требуется выдавить элемент в двух направлениях, установите переключатель **Второе направление** в положение I (включено) и задайте нужные параметры для второго направления.

При любом типе определения глубины выдавливания элементу можно придать уклон в направлении выдавливания.

Уклон боковых граней элемента выдавливания возможен при выполнении следующих условий:

- в качестве сечения элемента используется эскиз, плоская грань или контур, построенный по эскизу либо на плоской грани;
- направление выдавливания перпендикулярно плоскости сечения.

Для ввода значения угла уклона используется поле **Угол**. Кнопка  **Сменить направление** справа от этого поля позволяет задать направление уклона — внутрь или наружу.

Для вызова команды построения элемента **Вырезать выдавливанием** раскройте страницу меню **Моделирование**, выберите раздел **Вырезать элемент** и команду  **Вырезать выдавливанием** или выберите эту же команду в инструментальной области: **Твердотельное моделирование** — **Элементы тела** — **Вырезать выдавливанием**. Набор параметров элемента **Вырезать выдавливанием** и возможности их настройки такие же, как и у рассмотренного **Элемента выдавливания**.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Выполнить построение трёхмерных моделей в соответствии с вариантами заданий (см. Приложение 2).

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

При помощи операций **Элемент выдавливания** и **Вырезать выдавливанием** создадим трёхмерную модель детали *Кронштейн* (рисунок 2.3.2).

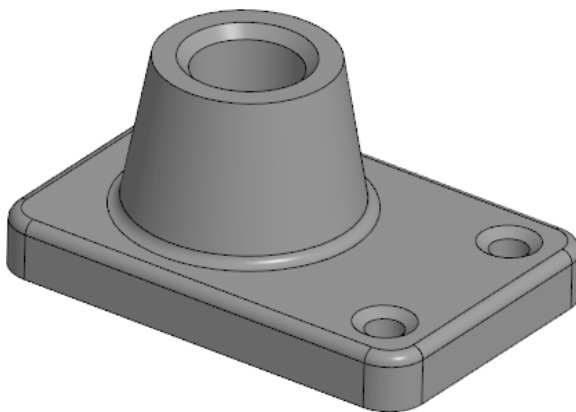


Рисунок 2.3.2 — Модель детали *Кронштейн*

- 1 Создайте новый файл детали: **Файл** — **Создать деталь**.
- 2 Дважды щелкните мышкой на названии объекта "Деталь" в **Дереве** модели и введите обозначение детали **СПбПУ 001.000.002** и имя **Кронштейн**, <Enter>.

3 Нажмите кнопку **Параметрический режим**  на Панели быстрого доступа или убедитесь, что она нажата.

4 Выделите в **Дереве** модели объект "Плоскость XY". Создайте новый эскиз на выделенной плоскости:  **Создать эскиз**. Постройте эскиз основания детали, изображённый на рисунке 2.3.3.

5 Выйдите из режима редактирования эскиза. Произвольно измените ориентацию существующих объектов.

6 В Дереве модели выделите объект "Эскиз:1" и вызовите команду **Элемент выдавливания**.

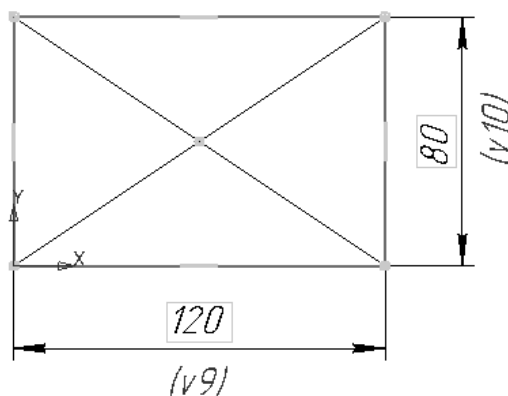


Рисунок 2.3.3 — Эскиз основания детали

7 Задайте параметры элемента выдавливания на панели **Параметры**:

- Результат: **Объединение**;
- Сечение: **Эскиз:1**;
- Способ: **На расстояние**;
- Расстояние: **15**;
- Угол: **0**;
- Симметрично, Второе направление, Тонкостенный элемент:

Выкл.;

• завершите построение элемента выдавливания — нажмите кнопку **Создать объект** .

-  **Завершить**.

8 Выделите курсором верхнюю плоскую грань основания. Щелкните на выделенной грани правой клавишей мыши и выполните команду **Эскиз**.

9 Постройте эскиз основания бобышки (рисунок 2.3.4).

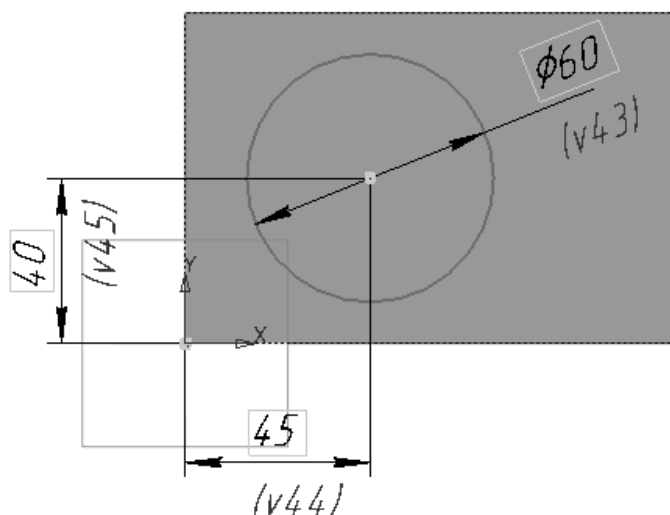


Рисунок 2.3.4 — Эскиз основания бобышки

10 Вызовите команду **Элемент выдавливания**.

11 Задайте параметры элемента выдавливания на панели **Параметры**:

- Результат: **Объединение**;
- Сечение: **Эскиз:2**;
- Способ: **На расстояние**;
- Расстояние: **40**;
- Угол: **10**;
- в нашей модели необходимо построить уклон внутрь, для этого

нажмите кнопку  **Сменить направление**;

• Симметрично, Второе направление, Тонкостенный элемент: **Выкл.**;

- завершите операцию.

12 Нажмите кнопку  **Каркас** на панели управления. Это позволит легко выбирать кромки, расположенные на обратной стороне детали.

13 Укажите первое угловое ребро для его выбора. Нажмите клавишу <Ctrl> на клавиатуре и, удерживая её, укажите мышью остальные три ребра (рисунок 2.3.5).

14 На инструментальной панели **Элементы тела** нажмите кнопку  **Скругление**.

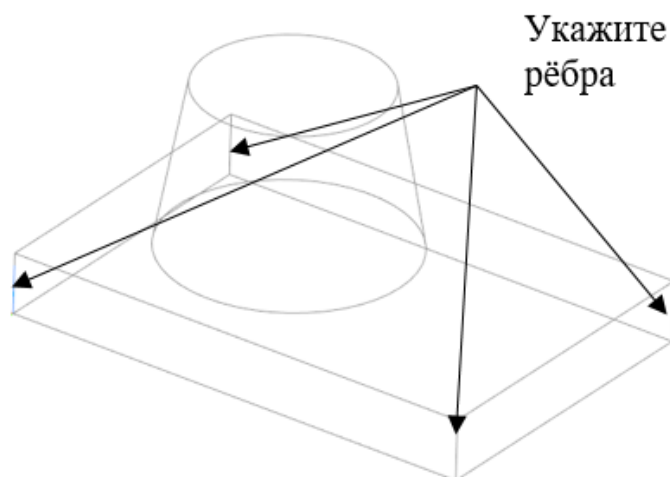


Рисунок 2.3.5 — Выделение рёбер основания

15 Задайте параметры операции скругления на **Панели свойств**:

- Способ: *Дугой окружности*;
- Радиус: 5;
- закончите построение.

16 Выполните скругление верхних рёбер основания (радиус: 3) и скругление ребра между основанием и бобышкой (радиус: 3). Все эти рёбра относятся к одной грани, поэтому выбор рёбер для скругления можно осуществить, указав верхнюю грань основания.

17 Укажите курсором верхнюю плоскую грань цилиндрической бобышки.

18 Постройте эскиз отверстия, изображенный на рисунке 2.3.6.

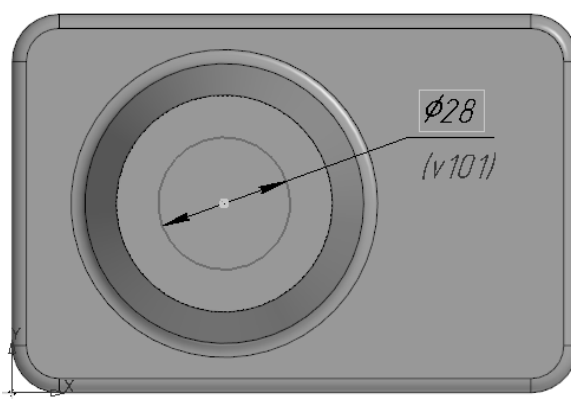


Рисунок 2.3.6 — Эскиз отверстия в бобышке

19 Вызовите команду  Вырезать выдавливанием.

20 Задайте параметры операции вырезания на панели **Параметры**:

- Результат: **Вычитание**;
- Сечение: **Эскиз:3**;
- Способ: **Через всё**;
- Угол: **0**;
- Второе направление, Тонкостенный элемент: **Выкл.**;
- завершите операцию.

21 Выделите мышью ребро отверстия на верхней грани бобышки.

22 Постройте фаску: На инструментальной панели **Элементы тела** выберите  **Скругление** —  **Фаска** и задайте параметры операции:

- Способ: **По стороне и углу**;
- Длина 1: **3**;
- Угол: **45**;
- завершите операцию.

23 Создайте отверстия в основании. Укажите верхнюю грань основания для её выбора и создайте новый эскиз.

24 Определите положение центров отверстий с помощью вспомогательных прямых (рисунок 2.3.7):

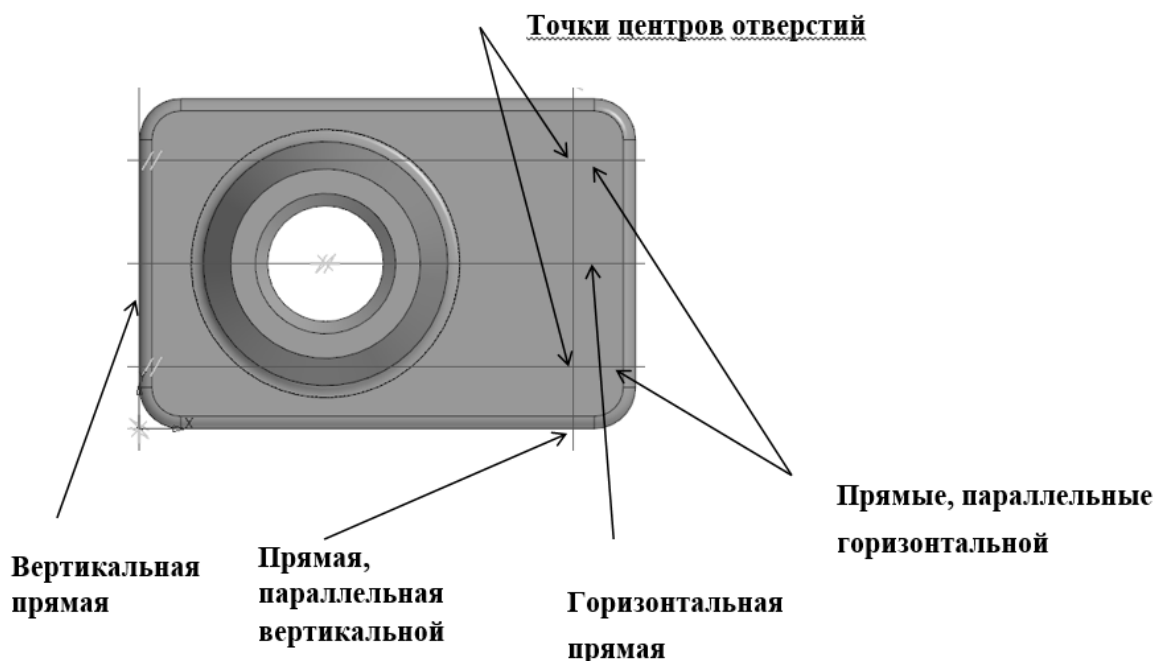


Рисунок 2.3.7 — Построение точек центров отверстий

- нажмите кнопку **Вспомогательная прямая** на инструментальной панели **Геометрия**;
- выберите команду **Вертикальная прямая** на панели **Парамет-**

ры;

- укажите точку начала координат эскиза — система построит вспомогательную вертикальную линию, проходящую через заданную точку;

- выберите команду **Параллельная прямая** на панели **Параметры**;

- в ответ на запрос укажите вертикальную прямую в любой её точке;

- укажите расстояние до вспомогательной прямой: **105**, <Enter>;

- выберите команду **Горизонтальная прямая** и постройте прямую, проходящую через центральную точку отверстия в бобышке (используйте необходимые привязки);

- постройте две прямые, параллельные горизонтальной, на расстоянии **25** от неё.

25 Постройте окружности радиусом **5** с центрами в описанных выше точках (используйте привязку **Пересечение**).

26 Выйдите из режима редактирования эскиза. Произвольно измените ориентацию существующих объектов.

27 Вызовите команду  **Вырезать** выдавливанием.

28 Задайте параметры операции вырезания на **Панели свойств**:

- Результат: **Вычитание**;

- Сечение: **Эскиз:4**;

- Способ: **Через всё**;

- Угол: **0**;

- Второе направление, Тонкостенный элемент: **Выкл.**;

- завершите операцию.

29 Самостоятельно постройте фаски двух отверстий, используя способ построения **По двум сторонам**. Длина первой стороны: **3**, длина второй стороны: **2**.

30 На этом построение детали закончено. Сохраните созданную деталь.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Дайте характеристику операции «элемент выдавливания».
- 2 Какие требования предъявляются к эскизу-сечению приклеиваемого (вырезаемого) элемента выдавливания?
- 3 Каковы параметры операции «элемент выдавливания»?
- 4 Назовите возможные способы построения элемента выдавливания.

2.4 Операции «Элемент по траектории» и «Вырезать по траектории»

При выполнении операций *Элемент по траектории* и *Вырезать по траектории* используется эскиз, в котором изображено сечение элемента и объект (или группа объектов), задающий траекторию движения сечения.

Элемент по траектории может быть самостоятельным телом, а может быть приклеен к телу или вырезан из него.

Для создания нового тела или приклеивания элемента по траектории к имеющемуся телу (т.е. для добавления материала) служит операция *Элемент по траектории*, а для вырезания элемента из тела (т.е. для удаления материала) — операция *Вырезать по траектории*.

Траекторией могут служить контур в эскизе, последовательно соединяющиеся контуры в нескольких эскизах или последовательно соединяющиеся рёбра модели. Если эскизы и (или) рёбра расположены в разных плоскостях, траектория будет не плоской, а объемной.

Команда *Элемент по траектории* доступна, если в модели есть как минимум один эскиз. Дополнительное условие доступности команды *Вырезать по траектории*: наличие в модели тела (для сборки — тела или компонента). К эскизу-сечению, предназначенному для выполнения этих операций, предъявляются следующие требования:

- объекты эскиза могут составлять одну или несколько цепочек объектов — контуров эскиза;
- контуры могут быть разомкнутыми или замкнутыми;
 - если контуры разомкнуты, то строится тонкостенный элемент;
 - если контуры замкнуты, то строится сплошной элемент,

при этом:

- пересекающиеся контуры дают элемент, сечение которого представляет собой объединение областей, ограниченных контурами;
- непересекающиеся контуры дают элемент с отверстиями (если контуры вложены друг в друга с уровнем вложенности 1) или элемент из отдельных частей (если контуры не вложены друг в друга, или вложены с уровнем вложенности больше 1);
- если в эскизе есть и замкнутые, и разомкнутые контуры, то строится тонкостенный элемент.

В качестве *эскиза-траектории* движения сечения при построении может использоваться:

- пространственная кривая (или отдельный сегмент многосегментной кривой),
- линия эскиза,
- ребро,
- цепочка вышеперечисленных объектов в любом сочетании.

Эскиз-траектория, должен удовлетворять следующим требованиям:

- траектория может быть разомкнутой или замкнутой;
- если траектория разомкнута, её начальная или конечная точка должна лежать в плоскости эскиза-сечения;
- если траектория замкнута, она должна пересекать плоскость эскиза-сечения;
- касательная к траектории в её точке, общей с плоскостью эскиза, не должна лежать в этой плоскости.

Для вызова команды построения элемента по траектории раскройте страницу меню **Моделирование**, выберите раздел **Добавить элемент** и команду  **Элемент по траектории** или выберите эту же команду в инструментальной области: **Твердотельное моделирование** — **Элементы тела** — **Элемент выдавливания** — **Элемент по траектории**. На экране появляется диалог ввода параметров (рисунок 2.4.1). Рассмотр-

рим основные возможности настройки элемента по траектории.

Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Результат операции**. Комментарии к выбору результата операции такие же, как и для операции *Элемент вращения*.

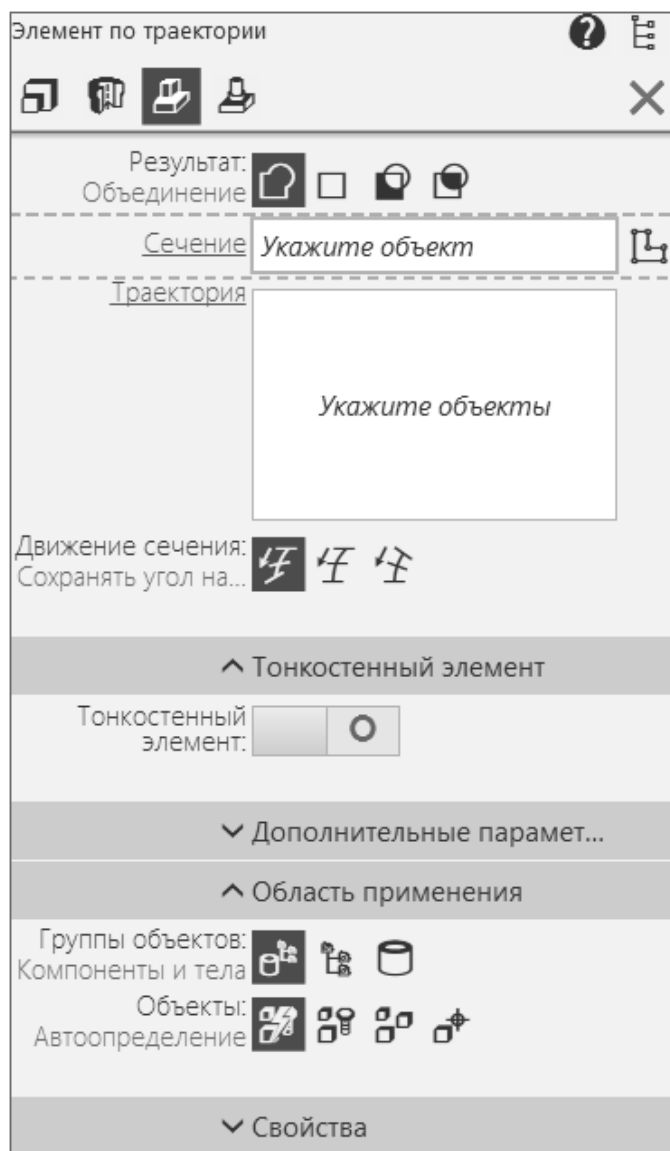


Рисунок 2.4.1 — Диалог ввода параметров операции
Элемент по траектории

Выберите сечение для построения элемента по траектории. Для этого укажите *эскиз-сечение* в Дереве построения или в графической области. Можно, не прерывая работу команды, построить эскиз и использовать его в качестве сечения.

Аналогично задайте траекторию движения сечения, включив опцию *Траектория*.

При перемещении эскиза вдоль траектории он может менять свою

ориентацию. В опции выбора типа движения есть три варианта: *с сохранением угла наклона*, *параллельно самому себе* и *ортогонально траектории*.

Назначение остальных вкладок кинематической операции аналогично соответствующим вкладкам операции вращения и выдавливания.

Для вызова команды построения элемента ***Вырезать по траектории*** раскройте страницу меню **Моделирование**, выберите раздел **Вырезать элемент** и команду  ***Вырезать по траектории*** или выберите эту же команду в инструментальной области: **Твердотельное моделирование — Элементы тела — Вырезать выдавливанием — Вырезать по траектории**. Набор параметров элемента ***Вырезать по траектории*** и возможности их настройки такие же, как и у рассмотренного **Элемента по траектории**.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Выполнить построение трёхмерных моделей в соответствии с вариантами заданий (см. Приложения 3). Размеры моделей выбрать произвольно.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Используя операцию ***Элемент по траектории***, создадим трёхмерную модель детали шплинт (рисунок 2.4.2).

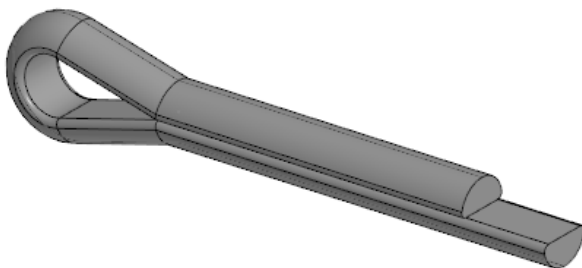


Рисунок 2.4.2 — Модель детали шплинт

- 1 Создайте новый файл детали: **Файл — Создать деталь**.
- 2 Дважды щелкните мышкой на названии объекта "Деталь" в Дереве модели и введите обозначение детали **СП6ПУ 001.000.003** и имя **Шплинт**, <Enter>.
- 3 Нажмите кнопку **Параметрический режим**  на Панели

быстрого доступа или убедитесь, что она нажата.

4 Выделите в **Дереве** модели объект "Плоскость XY". Создайте новый эскиз на выделенной плоскости.

5 Постройте траекторию, изображенную на рисунке 2.4.3.

6 Выйдите из режима редактирования эскиза. В **Дереве** модели измените имя эскиза на "Траектория" (редактирование свойств объекта из контекстного меню). Произвольно измените ориентацию существующих объектов.

7 Постройте вспомогательную плоскость, необходимую для построения поперечного сечения шплинта:

- на инструментальной панели **Вспомогательные объекты** выберите команду *Смещённая плоскость — Плоскость через точку параллельно другой плоскости*;
- определите положение плоскости: в **Дереве** модели выделите "Плоскость ZY", затем мышкой непосредственно в **Графической области** укажите на точку 1 построенной траектории (рисунок 2.4.3);
- завершите построение вспомогательной плоскости.

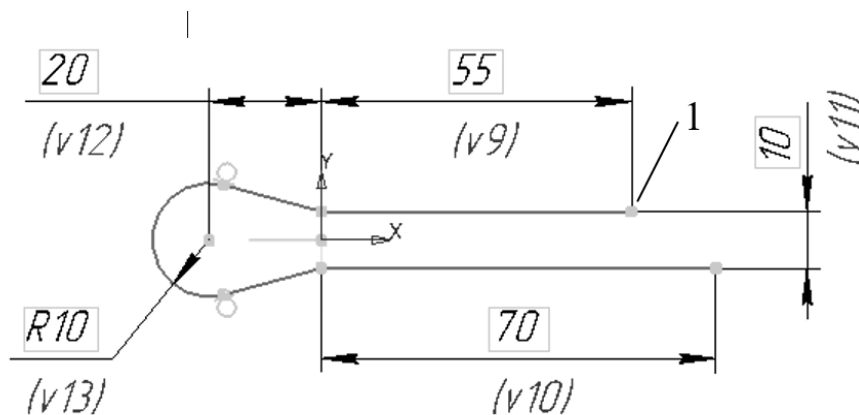


Рисунок 2.4.3 — Эскиз-траектория модели

8 Создайте на построенной вспомогательной плоскости эскиз:

- выделите объект "Параллельная плоскость:1" при помощи мыши в **Графической области**, либо в **Дереве** модели;
- создайте эскиз.

9 Постройте поперечное сечение детали (рисунок 2.4.4).

10 В **Дереве** модели измените имя эскиза на "Сечение".

11 Поверните деталь таким образом, чтобы оба эскиза имели невырожденные изображения (рисунок 2.4.5).

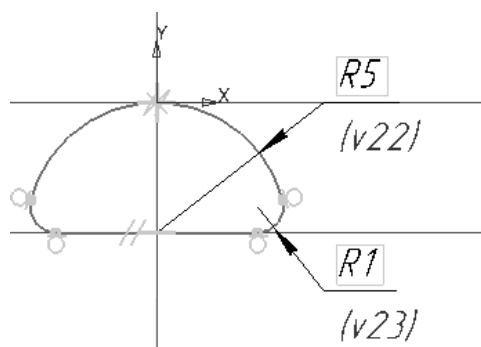


Рисунок 2.4.4 — Поперечное сечение детали

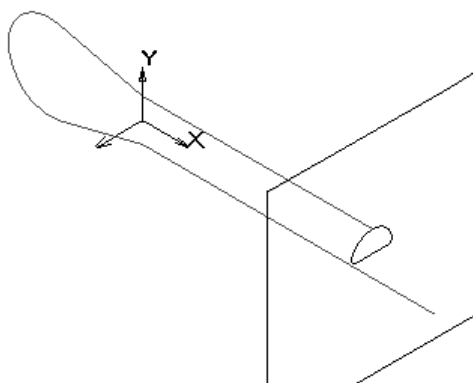


Рисунок 2.4.5 — Эскизы в модели

12 Создайте деталь, используя операцию **Элемент по траектории**:

- на панели **Параметры** включите опцию **Сечение** и выделите в **Дереве** модели эскиз “Сечение”. В результате надпись “Укажите объект” изменится на надпись “Сечение”;
- включите опцию **Траектория** и выделите эскиз под названием “Траектория”. В результате надпись “ Укажите объект ” изменится на 5 надписей “Кривая:Траектория”, поскольку контур траектории состоит из 5 кривых;
- Движение сечения: **Сохранять угол наклона**;
- Тонкостенный элемент: **Выкл.**;
- Закончите операцию. Сохраните модель.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Какие эскизы используются для создания модели операцией «элемент по траектории»? Каково их минимальное количество?

- 2 Какие требования предъявляются к эскизу-сечению?
- 3 Какие требования предъявляются к эскизу-траектории?
- 4 Каковы параметры операции «элемент по траектории»?
- 5 Какие существуют варианты перемещения эскиза-сечения вдоль траектории?