

Министерство образования и науки Украины

Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим работам по дисциплине
"Основы систем автоматизированного
проектирования автомобилей и двигателей"
для студентов направления 6.070106
"Автомобильный транспорт"
дневной формы обучения

Севастополь
2010

Методические указания к практическим работам по дисциплине "Основы систем автоматизированного проектирования автомобилей и двигателей" / Сост. С. В. Огрызков, А. А. Ветрогон, И. Ю. Чуйко. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010. – 64 с.

Цель методических указаний – помощь студентам при выполнении лабораторных работ по дисциплине "Основы САПР автомобилей и двигателей". Излагаются основные теоретические сведения по работе в системах Компас и Excell, порядок проведения и требования к оформлению отчетов по проведению лабораторных работ.

Методические указания предназначены для студентов специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство" дневной формы обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Автомобильного транспорта (протокол № 1 от 27.08. 2010 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний

Рецензент: Волошина Н.А., канд. техн. наук, доц. кафедры АПС

СОДЕРЖАНИЕ

1. Практическая работа №1. Изучение основных принципов работы в системе АСКОН КОМПАС-ГРАФИК V10	4
2. Практическая работа №2. Проектирование тел вращения с помощью библиотеки КОМПАС-SHAFT-Plus V10.....	13
3. Практическая работа №3 Расчет валов с помощью библиотеки КОМПАС-SHAFT-Plus V10	23
4. Практическая работа №4. Разработка сборочного чертежа и спецификации.....	29
5. Практическая работа №5. Разработка рабочего чертежа детали в системе КОМПАС	32
6. Практическая работа №6. построение диаграмм с помощью процессора электронных таблиц MS EXCEL.....	38
7. Практическая работа №7. Изучение основ 3-D моделирования в системе АСКОН КОМПАС-ГРАФИК V10	49

1. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ В СИСТЕМЕ АСКОН КОМПАС-ГРАФИК V10

Цель работы: — ознакомится с интерфейсом системы;
— изучить изменение параметров системы и документов;
— изучить команды инструментальной панели "Геометрия";
— изучить принципы работы с библиотеками.

1.1. Теоретический раздел

1.1.1. Интерфейс системы

После первого запуска КОМПАС-3D V10 на экране появляется окно этой системы. В его верхней части расположена строка Главного меню, под ней — Инструментальные панели, содержащие кнопки для вызова команд (рисунок 1.1).

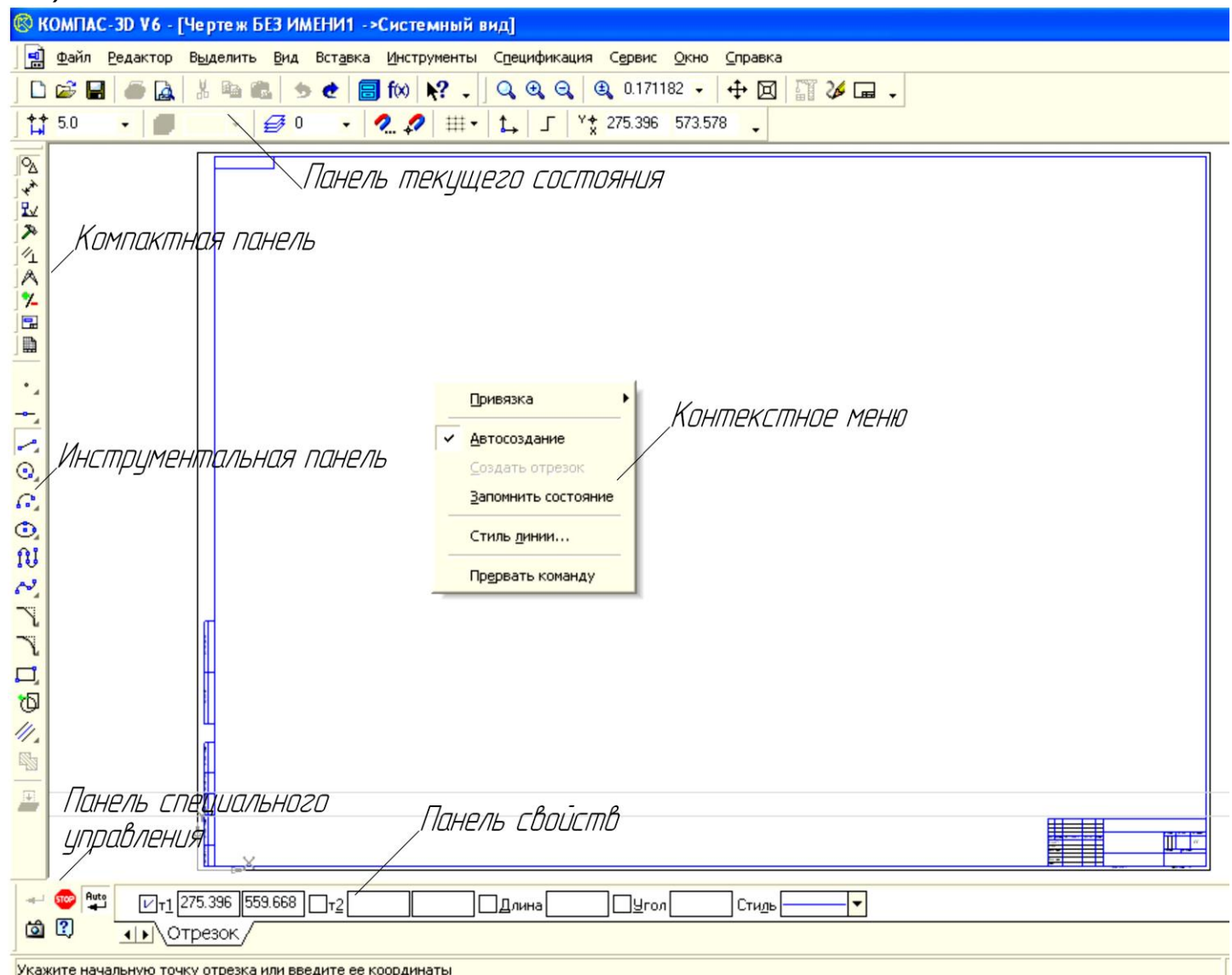


Рисунок 1.1 — Окно системы КОМПАС-3D V9 при работе с чертежом

Если в КОМПАС-3D V10 открыт какой-либо документ, на экране появляются дополнительные панели. Их количество и состав зависят от типа активного документа.

Главное меню, контекстные меню, инструментальные панели, кнопки управления окнами, Строка подсказок в КОМПАС-3D V10 выглядят и работают точно так же, как и в других Windows-приложениях.

Однако некоторые элементы интерфейса КОМПАС-3D V10 являются специфическими. Рассмотрим их подробнее.

1) Панель текущего состояния



Рисунок 1.2 — Панель текущего состояния

На этой панели отображаются параметры текущего состояния КОМПАС-3D V10 — вид (в чертеже) и слой, масштаб отображения в окне, шаг курсора при перемещении клавишами, текущие координаты курсора и т.д., а также некоторые управляющие кнопки.

2) Компактная панель



Рисунок 1.3 — Компактная панель

Компактная панель — объединение нескольких инструментальных панелей, при котором они расположены как бы "друг под другом", и в каждый конкретный момент видна только одна из объединенных панелей. Состав Компактной панели зависит от типа активного документа.

3) Панель свойств

Панель свойств служит для управления процессом выполнения команды. Включение и отключение Панели свойств производится командой "Вид – Панели инструментов – Панель свойств".

На вкладках Панели свойств расположены поля и переключатели, управляющие параметрами создаваемого объекта. Количество вкладок зависит от конкретной команды. Для активизации нужной вкладки щелкните мышью на ее "корешке" в нижней части Панели. Если "корешки" всех вкладок не видны одновременно, воспользуйтесь расположенными слева от них кнопками прокрутки.

4) Панель специального управления

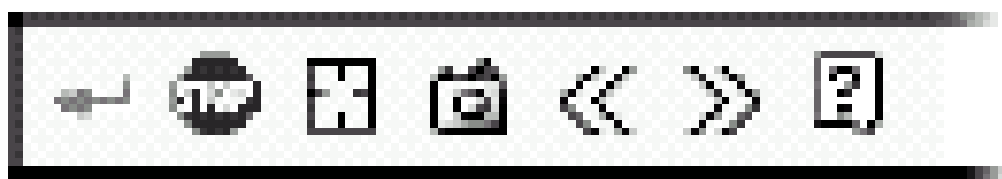


Рисунок 1.4 — Панель специального управления

Панель специального управления расположена в верхней части Панели свойств. На ней находятся кнопки, позволяющие контролировать процесс выполнения текущей команды.

1.1.2.Изменение настроек

Команда Параметры в меню Сервис позволяет настроить различные системные параметры, параметры новых и текущего документов, а также параметры текущего окна.

Для изменения какой-либо группы настроек перейдите на нужную вкладку диалога, в ее правой части выберите название группы настроек, а в левой - нужные значения параметров.

Чтобы развернуть содержание какого-либо раздела, установите курсор на значке плюса рядом с заголовком раздела и щелкните левой кнопкой мыши. Повторный щелчок на символе (после разворачивания раздела он отображается как минус) приведет к сворачиванию содержания.

Для сохранения всех изменений и выхода из диалога нажмите кнопку ОК, для выхода без сохранения изменений - кнопку Отмена.

Например для изменения формата текущего чертежа, необходимо выбрать закладку "Текущий чертеж" и в группе "Параметры листа" войти в диалог "Формат листа" (рисунок 1.5).

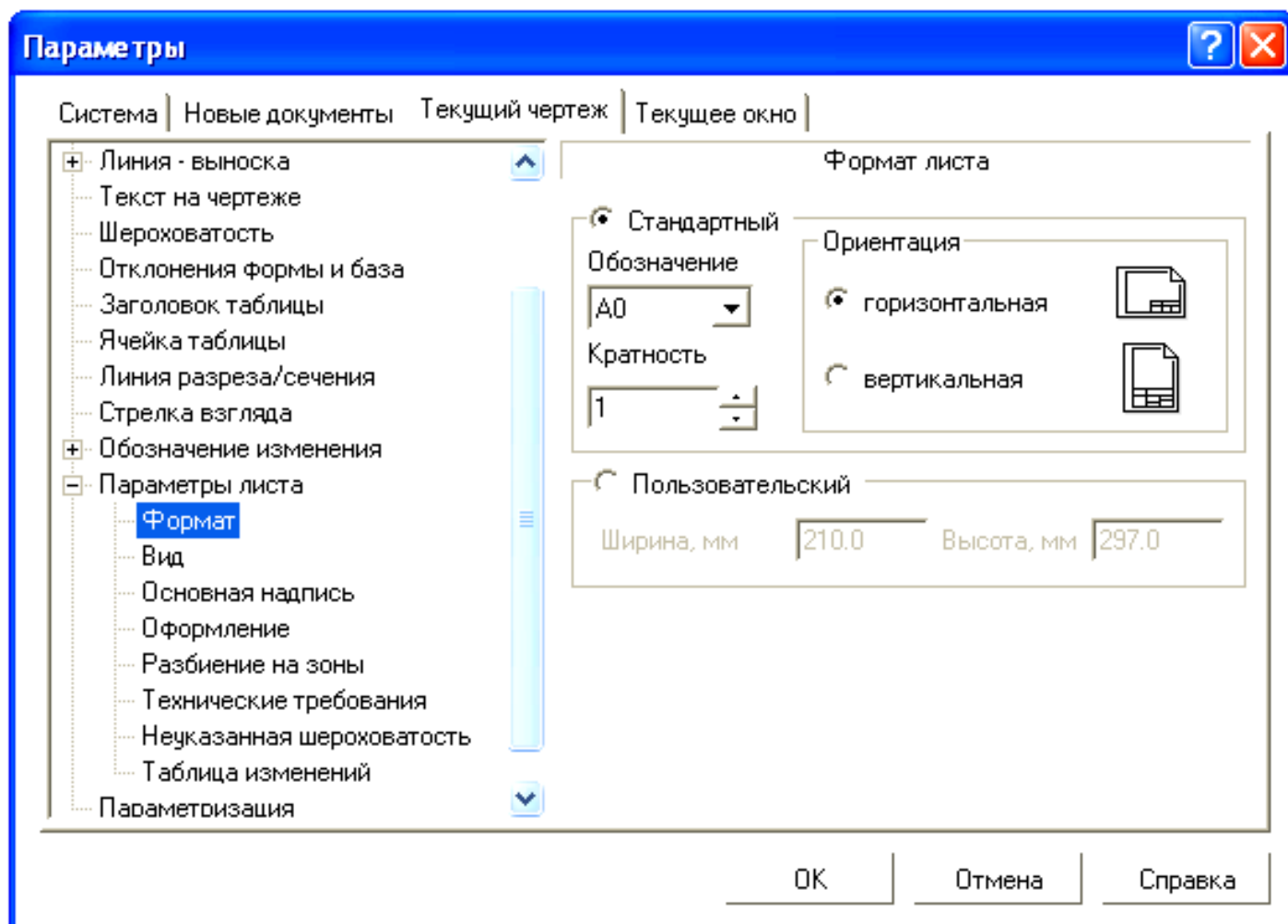


Рисунок 1.5 — Панель Параметры

1.1.3. Геометрические построения

К геометрическим объектам в системе КОМПАС-3D относятся:

- точки,
- прямые,
- отрезки,
- окружности,
- эллипсы,
- дуги,
- многоугольники,
- ломаные,

- кривые Безье,
- NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline, нерегулярный рациональный B-сплайн),
- штриховки,
- эквидистанты,
- контуры.

Команды создания этих объектов сгруппированы в меню *Инструменты-Геометрия*, а кнопки для вызова команд — на панели *Геометрия*.



Рисунок 1.6 — Панель Геометрия

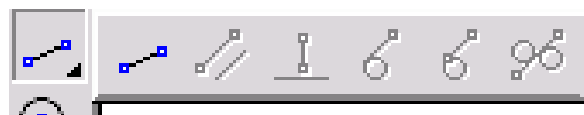


Рисунок 1.7 — Выбор команд

На панели отображаются кнопки только одной команды построения какого-либо геометрического объекта. Для получения доступа к другим командам необходимо нажать левой кнопкой мыши на треугольник находящийся в правом нижнем углу пиктограммы (соответствующей необходимой команде). И удерживая кнопку мыши перевести курсор в необходимую пиктограмму, после выделения которой можно отпустить кнопку мыши.

Внешний вид геометрического объекта определяется его стилем. Вместе с КОМПАС-3D V6 поставляются системные стили точек, кривых и штриховок. Системные стили кривых и штриховок соответствуют стандартным. Возможно создание пользовательских стилей кривых и штриховок (рисунок 1.8). Одним из системных стилей точек и кривых является *Вспомогательный* стиль. Он предназначен для объектов, выполняющих вспомогательные функции — точек и линий, создаваемых при разметке, во время предварительных построений и т.п. После того, как такие объекты станут не нужны, их удаляют. Если вспомогательные объекты имеют одноименный стиль, то всех их можно быстро удалить, воспользовавшись командой "Редактор – Удалить – Вспомогательные кривые и точки". Поэтому, если объект относится к вспомогательным, то при его построении рекомендуется использовать соответствующий стиль.

Если же создаваемый объект не должен удаляться заодно со вспомогательными, то для него следует выбрать другой стиль.

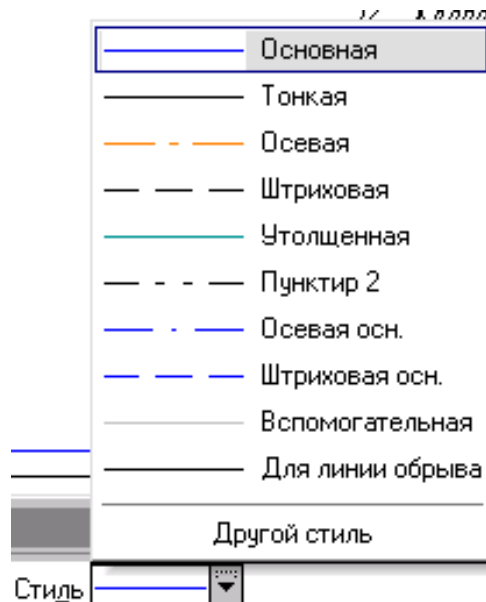


Рисунок 1.8 — Меню выбора стиля объекта

При создании геометрического объекта текущий стиль отображается в одноименном поле на Панели свойств. Чтобы изменить стиль, разверните список "Стиль" и выберите в нем нужную строку.

Внешний вид точек и кривых, имеющих системные стили, зависит от настройки системы. При необходимости вы можете ее изменить.

1.1.4. Работа с библиотеками

Библиотека — приложение, созданное для расширения стандартных возможностей КОМПАС-3D и работающее в его среде. Типичным примером приложения является библиотека стандартных машиностроительных элементов, значительно ускоряющая проектирование сборочных чертежей. Библиотека является динамически подключаемым модулем (DLL). По умолчанию файлы библиотек имеют расширения *.DLL или *.RTW.

КОМПАС-3D поддерживает одновременную работу с несколькими подключенными библиотеками. Режимы работы с библиотекой могут быть различными (окно, диалог, меню).

После подключения библиотеки к системе пользователь выбирает нужную функцию из ее каталога и запускает на исполнение.

Работа со всеми библиотеками КОМПАС-3D V6 производится с помощью специальной утилиты — Менеджера библиотек.

Окно Менеджера библиотек содержит несколько вкладок. На первой вкладке — Библиотеки КОМПАС отображается структура Менеджера: списки разделов и библиотек.

При выборе необходимого элемента библиотеки производится его внедрение в документ.

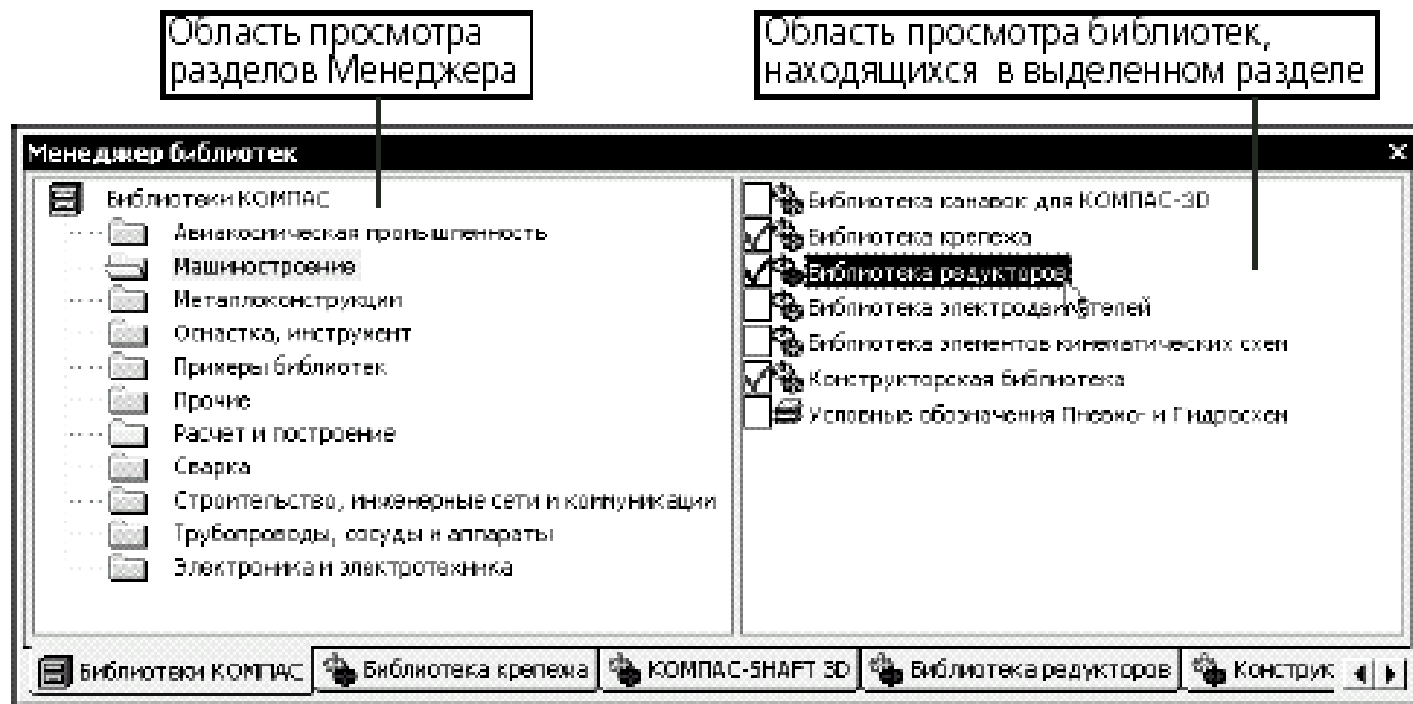


Рисунок 1.9 — Менеджер библиотек

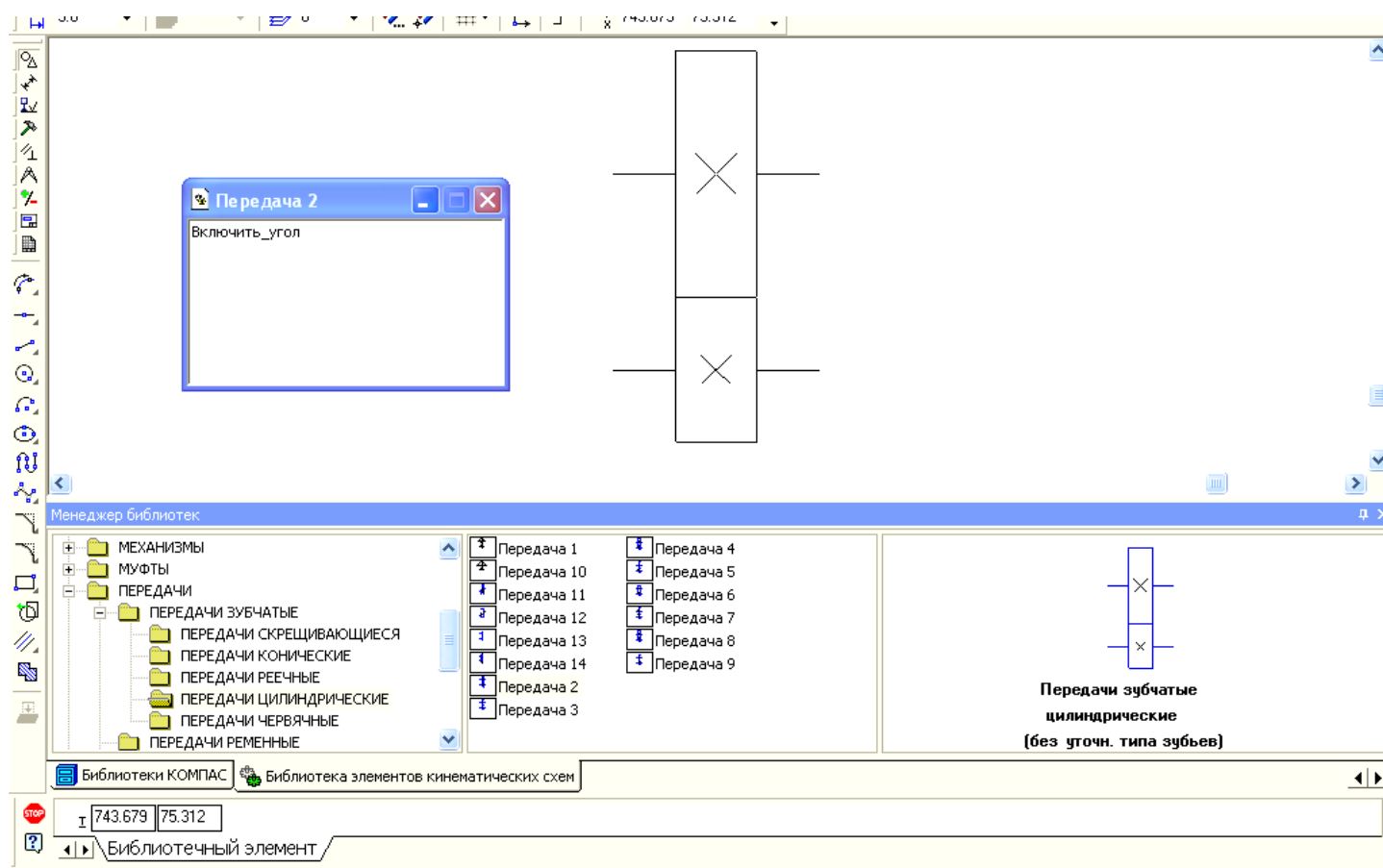


Рисунок 1.10 — Библиотека элементов кинематических схем

1.2. Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомится с интерфейсом системы, изучить расположение панелей.
- 2) Создать чертеж формата А1 и сохранить его.
- 3) Заполнить основную надпись

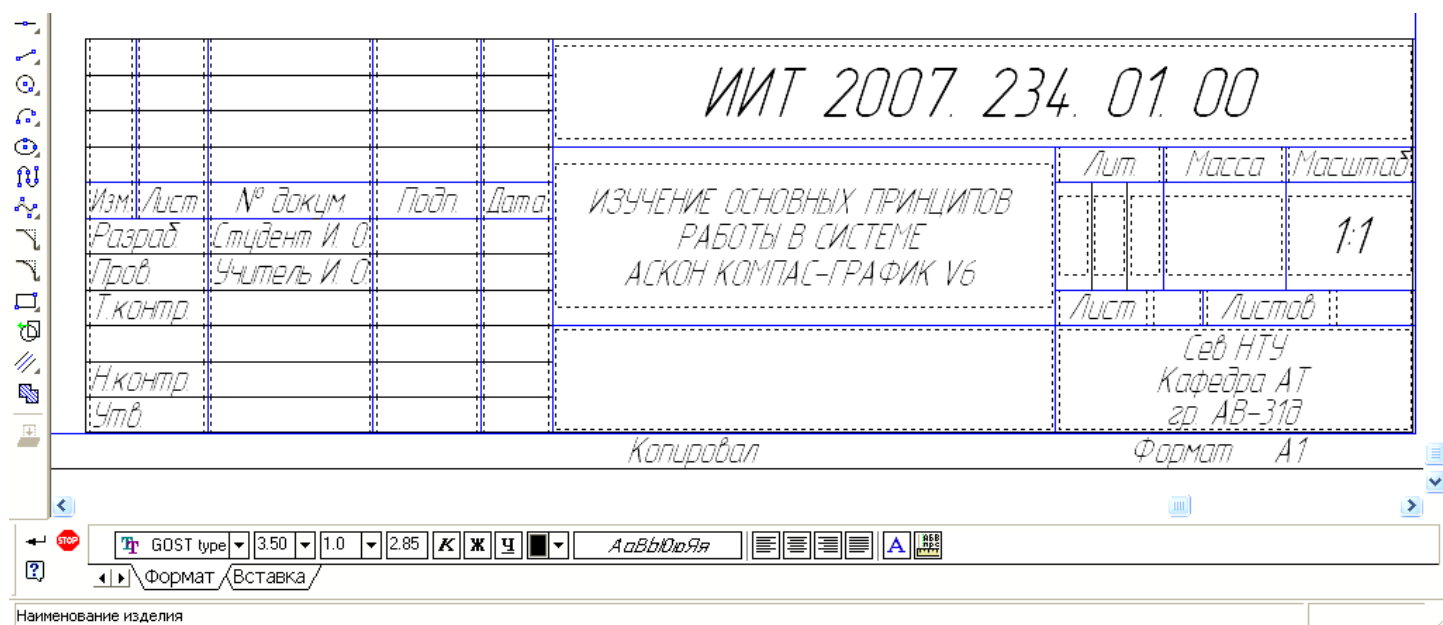


Рисунок 1.11 — Заполнение основной надписи

- 4) Изучить панель Геометрия и заполнить таблицу 1.1.

Таблица 1.1 — Инструменты панели Геометрия

Эскиз пиктограммы инструмента	Название инструмента

- 5) Изучить построение основных геометрических фигур: отрезок, окружность, эллипс, построение фасок, эквидистант, штриховок.

- 6) Запустить менеджер библиотек. Изучить состав библиотек. В разделе Машиностроение загрузить Библиотеку элементов кинематических схем. Выполнить кинематическую схему заданного редуктора.

1.3. Содержание отчета

- 1) Порядок настройки размера чертежа.
- 2) Перечень групп инструментов на компактной панели при работе с чертежом.
- 2) Таблица 1.1.
- 3) Порядок подключения библиотек.

1.4. Контрольные вопросы

- 1) Перечислите элементы интерфейса.
- 2) Перечислите основные групп инструментов на Компактной панели при работе с чертежом.
- 3) Как изменить параметры текущего документа?
- 4) Что относится к геометрическим построениям в системе Компас-график?
- 5) Что такое библиотека?

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ КОМПАС- SHAFT-PLUS V10

Цель работы: — изучить основные возможности библиотеки КОМПАС-SHAFT-Plus 2D V10;

— изучить порядок проектирования тел вращения;

2.1. Теоретические сведения

Библиотека КОМПАС-SHAFT Plus предназначена для параметрического проектирования:

- валов и втулок;
- цилиндрических и конических шестерен;
- червячных колес и червяков;
- шкивов ременных передач;
- звездочек цепных передач.

КОМПАС-SHAFT Plus обеспечивает построение шлицевых, резьбовых и шпоночных участков на ступенях моделей. С помощью библиотеки могут быть созданы и другие конструктивные элементы модели - канавки, проточки, пазы, лыски и т.д. Сложность моделей и количество ступеней не ограничиваются.

Параметрические модели сохраняются непосредственно в чертеже и доступны для последующего редактирования средствами КОМПАС-SHAFT Plus. При создании и редактировании может быть изменен как порядок ступеней модели (Drag&Drop), так и любой параметр ступени либо выполнено удаление ступени.

Библиотека включает в себя модуль расчетов механических передач КОМПАС-GEARS (геометрические и прочностные расчеты цилиндрических и конических зубчатых, цепных, червячных и ременных передач).

По результатам расчетов элементов механических передач могут быть автоматически созданы таблицы параметров зубчатых колес и выносные элементы с профилями зубьев. При изменении расчетных параметров передач таблицы и выносные элементы автоматически переформируются.

Для ряда элементов модели можно выполнить автоматическую простановку их размеров в чертеже.

Библиотека может работать с КОМПАС-3D, генерируя 3D-модели по построенному в SHAFT Plus изображению.

В версии V6 реализована возможность построения трехмерных твердотельных моделей втулок, валов, шестерен цилиндрической передачи с прямыми зубьями, шкивов и звездочек по плоской модели КОМПАС-SHAFT Plus.

Работая с КОМПАС-SHAFT Plus, вы сможете автоматически создавать в чертежах виды проектируемых тел вращения слева и справа, получать изоб-

ражения сечений ступеней модели. Для формирования сечений на чертеже должны быть созданы линии разреза-сечения, перпендикулярные оси вращения детали.

Вал, созданный в КОМПАС-SHAFT Plus, является макроэлементом.

2.2. Структура объекта проектирования

Вал проектируемый в библиотеке КОМПАС-SHAFT Plus состоит из внешнего и внутреннего контура.

Контур состоит из простых ступеней (рисунок 2.1) и элементов механических передач (рисунок 2.2).

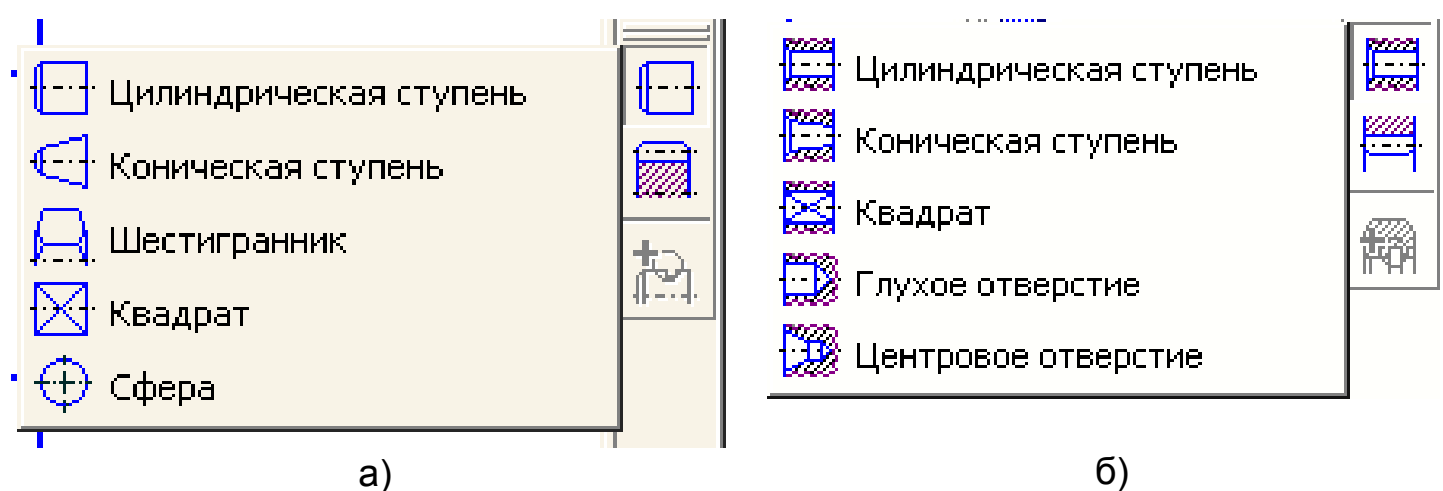


Рисунок 2.1 — Простые ступени внешнего (а) и внутреннего (б) контура

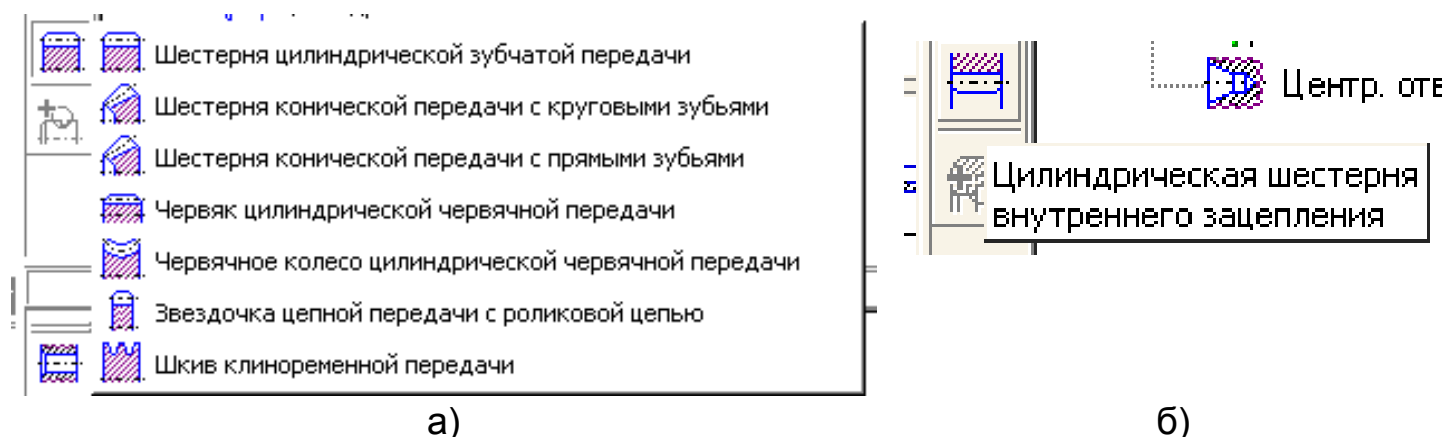


Рисунок 2.2 — Элементы механических передач внешнего (а) и внутреннего (б) контура

Построение внешнего контура производится слева на право. Построение внутреннего контура становится доступно после построения первой ступени внешнего контура. Особенностью построения внутреннего контура является

возможность выбора и изменения базового торца для любого элемента внутреннего контура. В дереве ступеней и элементов внутреннего контура находится "Разделитель между ступенями". Он изображается в виде зеленой вертикальной черты со стрелками (рисунок 2.3).

Для элементов, находящихся выше разделителя, базовым будет левый торец объекта. Для элементов, находящихся ниже разделителя, базовым будет правый торец объекта.

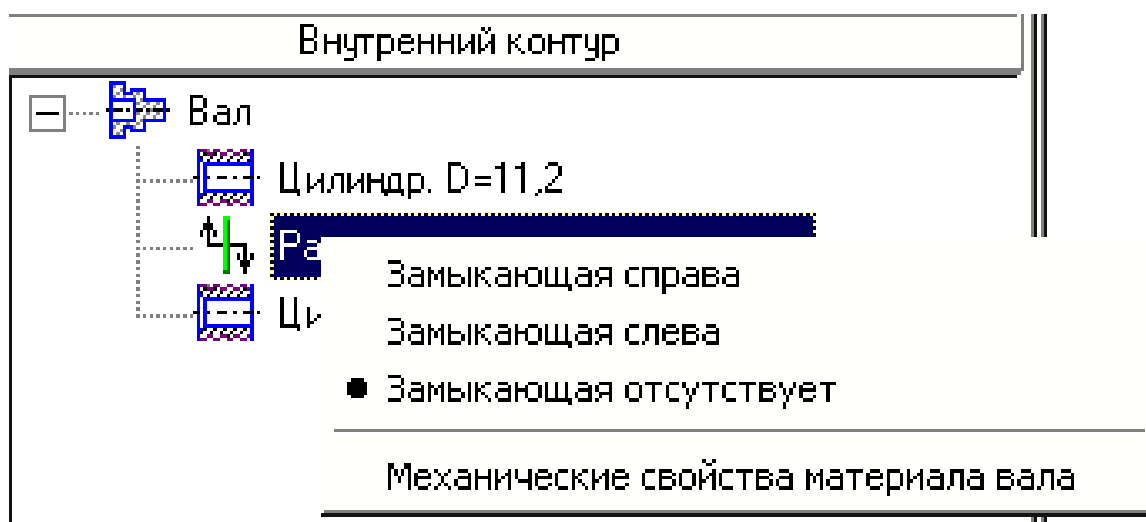


Рисунок 2.3 — Контекстное меню "Разделитель между ступенями"

В контекстном меню "Разделителя между ступенями" при необходимости указывается замыкающая ступень, которая будет продлена до соединения с соседней ступенью (рисунок 2.4). Длина замыкающей ступени будет автоматически пересчитана.

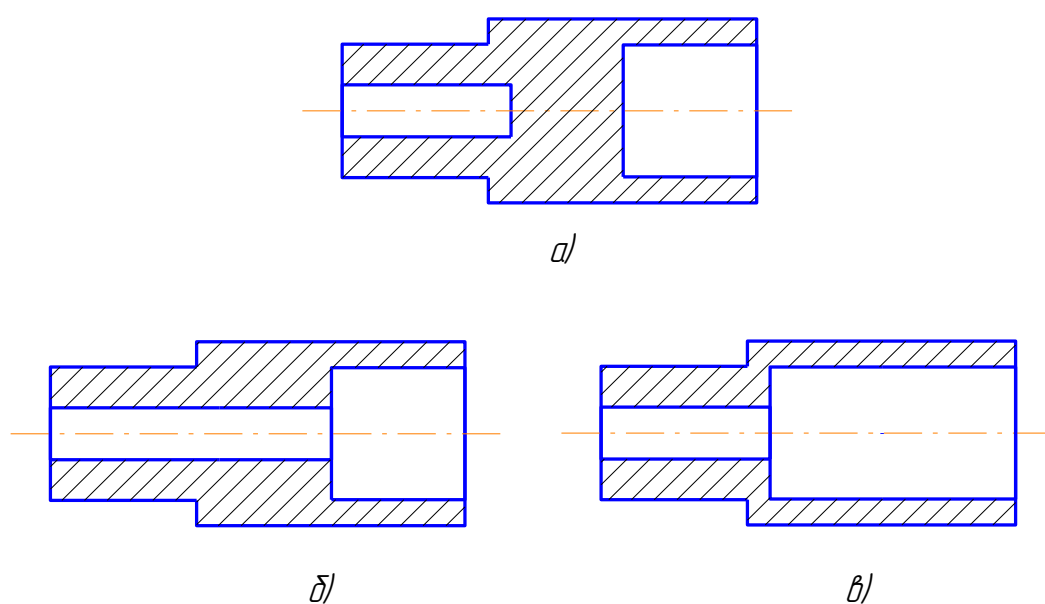


Рисунок 2.4 — Замыкающая ступень отсутствует (а), слева (б), справа (в)

Дополнительные элементы могут быть разными для каждой ступени. Например, для цилиндрической (рисунок 2.5) — канавка, шлицы, резьба, шпоночный паз и т.д., для шестерни - таблица параметров, профиль зубьев и т.д. Дополнительные элементы ступени могут иметь разновидности. Так, например, при построении дополнительного элемента 'Кольцевые пазы' можно выбрать тип паза из вложенного меню. Дополнительные элементы ступени также могут иметь дополнительные элементы. Например, для шлицев существует дополнительный "Выносной элемент".

При вызове списка дополнительных элементов ступени показываются элементы той ступени, которая активна в данный момент.



Рисунок 2.5 — Дополнительные элементы цилиндрического элемента наружного (а) и внутреннего (б) контура

В области внешнего и внутреннего контуров по мере построения будут отображаться пиктограммы построенных элементов. Они образуют дерево ступеней и элементов (рисунок 2.6). Чтобы свернуть изображения пиктограмм дополнительных элементов ступени, установите курсор на значке "-" рядом с наименованием ступени и щелкните левой клавишей мыши. Повторный щелчок на этом символе (после сворачивания пиктограмм он отображается как "+") приведет к разворачиванию изображений пиктограмм.

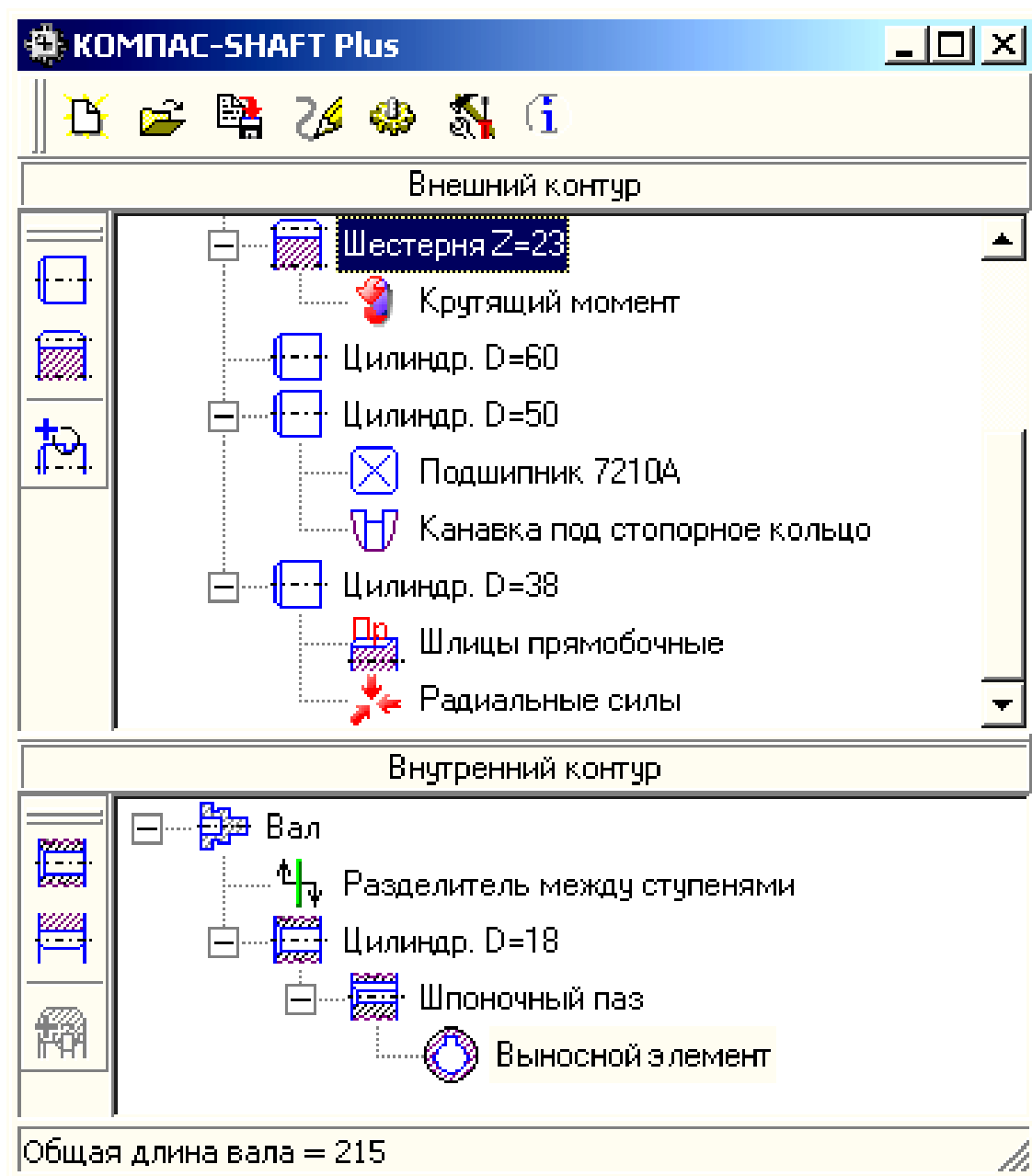


Рисунок 2.6 — Дерево построения

2.3. Порядок проектирования

2.3.1. Начало построения

1) Загрузить "Менеджер библиотек". В папке "Расчет и построение" подключить библиотеку.

2) В окне менеджер библиотек выбрать режим "Построение вала" (рисунок 2.8).

3) Нажмите на панели управления (рисунок 2.7) кнопку "Новый вал" или выберите другой существующий вал.

4) В открывшемся окне "Выбор типа отрисовки вала" (рисунок 2.8) укажите, с каким типом отрисовки вы будете работать, и нажмите кнопку ОК.

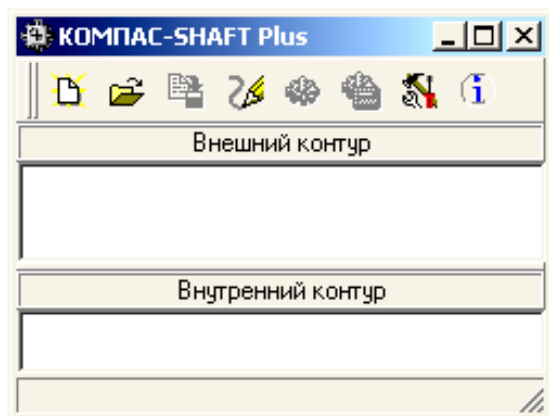


Рисунок 2.7 — Окно библиотеки

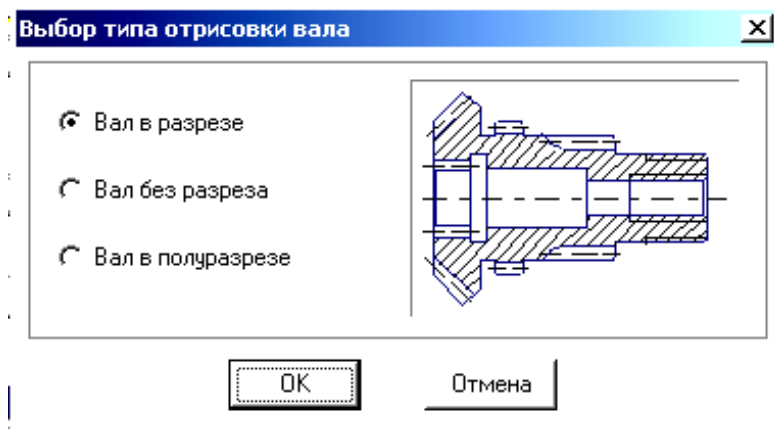


Рисунок 2.8 — Окно "Выбор типа отрисовки вала"

5) В поле чертежа укажите точку начала отсчета создаваемой локальной системы координат (нажмите клавишу <Enter> или щелкните левой клавишей мыши).

6) Щелкните мышью в поле активного документа КОМПАС-ГРАФИК. Откроется главное окно КОМПАС-SHAFT Plus.

2.3.2. Построение простой ступени

1) Укажите в дереве ступеней и элементов внешнего контура ту ступень, следом за которой будет располагаться новая ступень.

2) Нажмите на инструментальной панели кнопку "Простые ступени" (рисунок 2.1).

3) Выберите необходимый элемент.

4) Задайте требуемые параметры ступени (рисунок 2.11).

В режиме фантомного построения размеры вводятся с помощью мыши и визуализируются в уменьшенном окне.

2.3.3. Построение элементов передач

При построении элементов механических передач вызывается диалог расчета механической передачи (рисунок 2.12).

Цилиндрическая ступень	
    	Длина 0.00 Диаметр 0.00 Слева Фаска Галтель Ширина 0.00 Угол 0.00 Справа Фаска Галтель Ширина 0.00 Угол 0.00
	Кнопка Перестроить
	Кнопка Обновить изображение
	Кнопка Фантомное построение
	Кнопка ОК
	Кнопка Отмена
	Кнопка вызова базы стандартных значений размеров (ряд R40 СТ СЭВ 514-77)

Рисунок 2.9 — Меню "Цилиндрическая ступень"

Цилиндрическая шестерня с внешними зубьями	
   	
Модуль 0.00 Число зубьев 0 Угол наклона зубьев 0 Диаметр вершин зубьев 0.00 Ширина венца 0.00	 Комплекс программ GEARS Тип передачи Внешнего зацепления Внешнего зацепления Внутреннего зацепления
Слева Фаска Галтель Затыловка Ширина 0.00 Угол 0.00	Справа Фаска Галтель Затыловка Ширина 0.00 Угол 0.00
☐ Размеры	

Рисунок 2.10 — Диалог расчета цилиндрической передачи

Модуль расчетов механических передач включает в себя комплекс программ КОМПАС-GEARS (геометрические и прочностные расчеты цилиндрических и конических зубчатых, цепных, червячных и ременных передач. После выполнения расчетов элемент механической передачи будет построен автоматически.

2.3.4. Построение дополнительных элементов

- 1) Укажите в дереве ту ступень, для которой нужно построить дополнительный элемент.
- 2) Нажмите на инструментальной панели кнопку Дополнительные элементы ступеней.
- 3) Выберите дополнительный элемент.
- 4) Задайте требуемые параметры и нажмите кнопку ОК.

2.3.5 Изменение взаимного расположения ступеней

В процессе построения вы можете менять взаимное расположение созданных ступеней. Для этого выполните следующие действия.

- 1) Укажите в дереве ту ступень, которую нужно переместить, и нажмите левую клавишу мыши.
- 2) Не отпуская клавишу, переместите курсор так, чтобы выделилась подсветкой та ступень, перед которой вы хотите поместить перемещаемую ступень.
- 3) Отпустите клавишу мыши. При этом переместятся и все дополнительные элементы, которые принадлежат данной ступени.
- 4) Для того чтобы увидеть на чертеже результаты перемещения, вызовите команду "Перестроить".

2.3.6. Дополнительные построения

Команды дополнительных построений приведены на рисунке 2.11.

- 1) Генерация 3D-модели (работает только для версий КОМПАС-3D).

Вызовите команду Генерация 3D-модели, чтобы сформировать 3D-модель на основе построенной плоской модели КОМПАС-SHAFT Plus (для втулок, валов, шестерен цилиндрической передачи с прямыми зубьями, шкивов и звездочек). После того, как вы активизируете эту команду, на экран будет выведена панель, отражающая ход генерации. Готовая трехмерная модель будет помещена в новый документ КОМПАС-ГРАФИК. Чтобы перейти к нему, закройте окно SHAFT Plus и откройте этот документ со страницы Окно главного меню КОМПАС-ГРАФИК.

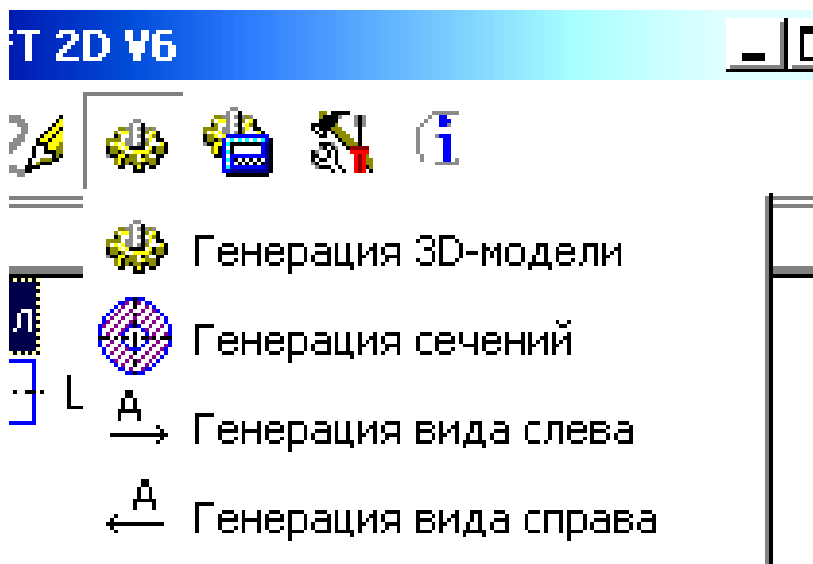


Рисунок 2.11 — Группа команд дополнительные построения

2) Генерация сечений.

Вызовите команду Генерация сечений, чтобы отрисовать сечение тела вращения в месте, предварительно указанном в окне активного документа КОМПАС-ГРАФИК линией разреза. В зависимости от того, какие опции включены в диалоге Настройки на вкладке Генерация сечений вала, будут построены сечения в режиме автоматического выбора их месторасположения или ручного размещения в поле активного документа КОМПАС-ГРАФИК, с созданием нового вида для каждого сечения или в текущем виде, со штриховкой или без нее.

3) Генерация вида слева (справа).

Используйте команду Генерация вида слева, чтобы автоматически отрисовать вид тела вращения слева или справа.

2.4. Порядок выполнения работы

- 1) Произвести построение вала
- 2) Произвести простановку необходимых сечений
- 3) Произвести генерацию сечений

2.5. Содержание отчета

- 1) Ответы на контрольные вопросы;
- 2) Порядок построения вала;
- 3) Чертеж вала

2.6. Контрольные вопросы.

- 1) Перечислите объекты проектирования в библиотеке КОМПАС-SHAFT-Plus 2D V6.
- 2) Из каких контуров состоит элемент построения.
- 3) Для чего применяется "Разделитель между ступенями"
- 4) Перечислите основные простые ступени.
- 5) Перечислите основные элементы механических передач.
- 6) Перечислите основные дополнительные элементы простых ступеней.
- 7) Перечислите дополнительные построения.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

РАСЧЕТ ВАЛОВ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ КОМПАС-SHAFT-PLUS V6

Цель работы: — изучить порядок расчета валов и подшипников с помощью библиотеки КОМПАС-SHAFT-Plus 2D V6;

3.1. Теоретические сведения

3.1.1. Общие сведения

Модуль расчета валов и подшипников КОМПАС-ShaftCalc является составной частью интегрированной системы проектирования тел вращения КОМПАС-SHAFT 2D V10. Она предназначена для расчета валов и подшипников, смоделированных в КОМПАС-SHAFT 2D V10.

КОМПАС-ShaftCalc позволяет следующее:

1) выполнять полный спектр прочностных расчетов вала, модель которого построена в КОМПАС-SHAFT 2D V10, и получать результаты расчета в виде графиков распределения:

- радиальных сил в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
- изгибающих моментов в горизонтальной и вертикальной плоскостях (если опора одна, то данная опора считается абсолютно жесткой, т.е. заделкой);
- крутящих моментов;
- нормальных напряжений (по IV теории прочности);
- касательных напряжений при кручении;
- относительного угла закручивания;
- прогиба вала относительно опор в горизонтальной и вертикальной плоскостях (при наличии двух опор);
- коэффициента запаса усталостной прочности.

2) получать информацию о значении рассчитанной величины в указанной точке графика (осуществлять трассировку графика);

3) формировать отчет о выполненных расчетах в формате FastReport или на листе (листах) чертежа КОМПАС-ГРАФИК;

4) выполнять расчет подшипников на грузоподъемность и долговечность, на тепловыделение;

5) получать результаты расчета подшипников в виде таблиц в формате FastReport;

6) обращаться к модулю выбора материалов для назначения марки материала для рассчитываемого вала.

Рассчитываемые валы могут состоять из конических и цилиндрических ступеней и иметь следующие конструктивные элементы:

- 1) шлицы;
- 2) фаски, галтели;
- 3) канавки (не примыкающие к торцу ступени):
 - под стопорное кольцо (внешний контур);
 - расположенные на шлицах (внешний контур);
- 4) шпоночные пазы на цилиндрических поверхностях.

На рассчитываемых валах могут быть установлены шестерни:

- цилиндрической передачи с прямым зубом (вал-шестерня);
- конической передачи с прямым зубом (вал-шестерня);
- конической передачи с круговым зубом (вал-шестерня).

При расчете вала из расчета исключаются ступени:

- сферическая;
- квадратного сечения;
- шестигранного сечения.

При расчете вала не учитываются конструктивные элементы:

- резьба;
- канавки (внутренний контур);
- канавки для выхода резьбового инструмента;
- проточки;
- канавки под выход шлифовального круга;
- кольцевые пазы;
- шлицы, выходящие за длину ступени;
- шпоночный паз выходит за длину ступени;
- шпоночный паз на конической поверхности;
- лыска;
- глухое и центровое отверстия.

В данной версии модуля отсутствует возможность:

- корректного построения графиков в случае пересечения точки приложения подшипника линией приложения распределенной нагрузки;
- корректного построения графиков в случае пересечения точки деления ступеней вала линией приложения распределенной нагрузки;
- задания режимов нагружения вала и подшипников;
- построения графика растяжения-сжатия вала;
- определения собственной частоты вращения вала;
- определения резонансной частоты вала;
- определения вероятности разрушения;
- определения массы и объема вала.

Для расчета вал должен иметь подшипники. После построения вала необходимо выбрать материал вала и приложить к нему внешние силы.

3.1.2. Меню выбора материала

Модуль выбора материалов является составной частью интегрированной системы проектирования тел вращения КОМПАС-SHAFT 2D V10. Его можно использовать в процессе работы с КОМПАС-SHAFT 2D V10, КОМПАС-ShaftCalc и КОМПАС-GEARS.

С помощью модуля можно:

- выбирать марку материала для изделия, проектируемого в КОМПАС-SHAFT 2D V6;
- пополнять базу данных новыми материалами или материалами, обладающими свойствами, отличными от приводимых в базе.
- получать отчет о свойствах материала;
- выводить отчет о свойствах материала на печать или сохранять его в файле формата FastReport (*.frf).

На сегодняшний день спектр материалов, которые можно выбирать для расчета тел вращения в КОМПАС-SHAFT 2D V10, ограничен:

- для КОМПАС-ShaftCalc – сталями;
- для КОМПАС-GEARS – сталями, чугунами и бронзами.

При расчете вала и подшипников модуль выбора материалов может быть вызван разными способами:

1) При работе с КОМПАС-SHAFT 2D V10 выберите на панели управления группу команд "Свойства и расчеты" и нажмите кнопку "Механические свойства материала вала".

2) При работе с системой расчета валов и подшипников КОМПАС-ShaftCalc можно вызвать модуль выбора материалов при помощи кнопки Изменить материал вала.

С модулем можно работать в одном из двух режимов:

- 1) Выбор материала. В этом режиме вы можете выбрать из предлагаемой базы данных материал детали, проектируемой в КОМПАС-SHAFT 2D V10;
- 2) Свойства материала. В этом режиме вы можете изменить свойства материала, взятого из базы данных модуля, или добавить в эту базу данных новый материал.

После загрузки модуль работает в режиме Выбор материала. Список материалов разделен на две группы: материалы, входящие в базовый набор, поставляемый с модулем и материалы, введенные пользователем.

Перед каждой строкой списка находится цветовой индикатор. Материа-

лы, входящие в базовый набор, отмечаются синим цветом. Материалы, которые введены в базу данных в процессе эксплуатации модуля – зеленым.

3.1.3. Приложение сил

Чтобы раскрыть меню сил и моментов, выделите основную ступень модели в дереве ступеней и элементов. Нажмите кнопку Приложение нагрузки. Раскроется вложенное меню, которое содержит перечень команд, с помощью которых вы сможете приложить нагрузку к активной ступени модели.

Чтобы перейти к заданию нагрузки, выберите нужную команду, щелкните мышью по строке меню или нажмите клавишу <Enter>.

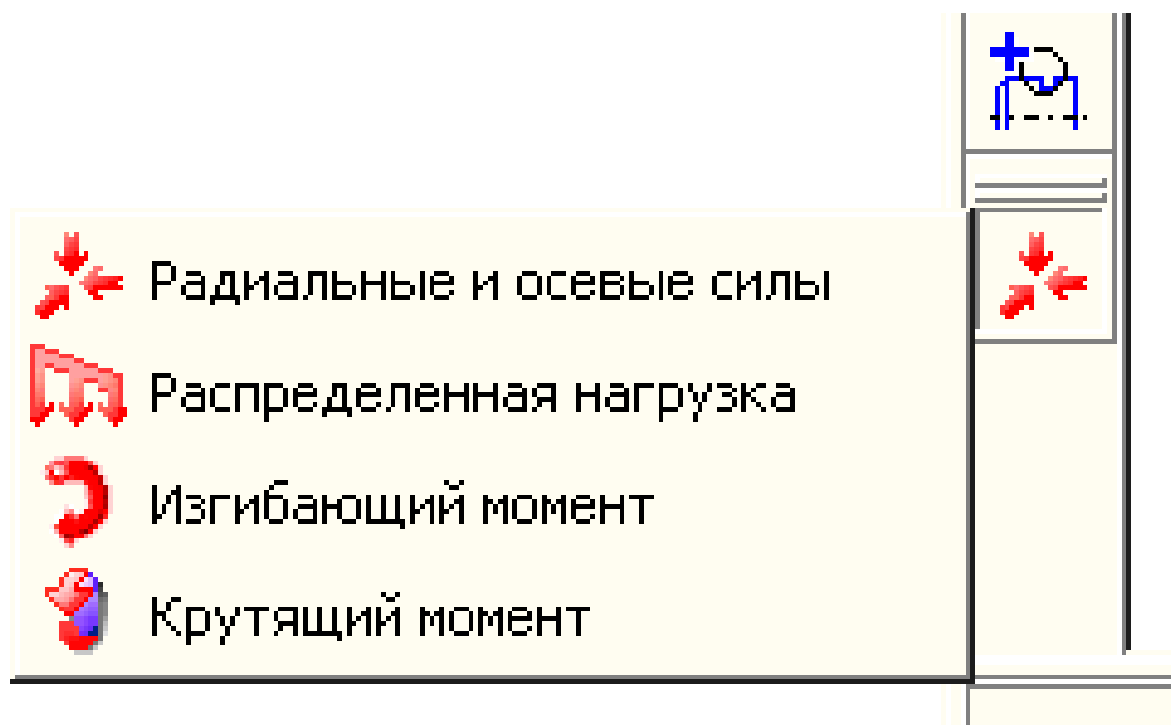


Рисунок 3.1 — Меню приложения сил

Рассмотрим приложение сил на примере сил действующих на косозубое зубчатое колесо установленное на валу. При этом на соответствующую ступень вала будет действовать осевая сила, радиальные силы и крутящий момент.

3.1.4. Расчет вала

Главное меню КОМПАС-ShaftCalc включает в себя четыре страницы (раздела):

- Расчеты;
- Сервис;
- Вид;
- Справка.

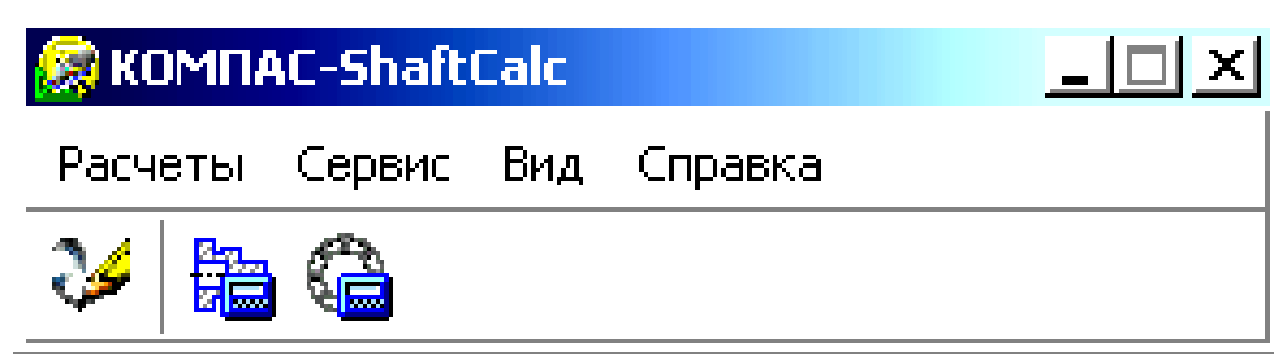


Рисунок 3.2 — Меню KOMPAS-ShaftCalc

На каждой странице находятся команды, объединенные в группы по функциональному назначению.

Таблица 3.1 — Описание команд

Страница меню	Описание команд
Расчеты	На этой странице находятся команды, позволяющие выбрать вид расчета – Расчет вала и Расчет подшипников, а также команда Выход
Сервис	Здесь расположены команды, с помощью которых можно вызвать: • диалог для указания шероховатости поверхностей вала; • модуль выбора материала вала; • диалог настройки параметров графиков и отчетов.
Вид	Страница содержит команды управления изображением модели или графиков на листе чертежа КОМПАС-ГРАФИК
Справка	На странице Справка находятся команды, позволяющие вызвать справочную систему и получить информацию о программе

3.2. Порядок выполнения работы

- 4) Произвести построение вала с подшипниками.
- 5) Произвести расстановку внешних сил.
- 6) Произвести расчет вала и подшипников.

3.3. Содержание отчета

- 1) Ответы на контрольные вопросы;
- 2) Чертеж вала
- 3) Результаты расчета вала и подшипников

3.4. Контрольные вопросы.

- 1) Как приложить внешние силы к валу?
- 2) Как приложить силы, действующие от зубчатого колеса?
- 3) Как определить реакции в подшипниковых опорах?

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. РАЗРАБОТКА СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА И СПЕЦИФИКАЦИИ

Цель работы: — изучить принципы разработки сборочного чертежа в системе КОМПАС-V6;
— изучить порядок разработки спецификации, связанной с чертежом

4.1. Теоретические сведения

4.1.1. Разработка сборочного чертежа

При разработке сборочного чертежа необходимо пользоваться следующими возможностями системы КОМПАС-3D.

- Создание видов для выполнения частей чертежа в различных масштабах.
- Использование функций симметрия, копирование по окружности и т.п. для ускорения построений.
- Использование библиотек стандартных элементов (конструкторская, библиотека редукторов, электродвигателей, прикладной и т.д), с одновременным созданием объектов спецификации в автоматическом режиме.
- Выполнение замкнутых контуров для создания штриховок в автоматическом режиме.

4.1.2. Разработка спецификации

Спецификация – тип документа КОМПАС-3D (стандартное расширение файла – *.spw). Для создания спецификаций необходим модуль разработки спецификаций. Его использование позволяет в несколько раз ускорить процесс составления спецификаций, ведомостей и перечней, исключить ошибки при их заполнении.

- Предусмотрен режим ручного и полуавтоматического заполнения спецификации. В ручном режиме все графы спецификации заполняются с клавиатуры. В полуавтоматическом режиме ряд граф заполняется благодаря указанию источника данных - чертежа или модели (например, пользователь может указать, что в колонку "Обозначение" вводится текст из графы "Обозначение" штампа чертежа соответствующей детали.).

- При вставке в чертеж или модель стандартных изделий (болтов, шайб, подшипников, трубопроводов и т.д.) из конструкторской библиотеки, поставляемой в составе системы, их обозначение (название, параметры, номер стандарта) формируется и вносится в спецификацию автоматически. Впоследствии оно может быть отредактировано.

- Осуществляется двунаправленная ассоциативная связь между спецификацией и соответствующими ей документами. Благодаря наличию этой связи изменения в сборочном чертеже, детализовке или документе-модели автоматически отражаются в спецификации. Изменения в спецификации могут автоматически передаваться в сборочный чертеж, детализовку или модель.

- Если спецификация и связанный с ней сборочный чертеж или документ-модель открыты одновременно, возможен режим работы, в котором при выделении строки спецификации подсвечиваются соответствующие ей объекты (геометрические элементы или детали). Расположив рядом окна спецификации и связанного с ней документа, можно быстро найти на чертеже изображение любого внесенного в спецификацию объекта.

- Спецификация может создаваться независимо от сборочного чертежа (например, параллельно вычерчиванию сборки). Составленную таким образом спецификацию на последнем этапе работы с ней можно синхронизировать с готовым сборочным чертежом.

4.2. Порядок выполнения работы

- 1) Создать вид.
- 2) Произвести разработку сборочного чертежа (рисунок 4.1). При разработке сборочного чертежа руководствоваться принципами, приведенными в разделе 4.1.1.
- 3) Создать объекты спецификации для элементов библиотек в автоматическом режиме.
- 4) Создать объекты спецификации для деталей в ручном режиме.
- 5) Создать Компас-спецификацию и подключить к ней сборочный чертеж.
- 6) Настроить спецификацию.
- 7) Отредактировать объекты спецификации, произвести синхронизацию объектов.

4.3. Содержание отчета

- 1) Ответы на контрольные вопросы;
- 2) Сборочный чертеж.
- 3) Спецификация.

4.4. Контрольные вопросы.

- 1) Как построить штриховку в автоматическом режиме?

- 2) Как построить несколько одинаковых объектов распределенных по окружности?
- 3) Как построить вид (разрез, сечение) в масштабе, отличающемся от основного чертежа?
- 4) Как войти в редактирование технических требований?
- 5) Как настроить стиль спецификации?
- 6) Как произвести простановку позиций, если она не изменилась автоматически?
- 7) Как изменить число резервных строк в спецификации?
- 8) Как произвести синхронизацию спецификации с чертежом?

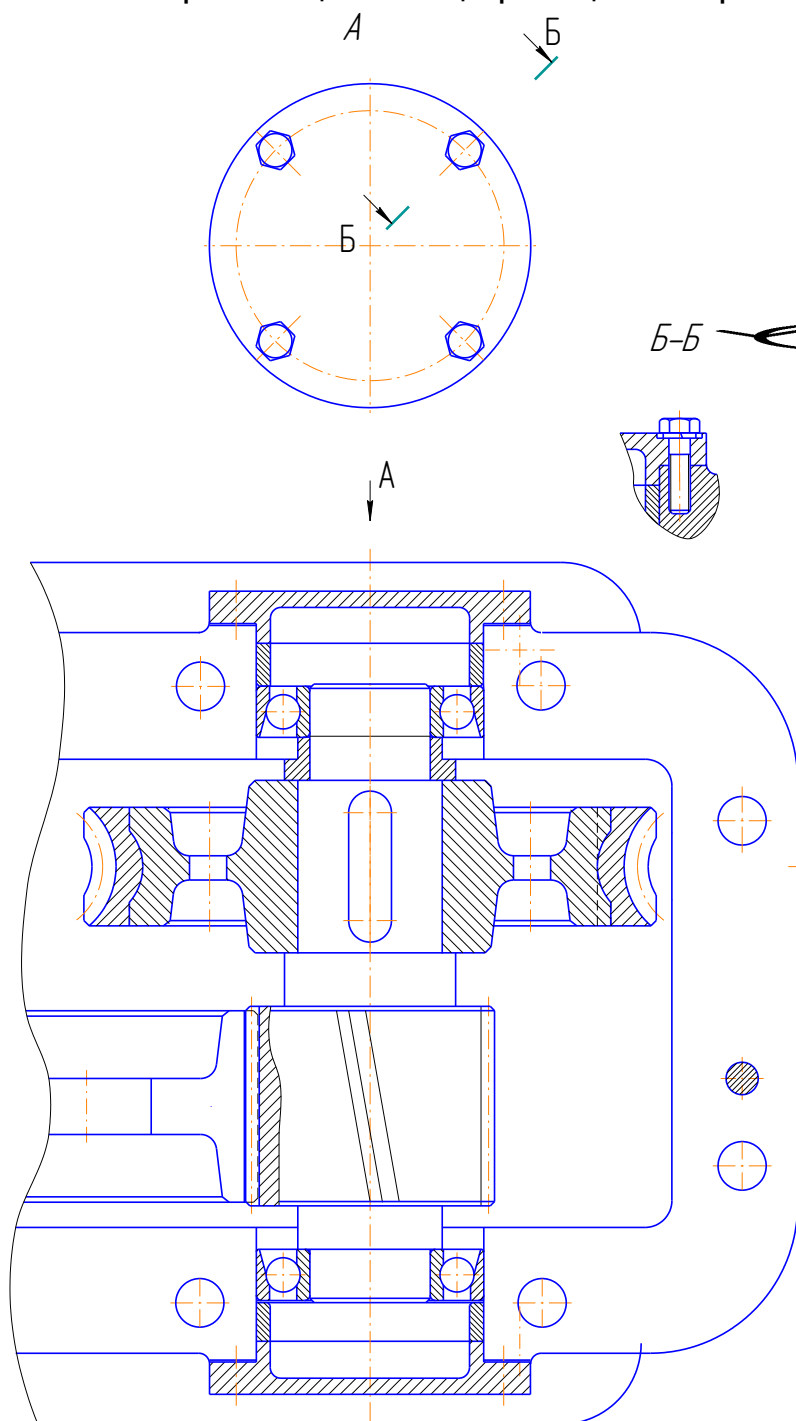


Рисунок 4.1 — Фрагмент сборочного чертежа

5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5.

РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ В СИСТЕМЕ КОМПАС

Цель работы: — изучить принципы разработки рабочего чертежа детали в системе КОМПАС-V10;
— изучить порядок простановки размеров, специальных обозначений на рабочих чертежах;
— изучить библиотеки, используемые при разработке рабочих чертежей деталей.

5.1. Теоретические сведения

5.1.1. Использование библиотек при разработке рабочего чертежа детали

При разработке чертежей деталей необходимо пользоваться прикладными библиотеками КОМПАС:

1) Прикладная библиотека КОМПАС — набор типовых элементов деталей (шпоночный паз, отверстия гладкие и резьбовые и т.п.)

2) Конструкторская библиотека:

— элементы деталей из проката предназначенных для сварных соединений (разделка деталей под сварку, ребра жесткости);

— создание конструктивных элементов: канавок, проточек, места под головки крепежных деталей, центровые отверстия, резьбовых элементов (в группе тела вращения)

— разработка чертежей пружин;

Для ряда элементов возможно создание вида с автоматической простановкой размеров.

3) SHAFT-PLUS V10:

— для выполнения чертежей элементов механических передач, валов;

— автоматического формирования сечений и видов;

— автоматическое формирование таблиц параметров элемента передач;

4) Библиотека Компас-Spring — для разработки чертежей пружин с возможностью расчета и автоматической простановкой размеров.

5) Библиотека построения разверток (группа "Трубопроводы, сосуды и аппараты").

5.1.2. Создание сечений, разрезов, местных видов

При создании сечений, разрезов, местных видов необходимо создавать виды соответствующим масштабом.

Команды обозначений находятся в группе команд "Обозначения" на компактной панели.

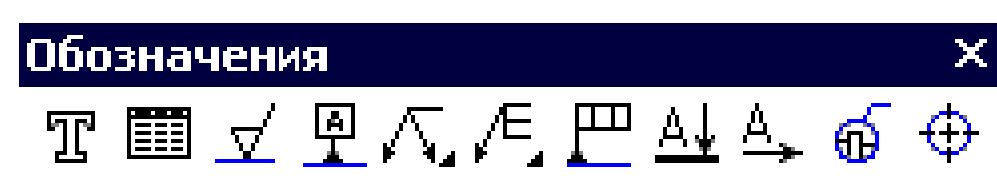
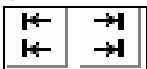


Рисунок 5.1 — Команды панели обозначения

Для вызова команды нажмите кнопку "Линия разреза" на инструментальной панели "Обозначения" . Укажите начальную (расположенную ближе и изображению изделия) точку линии разреза. Далее необходимо указать точки перегиба линии и конечную точку.

С помощью группы "Тип"  на Панели свойств можно выбрать, с какой стороны от линии разреза должны располагаться стрелки, показывающие направление взгляда.



— создание стрелки взгляда.



— создание обозначения выносного элемента.

Для изменения буквы в обозначении можно использовать контекстное меню. Меню вызывается двойным нажатием левой кнопкой мыши в режиме редактирования надписи.

5.1.3. Простановка размеров

При простановке размеров деталей на рабочих чертежах необходимо указывать допуски и (или) предельные отклонения размеров.

Настройка параметров размеров производится в меню параметры (рисунки 5.1, 5.2).

Редактирование размерной надписи производится в окне "Задание размерной надписи". Вызвать окно можно нажатием левой кнопки мыши в поле "Текст" на панели свойств или выбрав команду "Текст надписи" при нажатии правой кнопки мыши в режиме редактирования размера (рисунок 5.3).

В зависимости от метода проставления размерных цепей можно использовать различные команды простановки размеров: линейный от общей базы или линейный цепной.

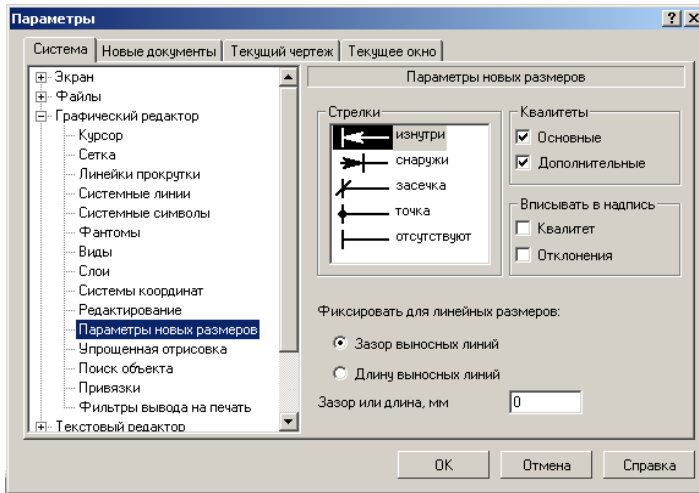


Рисунок 5.1 — Настройка параметров новых размеров

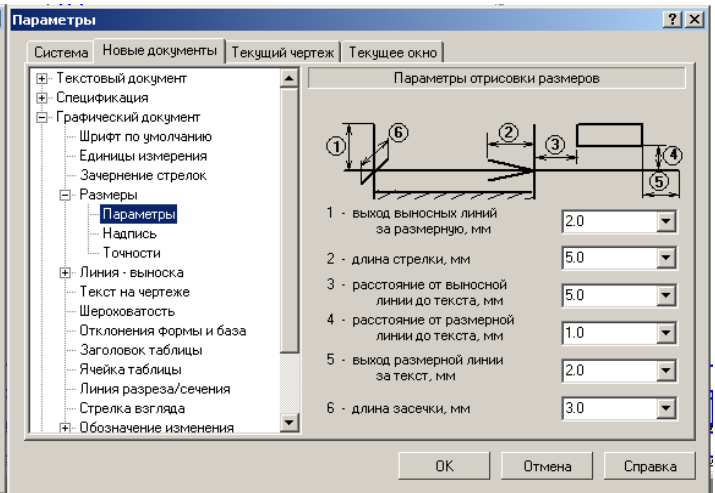


Рисунок 5.2 — Настройка параметров отрисовки размеров

5.1.4. Простановка шероховатости

Простановка обозначения шероховатости осуществляется командой "Шероховатость" . Введите необходимое обозначение знака шероховатости. В режиме редактирования текста с помощью контекстных меню введите необходимые значения и условные обозначения (рисунок 5.2).

Чтобы создать обозначение неуказанной шероховатости, вызовите команду Вставка - Неуказанная шероховатость - Ввод.... На экране появится диалог настройки обозначения неуказанной шероховатости (рисунок 5.5), в котором можно задать надпись и параметры обозначения. Для редактирования размещения знака неуказанной шероховатости воспользуйтесь командой Вставка - Неуказанная шероховатость - Размещение.

5.1.5. Простановка допусков формы и взаимного расположения

Команда "База"  позволяет создать обозначение базовой поверхности. После выбора команды необходимо курсором указать поверхность или осевую линию.

Команда "Допуск формы"  позволяет создать обозначение допуска формы и расположения поверхности. Укажите точку вставки рамки допуска. По умолчанию в выбранную точку помещается левый нижний угол рамки. При этом в списке Базовая точка выбран вариант Слева внизу. Чтобы изменить положение рамки относительно точки вставки, разверните указанный список и выберите нужную строку.

Задание размерной надписи

Редактор Вставить Формат

Текст до

Символ
☒ Нет ☐ Ø ☐ □ ☐ R ☐ M ☐ Другой...

Значение 8525 ☐ Авто

Квалитет... Js7 ☐ Включить

Отклонения +0,30000 ± ☐ Включить
 -0,30000

Единица измерения

Текст после / ×45°

☐ Размер в рамке ☐ Размер в скобках
☐ Круглых ☐ Квадратных

☐ Подчеркнуть

8525

☐ Использовать по умолчанию

OK Отмена Справка >>

а) вид окна

Значение	8525	☐ Авто			
Квалитет...	Ряд Ra5	0,1	1,0	10	100
	Ряд Ra10	0,16	1,6	16	160
	Ряд Ra20	0,25	2,5	25	250
	Ряд Ra40	0,40	4,0	40	400
Отклонения	±	0,63	6,3	63	630

б) выбор стандартных значений

Выбор квалитета

Предпочтительные

H7	P7	H9	A11	H11
Js7	F8	C10	B11	
K7	H8	D10	C11	
N7	E9	H10	D11	

Основные

H0	Js1	G4	Js5	H6	P6	S7	K8
Js0	H2	H4	K5	Js6	F7	T7	M8
H01	Js2	Js4	M5	K6	G7	D8	N8
J01	H3	G5	N5	M6	M7	E8	U8
H1	Js3	H5	G6	N6	R7	Js8	D9

Дополнительные

Js01	K4	P4	F5	R5	E6	FG6	S6
F4	M4	E5	FG5	S5	EF6	J6	T6
FG4	N4	EF5	P5	D6	F6	R6	U6

Значение 8525,000 Отклонения Верхнее +0,30000 Нижнее -0,30000

Подбор квалитета
 Отклонения
 Верхнее
 Нижнее

Показать квалитеты для
☒ отверстия ☐ вала

Подобрать

OK Отмена Справка

в) выбор квалитета

Рисунок 5.3 — Задание размерной надписи

Введите текст

1 2 3 4

1 /

2 Ra 1000 100 10,

3 Rz 800 80 8,0

4 Rmax 630 63 6,3

500 50 5,0

400 40 4,0

320 32 3,2

250 25 2,5

OK Отмена

Рисунок 5.4 — Ввод параметров шероховатости

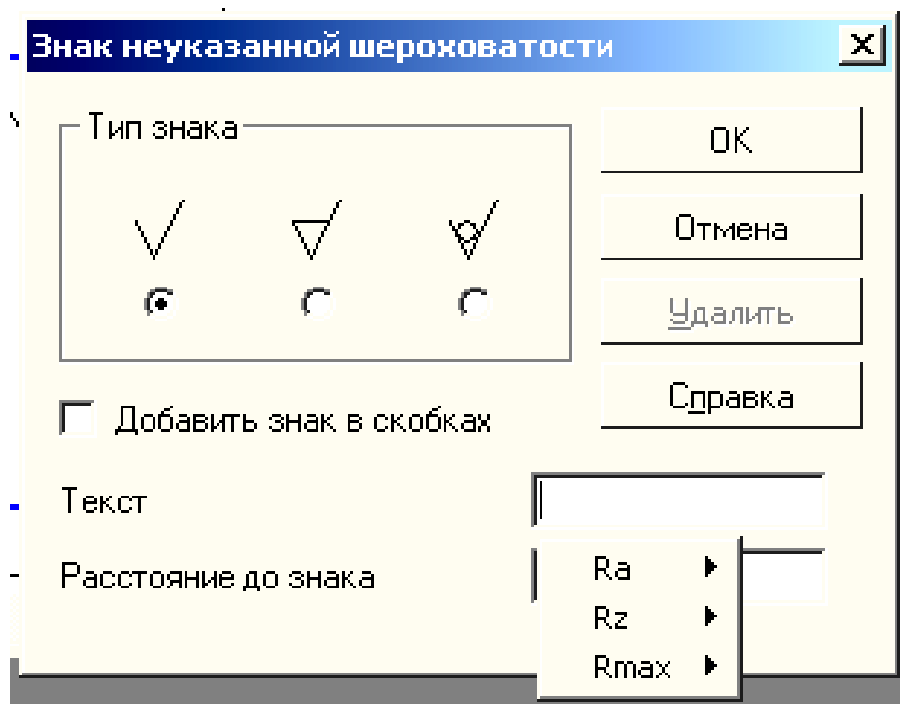


Рисунок 5.5 — Ввод параметров неуказанной шероховатости

Чтобы включить вертикальное расположение рамки, активизируйте опцию Вертикально.

Доступно два способа формирования таблицы допуска формы и расположения поверхности: полуавтоматический и ручной.

Чтобы создать таблицу допуска в полуавтоматическом режиме, нажмите кнопку Таблица на Панели свойств. На экране появится диалог создания таблицы, в котором можно выбрать нужные параметры для ввода в ячейки (рисунок 5.6). Чтобы сформировать таблицу допуска в ручном режиме, щелкните мышью в поле Текст на Панели свойств.

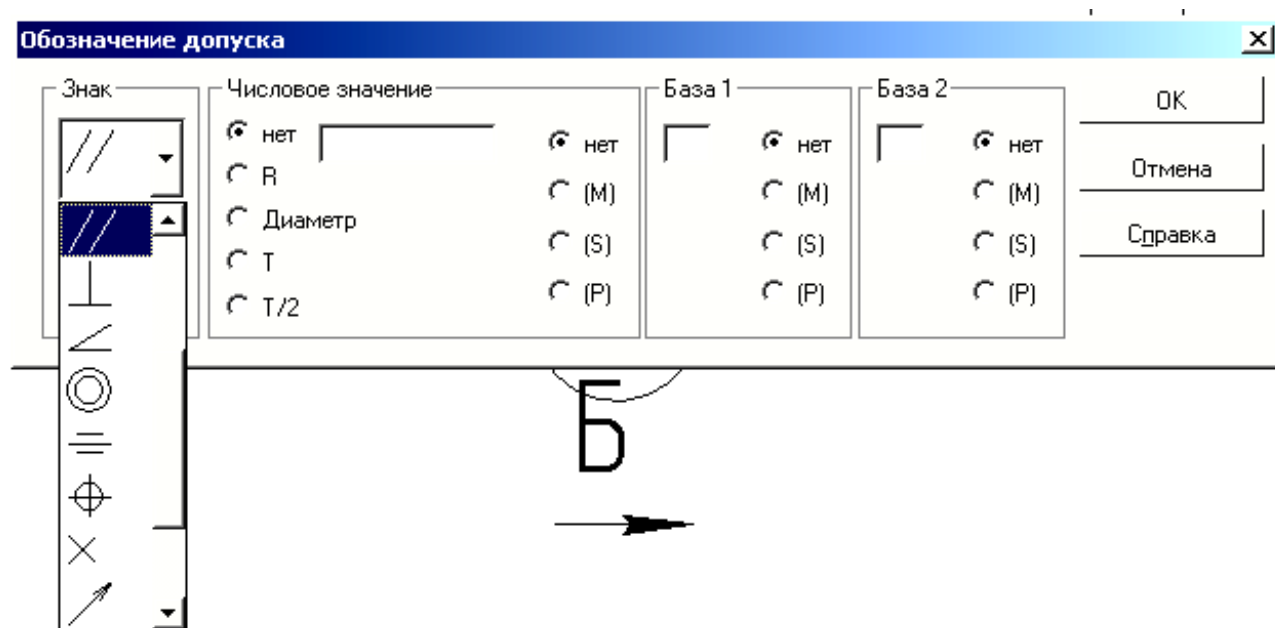


Рисунок 5.6 — Редактирование таблицы допуска

На экране появится диалог ввода и редактирования надписи допуска формы. В нем можно сформировать таблицу произвольной конфигурации, ввести и отформатировать нужные символы в ее ячейках.

Завершив формирование таблицы в том или ином диалоге, нажмите кнопку ОК. На экране появится созданная таблица допуска формы и расположения.

Таблица, созданная в полуавтоматическом режиме, может быть в любое время отредактирована в ручном режиме. Например, возможно сочетание полуавтоматического ввода и ручного форматирования текстов в ячейках.

Для создания соединительной линии между таблицей допуска и поверхностью используются команды "Ответвление со стрелкой"  и "Ответвление с треугольником"  в панели специального управления.

5.3. Порядок выполнения работы

- 1) Создать Компас-Чертеж, настроить формат чертежа А3.
- 2) Произвести разработку основных видов детали, используя при необходимости прикладные библиотеки.
- 3) Создать местные виды элементов детали, прикладные библиотеки.
- 4) Проставить обозначения видов, сечений.
- 5) Проставить размеры деталей, с указанием квалитетов и предельных допусков.
- 6) Проставить параметры шероховатости поверхностей и неуказанной шероховатости.
- 7) Проставить обозначения допусков формы и взаимного.
- 8) Заполнить технические требования.
- 9) Заполнить основную надпись.

5.4. Содержание отчета

- 1) Ответы на контрольные вопросы;
- 2) Рабочий чертеж детали.

5.5. Контрольные вопросы.

- 1) Какие библиотеки могут использоваться при разработке рабочих чертежей деталей?
- 2) Как указать поле квалитет допуска и предельные отклонения размера?
- 3) Как ввести и отредактировать обозначение неуказанной шероховатости?
- 4) Как вызывается контекстное меню при вводе обозначений?
- 5) Как использовать текстовые шаблоны для заполнения технических требований?
- 6) Как ввести обозначение материала и сортамента?

6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММ С ПОМОЩЬЮ ПРОЦЕССОРА ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ MS EXCEL

Цель работы: – изучить основные функции процессора;
– изучить построение диаграмм.

6.1. Теоретический раздел

6.1.1. Построение диаграмм

Диаграммы являются средством наглядного представления данных и облегчают выполнение сравнений, выявление закономерностей и тенденций данных. Диаграмму можно создать на отдельном листе или поместить в качестве внедренного объекта на лист с данными.

Чтобы создать диаграмму, необходимо сначала ввести для нее данные на листе. После этого, выделив эти данные, следует воспользоваться мастером диаграмм для пошагового создания диаграммы, при котором выбираются ее тип и различные параметры. Или используйте для создания основной диаграммы панель инструментов **Диаграмма**, которую впоследствии можно будет изменить.

Диаграмма связана с данными, на основе которых она создана, и обновляется автоматически при изменении данных.

Диаграммы состоят из следующих элементов.

1) Оси диаграммы. Количество осей зависит от типа диаграммы. Для точечной диаграммы возможно создать основные и дополнительные оси X и Y. В параметрах оси можно изменить максимальное и минимальное значение, порядок, точку пересечения осей и т.п.

2) Маркер данных. Каждый маркер соответствует одному значению данных листа. Маркеры данных одного цвета представляют один ряд данных. Для точечной диаграммы ряд данных представляется в виде кривой или ломанной.

3) Линии сетки. Microsoft Excel создает значения на оси из данных рабочего листа. Основные линии обозначают основные интервалы на оси. На диаграмме можно отобразить и промежуточные линии, обозначающие интервалы внутри основных интервалов.

4) Имена категорий. Excel использует заголовки столбцов или строк данных в качестве имен рядов данных.

5) Имена рядов данных диаграммы. Excel использует заголовки столбцов или строк данных в качестве имен рядов данных. Имена рядов отображаются в легенде диаграммы.

При удержании указателя на элементе диаграммы появляется подсказка с названием данного элемента. Например, при наведении указателя на легенду появляется подсказка, содержащая слово "Легенда".

Линии тренда позволяют графически отображать тенденции данных и прогнозировать их дальнейшие изменения. Подобный анализ называется также регрессионным анализом. Используя регрессионный анализ, можно продлить линию тренда в диаграмме за пределы реальных данных для предсказания будущих значений. Например, приведенная ниже диаграмма использует простую линейную линию тренда, которая является прогнозом на четыре квартала вперед, для демонстрации тенденции увеличения дохода.

Существует шесть различных видов линий тренда (аппроксимация и сглаживание), которые могут быть добавлены на диаграмму Microsoft Excel. Способ следует выбирать в зависимости от типа данных.

Создание вспомогательных осей:

2 Y : ГРАФИК – "ФОРМАТ РЯДОВ ДАННЫХ" – "ПО ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ОСИ".

2 X: "ДИАГРАММА" – "ПАРАМЕТРЫ ДИАГРАММЫ" – "ОСИ" – "ПО ВСПОМОГАТ. ОСИ X (ГАЛОЧКА)"

Добавление данных на имеющийся график

"ДИАГРАММА" – "ДОБАВИТЬ ДАННЫЕ" – "НОВЫЕ ДАННЫЕ (перейти на лист и указать диапазон новых данных, с помощью CTRL, можно указать не лежащие рядом столбцы)" – "СПЕЦИАЛЬНАЯ ВСТАВКА"

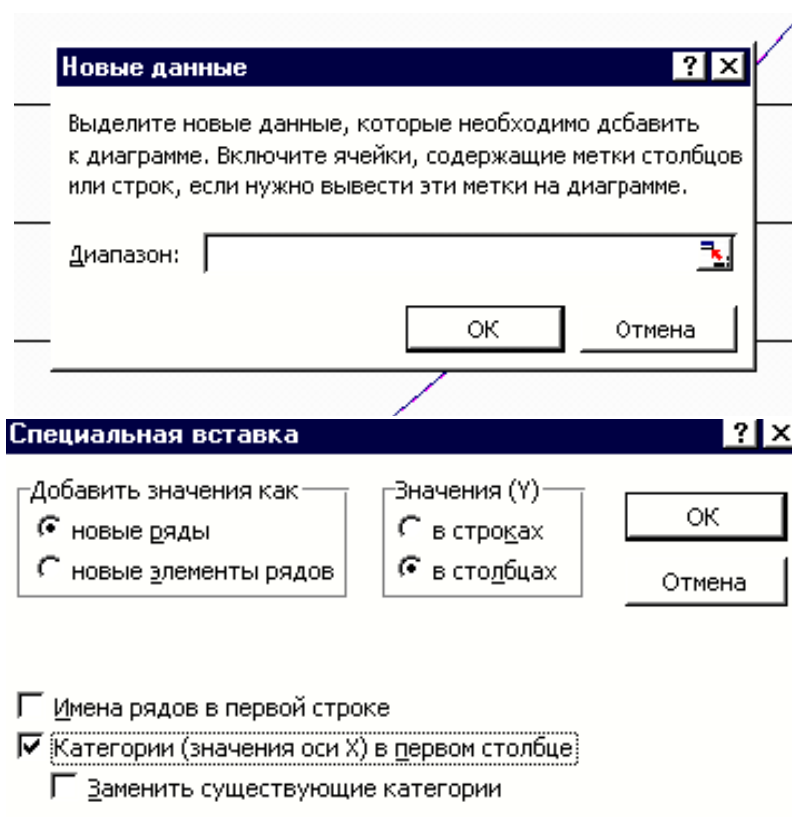


Рисунок 6.1 – Добавление данных

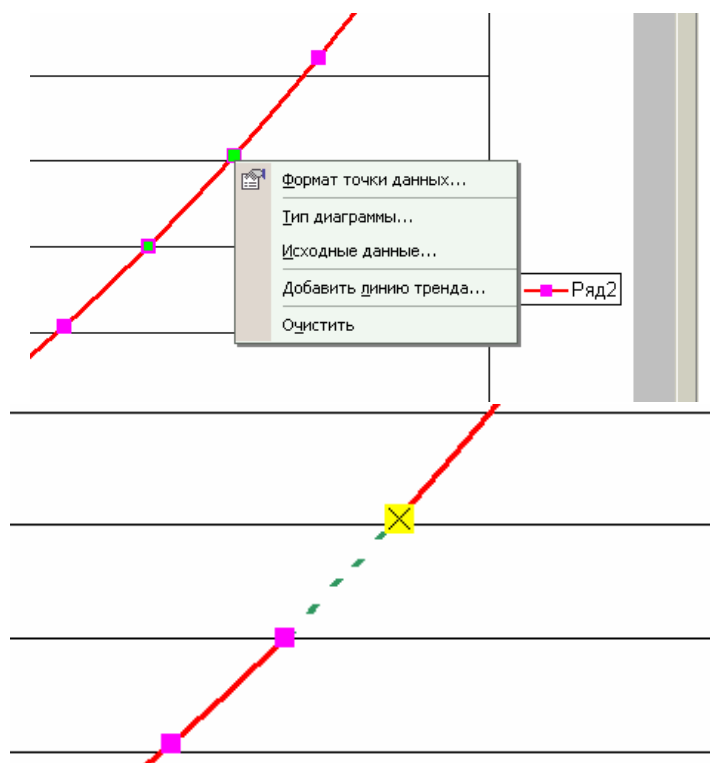


Рисунок 6.2 – Редактирование вида графика

6.1.2. Решение уравнений

Простые уравнения можно решать итерационными приближениями с помощью функции "Подбор параметра", находящейся в закладке "Сервис".

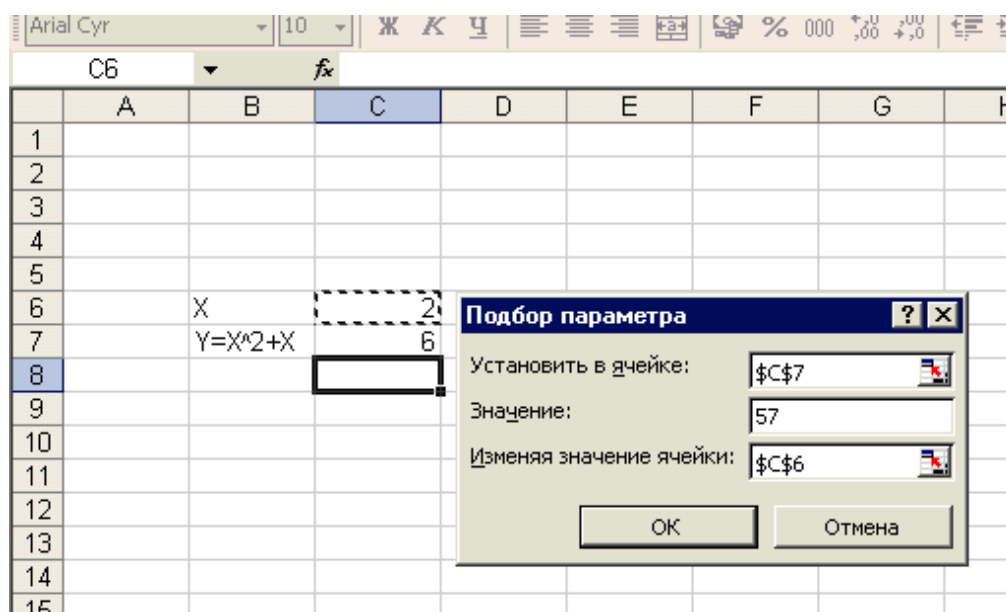


Рисунок 6.3 – Решение уравнений с помощью функции подбор параметра

В окне "Установить в ячейке" должно быть число, в изменяемой ячейке – функция.

Для более точного решения можно воспользоваться надстройкой "Поиск решения". Для загрузки надстроек надо выполнить следующие операции:

"Сервис" – "Надстройка..." – Выбрать надстройку – "ОК". После этого вызвать надстройку: "Сервис" – "Надстройка" – "Поиск решения".

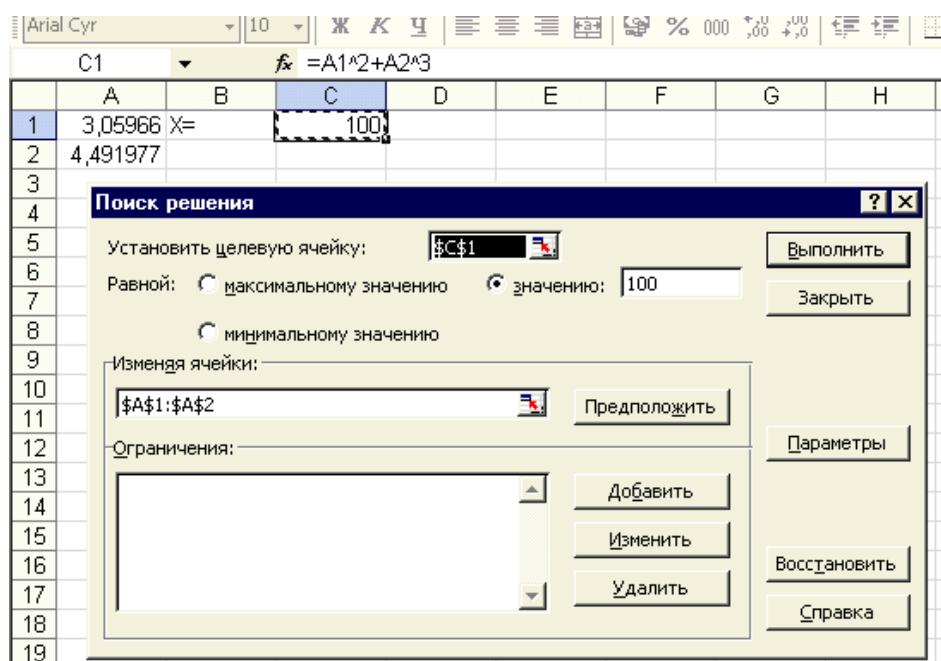


Рисунок 6.4 – Решение уравнений с помощью функции подбор параметра
Надстройка позволяет добавить ограничения на решения. Таким образом возможно решать простые системы уравнений и неравенств.

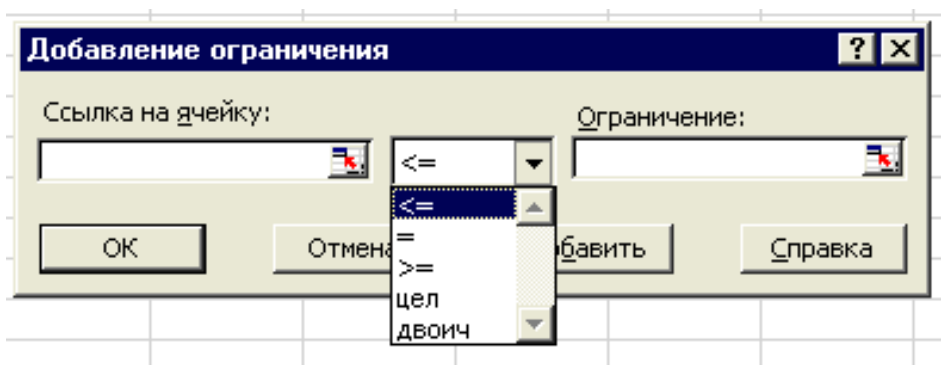


Рисунок 6.5 – Добавление ограничений

6.2. Практическая часть

Необходимо построить рассчитать параметры и построить графики внешней скоростной характеристики и динамического фактора автомобиля, заданного преподавателем.

Необходимую эффективную мощность двигателя проектируемого автомобиля определяют по указанным в технической характеристике величинами V_{max} , G_a из уравнения мощностного баланса при движении автомобиля с максимальной скоростью,

$$N_v = \frac{\psi_v G_a V_{\max} + kF V_{\max}^3}{1000 \eta_M}, \quad (6.1)$$

где ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля;

G_a – сила тяжести от полной массы автомобиля, Н (см. техническая характеристика автомобиля);

$V_{\max}$ – максимальная скорость автомобиля, м/с;

$kF=W$ – фактор сопротивления воздуха, Нс²/м²;

η_M – механический КПД трансмиссии (легковые автомобили $\eta_M = 0.88 - 0.92$, грузовые автомобили $\eta_M = 0.75 - 0.85$).

Скоростная характеристика, полученная при полном дросселе (бензиновый двигатель) или при положении рейки топливного насоса, соответствующем номинальной мощности называется внешней скоростной характеристикой. Любая скоростная характеристика полученная при других положениях органов управления называется частичной скоростной характеристикой.

Мощность N_v соответствует частоте вращения коленчатого вала двигателя ω_v , при которой скорость движения автомобиля будет максимальной.

У дизелей максимальную частоту вращения поддерживает регулятор, обеспечивая равенство $\omega_N = \omega_v$, $N_{\max} = N_v$, где $N_{\max}$ – максимальная мощность двигателя; ω_N – частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности.

Частоту вращения при максимальной мощности можно принимать по прототипу или из диапазона $\omega_N = 220...260 \text{ с}^{-1}$.

В карбюраторных двигателях легковых автомобилей и автобусов малых классов (без ограничителя частоты вращения) частота вращения ω_v определяется равенством мощности N_T , которая подводится к ведущим колёсам автомобиля и суммой мощностей N_K и N_B , которые необходимы для преодоления автомобилем сопротивления дороги и воздуха. При этом N_v меньше чем $N_{\max}$, а ω_v больше чем ω_N . При проектировании принимают $N_{\max} \approx 1,1 N_v$; $\omega_N = 440...580 \text{ с}^{-1}$.

Значение максимальной частоты вращения при этом уточняется после построения кривой мощности.

Для карбюраторных двигателей грузовых автомобилей и автобусов с ограничителями частоты мощность при максимальных оборотах будет равна эффективной мощности $N_{\max \text{ об}} = N_v$.

Рекомендуется построить полную кривую мощности, указав пунктиром участок после включения ограничителя частоты вращения. Значение частоты включения ограничителя принимается сначала ориентировочно по прототипу

или из рекомендуемого диапазона, затем после построения кривой мощности окончательно уточняется.

При построении кривой мощности двигателя с ограничителем частоты вращения принимают: $\omega_{\text{Ноб}}=310\ldots330 \text{ с}^{-1}$; $\omega_N=1,03\ldots1,04\omega_{\text{Ноб}}$; $\omega_{\text{max}}=1,15\ldots1,20\omega_N$; $N_{\text{max}}=1,01\ldots1,02 N_V$.

В лабораторной работе необходимо построить графики изменения мощности, крутящего момента и удельного расхода топлива, по приближённым формулам:

$$N_i = N_{\text{max}} \frac{\omega_i}{\omega_N} \left[a + b \frac{\omega_i}{\omega_N} - c \left(\frac{\omega_i}{\omega_N} \right)^2 \right]; \quad (6.2)$$

$$M_k = 1000 \frac{N}{\omega}; \quad (6.3)$$

$$g = g_N k_N, \quad (6.4)$$

где N_{max} – максимальная мощность двигателя,

ω_i – текущие значения частоты вращения коленчатого вала двигателя, с^{-1} .

Необходимо принять 10 значений в промежутке от $\omega_{\text{min}}=80 \text{ с}^{-1}$ до ω_{max} .

ω_N – частота вращения при максимальной мощности, с^{-1} (для карбюраторного двигателя грузового автомобиля $\omega_N = \omega_{\text{Ноб}}$);

N , M_k , g – последовательные значения соответственно мощности, кВт, крутящего момента Н·м и удельного расхода топлива г/(кВт·ч) в зависимости от текущего значения частоты вращения;

a , b , c – постоянные коэффициенты, зависят от типа двигателя (таблица 6.2);

k_N – коэффициент колебания мощности двигателя для требуемого расхода горючего соответственно, зависят от типа двигателя (таблица 6.3);

g_N – удельный расход горючего при максимальной мощности двигателя, $g_N = 330\ldots360 \text{ г/(кВт·ч)}$ для бензиновых двигателей, $g_N=220\ldots240 \text{ г/(кВт·ч)}$ – для дизелей.

Таблица 6.1 – Значение коэффициентов a и b

Коэффициент	Тип двигателя			
	карбюраторный		дизельный	
	легкового автомобиля или автобуса	грузового автомобиля	грузового автомобиля или автобуса	Легкового автомобиля
a	0,9	1,0	0,7	0,8
b	1,1	1,0	1,3	1,2

Таблица 6.2 – Зависимости для коэффициентов k_N и k_ω

Двигатель Коэффициент	Дизельный	Карбюраторный
k_N	$1,2 + 0,14N - 1,8N^2 + 1,46N^3$	$3,27 - 8,22N + 9,13N^2 - 3,18N^3$

Результаты расчетов для построения скоростной внешней характеристики двигателя сводят в таблице 6.3.

Таблица 6.3 - Параметры внешней скоростной характеристики двигателя

$\omega_i, \text{с}^{-1}$										
$X_i = \omega_i / \omega_N$										
$n = 30\omega_i / \pi, \text{об/мин}^{-1}$										
$N_i, \text{кВт}$										
$M_{ki}, \text{Н м}$										
k_N										
k_ω										
$g_i, \text{г/(кВт*час)}$										

Минимальное передаточное число назначают из условия обеспечения заданной максимальной скорости движения автомобиля:

$$U_{TP_{\min}} = \frac{\omega_{\max} \cdot R_k}{V_{\max}}, \quad (6.5)$$

где $\omega_{\max}$ – частота оборотов коленчатого вала двигателя при движении с максимальной скоростью, $1/\text{с}$;

$V_{\max}$ – максимальная скорость автомобиля, м/с ;

R_k – динамический радиус качения колеса, м ;

одновременно

$$U_{TP_{\min}} = U_{K_{\min}} \cdot U_{DK_{\min}} \cdot U_0, \quad (6.6)$$

где $U_{K_{\min}}$ – минимальное передаточное число коробки передач;

$U_{DK_{\min}}$ – минимальное передаточное число дополнительной коробки (раздаточная коробка, демультипликатор коробки передач); если ее нет принимают $U_{gk_{\min}} = 1.0$;

U_0 – передаточное число главной передачи.

Минимальное передаточное число коробки передач и дополнительной коробки можно принять по прототипу.

Если применяется основная коробка передач с наивысшей прямой пере-

дачей, то принимают $U_{kmin}=1.0$. Для двухвальных коробок передач (легковые переднеприводные автомобили) можно принимать $U_{kmin}=0,7...0,96$. Если на грузовых автомобилях используется основная коробка передач вместе с дополнительной коробкой (демультипликатором, делителем передач), можно принять $U_{kmin}=0,71...0,82$.

Минимальные передаточные числа раздаточных коробок современных грузовых автомобилей лежат в диапазоне $U_{ДКmin} = 1,0...1,4$.

Приняв U_{kmin} и $U_{ДКmin}$, вычисляют

$$U_0 = \frac{U_{mp\ min}}{U_{k\ min} \cdot U_{ДК\ min}}, \quad (6.7)$$

Максимальное передаточное число трансмиссии определяется из необходимости соблюдения следующих двух условий.

Условие преодоления максимального дорожного сопротивления:

$$U_{TPmax}^1 = \frac{\psi_{max} \cdot G_a \cdot R_K}{M_{k\ max} \cdot \eta_M}, \quad (6.8)$$

где ψ_{max} – максимальное значение коэффициента сопротивления дороги. Принимают в зависимости от типа автомобиля: $\psi_{max}=0,35...0,5$ – для легковых автомобилей; $\psi_{max}=0,25...0,35$ – автобусов и грузовых автомобилей, предназначенных для междугородних сообщений; $\psi_{max}=0,35...0,45$ – для грузовых автомобилей общего назначения; $\psi_{max}=0,45...0,55$ – для автомобилей повышенной проходимости; $\psi_{max}=0,18...0,4$ – для автопоездов.

M_{kmax} – максимальное значение крутящего момента двигателя по внешней скоростной характеристике двигателя, Нм.

Условие полного использования сцепной массы

$$U_{TPmax}^2 = \frac{\varphi \cdot G_{сц} \cdot R_K}{M_{k\ max} \cdot \eta_M}, \quad (6.9)$$

где $\varphi = 0,6...0,9$ – коэффициент сцепления колес с полотном дороги, (принимается для сухого шоссе);

$G_{сц}$ – сцепной вес автомобиля, вес от полной массы автомобиля, приходящийся на ведущие колеса. Для полноприводных автомобилей $G_{сц}=G_a$; для автомобилей с колесной формулой 4×2; $G_{сц}=\alpha_2 G_2$; для автомобилей с колесной формулой 6×4 $G_{сц}=\alpha_2 (G_2 + G_3)$; для переднеприводных $G_{сц}=\alpha_1 G_1$; где α_1 и α_2 – коэффициенты перераспределения масс: $\alpha_1 = 0,8...0,9$; $\alpha_2 = 1,1...1,3$.

Если $U_{TPmax}^1 > U_{TPmax}^2$, то целесообразно увеличить сцепную массу. Если сцепную массу увеличить не возможно, то принимается передаточное число вычисленное по второму условию. При этом автомобиль не сможет преодолевать заданное дорожное сопротивление.

Для неполноприводных автомобилей максимальное передаточное число трансмиссии равно:

$$U_{TP\max} = U_{K1} \cdot U_{ДК\max} \cdot U_0, \quad (6.10)$$

для полноприводных автомобилей с раздаточной коробкой, вычисленная величина передаточного числа будет соответствовать максимальному передаточному числу трансмиссии при включенной повышенной передаче раздаточной коробки:

$$U_{TP\max} = U_{K1} \cdot U_{ДК\min} \cdot U_0, \quad (6.11)$$

где U_{K1} – передаточное число первой передачи коробки передач;

$U_{ДК\max}$ – максимальное передаточное число дополнительной коробки передач. Для коробок передач с демультипликатором можно принять по прототипу. Если дополнительная коробка передач отсутствует $U_{ДК\max}=1,0$.

Передаточное число первой передачи рассчитывается из формул (6.10, 6.11).

Если передаточные числа в коробке передач подбирать по закону геометрической прогрессии, то количество передач находят из выражения:

$$n = \frac{\log U_{k\min} - \log U_{k1}}{\log q} + 1, \quad (6.12)$$

где q – знаменатель геометрической прогрессии, $q = \omega_M / \omega_{N\text{ об}}$ – для грузовых автомобилей и автобусов с карбюраторными двигателями с ограничителем частоты вращения; $q = \omega_M / \omega_{\max}$ – для легковых автомобилей и автобусов с карбюраторными двигателями, без ограничителя частоты вращения; $q = \omega_M / \omega_N$ – для автомобилей с дизельным двигателем.

В том случае, когда наивысшая передача прямая, передаточные числа промежуточных передач находятся из выражения:

$$U_{kj} = \sqrt[n-1]{U_{k1}^{n-j}}, \quad (6.13)$$

где j - порядковый номер промежуточной передачи; n - число передач в коробке.

Если же прямая передача предпоследняя, то

$$U_{kj} = \sqrt[n-2]{U_{k1}^{n-1-j}}. \quad (6.14)$$

Передаточное число задней передачи обычно принимается близким к U_{K1} . При расчете числа зубьев зубчатых колес передаточные числа трансмиссии уточняются.

Используя передаточные отношения трансмиссии заданного автомобиля

строим динамическую характеристику в координатах $V_a - D$, где D – динамический фактор:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}, \quad (6.15)$$

где P_T – сила тяги на ведущих колесах, Н;

P_B – сила сопротивления воздуха, Н;

G_a – вес автомобиля, Н.

Сила тяги на ведущих колесах, Н

$$P_T = \frac{M_{KP} \cdot U_{Ti} \cdot \eta_{TP}}{r_K}, \quad (6.16)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент двигателя, берется по внешней скоростной характеристике Н·м;

$U_{Ti} = U_{Ki} \cdot U_{IKi} \cdot U_0$ – передаточное число трансмиссии на i -той передаче;

$$\eta_{TP} = 0.8 - 0.9 \text{ — КПД трансмиссии автомобиля;}$$

r_K – динамический радиус колеса, м.

Сила сопротивления воздуха движению автомобиля, Н

$$P_B = W \cdot V^2, \quad (6.17)$$

где w – фактор сопротивления воздуха, $\text{Нс}^2/\text{м}^4$;

V_a – скорость движения автомобиля, м/с. Можно рассчитать по формуле:

$$V_a = \frac{\omega}{U_{Ti}} \cdot r_K, \quad (6.18)$$

где $\omega = \frac{\pi \cdot n_e}{30}$ – циклическая частота вращения коленчатого вала двигателя, 1/с;

n_p – частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин.

Таблица 6.5 – Расчет динамических характеристик

[illegible]

.....

Передача i ($U_{i1} = U_{ki} * U_0$)										
U_{i1}										
$V_a, \text{ м/с}$										
$P_T, \text{ Н}$										
$P_B, \text{ Н}$										
$D1$										

Построить графики динамического фактора в координатах $V_a - D$

6.3. Содержание отчета

- 1) Основные теоретические сведения.
- 2) Результат расчетов.
- 3) Графики внешней скоростной характеристики и динамического фактора.

6.4. Контрольные вопросы

- 4) Порядок создания вспомогательных осей на диаграммах.
- 5) Порядок добавления данных на диаграмму.
- 6) Что такое линия тренда?
- 7) Как найти максимум (минимум) рассчитанной функции?
- 8) Как решить простейшие уравнения?

7. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ 3-D МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ АСКОН КОМПАС- ГРАФИК V10

Цель работы: – изучить основные функции построения;
– изучить построение диаграмм.

7.1. Теоретический раздел

7.1.1. Порядок работы при создании детали

Общепринятым порядком моделирования твердого тела является последовательное выполнение булевых операций (объединения, вычитания и пересечения) над объемными элементами (сферами, призмами, цилиндрами, конусами, пирамидами и т.д.). Пример выполнения таких операций показан на рисунке 7.1.

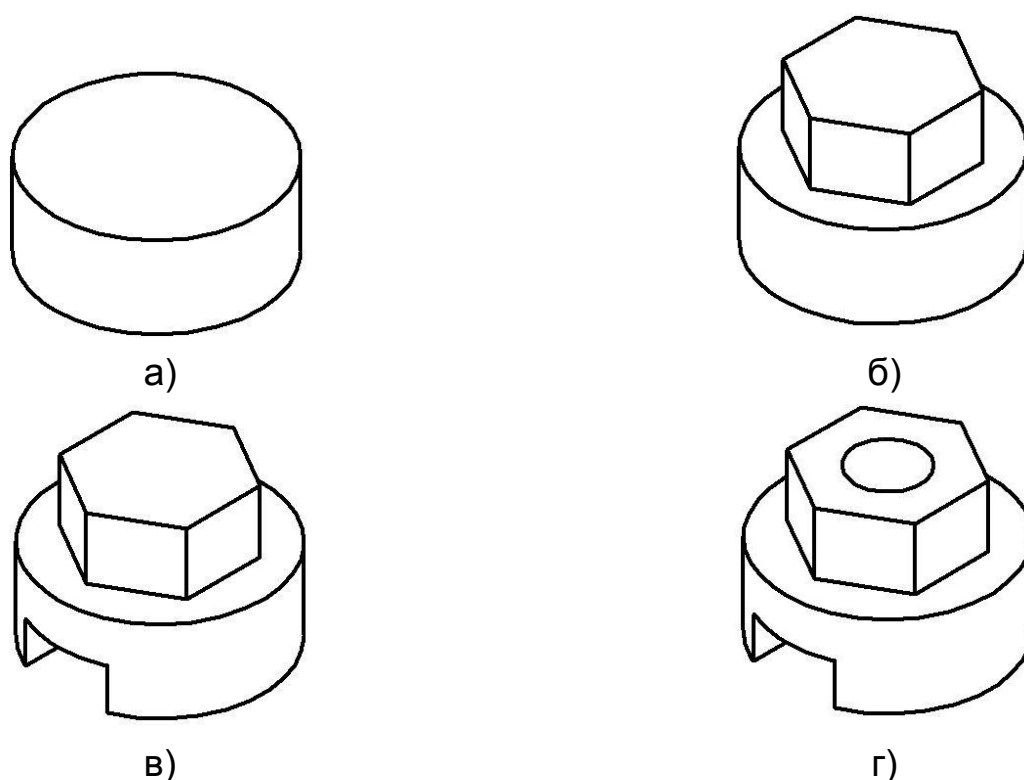


Рисунок 7.1 – Булевы операции над объемными элементами:
а) цилиндр; б) объединение цилиндра и призмы; в) вычитание призмы;
г) вычитание цилиндра

В КОМПАС-3D для задания формы объемных элементов выполняется такое перемещение плоской фигуры в пространстве, след от которого определяет форму элемента (рис. 7.2) (например, поворот дуги окружности вокруг оси образует сферу или тор, смещение многоугольника — призму, и т.д.).

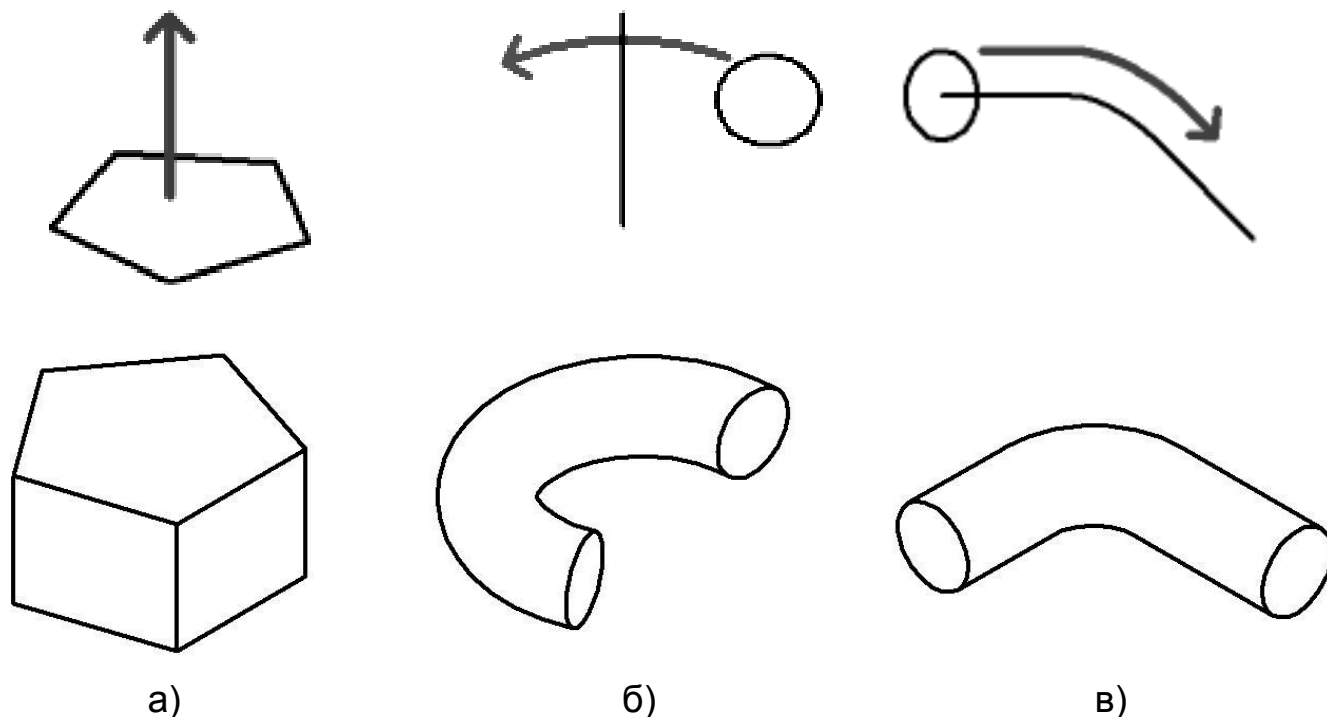


Рисунок 7.2 – Образование объемных элементов:
а) призмы, б) тора, в) кинематического элемента

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

Деталь может состоять из нескольких твердых тел. Над ними, в свою очередь, также могут производиться булевы операции.

7.1.2. Эскизы

Эскиз может располагаться в одной из ортогональных плоскостей координат, на плоской грани существующего тела или во вспомогательной плоскости, положение которой задано пользователем.

Эскиз изображается на плоскости стандартными средствами чертёжно-графического редактора КОМПАС-3D. При этом доступны все команды построения и редактирования изображения, команды параметризации и сервисные возможности. Единственным исключением является невозможность ввода некоторых технологических обозначений, объектов оформления и таблиц.

Эскиз может содержать текст. По окончании создания эскиза все тексты в нем преобразуются в один или несколько контуров, состоящих из кривых NURBS (нерегулярный рациональный B-сплайн).

В эскиз можно перенести изображение из ранее подготовленного чертежа или фрагмента. Это позволяет при создании трехмерной модели опираться на существующую чертёжно-конструкторскую документацию.

Как правило, эскиз представляет собой сечение объемного элемента. Реже эскиз является траекторией перемещения другого эскиза — сечения. Для создания объемного элемента подходит не любое изображение в эскизе. Оно должно подчиняться некоторым правилам.

Одним из основных понятий при описании эскиза является контур. Этот термин часто используется в сообщениях системы, а также в дальнейших разделах настоящего Руководства. Значение этого термина при работе с трехмерными моделями отличается от его значения при "плоском" черчении. Если при работе в графическом документе (фрагменте или чертеже) контур — это единый графический объект, то при работе в эскизе под контуром понимается любой линейный графический объект или совокупность последовательно соединенных линейных графических объектов (отрезков, дуг, сплайнов, ломаных и т.д.).

- Контур в эскизе не пересекаются и не имеют общих точек.
- Контур в эскизе изображается стилем линии "Основная".

7.1.3. Основные операции 3-D моделирования

Проектирование новой детали начинается с создания основания тела путем вставки в файл готовой модели детали или выполнения операции над эскизом (или несколькими эскизами).

При этом доступны следующие типы операций:

- 1) Выдавливание эскиза в направлении, перпендикулярном его плоскости (рис. 7.3).
- 2) Вращение эскиза вокруг оси, лежащей в его плоскости (рис. 7.4).
- 3) Кинематическая операция — перемещение эскиза вдоль указанной направляющей (рис. 7.5).

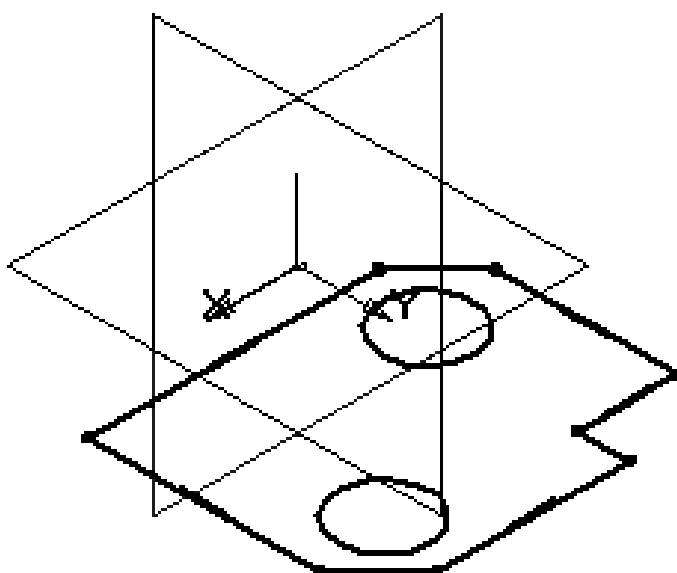
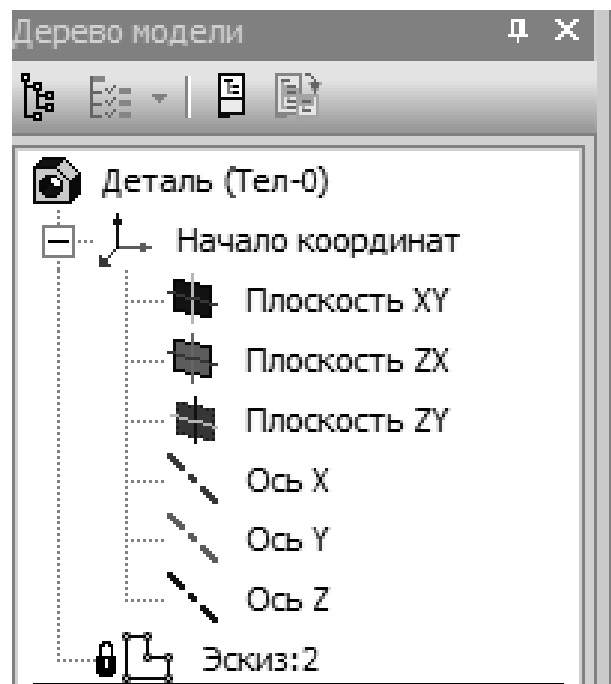
Операции выдавливания и вращения являются частными случаями кинематической операции. Очевидно, что при выдавливании траектория перемещения эскиза-сечения представляет собой отрезок прямой линии, а при вращении — дугу окружности (или полную окружность).

- 4) Построение тела по сечениям-эскизам (рис. 7.6).

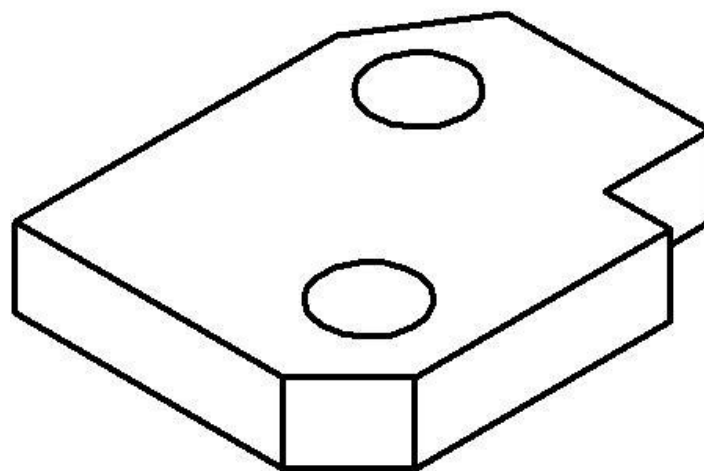
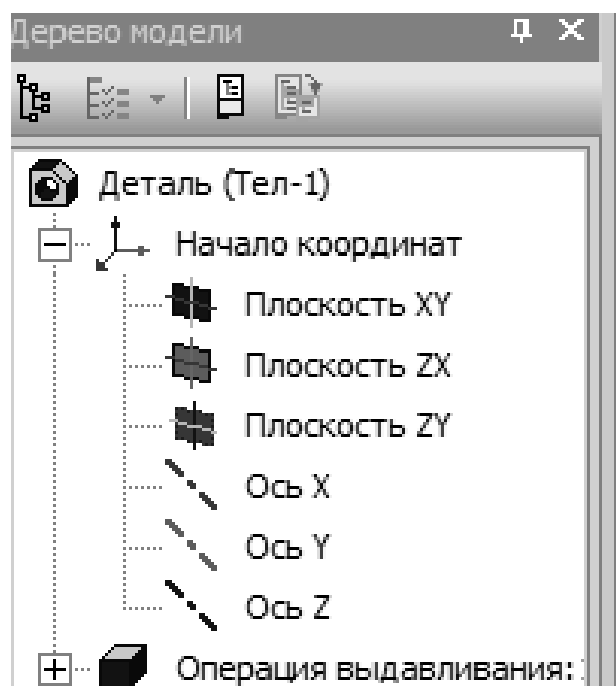
Каждая операция имеет дополнительные опции, позволяющие варьировать правила построения основания.

После создания основания тела производится «приклеивание» или «вырезание» дополнительных объемов. На рисунке 7.7 показана деталь, при создании которой бобышки и лапки приклеены к основанию тела, пазы и отверстия — вырезаны.

Каждый из них представляет собой элемент, образованный при помощи перечисленных выше операций над новыми эскизами. При выборе типа операции нужно сразу указать, будет создаваемый элемент вычитаться из основного объема или добавляться к нему. Примерами вычитания объема из тела могут быть различные отверстия, проточки, канавки, а примерами добавления объема — бобышки, выступы, ребра.

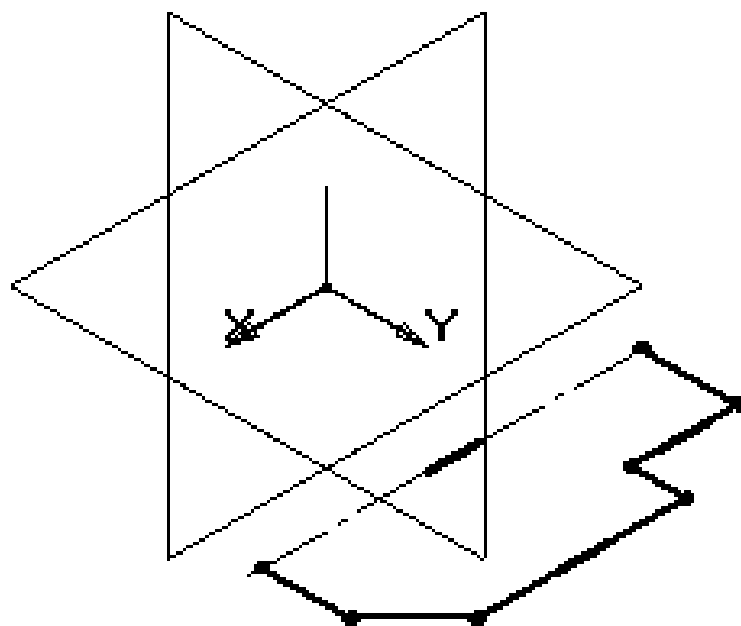
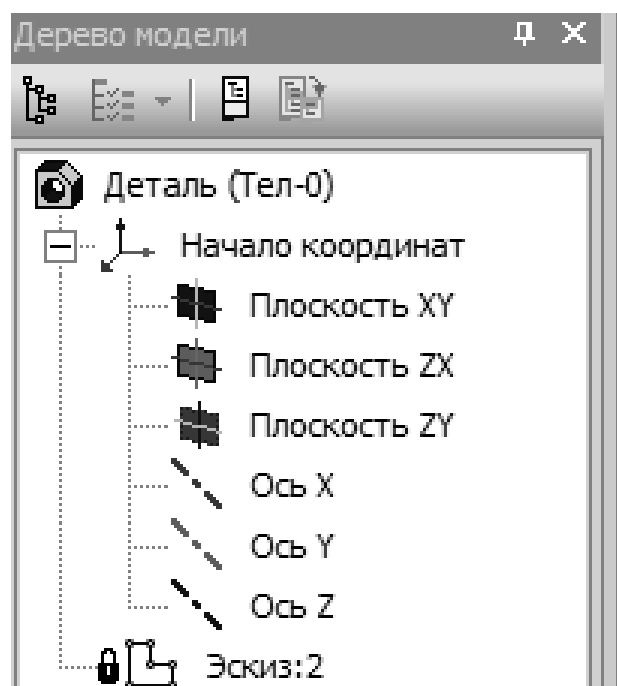


а)

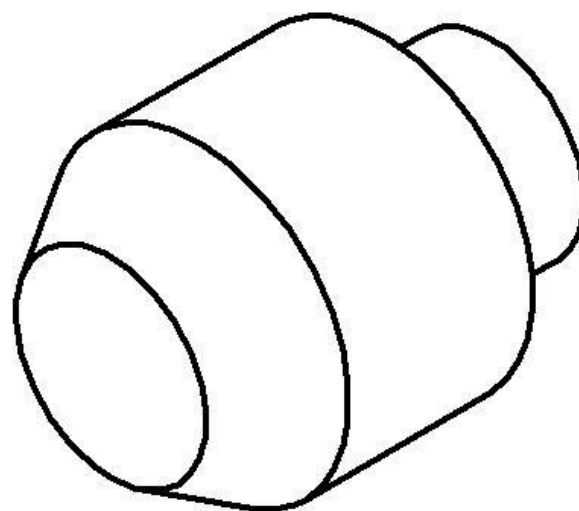
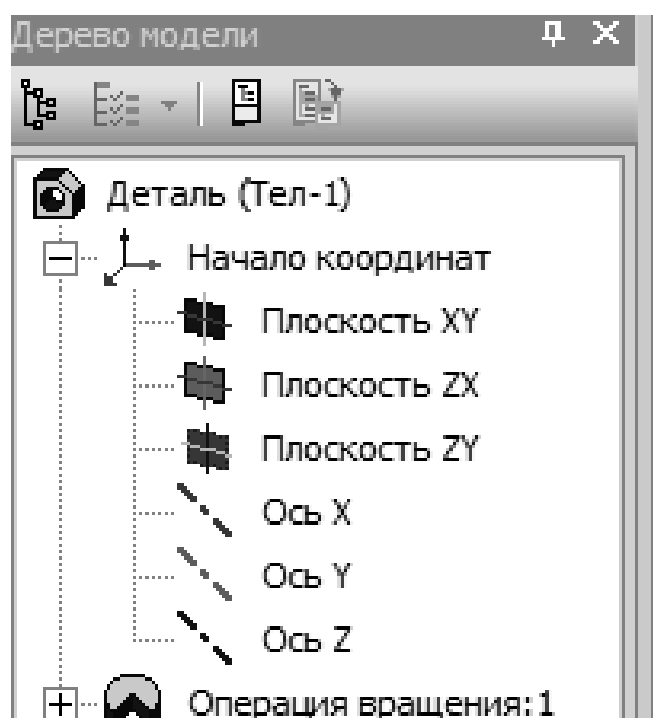


б)

Рисунок 7.3 – Эскиз (а) и элемент (б) , образованный операцией выдавливания

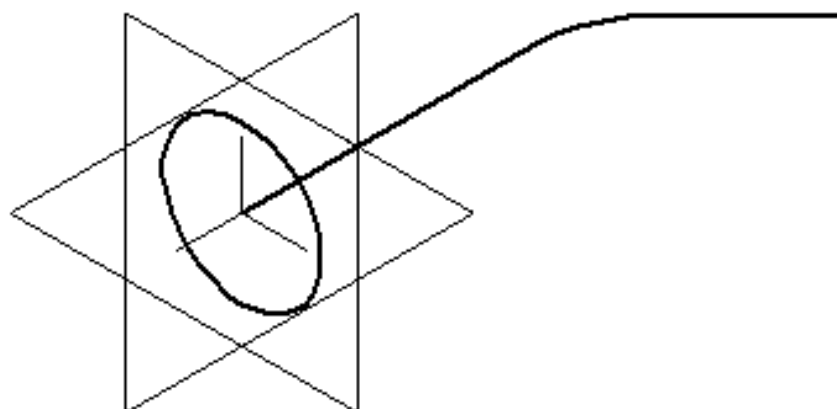
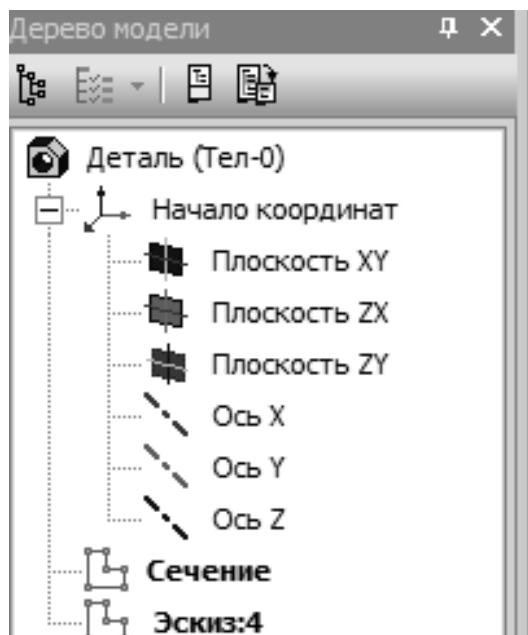


а)

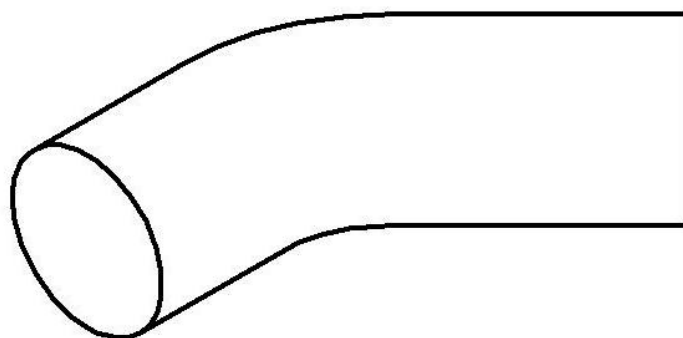
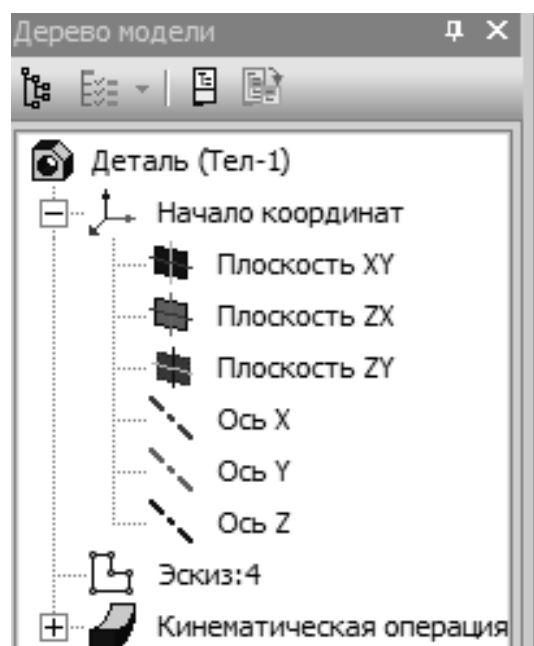


б)

Рисунок 7.4 – Эскиз (а) и элемент (б), образованный операцией вращения

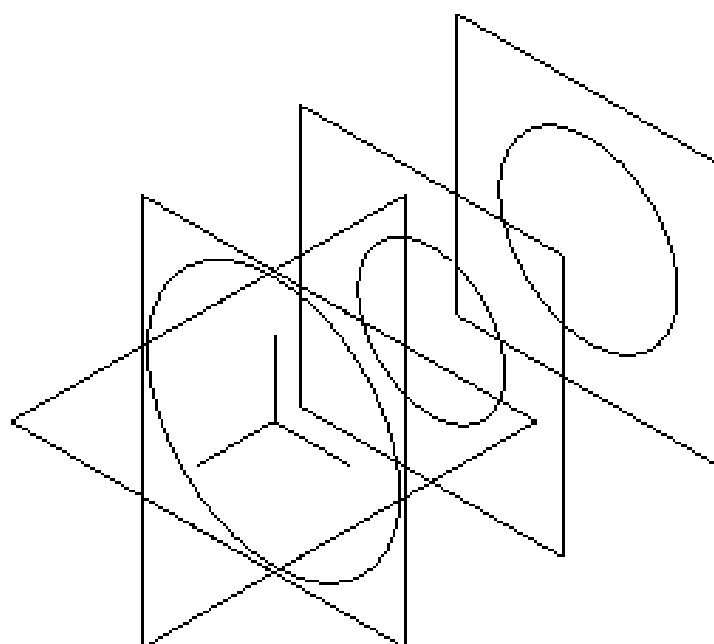
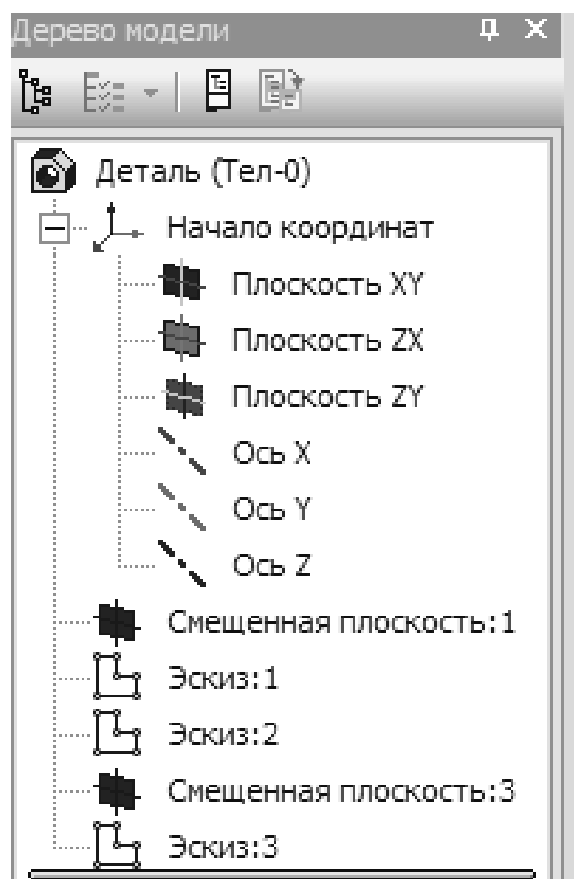


а)

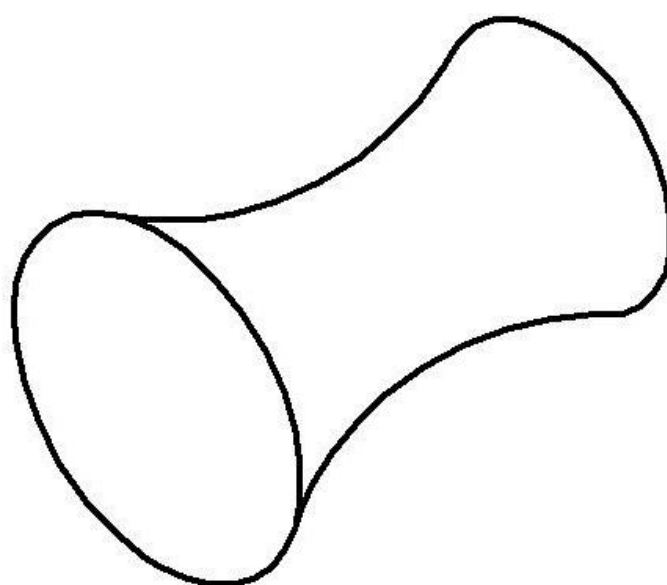
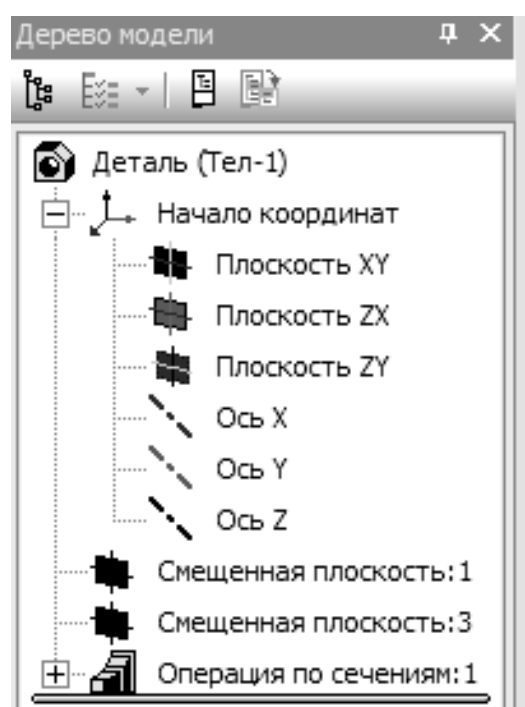


б)

Рисунок 7.5 – Эскизы (а) и элемент (б), образованный кинематической операцией



а)



б)

Рисунок 7.6 – Эскизы (а) и элемент (б), образованный операцией по сечениям

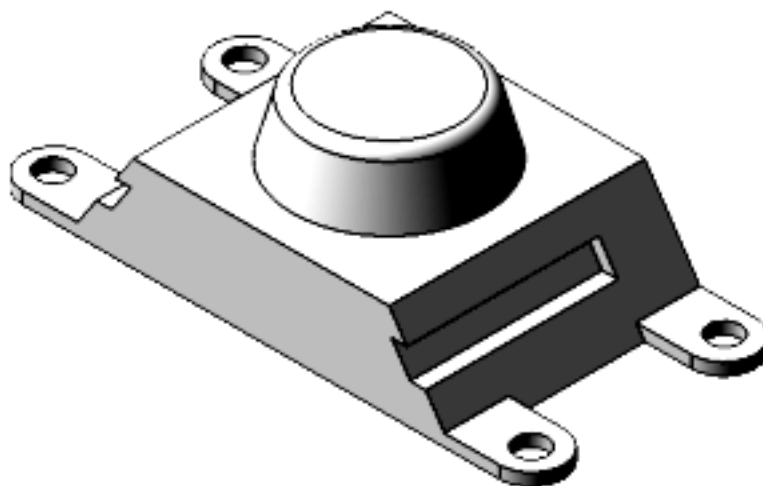


Рисунок 7.7 – Пример детали с приклеенными и вырезанными элементами

7.1.4. Создание файла модели

Для того чтобы создать новый файл трехмерной модели, необходимо вызвать команду "Файл – Создать".

В появившемся диалоге необходимо выбрать нужный тип документа – "Деталь" или "Сборка".

На экране откроется окно новой модели, изменится набор кнопок на "Панели управления", состав панелей инструментов и "Главного меню".

В окне новой модели находится "Дерево модели".

Дерево модели — это графическое представление набора объектов, составляющих модель. Корневой объект "Дерева" — сама модель, т.е. деталь или сборка. Пиктограммы объектов автоматически возникают в Дереве модели сразу после фиксации этих объектов в модели

7.1.5. Создание эскиза основания

Построение любого основания начинается с создания эскиза. Эскиз располагается на плоскости. Как правило, для построения эскиза основания выбирают одну из существующих в файле детали координатных плоскостей.

Перед созданием эскиза основания необходимо выделить в Дереве модели нужную плоскость.

Чтобы создать эскиз в выделенной плоскости, необходимо вызвать команду "Операции" — Эскиз или нажать кнопку Эскиз  на панели Текущее состояние. Команду Эскиз можно также вызвать из контекстного меню.

Когда создание эскиза закончено, необходимо вернуться в режим трехмерных построений.

Для этого необходимо вызвать из контекстного меню команду Эскиз или отожмите кнопку Эскиз на Панели управления.

Система перейдет в режим трехмерных построений.

В Дереве модели появится пиктограмма нового эскиза . Она будет выделена цветом. Эскиз будет подсвечен в окне модели

7.1.6. Выполнение формообразующей операции

После создания эскиза необходимо указать, каким способом требуется перемещать эскиз в пространстве для получения основания нужного типа, т.е. выбрать вид формообразующей операции.

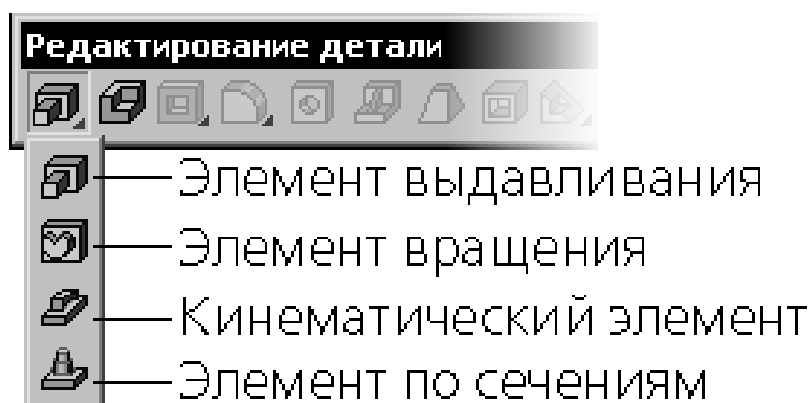


Рисунок 7.8. – Команды построения формообразующих элементов

Команды построения формообразующих элементов находятся в меню "Операции — Операция". Кнопки для их быстрого вызова сгруппированы на панели "Редактирование детали".

7.2. Порядок выполнения работы

В практической части работы необходимо создать деталь следующей конфигурации:

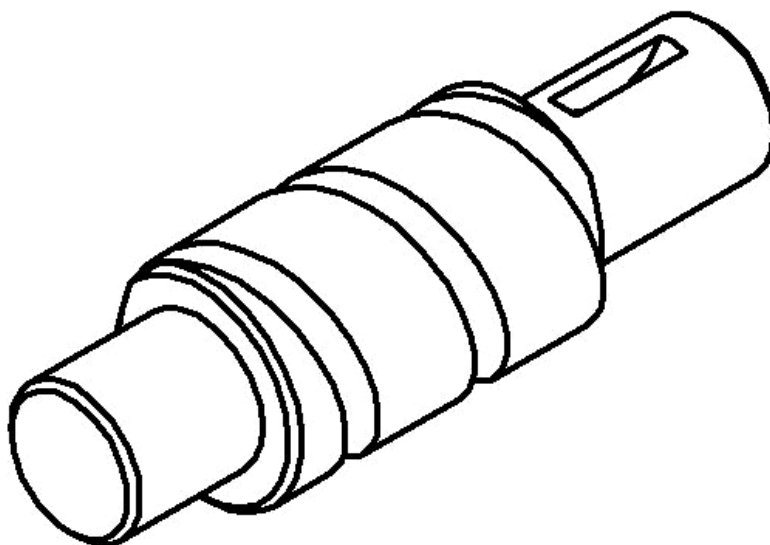


Рисунок 7.9 – Задание на моделирование

Деталь представляет собой ступенчатый вал со шпоночным пазом, четырьмя фасками и спиральной канавкой.

Перед началом работы необходимо проанализировать конфигурацию детали и определить с помощью какой операции можно сделать каждый элемент детали.

Очевидно, что вал является телом вращения, поэтому для создания основания надо использовать операцию "Вращение". Для шпоночного паза подходит операция "Вырезать выдавливанием", а для спиральной канавки операция "Вырезать кинематически". Фаски можно сделать как в эскизе основания, так и с помощью специального инструмента "Фаска".

Построение модели производится в следующем порядке.

1) Создать новый файл трехмерной модели с помощью команды "Файл — Создать — Деталь".

Выделить в дереве модели плоскость ZX:

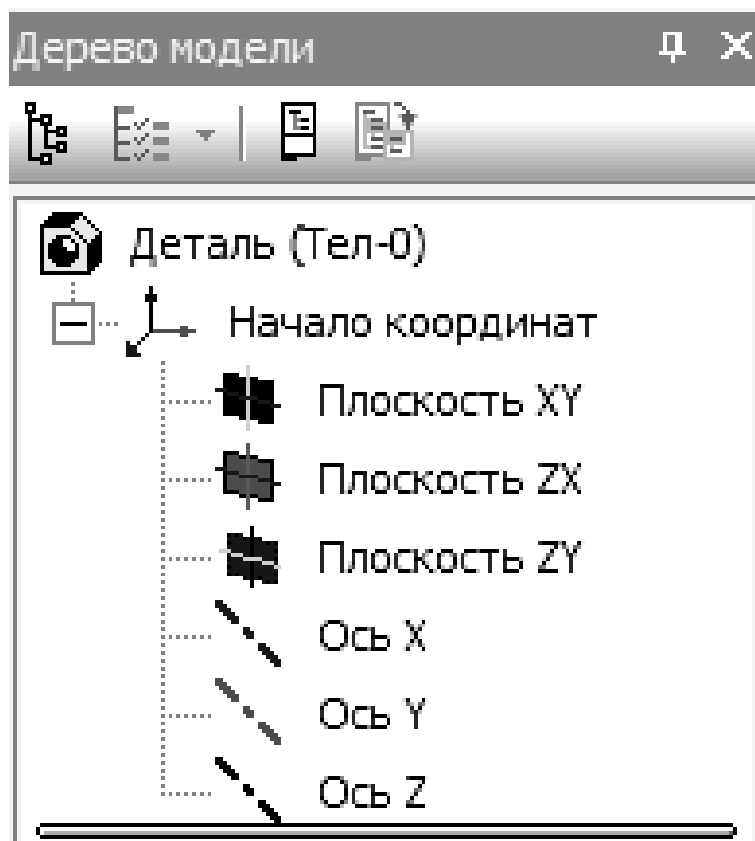


Рисунок 7.10 – Дерево модели

В этой плоскости создать эскиз основания с помощью команды "**Операции — Эскиз**" или кнопки "**Эскиз**"  на панели Текущее состояние. Размеры приведены на рисунке 7.11.

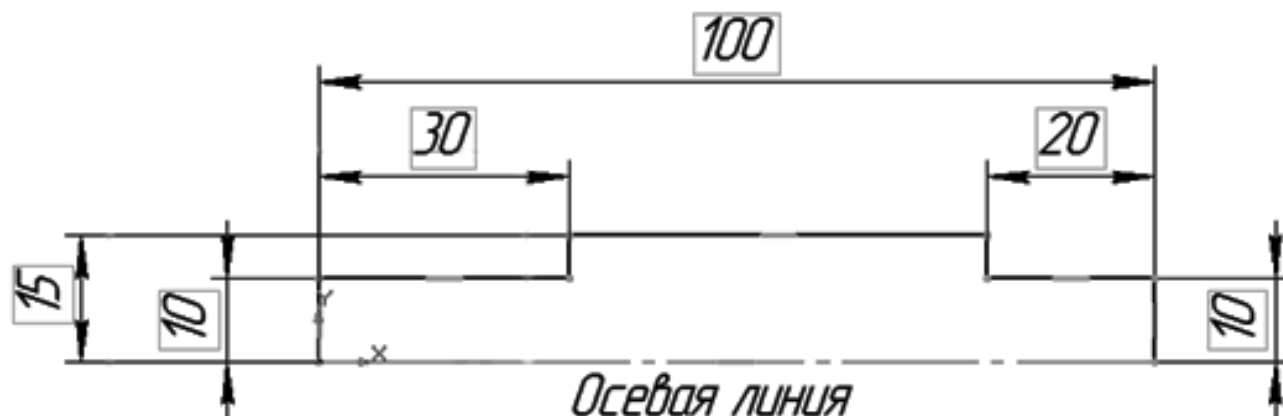


Рисунок 7.11 – Размеры модели

2) Создать основание детали с помощью команды "Операции — Операция — Вращения".

Во вкладке "Параметры" на Панели Свойств выбрать способ построения "Сфероид".

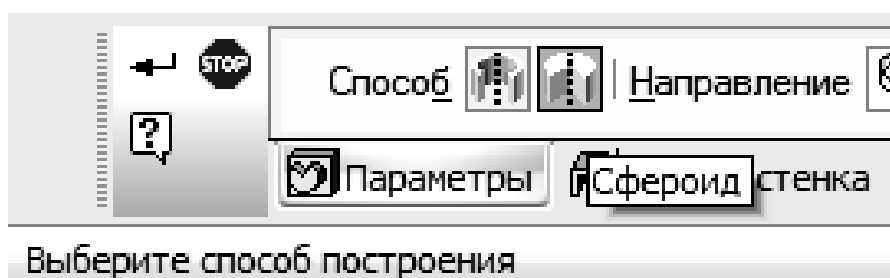


Рисунок 7.12 – Выбор способа построения

Во вкладке "Тонкая стенка" на Панели свойств выбрать тип построения тонкой стенки "Нет".

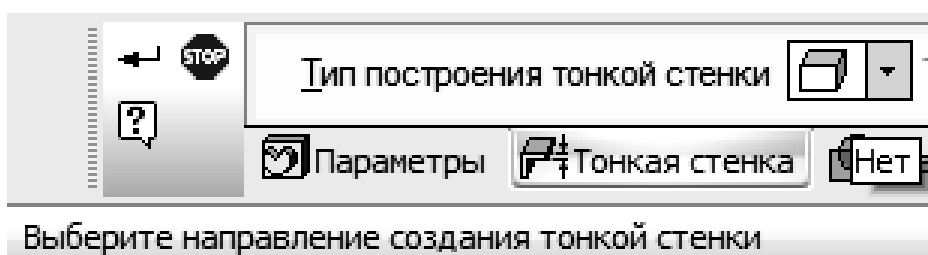


Рисунок 7.13 – Выбор типа построения стенки

3) Выделить в дереве модели плоскость ZX и в этой плоскости создать эскиз шпоночного паза. Размеры приведены на рисунке 7.14.

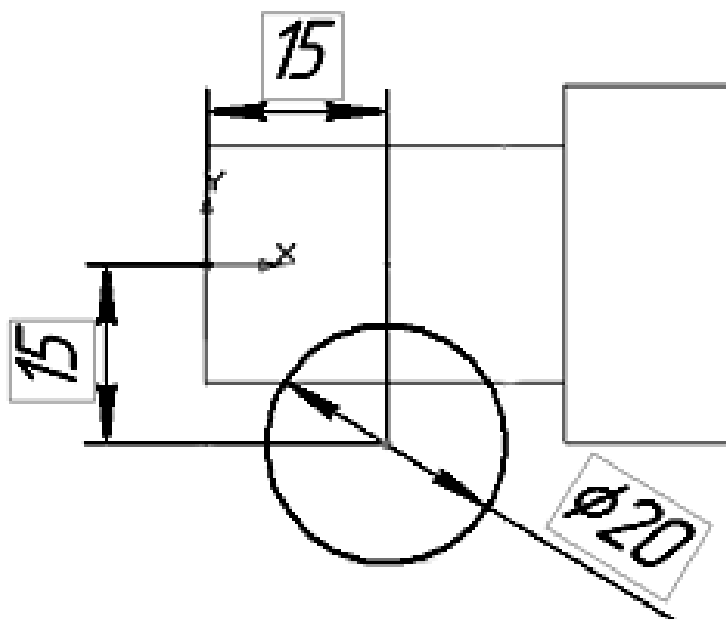


Рисунок 7.14 – Размеры шпоночного паз

Создать шпоночный паз с помощью команды "Операции – Вырезать – Выдавливанием".

Во вкладке "Параметры" на Панели свойств выбрать направление построения "Два направления". Значения расстояний выдавливания "Расстояние 1" и "Расстояние 2" принять равными 2 мм.

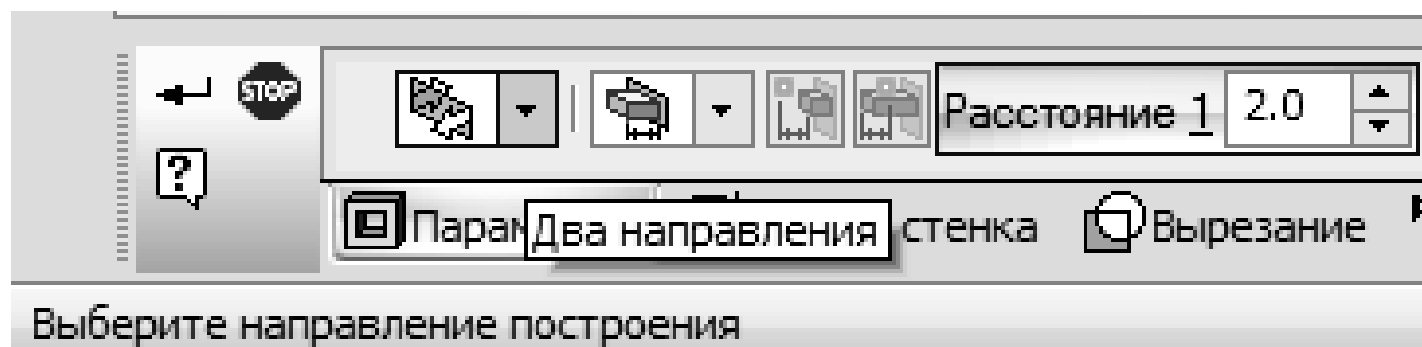


Рисунок 7.15 – Выбор направления построения

4) Создать фаску с помощью команды "Операции – Фаска". Указать 4 ребра, лежащих на торцевых поверхностях детали.

Во вкладке "Параметры" на Панели Свойств выбрать способ построения "Построение по стороне и углу". Значение длины стороны принять равным 1 мм. Значение угла фаски принять равным 45 градусов (рисунок 7.17).

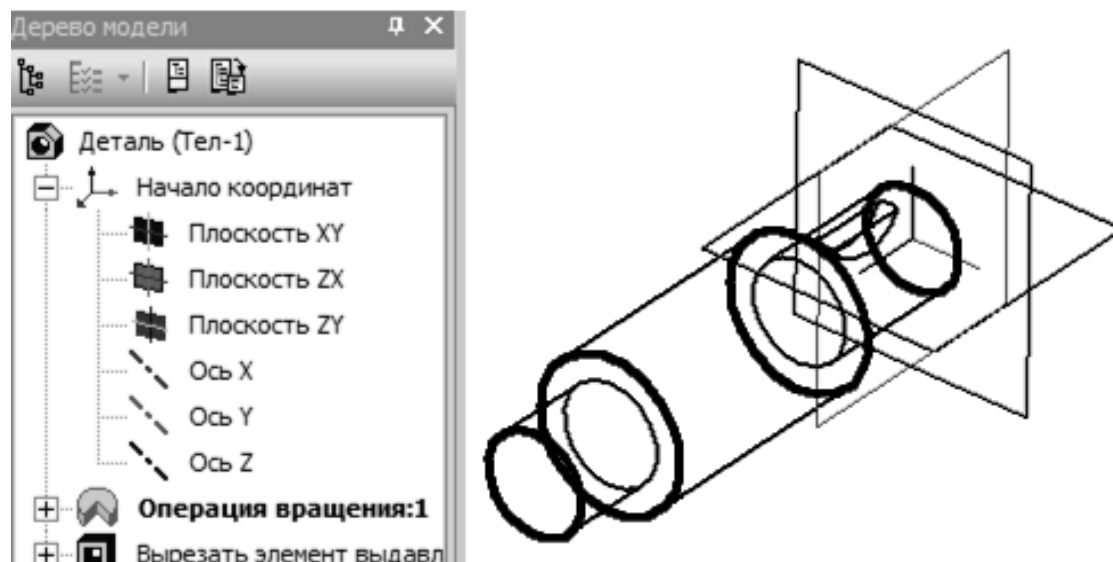


Рисунок 7.16 – Выбор направления построения

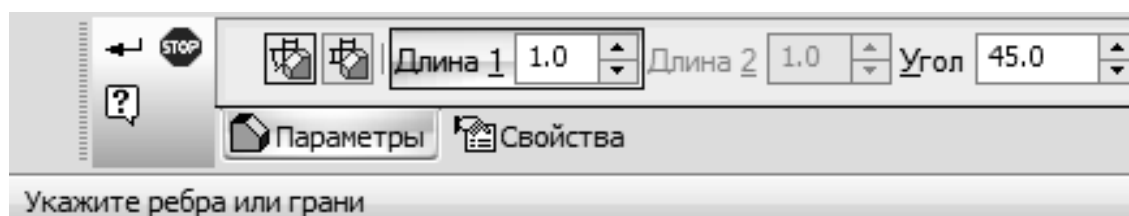


Рисунок 7.17 – Указание размера фаски

5) Создать вспомогательную плоскость с помощью команды "Операция – Плоскость – Смещенная". В качестве базовой плоскости указать плоскость ZY.

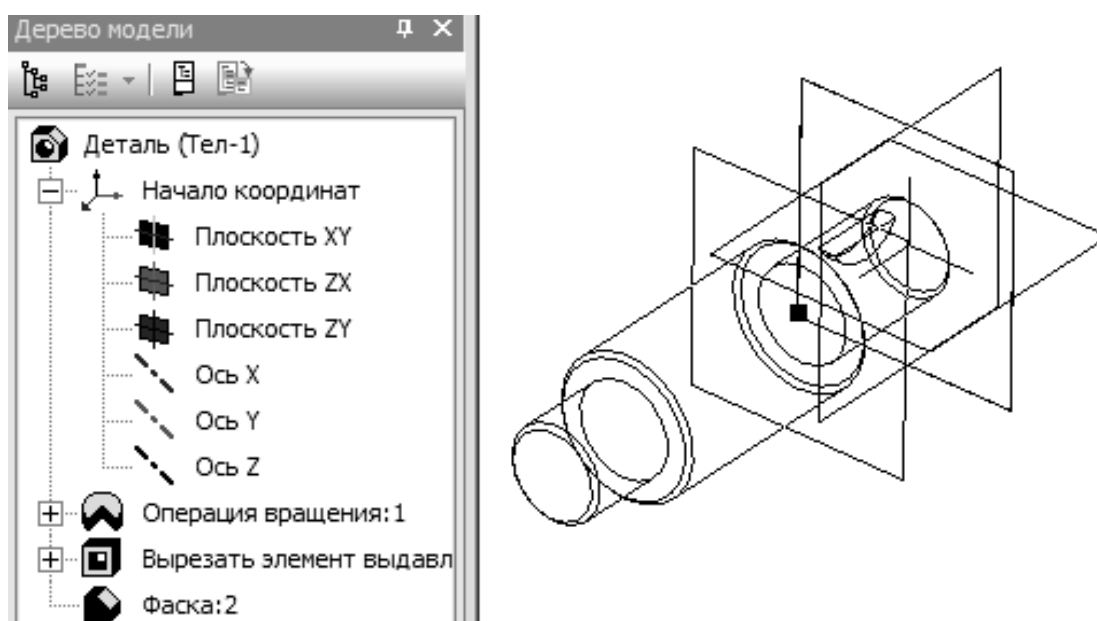


Рисунок 7.18 – Выполнения смещения

Во вкладке "Параметры" на Панели свойств задать величину смещения равной 30мм и выбрать необходимое направление смещения, как показано на рисунке.

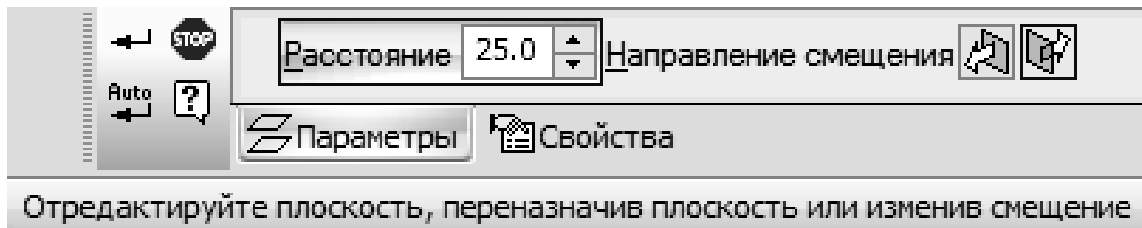


Рисунок 7.19 – Выбор величины смещения

б) Выделить в дереве построения созданную смещенную плоскость и создать спираль с помощью команды "Операции – Пространственные кривые – Спираль цилиндрическая".

Во вкладке "Диаметр" на Панели свойств задать диаметр смещения равный 30 мм.

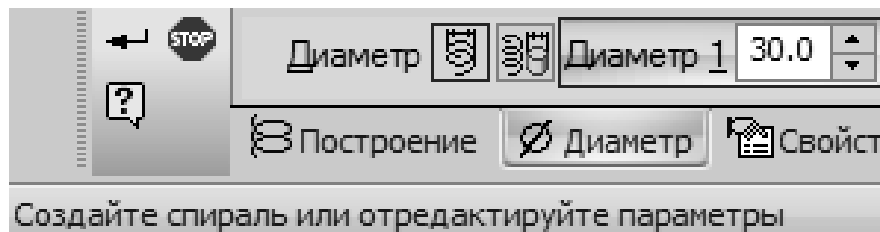


Рисунок 7.20 – Задание значения диаметра

Во вкладке "**Построение**" задать число витков равное 3, шаг витков равный 20 мм и необходимое направление, как показано на рисунке.

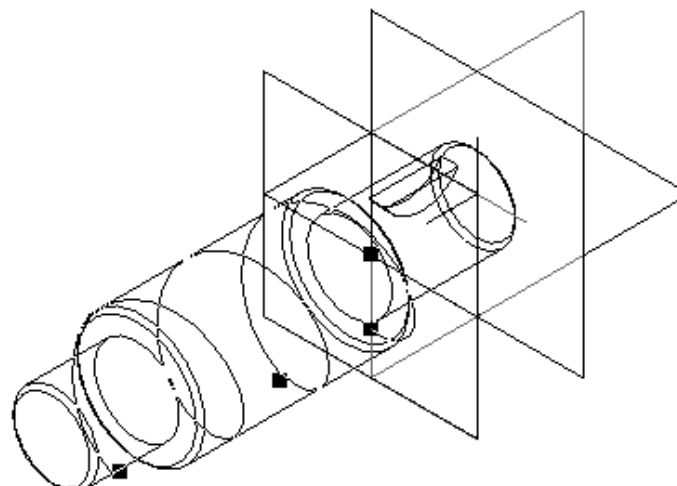
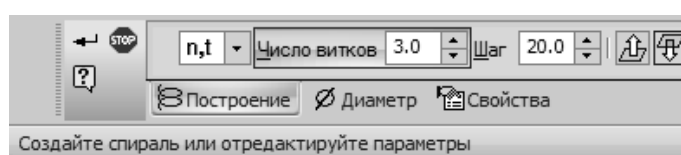


Рисунок 7.21 – Построение спирали

Выделить в дереве построения плоскость ZX и в этой плоскости создать эскиз профиля спиральной канавки. Размеры приведены на рисунке:

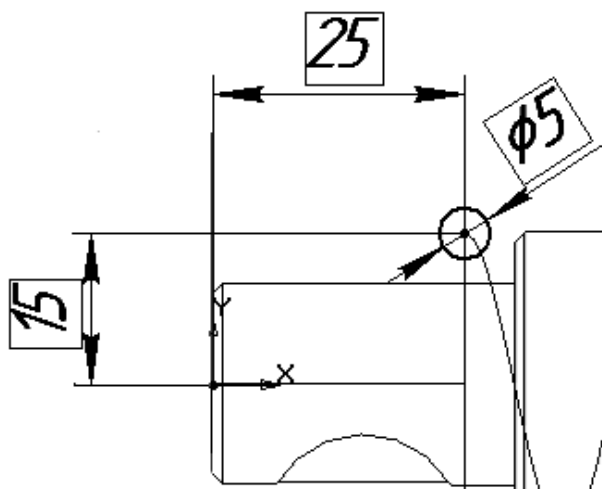


Рисунок 7.22 – Размеры профиля спиральной канавки

Создать спиральную канавку с помощью команды "Операции – Вырезать – Кинематически".

7.3. Контрольные вопросы

- 1) Назовите основные требования к эскизам.
- 2) Перечислите типы линий используемые для эскизов. В чем отличие эскиза для операции вращения.
- 3) Перечислите основные операции, используемые при построении модели
- 4) Проанализируйте с помощью каких операций возможно создание моделей следующих деталей: распределительный вал, клапан, шланг системы охлаждения, зубчатое колесо.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизированные системы обработки информации и управления на автомобильном транспорте: Учебник для сред. проф. образования / А.Б. Николаев, С.В.Алексахин, И.А. Кузнецов, В.Ю. Строганов. — М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 224 с.
2. Хореев В.Д. Самоучитель программирования на VBA в Microsoft office / В.Д. Хореев. – К.: Юниор, 2001. – 296 с.
3. Дубина А.Г. Машиностроительные расчеты в среде Excel 97/2000 / А.Г. Дубина. — СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2000. - 416 с.

Заказ № _____ от " _____ " _____ 20__ г. Тираж _____ экз

Изд-во СевНТУ