

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Н.В. Пшеничнова, Р.Р. Анамова, А.В. Рипецкий

**Решение задач курса Инженерной графики
средствами КОМПАС-3D**

Москва
Издательство МАИ
2017

Предисловие

В пособии особенности трехмерного моделирования и выполнения чертежей рассмотрены на примере системы «КОМПАС-3D», поскольку она соответствует современным требованиям к системам автоматизированного проектирования и позволяет моделировать машиностроительные изделия любой сложности в соответствии с передовыми методиками. «КОМПАС-3D» обеспечивает поддержку наиболее распространенных форматов 3D-моделей (STEP, ACIS, IGES, DWG, DXF), что предоставляет пользователю возможность организовывать эффективный обмен данными с другими системами трехмерного моделирования.

Система «КОМПАС-3D» легка в освоении, и ее бесплатная учебная версия доступна на сайте производителя: <http://ascon.ru>.

Учебное пособие адаптировано к образовательным программам по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика» и может быть использовано при проведении лекций и практических занятий.

§1. Общие сведения об автоматизированном проектировании

1.1. Основные определения и среда работы

При работе с системами автоматизированного проектирования (САПР) построение любой модели происходит в виртуальном пространстве, основой которого является *центральная система координат*. Для удобства пользователя вводится искусственное понятие – *локальная система координат*. Она позволяет упростить ориентацию в пространстве и облегчает работу с малыми величинами на большом удалении от основной системы координат. Системы геометрического моделирования (СГМ) позволяют использовать практически любые известные системы координат: декартовые, сферические, цилиндрические и др.

На сегодняшний день существует несколько альтернативных подходов к созданию моделей в виртуальном пространстве систем геометрического моделирования (рис. 1).

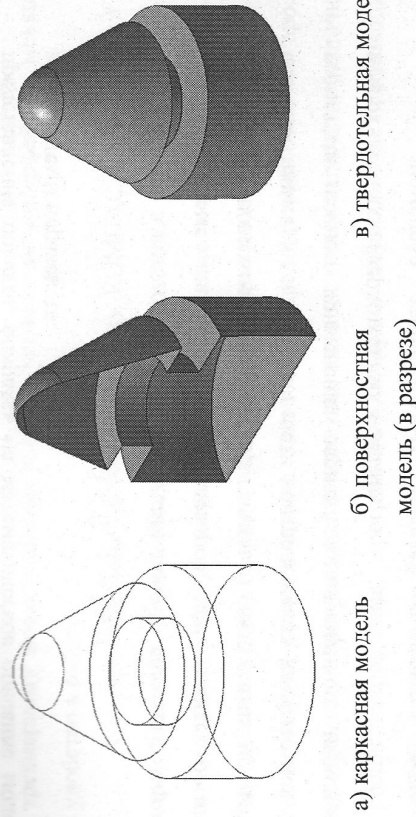


Рис. 1. Виды математических моделей при работе с СГМ

Каркасная или проволочная модель. Объект представлен в виде точек или линий в пространстве (рис. 1, а). Наиболее простая в применении,

1.2. Классификация САПР

САПР создавались для автоматизации чертежно-графических работ с целью облегчить труд конструктора и увеличить производительность труда. Однако со временем в дополнение к инструментам черчения в них появились возможности трехмерного моделирования объектов, а также выполнения инженерных расчетов.

Существующие в настоящее время САПР по **принципу функциональности** можно условно разделить на три категории.

Системы нижнего уровня, так называемые «легкие» САПР (AutoCAD, MasterCAM, T-FlexCAD и др.), служат для выполнения почти всех работ с двумерными чертежами и имеют ограниченный набор функций по трехмерному моделированию. С помощью этих систем выполняются порядка 90% всех работ по проектированию. Имеющиеся ограничения иногда создают сложности в использовании таких систем. САПР нижнего уровня изначально были предназначены для создания чертежей отдельных деталей и сборок. Поэтому «платой» за дополнительные возможности по трехмерному моделированию является усложнение интерфейса и меньшее удобство в работе.

Системы среднего уровня (SolidWorks, КОМПАС 3D, Inventor и т.д.) предназначены для объемного моделирования. Они обладают возможностями САПР нижнего уровня, а также позволяют работать с довольно большими сборками. Создав трехмерную модель, можно построить ее двумерный рабочий чертеж. Такие САПР представляют собой не просто программы, а программные комплексы, т.к. в их состав включены различные специализированные программные модули, позволяющие производить инженерные расчеты.

Системы верхнего уровня, так называемые «тяжелые» САПР (Pro/ENGINEER, CATIA, Unigraphics, ANSYS и др.), специализируются на 3D-моделировании и применяются для решения наиболее трудоемких задач: моделирования поведения сложных механических систем в реальном

дает минимум информации о проектируемом изделии. Необходимо отличать использование каркасной модели как математического аппарата от способа представления поверхностных и твердотельных моделей в виде каркаса. Такой способ представления находит применение при некоторых видах анализа геометрии.

Поверхностная модель. Объект представлен в виде точек, линий, поверхностей. Математически эта модель описывается в виде системы уравнений следующего вида:

$$f_i(x; y; z) = 0, \quad i = 1 \dots n \quad (1)$$

Работа с данным математическим представлением открывает наибольшие возможности по созданию и контролю геометрии, однако требует от проектировщика большого опыта работы и специальной подготовки. Такие модели находят применение при формировании омываемой поверхности самолета.

Твердотельная (Solid) модель. Обеспечивает наиболее реалистичное представление объекта, опираясь на математическое описание моделей в виде системы неравенств:

$$f_i(x; y; z) \leq 0, \quad i = 1 \dots n \quad (2)$$

Однако в виду сложности реализации данного подхода возможности, предоставляемые твердотельным моделированием, менее богаты по сравнению с поверхностным моделированием. В связи с этим при создании сложной геометрии и необходимости контролировать качество полученной геометрии находит применение вариант одновременного использования поверхностных и твердотельных моделей.

С помощью твердотельных моделей появляется возможность определения весовых и инерционных характеристик, проведения объемно-компоновочных работ и анализа конструкции на прочность с использованием методов конечных элементов, дискретно-связевых моделей и т.д.

масштабе времени, прочностных расчетов, оптимизирующих расчетов с визуализацией результатов, расчетов температурных полей и теплообмена и т.д. Обычно в состав системы входят как графические модули, так и модули для проведения расчетов и моделирования, процессоры для станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Этот класс САПР является наиболее мощным по своим функциональным возможностям, однако такие САПР довольно сложны в работе, а также имеют значительную стоимость.

1.3. Общие сведения о системе КОМПАС-3D

Система КОМПАС-3D создана специалистами отечественного военного промышленного комплекса (компанией АСКОН) в 1999 году и с тех пор активно совершенствуется.

Основные задачи, которые решает система КОМПАС-3D, включают создание трехмерных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, а также создание конструкторской документации на разработанные детали в соответствии с требованиями ЕСКД. Также программа предоставляет возможность производить некоторые расчеты на основании спроектированной геометрической модели (масса, объем, площадь поверхности, координаты центра тяжести, осевых и центробежных моментов инерции, направления главных осей инерции и т.п.). При разработке чертежей изделий КОМПАС-3D автоматически генерирует ассоциативные плоские изображения трехмерных моделей (в том числе виды, разрезы, сечения, местные виды и разрезы, виды по стрелке и т.д.).

С помощью команд экспорта созданную в КОМПАС-3D модель можно сохранить в нейтральных форматах (IGES, SAT, STL) и передать в другие системы (CAE, CAM) с целью дальнейшей ее обработки.

Компания АСКОН бесплатно предоставляет учебную версию программного продукта КОМПАС-3D, которую можно загрузить с сайта: <http://kompas.ru/solutions/education/>

КОМПАС-3D работает в среде WINDOWS и запускается с помощью кнопки **Пуск, Все программы**.

§2. Построение компьютерных изображений на плоскости

Получение двумерных изображений компьютерным способом представляет собой усовершенствованный способ ручного черчения, который уже с успехом вытесняется методом трехмерного моделирования. Однако следует отметить, что первоначальной стадией разработки модели является именно создание чертежа, называемого эскизом, а лишь затем следуют различные формообразующие операции. Поэтому навыки, полученные при выполнении плоских изображений и чертежей, так важны в трехмерном моделировании.

2.1. Основные элементы интерфейса САПР КОМПАС-3D

После запуска системы открывается **Главное окно** системы. В верхней части окна находится **Заголовок**, где отражены название системы, тип открытого документа, его имя и имя текущего вида (если документ является чертеж). Во второй строке расположено **Главное меню**. Его содержание меняется в зависимости от типа документа, созданного пользователем. В третьей строке (под строкой Главного меню) находится **Стандартная панель**, где расположены кнопки вызова наиболее часто используемых команд. Пока файл не создан, почти все кнопки этого меню приглушены.

Нажмем кнопку **Создать**, и на экране появится диалоговое окно создания документа. Выберем значок **Фрагмент**.

Главное меню в режиме создания фрагмента или чертежа содержит следующие пункты: **Файл, Редактор, Выделить, Вид, Вставка, Инструменты, Спецификация, Сервис, Окно, Справки, Библиотеки**. **Главное меню** содержит выпадающие меню, которые вызываются нажатием левой кнопки мыши. Выпадающее меню предназначено для вызова всплывающих меню, диалоговых окон или команд системы. Для выбора пункта меню достаточно щелкнуть по нему левой кнопкой мыши.

Стандартная панель (рис. 2) не меняется в зависимости от типа файла. После создания документа почти все кнопки становятся активными. Рядом со **Стандартной панелью** находится панель **Вид** (рис. 3). Состояние панели **Вид** зависит от режима, в котором работает система. Ее команды служат для настройки изображений на мониторе.

Под **Стандартной панелью** находится **Панель текущего состояния** (рис. 4). В этой строке отображаются основные параметры текущего документа. В состав **Панели текущего состояния** входят кнопки **Настройка глобальных привязок** и **Запретить привязки**. Система глобальных привязок служит для точной стыковки между собой вводимых геометрических примитивов.

Компактная панель (рис. 5) состоит из двух частей: **Панели переключения** и **Панели инструментов**. Панель переключения имеет 10 кнопок. При нажатии одной из них активизируется **Панель инструментов**.

Панель свойств находится под окном документа. Она пуста, пока не вызвана ни одна команда. Когда команда вызвана, в **Панели свойств** появляются различные элементы управления.

В самом низу окна документа расположена **Срока сообщений**. В ней отображаются различные подсказки и запросы.

Для вызова на экран панелей или их удаления можно использовать контекстное меню, которое вызывается нажатием правой кнопки мыши. При этом курсор должен быть расположен на поле панелей.

2.2. Управление геометрическими объектами

Присвоим имя уже созданному файлу **Фрагмент**. Для этого находим пункт **Файл** Главного меню, в выпадающем меню щелкаем по кнопке команды **Сохранить как**. В открывшемся окне **Укажите имя файла** для записи выбираем папку, в которой сохраним документ, и вводим имя документа: **Геометрические объекты**.

При выполнении этого упражнения последовательно раскрываем панели **Геометрия**, **Параметризация** и **Измерения** нажатием

соответствующих кнопок **Панели переключения**.

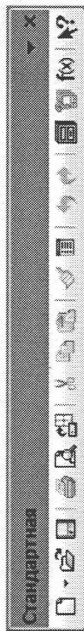


Рис. 2. Стандартная панель инструментов

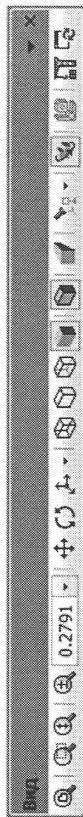


Рис. 3. Панель Вид



Рис. 4. Панель текущего состояния

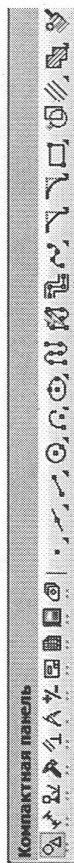


Рис. 5. Компактная панель в режиме создания чертежа

Панель Геометрия

Вызываем команду **Точка**. На **Панели Свойств** выбираем стиль **Плюс основной**. Ставим произвольно четыре точки (рис. 6).

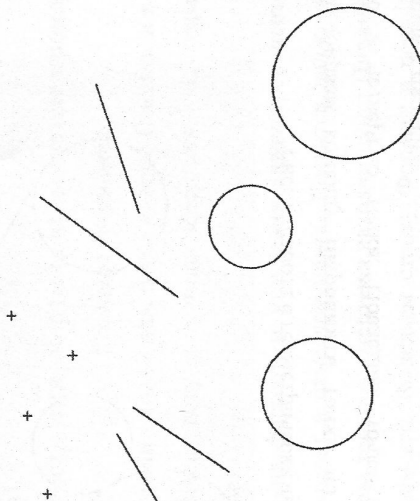


Рис. 6. Построение геометрических объектов

Вызываем команду **Отрезок**, стиль линии – **Основная**. Проводим четыре произвольных отрезка. Начало и конец каждого отрезка фиксируем

левой кнопкой мыши. Выделив курсором первый отрезок, перемещаем его параллельно самому себе, а затем, «потянув» за края, поворачиваем и меняем его длину.

Вызываем команду **Окружность**. Строим три разные окружности. Выделив одну из них, с помощью курсора, помещенного в центр, передвигаем ее по чертежу. Поместив курсор на одну из отмеченных точек окружности, можно менять ее радиус.

Панель Параметризация

Кнопка **Выровнять точки по горизонтали** содержит несколько команд. Выбираем первую из них. Указываем курсором две первые точки фрагмента. Вторая точка подстраивается на одну горизонталь с первой (рис. 7).

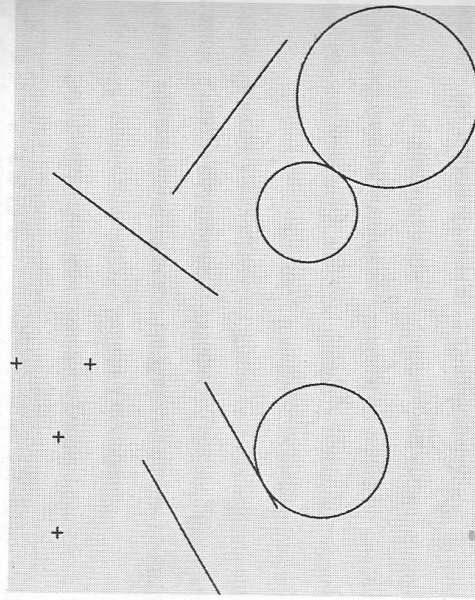


Рис. 7. Работа с геометрическими объектами
Выбираем команду **Выровнять точки по вертикали**. Указываем третью и четвертую точки. Последняя точка подстраивается на одну вертикаль с третьей.

Выбираем команду **Параллельность**. Выделяем курсором два первых отрезка. Второй отрезок выстраивается параллельно первому.

Команда **Перпендикулярность** находится на той же кнопке, что и **Параллельность**. Выделяем оставшиеся два отрезка. Четвертый отрезок выстраивается перпендикулярно третьему.

Выбираем команду **Касание**. Выделяем любую окружность и прямую. Второй объект перестраивается касательно к первому. Затем выделяем две оставшиеся окружности (см. рис. 7).

Панель Измерения

Выбираем команду **Расстояние между двумя точками**. После вызова команды на экране появляется информационное окно, в котором указываются координаты выбранных курсором точек в системе координат фрагмента и расстояние между ними.

Выбираем команду **Расстояние между двумя кривыми**. Измеряем расстояние между двумя любыми объектами фрагмента.

С помощью команды **Площадь** измеряем площадь круга.

Выбираем команду **Длина кривой**. Выделяем курсором кривую (отрезок или окружность) и получаем ее длину. На Панели свойств внизу экрана можно предварительно задать количество знаков после запятой и единицу измерения.

2.3. Построение чертежа «Очертание прокладки»

Создание документа

На **Стандартной панели** нажимаем кнопку **Создать** и в окне **Новый документ** открываем документ типа «Чертеж». На экране появится изображение формата А4.

Для изменения формата и уточнения параметров чертежа шелкаем правой кнопкой мыши в окне документа. Появится диалоговое окно. Во вкладке **Параметры текущего чертежа** находим пункт **Параметры первого листа** и раскрываем его. Выделяем строку **Формат** и получаем в правой части окна данные о формате документа. В нашем случае задаем вертикальный формат А3.

Сохраняем документ, присвоив ему имя **Очертание прокладки**.

Подготовка формата

Подключаем панель **Виды** и в ней нажимаем кнопку **Создать новый вид**. Курсор поменяет свой вид на две перпендикулярные стрелки, что означает приглашение к указанию точки начала координат. Внизу появится **Панель свойств**. В ней задаем **Вид 1** и масштаб **1:1**.

Затем щелкаем мышью в том месте формата, где удобно расположить начало координат, например, в нижней центральной его части. По умолчанию начало координат находится в левом нижнем углу документа.

Глобальные привязки

Перед началом черчения целесообразно ознакомиться с работой системы глобальных привязок. Они нужны для точной стыковки вводимых геометрических объектов с предыдущими объектами. Элементами объектных привязок могут служить: точка, середина отрезка, точка на кривой, пересечение кривых, центр окружности и т.д.

Полезно вывести на экран панель **Глобальные привязки**. Эта и другие панели находятся в списке контекстного меню, выводимого на экран щелчком правой кнопки мыши в области расположения основных панелей верху чертежа.

Глобальные привязки можно подключить или отключить выборочно или полностью с помощью кнопок **Установки** и **Запрещения глобальных привязок**, находящихся на **Панели текущего состояния**.

Построение изображений

Чертеж очертания прокладки представлен на рис. 8. Начнем построение чертежа с нанесения центральной осевой линии. Задаем режим **Ортогонального черчения** на **Панели текущего состояния**.

Делаем активной панель **Геометрия**, подключаем команду **Отрезок**. На **Панели свойств** выбираем стиль линии — **Осевая** — и проводим длинную вертикальную осевую линию из начала координат.

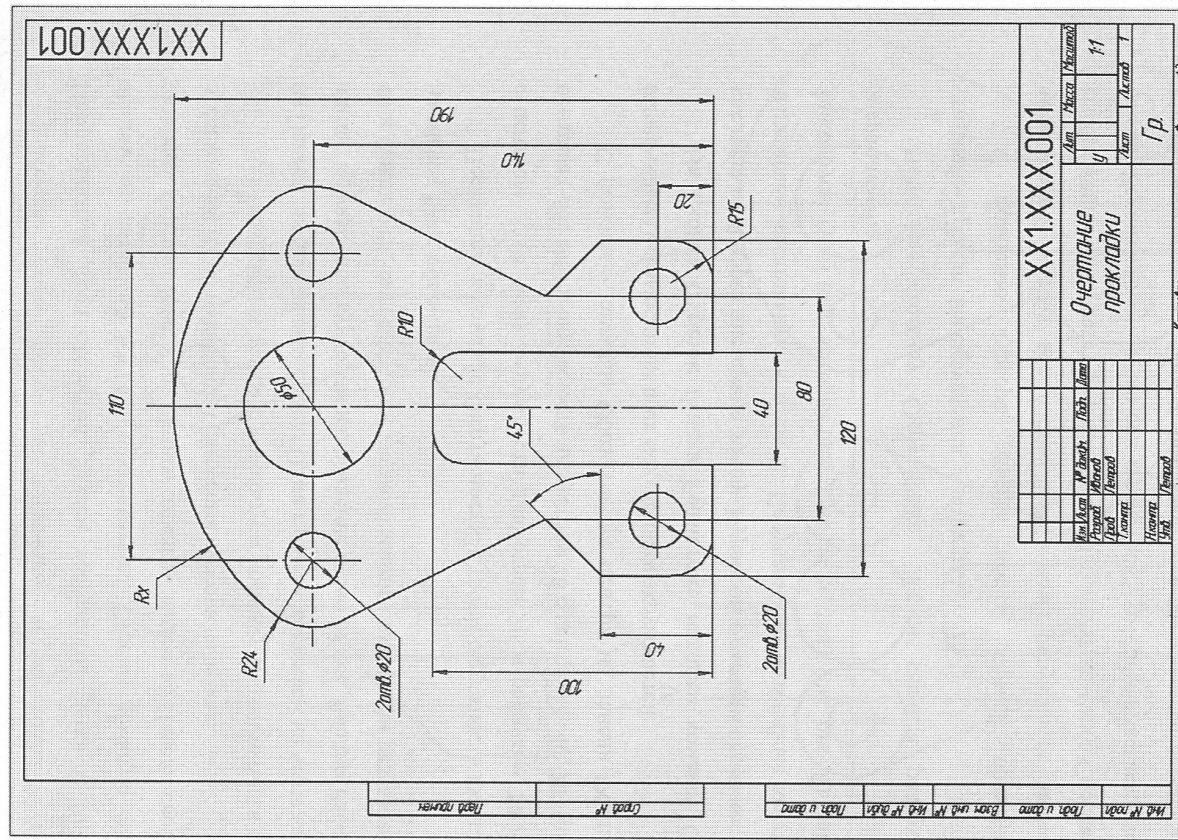


Рис. 8. Чертеж «Очертание прокладки»

Меняем стиль линии на **Основная** и переходим к команде **Непрерывный ввод объектов**. Задаем координаты точки 1: (0; 100) и вводим их командой **ENTER** с клавиатуры. Строим ломаную линию по размерам чертежа (рис. 9, а). Длины отрезков задаем на Панели свойств или отслеживаем их по показаниям движения курсора на экране.

Для нахождения точки 2 используем команду **Параллельная прямая**: на Панели свойств задаем опцию **Одна прямая**, выделяем на чертеже осевую линию и указываем курсором направление влево от нее. Вводим **Расстояние - 40** и фиксируем наличие линии кнопкой мыши. Закрепляем результат, нажав на значок **Ввод объекта**.

Переходим к команде **Окружность**. Строим окружность диаметром **50** с центром (0; 140), окружности диаметром **20** и радиусом **24** с общим центром (-55; 140) и окружность диаметром **20** с центром (-40; 20) (рис. 9, б).

С помощью команды **Обозначение центра** на панели **Обозначения** вычерчиваем осевые линии всех полученных окружностей.

На кнопке **Отрезок** панели **Геометрия** находим команду **Отрезок, касательный через внешнюю точку**. Курсором отмечаем окружность R24 и вытягиваем касательную к точке 2. Получаем две возможные касательные. Фиксируем ту из них, которая подходит по чертежу (см. рис. 8). Завершаем операцию.

Вызываем команду **Скругление**. Задаем сначала радиус **10** и указываем кромки для скругления, а затем радиус **15**.

С помощью курсора рисуем тонкой линией прямоугольник, включающий в себя все построенное, кроме окружности диаметра 50. Изображение приобретет зеленый цвет. Вызываем команду **Симметрия** на панели **Редактирование**. На оси симметрии курсором отмечаем две любые точки, используя глобальные привязки. Все выделенные зеленым цветом элементы зеркально отображаются вправо (рис. 9, в).

Подключаем команду **Параллельная прямая** с опцией **Одна прямая**. Отмечаем курсором нижний горизонтальный отрезок чертежа и передвигаем

курсор вверх. На Панели свойств указываем размер **190** – высоту детали. ←

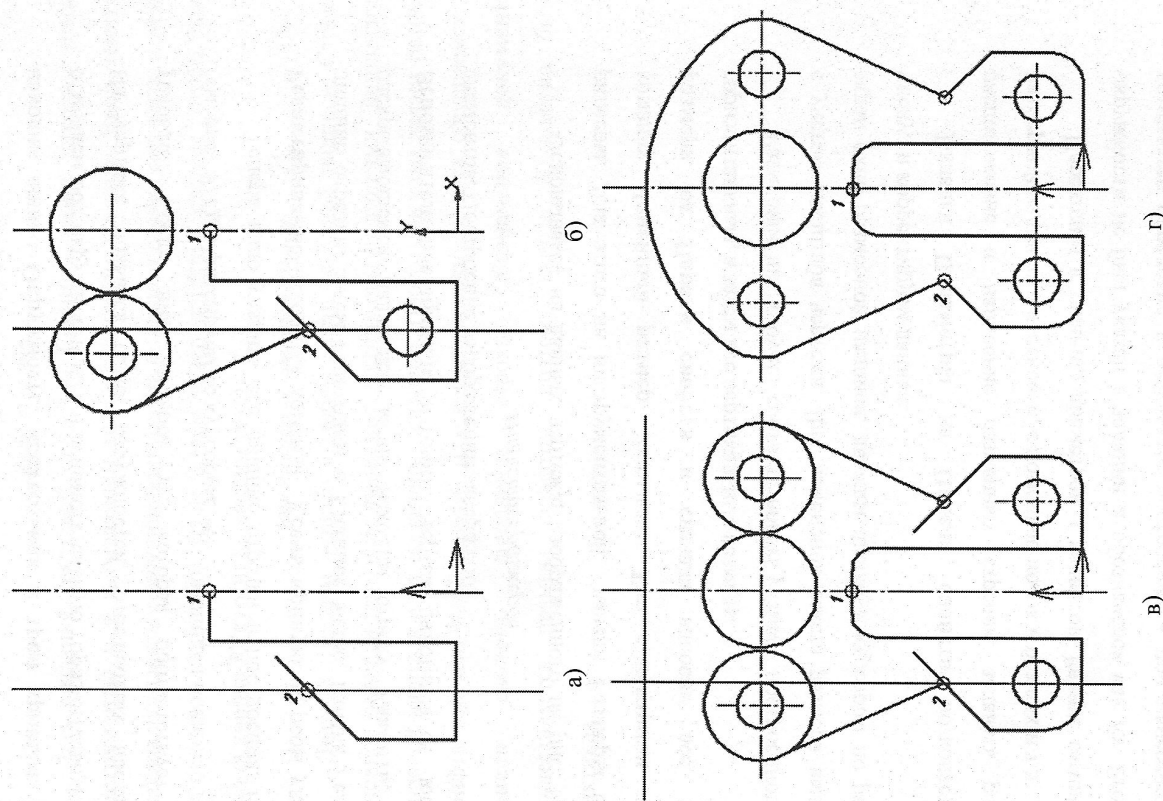


Рис. 9. Пошаговое построение очертания прокладки

Строим окружность радиуса R_3 (см. рис. 8). На кнопке **Окружность** находим опцию **Окружность, касательная к трем кривым**. Курсором отмечаем обе окружности R_{24} и вспомогательную горизонтальную прямую. На чертеже появится серия окружностей, отвечающих поставленному условию. Среди них находим ту, которая соответствует заданию (см. рис. 9, ε), и фиксируем ее курсором. ←

Теперь надо удалить все лишние отрезки и построения. На панели **Редактирование** находится команда **Усечь кривую**. Курсор удаляет все лишние отрезки. Затем переходим в **Главное меню**, панель **Редактор**. В раскрывающемся падающем меню находим строку **Удалить**, в ней – **Вспомогательные прямые и точки**. Чертеж очистился от посторонних элементов. Построение изображений завершено.

Нанесение размеров

Основываясь на данных чертежа, изображенного на рис. 8, наносим размеры. Для этого на инструментальной панели **Размеры** открываем команду **Линейный размер**. Указываем **Тип ориентации линейного размера** на **Панели свойств** и сначала наносим все, например, горизонтальные, а затем все вертикальные размеры.

Размерное число будет соответствовать размеру построенного объекта с учетом масштаба чертежа. Для изменения текста размера вызываем на экран окно размерной надписи, дважды щелкнув курсором по размерному числу, и корректируем данные.

Вкладка **Параметры** на **Панели свойств** позволяет менять расположение и написание размерных стрелок, задавать размещение размерной надписи, в частности, с помощью полок и без них и т.д.

Переходим к заданию диаметров и радиусов. Радиус самой большой окружности не был указан в задании и обозначался как R_5 . Его значение компьютер определил в результате построения и при нанесении размера укажет размерное число. Добавим к этому размерному числу справа сверху

знак *, а над основной надписью сделаем текстовую запись: «Размер для справок».

Ввод текста

Для создания текстовой строки в **Главном меню** находим пункт **Инструменты** и в выпадающем меню открываем команду **Ввод текста**. Сначала указываем точку привязки текста (в данном случае она расположена над основной надписью), затем задаем номер шрифта 7, следим, чтобы была нажата кнопка **K** (курсив) и вводим текст.

Заполнение основной надписи

Дважды щелкаем мышью в любом месте основной надписи. Строки основной надписи при этом выделяются штриховыми линиями. Заполнение основной надписи идет по общим правилам. Программа сама задает размер шрифта той или иной строки. Для корректировки шрифта обращаемся к **Панели свойств**. Заполнение строки **Обозначение документа** осуществляется прямым шрифтом, поэтому кнопка **K** должна быть неактивна.

§3. Трехмерное моделирование

3.1. Введение в теорию трехмерного моделирования.

Основные элементы интерфейса

Процесс формообразования в режиме трехмерного моделирования сводится к четырем основным операциям: выдавливания, вращения, кинематическим операциям и операциям по сечениям. В нашем пособии мы, в основном, рассмотрим две первые разновидности операций: выдавливания и вращения.

Создадим документ типа «Деталь» и рассмотрим интерфейс системы. На панели **Вид** добавились кнопки, позволяющие управлять ориентацией модели (кнопка **Ориентация** с выпадающим окном), поворачивать ее (кнопка **Повернуть**), а также получать различные варианты отображения детали (кнопки **Каркас**, **Без невидимых линий** и т.д.).

На **Панели текущего состояния** возникла кнопка **Эскиз**, которой мы будем пользоваться постоянно.

Видоизменилась **Компактная панель**, расположенная в левой части экрана монитора. Чаще всего здесь будет активна кнопка **Редактирование детали**. Пока работа с моделью не начата, кнопки на **Инструментальной панели**, находящейся под **Компактной панелью**, затемнены. После создания условий для выполнения той или иной операции соответствующие кнопки **Инструментальной панели** подсвечиваются.

Процесс формообразования модели, а также ее элементов можно разбить на два этапа: создание эскиза и назначение формирующего перемещения. После того как создан эскиз в виде плоской фигуры, становятся активны кнопки **Компактной панели**, позволяющие осуществить операции перемещения этой фигуры:

- выдавливания по направлению, перпендикулярному плоскости эскиза,
- вращения вокруг заданной в плоскости эскиза оси;

- кинематической операции движения фигуры вдоль направляющей;
- операции по сечениям, т.е. построение тела модели по нескольким срезам.

Важным элементом в работе с моделью является **Дерево модели** (рис. 10), которое появляется в левой части документа после его создания. В **Дереве модели** отображаются: символ **Начала координат**, стандартные **Плоскости проекций**, **Оси координат**, а затем перечисляются операции получения детали. Щелкнув правой кнопкой мыши по любой операции, можно перейти к контекстному меню и с его помощью произвести с данной операцией различные действия: изменить ее свойства, редактировать, удалить, редактировать эскиз и т.д.

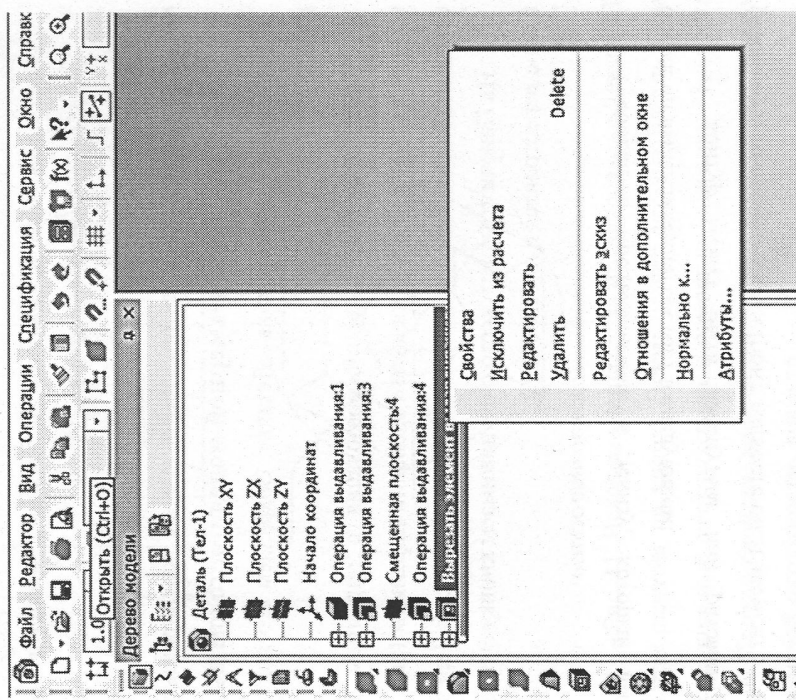


Рис. 10. Дерево модели

Координатные плоскости отображаются в центре окна документа вместе с системой координат. В левом нижнем углу окна находится еще один изображение системы координат, вращающийся вместе с моделью.

Общий порядок действий при трехмерном моделировании

Получение объемной модели происходит по следующему алгоритму:

- 1) выбирается первый формообразующий элемент, устанавливается его опорная плоскость, которая связывается со стандартной системой координат;
- 2) в указанной плоскости вычерчивается эскиз первого элемента в виде плоской фигуры и с помощью команд формообразования производится ее перемещение;
- 3) создается модель следующего элемента, который добавляется или наоборот, вычитается из предыдущего.

В результате формируется некий объем, который и принято называть *телом детали* (отсюда и термин «твердотельное моделирование»).

3.2. Создание трехмерной модели методом выдавливания

Создаем документ типа «Деталь». Сохраняем его под именем *Деталь Е1*.

Начинаем процесс формообразования с пирамиды детали. Начиная с координат располагаем в нижнем основании пирамиды (рис. 11). Плоскость основания совмещаем с плоскостью ZX и выделяем ее в *Дереве модели*.

На Панели текущего состояния нажимаем кнопку *Эскиз*. Изображение в окне перестроится в плоскость ZX.

Построение эскиза

Требования, предъявляемые к эскизу, который выполняется для операции выдавливания, состоят в следующем:

— контур может быть замкнутым или разомкнутым. Если он разомкнут, то программа построит тонкостенный элемент;

— если контуров несколько, все они должны быть замкнутыми, и один из них должен быть наружным, а другие — вложенными в него. Пересечение контуров недопустимо.

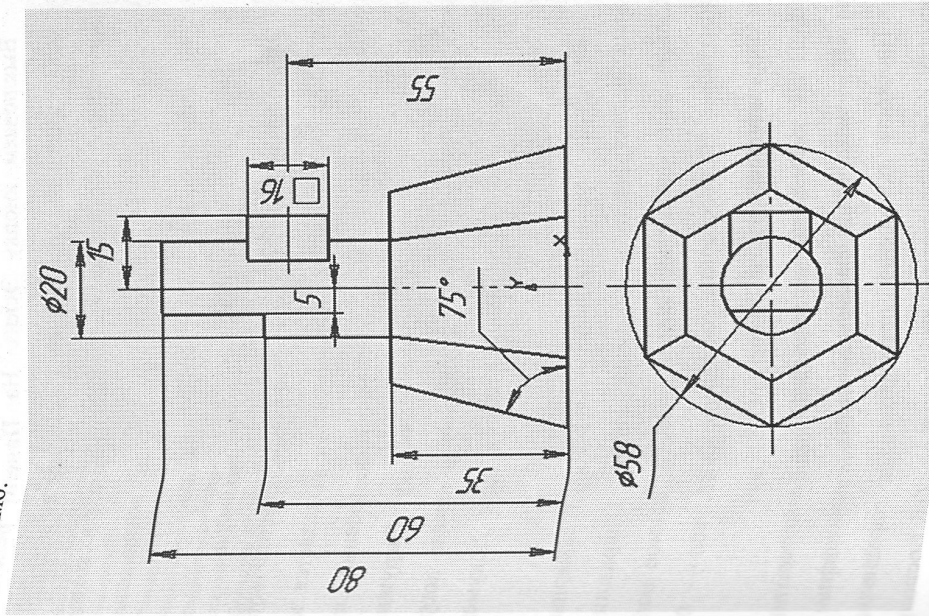


Рис. 11. Исходные данные для моделирования Детали Е1

После нажатия на кнопку *Эскиз* станет активной панель **Геометрия**. Строим правильный шестиугольник с помощью операции **Многоугольник**. Задаем на **Панели свойств**: количество вершин — 6, способ построения — **По описанной окружности**, диаметр — 58, угол первой вершины — 0 или 90, в качестве центра фигуры указываем начало координат.

Фиксируем построение левой кнопкой мыши.

Операция выдавливания пирамиды

Выключаем кнопку Эскиз. На Панели редактирования активируем кнопку **Операция выдавливания**. Нажимаем ее и задаем: направление **Прямое**, способ построения — **На расстояние**, расстояние — **35**, угол **внутрь**, угол — **15°**. В окне документа возникает фантом фигуры. Подтверждаем данные \leftarrow и завершаем операцию.

Выдавливание цилиндра

Цилиндр будем строить на верхнем основании пирамиды. Для этого выделим его курсором (при этом основание выделяется зеленым цветом) и перейдем в режим **Эскиза**. Плоскость построения эскиза совпадает с выделенным основанием. Нажимаем кнопку **Окружность** на панели **Геометрия**, указываем центр окружности в начале координат, задаем ее Диаметр — **20**, получаем изображение в окне Документа и завершаем операцию.

Закрываем эскиз и возвращаемся в режим трехмерных построений. На **Панели редактирования** нажимаем кнопку **Операция выдавливания**. Отслеживаем показания на **Панели свойств**: прямое направление, способ построения — **На расстояние**, расстояние — **45**, угол — **0°**. Создаем объект \leftarrow и завершаем операцию.

Выдавливание прямоугольной бобышки с помощью

команды Смещенная плоскость

Плоскость построения прямоугольника параллельна координатной плоскости ZY и удалена от нее на 15мм по оси OX. Воспользуемся командой **Смещенная плоскость** на панели **Вспомогательная геометрия** (рис. 12).

Выделим в Дереве построения строку **Плоскость ZY**, а на Панели свойств зададим: расстояние — **15** и направление смещения — **Обратное**. Выделим курсором полученную плоскость и перейдем в режим **Эскиза**. Нажимаем на кнопку **Прямоугольник по центру и вершине**. Ориентируясь

на систему координат, отображенную на экране, задаем координаты центра: **(0; -55)**; высота — **16** и ширина — **16**. Закрываем эскиз.

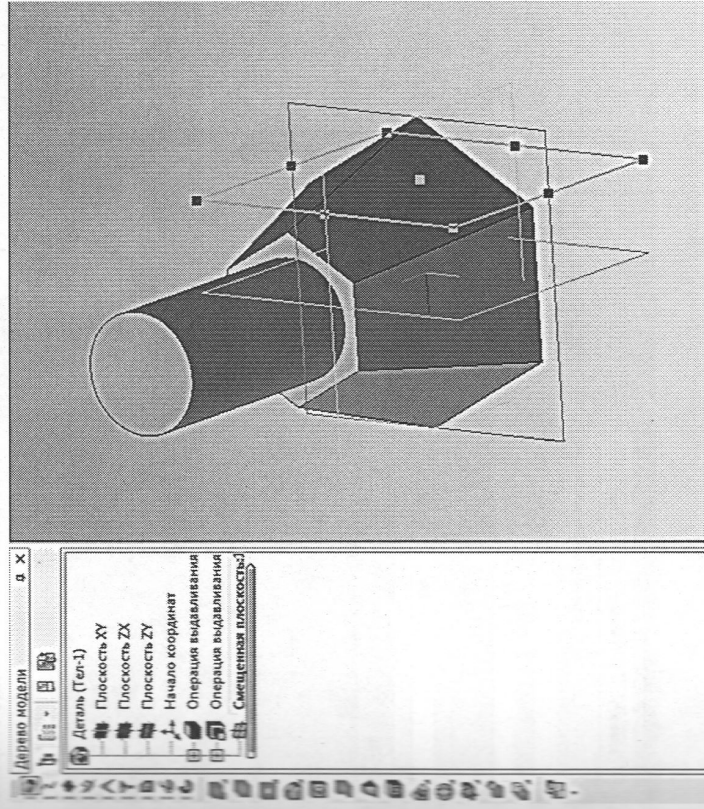


Рис. 12. Операция Смещенная плоскость

Нажимаем на кнопку **Операция выдавливания**. На Панели свойств задаем: направление — **Прямое**, способ построения — **На расстояние**, расстояние — **15**.

Выполнение выреза на фигуре

На **Дереве построения** выделяем плоскость **XU**, входим в режим **Эскиза** и с помощью команды **Прямоугольник** строим прямоугольник произвольных размеров и положения, а затем переходим к команде

Линейный размер. Уточняем размеры положения прямоугольника (рис. 13). После щелчка курсора, отмечающего наличие размерной линии,

появляется диалоговое окно **Установить значение размера**, в котором отображены произвольные размеры. На их месте задаем размеры 5 и 60, и прямоугольник принимает нужное положение. Эскиз можно закрыть.

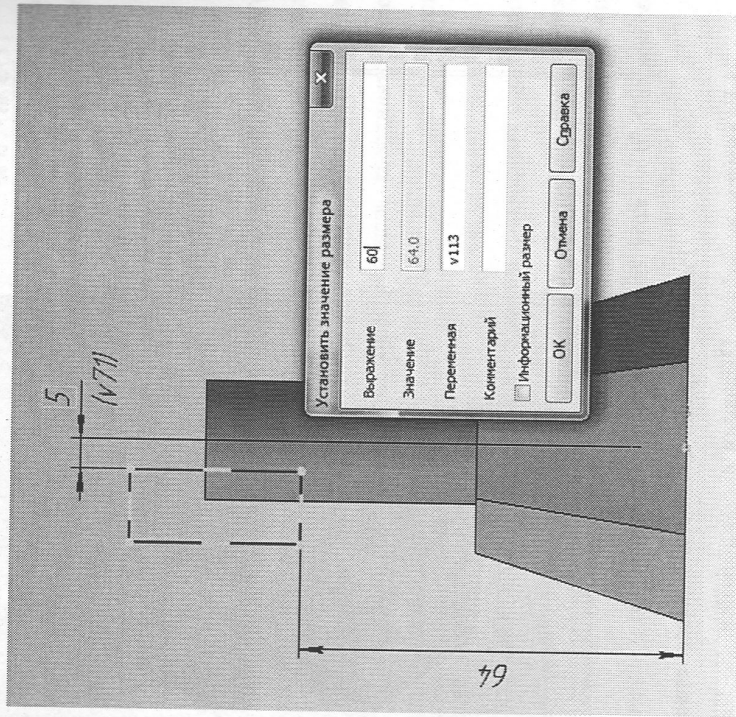


Рис. 13. Уточнение размеров

На **Панели редактирования** нажимаем кнопку **Вырезать** выдавливанием и вырезаем тело параллелепипеда. На **Панели свойств** задаем: направление — **Средняя плоскость**, расстояние — любое более 10. Вырез получен, моделирование детали завершено (рис. 14).

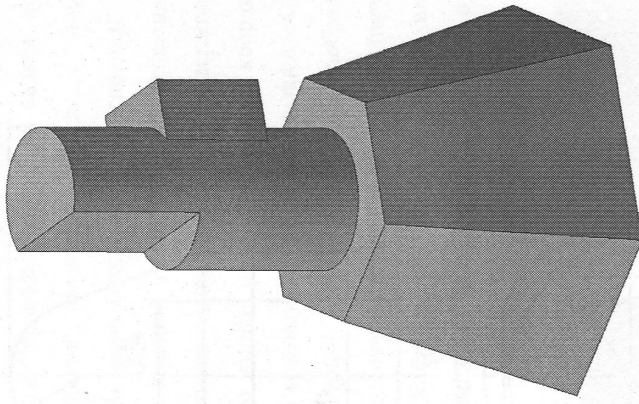


Рис. 14. Трехмерная модель Детали E1

3.3. Создание трехмерной модели методом вращения

Чертеж детали, которую мы будем моделировать, показан на рис. 15.

Создаем документ типа «Деталь» и сохраняем его под именем **Деталь E2**. Контур, вращением которого предполагается получение трехмерной модели, и ось вращения размещаем в плоскости **XU**. Выделяем эту плоскость в **Дереве модели**.

На **Панели текущего состояния** нажимаем кнопку **Эскиз**. Обращаем внимание на направление осей координат в левом нижнем углу документа. Придерживаемся этих направлений при построении эскиза.

Построение эскиза

На панели Геометрия находим команду **Отрезок** и в режиме ортогонального черчения проводим вверх из начала координат осевую линию. Контур вращения начинаем строить с помощью команды **Непрерывный ввод объектов**. Стиль линии — Основная.

При построении ломаной линии профиля вращения не соблюдаем размеров чертежа, только приблизительно придерживаясь пропорций изображения. Ломаную линию строим из начала координат до точки 1 (рис. 16, а). Закрываем команду. Затем, воспользовавшись привязкой **Точка на кривой**, в произвольном месте оси вращения изображаем окружность любого радиуса. Касательную из точки 1 к полученной окружности строим с помощью команды **Касательный отрезок через внешнюю точку**. Выбираем из двух возможных подходящий по чертежу отрезок и создаем объект.

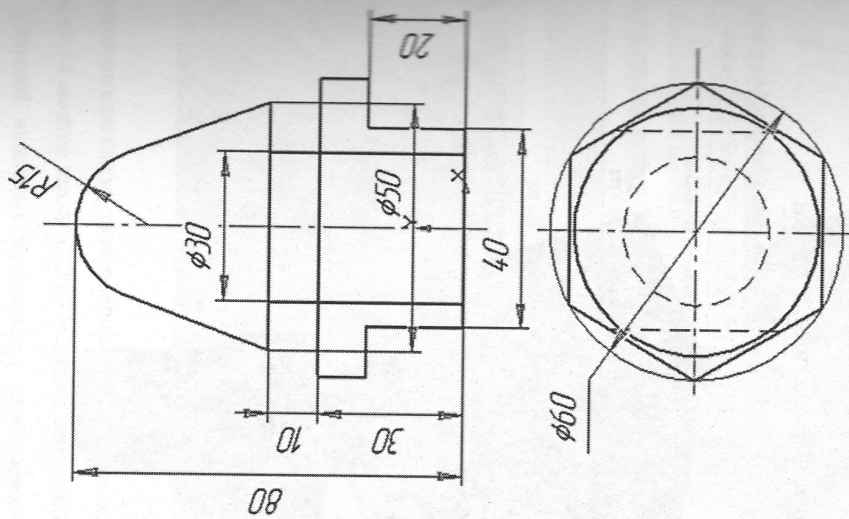
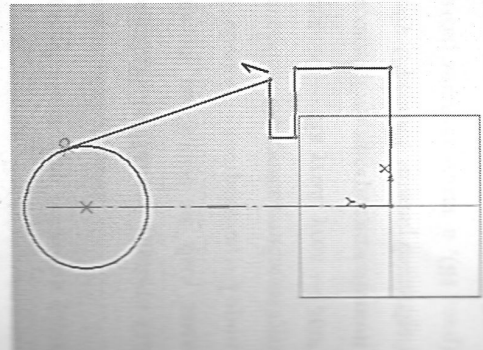


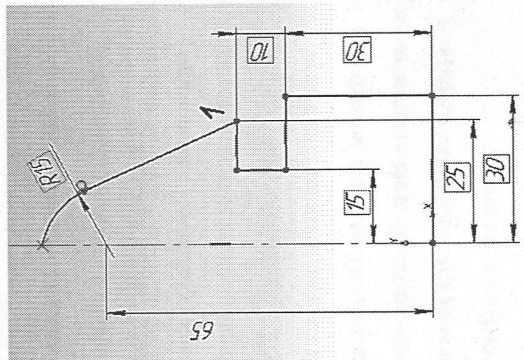
Рис. 15. Исходные данные для моделирования Детали E2

Требования, предъявляемые к эскизу операции вращения:

- ось вращения может быть только одна;
- ось вращения изображается в виде отрезка со стилем линии **Осевая**;
- если контур вращения один, он может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контуров несколько, то все они должны быть замкнуты. Один из них должен быть внешним, а остальные - вложенными в него;
- контуры не должны пересекать ось вращения.



а)



б)

Рис. 16. Построение эскиза Детали E2

Для устранения лишних линий на **Панели** переключим активизируем кнопку **Редактирование** и с помощью команды **Углы** кривую убираем лишнюю часть дуги окружности.

Нанесение размеров

На **Панели переключения** нажимаем кнопку **Размеры** и поворачиваем задаем размеры контура: сначала, например, горизонтальные, а затем вертикальные. В виде точки отсчета там, где это возможно, выбираем начало координат.

После выделения курсором линии, размеры которой мы хотим установить, на экране возникает окно **Установить значение размера**. Так как мы не придерживались размеров чертежа, в строке **Выражение** проставлен произвольный размер. Вместо него вписываем нужное число. Изображение в окне документа корректируется (рис. 16, б).

Операция вращения

Закрываем эскиз и при активной кнопке **Редактирование детали** вызываем команду **Операция вращения**. На экране появится фантом тела вращения, а в левом нижнем углу — система координат.

В нижней части экрана будет находиться **Панель свойств Операции вращения**. Поскольку контур вращения на эскизе не был замкнут, по умолчанию система предлагает способ построения **Тороида**, т. е. тонкостенную оболочку. Изменим способ на **Сфероид**, чтобы получить тело вращения; направление — **Прямое**, способ — **На угол**, угол — 360° . Затем раскроем вкладку **Тонкая стенка** и в окне **Тип построения тонкой стенки** отметим: **Нет**. Заметим, что к способу **Сфероид** можно было бы перейти сразу, замкнув контур эскиза.

Вырезание шестигранного профиля

Поворачивая модель, находим и выделяем курсором нижнее основание детали. Основание приобретет ярко зеленый цвет. Входим в режим **Эскиза** и в плоскости основания создаем эскиз шестигольника (см. п. 3.2). Затем строим произвольную окружность так, чтобы ее диаметр был больше

размеров шестигольника (рис. 17).

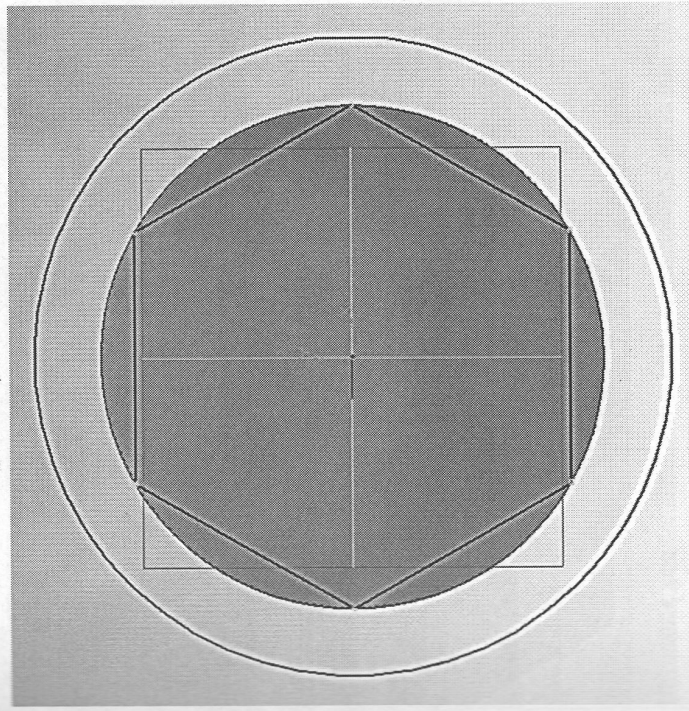


Рис. 17. Вырезание шестигранного профиля

Закрываем **Эскиз** и подключаем команду **Вырезать выдавливанием**. На **Панели свойств** задаем: расстояние **30** и создаем объект \leftarrow .

Моделирование вырез

Выделим курсором плоскость нижнего основания детали и в ней, перейдя в режим **Эскиза**, построим прямоугольник произвольных размеров (рис. 18), а затем зададим размеры его привязки к системе координат так, чтобы они удовлетворяли чертежу, изображенному на рис. 15.

Закрываем эскиз, изображенный на рис. 18, и включаем команду **Вырезать выдавливанием**. На **Панели свойств** задаем: направление построения — **Прямое**; расстояние — **20** \leftarrow .

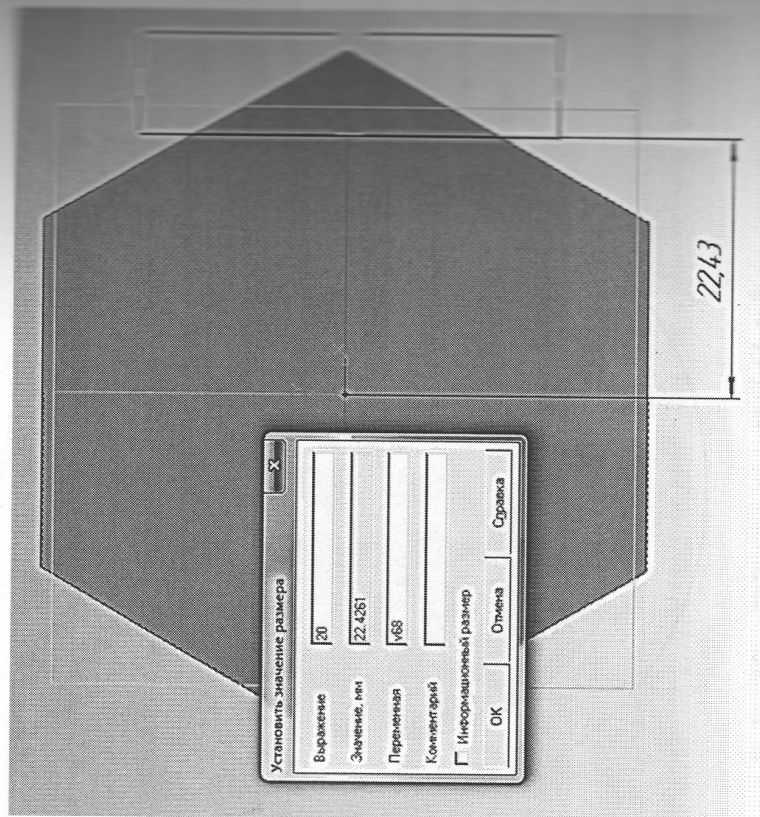


Рис. 18. Моделирование выреза

Метод симметрии

Поскольку деталь имеет два симметричных выреза, второй построим методом симметрии. На странице **Редактирования** детали нажмем кнопку **Зеркальный массив**, в Дереве модели укажем **Плоскость ZY** (плоскость отражения), а затем там же выделяем пункт **Вырезать элемент выдавливанием**. В окне документа появится фантом копии \leftarrow , Модель построена (рис. 19).

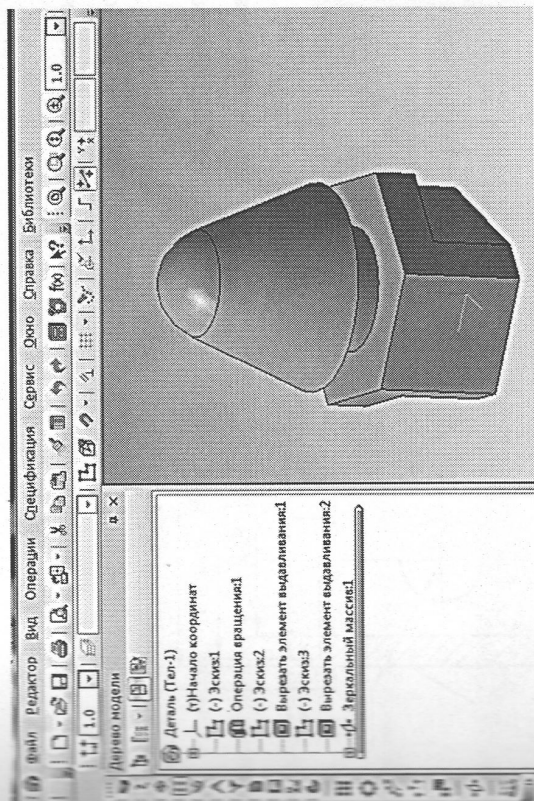


Рис. 19. Трехмерная модель Детали E2

3.4. Создание трехмерной модели путем комбинации методов выдавливания и вращения

Исходные данные для построения модели приведены на рис. 20.

Создаем документ типа «Деталь» и сохраняем его под именем **Деталь Л**. Начало координат разместим в центре верхней плоскости основания. Основание детали получаем выдавливанием вдоль оси **OX** Π – образного профиля, построенного в плоскости **ZY**.

Выделяем в Дереве модели **Плоскость ZY**, переходим в режим **Эскиза**, нажимаем кнопку **Ортогональное черчение** и вызываем команду **Отрезок** со стилем линии **Осевая**. Направление осей координат показано на пиктограмме, расположенной в левом нижнем углу Документа. Проводим осевую линию в направлении оси **OY**.

Переходим к команде **Непрерывный ввод объектов**. Строим половинку профиля основания, уточняем его размеры, а затем отражаем зеркально относительно оси, используя команду **Симметрия** (рис. 21, а).

Выдавливаем профиль, полученный на эскизе, вдоль оси OX от Средней плоскости на расстояние 120.

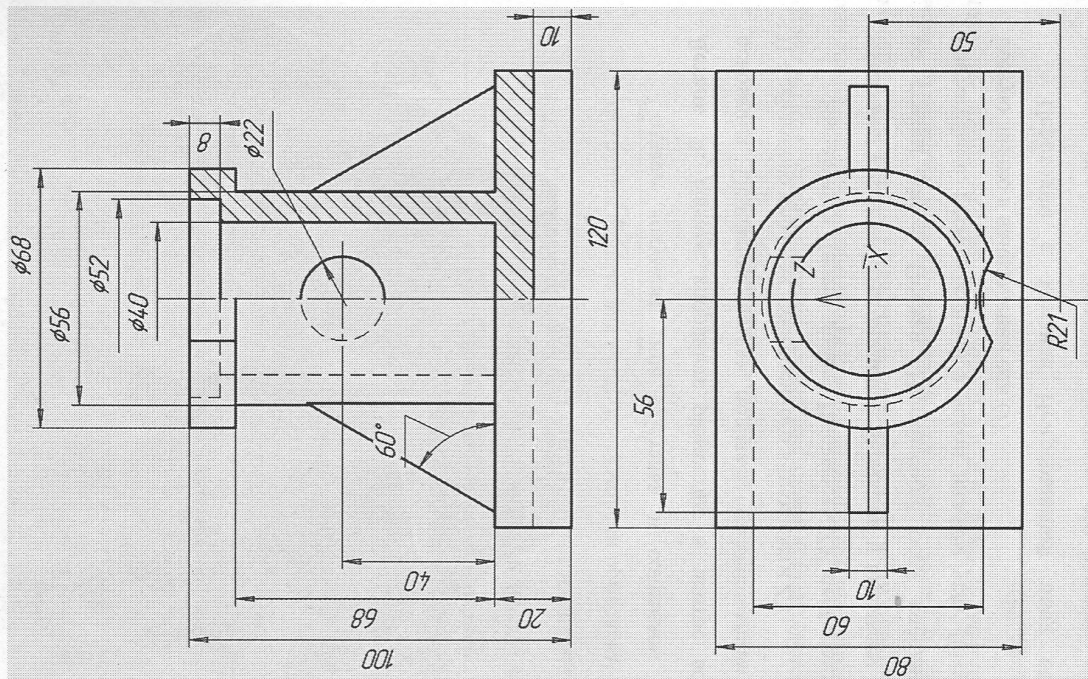
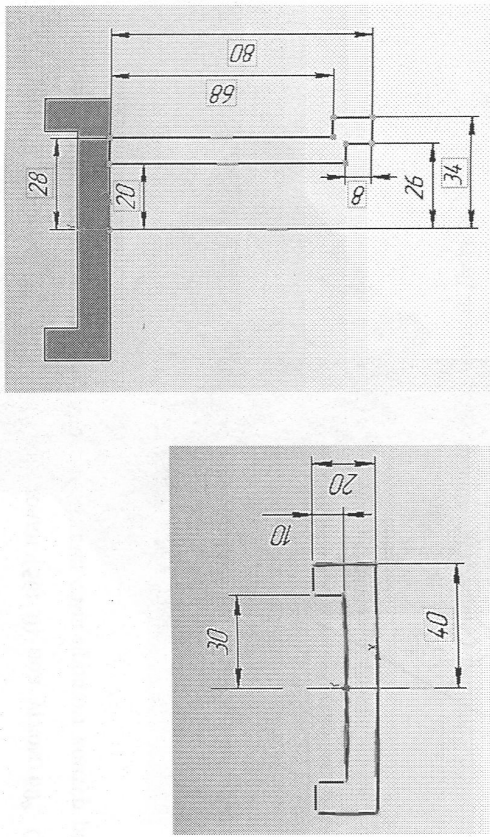


Рис. 20. Исходные данные для моделирования Детали Л

Цилиндр с буртиком и центральными отверстиями получаем с помощью операции вращения и «приклеим» к верхней плоскости основания детали. В Дереве модели обозначим Плоскость ZY и в ней проведем ось вращения из начала координат вдоль оси OY .

Вызываем команду **Непрерывный ввод объектов** и проводим ломаную линию контура вращения, а затем уточняем ее размеры, как показано на рис. 21, б.



а) эскиз для операции выдавливания б) эскиз для операции вращения
Рис. 21. Эскизы для моделирования Детали Л

Переходим в режим трехмерного моделирования и нажимаем кнопку **Операция вращения**. Убеждаемся в правильности построения и «создаем объект» ←.

Выделяем в Дереве модели Плоскость XU и в режиме Эскиза строим в этой плоскости окружность диаметром 22 с центром в точке с координатами (0; 40). Закрыв эскиз, с помощью команды **Вырезать выдавливанием** вырезаем отверстие в направлении, противоположном оси OZ (**Обратное направление** на Панели свойств), на расстояние, большее 28 ←.

Находим верхнюю плоскость детали, выделяем ее курсором, и в этой плоскости в режиме **Эскиза** стоим окружность радиусом **21** с координатами центра **(0; -50)**. Вырез получаем с помощью операции **Вырезать выдавливанием**, следя за показаниями элементов управления командной панели **Панели свойств**.

Добавление ребер жесткости

Эскиз одного из ребер выполняем в **Плоскости XY**: стоим отрезок прямой с координатами начальной точки **(56; 0)** под углом **60°**. Отрезок можно не доводить до тела детали. Система сама продлит контур ребра до ближайшей поверхности (рис. 22).

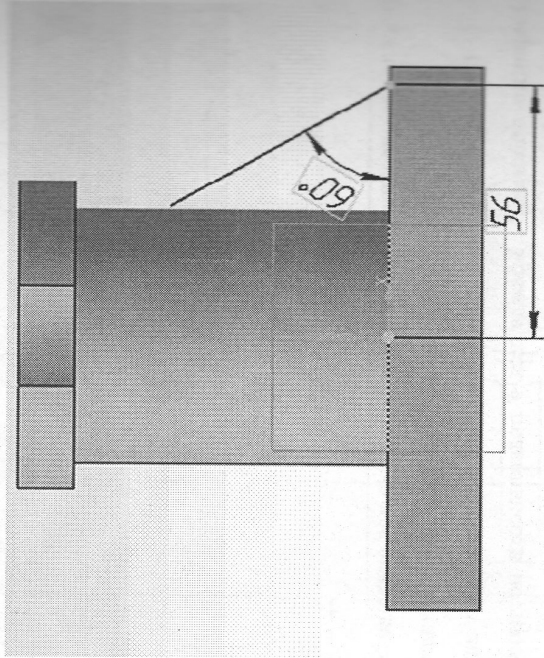


Рис. 22. Построение контура ребра жесткости

Далее на панели **Редактирования** детали нажимаем кнопку **Ребра жесткости**. На **Панели свойств** во вкладке **Параметры** должна быть активна кнопка **Положение** — **В плоскости эскиза** и кнопка **Направление** — **Прямое**. Во вкладке **Толщина** назначаем: тип построения тонкой стенки — **Средняя плоскость**, толщина стенки — **10**.

Правильно оценить направление выдавливания поможет стрелка на фантоме тонкой стенки, которая появится после включения команды.

Второе ребро получаем с помощью команды **Зеркальный массив** отражением первого ребра относительно плоскости **ZY**. Модель детали готова (рис. 23).

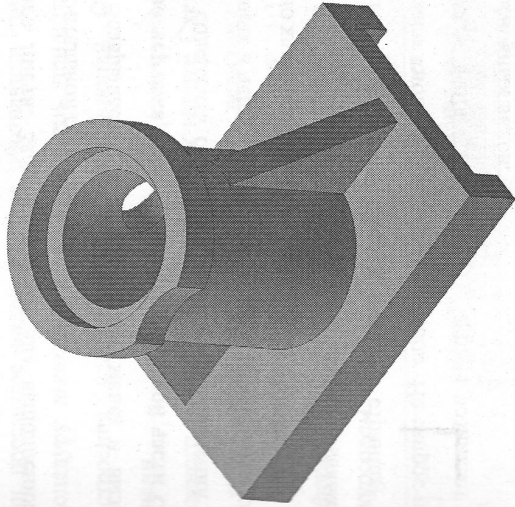


Рис. 23. Трехмерная модель Детали Л1

3.5. Построение ассоциативного чертежа детали

Используя трехмерную модель, можно построить ее чертёж. Ассоциативный чертёж — это двухмерный чертёж, все изображения которого ассоциативно связаны с моделью, на основе которой он создан. Это означает, что любые изменения формы или размеров модели вызывают соответствующие изменения изображений чертёжа, пока ассоциативные связи не разрушены. При рассогласовании между изображениями чертёжа и моделью система посылает запрос о перестроении чертёжа, и, в случае согласия, чертёж перестраивается.

Стадии разработки ассоциативного чертёжа рассмотрим на примере предыдущей детали. Открываем файл **Деталь Л1**, сворачиваем его, а затем

создаем **Новый документ** типа «Чертеж» и присваиваем ему имя «Чертеж Детали Л».

Правой кнопкой мыши подключаем контекстное меню. Выделяем строку **Параметры текущего чертежа**. Появляется окно **Параметры**. Во вкладке **Текущий чертеж** раскрываем содержание пункта **Параметры первого листа**. Задаем удобный для выполнения чертежа формат А3 с горизонтальной ориентацией.

Возвращаемся к контекстному меню и вызываем на экран панель **Дерево чертежа**, которая появится в левой части **Окна документа**. Панель будет содержать список видов, разрезов, сечений и выносных элементов, входящих в чертеж. Знак «+» рядом с названием изображения говорит о том, что оно является ассоциативным.

Построение ассоциативных видов

На **Компактной панели** находим страницу **Виды**, раскрываем ее и нажимаем кнопку **Стандартные виды**. На запрос в окне **Выберите модель** открываем файл «Деталь Л». На экране возникает фантомное изображение трех основных видов.

На **Панели свойств** система предлагает задать наименование вида, который будет принят за главный (**Ориентацию модели**), **Стену расположения основных видов**, **Масштаб чертежа** и **Точку установки** главного вида. Вкладка **Линии** позволяет изменить стиль видимых линий и включить или отключить невидимые линии.

Прежде чем определить ориентацию главного вида, оценим предложения системы по возможным видам. В окне **Выберите схему видов** по умолчанию рассматриваются три основных вида. При желании их количество можно сократить или увеличить. Возможно исключение любых видов, кроме главного.

Выделим курсором все шесть видов и укажем точку привязки главного вида. Просматриваем полученные на экране виды и выбираем главный вид и другие виды, необходимые для отображения формы детали. Если нам выбор

главного вида не совпадет с предложением системы, она впоследствии переориентирует схему на принятый нами главный вид.

В данном случае наш выбор главного вида совпал с предложением системы. Будет построен также вид сверху, а вместо вида слева выполним профильный разрез. Фронтальный разрез мы совместим с видом спереди.

Так как при просмотре видов мы уже обозначили точку привязки изображений, процедуру вызова стандартных видов придется повторить. Предыдущие построения удаляем с помощью кнопки **Отменить** на **Стандартной панели**.

После повторного вызова файла переходим к кнопке **Схема** и удаляем в окне **Выберите схему видов** вид слева. Оставляем величину зазора между изображениями без изменения. Сохраняем масштаб 1:1 (рис. 24). Подыскиваем на формате подходящее место для расположения изображений и фиксируем его курсором.

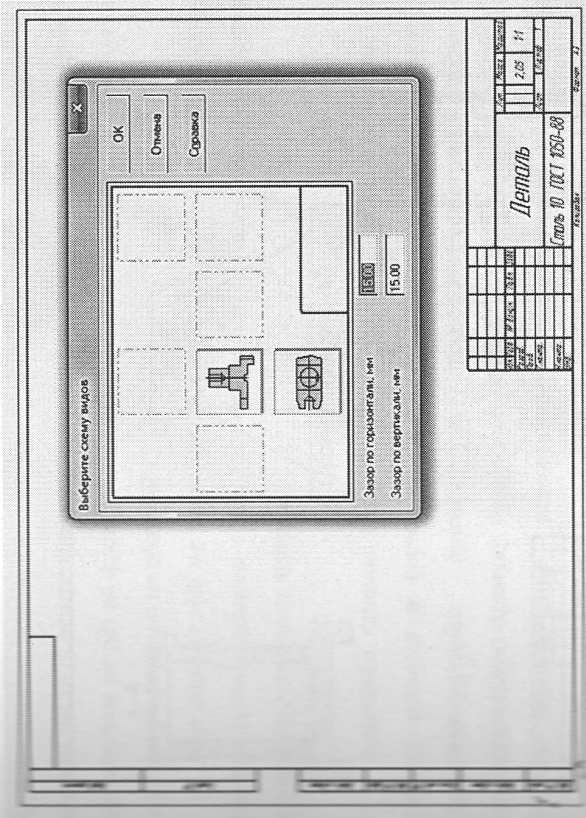


Рис. 24. Разработка схемы видов

Выполнение разрезов

При построении разреза необходимо, чтобы вид, на котором будет задано положение секущей плоскости (опорный вид), был *текущим*, т. е. видом, с которым можно производить действия. Визуально текущий вид отличается от остальных видов синим цветом линий. Чтобы сделать какой-либо вид текущим, достаточно дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на виду или по его рамке.

Построим профильный разрез. В этом случае опорным видом будет главный вид. Система уже определила его как текущий. Активизируем инструментальную панель **Обозначения**, нажимаем кнопку **Линии разреза** и, используя привязку **Выравнивание**, задаем на опорном виде линию сечения. Щелчком мыши отмечаем на опорном виде начало и конец линии сечения. Выбираем направление стрелок — слева. Курсором указываем место расположения разреза и получаем его на чертеже вместе с обозначением А — А (рис. 25).

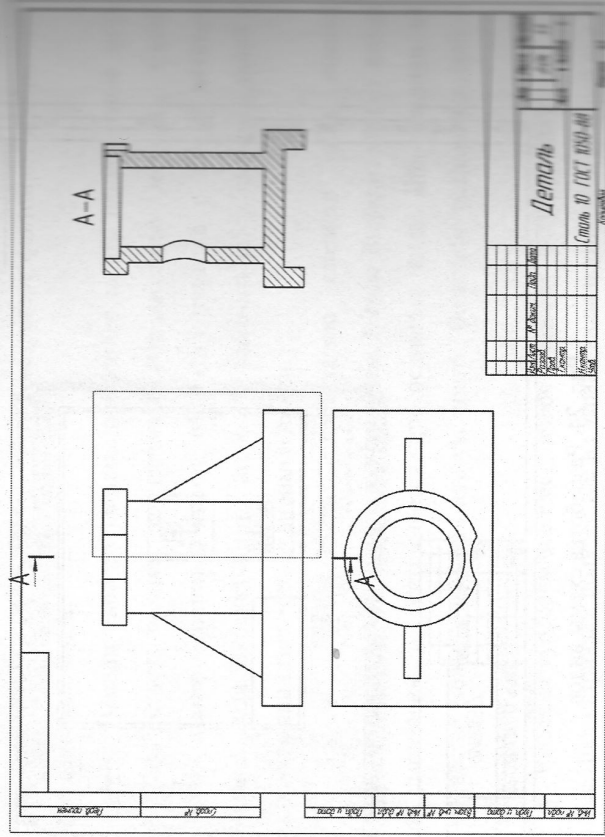


Рис. 25. Построение разреза

Местный разрез

Фронтальный разрез выполним на главном изображении, сохранив при этом половину вида спереди. Разрезы, соединенные с частью вида, оформляются как *местные*.

Делаем текущим вид, с которым будет совмещен разрез. Ограничиваем контур будущего разреза тонкой линией. В данном случае — прямоугольником, одна сторона которого совпадает с серединой фигуры (рис. 25). Для большей точности построения используем привязку **Середина** отрезка. На панели **Виды** имеется операция **Местный разрез**. Активизируем ее. Помещаем курсор над тонкой линией контура разреза и щелкаем левой кнопкой мыши. Линия приобретет красный цвет.

Теперь укажем положение секущей плоскости. В качестве опорного вида используем вид сверху. Переместим указатель мыши в область этого вида. На экране появится бесконечная тонкая прямая линия. Это предполагаемое положение плоскости сечения. Когда прямая окажется в нужном месте (в центре фигуры), щелкнем мышью. Тонкая линия исчезнет, и мы получим разрез на фронтальном изображении. По правилам оформления местных разрезов он не обозначен.

При помощи той же операции **Местный разрез** может быть показана форма прямоугольного паза в основании детали. Контур разреза представляется в виде эллипса.

Построение сечений

Выполним сечение прямоугольного профиля ребра жесткости. Вид спереди остается в состоянии текущего вида. При помощи команды **Перпендикулярная прямая** на панели **Геометрия** проведем перпендикулярную прямую, перпендикулярную кромке ребра жесткости. На панели **переключения** находим кнопку **Обозначения** и с помощью команды **Линии разреза** задаем след секущей плоскости. Она обозначается как В — В.

Открываем панель **Виды**, а в ней — команду **Разрез** — сечение. Наводим курсор на обозначение сечения и щелкаем мышью в тот момент, когда буквенное обозначение приобретет красный цвет.

На **Панели свойств** во вкладке **Параметры** нажимаем кнопку **Проекционная связь** и **Сечение модели**. Указываем курсором место документа, где должно расположиться сечение. Система построит сечение ребра (рис. 26).

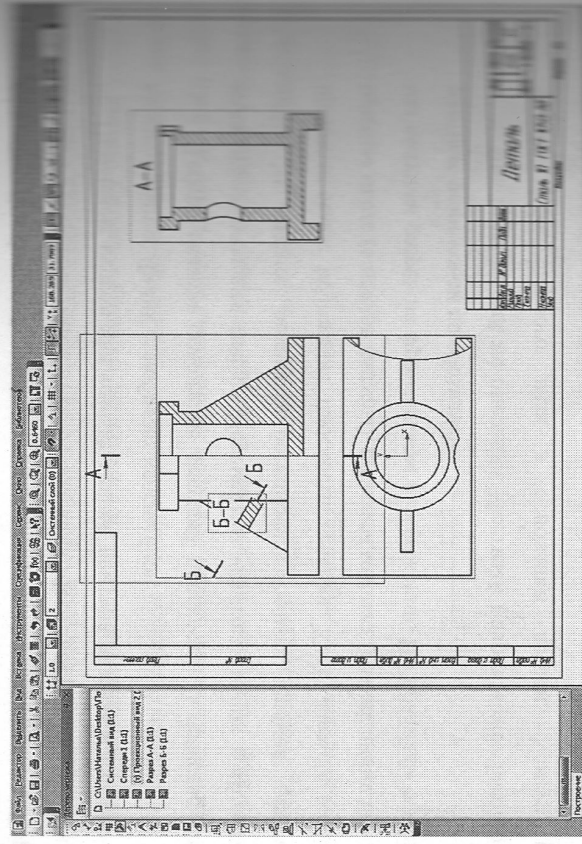


Рис. 26. Построение сечения

Мы получили все необходимые изображения чертежа. Теперь наведем осевые линии и приступим к его редактированию.

Редактирование изображений чертежа

Сохраним неотредактированный файл под именем «Чертеж Детали Из». Разрушим ассоциативные связи чертежа с моделью (без этого редактирование невозможно). В окне документа выделим вид сверху. При этом он вместе с рамкой окрасится в зеленый цвет. Над выделенным видом щелкнем правой кнопкой мыши и в **Контекстном** меню выберем команду

Разрушить вид (рис. 27). Свое решение подтверждаем в диалоговом окне **Разрушить вид**.

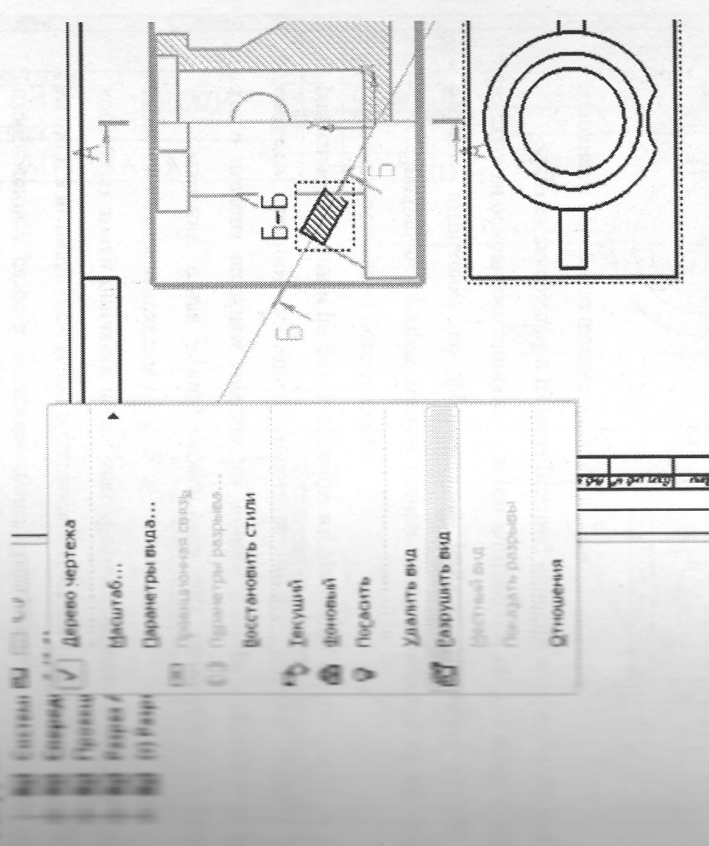


Рис. 27. Разрушение ассоциативных связей

Эту же процедуру надо повторить для вида сверху. Остальные изображения разрушились автоматически, так как базировались на главном виде.

Контекстное меню для разрушения видов можно вызвать и через **Дерево построения**.

Отредактируем чертеж так, чтобы он соответствовал требованиям **ЕСКД**. Удалим обозначение профильного разреза **А — А** как выполненного (назовем симметри). Симметрично наложенное сечение **Б — Б** тоже не должно сопровождаться обозначением. **Фронтальный** разрез, напротив, должен быть обозначен по общим правилам, хотя он и строился как местный.

Вызовем команду **Линия разреза** на странице **Обозначения и отсылки** курсором положение плоскости сечения. Чтобы сделать надпись над изображением разреза, раскроем пункт **Инструменты** в строке **Главное меню** и в выпадающем меню обратимся к команде **Ввод текста**. После ввода координат точки привязки во вкладке **Формат** задаем параметры текстовой строки и печатаем текст: **A — A**.

Изменим стиль линий, ограничивающих наложенное сечение. Для этого дважды щелкнем мышью по линиям контура сечения и в **Настройках свойств** заменим основные линии на тонкие. Удалим тонкую линию, разделяющую вид и разрез на главном изображении и заменим ее на осевую. Проведем остальные осевые линии.

Продольный разрез тонкой стенки также выполнен не по правилам. Удалим штриховку во фронтальном разрезе. Покажем контур ребра жесткости основными линиями, а затем заштрихуем то, что необходимо.

Чертеж завершаем в ручном режиме: наносим необходимые размеры и заполняем основную надпись (рис. 28).

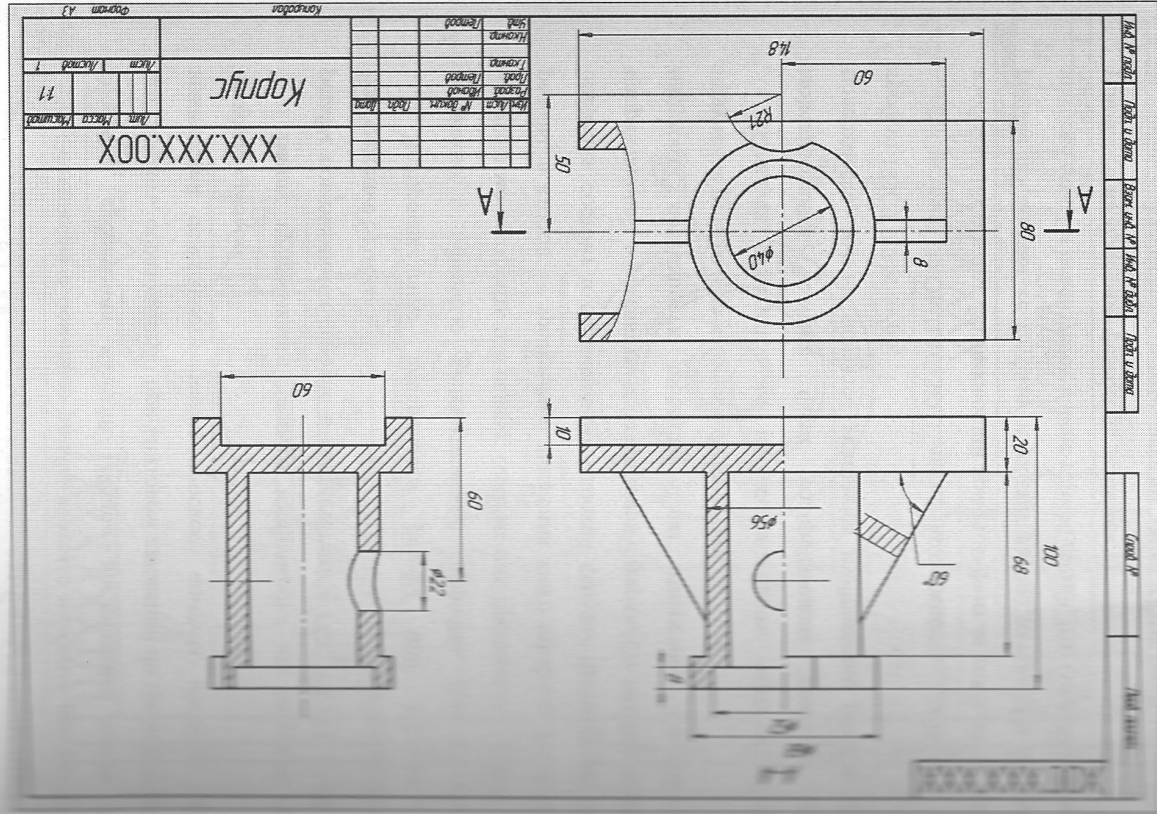


Рис. 28. Чертеж модели «Деталь Л1»

§4. Моделирование резьбовых изделий

Соединение с помощью резьбы является наиболее распространенным способом соединения изделий. Резьба представляет собой сложную поверхность, образованную при винтовом движении по цилиндрической или конической поверхности некоего плоского контура, который называется *профилем резьбы*.

Ввиду трудоемкости точного изображения на чертежах все виды резьбы показываются условно в соответствии с ГОСТ 2.311 — 68 «ИСК» (Изображение резьбы).

Воспроизведение поверхности резьбы при 3D-моделировании возможно с помощью кинематической операции. Для ее реализации необходимо построить два эскиза: один из них представляет собой профиль резьбы, а второй — траекторию движения этого профиля. Кинематическая операция состоит в перемещении плоской фигуры профиля резьбы вдоль направляющей, в результате чего винтовая поверхность резьбы добавляется к наружной поверхности цилиндра (или отверстия). Возможно также получение резьбы и на конической поверхности.

Следует отметить, что на ассоциативном чертеже детали, при моделировании которой была воспроизведена реальная резьбовая поверхность, мы не получим условного изображения резьбы, как этого требует ГОСТ 2.311 — 68.

Система КОМПАС-3D дает возможность создать условное изображение резьбы. Возникающий при этом фантом условного изображения резьбы показывает ее глубину и уходит внутрь детали. На ассоциативном чертеже фантом реализуется в виде тонкой линии, что совпадает с правилами условного изображения резьбы на чертежах.

4.1. Моделирование детали типа «Резьбовая круглая»

Помимо самой резьбы, основными типовыми элементами резьбовой детали являются: фаски, проточки, сбеги и призматические элементы.

Фантом модели резьбовой детали, изображенной на рис. 29.

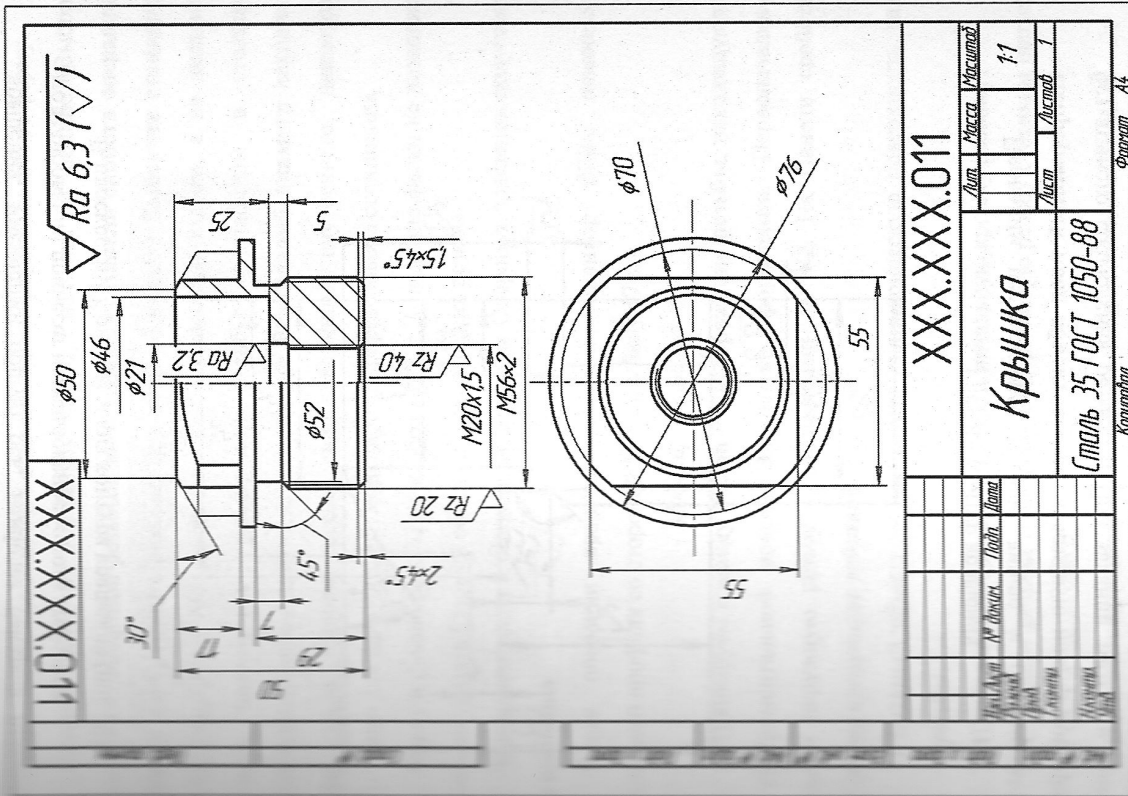


Рис. 29. Чертеж детали «Крышка»

Созданием документа типа «Деталь» и сохранением его под именем «Крышка».

Поскольку форма детали в основном ограничена поверхностями вращения, имеющими общую ось, наиболее быстрый результат при моделировании принесет использование метода вращения (рис.30).

В плоскости ХУ рисуем эскиз контура вращения (рис.30).

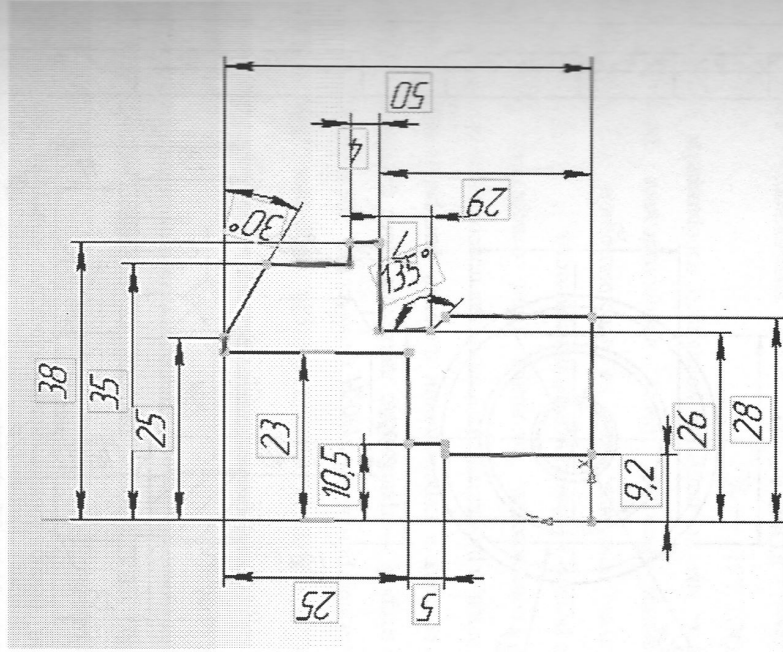


Рис. 30. Контур вращения

Проводим вертикальную осевую линию и с помощью команды **Непрерывный ввод объектов** строим ломаную линию контура вращения без точного соблюдения размеров. При задании того или иного размера возникает окно **Установить значение размера**, в котором предоставляем необходимый размер. Изображение корректируется. Такой способ позволяет

улучшить процесс составления эскиза. В дальнейшем, в случае необходимости, можно изменить отдельные размеры детали или ее форму.

Диаметр отверстия под резьбу $M20 \times 1,5$ находим по таблице «Выбор параметров стандартной резьбы», вызываемой из **Панели свойств** операции **Условное изображение резьбы**. При этом во вкладке **Выберите стандарт резьбы** указываем **Метрическая резьба с мелким шагом**, а во вкладке **Выбор параметров стандартной резьбы** из таблицы в столбце «Обозначение задем $M20 \times 1,5$, а в столбце **Внутренний диаметр** находим размер 18,38. Точное соблюдение величины внутреннего диаметра необходимо для дальнейшего моделирования резьбового соединения.

Фигуру в начале резьбы не изображаем, т. к. наличие фаски не позволит правильно указать базовый объект для построения резьбы.

Завершаем эскиз и с помощью команды **Операция вращения** получаем тело вращения.

После операции вращения обрезаем цилиндр $\phi 70$ с помощью вращательного профиля со стороны 55 на глубину 17 мм.

Моделирование резьбы

Активируем команду **Условное изображение резьбы**, находящуюся на инструментальной панели **Элементы оформления**. Первоначально создадим наружную резьбу с параметрами $M56 \times 2$. На Панели свойств указываем следующие действия:

- 1) **Витовый объект** — указываем цилиндрическую поверхность для резьбы;
- 2) **Начальная граница** — отмечаем начальную кромку резьбы;
- 3) **Стандарт резьбы** — выделяем метрическую резьбу с мелким шагом ГОСТ 8724 — 2002;
- 4) **Номинальный диаметр резьбы** — вводим значение 56; **Шаг** — 2;
- 5) **Резьба** — выбираем **На заданную длину**; **Длина резьбы** — 28.

На поверхности модели получим условное изображение резьбы в виде тонкой цветной линии. Фиксируем изображение кнопкой **Создать объект**.

Те же действия повторяем в отношении внутренней резьбы $M20 \times 1,5$ длиной 12 мм.

С помощью команды **Фаска** панели **Редактирования** детали снимаем фаску в начале резьбы длиной 2 и 1,5 мм под углом 45° .

Моделирование детали «Крышка» завершено (рис. 31).

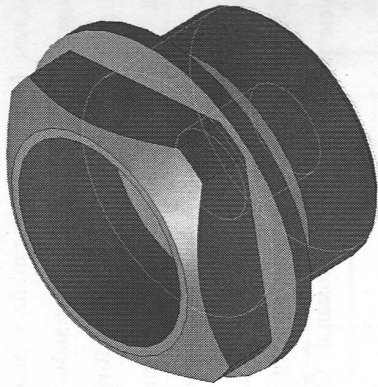


Рис. 31. Трехмерная модель детали «Крышка»

4.2. Построение чертежа резьбовой детали на основе ее модели

Используя материал раздела 3.5, на формате А4 в масштабе 1:1 строим изображения детали на основе ее модели по примеру чертежа на рис. 29. Если на полученном вами чертеже вы отметили его расхождение с рис. 29, следовательно, были допущены ошибки при моделировании. В этом случае надо вернуться к файлу модели и внести необходимые изменения, сохранив файл под тем же именем. Теперь при переходе к файлу чертежа система сделает запрос о перестройке чертежа в связи с изменением модели. В случае положительного ответа изображения чертежа перестроятся.

После того как построение ассоциативных изображений завершено, разрушаем связи чертежа и модели. Удаляем границу вида и разрыв, существующую в виде тонкой сплошной линии, и проводим необходимые осевые линии.

Построение чертежа происходит в следующей последовательности: построение изображений, нанесение размеров, задание шероховатости поверхностей, выполнение основной надписи.

Построение изображений

1. Вызываем команду **Новый чертеж** из модели на панели **Редактирования** детали (рис. 32). Сохраняем файл под именем «Чертеж.рис».

2. Система предлагает **Вид спереди**. Не меняя остальных параметров, вызываем точку привязки базового изображения.

3. Вызываем на экран **Дерево чертежа**.

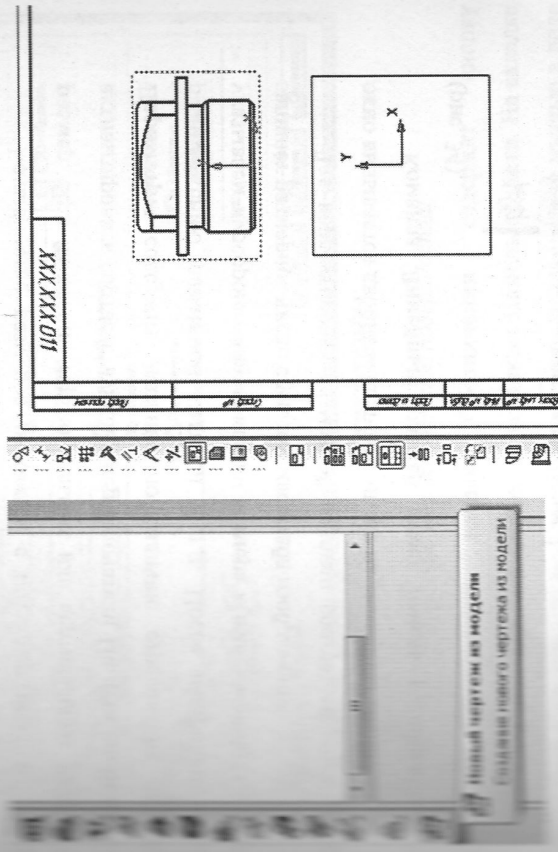


Рис. 32. Новый чертеж из модели

Рис. 33. Начало построения чертежа

4. Активируем инструментальную панель **Виды** и в ней нажимаем кнопку **Проецированный вид** (рис. 33). Щелкаем курсором сверху внутри панели вида спереди и перемещаем курсор на свободное место. После повторного щелчка получаем вид сверху.

5. Проследив за тем, чтобы вид спереди был текущим, на его правой половине строим местный разрез.

6. Проверим правильность изображений и сохраняем файл в качестве резервного. Используя **Дерево чертежа**, разрываем ассоциативные связи чертежа с моделью.

7. Вносим исправления в изображение: заменяем тонкую линию отделившую вид и разрез на главном изображении, на осевую; редактируем изображение резьбы на виде сверху, удалив $\frac{1}{4}$ часть окружности, проведенной тонкой линией.

Нанесение размеров

Большинство размеров наносятся с помощью команды **Линейный размер**. При нанесении горизонтальных или вертикальных размеров надо активизировать соответствующие переключатели **Панели свойств**. **Панель Параметров** содержит указания по наличию стрелок, их размещению, расположению размерной надписи и т.д. После настройки параметров указываем курсором точку привязки размера к изображению. Система сама запишет размерное число с учетом масштаба изображения.

Для корректировки размерной надписи соответствующее диалоговое окно вызывается двойным щелчком мыши на размерное число.

Команда **Линейный размер** имеет панель расширенных команд (рис. 34).

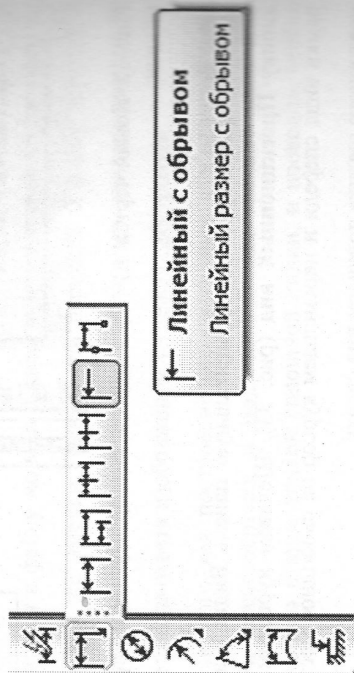


Рис. 34. Линейный размер с обрывом

При нанесении размеров $\phi 46$ и $\phi 21$, $\phi 52$, $M20 \times 1,5$ выбираем опцию **Линейный размер с обрывом**. На **Панели свойств** щелкаем мышью в поле **Текст**. Возникает диалоговое окно **Задание размерной надписи**. В этом окне для размера $\phi 46$ в строке **Текст** задаем знак ϕ , а в строке **Значение** — 46 . Для размера $M20 \times 1,5$ в окне **Задание размерной надписи** указываем типовой **M**, **Значение** — 20 и **Текст** — $\times 1,50$. Соглашаемся с предложенным значением размера (рис. 35) и наносим размерную линию.

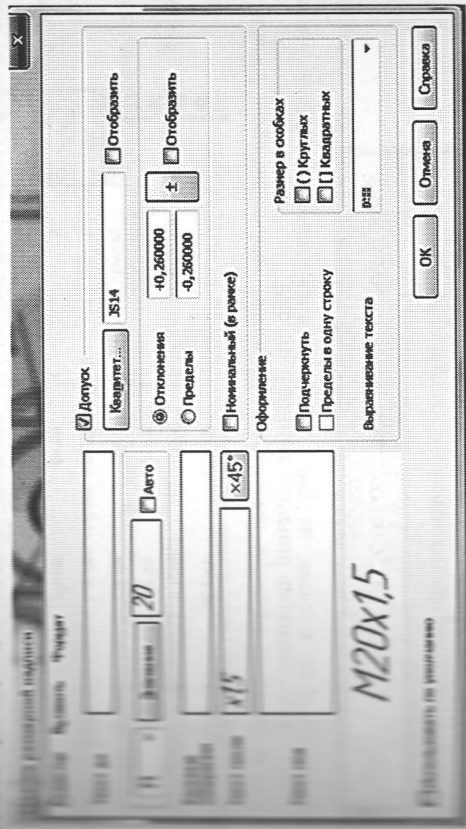


Рис. 35 Размер резьбы

Нанесение шероховатости поверхностей

Инструментальная панель **Обозначения** содержит кнопку **Шероховатость**. При нажатии на нее возникает **Панель свойств**. На вкладке **Шероховатость** один из знаков шероховатости. После щелчка мышью в поле **Текст** открывается диалоговое окно **Введите текст** (рис. 36). Дважды щелкаем в первом пункте таблицы и получаем развернутую таблицу значений.

Указанную шероховатость задаем через пункт **Вставка Главного меню** по следующей схеме: **Вставка** | **Неуказанная шероховатость** | **Ввод**. В диалоговом окне записываем значение неуказанной на чертеже шероховатости (рис. 37).

После заполнения основной надписи чертеж закончен.

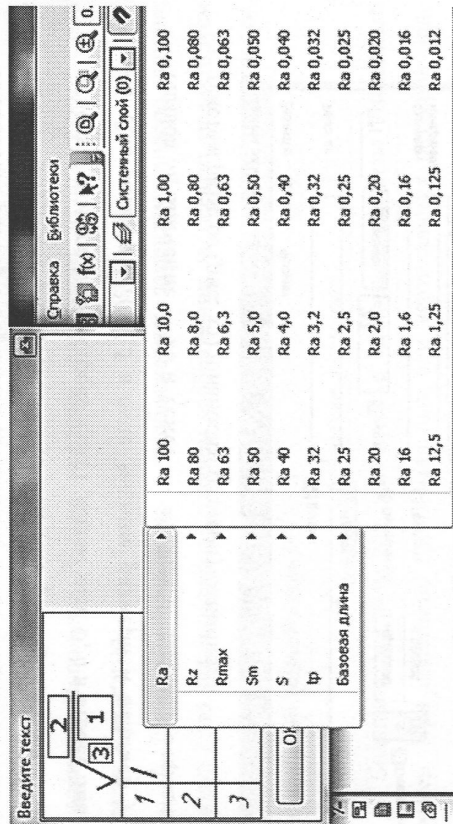


Рис. 36. Таблица значений шероховатости

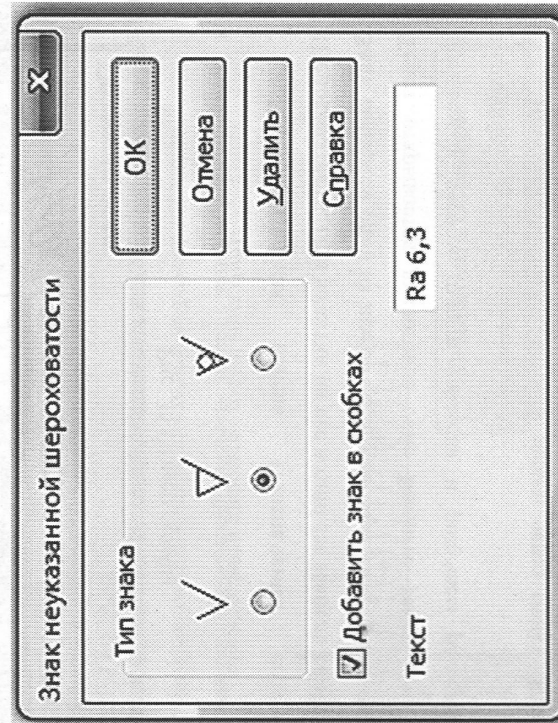


Рис. 37. Добавление знака «Неуказанная шероховатость»

§5. Моделирование литой детали

Детали, изготовляемые с помощью литья, имеют весьма разнообразные и подчас очень сложные геометрические профили. Получают такие детали путем заливки расплавленного металла в готовые формы. Для облегчения последующего удаления остывшей заготовки из литой формы стенки детали выполняют с небольшими уклонами или конусностями, а пересечение поверхностей снабжают скруглениями (литейными радиусами), избегая тем самым острых кромок. Извлеченная из литой формы деталь в дальнейшем обычно подвергается различным видам механической обработки.

Чтобы изготовить деталь литьем, создают соответствующую оснастку (литейные формы). Сам процесс проектирования литейных форм значительно упрощается благодаря возможностям КОМПАС-3D.

В качестве примера моделирования литой детали выберем **Стойку**, чертеж которой показан на рис. 38. Указанная деталь снабжена часто встречающимися в литых конструкциях элементами: основанием, стенкой, ребром жесткости, бобышками, литейными скруглениями.

5.1. Моделирование литой детали «Стойка»

В качестве основной формообразующей операции будем использовать **Выдавливание**. Получение модели произведем в следующей последовательности:

- 1) создаем документ типа «Деталь» и сохраняем его под именем «Стойка»;
- 2) при помощи операции **Выдавливание** строим основание детали «Стойка» и скругляем радиусом 2 мм ее верхнюю кромку;
- 3) на основании выдавливаем две круглые бобышки и выполняем закругление по контуру бобышек радиусом 1мм;
- 4) вырезаем выдавливанием отверстия в бобышках (рис. 39);

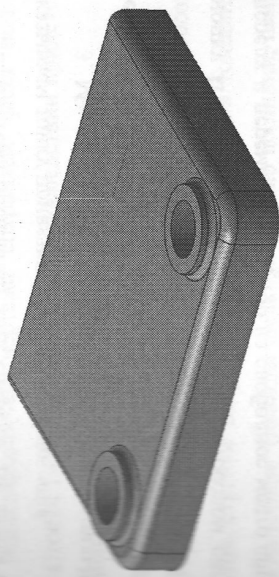


Рис. 39. Моделирование основания

- а) выдвигаем вертикальную стенку и скругляем острые кромки радиусом 2 мм (рис. 40);
- б) выдвигаем цилиндр $\varnothing 32$, выполняем скругления радиусом 2 мм, вырезаем отверстие в цилиндре и срезаем фаску;
- в) выстраиваем ребро жесткости и выполняем оставшиеся скругления радиусом 2 мм. Моделирование завершено (рис. 41).

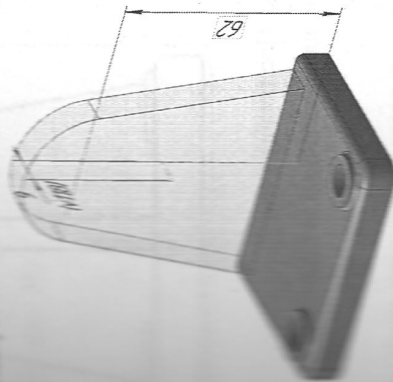


Рис. 40. Выдвигание стенки

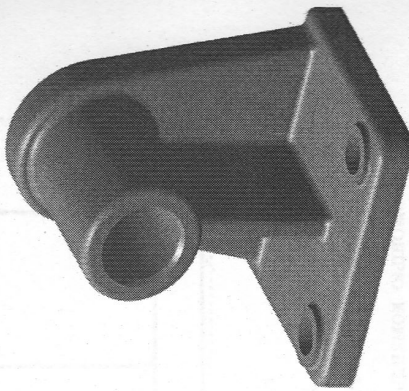


Рис. 41. Модель детали «Стойка»

8.2. Построение чертежа литой детали на основе ее модели

1. Вызываем команду **Новый чертёж** из модели на панели Редактирования детали. Сохраняем файл под именем «Чертёж детали Стойка».

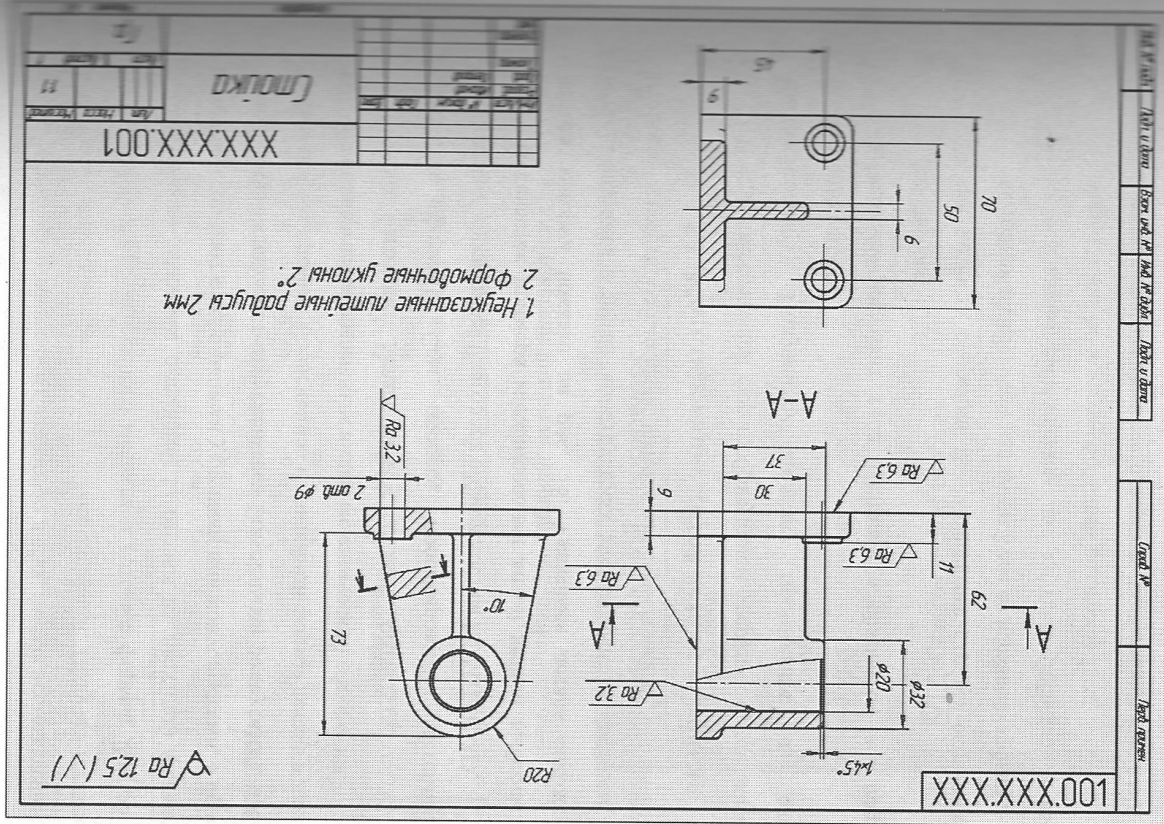


Рис. 38. Чертёж детали «Стойка»

2. Система предлагает **Вид спереди**. Не меняя остальных параметров, указываем точку привязки базового изображения.

3. Меняем формат чертежа на А3 горизонтальный. Вызываем **Дерево чертежа**.

4. Активируем инструментальную панель **Виды** и в ней нажимаем кнопку **Проекционный вид**. Щелкаем курсором слева внутри рамки **вид спереди** и перемещаем курсор на свободное место справа. После повторного щелчка получаем вид слева (рис. 42).

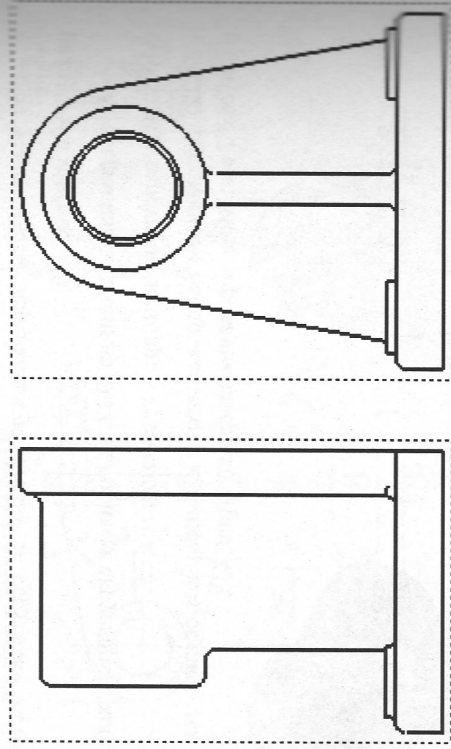


Рис. 42. Построение видов

5. Используя команду **Линия разреза** на панели **Обозначения** строки горизонтальный разрез А — А.

6. С помощью команды **Местный разрез** выполняем местный разрез отверстия в бобышке.

7. При помощи команды **Разрез — сечение**, находящейся на той же кнопке, изображаем наклонное сечение В — В, используя описание этой операции в п. 3.5.

8. Перед редактированием чертежа сохраняем файл под именем «Чертеж детали Стойка 1» на тот случай, если впоследствии придется внести изменения в модель.

9. Разрушаем связь чертежа с моделью.

10. Редактируем сечение В — В: удаляем буквенное обозначение, сохраняя при этом стрелки направления взгляда; меняем толщину линий контура сечения на тонкие (дважды щелкнув мышью по линии, изменяем ее стиль).

11. Строим осевые линии.

12. Наносим размеры.

13. Указываем шероховатость поверхностей.

14. Записываем технические требования, используя команду **Ввод текста** на панели **Инструменты** Главного меню.

15. Файл сохраняем под первым именем «Чертеж Детали Стойка» (см. рис. 38).

§6. Моделирование листовой детали

К листовым деталям относят детали, выполненные из листового материала с одинаковой толщиной.

Чертежи листовых деталей обычно включают полную или частичную развертку детали с указанием линий сгиба. Расчет длины развертки ведется по длине нейтрального слоя, который не деформируется при сгибании (рис. 43) по формуле:

$$L = \pi(R + kS) \frac{\alpha}{180}, \quad (1)$$

где L — длина нейтрального слоя, R — внутренний радиус сгиба, S — толщина листового материала, k — коэффициент нейтрального слоя, α — угол сгиба.

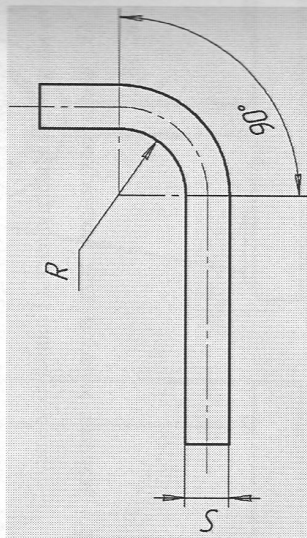


Рис. 43. Эскиз листового тела

Для моделирования листовых деталей в КОМПАС-3D предусмотрена специальная инструментальная панель **Элементы листового тела** (рис. 44), расположенная на **Панели переключения**.

Моделирование листовой детали на основе ее развертки происходит в следующей последовательности: создание эскиза развертки; выдвигание заготовки из листового материала; построение линии сгиба; формирование самого сгиба.

1. Создаем новый файл типа «Деталь» и называем его «Листовая деталь». В плоскости ZX строим эскиз листового тела (рис. 45).

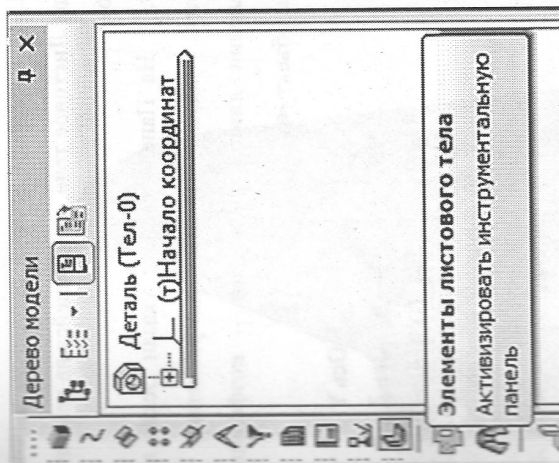


Рис. 44. Панель Элементы листового тела

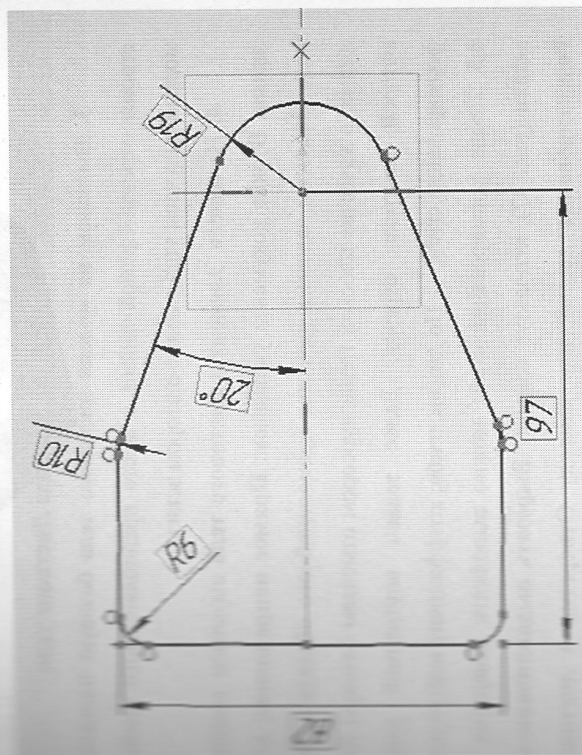


Рис. 45. Эскиз листового тела

2. Закрываем эскиз и процедуру выдавливания ведем с помощью команды **Листовое тело**, находящейся на панели **Элементы листового тела** (рис. 46).

3. На Панели свойств указан Эскиз листового тела. Во вкладке параметры задаем: **Прямое направление**; **Толщина** — 3; **Способ определения длины развертки** — коэффициент; коэффициент — 0,5. Создаем объект ←.

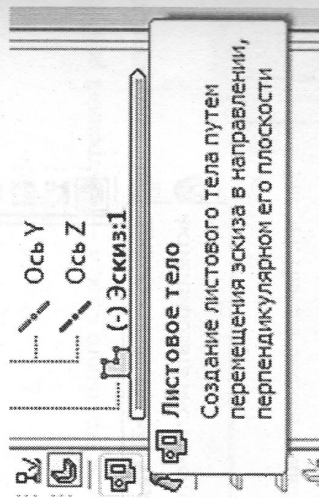


Рис. 46. Команда **Листовое тело**

3. Выделяем на модели листового тела базовую плоскость и в ней строим отрезок прямой линии в месте предполагаемого сгиба. В Дереве модели получаем упоминание о втором эскизе.

4. На панели **Элементы листового тела** вызываем команду **Сгиб по линии**. В окне документа указываем: **Прямое направление**; **Сторона 1** и поле **Объекты** задаем в качестве прямолинейного объекта отрезок прямой линии, в качестве плоской грани курсором отмечаем базовую плоскость, на которой построен отрезок. Далее задаем внутренний радиус — 0,5. После формирования сгиба — **По линии сгиба**, коэффициент нейтрального слоя детали (рис. 47), используя команду **Вырезать выдавливанием** на панели **Редактирования** детали, или команду **Отверстие** в листовом теле на панели **Элементы листового тела**.

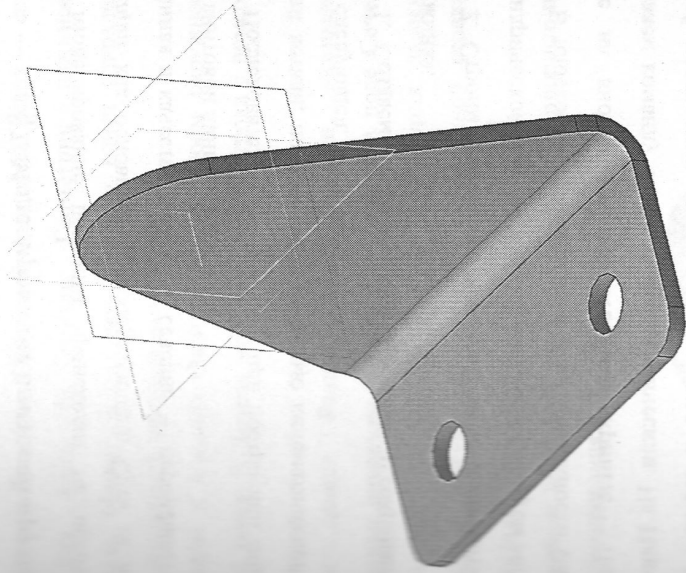


Рис. 47. Листовая деталь

§7. Моделирование винтовой пружины

Моделирование пружины происходит на основе *кинематической операции* как основной формообразующей. Суть ее в том, что фигура, созданная в качестве эскиза, — сечение — перемещается по траектории в виде винтовой линии.

Последовательность действий при построении модели пружины (или другой детали, получаемой с помощью кинематической операции) должна быть следующей.

1. Создаем документ типа «Деталь» и сохраняем его под именем «Пружина».

2. Строим траекторию перемещения сечения витка пружины в виде цилиндрической спирали. Ось пружины ориентируем вдоль оси *OY*.

В плоскости *ZX* изображаем эскиз окружности $\phi 30$. Закрываем эскиз. Далее на кнопке **Пространственные кривые** Панели переключения вызываем команду **Спираль цилиндрическая**. На Панели свойств задаем:

Способ построения — По числу витков и высоте; **Число витков** — 8;

Высота — По размеру; **Размер** — 50; **Прямое направление**; **Диаметр** — 30.

← (рис. 48)

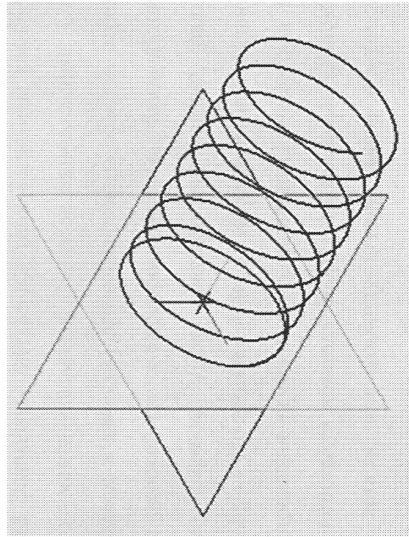


Рис. 48. Винтовая линия

3. Выделяем плоскость *XU* и в ней выполняем эскиз — сечение витка пружины. Для этого на панели **Геометрия** нажимаем кнопку **Спроецировать объект** и курсором «ловим» конец спирали. Когда он подсветится звездочкой, щелкаем кнопкой мыши.

Переходим к команде **Окружность** и строим окружность $\phi 2,5$ в подсвеченной точке. В **Дереве** модели появится строка с номером третьего эскиза.

4. На панели **Редактирование** детали нажимаем кнопку **Кинематическая операция**. На **Панели свойств** в поле **Сечение** должен быть указан эскиз сечения, а в поле **Траектория** задаем **Спираль цилиндрическая**, щелкая для этого по одноименной строке в **Дереве** модели. Во вкладке **Тонкая стенка** указываем **Нет** ←.

5. Подрезаем пружину с двух сторон, создавая опорные поверхности. Результат моделирования изображен на рис. 49.

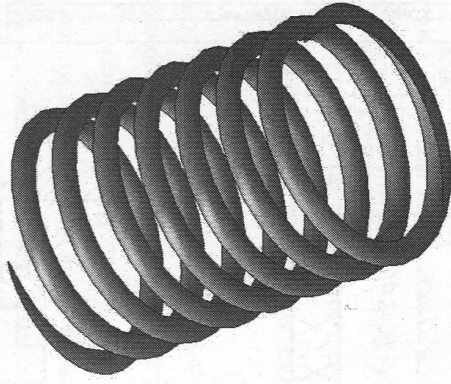


Рис. 49. Модель пружины

§8. Моделирование сборочной единицы

Резьбовое соединение деталей «Крышка» и «Втулка опорная» образует сборочную единицу «Крышка в сборе» (рис. 50). Располагая моделями этих деталей, можно создать модель их сборочной единицы.

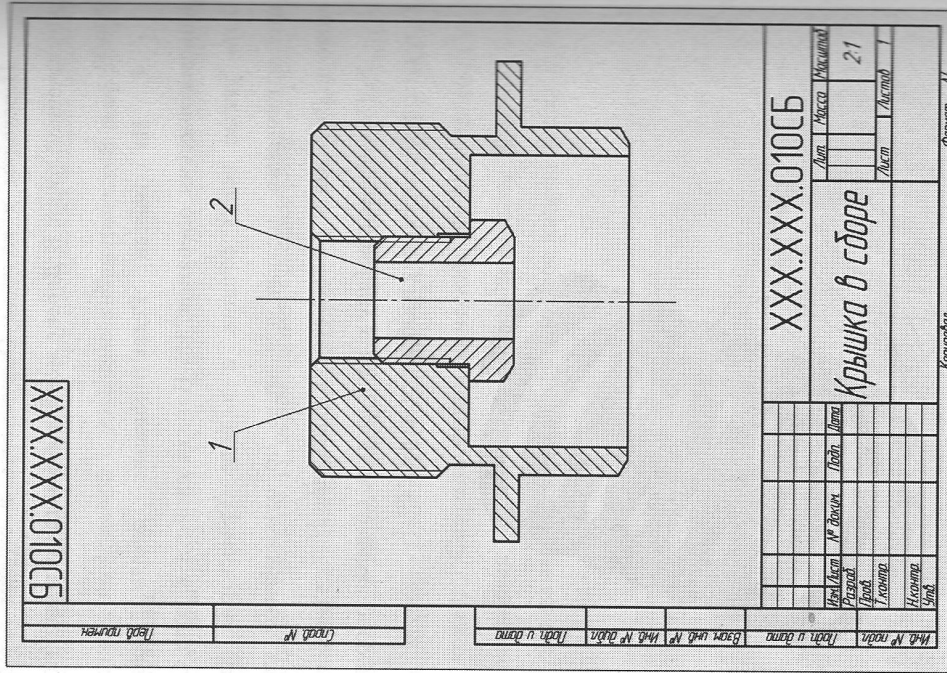


Рис.50. Сборочный чертеж «Крышка в сборе»
 Модель детали «Крышка» уже была получена в п. 4.1. Модель детали «Втулка опорная» (рис. 51) разрабатываем на основе чертежа по рис. 52.

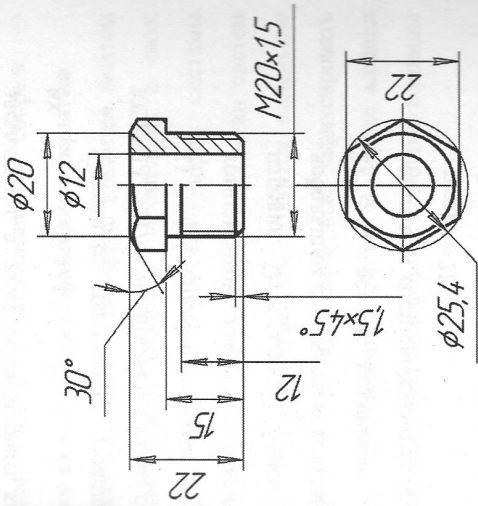
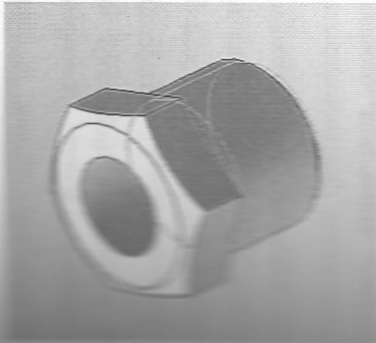


Рис. 51. Модель детали «Втулка опорная»

Рис. 52. Чертеж детали «Втулка опорная»
 Приведем моделям деталей «Крышка» и «Втулка опорная» параметры для них свойства. Для этого открываем файл модели, в окне документа вызываем правой кнопкой мыши контекстное меню, выделяем в нем строку **Свойства** модели и на **Панели свойств** задаем **Обозначение** модели, **Наименование** («Крышка» или «Втулка опорная») и **Цвет**, которым она будет отмечена в модели сборочной единицы. Сохраняем модель с новыми свойствами.

8.1. Документ типа «Сборка» и краткие сведения о

возможностях трехмерного моделирования сборочных единиц

Для построения модели сборочной единицы в системе Компас-3D существует специальный документ под названием «Сборка». Детали и другие составные части сборочной единицы называются *компонентами сборки*. После открытия документа они по очереди вызываются в окно документа. С помощью различных операций, доступных в документе «Сборка», можно перемещать, вращать, задавать параметрические связи между деталями и их

элементами, а также редактировать компоненты сборки или даже создавать их.

Создание трехмерной модели сборочной единицы в системе КОМПАС-3D осуществляется двумя способами:

- 1) формирование сборки на основе уже разработанных моделей ее компонентов, как это практически происходит при изготовлении изделия. Этот способ более подходит для сборочных единиц с небольшим количеством деталей;
- 2) на основе созданного первого компонента моделирование остальных составных частей происходит прямо в документе «Сборка» в режиме 3D.

Чаще всего при создании трехмерной модели сборочной единицы имеет место комбинированный способ, сочетающий в себе первые два.

На основе документа «Сборка» создается сборочный чертеж, именуемый ассоциативные связи с трехмерной моделью, а также основной документ сборочной единицы — спецификация.

8.2. Сборочная модель «Крышка в сборе»

Создание документа Сборка

Создаем новый документ «Сборка». Присваиваем имя документу: «Крышка в сборе».

В левой части открывшегося документа располагаются **Компактная панель** и **Дерево модели**. В верхней части **Компактной панели** находится кнопка **Редактирование сборки**, включив которую получаем список команд для управления моделью, основные из которых для нас: **Добавить из файла**, **Переместить компонент**, **Повернуть компонент** (рис. 53).

Дерево модели содержит отображение плоскостей проекций и начала координат, а также перечисление вставленных в сборку компонентов и сопряжений.

Добавление готовых компонентов

Чтобы добавить в сборку первый или новый компонент, на

Компактной панели нажимаем кнопку **Редактирование сборки** → **Добавить из файла** → диалоговое окно **Выберите файл для открытия**.

Находим и открываем файл «Крышка». На экране появится фантом указанного компонента, который можно свободно перемещать в окне документа. В качестве точки вставки в ответ на запрос системы целесообразно выбрать начало координат сборки. При совпадении систем координат сборки и компонента рядом с курсором появится маленькое изображение трех координатных осей. Это положение надо зафиксировать щелчком мыши и создать объект на **Панели свойств**. В дереве модели появится имя компонента, если оно было присвоено с помощью команды **Свойства** в его исходном файле.

Включение следующего компонента в сборку происходит по той же схеме с той лишь разницей, что теперь надо точно установить положение его относительно предыдущего компонента.

Добавляем в файл сборки компонент «Втулка опорная» (рис. 54). Его положение сначала указывается произвольно в любом месте окна документа.

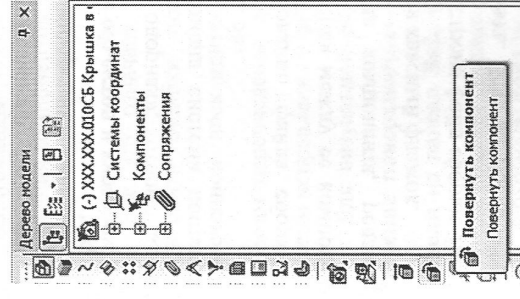


Рис. 53. Компактная панель

Рис. 54. Добавление готовых компонентов

Для перемещения компонента вручную система располагает двумя кнопками на панели **Редактирования**: **Переместить компонент** и **Повернуть компонент**.

Сопряжение компонентов

Далее сформируем необходимые сопряжения между компонентами. Команды, обеспечивающие сопряжения, находятся на странице **Сопряжение** панели **Редактирования сборки** (рис. 55).

Сначала зададим **Соосность** деталей с помощью одноименной команды, последовательно указав любую цилиндрическую поверхность сначала на детали «Крышка», а затем на детали «Втулка опорная». При этом контуры объектов сопряжения выделяются красными линиями. Затем, используя команду **Параллельность**, добьемся параллельности граней призматических элементов обеих деталей.

Теперь надо установить окончательное положение детали «Втулка» относительно детали «Крышка».

Нажимая на кнопку **Повернуть** на панели **Вид**, поворачиваем изображение так, чтобы были доступны внутренние поверхности детали «Крышка». Вызываем команду **Совпадение объектов** и курсором указываем поверхность деталей «Крышка» и «Втулка опорная», которые должны быть совмещены. В результате выполнения команд система поставит деталь «Втулка опорная» в нужное положение (рис. 56).

Изменения, вносимые при формировании файла сборки, могут нарушить установленные связи и ограничения между ее компонентами. В таких случаях в **Дереве модели** против компонента, редактирование которого вызвало эти нарушения, появляется красный флажок.

Противоречия можно устранить, перестроив файл сборки. Для этого на панели **Вид** надо нажать кнопку **Перестроить**. Если же после перестроения нарушения сохранились, система сигнализирует об этом появлением

красного флажка в **Дереве модели** рядом с обозначением сопряжения, которое не может быть осуществлено из-за ошибки редактирования.

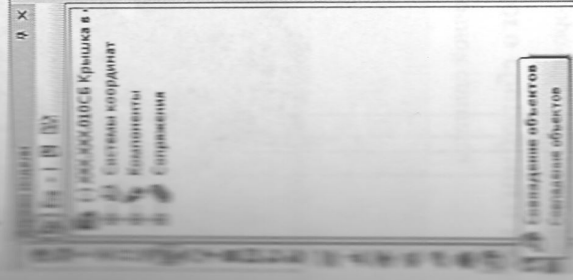


Рис. 55. Команды

сопряжения компонентов сборки

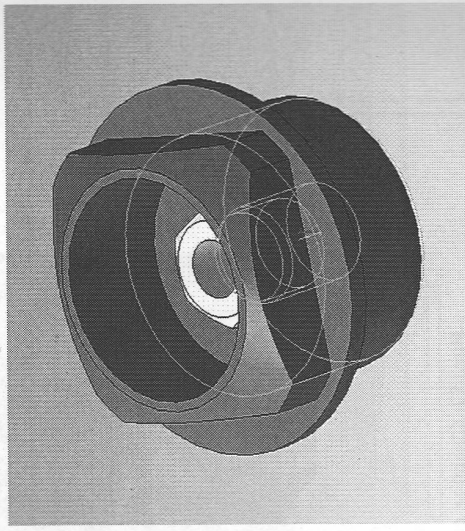


Рис. 56. Модель сборочной единицы

«Крышка в сборе»

Все это означает, что файл сборки требует внесения изменений. Установить ошибки поможет вызов контекстного меню на строчке, помеченной восклицательным знаком. В окне команды **Что неверно?** наводим перечисление допущенных в результате редактирования ошибок. Вносим исправления в файл сборки.

Для визуальной оценки правильности сборки существуют команды **Сечение поверхностью** на панели **Редактирование модели** или **Сечение модели** на панели **Вид**. В **Дереве модели** указывается секущая плоскость. Система покажет сечение сборочной единицы (рис. 57).

Сохраняем файл модели сборочной единицы без сечения.

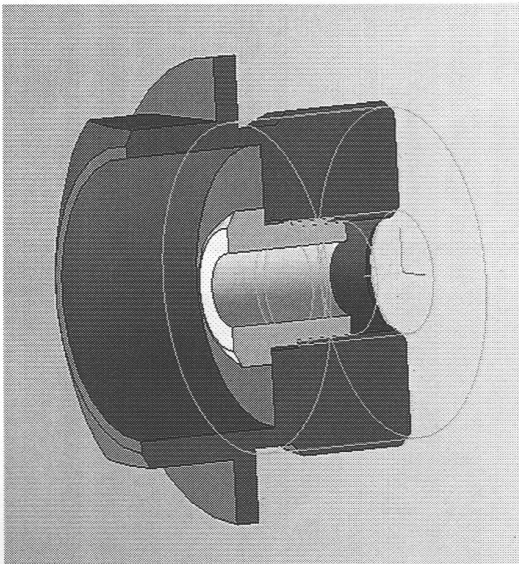


Рис. 57. Сечение сборочной единицы

8.3. Построение ассоциативного сборочного чертежа

Перед построением ассоциативного сборочного чертежа, необходимо ознакомиться с требованиями, предъявляемыми государственным стандартом к этому документу. В остальном действия при создании ассоциативного сборочного чертежа напоминают построение чертежа модели.

Нажимаем кнопку Новый чертёж из модели на панели Редактирования сборки. В данном случае соглашаемся с предложенным форматом А4. Сохраняем документ под именем «Крышка в сборе». В основную надпись чертежа система автоматически передаст обозначения и наименования, присвоенные пользователем в свойствах составных частей сборки.

Подключаем **Дерево чертежа**.

Построение изображений

В нашем случае сборочный чертёж будет состоять из одного лишь фронтального разреза (рис. 58).

Активируем инструментальную панель **Виды**, а на ней — команду

Произвольный вид. С помощью этой команды получаем вид спереди, а затем вызываем команду **Проекции вид и строим**, например, вид сверху (рис. 58). Этот вид понадобится для задания секущей плоскости фронтального разреза, которым мы заменим вид спереди. Последовательность действий при выполнении этих операций находим на вкладке **Справка** Панели свойств. Изображение **Вид 1** удаляем. На его месте будет расположен разрез.

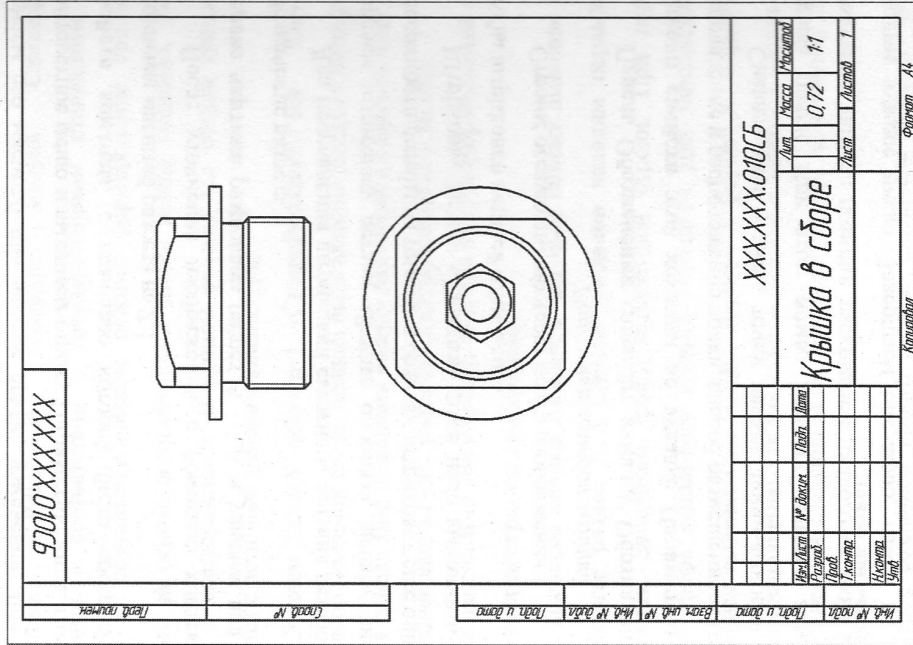


Рис. 58. Выполнение команд панели **Виды**

Открываем команду **Линия разреза**, находящуюся на инструментальной панели **Обозначения**. Следим, чтобы была активна привязка **Выравнивание** на панели **Глобальных привязок**. Задаем фронтальную секущую плоскость, проходящую через центр изделия, и строим разрез.

Редактирование сборочного чертежа

Проверяем правильность полученного изображения. При желании меняем его масштаб или вносим другие изменения. Для этого вызываем контекстное меню и выделяем строку **Параметры вида**. Появляется **Панель свойств** команды, с помощью которой было построено изображение. Изменяем масштаб разреза на 2:1.

После уточнения изображений с помощью контекстного меню в **Дереве чертежа** разрушаем разрез А — А и удаляем вид сверху, а также обозначение разреза.

Для исправления штриховки смежного сечения резьбового соединения удаляем штриховку детали «Втулка опорная», меняем линию внутренней поверхности резьбы на тонкую и создаем штриховку еще один раз.

Штриховку детали «Крышка» тоже надо выполнить заново. Следим, чтобы штриховки деталей отличались.

Строим осевую линию через центр изображения.

Нанесение номеров позиций

Панель **Обозначения** содержит команду **Обозначение позиций**. На **Панели свойств** этой команды во вкладке **Параметры** можно задать направление и расположение полки, способ размещения текста и т.д.

Сначала надо указать точку начала линии-выноски, затем — точку начала полки. При этом номер позиции задается автоматически. Для изменения номера позиции раскрываем диалоговое окно **Введите текст и вводим нужное число**. Завершаем операцию, нажав на кнопку **Создать объект**.

Для выравнивания номеров позиций нажимаем кнопку **Выровнять** панели по горизонтали (или вертикали), находящиеся внутри команды **Обозначение позиций**. Кнопки станут активными, если номера позиций выделены курсором на чертеже.

Завершив выполнение сборочного чертежа, исправляем и дополняем основную надпись.

8.4. Выполнение спецификации в ручном режиме

Система КОМПАС-3D содержит модуль **Спецификация**, предназначенный в соответствии с государственным стандартом на этот документ. В полуавтоматическом режиме формирование спецификации происходит на основе ассоциативных связей между моделью, сборочным чертежом и спецификацией. В ручном режиме все ячейки спецификации заполняются с помощью набора с клавиатуры.

1. Создаем новый документ «Спецификация». На **Компактной панели**, расположенной слева, должна быть активна кнопка **Спецификация**.

2. На панели **Вид** нажимаем кнопку **Масштаб по высоте листа**. В этом случае спецификация будет размещена на экране на всю высоту.

3. На панели **Вид** должна быть активна кнопка **Нормальный режим**, а кнопка **Разметка страниц** приглушена.

4. С помощью кнопки **Добавить базовый объект** выводим на экран одно **Выберите раздел** и в **Списке разделов** находим первый раздел: **Документация**. Заполняем графы выделенной строки. При переходе к следующей графе используем клавишу < Tab >. Для заполнения графы «Обозначение» выделяем на Панели свойств А формат и убираем курсив. Завершившем заполнение каждой строки нажатием кнопки **Создать объект**. Перед заполнением следующей строки раздела нажимаем кнопку **Добавить вспомогательный объект**.

5. Перед созданием нового раздела на панели **Текущее состояние** устанавливаем количество резервных строк между разделами. По умолчанию

минимум одна строка всегда пропускается, поэтому числом резервных строк можно считать «0». Лишние строки удаляем с помощью клавиши *Delete >*.

Далее создаем новый раздел. Для этого на панели **Спецификации** нажимаем кнопку **Добавить раздел** и в открывшемся окне выбираем раздел **Детали**. Заполняем первую строку раздела. При необходимости редактирования каких-либо данных в строке дважды щелкаем по ней курсором и выполняем редактирование.

6. У первой же детали в графе «Позиция», скорее всего, окажется цифра «2». Это объясняется тем, что система воспринимает каждую строку как объект спецификации, а цифра «1» уже фигурировала в разделе «Документация». Цифру «2» надо поменять на «1» и в дальнейшем следить за порядком нумерации позиций.

Для перехода к следующей детали активизируем команду **Добавить базовый объект** на панели **Спецификация**. Курсор переместится в следующую строчку раздела. Последовательно заполним все строки раздела.

7. Добавляем другие разделы, если они имеются, и заполняем их в ручном режиме.

8. После завершения заполнения спецификации включаем кнопку

Разметка страниц на панели **Вид**. Дважды щелкаем левой кнопкой мыши в любом месте основной надписи и заполняем ее (рис. 59).

№	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
		Документация		
И	XXX.XXX.010СБ	Сборочный чертеж		
		Детали		
И1	1 XXX.XXX.011	Крышка	1	
И2	2 XXX.XXX.012	Втулка опорная	1	
				XXX.XXX.010
				Крышка в сборе
Итого				
Калькулат. Форма А4				

Рис. 59. Спецификация

Библиографический список

1. Бабулин Н.А. Построение и чтение машиностроительных чертежей – М.: Изд. центр «Академия», 2000.
2. Большаков В.П. КОМПАС-3D для студентов и школьников. Черчение, информатика, геометрия. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 304 с. ил.
3. Инженерная и компьютерная графика : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Р. Р. Анамова [и др.] ; под общ. ред. Р. Р. Анамовой, С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничной. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с.
4. Куприков М.Ю., Маркин Л.В. Инженерная графика: учеб. для вузов – М.: Дрофа, 2010. – 495 с.: ил.
5. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: учеб. для вузов. – 6-е изд. – М.: Высшая школа, 2004.
6. Хейфец А.Л. Инженерная 3D-компьютерная графика: учебник и практикум для академического бакалавриата – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 602 с.
7. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для прикладного бакалавриата – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 381 с.
8. Кожухова Е.А., Ульянов К.И. Конструкторская документация сборочных единиц
9. Пшеничнова Н.В. Изображения предметов на чертежах: Методические указания. – М.: Изд-во МАИ, 2014. – 40 с.: ил.

Оглавление

Предисловие	
Сокращения	
§1. Общие сведения об автоматизированном проектировании	
1.1. Основные определения и среда работы	
1.2. Классификация САПР	
1.3. Общие сведения о системе КОМПАС-3D	
§2. Построение компьютерных изображений на плоскости	
2.1. Основные элементы интерфейса САПР КОМПАС-3D	
2.2. Управление геометрическими объектами	
2.3. Построение чертежа «Очертание прокладки»	
§3. Трехмерное моделирование	
3.1. Введение в теорию трехмерного моделирования. Основные элементы интерфейса	
3.2. Создание трехмерной модели методом выдавливания	
3.3. Создание трехмерной модели методом вращения	
3.4. Создание трехмерной модели путем комбинации методов выдавливания и вращения	
3.5. Построение ассоциативного чертежа детали	
§4. Моделирование резьбовых изделий	
4.1. Моделирование детали типа «Резьбовая круглая»	
4.2. Построение чертежа резьбовой детали на основе ее модели	
§5. Моделирование литой детали	
5.1. Моделирование литой детали «Стойка»	
5.2. Построение чертежа литой детали на основе ее модели	
§6. Моделирование листовой детали	
§7. Метод кинематической операции. Моделирование винтовой пружины	

§8. Моделирование сборочной единицы

- 8.1. Документ типа «Сборка» и краткие сведения о возможности трехмерного моделирования сборочных единиц
- 8.2. Сборочная модель «Крышка в сборе»
- 8.3. Построение ассоциативного сборочного чертежа
- 8.4. Выполнение спецификации в ручном режиме

Библиографический список