

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

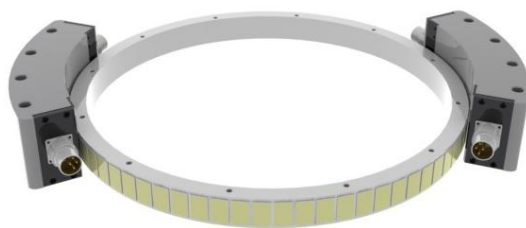
---

Отделение кафедры ЮНЕСКО (ОКЮ) «Новые материалы и технологии»

С.В. ЩЕРБИНИН

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ В AUTODESKINVENTOR**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ



Томск 2012

УДК 681.527.7

ББК

Щ

Щербинин С.В

**Проектирование мехатронных модулей движения в Autodesk Inventor: Учебн. метод. пособие.** – Томск: STT, 2012. – 60 с.

ISBN

Учебное пособие предназначено для магистрантов, обучающихся по магистерским программам «Управление инновациями в мехатронике и робототехнике», "Проектирование и исследование мультикоординатных систем движения".

**УДК 681.527.7**

**ББК**

Рецензенты:

*Сырямкин В.И.*, директор Межвузовского УНПЦ  
«Технологический менеджмент» НИ ТГУ  
доктор технических наук, профессор;

*Суржиков А.П.*, заместитель директора по НР Института  
неразрушающего контроля НИ ТПУ, заслуженный деятель  
науки РФ, доктор физико-математических наук, профессор

© Щербинин С.В., 2012

© Оформление. STT™, 2012

## ВВЕДЕНИЕ

Autodesk Inventor Professional – система автоматизированного проектирования, предназначенная для организаций, разрабатывающих сложные машиностроительные изделия. Autodesk Inventor Professional предоставляет единое интегрированное решение, которое позволяет инженерам-конструкторам, работающим в области электромехатроники, значительно повысить производительность проектирования, контроля и документирования таких изделий.

Autodesk Inventor это инструмент, направленный на проектирование больших сборок, включающих десятки тысяч элементов. Посредством адаптивного механизма управления данными, Autodesk Inventor поддерживает сегментированную базу и быструю загрузку ее на выполнение. Путем устранения необходимости разбивать проект на достаточно малые куски, Autodesk Inventor повышает скорость и точность создания и выполнения проектов. Адаптивная технология, именованные видовые представления, доступные компоненты, отслеживание чертежа и параллельная работа над проектом все это расширяет границы и опыт разработки больших проектов.

В состав системы включены подсистемы "Трубы и трубопроводы" (проектирование систем технологических трубопроводов и гидропневмосистем), "Прокладка кабельных трасс и электрических проводов" (всё для трехмерного монтажа электрических компонентов и их соединения кабелями), "IDF-импорт" (импорт структуры и модели печатных плат из электронных САПР), "Конечно-элементный анализ" (проектировочный прочностной анализ деталей по технологии ANSYS), "Моделирование динамики".

Средства коллективной работы над проектом помогают организовать совместную работу нескольких членов группы над одной деталью или подсборкой. Autodesk Inventor отслеживает, кто над какой частью проекта работает.

Autodesk Inventor -- первый трехмерный пакет машиностроительного проектирования, использующий для супербыстрого панорамирования и масштабирования трехмерную графическую технологию Фаренгейт (Fahrenheit), совместно разработанную Microsoft и SGI.

# 1. ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

Интерфейс Autodesk Inventor (AI) похож на интерфейс большинства приложений Microsoft Windows. Он позволяет пользователю работать с программой на интуитивном уровне с помощью пиктограмм расположенных на панелях инструментов, контекстных меню, вызываемых нажатием правой кнопки "мыши", различных подсказок.

Для запуска Autodesk Inventor нужно два раза щелкнуть правой клавишей мыши по пиктограмме (рис. 1), расположенной на рабочем столе Windows или один раз щелкнуть по кнопке **Пуск** выбрать из меню **Программы** пункт **Autodesk**, в нем выбрать подпункт **Autodesk Inventor**.



Рис. 1. Пиктограмма для запуска AutoDesk Inventor

## Упражнение 1.

Найдите на рабочем столе Windows пиктограмму для запуска Autodesk Inventor и щелкните по ней два раза левой клавишей "мыши".

Дождитесь когда загрузятся окна программы.

При запуске Inventor, Вы увидите окно **Открыть** (рис. 2) и за ним окно приложения программы Inventor.

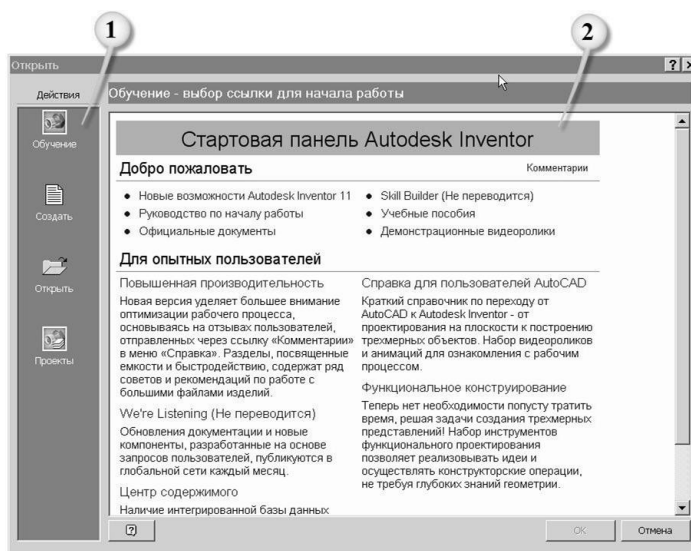


Рис. 2. Окно **Открыть** в режиме **Обучение**:

1 – панель с кнопками для выбора действий; 2 – стартовая панель Autodesk Inventor

В левой части окна расположены кнопки для выбора режимов работы программы, в правой части – **Стартовая панель Autodesk Inventor**. С помощью гиперссылок стартовой панели, выделенных синим цветом, можно получить доступ к многочисленным учебным материалам, представленным в программе.

При изучении Autodesk Inventor рекомендуется пользоваться разделом **Учебные пособия** и другими разделами стартовой панели.

### Упражнение 2.

На стартовой панели Autodesk Inventor найдите выделенную синим цветом гиперссылку "Учебные пособия" и щелкните по ней левой клавишей "мыши" (если при загрузке программы в правой части окна Открыть нет стартовой панели, щелкните правой клавишей "мыши" по кнопке Обучение на панели выбора действий).

Должно появиться окно с перечнем содержания электронного учебного пособия (рис. 3).

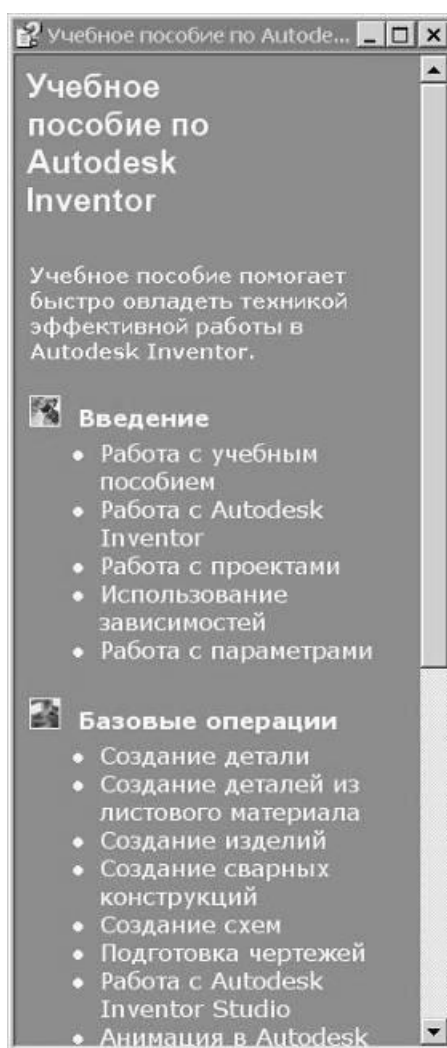


Рис. 3. Окно с перечнем содержания учебного пособия

В разделе **Базовые операции** щелкните мышью по названию подраздела **Создание детали**.

В появившемся окне (рис. 4), нажимая на кнопку 1, перейдите на другие страницы учебного пособия. Для перемещения к странице с содержанием нажмите на кнопку 2.

Закройте окно с перечнем содержания учебного пособия.

Щелкните по ссылке "**Демонстрационные видеоролики**" на стартовой панели Autodesk Inventor.

В появившемся окне **Видеоролики** (рис. 5) выберите любую категорию, например **Эскиз**.



Рис. 4. Начальная страница раздела учебного пособия: 1 – кнопка перехода на последующие страницы; 2 – кнопка перехода на страницу с содержанием



Рис. 5. Окно выбора категории видеороликов

Делайте выбор подкатегорий до тех пор, пока не перейдете к окну просмотра (рис. 6) учебного видеоролика. При загрузке окна видеоролик запускается автоматически.

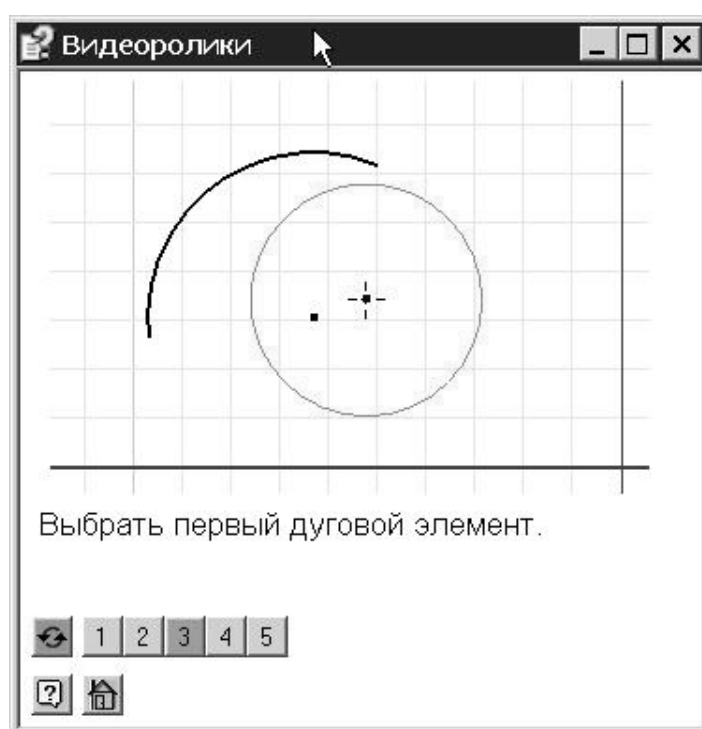


Рис. 6. Окно просмотра видеоролика

Щелчком "мыши" по пиктограмме **Создать** панели **Действия** окна **Открыть** загружаем режим **Создание файла – выбор шаблона**. Появляется окно, показанное на рис. 7.

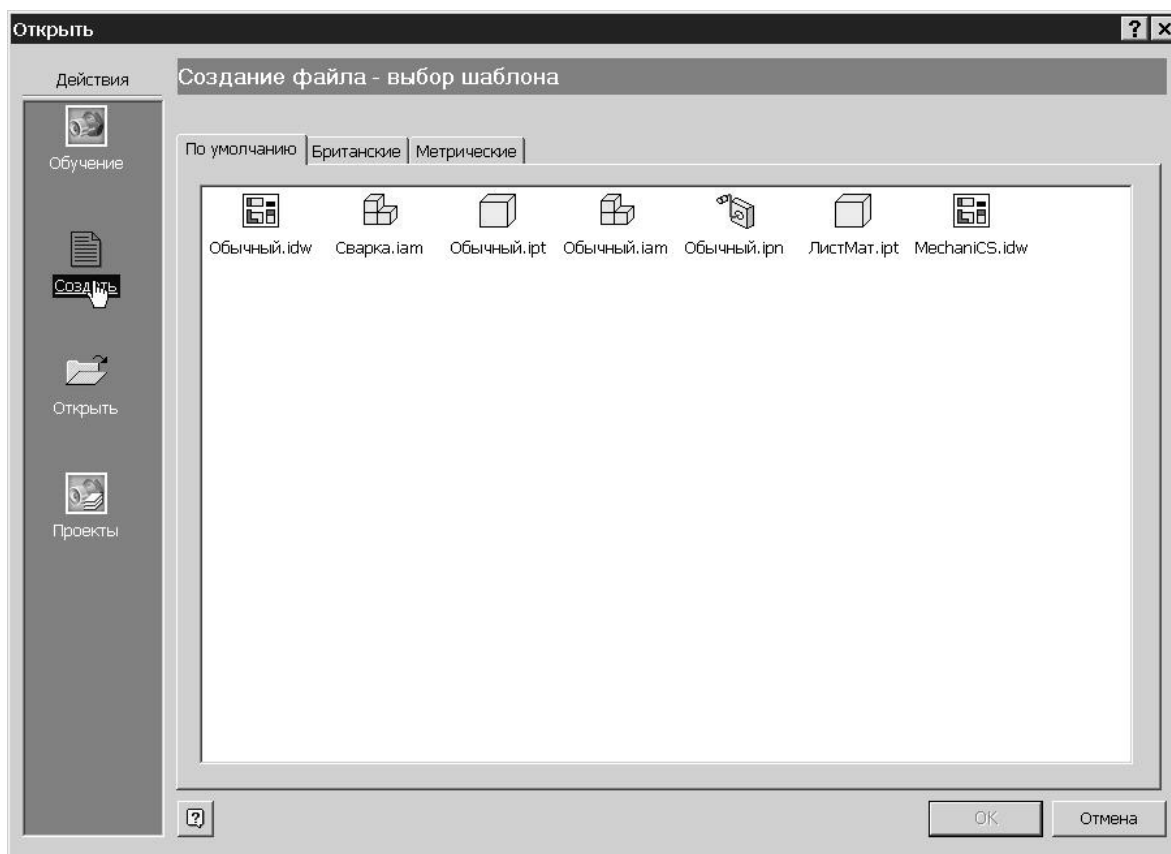






Рис. 7. Окно *Открыть* в режиме *Создать*

В левой части окна имеются пиктограммы для выбора шаблонов файлов. Каждому шаблону соответствует файл с определенным расширением. Загрузка шаблонов производится щелчком левой клавиши мыши по соответствующей иконке. Рассмотрим подробнее имеющиеся в AutoDeskInventor шаблоны.

 Шаблон **Обычный** является файлом чертежа. В AutoDeskInventor файл чертежа получают на основе модели детали или сборочной единицы. Файлы чертежей имеют расширение **.idw**.  
Обычный.idw

 Шаблон **Сварка** предназначен для создания файлов моделей сварных соединений. Расширение этих и других файлов видно по надписи на пиктограмме.  
Сварка.iam

 Шаблон **Обычный** с расширением файлов **.ipt** используют для создания файлов моделей деталей.  
Обычный.ipt

 Шаблон **Обычный** с расширением файлов **.iam** применяют для подготовки файлов сборочных единиц. Расширения его файлов соответствуют расширениям файлов шаблона **Сварка**. Отличие шаблонов в использовании разных команд.  
Обычный.iam





Обычный.ірп

Шаблон **Обычный** расширением файлов **.ірп** предназначен для файлов презентаций. Презентации создают на основе моделей сборочных единиц с целью демонстрации сборки-разборки изделия и принципа работы.



ЛистМат.ірп


Шаблон **ЛистМат** нужен для создания моделей деталей, создаваемых из листового материала методами гибки, штамповки и т.д.

При нажатии на кнопку **Создать** левая часть окна **Открыть** принимает вид показанный на рис. 8. В данном режиме производится загрузка в Inventor ранее созданного файла проекта, а также осуществляется поиск необходимых файлов. Для открытия нужного файла с помощью окна 1 находим папку с файлами проекта. С помощью курсора указываем в списке на файл который собираемся открывать в программе и два раза щелкаем левой кнопкой мыши или по кнопке **Открыть** на панели 6.

**Упражнение 3.** В окне **Открыть** щелкните левой клавишей мыши по иконке **Открыть** панели **Действия**. В окне 1 (рис. 8) найдите папку с готовыми файлами проекта. Папка расположена по адресу

C:\Водопроводный кран\.

В окне 2 мышью установите курсор на имени файла **сборка.іам** и щелкните два раза левой клавишей мыши или нажмите на кнопку **Открыть** панели 2. Дождитесь открытия файла в рабочем окне AutoDeskInventor (рис. 9).

Закройте программу щелчком левой клавиши мыши по значку в виде перекрестия  расположенном в верхнем правом углу окна.

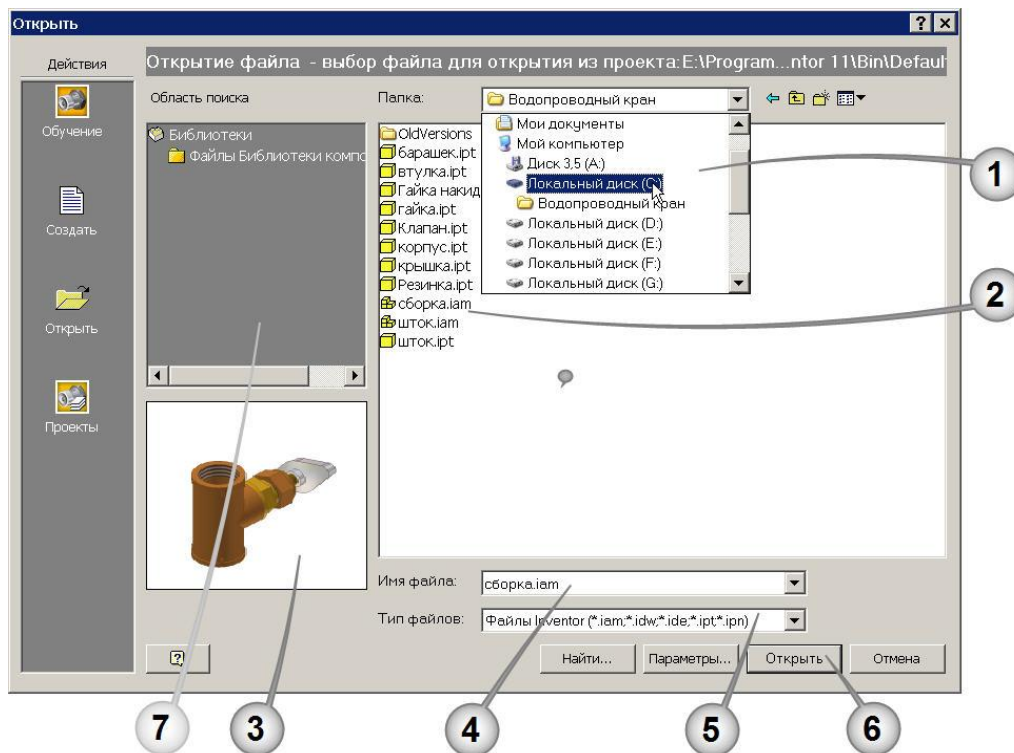


Рис. 8. Окно **Открыть** в режиме открытия ранее созданного файла:  
 1 – окно поиска папки с файлами проекта; 2 – окно со списком файлов папки проекта; 3 – окно визуализации файла проекта; 4 – окно с именем файла; 5 – окно с указанием типа загружаемых файлов; 6 – панель для задания действий; 7 - панель с указанием пути к библиотеке компонентов

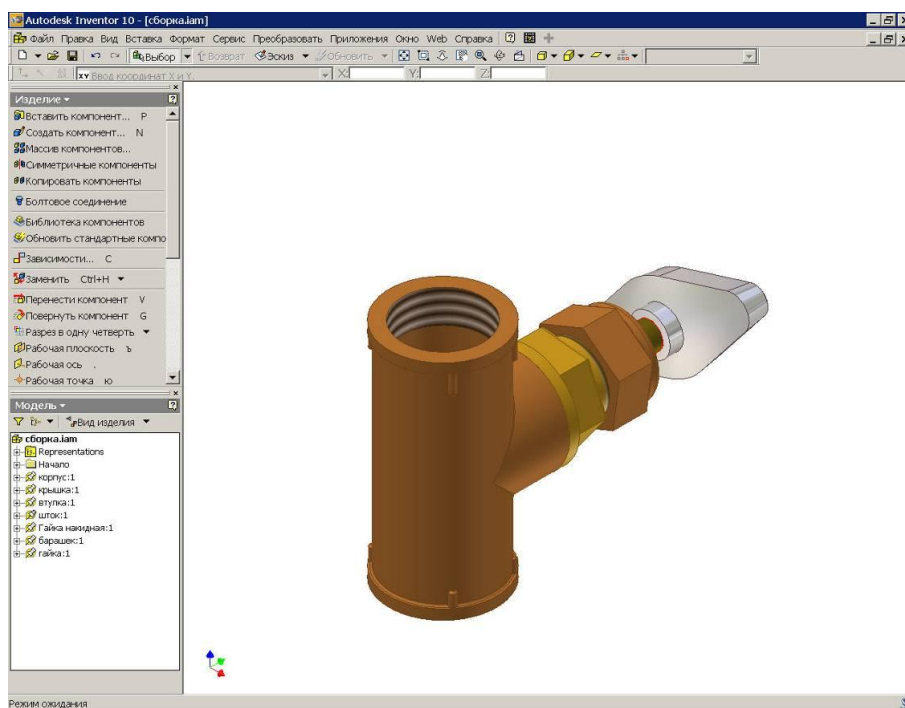


Рис. 9. Окно AutodeskInventor с загруженным файлом сборки

При задании режима **Проекты** вид левой части окна **Открыть** будет выглядеть как на рис. 10.

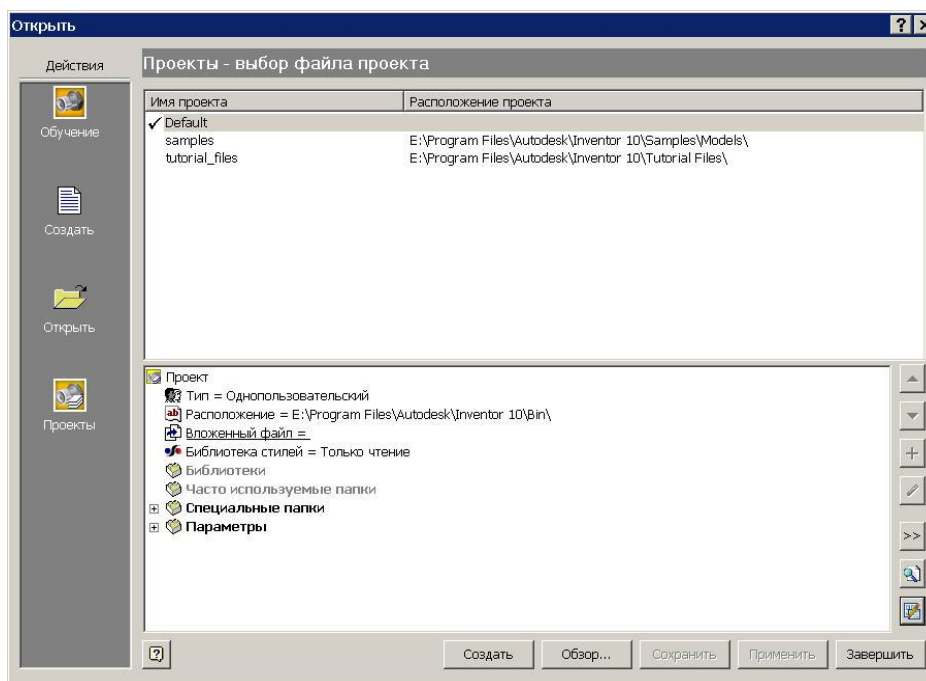


Рис. 10. Окно **Открыть** в режиме настройки файлов проекта

Данное окно предназначено для установок файлов проекта.

**Упражнение 4.** Откройте окно **Открыть** в режиме проекты. Установите курсор в верхней половине окна и вызовите контекстное меню нажатием правой клавиши мыши (рис. 11).

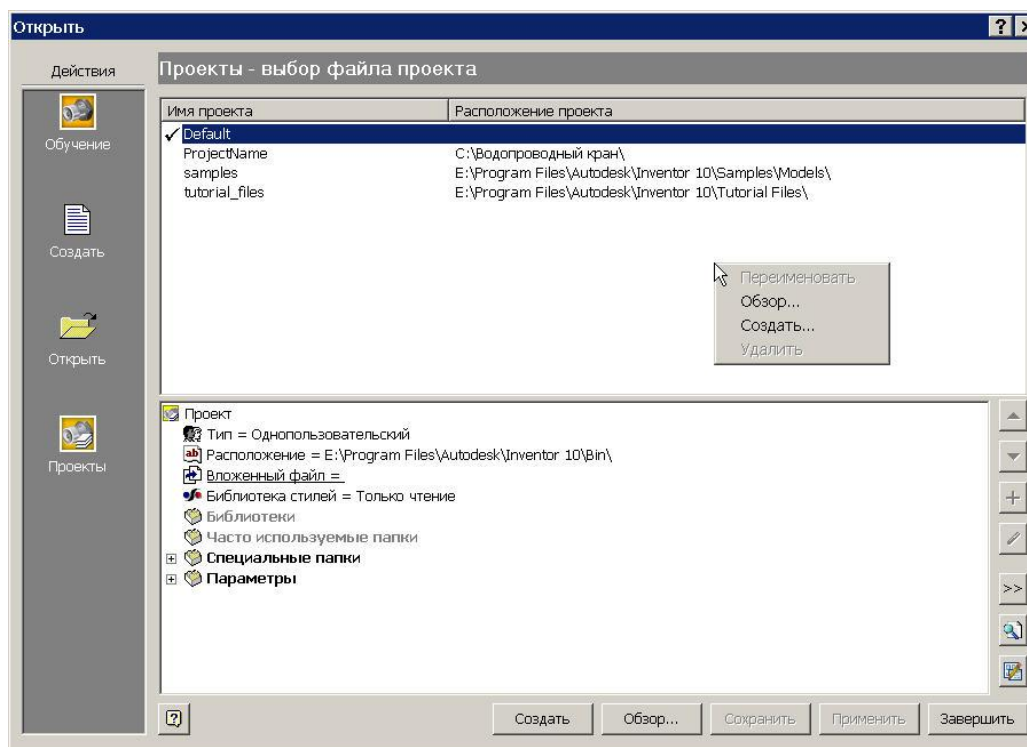


Рис. 11. Вызов контекстного меню в режиме настройки файлов проекта

В окне контекстного меню щелкните мышью по пункту **Создать**. В появившемся окне (рис. 12) укажите расположение предварительно созданной папки в которой будут располагаться создаваемые Вами файлы. Нажмите на кнопку **Готово**.

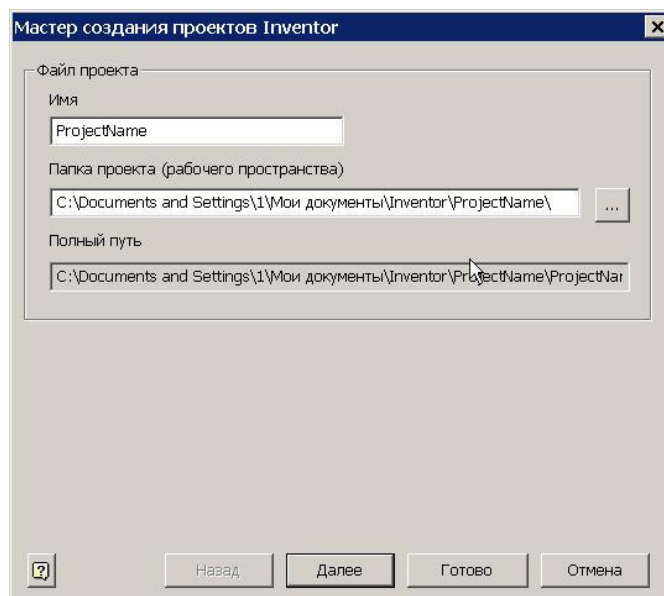



Рис. 12. Окно мастера создания проектов

Перейдем к изучению окна приложения которое при запуске AutoDesk Inventor находится за окном **Открыть**. Если закрыть окно **Открыть** увидим то, что показано на рис. 13.

При открытии файла шаблона интерфейс окна меняется в зависимости от типа файла. Открыть файл шаблона можно одним из следующих способов:

- через иконку **Создать**  панели быстрого доступа (рис. 14);
- с помощью клавиатуры, нажав одновременно клавиши **Ctrl+N**;
- через пункт **Файл** меню программы (рис. 2.16) и окно **Открыть**, щелчком левой клавиши мыши по пиктограмме.



Обычный.ipt

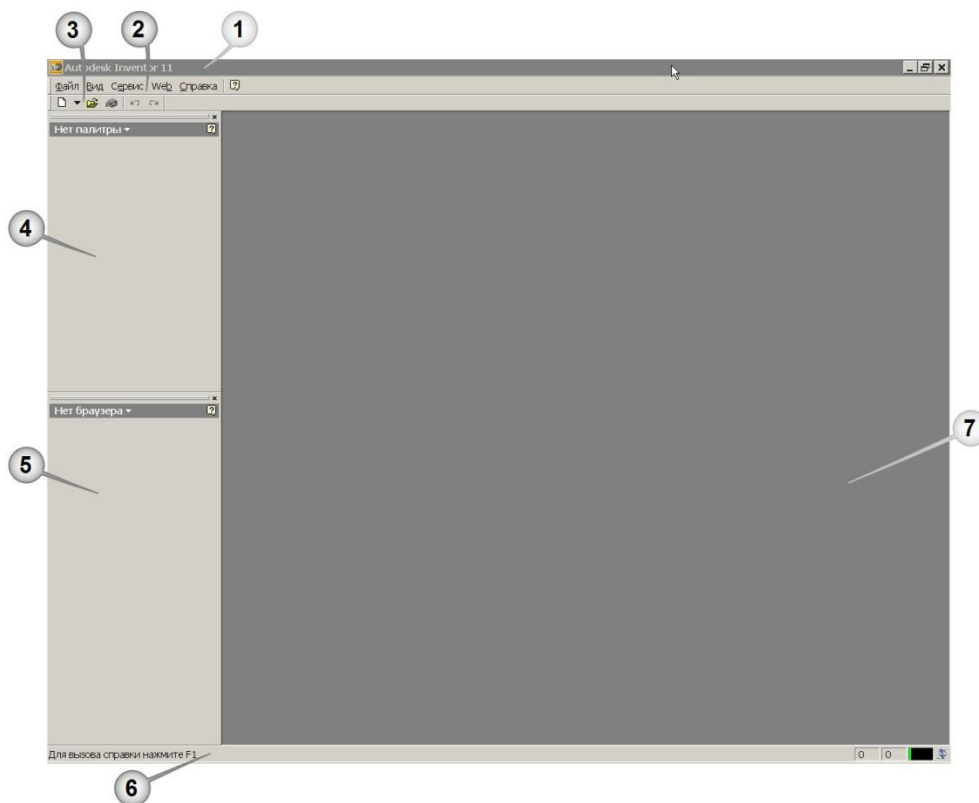


Рис. 13. Окно приложений: 1 – окно заголовка; 2 – строка меню; 3 – панель стандартная-Inventor; 4 – инструментальная палитра; 5 –браузер; 6 – строка состояния; 7 - графическая область

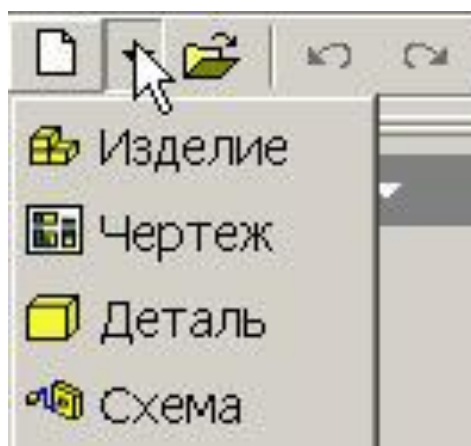


Рис. 14. Загрузка файла шаблона из панели быстрого доступа

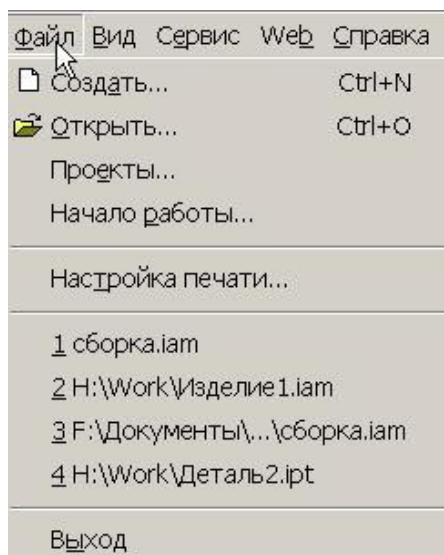


Рис. 15. Загрузка файла шаблона из пункта **Файл** меню программы

**Упражнение 5.** Загрузите шаблон файла **Деталь** в окно приложений. Окно приложений должно иметь вид показанный на рис. 16.

В левой стороне окна программы имеется панель инструментов "2D эскиз" для создания эскиза детали 3. Ниже панели "2D эскиз" расположен браузер 4. Большую часть окна приложений занимает графическая область 5.

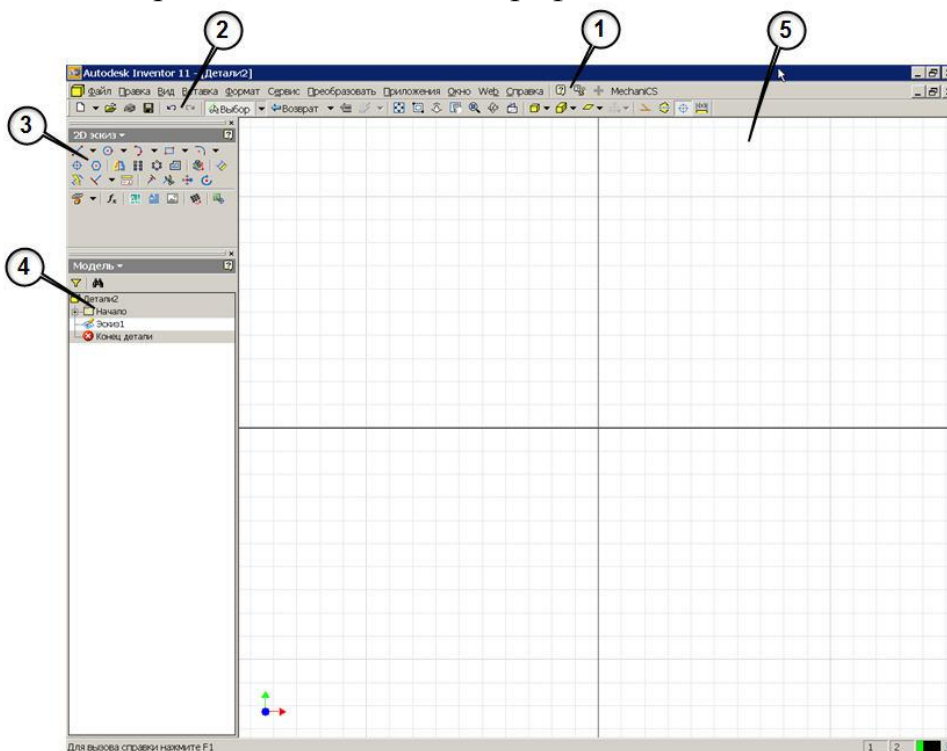


Рис. 16. Окно приложений при создании файла детали: 1 – строка меню; 2 – стандартная – Inventor; 3 – инструментальная палитра "2D-эскиз"; 4 – браузер; 5 – графическая область

В браузере отображается структура деталей, узлов и чертежей активного файла. Эта структура — своя для каждой среды. На рисунке 17 показаны браузер и панель инструментов в среде сборки изделий.

Браузер можно разместить в любом удобном месте экрана.

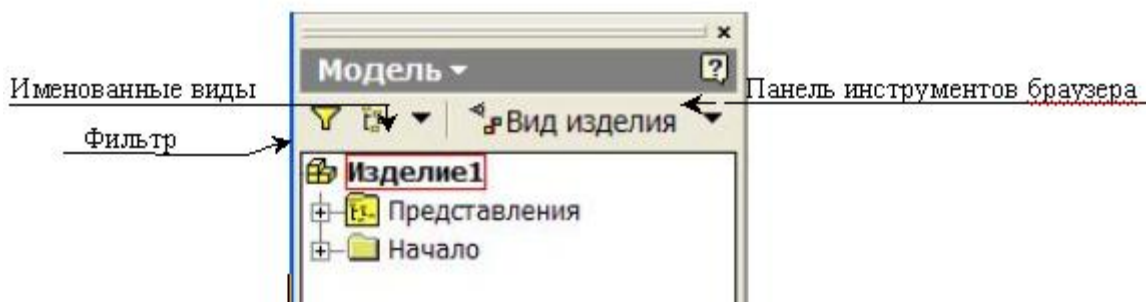


Рис. 17. Браузер

## 2.1.2. Строка меню

Через строку меню осуществляется доступ к меню выпадающих окон.

**Упражнение 5.** Щелкните левой клавишей "мыши" по пункту "Файл" строки меню. Выпадает окно (рис. 17) с пунктами меню, представляющих собой список команд для работы с файлами.

Если в пункте меню после его названия стоит многоточие, то это означает, что данная команда является диалоговой и при ее выборе на экран выводится диалоговое окно.

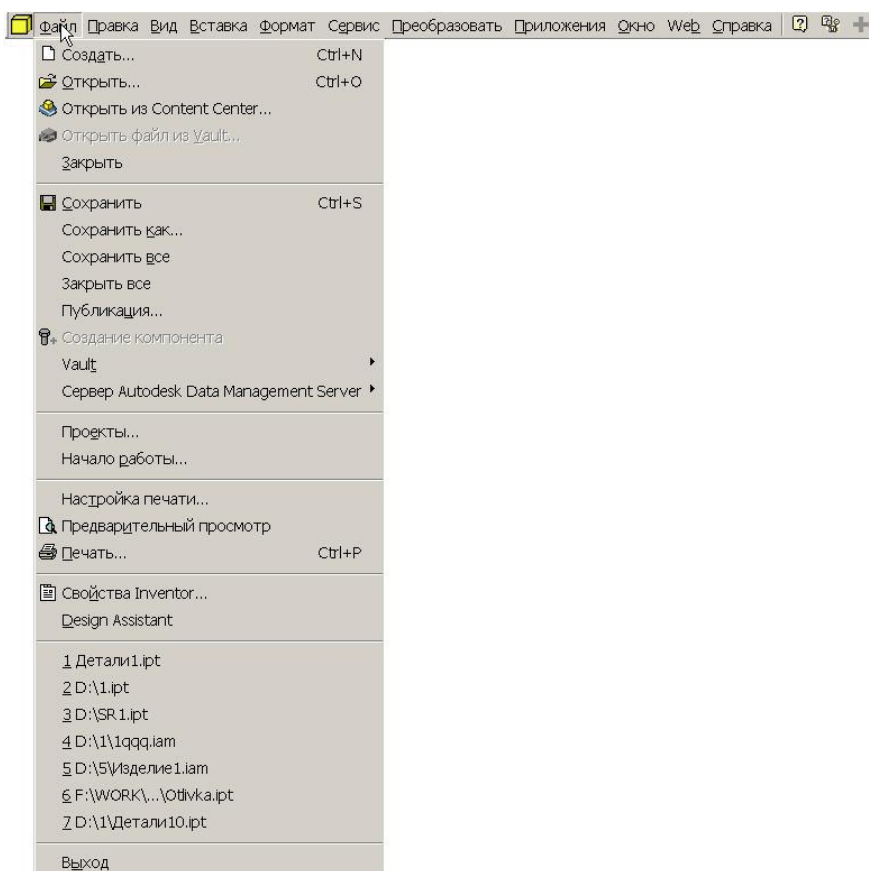


Рис. 17. Выпадающее меню "Файл"

Часть команд содержащихся в выпадающих окнах строки меню доступны через пиктограммы расположенные на панелях инструментов. Назначение многих команд понятно из их названий. Другие команды применяют при выполнении каких-то специфических операций, выходящих за рамки учебного курса. Поэтому будем рассматривать только наиболее важные команды, необходимые для усвоения основ работы с АІ. При необходимости можно познакомиться с назначением команды и ее опциями через справочную систему программы.

### Команды меню "Файл"

Обратите внимание, что для задания некоторых команд можно воспользоваться горячими клавишами. Сочетания клавиш указаны пунктах меню выпадающих окон. Например, команду "Создать..." можно активировать нажатием сочетания клавиш **Ctrl+N**(рис. 17)

Название команды	Назначение команды
Создать...	Создание нового файла изделия, чертежа, детали или схемы
Открыть...	Открытие файла АІ
Открыть из Content Center...	Открытие файла твердотельной модели из библиотеки компонентов. В библиотеках компонентов AutodeskInventor хранятся детали (крепежные детали, стальные профили, детали валов) и конструктивные элементы, предназначенные для вставки в изделия.

### Команды меню "Вид"

Команды меню "Вид" (рис. 18) предназначены для просмотра эскизов и моделей в графической области окна приложений и работы с панелями.



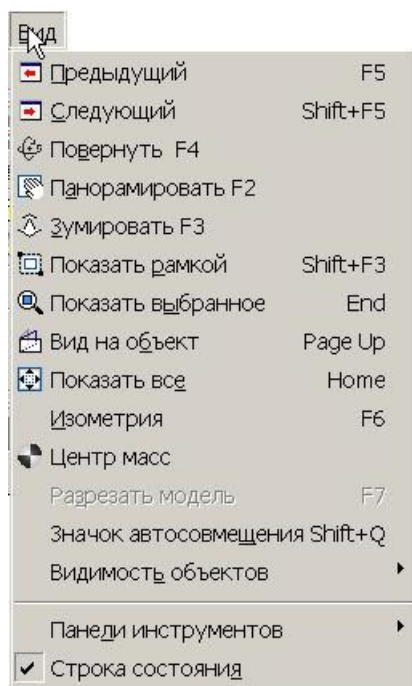
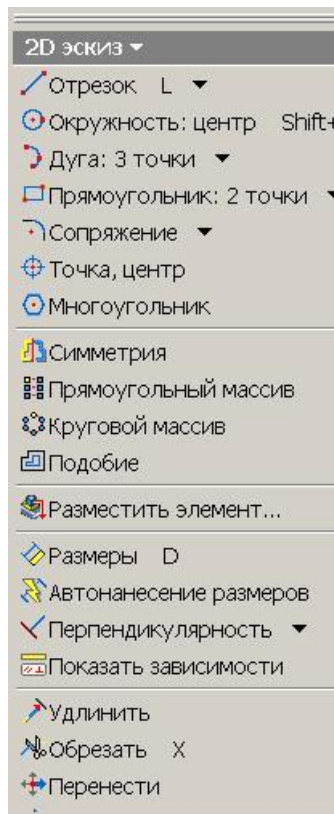


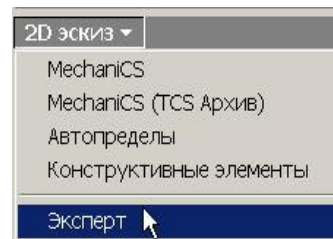
Рис. 18. Выпадающее меню "Вид"

Название команды	Назначение команды
Предыдущий	Переход к предыдущему виду в графической области
Следующий	Переход к следующему виду в графической зоне
Повернуть	Вращение модели
Панорамировать	Перемещение изображения в графической области
Зумировать	Динамическое увеличение/уменьшение изображения
Показать рамкой	Выбор фрагмента графической области с помощью рамки
Показать выбранное	Размещение указанной плоскости/грани в центре экрана
Вид на объект	Совмещение текущей плоскости эскиза с плоскостью экрана
Показать все	Вывод всего изображения в границы экрана
Изометрия	Переход к стандартному изометрическому виду модели
Центр масс	Указание центра масс модели
Разрезать модель	Временный разрез для удаления мешающей геометрии
Значок автосовмещения	Отображение символа степеней свободы деталей сборки
Видимость объектов	Включение/отключение видимости отдельных объектов (рабочих элементов, эскизов и т.д.)
Панели инструментов	Вывод всплывающего меню управляющего видимостью и размещением панелей инструментов
Строка со-	Включение/отключение строки состояния

Инструментальная палитра может быть представлена в режиме эксперта (рис. 19) или обычном режиме (рис. 20). Как видно из рисунков, режим эксперта предназначен для опытных пользователей имеющих навыки работы с Autodesk Inventor и для которых названия, подписанных возле пиктограмм команд не нужны. Для переключения от режима эксперта к обычному режиму необходимо навести курсор на треугольник возле надписи "2D эскиз" (рис. 21, а) и нажать на левую клавишу мыши. В появившемся окне (рис. 21, б) убрать или поставить флажок.



а



б


Рис. 19. Инструментальная палитра "2D эскиз" в режиме эксперта

Рис. 20. Панель "2D эскиз" в обычном режиме

Рис. 21. Переключение между режимом эксперта и обычным режимом

Autodesk Inventor допускает разные подходы в работе с объектами. Можно сначала вызвать команду, а затем выбрать объекты для обработки; можно поступить и наоборот — сначала выбрать объекты, а затем вызвать команду.

Контекстные меню вызываются щелчком правой кнопки мыши. Содержимое контекстного меню зависит от выбранных объектов и выполняемых функций.

Autodesk Inventor часто отображает рядом с курсором маленькие символы. Эти символы служат в качестве подсказок о возможных действиях пользователя. Например, символ  отображается при построении параллельных линий.

## 2. ЭСКИЗЫ

Цель работы – изучение построения эскизов в Autodesk Inventor.

Задачи – ознакомиться с основами построения эскизов в Autodesk Inventor, выполнить упражнения по созданию эскизов деталей.

Построение эскиза в Autodesk Inventor является первым шагом в создании детали. Создаваемая в Autodesk Inventor модель поддерживает постоянную связь с эскизами. При изменении эскиза соответствующим образом изменяется и сама модель.

Эскиз — это контур конструктивного элемента или геометрический объект (траектория сдвига, ось вращения и т.п.), требуемый для формирования конструктивного элемента. Создание трехмерной модели производится путем сдвига контура или его вращения вокруг заданной оси (рис. 22).

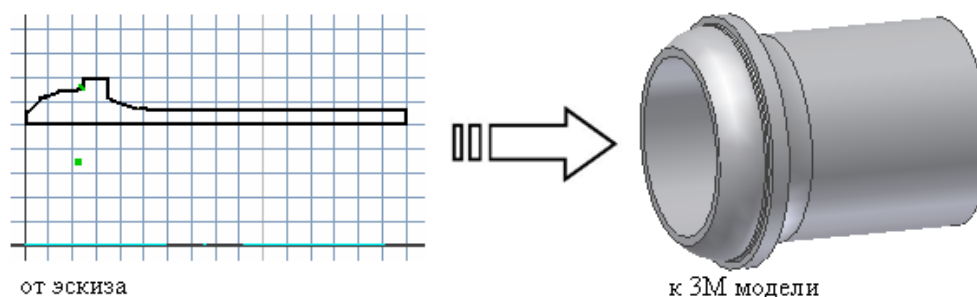


Рис. 22. Связь эскиза и модели

Построение детали начинается с привычного создания двумерного эскиза. При этом не только определяются характерные точки объекта (центр окружности, конечная точка и др.), но также отрисовываются вспомогательные линии построения к уже существующим графическим объектам. Программа учитывает параллельность, перпендикулярность, продолжение отрисованных примитивов. Условие перпендикулярности распознается даже в том случае, когда углы линий не строго вертикальны или горизонтальны.

Для информационного облегчения пользовательского интерфейса и более быстрого освоения работы с программой многие команды вынесены в контекстные меню, вызываемые правой кнопкой мыши.

После запуска программы Autodesk Inventor (AI) открывается диалоговое окно (рис. 23), в котором предлагается либо создать новый документ, либо открыть для просмотра и редактирования уже существующий. Выбираем действие «Создать новый документ» и переходим на закладку «Метрические». Выбираем тип документа «Обычный (мм).ipt» – файл детали.

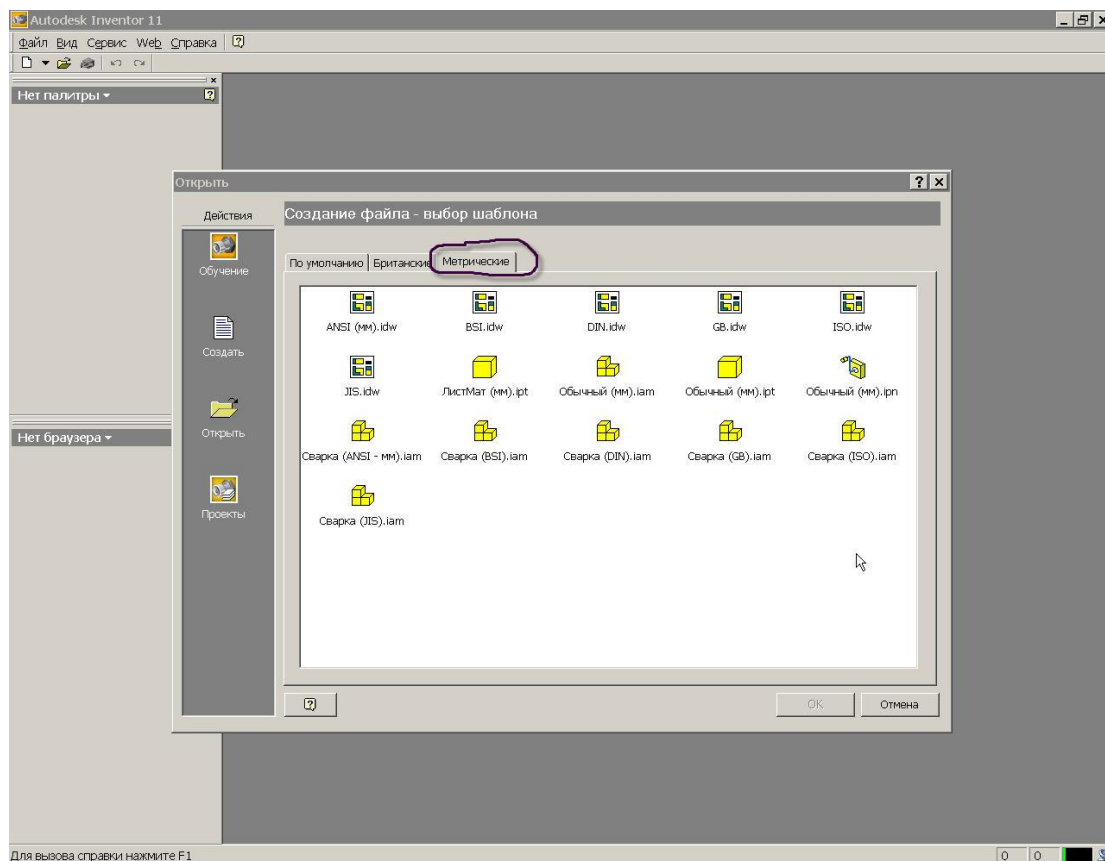


Рис. 23. Выбор шаблона из окна "Открыть"

После нажатия кнопки «ОК» попадаем в режим редактирования эскиза. С левой стороны появляются панель построения "2М эскиза" и "Браузер модели", а справа графическая область построения.

По опыту работы рекомендуем базовый эскиз привязывать к нулевой точке системы координат, т.к. это не только облегчает дальнейшую работу с моделью детали, но и решает целый ряд проблем связанных с передачей геометрии в другие программы [ ].

Для проецирования центра координат на плоскость построения эскиза необходимо нажать кнопку «Проецировать геометрию» и указать на центр начала координат в браузере модели (рис. 24).

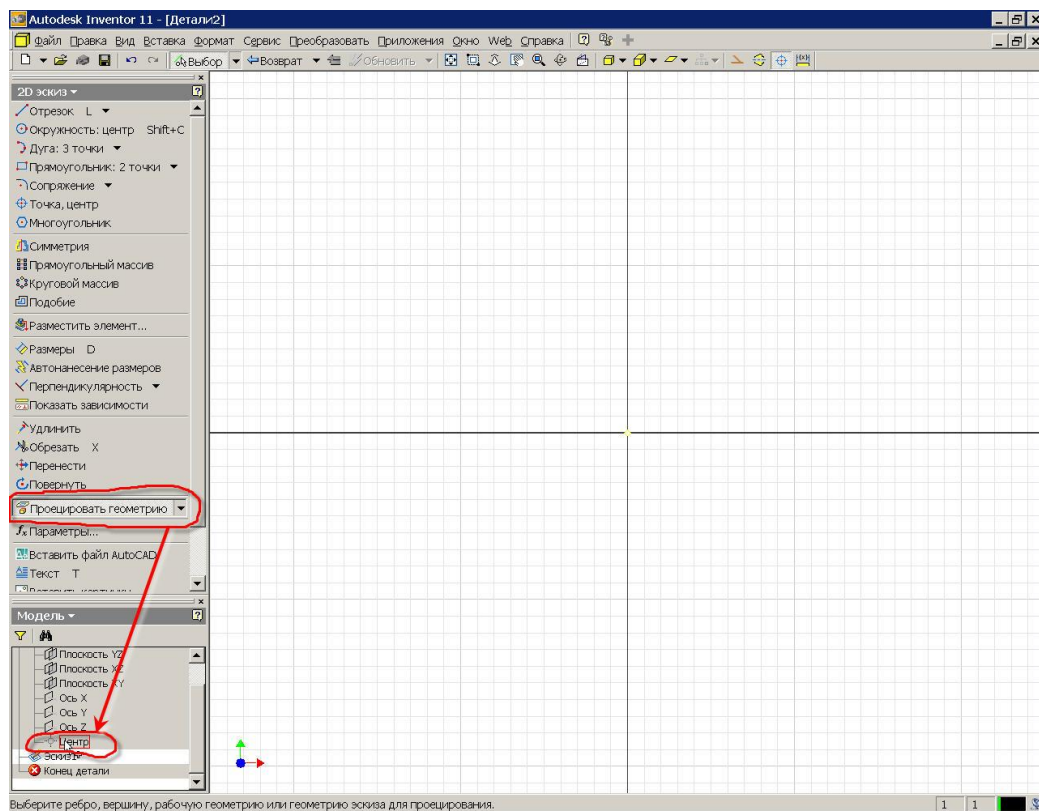


Рис. 24. Установка системы координат

Начинаем построение эскиза детали. Базовые операции построения и редактирования схожи с аналогичными командами Autocad (отрезок, круг, дуга и т.д.). В AI реализован принцип размерно-управляемого моделирования, которое позволяет быстро набросать черновые варианты модели без задания её точных размеров.

В AI предусмотрена возможность отрисовки контура эскиза по точным координатам (аналогично Autocad). Для вызова панели ввода точных координат необходимо в основном меню «Вид» – «Панели инструментов» выбрать пункт «Точные координаты».

Когда базовая геометрическая форма определилась, можно задать точные размеры. Делаем набросок определяющий геометрию будущей детали. Для обеспечения заданной геометрии объектов на элементы эскизов накладываются зависимости формы и расположения. При отрисовке элементов эскиза детали AI предлагает автоматически назначать зависимости формы и расположения (в данном случае параллельность отрезков – // (рис. 25)).

Кроме основных линий (линий основного контура эскиза) для построений могут так же применяться вспомогательные линии, осевые и линии центров. Кнопки для выбора типа линии расположены справа в панели основного меню.

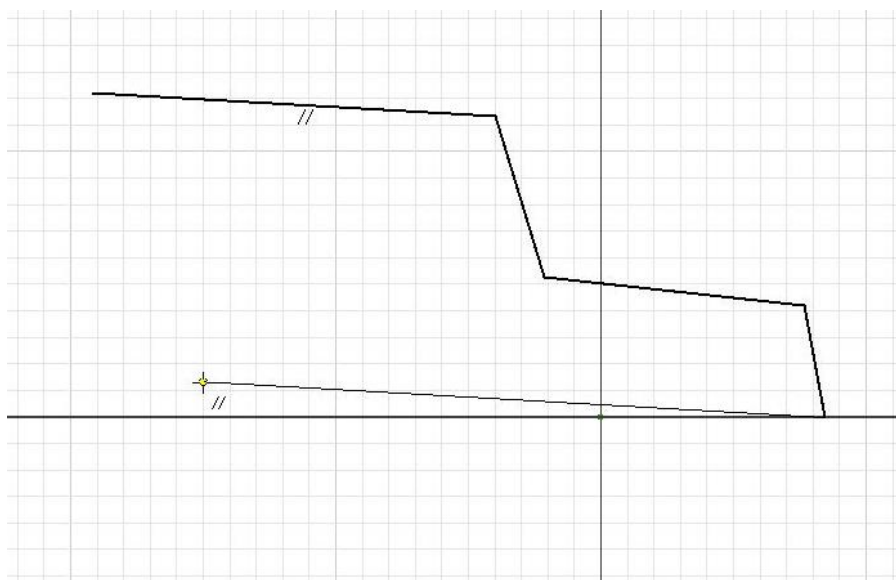


Рис. 25. Отображение зависимостей формы

Замыкаем контур эскиза. AI автоматически отслеживает привязку отрезка к конечной точке. Элементы геометрии подсвеченные черным цветом являются полностью определенными т.е. не имеет степеней свободы.

Для эскиза степенями свободы являются направления, по которым он может изменить свою форму или размер.

Элементы геометрии подсвеченные зеленым цветом являются не до конца определенными (рис. 26).



Рис. 26. Неопределенные элементы эскиза

Добьемся полного определения эскиза. Для этого накладываем необходимые зависимости, которые расположены в выпадающем меню «Зависимости» (рис. 27).

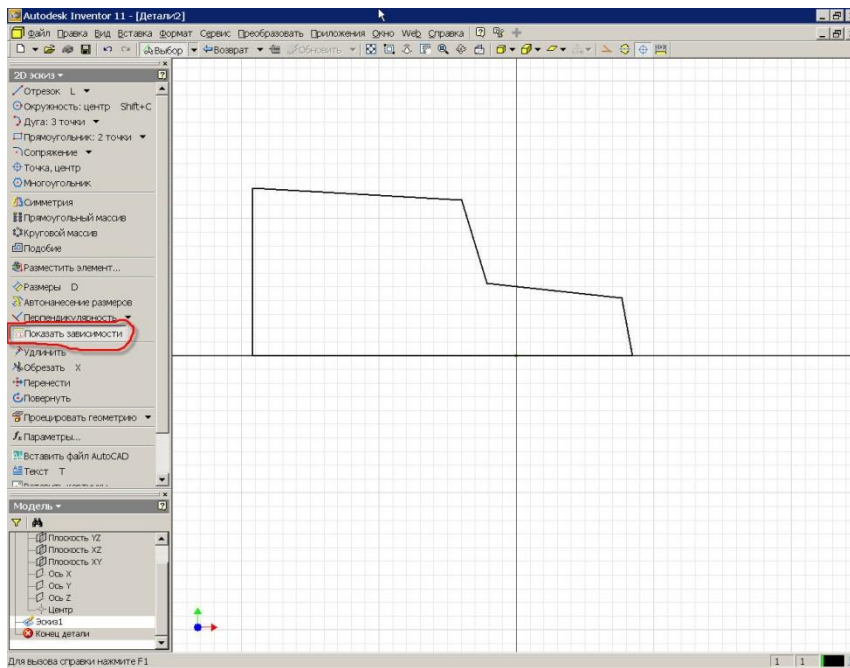


Рис. 27. Наложение зависимостей

Наложим зависимости параллельности отрезков. Для этого выбираем зависимость параллельности и указываем сначала элемент, относительно которого будет наложена зависимость, а затем зависимый элемент (рис. 28).

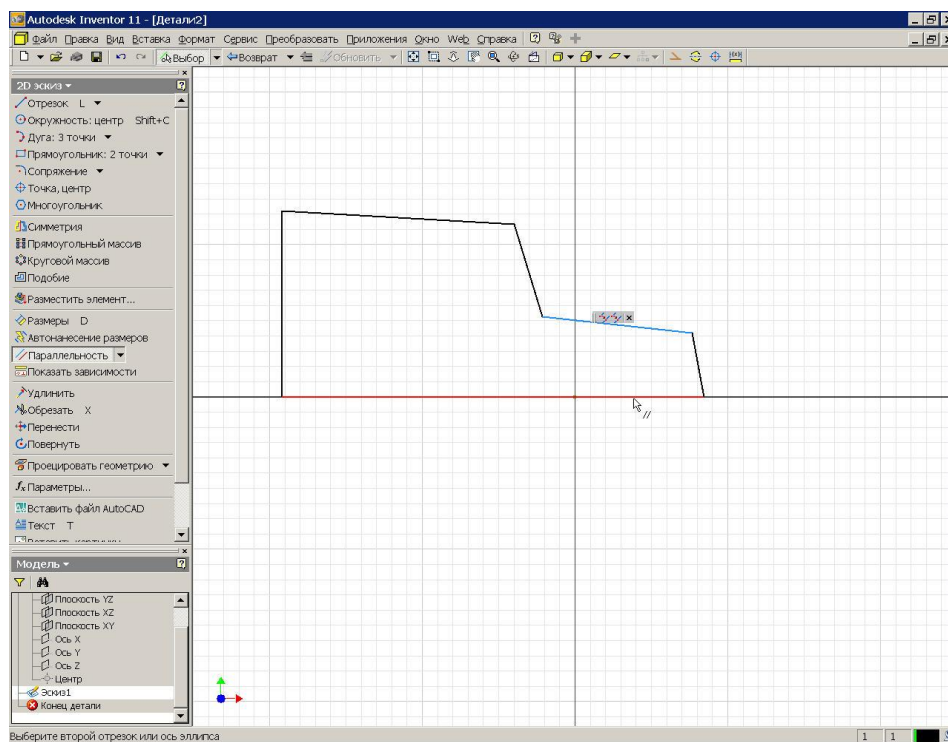


Рис. 28. Наложение зависимостей

Аналогично накладываем зависимость перпендикулярности геометрии (рис. 29).

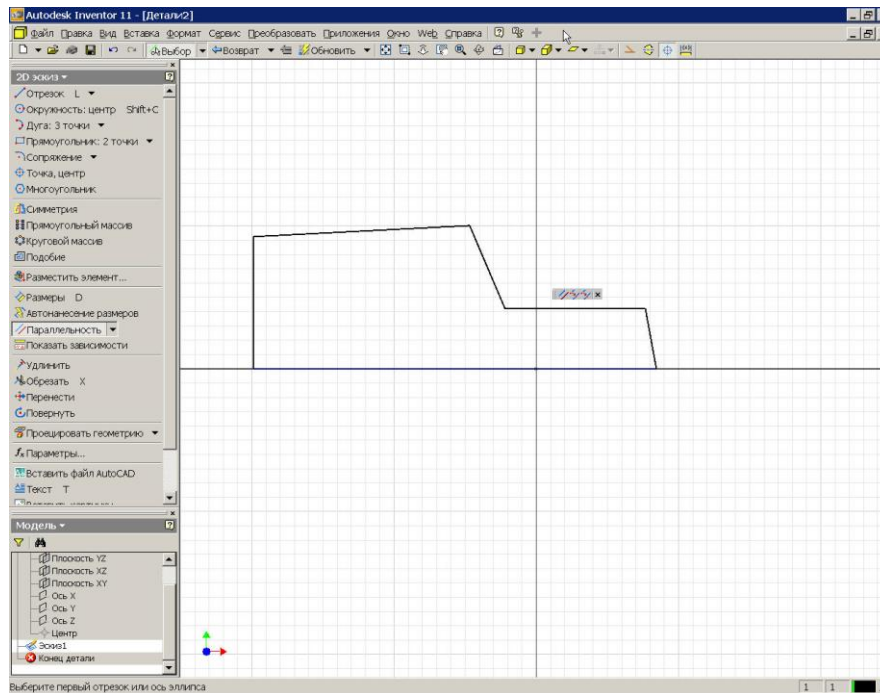


Рис. 29. Наложение зависимостей

Чтобы получить информацию о наложенных зависимостях на различные элементы геометрии нажимаем кнопку «Показать зависимость» и указываем элементы эскиза. При наведении указателя мыши на конкретную зависимость AI подсвечивает связанные объекты эскиза. В AI так же предусмотрена возможность удаления и редактирования зависимостей (по нажатию правой клавиши мыши на значке зависимости) (рис. 30).

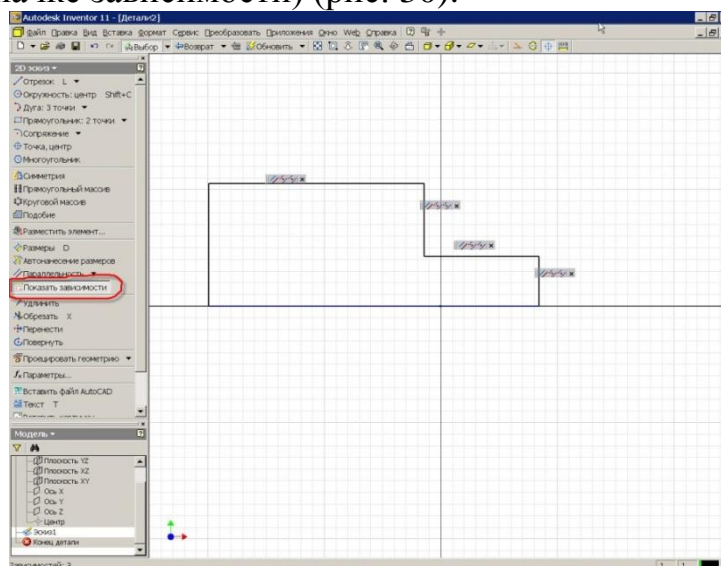


Рис. 30. Включение режима показа зависимостей

До полного определения эскиза не хватает размеров. Для нанесения размеров нажимаем кнопку «Размеры», выбираем элементы эскиза и указываем значения размеров в окне редактирования. Для редактирования уже указанных



размеров достаточно два раза кликнуть левой кнопкой мыши по значению размера. В окне редактирования размера по нажатию стрелки (справа от поля ввода значения размера) предусмотрена возможность определения параметров допуска для выбранного размера детали в эскизе. При наведении курсора мыши на размер AI подсвечивает не только значение размера, но и его имя (рис. 31).

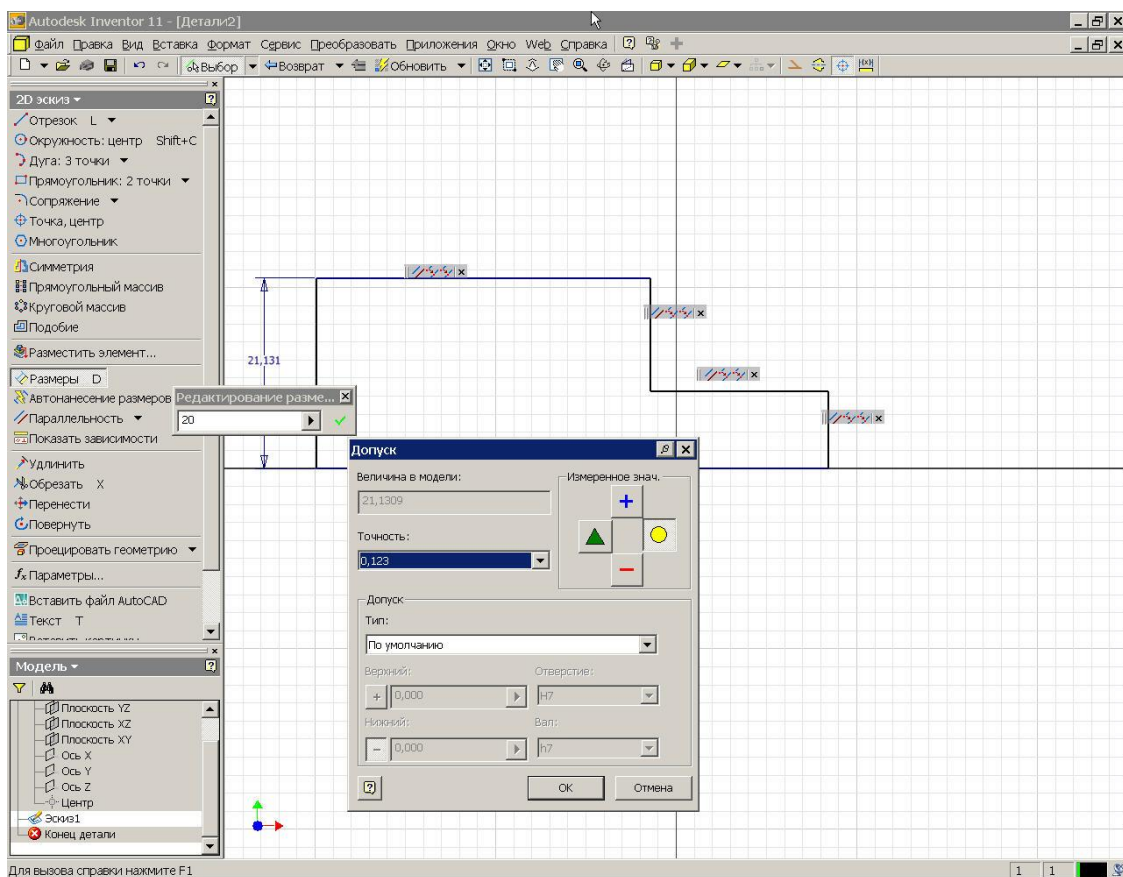


Рис. 31. Указание размеров на эскизах

В AI предусмотрена возможность изменения параметров отображения координатной сетки и необходимости редактирования размеров при нанесении. Это устанавливается в меню «Сервис» – «Настройка» (рис. 32).

Размеры могут быть представлены не только в виде конкретных значений, но и в виде параметров или формул. Например, в нашем случае значение диаметра  $d_2$  равно половине диаметра  $d_1$  что и описано в окне редактирования размера (рис. 33).

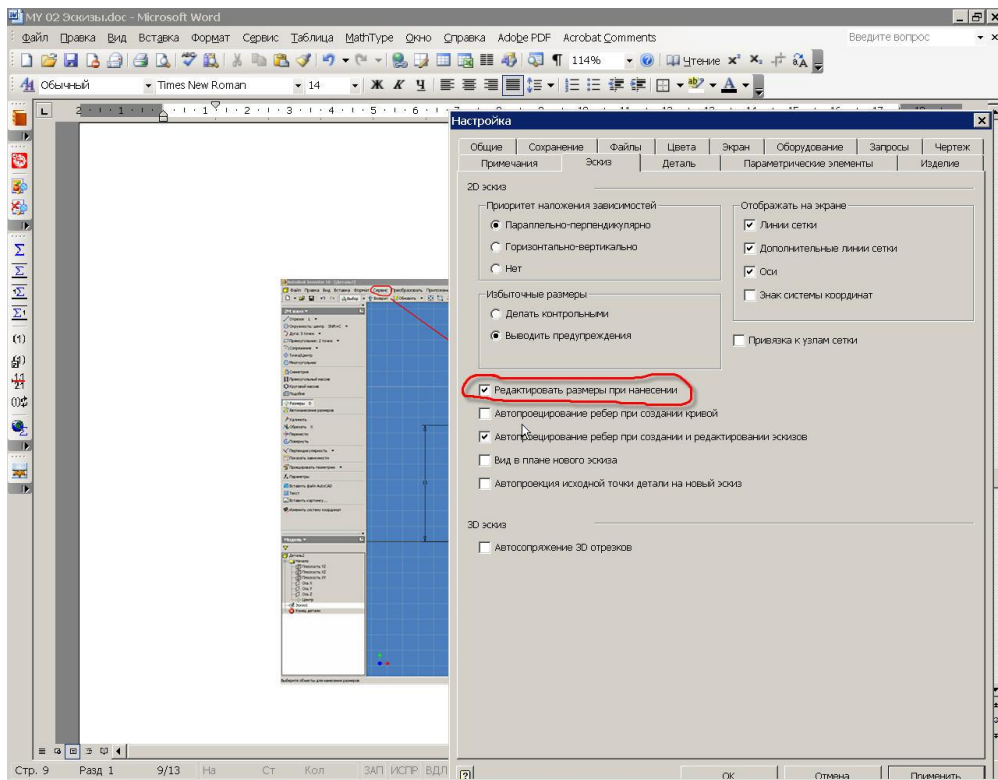


Рис. 32. Изменение параметров сетки

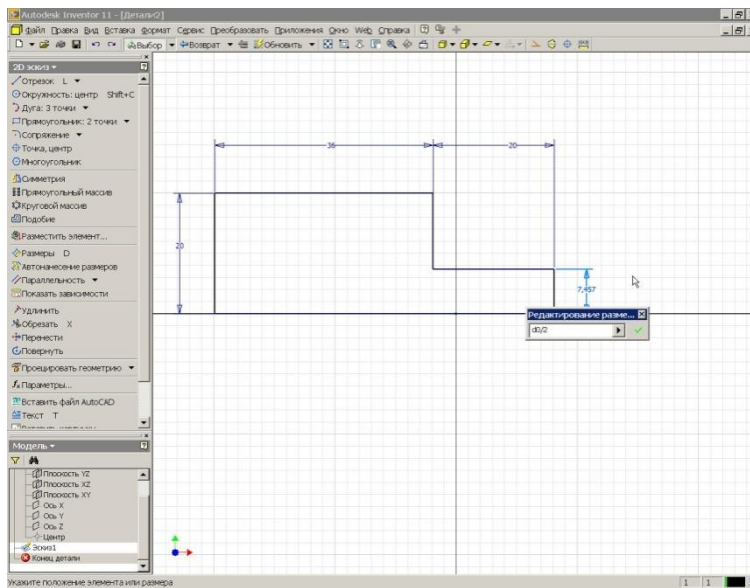


Рис. 33. Простановка размеров в виде формул

Назначив все зависимости и размеры, получаем полностью определенный эскиз (все элементы геометрии подсвечены чёрным цветом) (рис. 34).

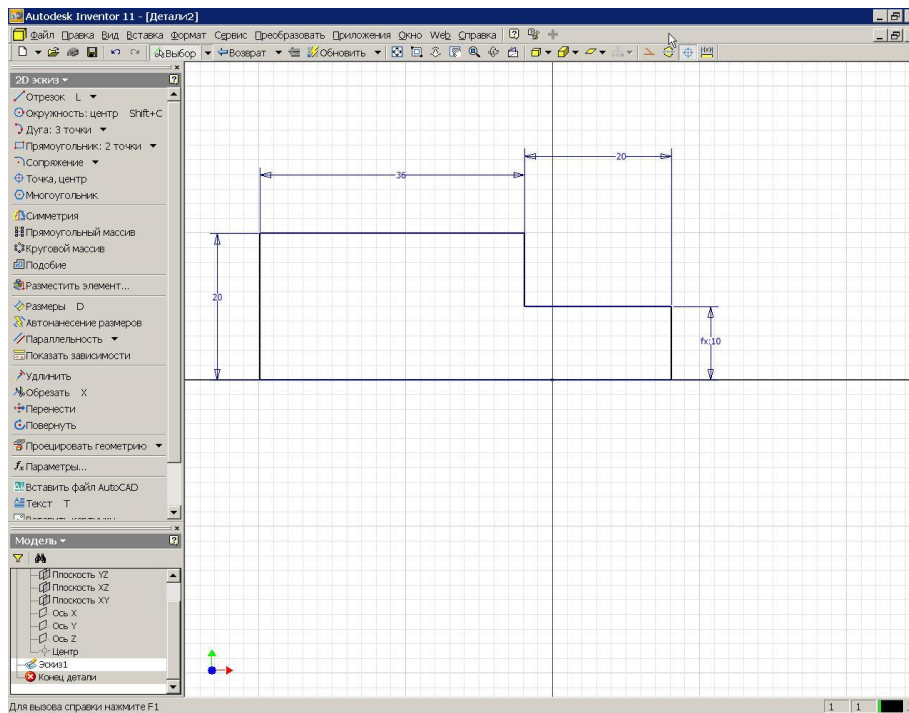


Рис. 34. Полностью определенный эскиз

Нажав кнопку «fx Параметры» в панели инструментов можно просмотреть таблицу всех параметров и значений используемых в модели (рис. 35). Таблица параметров позволяет не только просмотреть но и изменить значение ранее назначенного параметра, установить вид допуска для модели, единицу измерения параметра (мм., градус, бр- безразмерная величина), связать его формулами с другими параметрами модели или установить связь с внешними параметрами, представленными в виде таблицы MS Excel.

Для описания формул можно использовать стандартные математические функции (sin, cos, sqrt и т.д.).

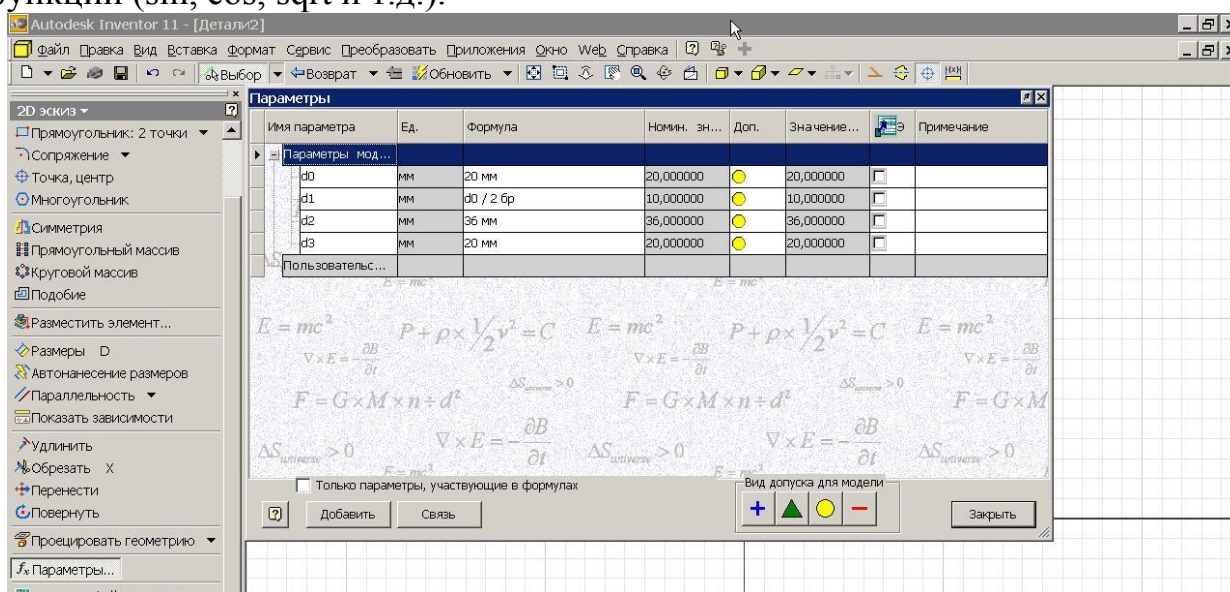


Рис. 35. Таблица параметров модели

Размеры можно назначать как вручную, так и автоматически нажав на кнопку «Автонанесение размеров» (рис. 36).

На простых эскизах автонанесение размеров работает достаточно корректно, а для сложных эскизов рекомендуем использовать ручное нанесение размеров.

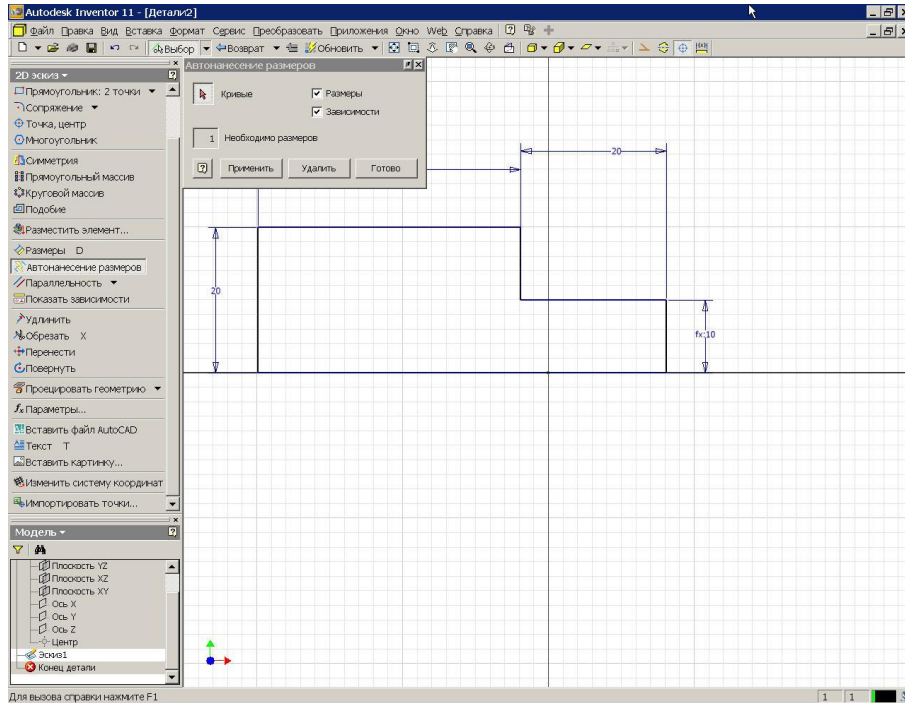


Рис. 36. Автонанесение размеров

### 3. РАБОТА С КОНСТРУКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ (ВЫДАВЛИВАНИЕ)

Цель работы – изучение работы с конструктивными элементами в Autodesk Inventor.

Трехмерная модель детали формируется из конструктивных элементов, а также на основе информации, заложенной в эскизе. Эскиз поддерживает связь с полученным на его основе конструктивным элементом. Все изменения эскизов ведут к автоматическому изменению соответствующих конструктивных элементов.

При редактировании существующего файла детали сначала необходимо выбрать эскиз в браузере. Это делает доступными средства построения эскизов, и пользователь может начать создавать геометрию конструктивных элементов детали. После того, как из эскиза создана модель, можно вернуться в среду построения эскизов и внести необходимые изменения, или начать новый эскиз для нового конструктивного элемента.

Когда эскиз закончен, используются стандартные средства его выдавливания или вращения. При этом с помощью мышки можно указывать и динамически изменять расстояние, отслеживая его величину в диалоговом окне. Если эскизы пересекаются, программа предложит выбрать ту замкнутую область, к которой следует применить данную команду. При наличии нескольких эскизов детали создаются методами протягивания или создания поверхности перехода по нескольким сечениям.

Проектируемые отверстия, фаски, другие вспомогательные элементы динамически отображаются на проектируемой детали для предварительного просмотра.

Autodesk Inventor обладает полным набором инструментов для создания сопряжений постоянного и переменного радиуса.

Autodesk Inventor поддерживает все три метода построения фасок (по заданию длины, расстояния и угла), чем отличается от большинства других программ, позволяющих создавать фаски только двумя способами.

На любом этапе создания детали возможно в реальном затонированном режиме разворачивать ее, изменять масштаб проектируемой детали для лучшего позиционирования. При этом выполнение текущей команды редактирования не прерывается.

Задачи – ознакомиться с выдавливанием конструктивных элементов в Autodesk Inventor, выполнить упражнения по получению 3D моделей деталей выдавливанием.

В качестве примера построим с помощью выдавливания 3D модель оси ролика конвейера. Чертеж оси приведен на рис. 37.

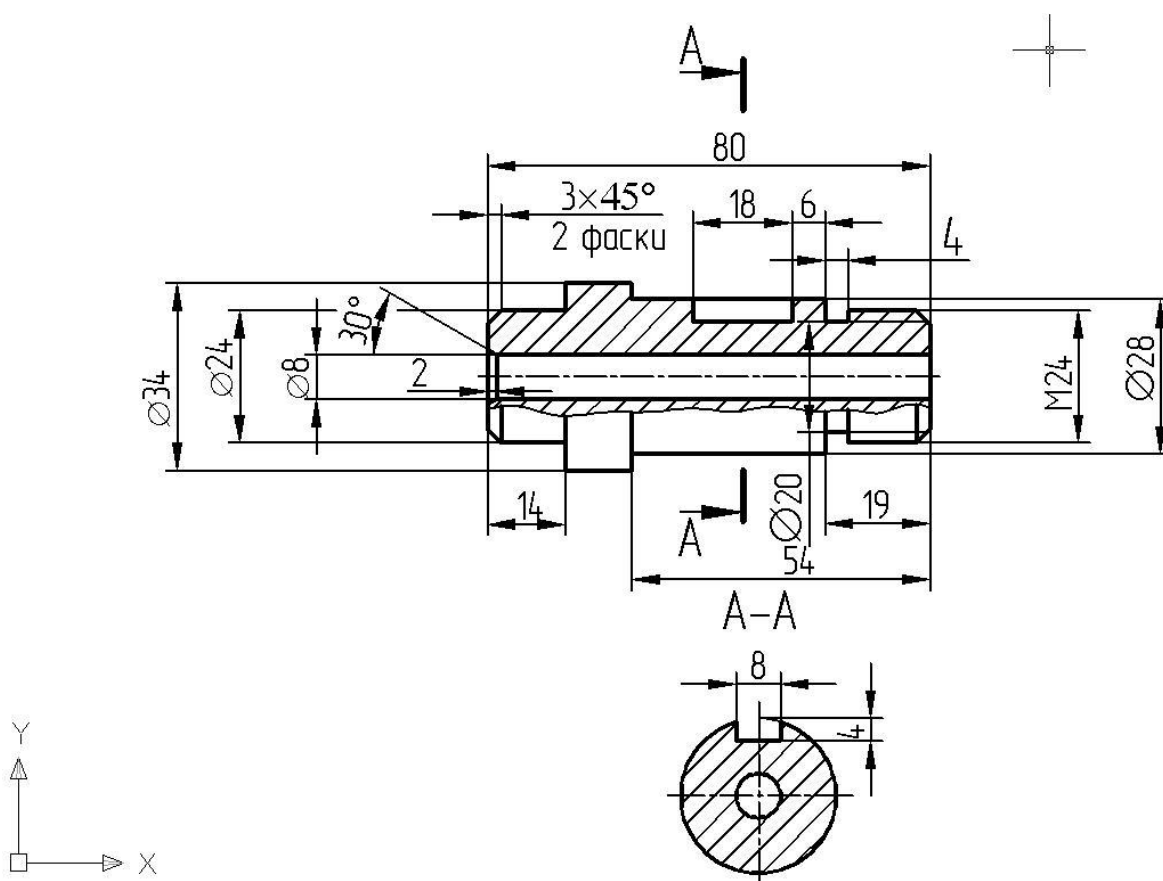


Рис. 37. Чертеж детали "Ось"

Строим эскиз для ступени оси наибольшего диаметра. Сначала рисуем окружность произвольного диаметра. Затем с помощью инструмента "Размеры (D)" (рис. 38, поз. 1) указываем диаметр окружности – 34 мм. Для удобства представления эскиз показан в изометрическом виде. Для перехода в изометрический вид можно нажать клавишу F6 или выбрать его из контекстного меню по нажатию правой клавиши мыши.

Когда эскиз полностью определен – нажимаем кнопку "возврат" (рис. 38, поз. 2) или из контекстного меню "принять эскиз".

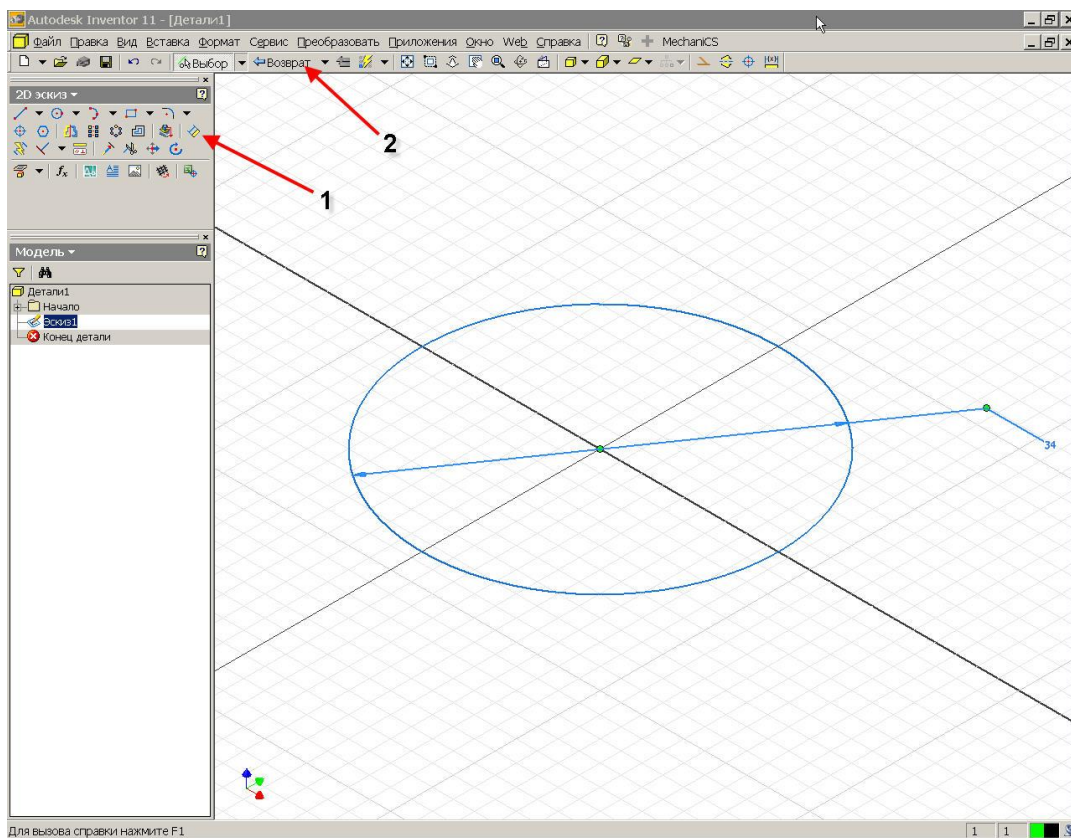


Рис. 38. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)  
1 – инструмент "Размеры (D)"; 2 – кнопка – "Возврат".

После нажатия кнопки “возврат” попадаем в среду “Конструктивные элементы”. На инструментальной палитре появляются кнопки для работы с трехмерной геометрией.

Нажимаем кнопку “Выдавливание (E)” (рис. 39, поз. 1). В открывшемся диалоговом окне (рис. 39, поз. 2) определяем параметры будущего конструктивного элемента. Так как эскиз простой, то он выбирается программой автоматически. Направление выдавливания (поз. 3) выбираем по умолчанию. Расстояние выдавливания задаем 12 мм. После нажатия кнопки “Ok” выполняется необходимое построение (рис. 39).

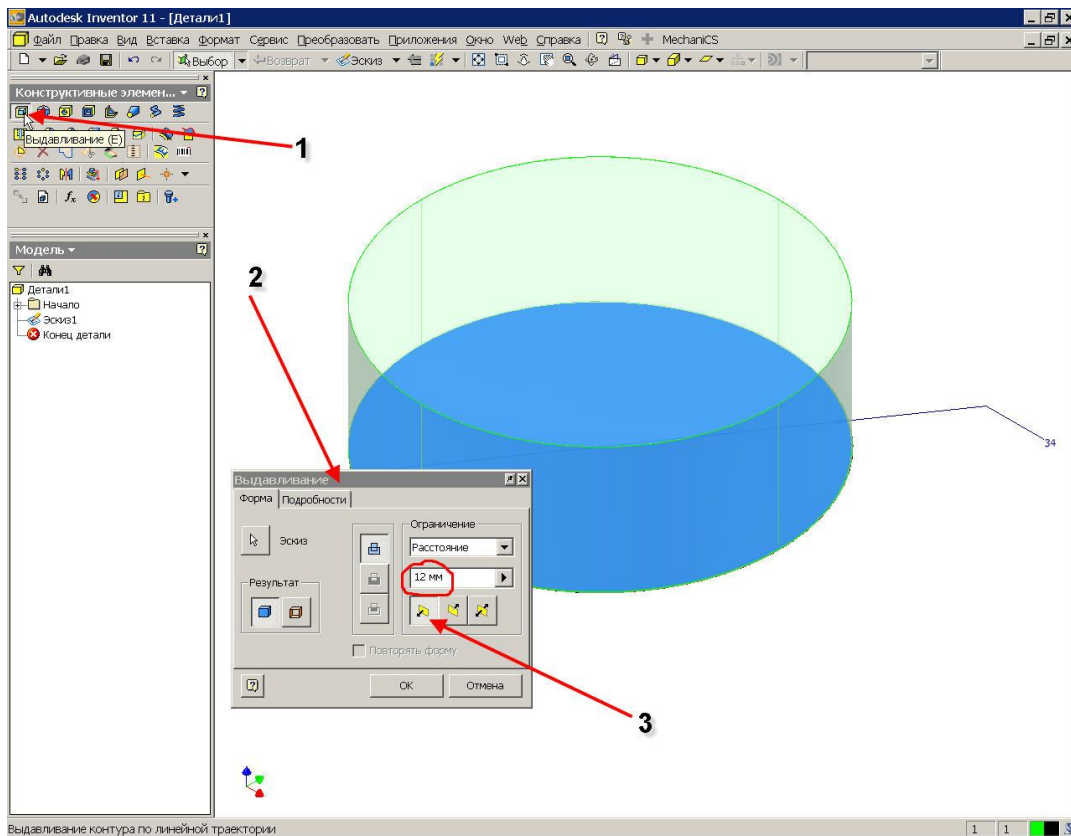
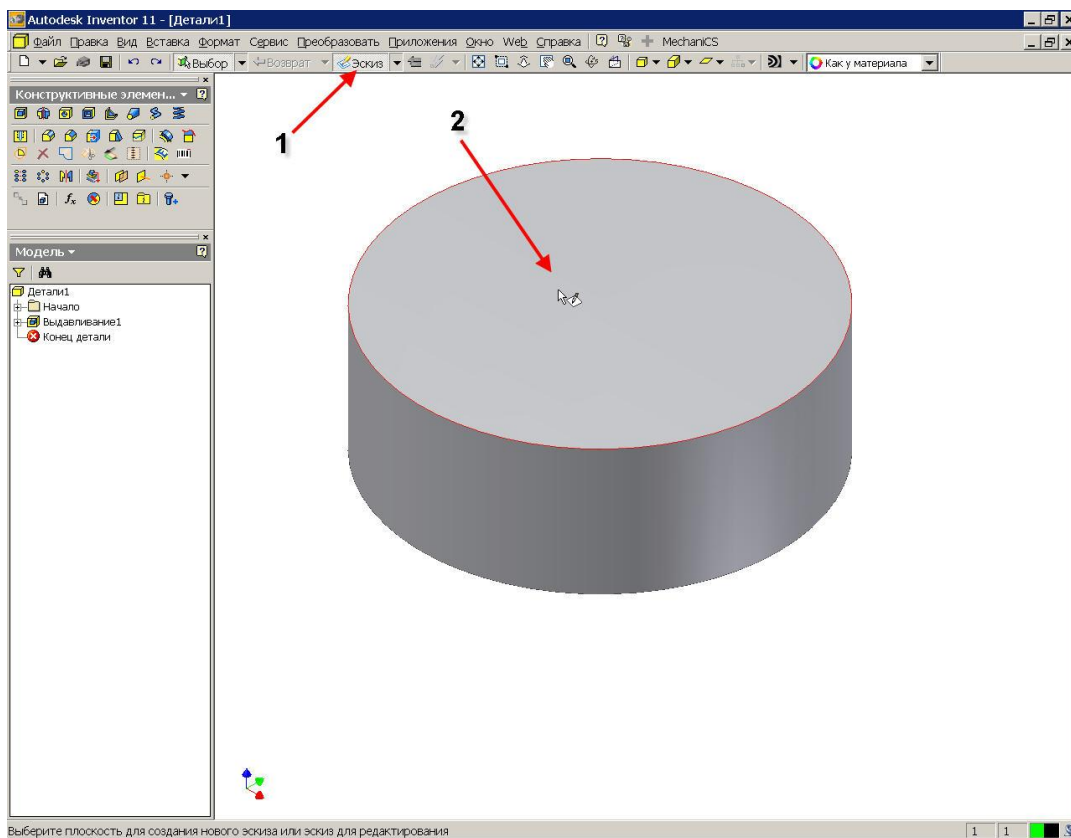


Рис. 39. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

1 – инструмент "Выдавливание (E)"; 2 – диалоговое окно "Выдавливание"; 3 – кнопки для задания направления выдавливания

Переходим к построению ступени оси, которая располагается слева от уже построенной. Для этого нажимаем кнопку “Эскиз” (рис. 40, поз. 1), расположенной на панели инструментов "Стандартная - Inventor" и указываем на торец цилиндра (поз. 2) (то же самое можно сделать, если нажать правую кнопку мыши указывая на торцевую поверхность цилиндра и выбрав необходимый пункт из контекстного меню “Новый эскиз”).





*Рис.40.Работа с конструктивными элементами (выдавливание)*

1 – кнопка "Эскиз" на панели инструментов "Стандартная – Inventor"; 2 – указатель "мыши" на торце цилиндра

Создается новый эскиз. На эскизную плоскость автоматически проецируется рабочая геометрия элементов детали (в нашем случае окружность цилиндра и его центр (рис. 41, поз. 1), находящихся в эскизной плоскости. Автоматическое проецирование геометрии можно отключить в меню “Сервис – Настройка – Эскиз”. Выполняем необходимые построения для создания следующего конструктивного элемента (поз. 2). Нажимаем кнопку “Возврат”. Выполняем операцию “Выдавливание”. В качестве метода выдавливания используем “Объединение”, указываем расстояние выдавливания, направление и нажимаем на кнопку “Ok” (рис. 42). Полученный результат должен выглядеть как на рис. 43.

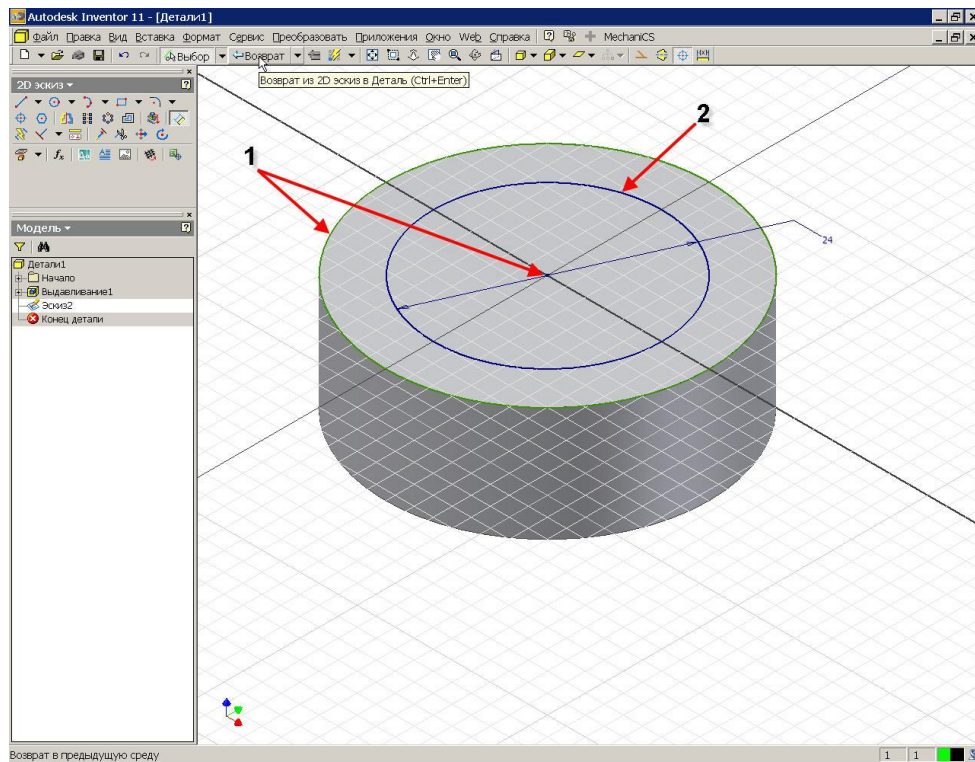


Рис. 41. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)  
 1 – спроецированная рабочая геометрия; 2 – эскиз для нового конструктивного элемента

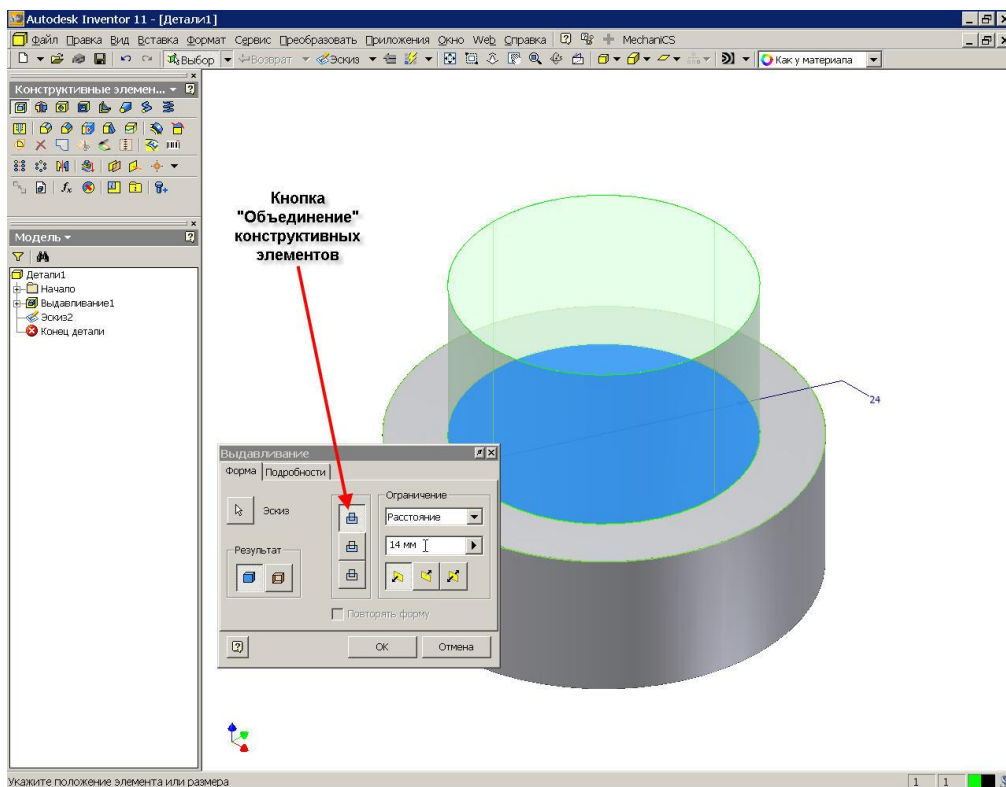


Рис. 42. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

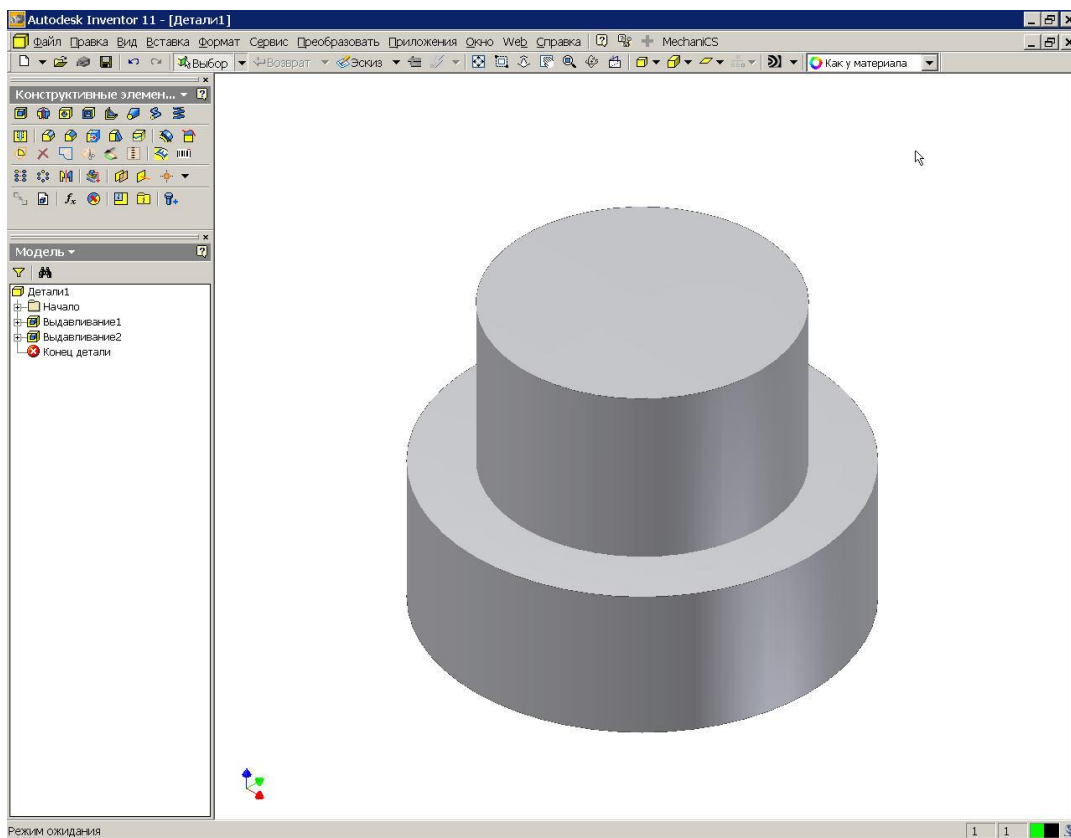


Рис. 43. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

Для создания конструктивных элементов детали расположенных справа от первого (базового) конструктивного элемента с помощью инструмента "Повернуть" (рис. 44, поз 1) разворачиваем модель детали на экране таким образом, чтобы можно было рассмотреть правый торец (поз. 3) базового конструктивного элемента. При этом в графической области появляется знак поворота (поз. 3).

Поворотом модели в графической области можно управлять и по другому. Нажмите на кнопку "Повернуть" (рис. 44, поз 1) и нажмите на клавише "Пробел". Появляется куб со стрелками направленными к граням и вершинам куба (рис. 45). Для изменения положения модели на экране необходимо навести курсор на нужную стрелку и щелкнуть левой клавишей "мыши".

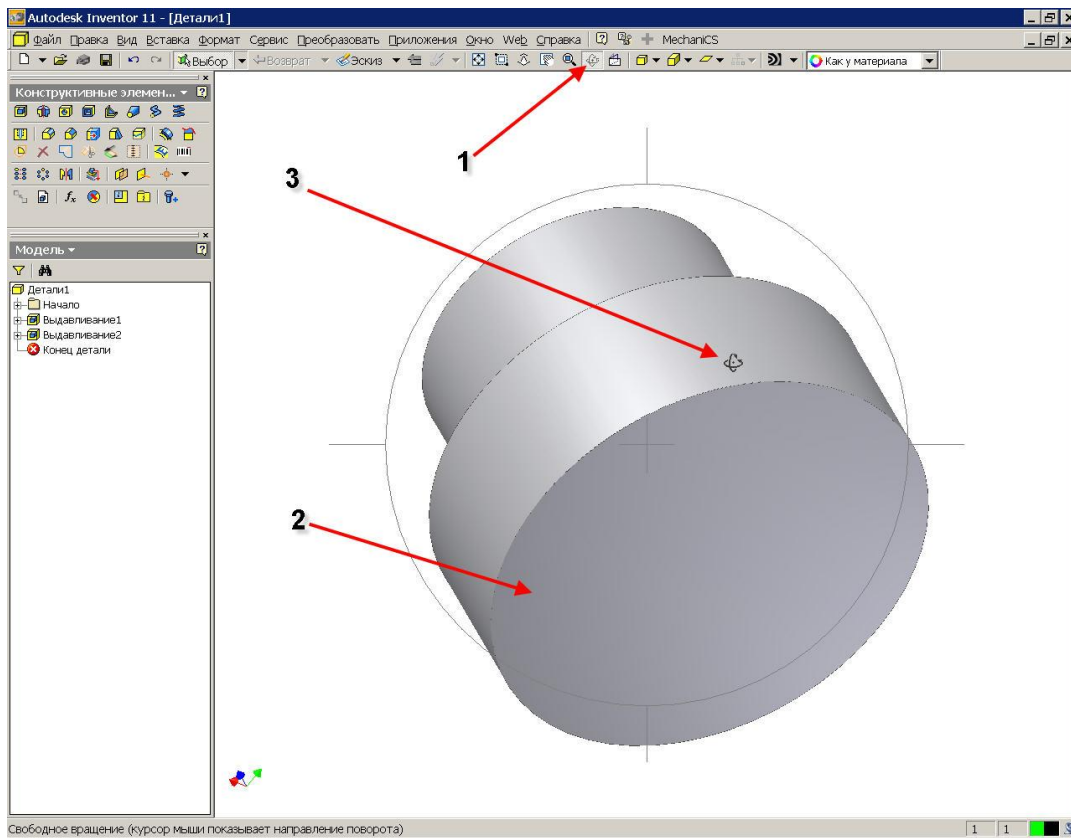


Рис. 44. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

1 – кнопка инструмента "Повернуть"; 2 – правый торец базового конструктивного элемента оси; 3 – знак поворота в графической области

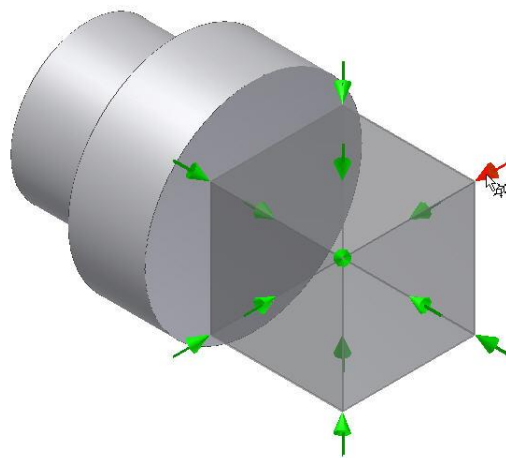


Рис. 45. Изменение положения модели на экране

Аналогично описанному выше, строим конструктивные элементы ступеней оси и проточки (рис. 46).

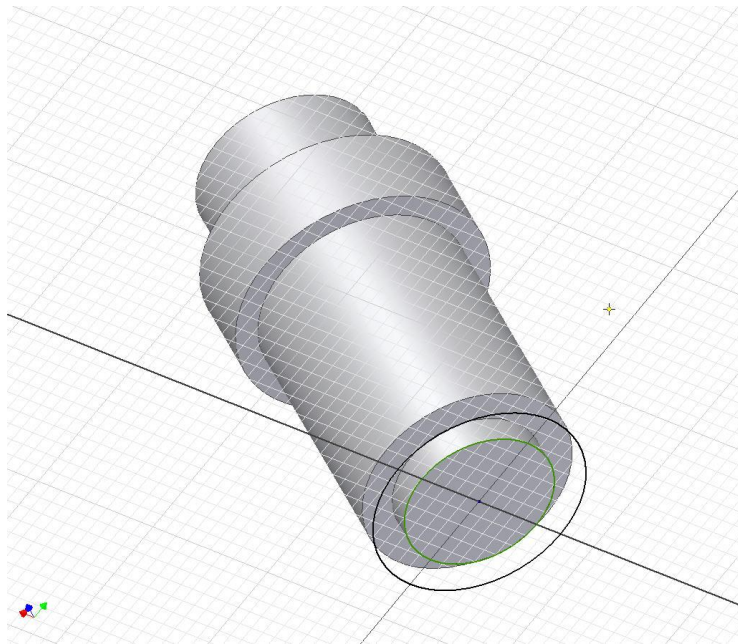


Рис. 46. Построение конструктивных элементов оси

Полученный результат представлен на рис. 47.

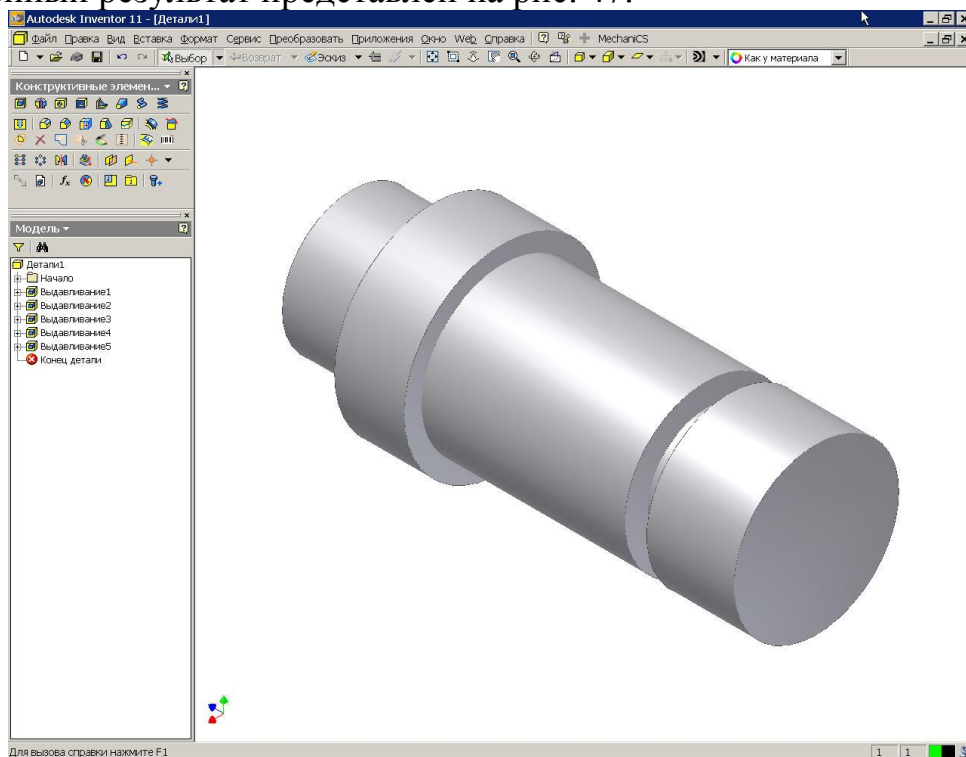


Рис. 47. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

Для построения фаски необходимо нажать кнопку “Фаска (Shift + K)” на инструментальной палитре. В открывшемся диалоговом окне необходимо выбрать метод построения фаски (длина; длина и угол; две длины). В нашем случае используем метод “Длина”, для этого необходимо указать на ребро, на котором будет построена фаска. После определения геометрических размеров фаски нажимаем кнопку “Ok” (рис. 48).

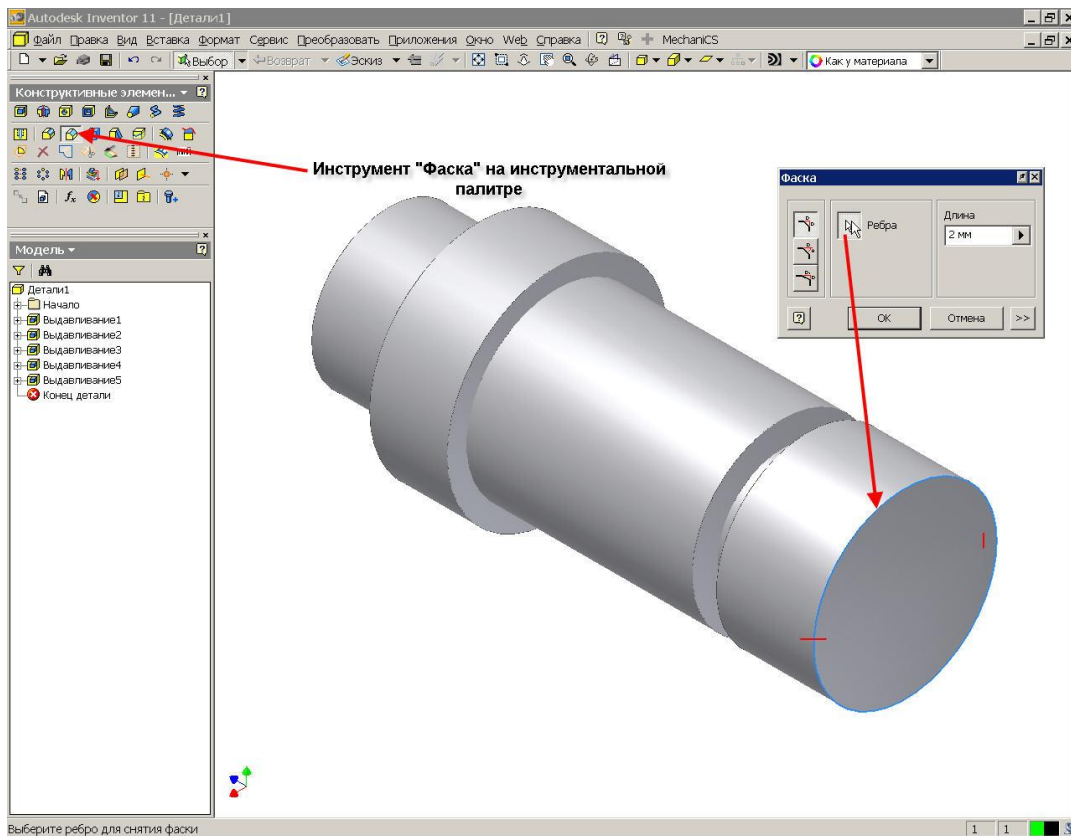


Рис. 48. Построение конструктивного элемента "Фаска"

Для построения сквозного отверстия в детали воспользуемся командой “Выдавливание”. Для этого необходимо создать эскиз для будущего отверстия, указать в качестве метода выдавливания “Вычитание”; выбрать направление выдавливания – в тело детали; указать в качестве ограничения "Все" (рис. 49). Отверстия можно строить и другими способами, которые будут рассмотрены в других разделах.

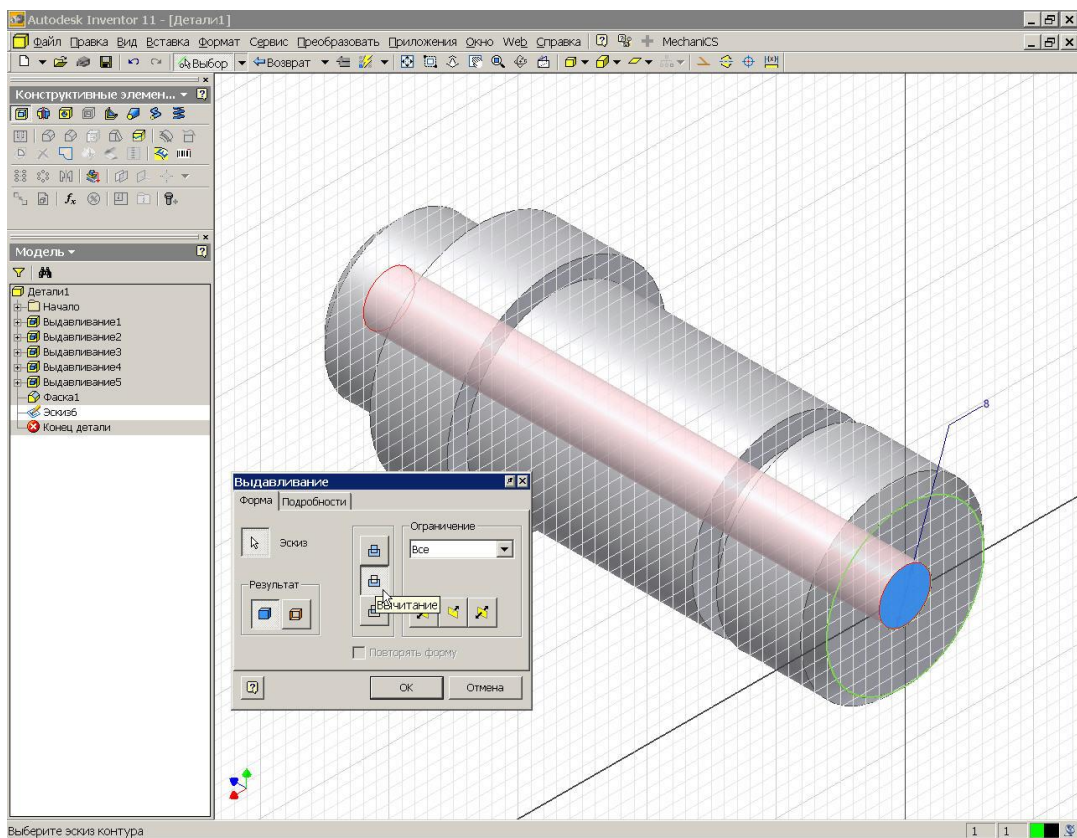


Рис. 49. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

Построим фаску на одном из ребер отверстия в соответствии с чертежом детали. Для этого развернем модель, так чтобы было видно данное ребро. Нажмем кнопку “Фаска (Shift + K)” на инструментальной палитре. В качестве метода построения указываем "Длина и угол" (рис. 50). В диалоговом окне задаем длину и угол фаски. Затем указываем грань, относительно которой будет отсчитываться угол фаски, а потом указываем ребро на котором будет строиться фаска.

Для построения шпоночного паза предварительно построим вспомогательную рабочую плоскость, касательную к поверхности цилиндра. Для этого в браузере модели выделяем плоскость YZ (рис. 51, поз. 2) в начале координат, затем нажимаем на кнопку инструмента “Рабочая плоскость” (поз. 1) на инструментальной палитре, и указываем мышкой на поверхность цилиндра детали. Inventor предлагает автоматически построить плоскость касательную к цилиндру (рис. 51, поз. 3).

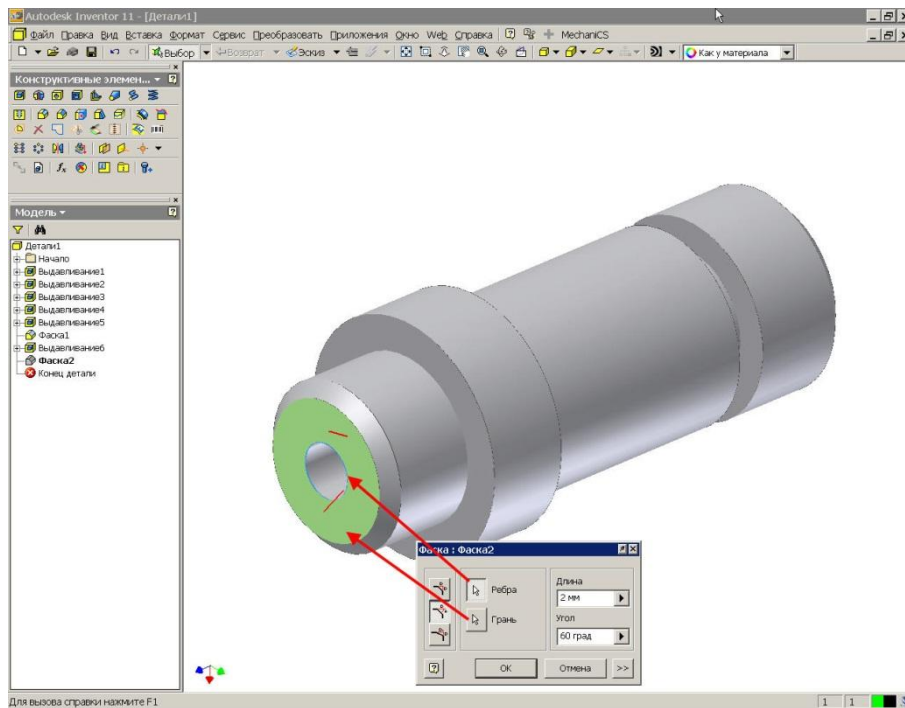


Рис. 50. Построение фаски на ребре отверстия

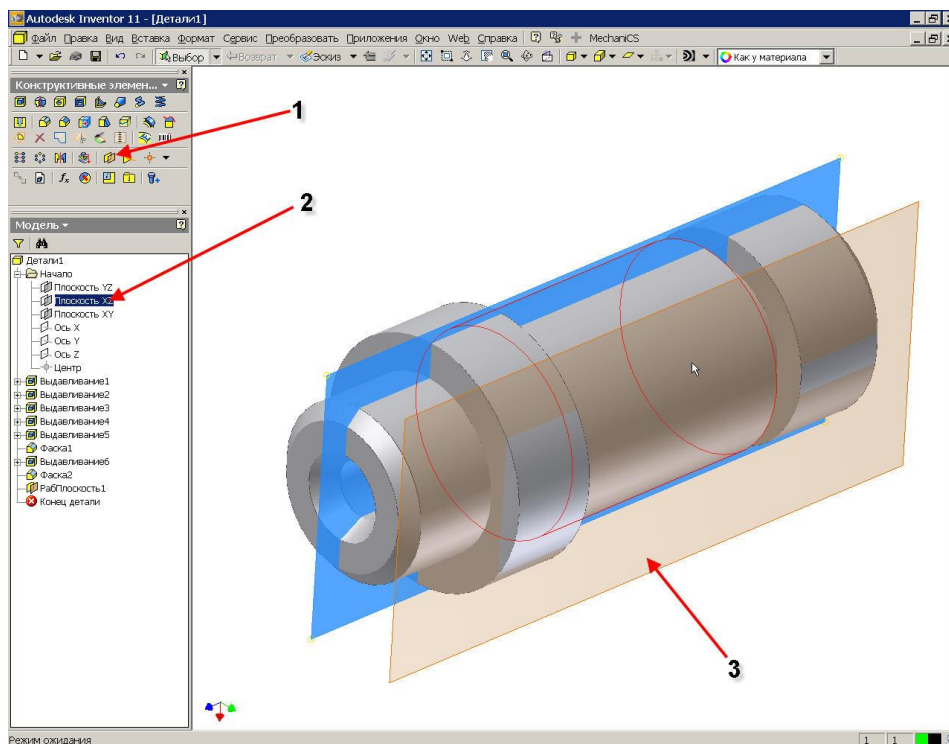


Рис. 51. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

1 – инструмент "Рабочая плоскость (ь)"; 2 – координатная плоскость XZ; 3 – вспомогательный конструктивный элемент "Рабочая плоскость"

Для построения нового эскиза паза на созданной рабочей плоскости нажимаем правой кнопкой мышки на грань плоскости и в контекстном меню выбираем пункт "Новый эскиз" (рис. 52).



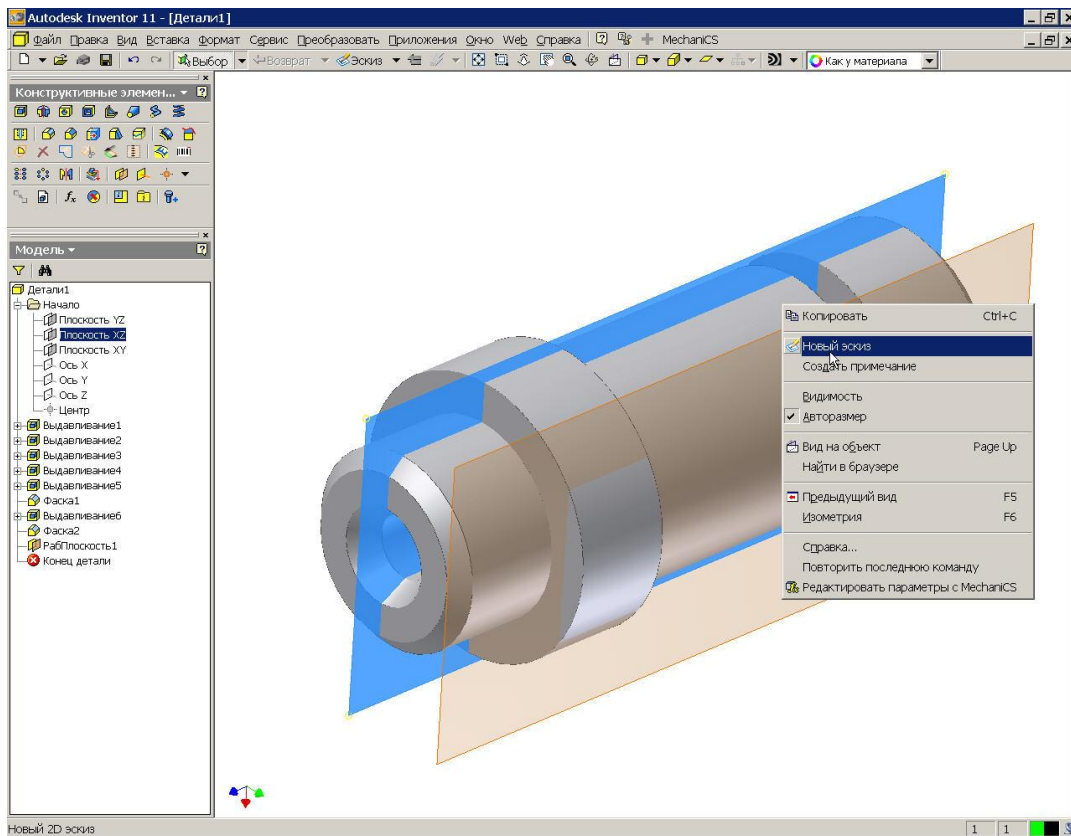


Рис. 52. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

Для удобства построения эскиза меняем точку обзора. Для этого в основной панели инструментов выбираем команду “видимость на объект” и указываем на обозначение нового эскиза в браузере или эскизную плоскость в графической области (рис. 53).

При помощи команды “Прямоугольник” выполняем построение геометрии будущего паза и назначаем размеры для полного определения эскиза. Для привязки размеров эскиза используем проекцию базовой точки начала координат (рис. 54).

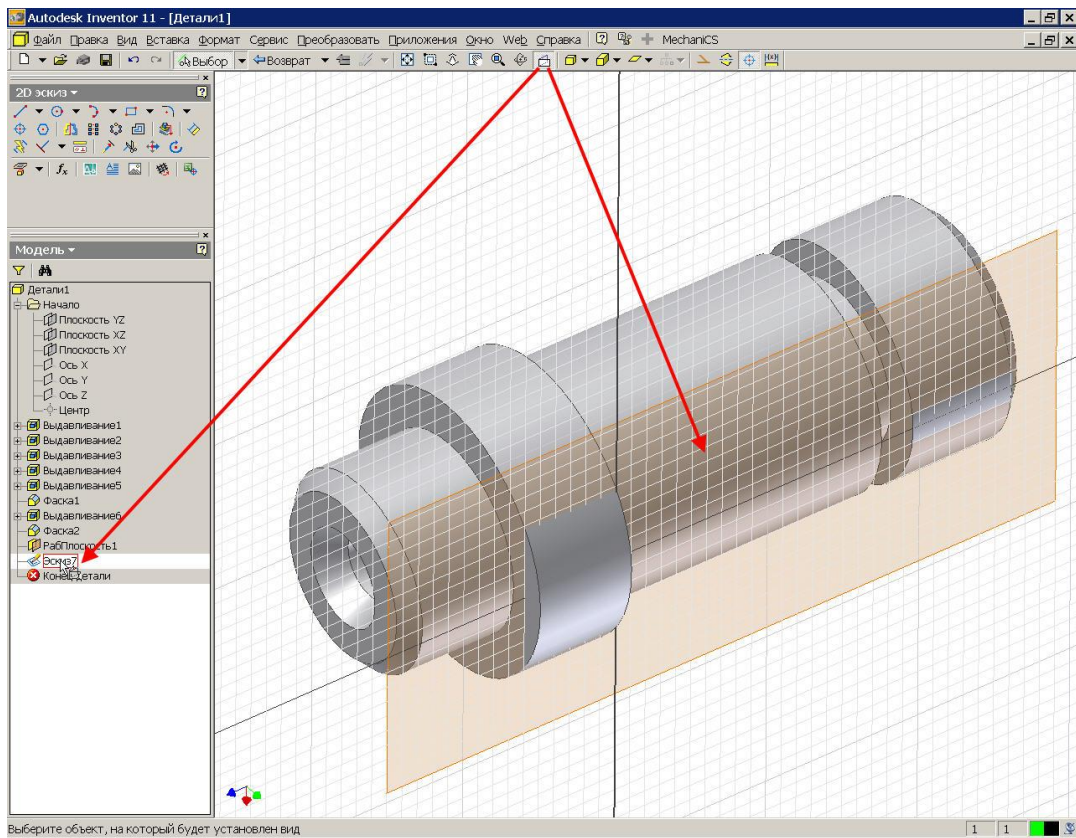


Рис. 53. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

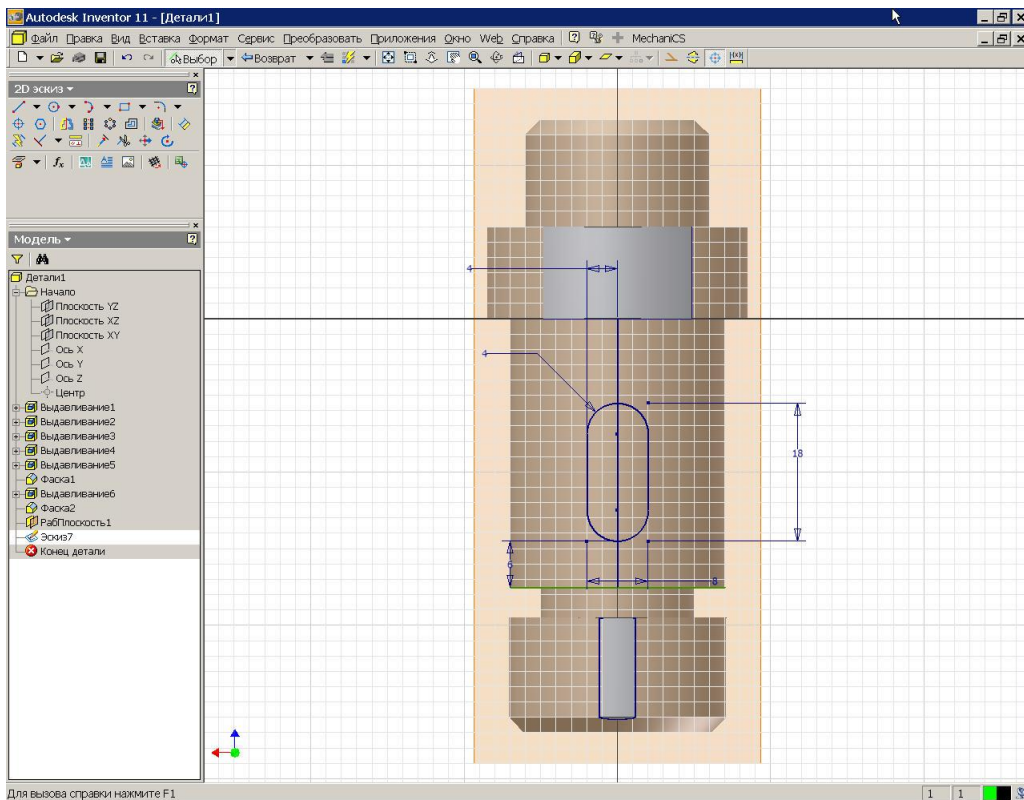


Рис. 54. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

Окончательное построение паза выполняем командой “Выдавливание”, аналогично описанному выше (рис. 55).

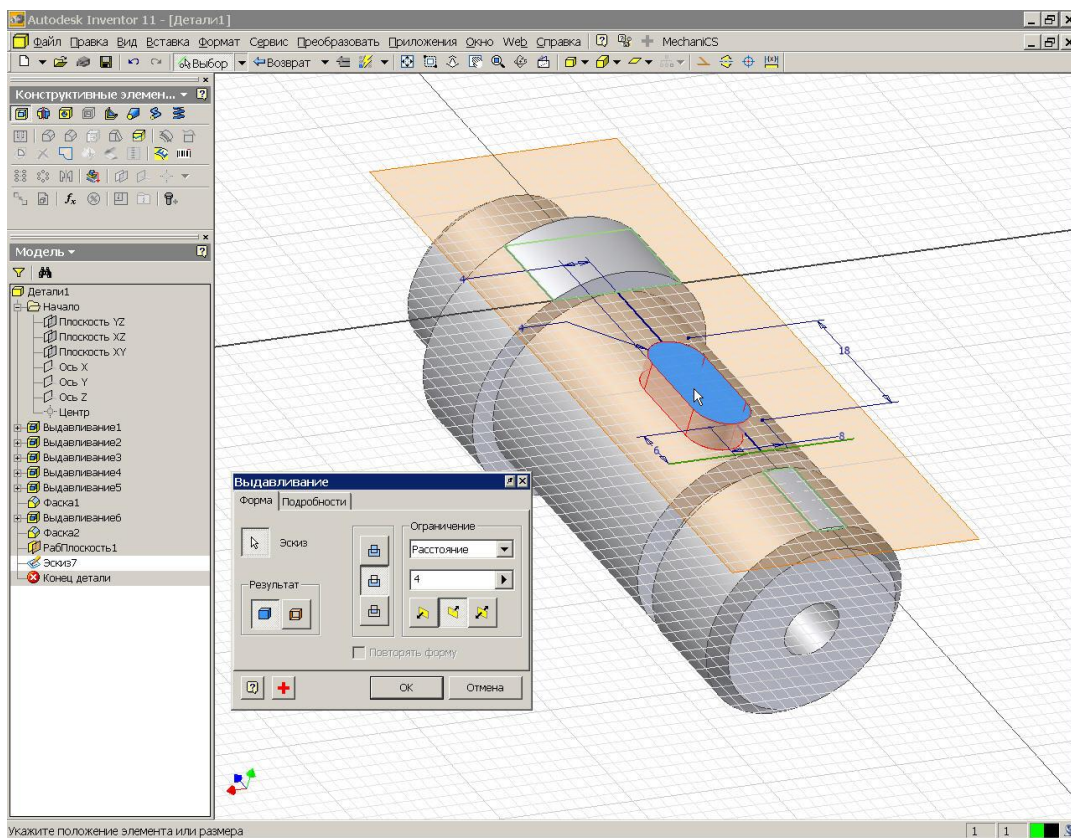


Рис. 55. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

Для удобства представления модели отключим видимость вспомогательных элементов (рабочей плоскости). Для этого в браузере модели выбираем вспомогательный элемент, и после нажатия правой кнопки мышки, снимаем флажок с пункта меню "Видимость" (рис. 56).

На одной из ступеней оси должны быть нарезана резьба. Для создания на модели поверхности с резьбой используется инструмент "Резьба" из инструментальной палитры. Щелкаем по данной кнопке (рис. 57). Указываем курсором на поверхность где должны быть резьба. Если резьба расположена по всей поверхности включаем флажок "На всю длину". В обратном случае, указываем длину резьбы. Открываем вкладку "Параметры" диалогового окна "Резьба" и устанавливаем необходимые параметры (рис. 58).

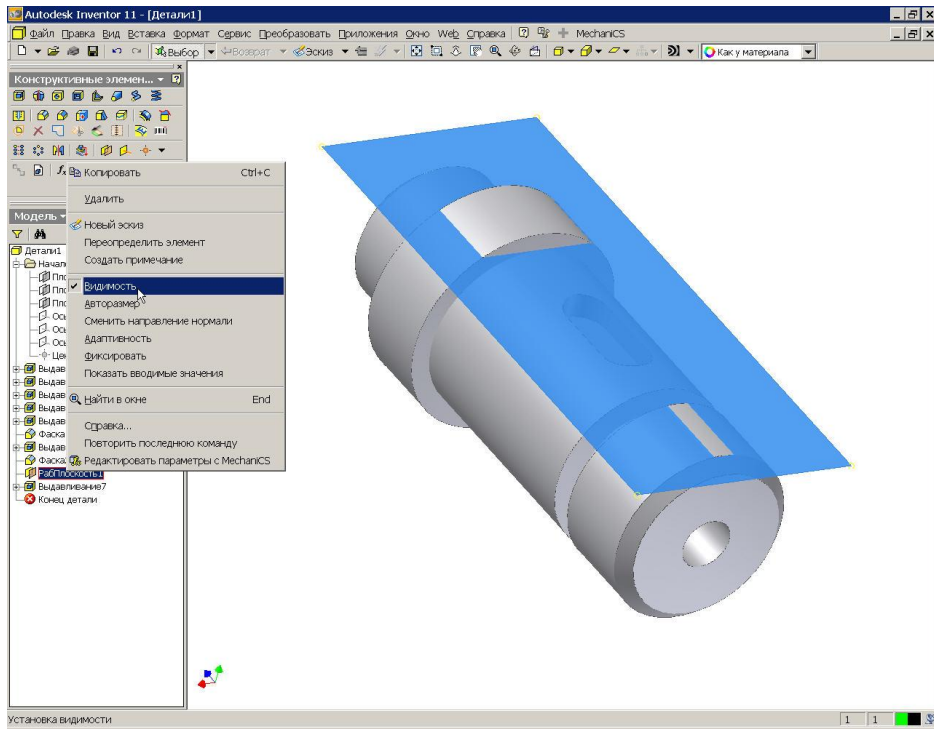


Рис. 56. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)

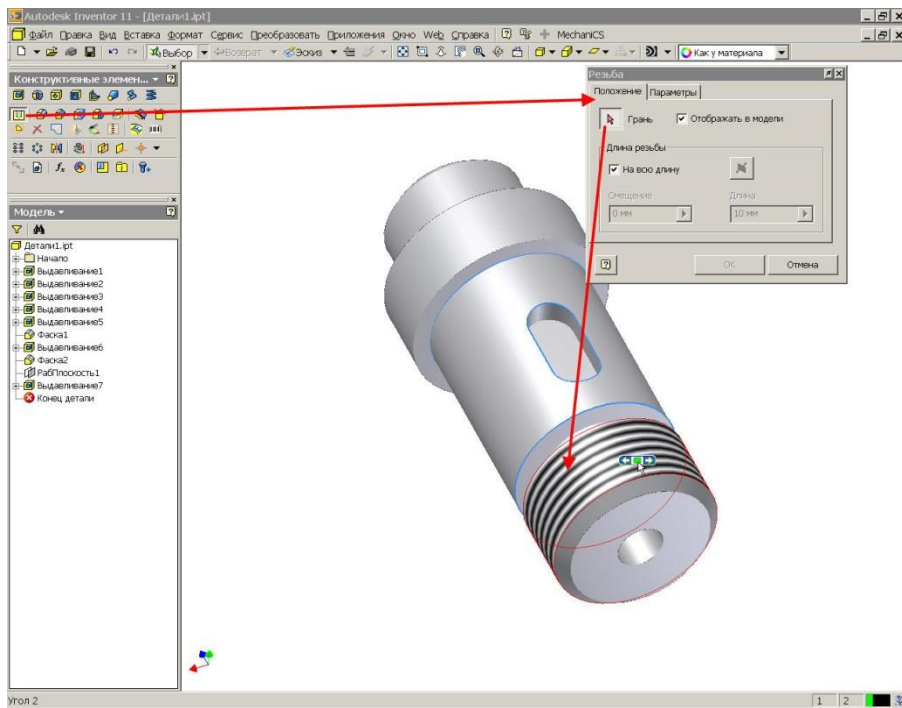


Рис. 57. Создание конструктивного элемента "Резьба"

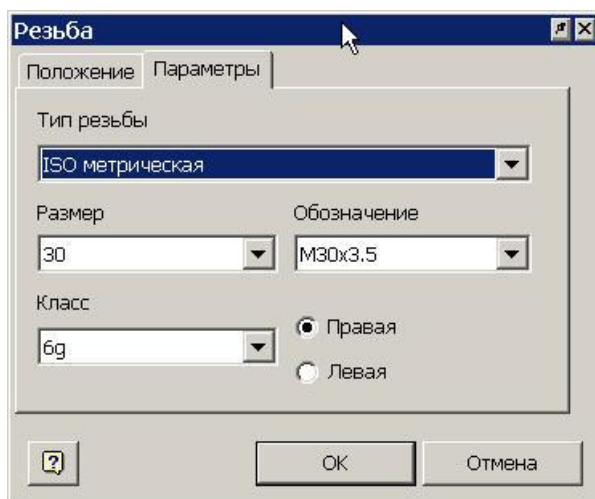


Рис. 58. Установка параметров на вкладке

После того как модель детали готова, назначаем цвет детали. Для этого в основной панели инструментов выбираем предполагаемый материал, из которого будет изготавливаться деталь «Ось» (в нашем случае – сталь нержавеющая) (рис. 59).

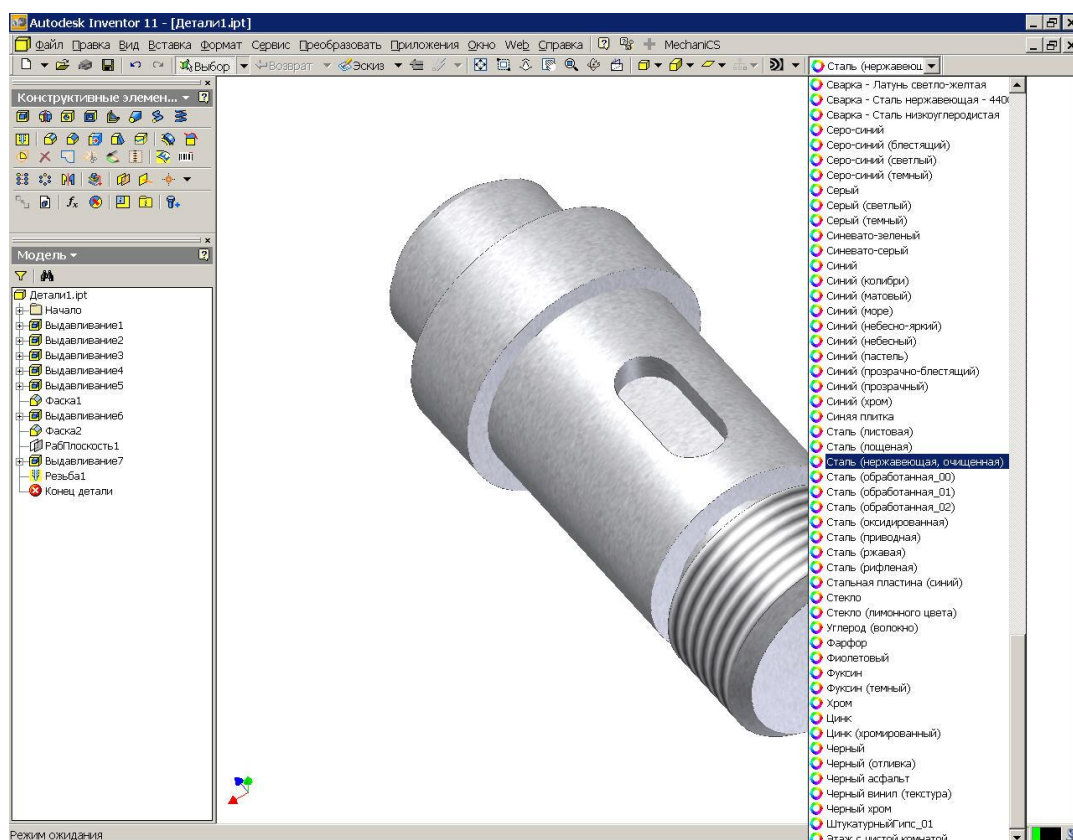


Рис. 59. Работа с конструктивными элементами (выдавливание)



## 4.ВРАЩЕНИЕ

Цель работы – научиться работать с конструктивными элементами в Autodesk Inventor.

Задачи – ознакомиться с вращением конструктивных элементов в Autodesk Inventor, выполнить упражнения по получению 3D моделей деталей вращением.

В качестве примера взят чертеж детали “Ось” (см. предыдущий раздел). По чертежу в выполняю эскиз. Выполнение эскиза, образмеривание, наложение зависимостей формы и расположения, проецирование вспомогательной геометрии было подробно описано в предыдущих разделах. Желательно для осевой линии на эскизе использовать опцию "Осевая линия", которую можно активировать на панели инструментов "Стандартная – Inventor" (рис. 60). После полного определения эскиза нажимаем кнопку “Возврат” (рис. 61).

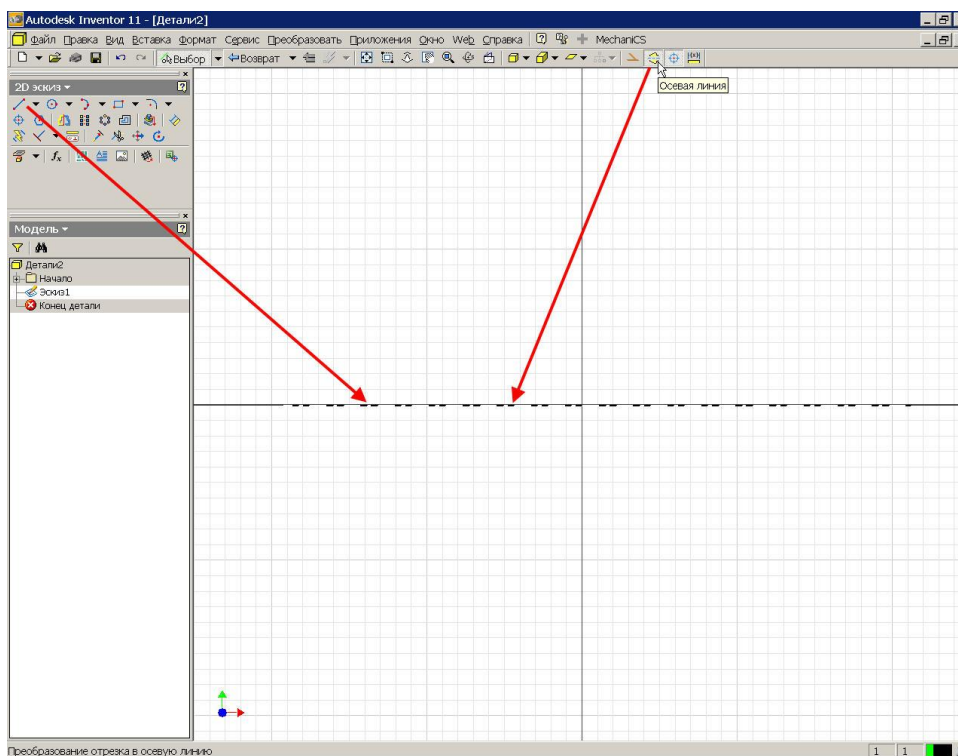


Рис. 60. Построение линии оси

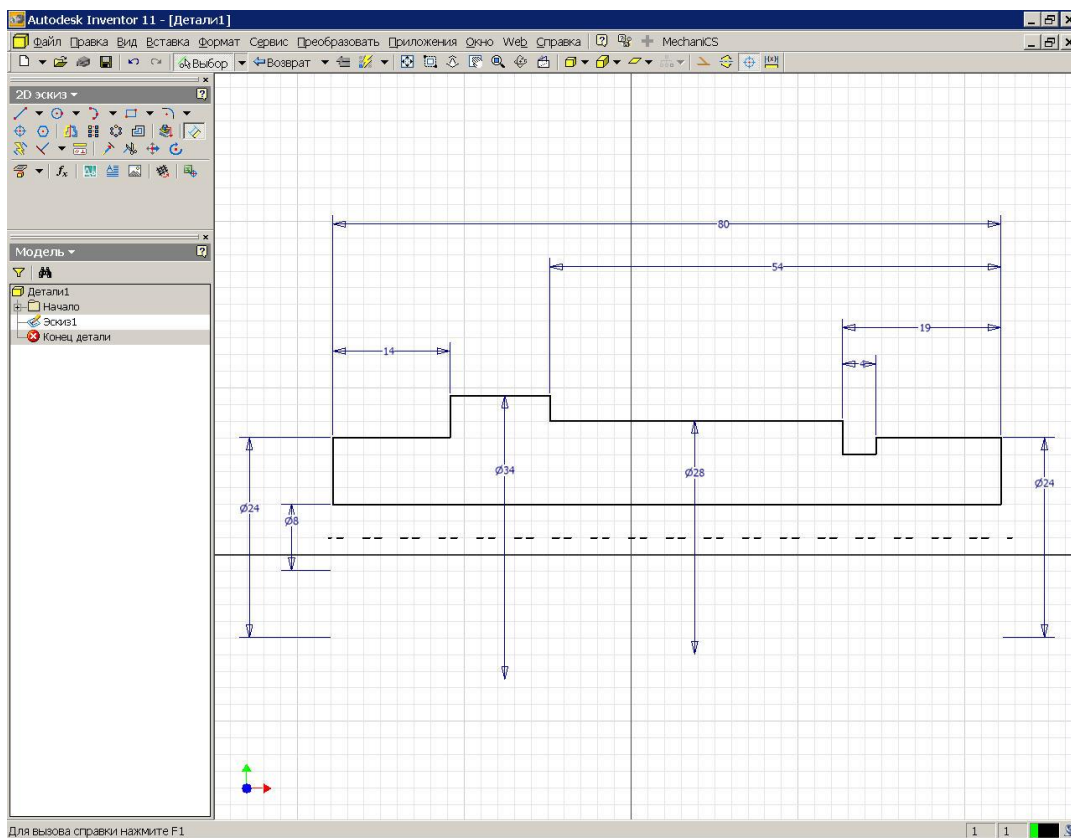


Рис. 61. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (вращение)

После нажатия кнопки “Возврат” попадаем в среду конструктивных элементов. В инструментальной палитре появляются кнопки для работы с трехмерной геометрией.

Для построения базового тела теперь уже нажимаем кнопку “Вращение”. В открывшемся диалоговом окне определяем параметры будущего конструктивного элемента. Так как эскиз простой и выполняется базовое построение, то эскиз выбирается автоматически и доступен только метод построения “Объединение”. Затем необходимо указать “Ось” относительно которой будет выполнено вращение, в качестве оси выбираем линию эскиза. Так как в нашем случае было выполнено построение половины эскиза в одной плоскости, то ограничение вращения оставляем на “полный круг”. Также существует возможность ограничить вращение по “углу”. После нажатия кнопки “Ok” Inventor выполняет необходимое построение (рис. 62).



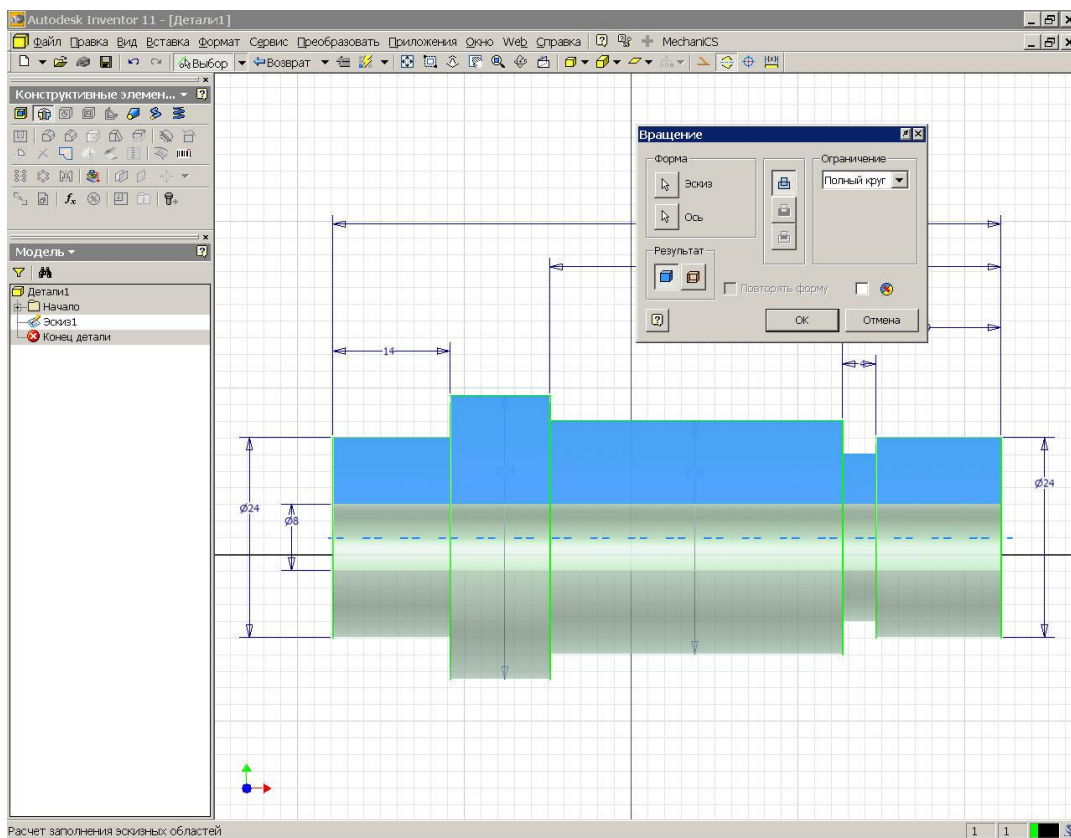


Рис. 62. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (вращение)

Полученный результат показан на рис. 63.

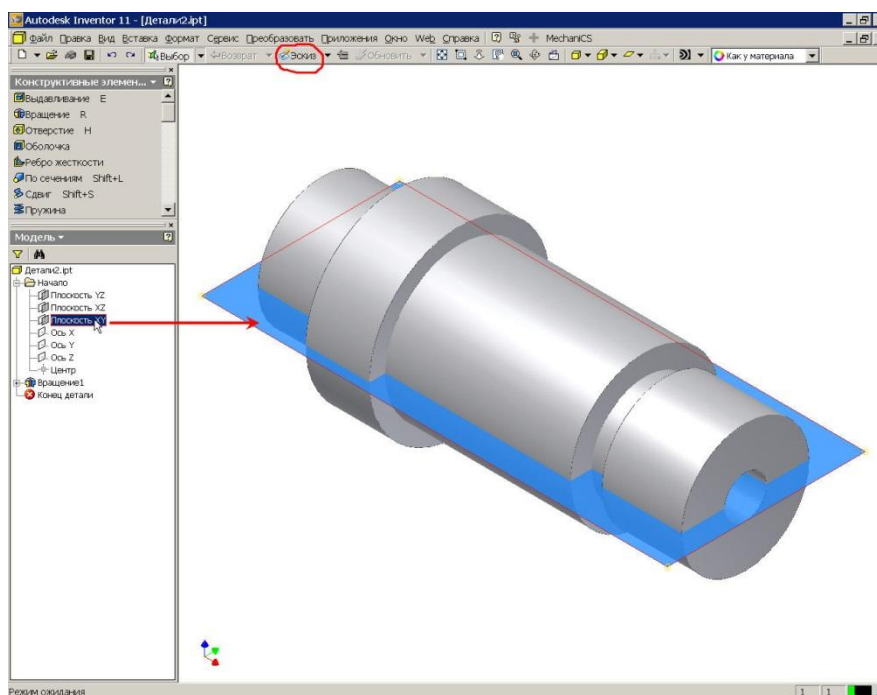


Рис. 63. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (вращение)

Шпоночный паз построим способом отличным от описанного в предыдущем разделе. В браузере выбираем координатную плоскость XY, которая является плоскостью симметрии построенного конструктивного элемента. Щелкаем по кнопке эскиз (рис. 64). Плоскость эскиза будет совмещена с плоскостью симметрии. С помощью инструмента "Вид на объект" ориентируем модель таким образом, чтобы плоскость эскиза оказалась совмещенной с плоскостью эк-

рана компьютера. Для удобства подготовки нового эскиза, с помощью инструмента выбора режима представления, расположенного на панели инструментов "Стандартная", задаем каркасное представление модели (рис. 65). В данном случае тонированные поверхности не будут мешать построению эскиза.

Щелкаем по кнопке инструмента "Проецировать геометрию" и указываем курсором на окружность торца ступени и очерковую образующую цилиндра расположенную в плоскости эскиза (рис. 66).



*Рис. 64. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (вращение)*

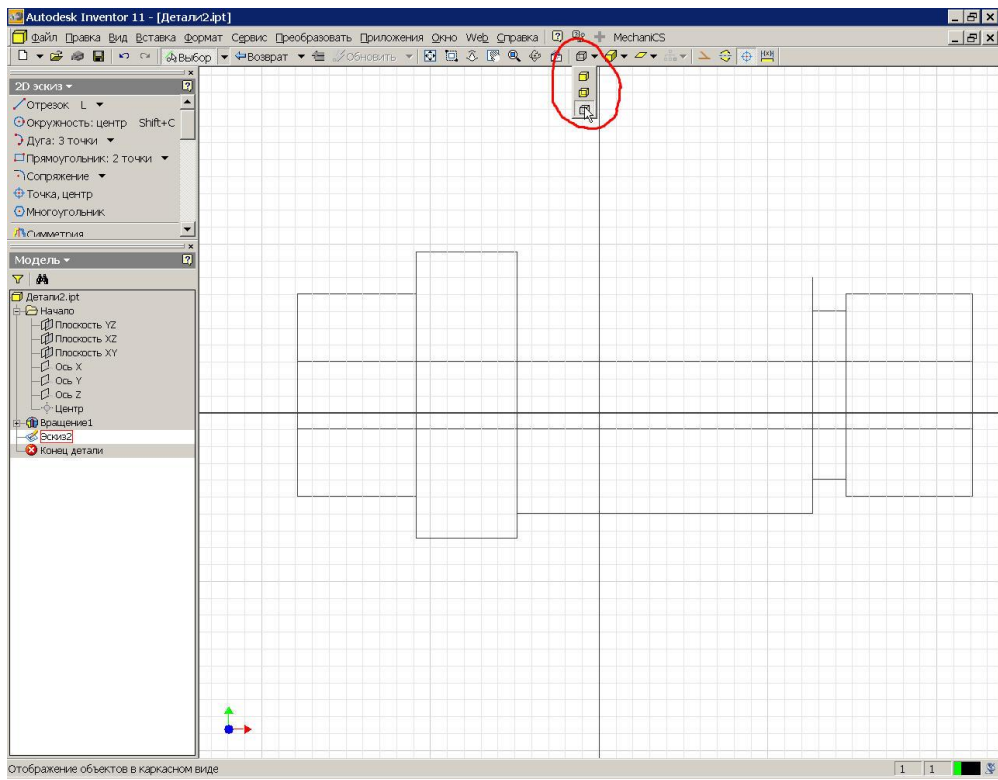


Рис. 65. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (вращение)

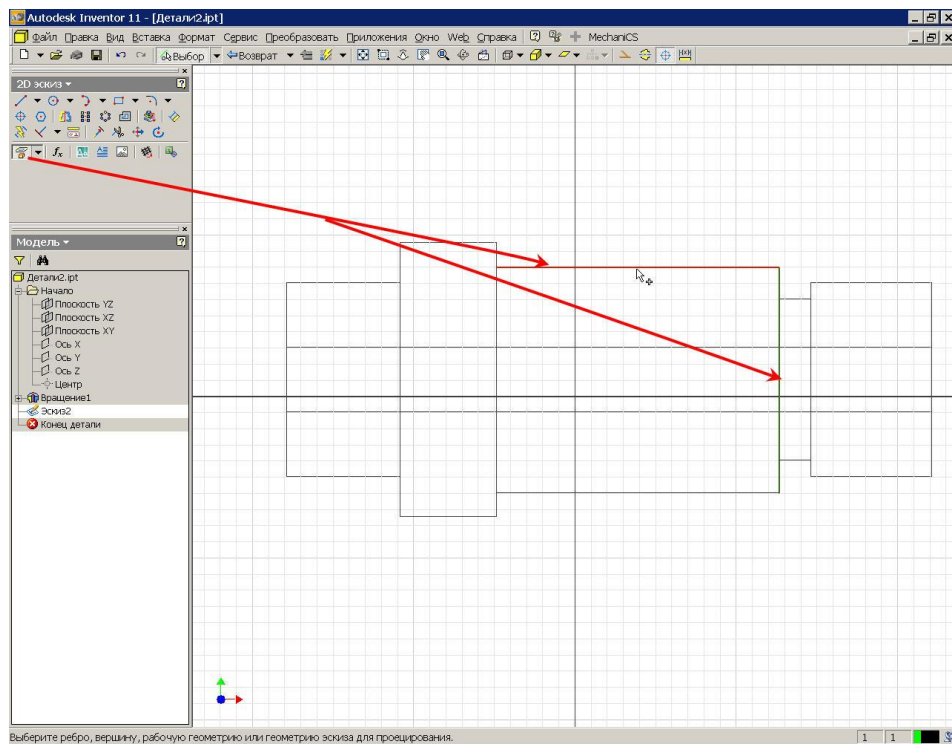


Рис. 66. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (вращение)

Создаем эскиз для конструктивного элемента шпоночный паз (рис. 67). При нанесении размеров на эскизе, в качестве базы используем спроецированную геометрию.

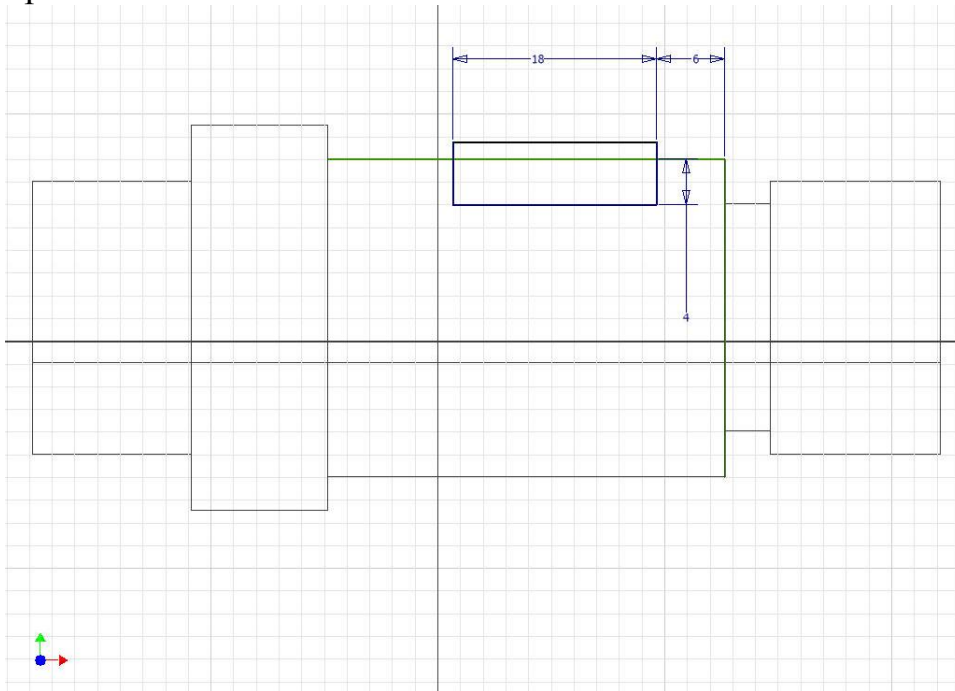


Рис. 67. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (вращение)

Переходим в режим конструктивные элементы. Щелкаем по кнопке инструмента "Выдавливание" инструментальной палитры, задаем расстояние выдавливания с опцией в обе стороны, включаем режим вычитания (рис. 68). Щелкаем по кнопке "ОК". Полученный результат представлен на рис. 69.

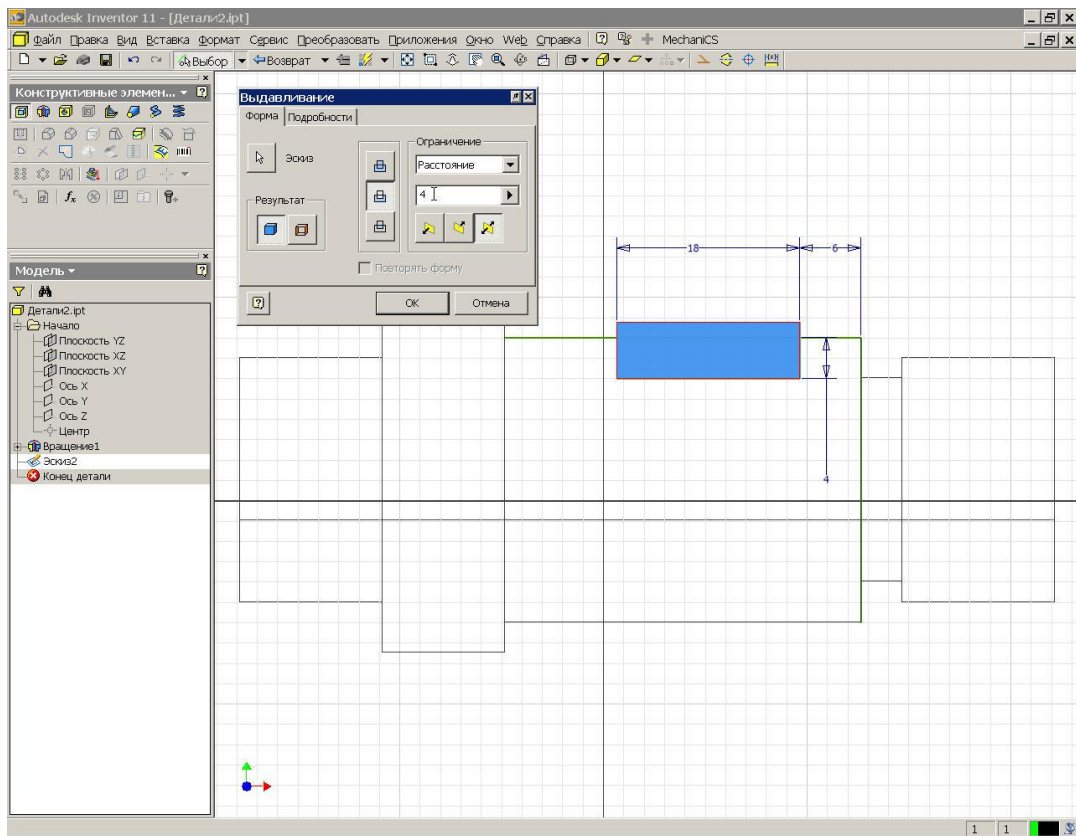


Рис. 68. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (вращение)

Скругленные края шпоночного паза получаем с помощью инструмента "Сопряжение (Shift + F)" инструментальной палитры в режиме "Конструктивные элементы". В появившемся диалоговом окне устанавливаем необходимые параметры и указываем на ребра шпоночного паза (рис. 70).

Фаски на модели получаем также, как было показано в предыдущем разделе.

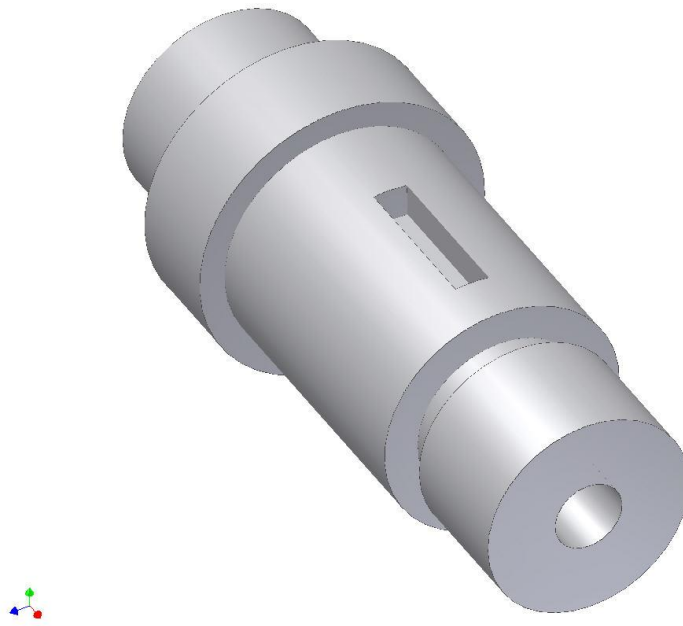


Рис. 69. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (вращение)

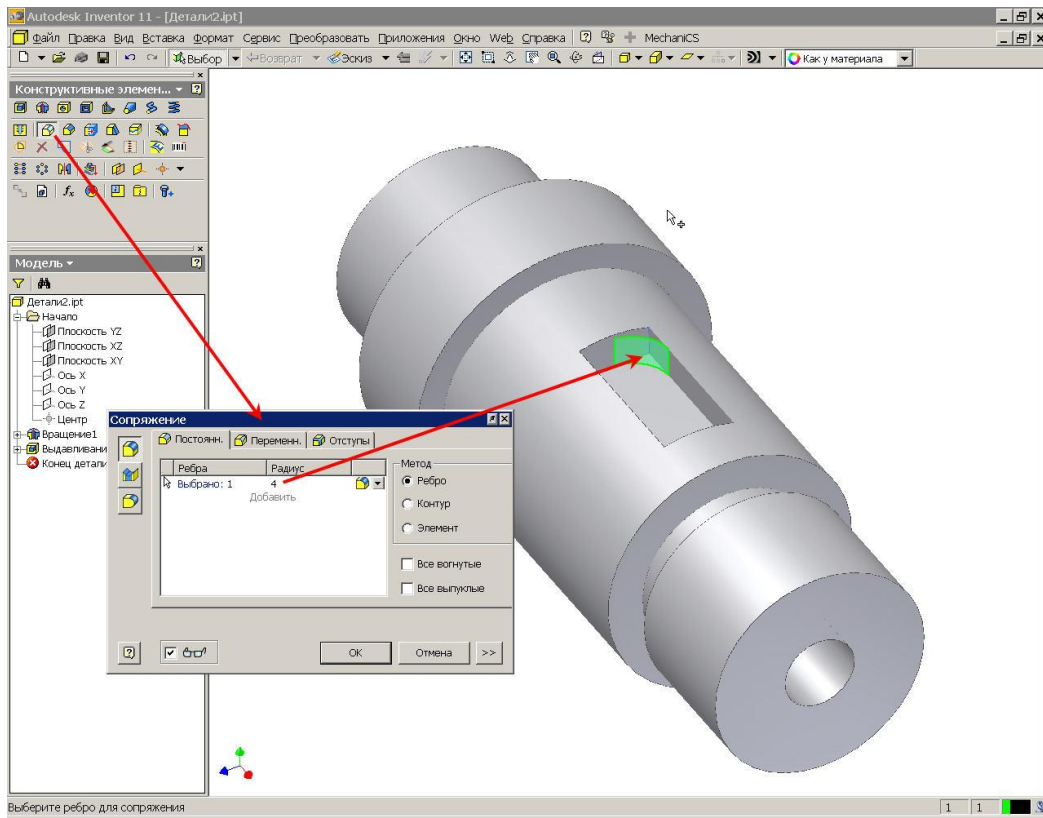


Рис. 70. AutodeskInventor. Работа с конструктивными элементами (вращение)

## 5. ПОСТРОЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО СЕЧЕНИЯМ

Цель работы – научиться работать с конструктивными элементами в Autodesk Inventor.

Задачи – ознакомиться с построением конструктивных элементов по сечениям в Autodesk Inventor, выполнить упражнения по получению 3D моделей деталей по сечениям.

В этом разделе будет рассмотрен прием создания конструктивного элемента путем построения перехода между контурами.

Элементы по сечениям создаются путем построения переходов между контурами, расположенными на разных рабочих плоскостях или плоских гранях. В качестве контуров можно использовать 2D или 3D эскизы, ребра и контуры граней модели. Форма элемента по сечениям может уточняться с помощью направляющих и сопоставления точек. Команда "По сечениям" позволяет создавать как тела, так и поверхности.

Результатом этого занятия должно явиться построение сложного элемента перехода в детали «наконечник для крепления электрических проводов» (см. рисунок 2.71).

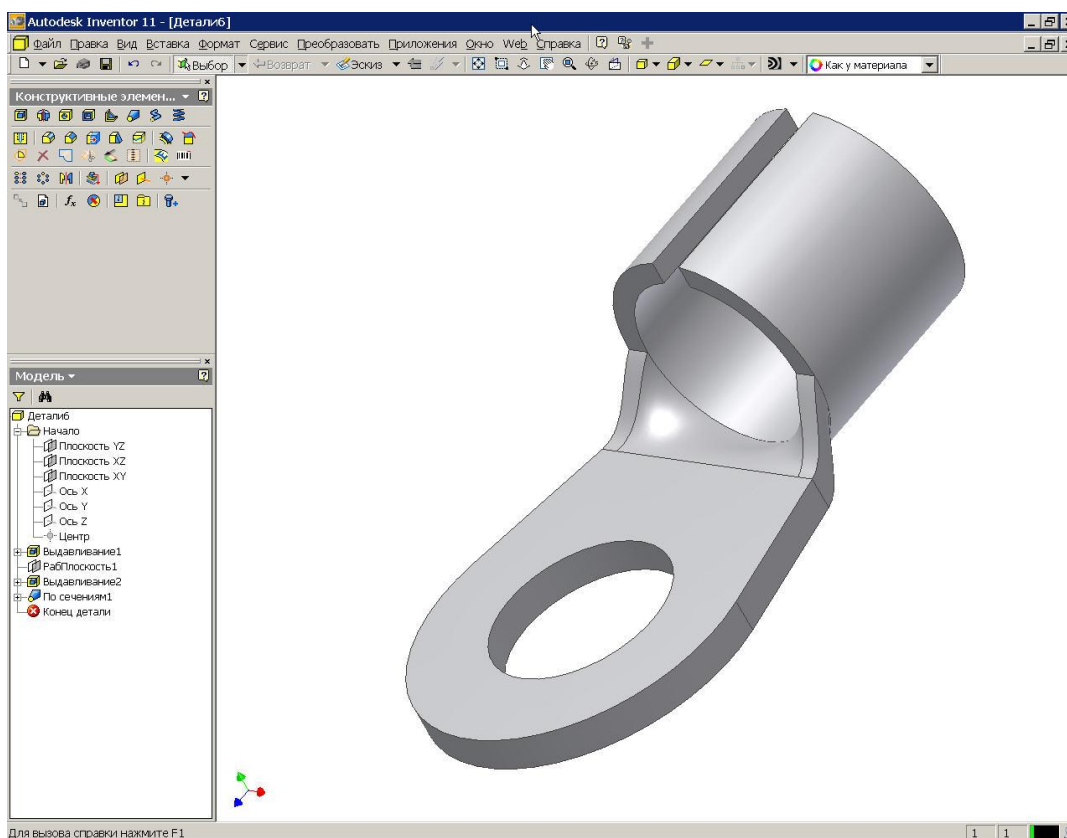


Рис. 2.71. Исходный результат

Построение показанных на рисунке 2.71 элементов выполняется стандартными командами для построения конструктивных элементов, описанными в

предыдущих уроках. В качестве плоскостей для построения эскизов выбраны взаимно-перпендикулярные плоскости (рис. 2.72).

Для начала построения элемента «По сечениям» создаем новый эскиз на плоскости одного из элементов наконечника. Это необходимо потому, что в построении участвует не весь контур, спроецированный на плоскость построения, а только его часть (рис. 2.73).

После команды «Возврат» начинаем построение конструктивного элемента «По сечениям». Для этого выбираем в инструментальной палитре соответствующую команду. В открывшемся диалоговом окне определяем контуры для будущего построения. В качестве первого контура выбираем грань одного из элементов. Строить эскиз не обязательно, если контур строится по периметру грани (рис.2.74).

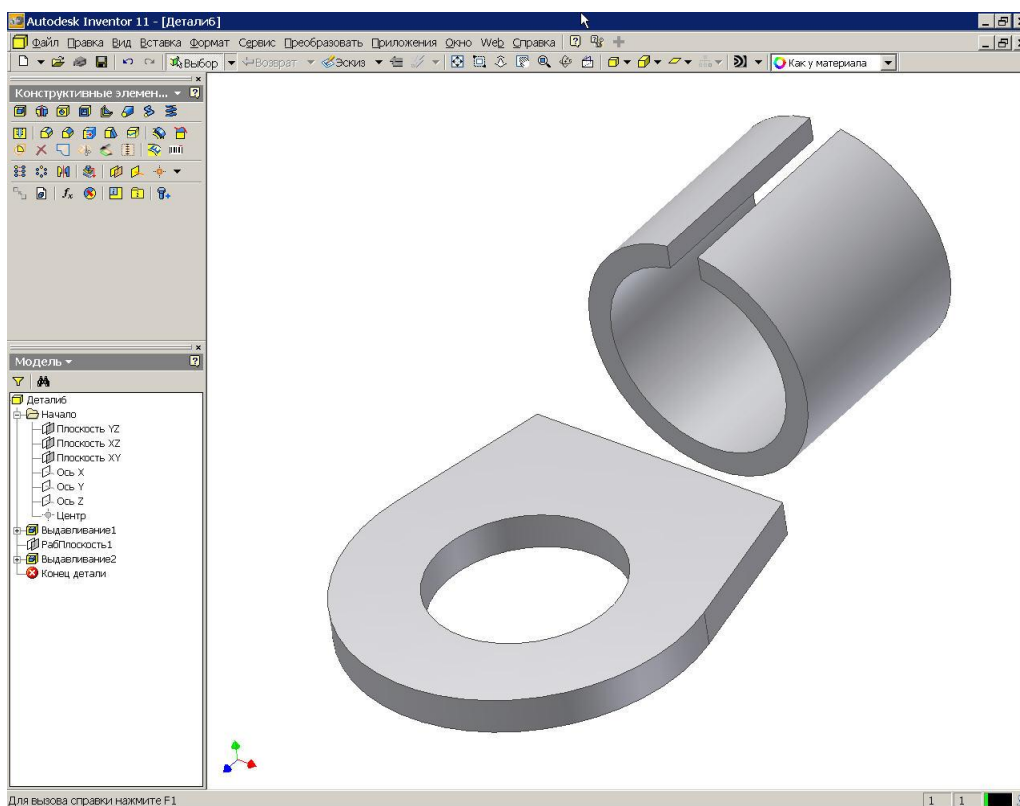


Рис. 2.72. Построение элементов детали



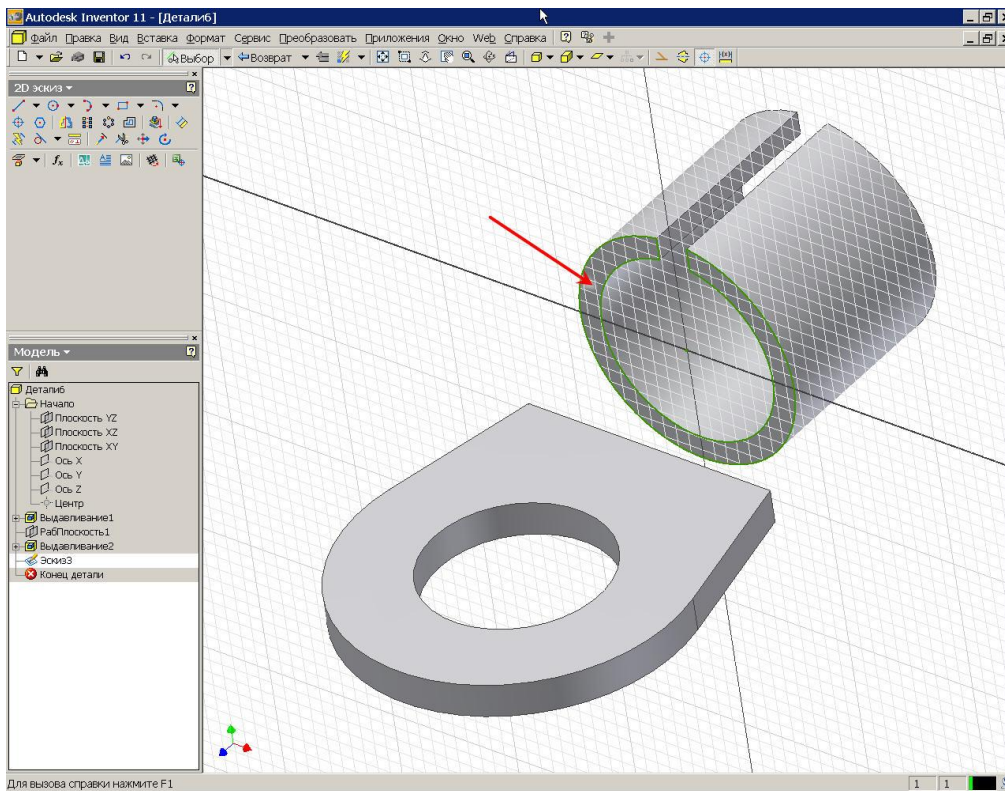


Рис. 2.73. Создание нового эскиза

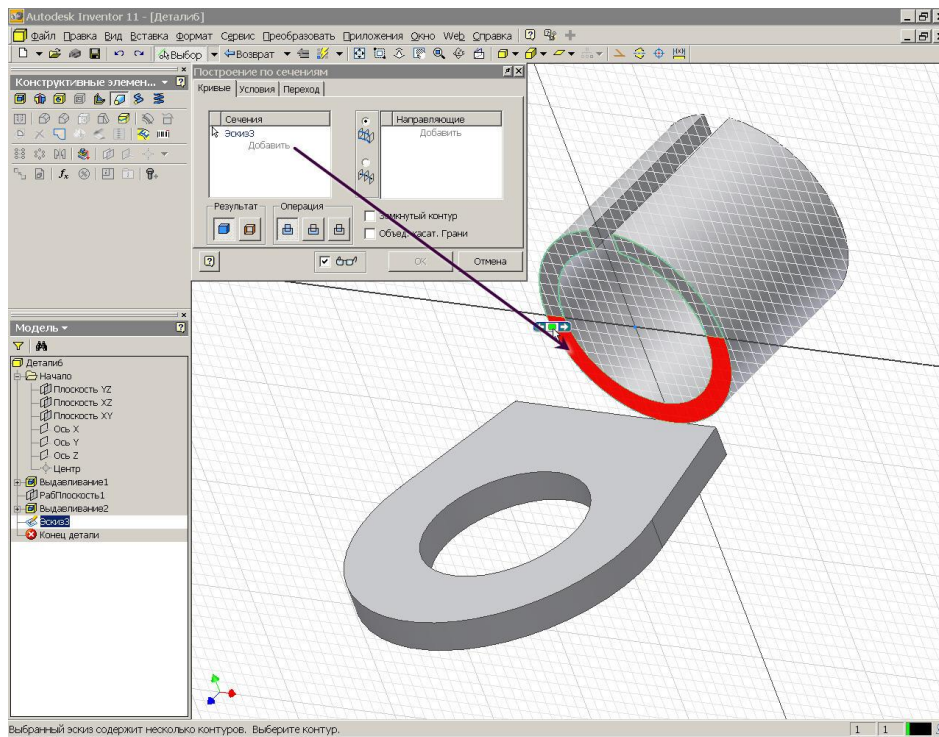


Рис. 2.74. Построение контура по периметру грани

В качестве второго контура выбираем ранее созданный нами эскиз. Причём, указываем на ту часть эскиза, которая будет непосредственно участвовать в построении (рис. 2.75).

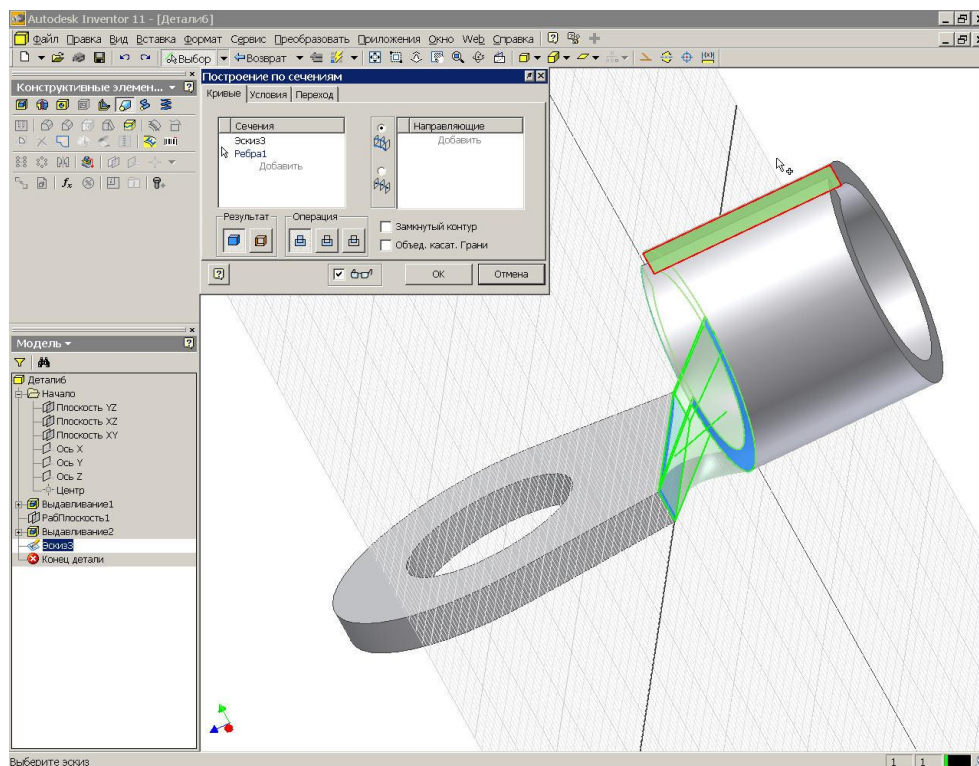


Рис. 2.75. Выбор второго контура

При построении «По сечениям» возможности по формированию тела детали во многом схожи с построением конструктивного элемента «Выдавливание», однако, имеется и ряд дополнительных возможностей. Флажок «Замкнутый контур» необходим для объединения начального и конечного контуров элементов по сечениям. Флажок «Объединение касательных грани» объединяет грани элемента «посечениями» без создания ребра между смежными гранями элемента.

Переходим в закладку «Условия». Во вкладке «Условия» назначаются граничные условия для краевых сечений и направляющих. Граничные условия определяют форму элемента по сечениям в крайних точках. По умолчанию значения устанавливаются в «свободное положение», т.е. построение выполняется без граничных условий. В случае необходимости назначения угла между плоскостью контура и поверхностью для каждого сечения выбираем «Условие касательности». По умолчанию значение установлено в 90 градусов. Область допустимых значений угла от 0.0000001 до 179.99999 градусов. Для регулирования плавности построения элемента по сечениям используем безразмерную величину «Вес», которая управляет формой элемента по сечениям с учетом заданного угла. Большое значение дает в результате плавный переход, малое значение - резкий переход. Значения подбираются относительно размеров модели (рис. 2.76).

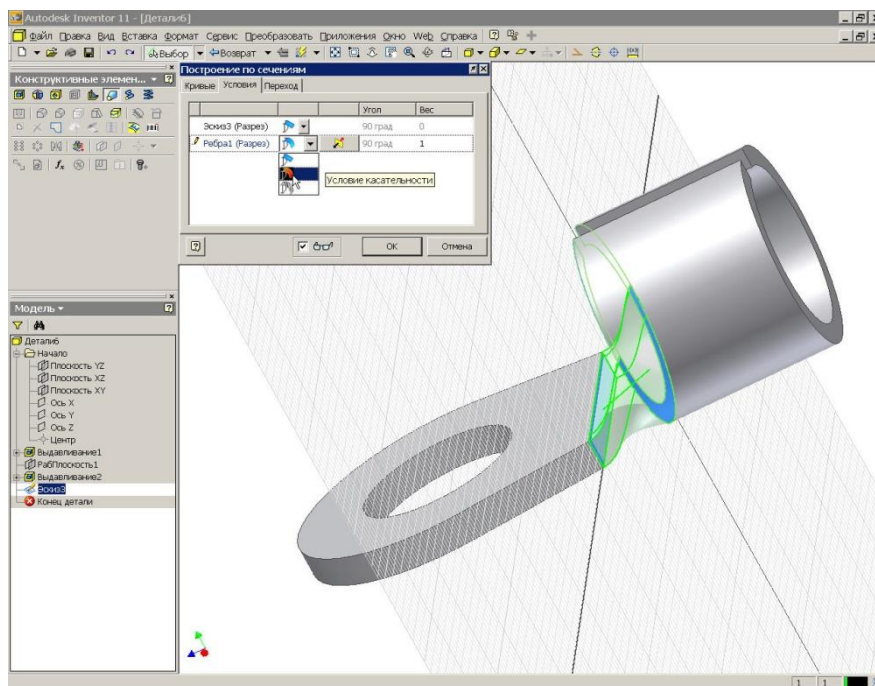


Рис. 2.76. Работа с закладкой "Условия"

Переходим в закладку «Переход». При необходимости флажок «Автоматическое отображение» можно снять, изменив при этом предлагаемое сопоставление точек контуров. С помощью точек, направляющих и вершин можно назначить соответствие сегментов контуров, используемых для построения элемента по сечениям (рис. 2.77). Для изменения соответствия необходимо указать на элементе списка. Соответствующие выбранному элементу списка точки отображаются на экране. Указываем новое положение точки в графической области. При этом элемент списка получает новое безразмерное значение: «0» – соответствует началу линии; «1» – концу линии. Промежуточному положению точек соответствуют десятичные значения.

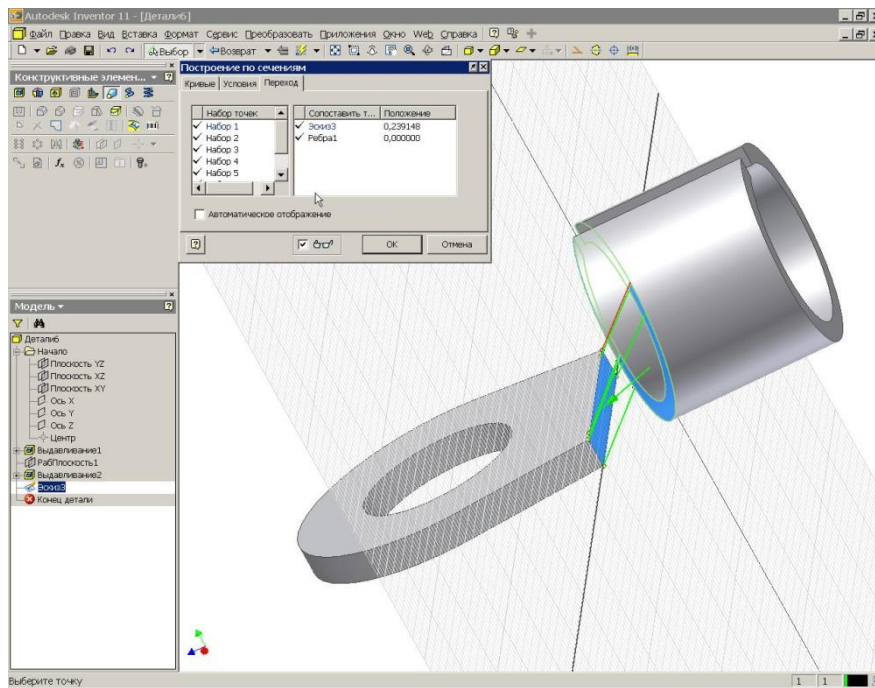


Рис. 2.77. Построение перехода