

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

А.Л. Бочков

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

Рекомендовано УМО
по образованию в области приборостроения и оптотехники
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки 200100 «Приборостроение»



Санкт-Петербург
2007

УДК 681.3.06 + 681.327

Бочков А.Л.

Трехмерное моделирование в системе Компас-3D (практическое руководство).
– СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 80 с.

Учебное пособие посвящено практическому изучению основ работы в одной из последних версий графической САПР – КОМПАС-3D. Рассмотрены основы моделирования в трехмерном пространстве и создание чертежей по моделям.

Система КОМПАС-3D – создана одной из ведущих компаний по разработке программного обеспечения – фирмой АСКОН. Предыдущие версии КОМПАС – были весьма удачны, что позволило данному графическому пакету стать достойным конкурентом западным системам автоматизированного проектирования в нашей стране.

Пособие рекомендуется студентам различных приборо- и машиностроительных специальностей, в том числе, обучающихся по направлениям 200100 – «Приборостроение» изучающим КОМПАС-3D, или выполняющим курсовые и дипломные работы.

Оно может быть также полезно и инженерно-техническим работникам использующим среду КОМПАС-3D для создания конструкторской документации.

Пособие подготовлено в Санкт-Петербургском государственном университете информационных технологий, механики и оптики.

Рецензенты: В.М. Медунецкий, д.т.н., проф., В.П. Большаков, к.т.н., доц. СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Одобрено на заседании факультета точной механики и технологий СПбГУ ИТМО 16 января 2007 г. (протокол № 6).

© Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики, 2007

© А.Л. Бочков, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Принципы ввода и редактирования объектов.....	5
2. Объектные привязки.....	6
2.1. Локальная привязка.....	6
2.2. Глобальная привязка.....	6
3. Моделирование тела вращения на примере вала.....	8
3.1. Моделирование вала.....	10
3.2. Моделирование штифтового отверстия.....	13
3.3. Моделирование призматического шпоночного паза.....	14
4. Моделирование простого корпуса.....	17
5. Моделирование подшипника ГОСТ 8338-75.....	21
5.1. Моделирование составляющих элементов подшипника.....	21
5.2. Создание сборки. Наложение ограничений.....	24
6. Моделирование цилиндрического зубчатого колеса.....	27
6.1. Создание заготовки колеса.....	27
6.2. Упрощенное построение изображения зуба. Моделирование зуба.....	29
6.3. Использование подпрограммы расчета Shaft 3D и создание модели колеса по этим расчетам.....	30
7. Моделирование конического зубчатого колеса.....	39
7.1. Создание заготовки зубчатого колеса.....	39
7.2. Создание касательной плоскости для построения профиля зуба.....	40
7.3. Создание зуба конического зубчатого колеса.....	40
7.4. Создание зубьев конического зубчатого колеса.....	41
7.5. Моделирование шпоночного паза.....	41
8. Создание сборки узла механизма.....	42
8.1. Создание сборки. Наложение сопряжений.....	42
8.2. Вырез четверти.....	48
8.3. Построение разнесенной сборки.....	50
9. Создание чертежа корпуса по модели.....	51
9.1. Создание необходимых изображений.....	51
9.2. Пример нанесения размеров.....	55
9.3. Задание отклонений формы.....	57
9.4. Нанесение обозначений шероховатости поверхности.....	58
9.5. Заполнение основной надписи.....	60
9.6. Ввод технических требований.....	60
10. Создание чертежа зубчатого колеса.....	61
10.1. Оформление листа чертежа.....	61
10.2. Создание изображений.....	64
11. Создание сборочного чертежа и спецификации.....	66
11.1. Создание сборочного чертежа по модели.....	66
11.2. Создание спецификации.....	72

Введение

Автор не ставил себе целью создать исчерпывающую монографию по описанию пакета. Этому посвящены объемные издания. В учебном пособии рассмотрен подход к изучению КОМПАС-3D начинающим пользователем с целью получения базовых знаний и практических навыков **трехмерного моделирования**, поэтому вопросы двухмерных построений ограничиваются построениями эскизов. При этом требования к компьютерной подготовке пользователя также минимальны: достаточно курса основ компьютерной грамотности.

Материал изложен в логической последовательности выполнения необходимых операций при построении и редактировании пространственных объектов. В качестве учебного примера рассматривается моделирование сборочной единицы узла передаточного механизма. В конце пособия рассмотрены примеры выполнения чертежей, используя модели деталей и сборки.

Рекомендации для преподавателя

Первые два параграфа дают краткую информацию по принципам ввода параметров строящихся объектов и вспомогательных режимах точных построений – объектных привязках.

Если пользователь не имеет опыта работы с двухмерными построениями в среде Компас, то необходимо уделить некоторое время для ознакомления с приемами работы в двухмерном пространстве.

Основная часть пособия содержит последовательное пошаговое изложение необходимых действий для построения и редактирования трехмерных объектов. Этот принцип позволяет пользователю при необходимости самостоятельно освоить или повторить нужный учебный материал.

В качестве заданий автор использует реальные сборочные единицы, по составу элементов, похожие на рассматриваемую в пособии, также можно использовать сборочные чертежи, что несколько усложнит работу над созданием моделей.

Рекомендации для учащихся

Для тех, кто впервые начинает работу по моделированию в среде КОМПАС, необходимо поупражняться с двухмерными построениями, ознакомиться с особенностями ввода координат и параметров строящихся объектов, используя для точных построений как ввод с клавиатуры так и мышь, используя при этом вспомогательные режимы.

Необходимо выработать свой стиль работы, который покажется наиболее удобным и быстрым.

Рассматривая и изучая возможности и приемы моделирования на конкретных примерах, вы сможете самостоятельно их использовать в дальнейшем в своей работе.

Автор будет рад ответить на вопросы и учесть пожелания в следующей редакции, E-mail: Vochkov@mail.ifmo.ru

1. Принципы ввода и редактирования объектов

Основная задача, решаемая при помощи любой САПР – создание и выпуск различной графической документации. Скорость решения этой задачи, а значит, и эффективность работы с системой в основном определяется тем, насколько удобные средства ввода и редактирования объектов она предоставляет пользователю.

Будем использовать следующую последовательность выпуска конструкторской документации:

- Построение трехмерных моделей деталей;
- Построение трехмерной сборки;
- Путем проецирования моделей на различные плоскости, создание чертежей деталей, сборочного чертежа и спецификации.

При разработке моделей изделий с помощью КОМПАС-3D доступны разнообразные приемы создания и изменения объектов.

Так как любая операция моделирования начинается с построения эскиза (двухмерное изображение некоего контура, подробнее см. ниже), рассмотрим кратко возможности точных построений, предоставляемых пользователю системой КОМПАС-3D. Наиболее простым и понятным способом построения является прямое указание курсором точек на поле ввода. Например, при создании отрезка выполняется последовательная фиксация его начальной точки, а затем конечной точки. Для позиционирования в нужную точку вы можете использовать все предоставляемые в КОМПАС-3D функции привязок.

Другим способом является указание точных значений координат для перемещения в нужную точку и ее последующая фиксация. Для отображения и ввода координат предназначены специальные поля координат курсора, отображаемые на панели **Текущее состояние**.



Наиболее широкие возможности управления чертежными объектами предоставляет Панель свойств (например, свойства отрезка).



- t₁ – координаты начальной точки
- t₂ – координаты конечной точки
- Длина отрезка
- Угол наклона отрезка
- Стиль – отображение отрезка определенным стилем линии.

Для задания соответствующего параметра можно нажать комбинацию клавиш <Alt>+горячая клавиша (названия параметра – подчеркнутый символ), после ввода значения, необходимо нажать клавишу <Enter>.

2. Объектные привязки

В процессе работы над документами (обычно графическими) часто возникает необходимость точно установить курсор в различные характерные точки элементов, иными словами, выполнить привязку к точкам или объектам.

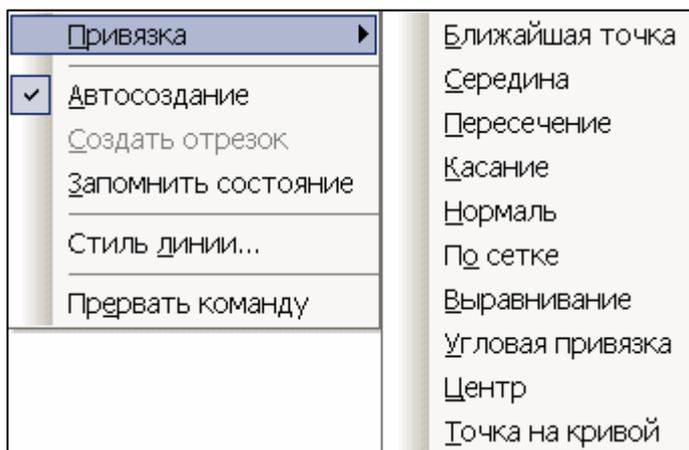
КОМПАС-3D предоставляет разнообразные возможности привязок к характерным точкам (пересечение, граничные точки, центр и т.д.) и объектам (по нормали, по направлениям осей координат).

Объектные привязки подразделяются на локальные (действует разово во время выполнения определенной операции) и глобальные, действие которых постоянно.

2.1. Локальная привязка

Все варианты локальных привязок объединены в меню, которое можно вызвать при создании, редактировании или выделении графических объектов по нажатию правой кнопки мыши.

- Ближайшая точка
- Середина
- Пересечение
- Касание
- Нормаль
- По сетке
- Выравнивание
- Угловая привязка
- Центр
- Точка на кривой



Для вызова нужного способа привязки выберите его название из меню.

В зависимости от выбранного варианта привязки изменяется внешний вид курсора. Форма и размер курсора могут быть настроены пользователем в соответствующем диалоге.

Когда в процессе создания или редактирования объектов вы используете меню привязок или клавиатурные комбинации, чтобы точно установить курсор в нужную точку, вы применяете так называемую локальную привязку. Однако после того как был выбран вариант локальной привязки из меню, система не запоминает, какой именно это был вариант. Когда вам потребуется сделать точно такую же привязку к другой точке, придется снова вызвать меню и выбрать нужную команду. Это неудобно в том случае, если требуется выполнить несколько однотипных привязок подряд.

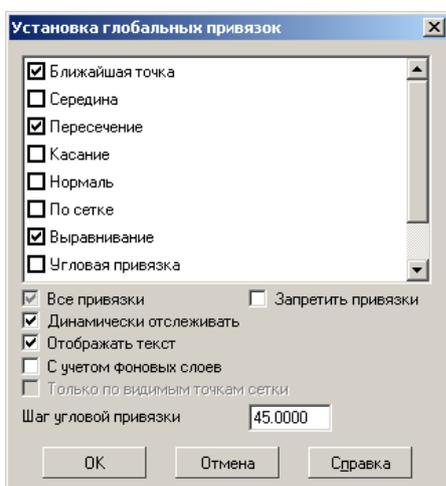
2.2. Глобальная привязка

В отличие от локальной, глобальная привязка (если она установлена) всегда действует по умолчанию при выполнении операций ввода и редактирования.

Например, если выбран вариант глобальной привязки к пересечениям, то при вводе точки система автоматически будет выполнять поиск ближайшего пересечения в пределах «ловушки» курсора. В том случае, если пересечение будет найдено, точка будет зафиксирована именно в этом месте.

Можно включать несколько различных глобальных привязок к объектам, и все они будут работать одновременно. При этом расчет точки выполняется «на лету», на экране отображается фантом, соответствующий этой точке, и текст с именем действующей в данный момент привязки. Цвет отображения фантома и текста соответствует цвету, установленному для увеличенного курсора.

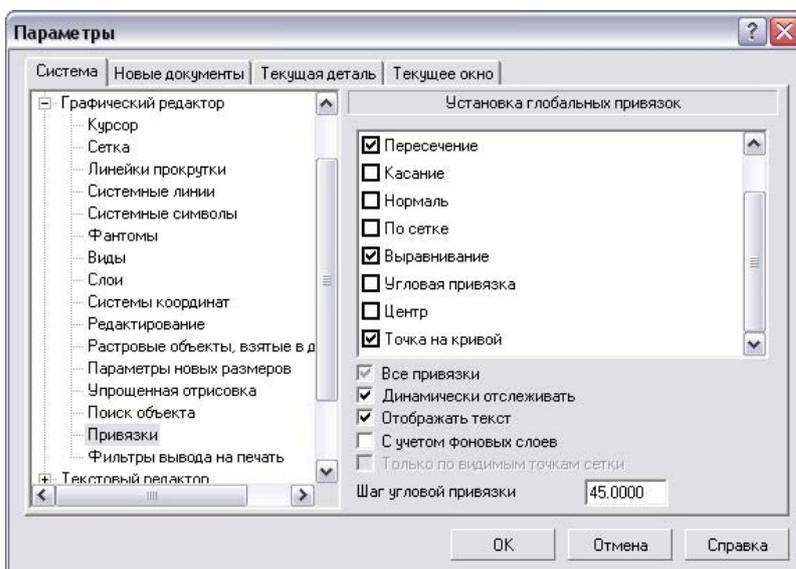
Для вызова этого диалога служит кнопка Установка глобальных привязок  на Панели текущего состояния.



Сделанная настройка будет действительна только для текущего окна до конца сеанса работы.

Для установления действия глобальной объектной привязки на последующие документы выберите команду меню **Сервис – Параметры**.

На вкладке **Система – Графический редактор – Привязки**.



3. Моделирование тела вращения на примере вала

Любой процесс моделирования в программе «Компас» начинается с построения эскиза.

Эскиз представляет собой сечение объемного элемента. Реже эскиз является траекторией перемещения другого эскиза – сечения. Основные требования, предъявляемые к эскизу:

- Контуры в эскизе не пересекаются и не имеют общих точек.
- Контур в эскизе изображается стилем линии «Основная».

Под контуром понимается любой линейный графический объект или совокупность последовательно соединенных линейных графических объектов (отрезков, дуг, сплайнов, ломаных и т.д.).

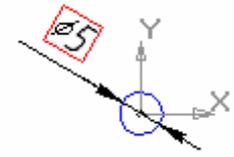
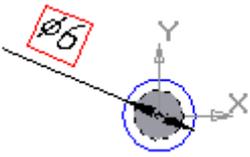
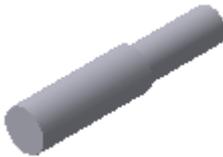
Замечание. Иногда для построения контура в эскизе (особенно параметрическом) требуются вспомогательные объекты, не входящие в контур. Их можно изображать другими стилями линий; такие объекты не будут учитываться при выполнении операций трехмерного моделирования.

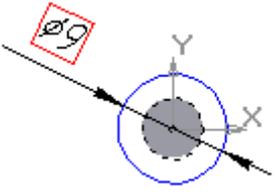
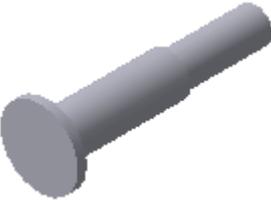
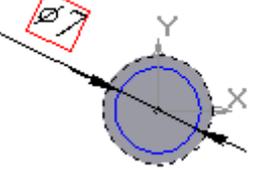
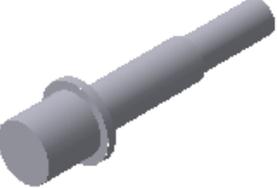
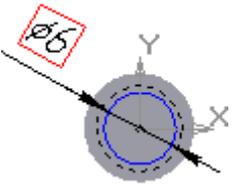
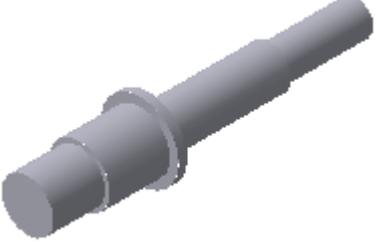
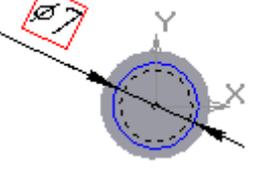
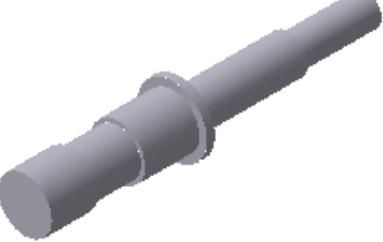
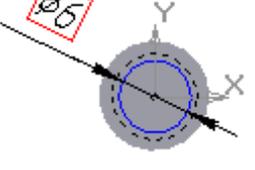
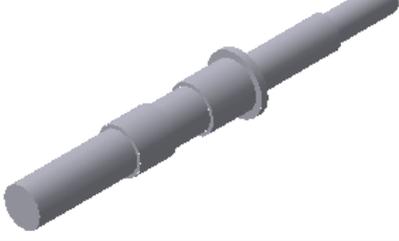
Требования к эскизу элемента вращения:

- Ось вращения должна быть изображена в эскизе отрезком со стилем линии «Осевая».
- Ось вращения должна быть одна.
- В эскизе основания детали может быть один или несколько контуров.
- Если контур один, то он может быть разомкнутым или замкнутым.
- Если контуров несколько, все они должны быть замкнуты.
- Если контуров несколько, один из них должен быть наружным, а другие – вложенными в него.
- Допускается один уровень вложенности контуров.
- Ни один из контуров не должен пересекать ось вращения (отрезок со стилем линии «Осевая» или его продолжение).

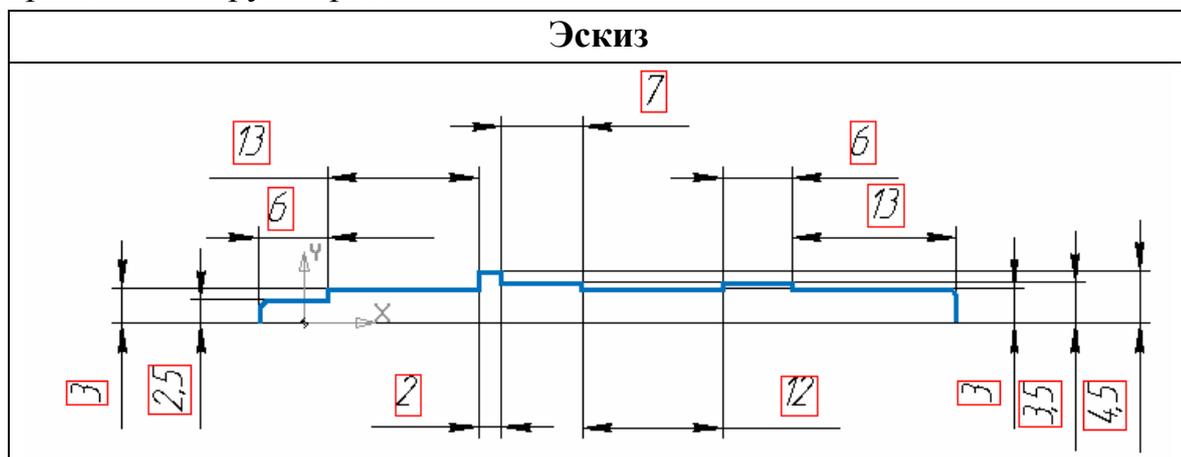
Существует два подхода к моделированию тела вращения.

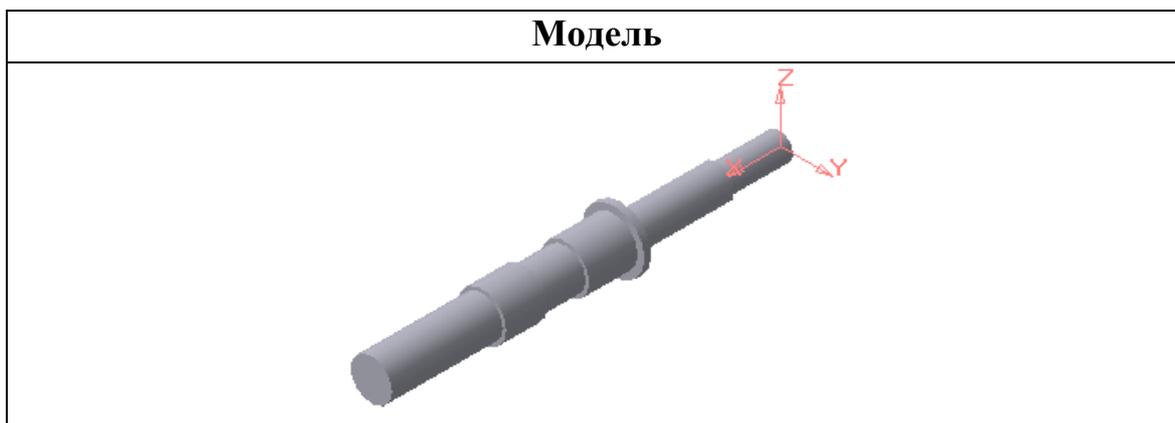
Первый – выдавливание эскиза в виде окружности на определенную величину. Далее приклеивание выдавливанием следующего эскиза, построенного на одной из торцевых поверхностей цилиндра (конуса) и т.д.

Эскиз	Метод	Модель
	Операция выдавливания на 6 мм.	
	Приклеено выдавливанием на 13 мм.	

	<p>Приклеено выдавливанием на 2 мм.</p>	
	<p>Приклеено выдавливанием на 7 мм.</p>	
	<p>Приклеено выдавливанием на 12 мм.</p>	
	<p>Приклеено выдавливанием на 6 мм.</p>	
	<p>Приклеено выдавливанием на 13 мм.</p>	

Второй – более рациональный, вращение нужного профиля будущего тела вращения вокруг определенной оси.

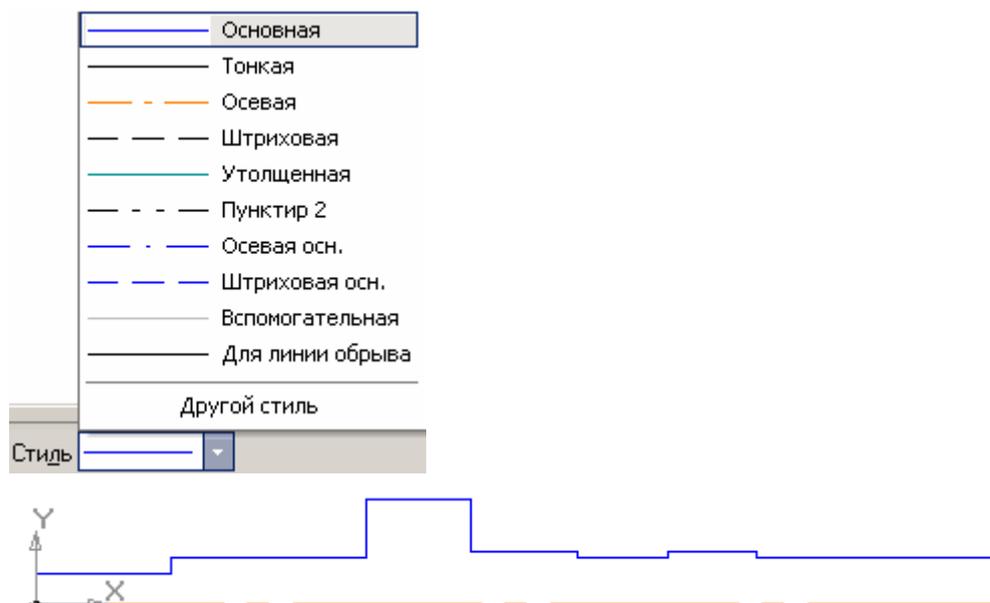




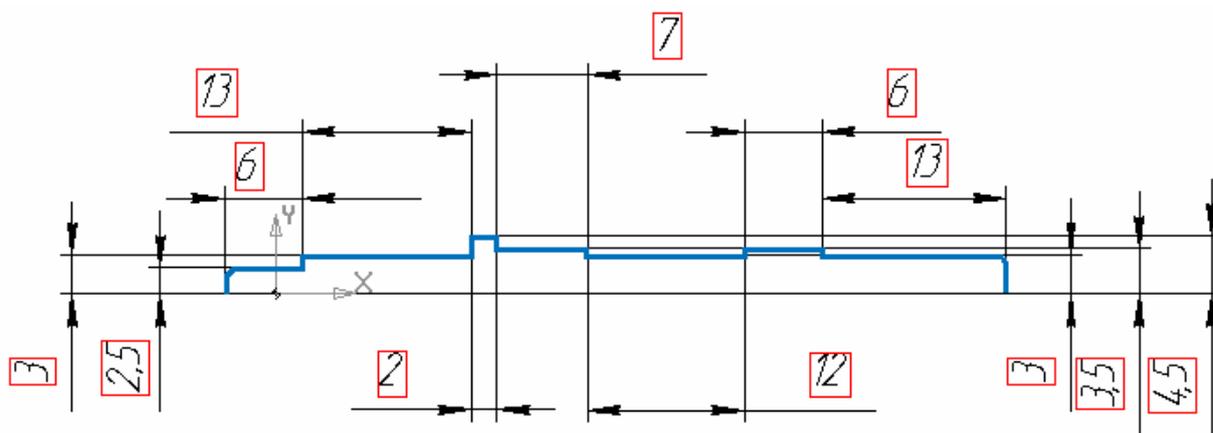
Для нашего примера выбираем второй способ как рациональный.

3.1. Моделирование вала

- Создайте эскиз на плоскости **X_Y**. Для чего, укажите щелчком мыши в дереве построения плоскость **X_Y**, выберите команду **Эскиз** . Используя команды Инструментальной панели **Геометрия** (удобнее всего для данного примера воспользоваться командой **Непрерывный ввод объектов**) нарисуйте профиль контура (тип линии – **Основная**, на рисунке будет отображен синей линией). Профиль должен только повторять контур нужного тела вращения. Один из углов, примыкающих к осевой линии (оси вращения), должен быть привязан к началу координат для последующего удобства работы. Выберите команду **Отрезок** и нарисуйте ось вращения, предварительно изменив стиль линии на «Осевая» на панели свойств.



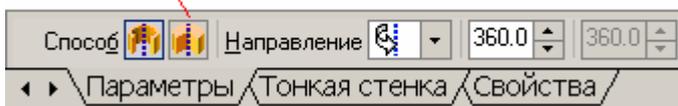
- После этого нанесите размеры, определяющие эскиз, выбрав команду Инструментальной панели **Размеры – Линейный размер** . Выйдите из режима построения эскиза, отжав кнопку .



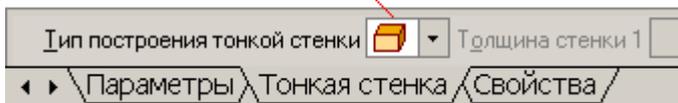
3. Используя команду **Операция вращения**, поверните эскиз вокруг оси. Тонкую стенку не создавайте. Для этого выберите на панели свойств: на вкладке «**Параметры**» способ создания – «**Сфероид**» и на вкладке «**Тонкая стенка**» выберите – **Нет**.



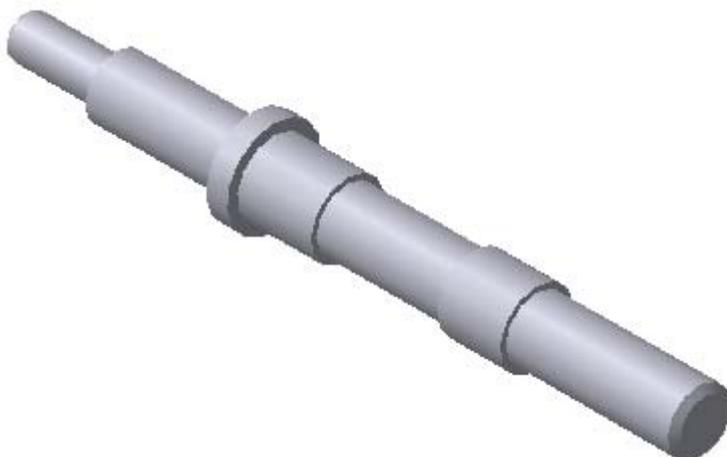
Сфероид



Нет



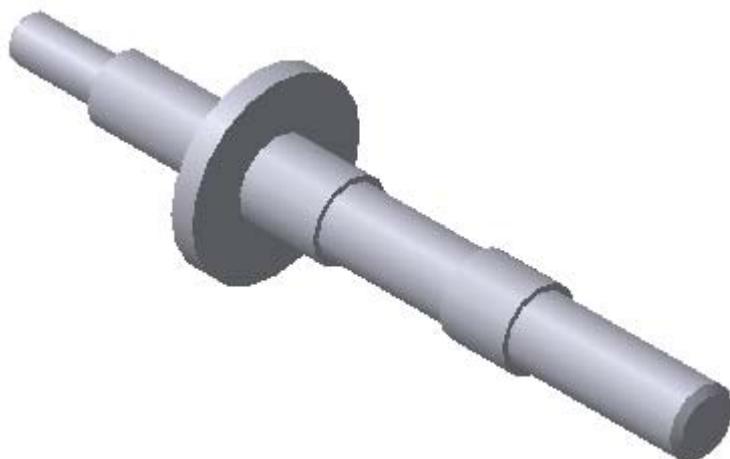
4. В результате получим модель вала:



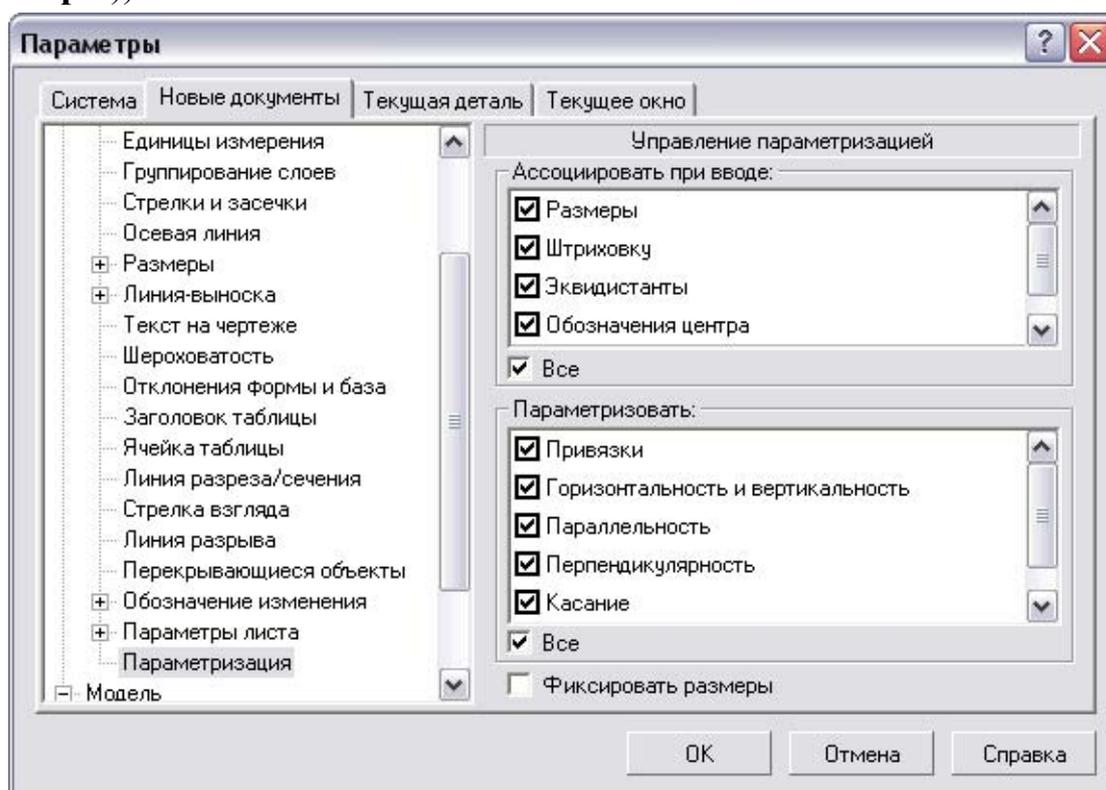
Сохраните файл.

Проставленные размеры, обведенные на эскизе в прямоугольники, создают параметрические связи между примитивами. Изменяя значение какого-либо размера, меняется эскиз, данные изменения отразятся и на модели. Для примера:

5. Войдите в режим редактирования эскиза. Для этого наведите курсор на операцию вращения в дереве построения и нажмите правую кнопку мыши. Выберите из контекстного меню команду **Редактировать эскиз**.
6. В качестве эксперимента. Дважды щелкните левой кнопкой мыши на размере 4,5 и измените это значение на 8. В результате этих действий эскиз должен измениться согласно новым размерам. Выйдите из режима редактирования эскиза, отжав кнопку .
7. В результате модель перестроится в зависимости от новых параметров.



Замечание. Иногда, скажем, горизонтальные линии, после изменения размеров могут превратиться в наклонные, тем самым изменится нужный нам профиль. Это возможно из-за того, что эскиз строили без привязок, т.е. на примитив не наложено ограничение по положению (в случае привязок, эти ограничения накладываются автоматически если параметризация включена (**Сервис-Параметры**)).



В этом случае необходимо наложить ограничения вручную, принудительно. Для этого войдите в режим редактирования эскиза, активизируйте Инструментальную панель **Параметризация** , выберите нужную команду установки ограничения и последовательно указывайте объекты, на которые нужно наложить ограничения. (Для нашего примера, выберите при необходимости команду **Горизонталь**  или **Вертикаль**  и укажите примитив, щелкнув на нем).

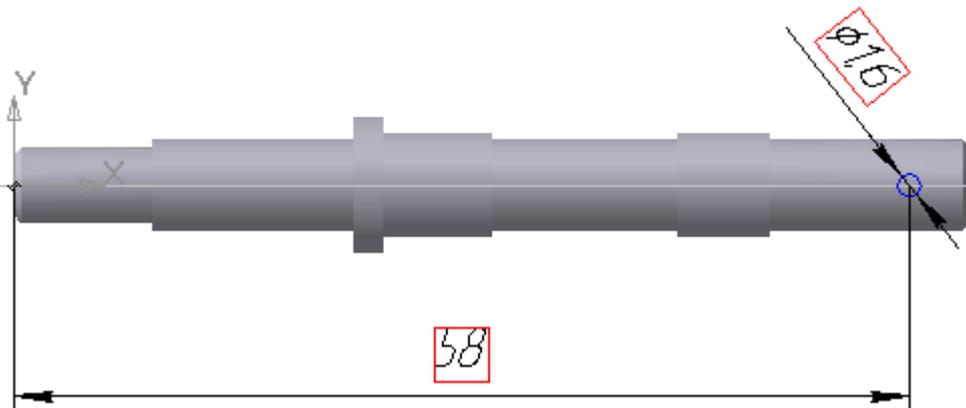
Для просмотра списка наложенных ограничений на какой-либо примитив, вызовите команду **Показать/удалить ограничения**  на Инструментальной панели **Параметризации** и выделите примитив щелчком мыши.

Закройте файл без сохранения.

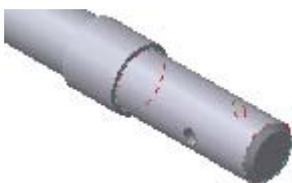
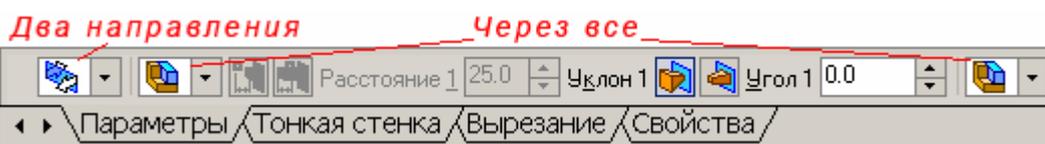
3.2. Моделирование штифтового отверстия

Благодаря тому, что при создании эскиза моделирования основы детали, мы привязали ось вращения к началу координат, можно выбрать одну из координатных плоскостей в дереве построения в качестве плоскости построения эскиза (выберите плоскость **ZX**).

1. Откройте сохраненный файл. Выберите команду **Эскиз** и создайте окружность нужного радиуса, центр которой находится на оси **X** (используя привязку – **Выравнивание**). Проставьте необходимые размеры. После этого выйдите из режима редактирования эскиза.



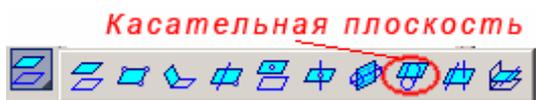
2. Выберите команду **Вырезать выдавливанием** и вырежьте в двух направлениях с параметром «**Через все**».



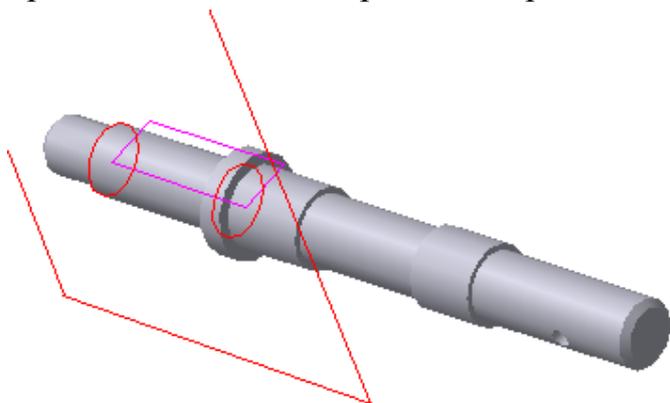
3.3. Моделирование призматического шпоночного паза

Шпоночный паз вырезается на поверхности вращения на определенную глубину, поэтому сначала необходимо создать плоскость, касательную к этой поверхности.

1. Выберите на Инструментальной панели **Вспомогательная геометрия**  команду построения **Касательная плоскость**

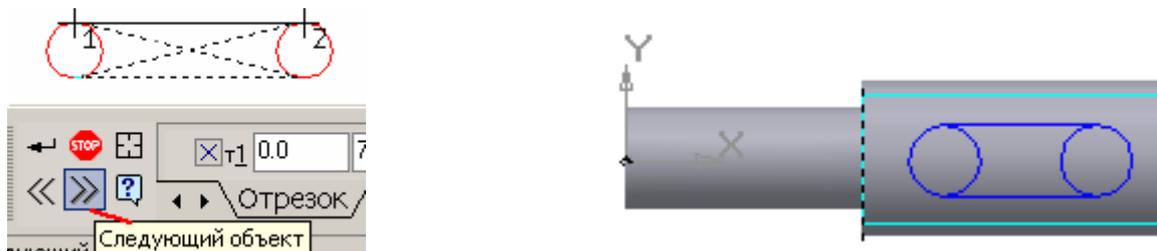


2. Укажите поверхность, к которой надо построить касательную плоскость, щелкнув на ней левой кнопкой мыши, в нашем примере, цилиндр радиусом 3 длиной 13.
3. Далее необходимо указать или грань, или плоскость, перпендикулярно которой будет построена касательная плоскость, например, выберите в дереве построения плоскость **ZX**.
4. После этого появятся фантомы двух возможных плоскостей, с одной или противоположной стороны поверхности вращения.

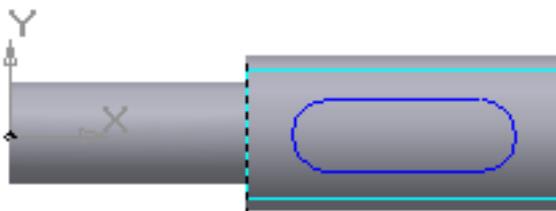


5. Для выбора, на панели свойств, будут активны две кнопки **Положение плоскости**  . Остановите на одной из них свой выбор и создайте объект.
6. Выберите касательную плоскость в качестве плоскости построения эскиза и постройте эскиз профиля шпоночного паза, для этого постройте окружность с центром, лежащим на оси **X** (используйте для этого привязку – **Выравнивание**).
7. Выберите из Инструментальной панели **Редактирование**  команду **Копирование**  и скопируйте окружность, расположив ее правее и также с центром, лежащим на оси **X**.
8. Выберите команду построения **Отрезок, касательный к 2 кривым**  и постройте отрезки, касательные к окружностям сверху и снизу. После вызова данной команды укажите две кривые (в нашем примере – окружности) к которым будем строить касательные. В результате будут показаны все возможные касательные к указанным кривым, а одна линия будет текущей (отображается сплошной линией). Нажмите кнопку создать

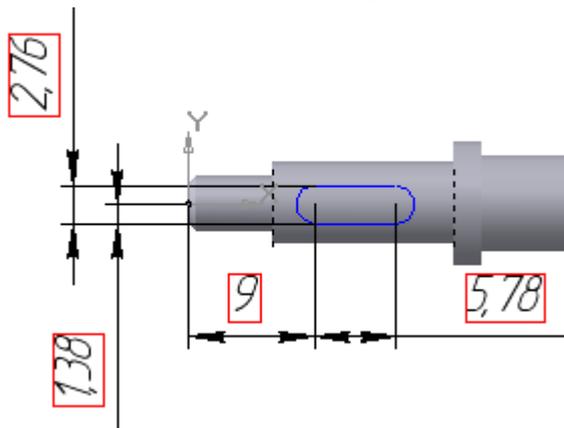
объект . Прощелкивая по кнопке **Следующий объект** выберите параллельную заданной линию и создайте объект, после чего выйдите из команды.



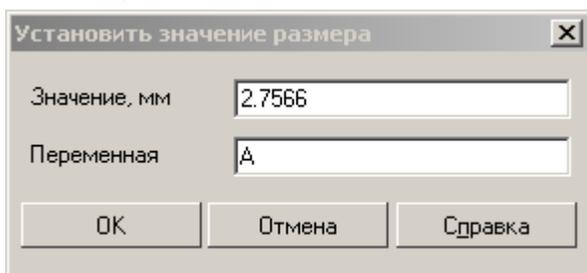
9. Для обрезки лишних дуг окружностей, выберите команду редактирования – **Усечь кривую** , укажите щелчком мыши на внутренние части окружностей, после чего они исчезнут. Получим следующий эскиз.



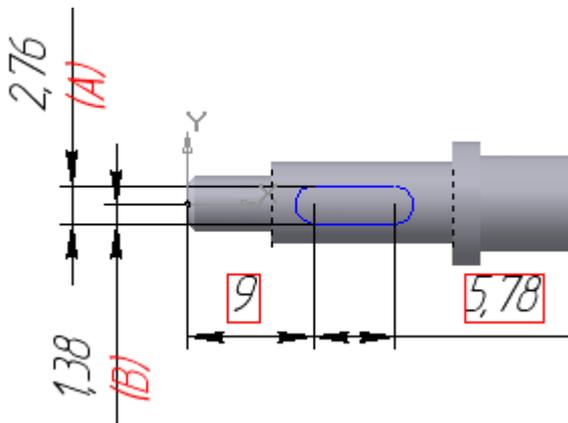
10. Нанесите четыре размера:



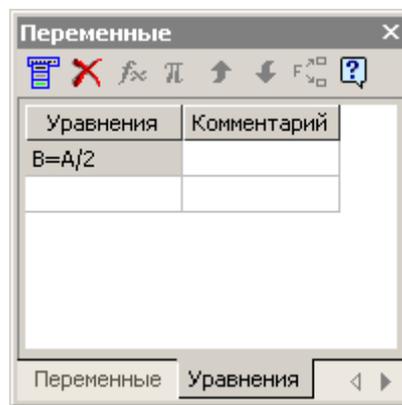
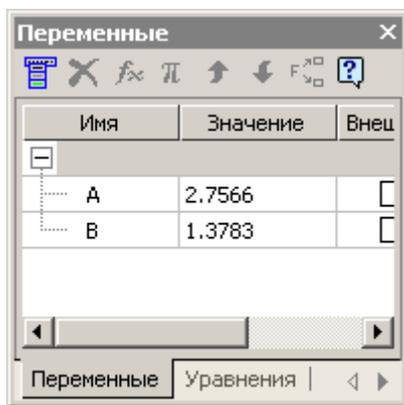
Попробуйте изменить значение ширины паза. В результате меняется положение верхней стороны. Для того чтобы паз всегда был центрирован относительно оси **X**, введем переменные. Осуществите двойной щелчок на значении размера ширины паза и в диалоговом окне введите обозначение переменной, скажем **A**.



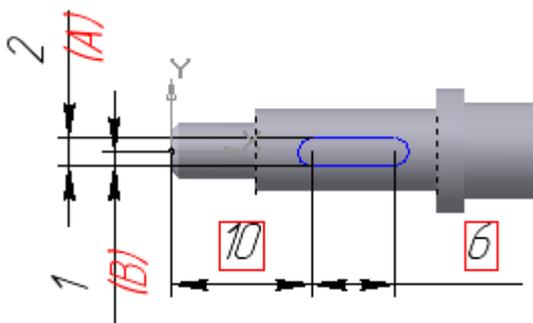
Аналогично введите обозначение переменной для размера, задающего положение паза относительно начала координат, например, **B**.



11. Зададим зависимость переменной **В** относительно **А**. Для этого вызовите команду **Переменные** со стандартной панели инструментов , в появившемся рядом с деревом построения окно – **Переменные** отображаются текущие значения наших переменных. Войдите на вкладку **Уравнения** и введите уравнение $V=A/2$.



12. Теперь попробуйте изменить значение ширины паза, вы увидите, что координата положения не изменится согласно введенному уравнению, паз всегда будет центрирован относительно оси вращения. Установите следующие значения размеров:



13. Выйдите из эскиза, выберите команду **Вырезать выдавливанием**  и вырежьте данный контур в «прямом направлении» на расстояние 1,2 мм. Создайте объект.

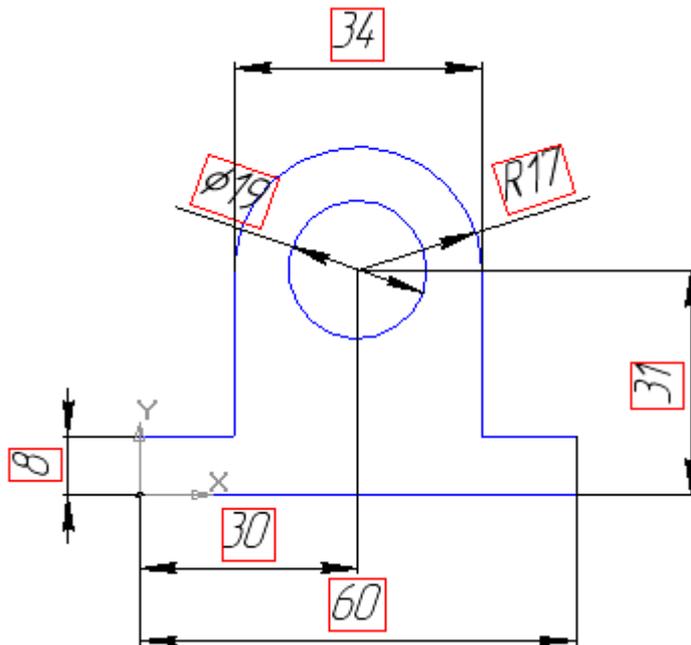


4. Моделирование простого корпуса

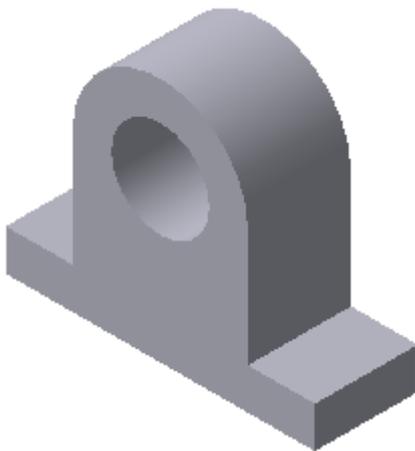
Проведите анализ конструкции корпуса, выявите из каких геометрических элементов он состоит и какой из всех возможных вариантов моделирования является более рациональным.

Так как в нашем примере ширина корпуса одинакова, то рациональной будет операция выдавливания контура на заданную величину.

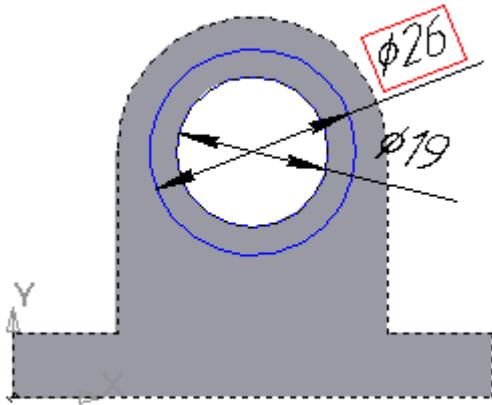
1. Создайте эскиз на плоскости **X_Y** согласно рисунку.



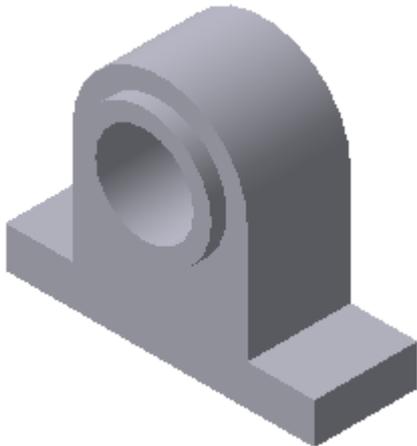
2. Выдавите этот эскиз на 20 мм. Заметим, что вложенный контур (на эскизе – окружность) создает при выдавливании отверстие заданного профиля и размера.



3. Выберите переднюю торцевую поверхность корпуса, при этом курсор будет в виде крестика со значком поверхности \perp , и постройте на ней следующий эскиз в виде окружности диаметром 26:



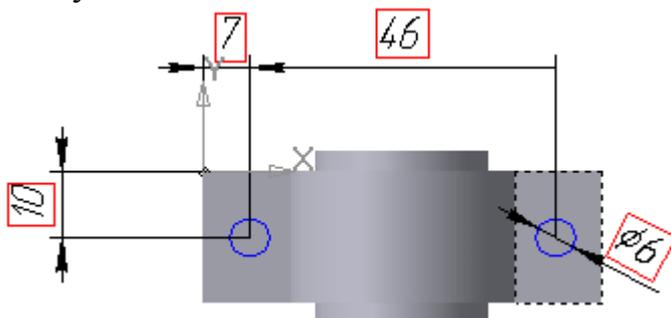
4. Приклейте выдавливанием  на 3 мм.



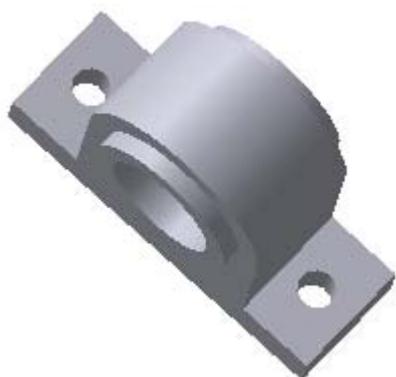
5. Аналогично постройте прилив на противоположной торцевой поверхности.



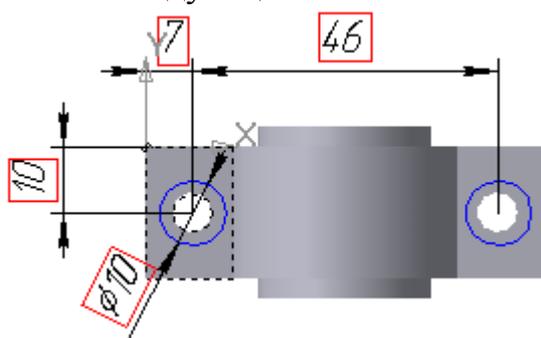
6. Выберите верхнюю плоскость основания корпуса и постройте на ней следующий эскиз:



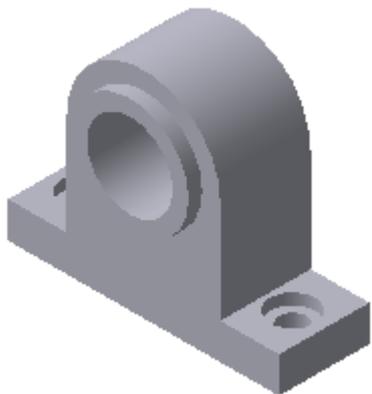
7. Вырежьте выдавливанием  эти отверстия, выбрав опцию «Через все»



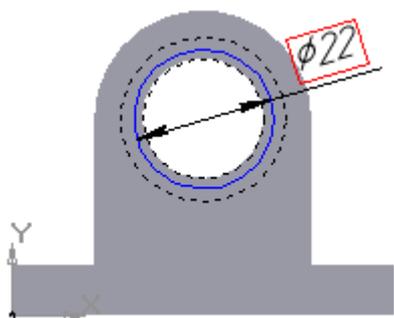
8. Еще раз выберите верхнюю плоскость основания корпуса \uparrow и постройте на ней следующий эскиз:



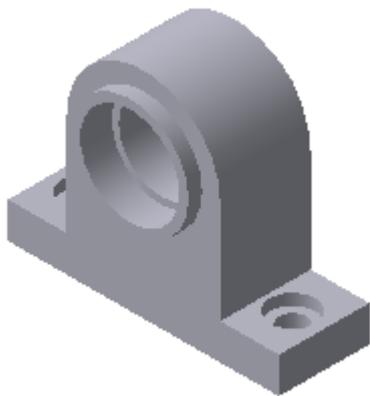
9. Вырежьте выдавливанием эти окружности на 2,5 мм 



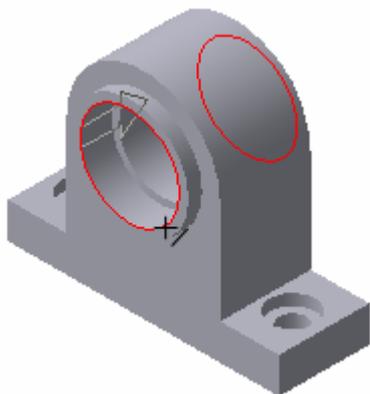
10. Осталось вырезать углубления в центральном отверстии под подшипники. Для этого, выберите переднюю плоскость прилива корпуса \uparrow и постройте эскиз:



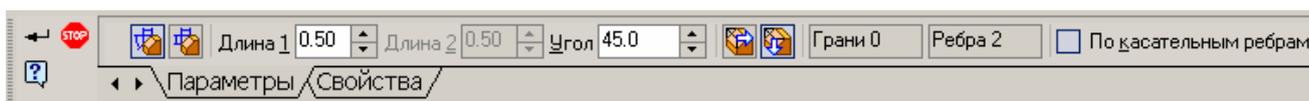
11. Вырежьте выдавливанием  на глубину 7 мм.



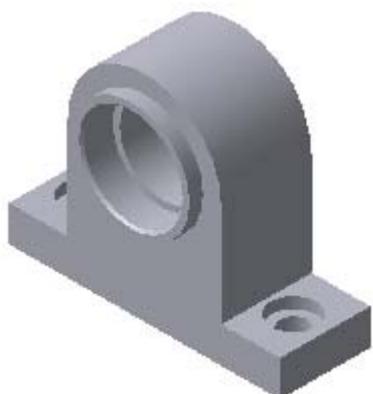
12. Повторите п.п. 10 и 11 для противоположной плоскости прилива корпуса.
13. Для облегчения установки подшипников, «снимем» фаску у ребра посадочных отверстий. Выделите наружное ребро (окружность основания цилиндра) у одного и другого посадочных отверстий, при этом курсор должен быть в виде крестика с отрезком .



14. Выберите команду Инструментальной панели **Редактирование детали – Фаска** . Установите величину фаски 0,5 мм под углом 45° и выберите команду **Создать объект** .



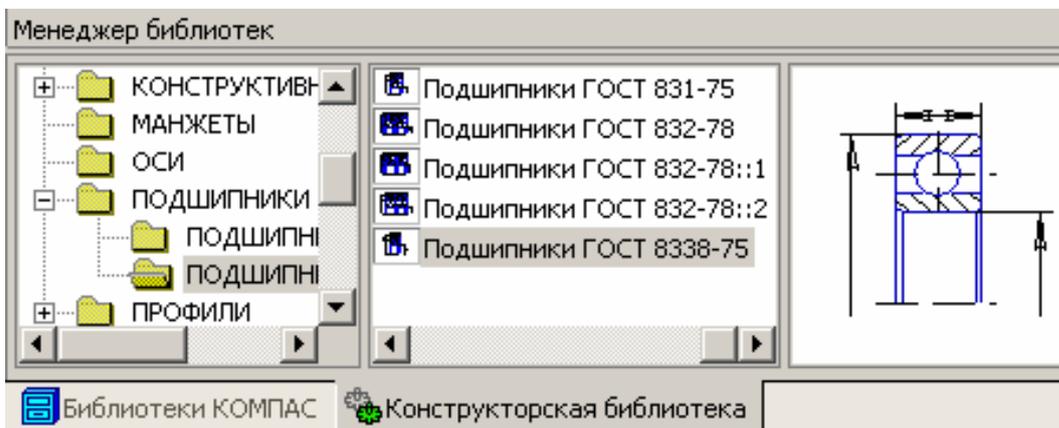
15. В итоге получим



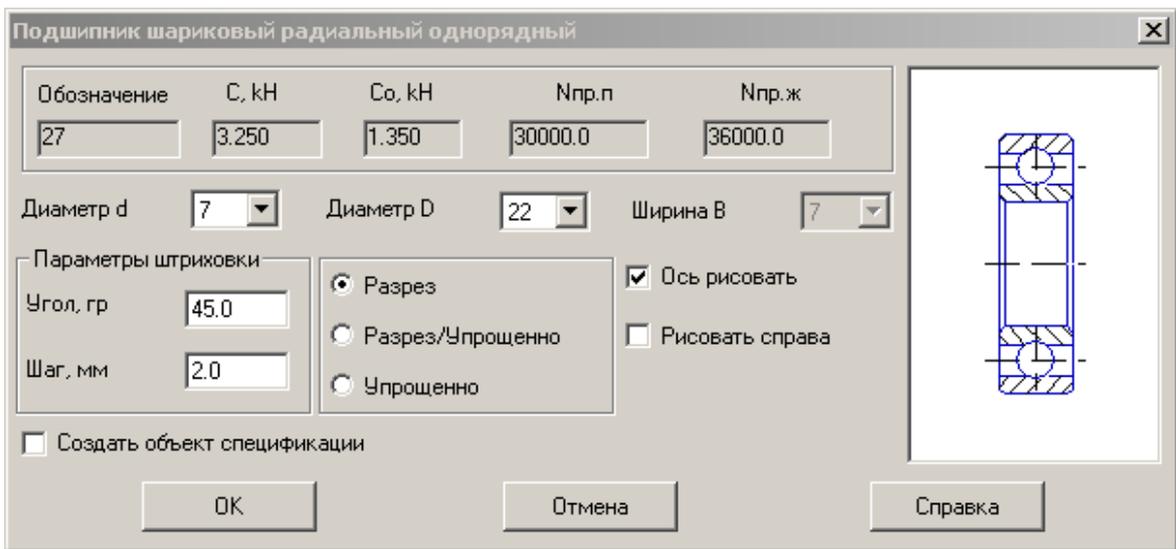
5. Моделирование подшипника ГОСТ 8338-75

5.1. Моделирование составляющих элементов подшипника

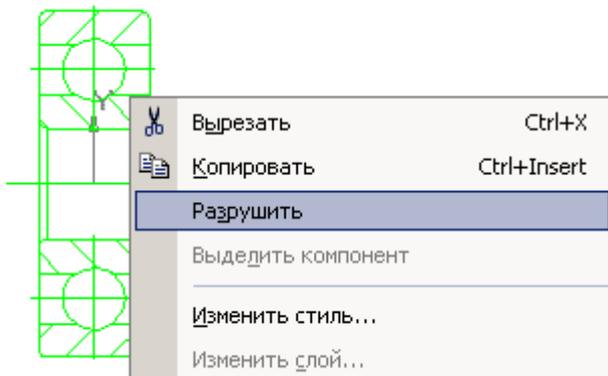
1. Для построения модели подшипника воспользуйтесь библиотекой программы КОМПАС. Так как она двумерная, выберите меню **Файл – Создать – Фрагмент**. Затем выберите раздел **Сервис – Менеджер библиотек**, или на пиктографической панели выберите кнопку **Менеджер библиотек** .
2. В открывшемся окне в разделе **Библиотеки КОМПАС – Машиностроение** активизируйте **Конструкторскую библиотеку**. В Конструкторской библиотеке выберите раздел **Подшипники – Подшипники шариковые** и далее подшипник с нужным ГОСТом (ГОСТ 8338-75).



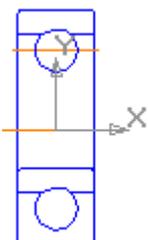
3. Выберите параметры подшипника по посадочному диаметру вала: внутренний диаметр **d** и внешний – **D**. Нажмите **ОК**.



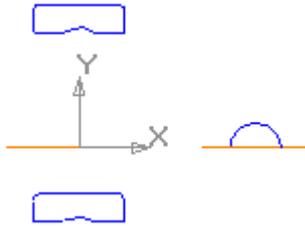
4. Поместите изображение в любом месте Фрагмента, ось вращения должна быть горизонтальна. Проверьте, чтобы были включены привязки **Выравнивание**, **Ближайшая точка** и **Пересечение**. Для дальнейшего удобства работы выберите команду **Сдвиг** , укажите точку, за которую будем перемещать, щелкнув мышкой на пересечении вертикальной оси шарика и оси вращения колец подшипника. Переместите курсор в начало координат и щелкните мышкой.
5. Выделите изображение подшипника, щелкнув на нем мышкой, как видите, данное изображение выделяется целиком и воспринимается программой как единое целое – блок. Нажмите правую кнопку мыши и выберите команду **Разрушить**. В результате, изображение превратится в совокупность отдельных примитивов с возможностью редактирования.



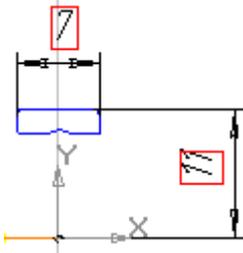
6. Из этого изображения нам надо получить три эскиза: наружное, внутреннее кольцо и шарик. Поэтому предлагаю отредактировать изображение следующим образом, удалив ненужные части изображения:



7. Верхнее изображение окружности (шарика) с осью скопируйте, используя инструмент **Копирование**  и разместите в стороне. Ненужные части вертикальных линий и части дуг обрежьте, используя команду **Усечь кривую** . В результате должна получиться такая картина:



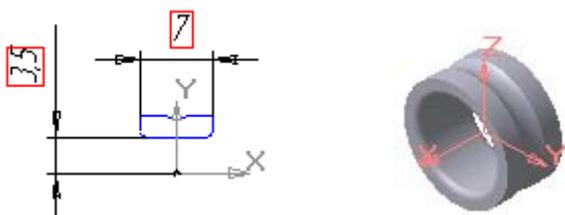
8. Выделите полученный эскиз наружного кольца рамкой и выберите команду **Правка – Копировать**. Укажите базовую точку (точку, за которую удобнее всего позиционировать данное изображение) с привязкой к началу координат.



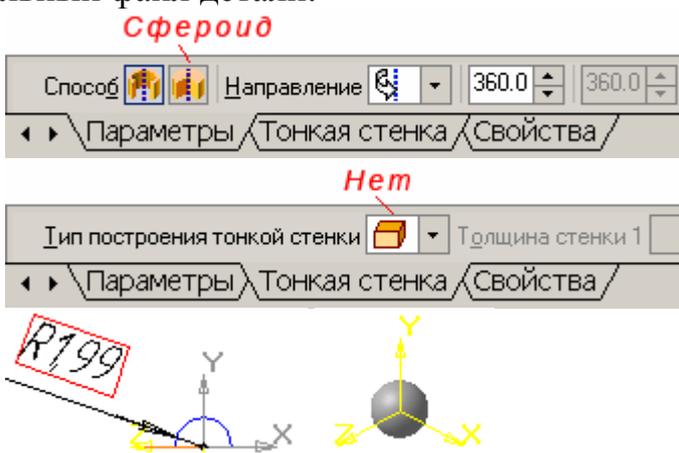
9. Создайте новую деталь с помощью команды **Файл – Создать – Деталь**. В окне **Дерево построения** выберите фронтальную плоскость **XУ**, щелкните на кнопку **Эскиз** .
10. Выберите **Правка – Вставить** и разместите изображение с привязкой в начале координат. Выйдите из режима редактирования эскиза, повторно щелкнув на кнопке **Эскиз** .
11. На Инструментальной панели **Редактирование детали** выберите команду **Операция вращения** и создайте объект.



12. Сохраните файл Внешнее кольцо подшипника.
13. Затем аналогичными действиями создайте новую деталь, скопируйте эскиз внутреннего кольца подшипника из фрагмента, создайте модель тела вращения, сохраните как отдельный файл.

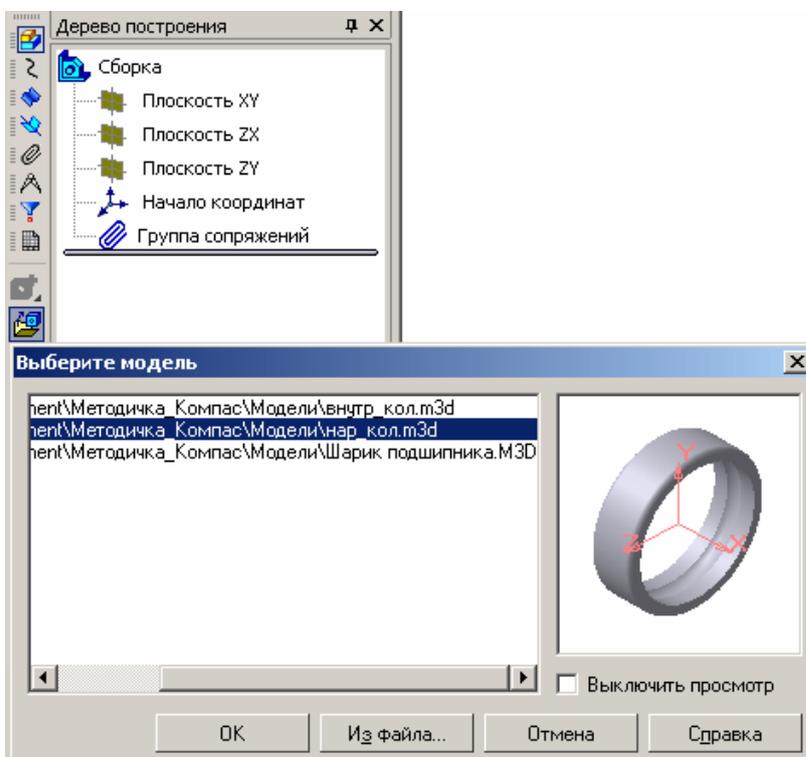


Повторите аналогичные действия и создайте модель шарика. (При задании базовой точки, выберите центр дуги). На панели свойств операции вращения выберите параметр «Сфероид», не создавайте тонкой стенки, сохраните как отдельный файл детали.



5.2. Создание сборки. Наложение ограничений

1. Выберите команду: **Файл – Создать – Сборку**. На панели инструментов выберите **Добавить из файла** . Выберите файл наружное кольцо.

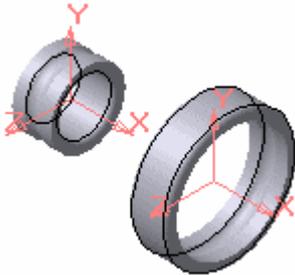


2. Укажите положение базовой точки модели в начале координат. В дереве построения рядом с названием деталь появится в скобках буква (ф), что означает модель – фиксирована.

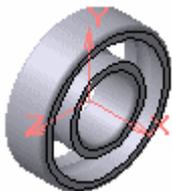
- Затем повторите действие и добавьте в сборку внутреннее кольцо. Поместите его в стороне от наружного.

Совет. Сразу после вставки моделей в сборку переименуйте в дереве построения названия Детали на конкретные названия моделей. Это позволит в дальнейшем без труда разобраться с наложенными сопряжениями.

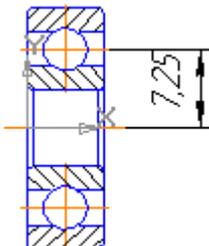
- Для размещения одного кольца внутри другого, необходимо наложить ограничения по положению этих моделей относительно друг друга. **Кольца должны быть соосны и их торцевые поверхности должны лежать в одной плоскости.** Выберите на Инструментальной панели **Сопряжения** , команду **Соосность** . Укажите на поверхность вращения одного кольца, потом другого (удобнее всего указать на внешнюю цилиндрическую поверхность наружного кольца и поверхность отверстия внутреннего), в результате внутреннее и внешнее кольцо выровняются по одной оси.



- Далее выберите команду **Совпадение** , укажите на торцевые поверхности одного и другого кольца, после чего они будут лежать в одной плоскости.

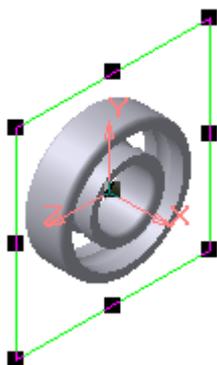


- Для размещения шарика, опишем его положение: центр шарика располагается на окружности известного радиуса (можно измерить по изображению, вставленному из библиотеки (см. выше)), лежащей в продольной плоскости симметрии колец. Измерьте радиус данной окружности.

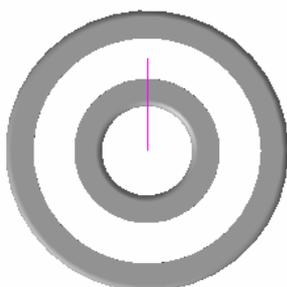


- Выберите плоскость (в нашем примере – **ZY**) как плоскость построения эскиза. Она же является продольной плоскостью симметрии колец, благодаря тому, что при создании эскиза кольца базовая точка была

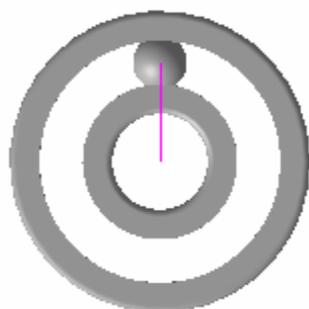
выбрана лежащей в данной плоскости. В противном случае, надо было бы строить вспомогательную плоскость.



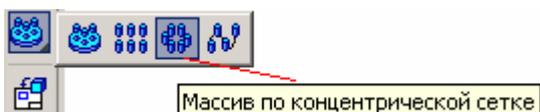
8. Постройте отрезок стилем линии – **Основная** от начала координат, длиной равной измеренному радиусу, для чего введите значение в соответствующее поле **Длина** панели свойств, нажмите клавишу **Enter** для фиксации этого значения и создайте объект.



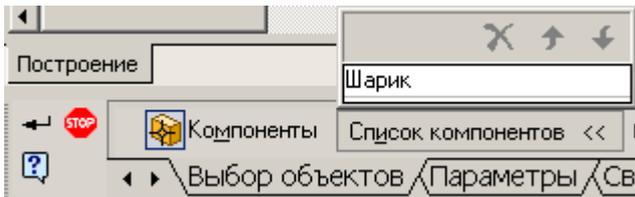
9. Добавьте в сборку шарик, поместите его произвольно, в стороне. Выберите на Инструментальной панели **Сопряжение** команду **Совпадение** , укажите центр шарика (при этом значок рядом с курсором должен быть в виде звездочки ) и конец отрезка.



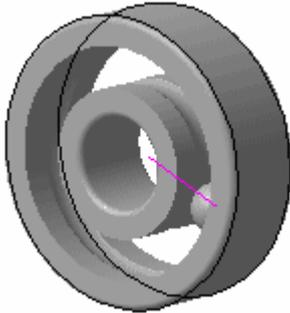
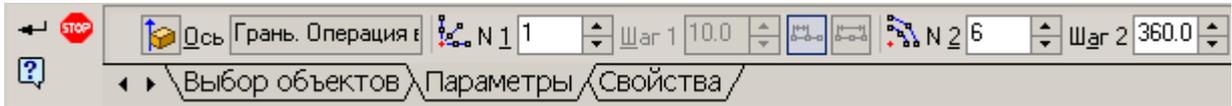
10. Создайте массив с заданным количеством элементов (в нашем случае - 6). Для этого выберите операцию **Массив по концентрической сетке**.



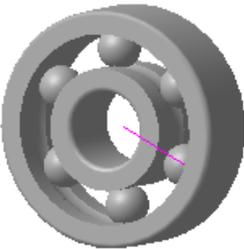
11. На вкладке **Выбор объектов** щелкните мышкой кнопку **Компоненты** и в дереве построения выберите деталь Шарик.



12. На вкладке **Параметры** щелкните мышкой кнопку **Ось** и укажите на поверхность вращения (например, кольца).



13. В поле N2 задайте количество элементов массива – 6. Создайте объект .



14. Сохраните файл.

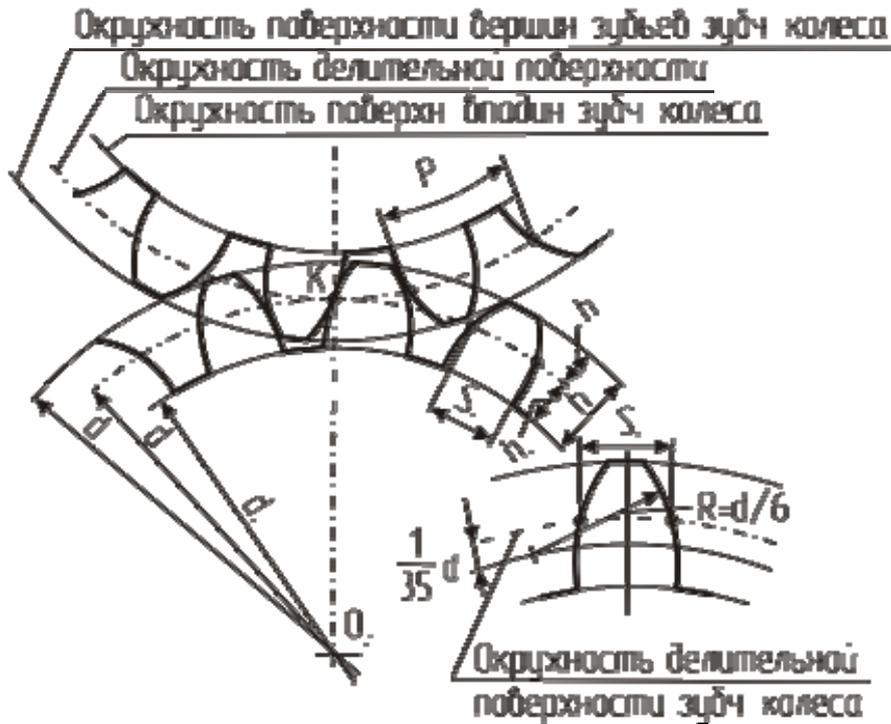
6. Моделирование цилиндрического зубчатого колеса

6.1. Создание заготовки колеса

В справочной литературе (Федоренко В.А., Шошин А.И. «Справочник по машиностроительному черчению») есть описание упрощенного построения зуба зубчатого колеса. Если у вас изготовленное зубчатое колесо и не понятно какие у него параметры, для их определения можно поступить следующим образом:

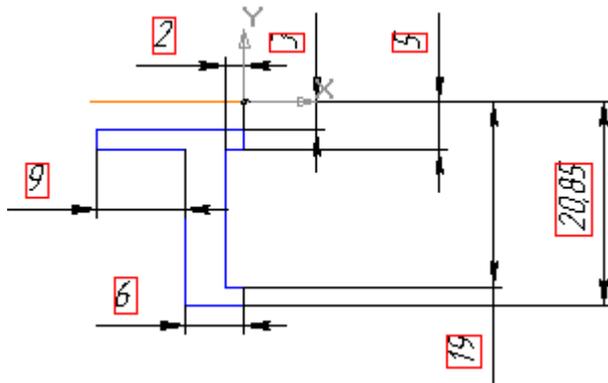
1. Посчитайте число зубьев – Z .
2. Измерьте диаметр поверхности вершин – d_a .
3. Из формулы $d_a = m(Z + 2)$ посчитайте значение модуля – m .
4. Приведите (по таблице) это значение к стандартному.
5. Пересчитайте со стандартным значением модуля все необходимые параметры:

$$d_a = m_{cm}(Z+2); \quad d = m_{cm} Z; \quad d_f = m_{cm} (Z - 2.5); \quad S_t = 0.5m_{cm}\pi$$



Воспользуемся предложенным методом построения чуть позже. Для начала создадим заготовку зубчатого колеса.

1. Выберите плоскость XY для построения эскиза, войдите в режим создания эскиза, нажав кнопку **Эскиз** .
2. Постройте эскиз согласно рисунку:



В нашем примере ось вращения смещена относительно контура будущего колеса, в результате при вращении контура будет образовано и посадочное отверстие.

3. Выйдите из режима создания эскиза, отжав кнопку .
4. Для создания тела вращения, выберите команду **Операция вращения**

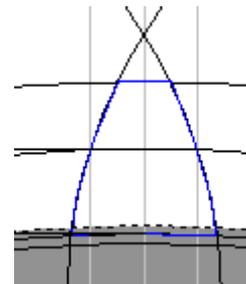
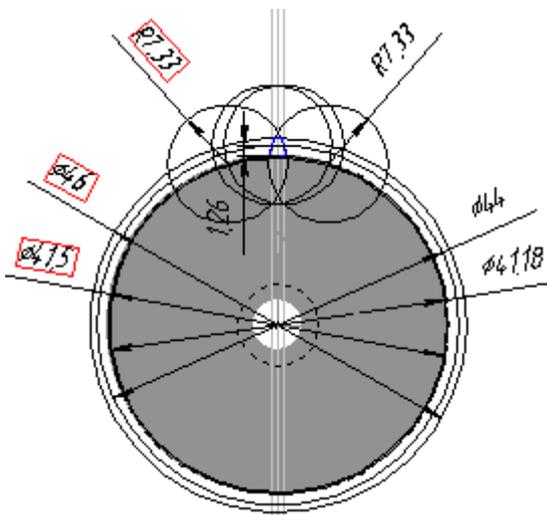


Операция вращения и создайте объект.

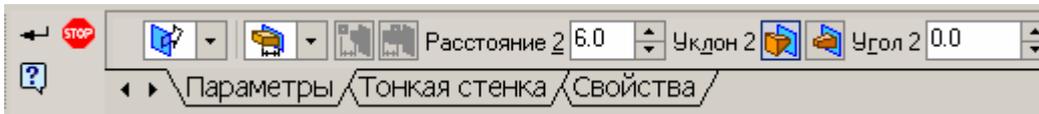


6.2. Упрощенное построение изображения зуба. Моделирование зуба

1. Выберите торцевую плоскость и постройте на ней следующий эскиз согласно схеме упрощенного построения зуба, приведенного выше ($Z=44$, $m=1$, $d_a=46$). Линии построения создавайте стилем линии – **Вспомогательная**, а контур зуба – **Основная**.



2. Выйдите из эскиза, выберите команду **Приклеить выдавливанием** , установите величину выдавливания, равную ширине зубчатого венца.



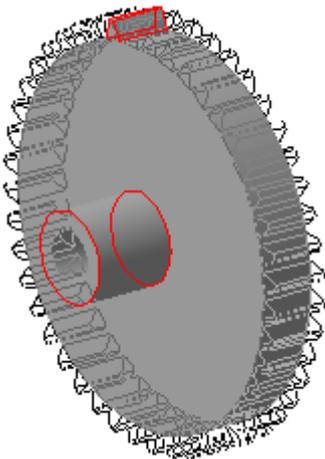
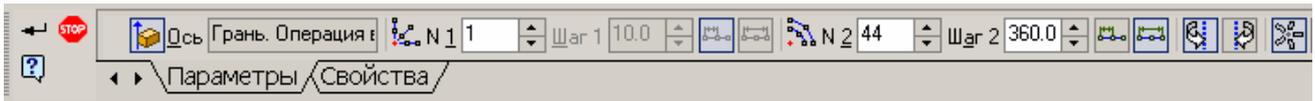
В результате получим модель зуба



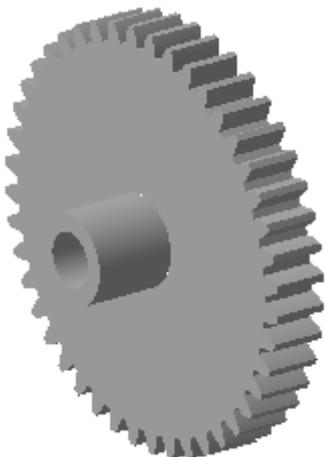
3. Выделите зуб в дереве построения, если выделение снято, выберите команду построения **Массива по концентрической сетке**



4. На панели свойств щелкните левой кнопкой мыши на кнопке **Ось** и укажите, также щелчком мыши, цилиндрическую поверхность зубчатого венца или ступицы, в результате программа выберет ось массива, совпадающей с осью тела вращения. Задайте количество элементов массива (в нашем примере – 44).



5. Создайте объект.

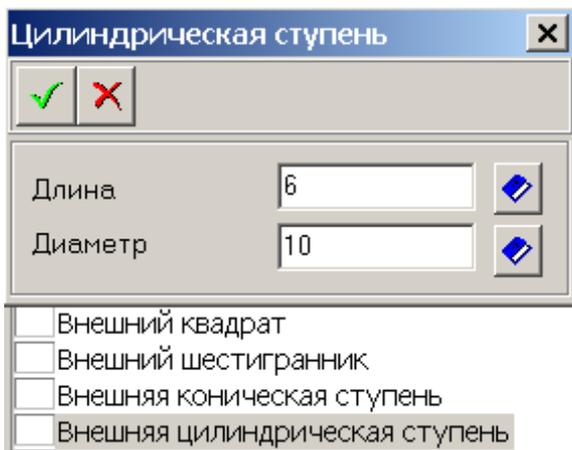


6.3. Использование подпрограммы расчета Shaft 3D и создание модели колеса по этим расчетам

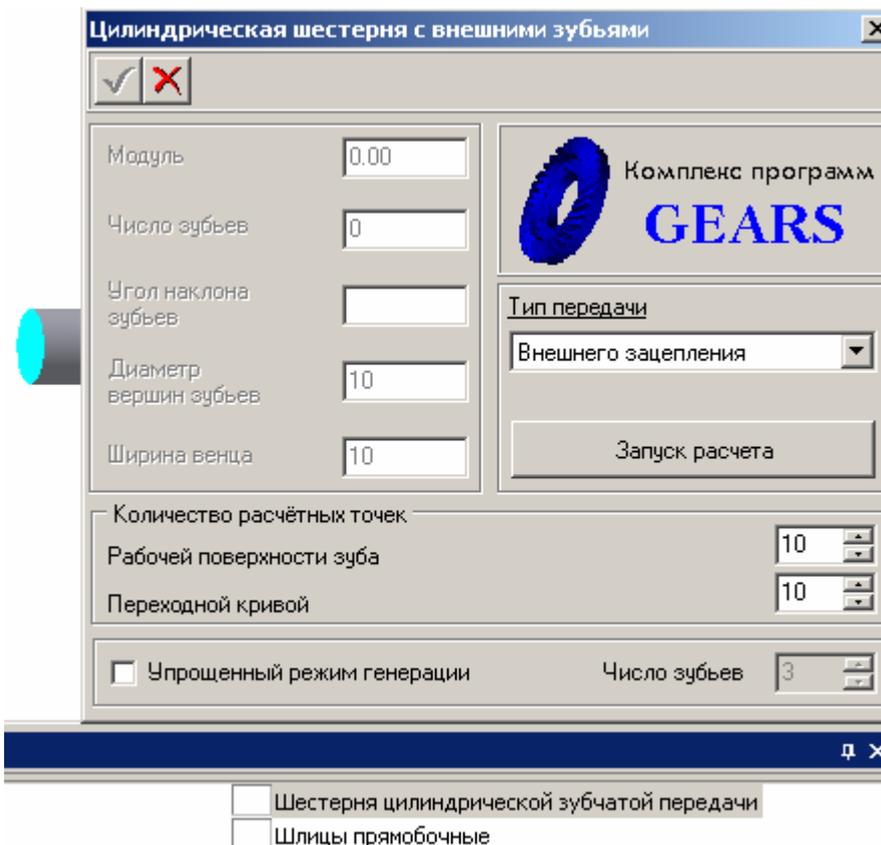
1. Создайте новую деталь. Вызовите библиотеку, нажав кнопку . Выберите раздел **Расчет и построение** и в нем – **КОМПАС-SHAFT 3D**.



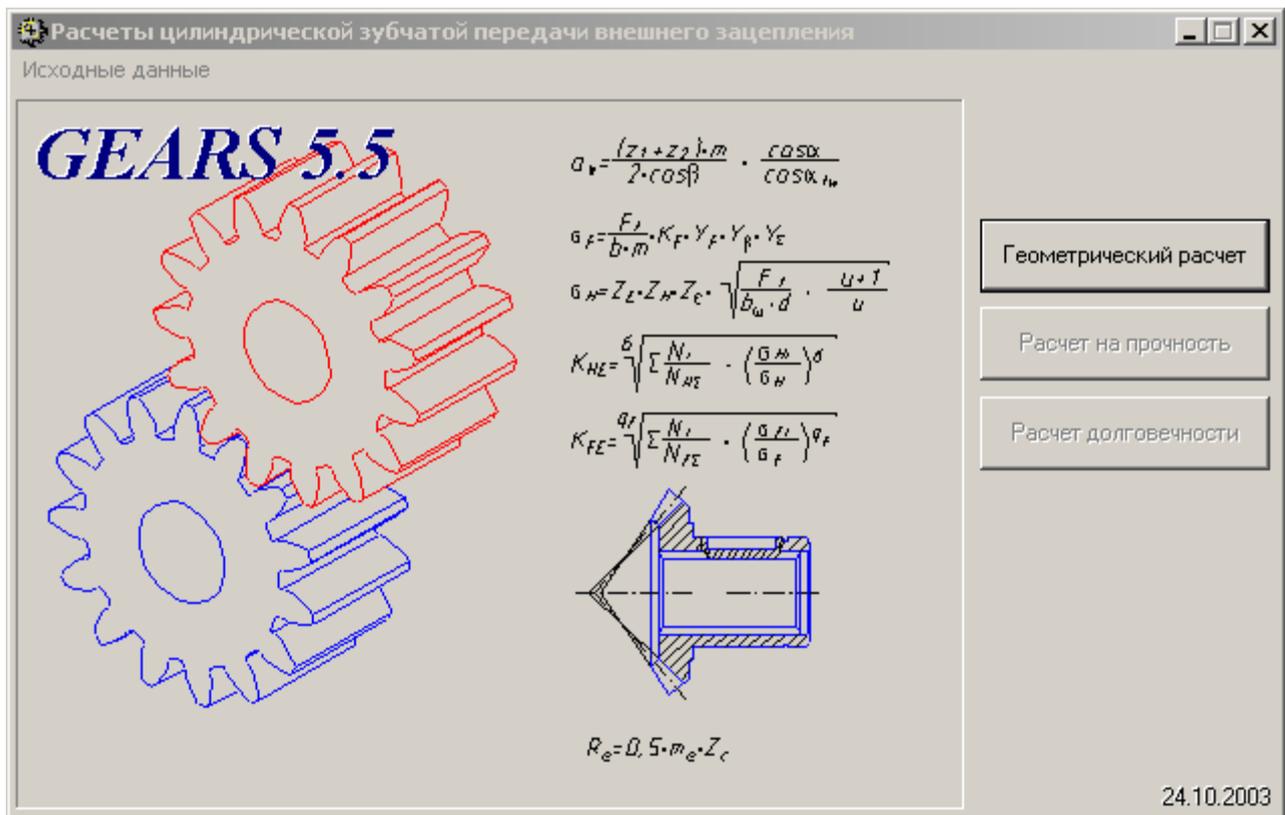
2. Создадим ступицу колеса, для чего выберите **Внешняя цилиндрическая ступень**, укажите плоскость для построения (например, **Плоскость ZY**) и задайте параметры в диалоговом окне, после чего нажмите кнопку с галочкой.



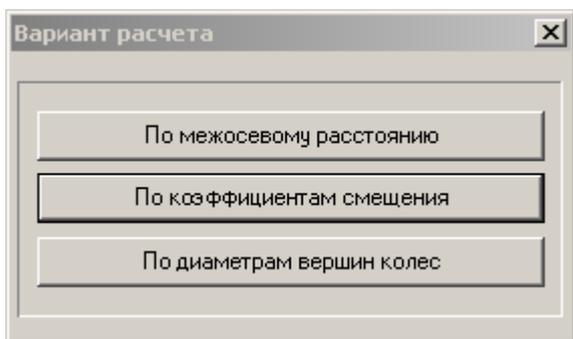
3. Далее, будем моделировать зубчатый венец. Выберите команду построения **Шестерня цилиндрической зубчатой передачи**, укажите плоскость построения зубчатого венца (торцевая плоскость ступицы – на экране будет подсвечена зеленым цветом), в результате появится диалоговое окно:



Нажмите кнопку **Запуск расчета**. Появится окно с единственно активной кнопкой – **Геометрический расчет**, нажмите ее.



4. В появившемся диалоговом окне выберите способ расчета (в нашем примере рассмотрим расчет **По диаметрам вершин колес**).



5. На первой странице задайте число зубьев, модуль, ширину зубчатого венца, диаметр вершин колес. Там, где есть кнопка с калькулятором зеленого цвета (как например, в п. 10. **Диаметр ролика**) нажмите ее и выберите рекомендуемое значение. После заполнения всех полей, перейдите на вкладку **Страница 2**.

Геометрический расчет

Страница 1 | Страница 2 | Предмет расчета

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Число зубьев	44	20
2. Модуль, мм	0.800	
3. Угол наклона зубьев, °	0 ° 0 ' 0 "	
4. Угол профиля зубьев, °	20 ° 0 ' 0 "	
5. Коэффициент высоты головки зуба	1	
6. Коэффициент радиального зазора	0.25	
7. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	0.38	
8. Ширина зубчатого венца, мм	4	4
9. Диаметры вершин колес, мм	35.2	16
10. Диаметр ролика, мм	1.432	1.432
11. Вид обработки	рейка	рейка
12. Характеристика инструмента		
13. Направление спирали зуба ведущего колеса	прямое	

6. Нажмите на зеленые кнопки с калькулятором, и программа рассчитает коэффициенты смещения исходного контура для ведущего и ведомого колеса. После чего, нажмите в левом верхнем углу кнопку **Расчет**. Если в нижней части диалогового окна все будет без ошибок, то нажмите кнопку **Возврат в главное окно**. Если все же будут ошибки, необходимо вернуться на вкладку **Страница 1** и изменить некоторые параметры.

Геометрический расчет

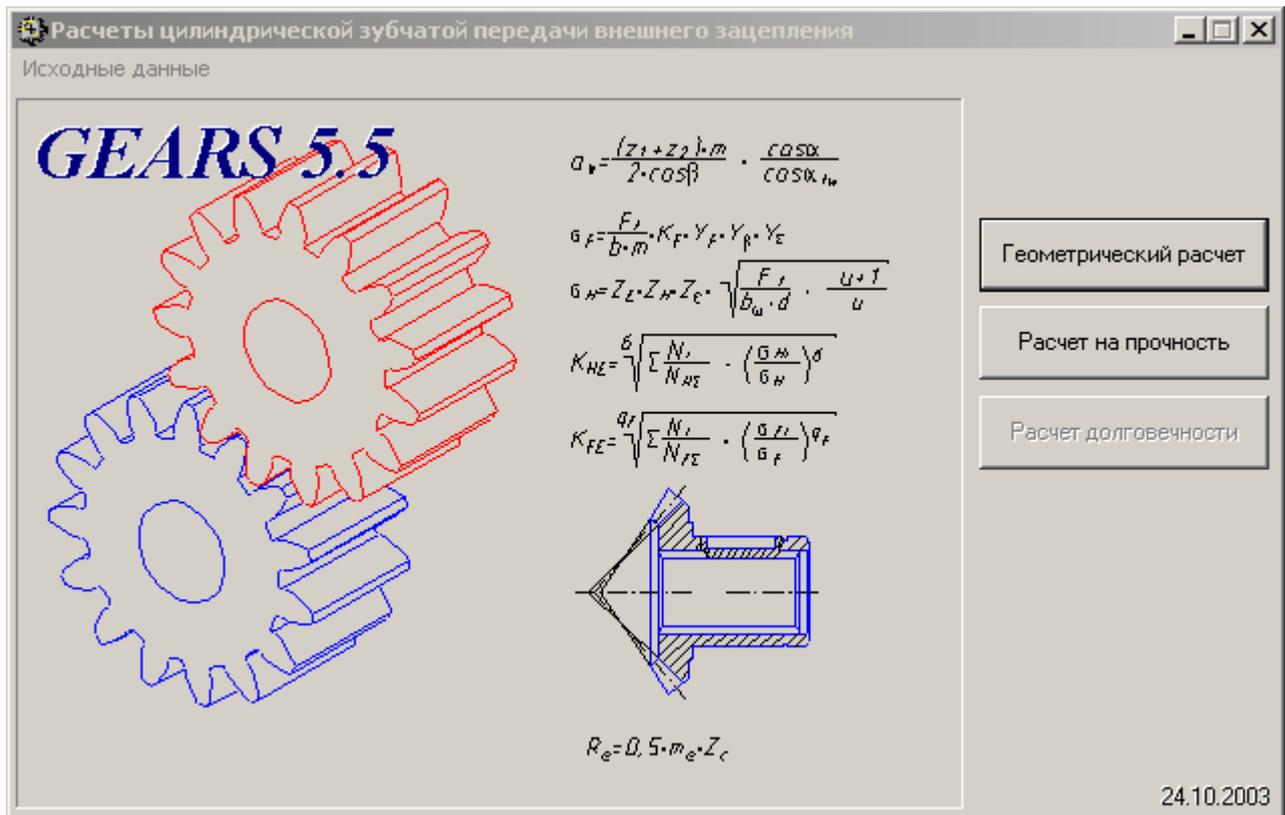
Страница 1 | Страница 2 | Предмет расчета

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
Параметры Расчет		
Степень точности	7-C	7-C
Суммарный коэффициент смещения Возврат в главное окно	-0	
Коэффициент смещения исходного контура	-0	0
Внешний диаметр вершин зубьев, мм	36.8	17.6
Диаметр вершин зубьев со срезом, мм	36.8	17.6

Ход расчета

Контролируемые, измерительные параметры и параметры качества зацепления в норме

7. После этого в главном окне станет активной вторая кнопка – **Расчет на прочность**



8. Выберите и задайте необходимые параметры. При нажатии на кнопку **Расчет** появится текстовое окно с результатами расчетов сведенных в таблицу, которые можно сохранить. После этого нажмите кнопку **Возврат в главное окно**.

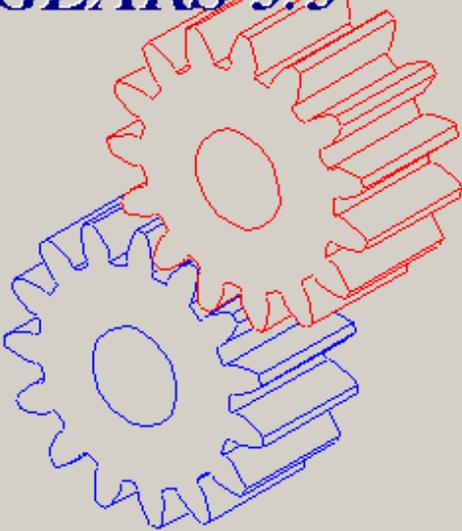
Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Вариант схем расположения передачи	5	
2. Материал зубчатых колес	18ХГТ	18ХГТ
3. Допускаемые напряжения по контакту, МПа	2464	2464
4. Допускаемые напряжения по изгибу, МПа	1143	1143
5. Твердость активных поверхностей зубьев колес, НРС или НВ	56	56
6. Расчетная нагрузка, Н*м	1000	
7. Число оборотов на ведущем колесе, об./мин	10000	

9. Стала активной третья кнопка – **Расчет долговечности**

Расчеты цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления

Исходные данные

GEARS 5.5

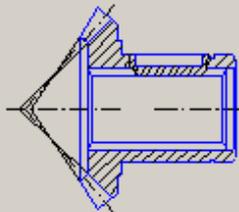


$$a_w = \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot m}{2 \cdot \cos\beta} \cdot \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w}$$

$$\sigma_F = \frac{F_t}{b \cdot m} \cdot K_F \cdot Y_F \cdot Y_{Fa} \cdot Y_{\sigma}$$

$$\sigma_H = Z_L \cdot Z_H \cdot Z_{\epsilon} \cdot \sqrt{\frac{F_t}{b_w \cdot d} \cdot \frac{u+1}{u}}$$

$$K_{H\epsilon} = \sqrt{\sum \frac{N_i}{N_{HT}} \cdot \left(\frac{\sigma_{H\epsilon}}{\sigma_H}\right)^6}$$

$$K_{F\epsilon} = \sqrt{\sum \frac{N_i}{N_{FE}} \cdot \left(\frac{\sigma_{F\epsilon}}{\sigma_F}\right)^6}$$


$$R_e = 0,5 \cdot m_e \cdot Z_c$$

Геометрический расчет

Расчет на прочность

Расчет долговечности

24.10.2003

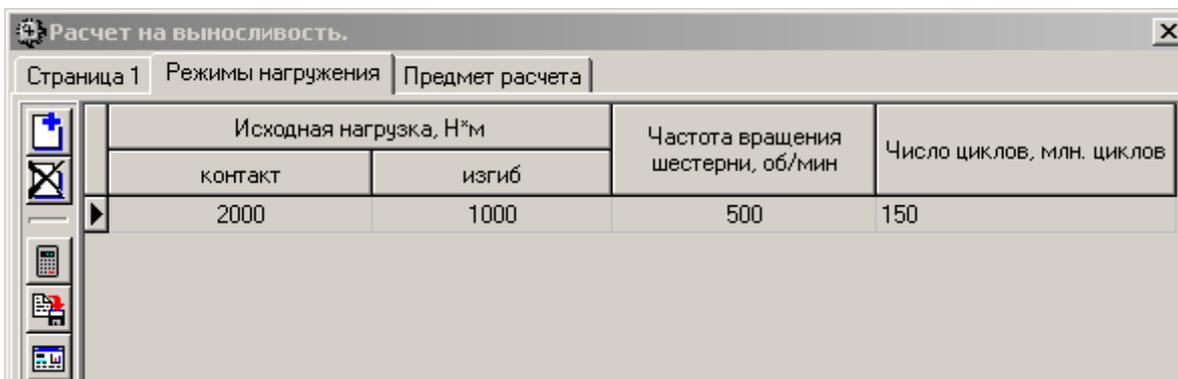
10. Задайте необходимые параметры и перейдите на страницу **Режимы нагружения**

Расчет на выносливость.

Страница 1 | Режимы нагружения | Предмет расчета

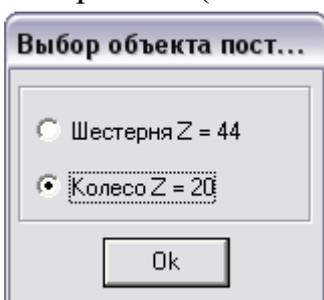
Параметры		Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Материал зубчатых колес		18ХГТ	18ХГТ
2. Предел выносливости по контакту, МПа		1288	1288
3. Предел выносливости по изгибу, МПа		820	820
4. Базовый ресурс и его размерность		50000	час
5. Тип передачи		Обычная	
6. Количество сателлитов		1	
7. Функциональное назначение ведущего колеса		Солнечная шестерня	
8. Коэффициент ограничения усталостных повреждений	контакт	0.6	
	изгиб	0.6	
9. Коэффициент безопасности	контакт	1.2	1.2
	изгиб	1.55	1.55
10. Показатель кривой выносливости	контакт	6	6
	изгиб	9	9
11. Коэффициент, учитывающий шероховатость		1	1
12. Базовое число циклов при изгибе, млн. циклов		4	4

11. Для создания параметров режима нагружения нажмите кнопку **Добавить**, появится новая строка, введите необходимые параметры. После нажатия кнопки **Расчет**, также как и в предыдущем случае, появится текстовое окно с результатами расчетов сведенных в таблицу, которые можно сохранить.

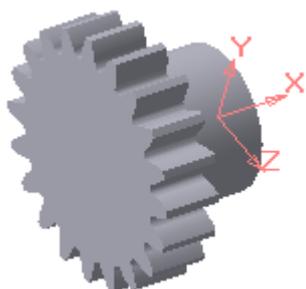


Исходная нагрузка, Н*м		Частота вращения шестерни, об/мин	Число циклов, млн. циклов
контакт	изгиб		
2000	1000	500	150

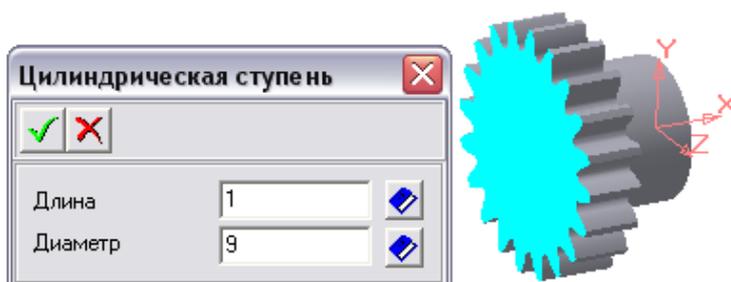
12. После этого нажмите кнопку **Возврат в главное окно**. Сохраните файл расчетов и закройте окно. Появится диалоговое окно выбора объекта построения (в нашем примере, выберите построение шестерни).



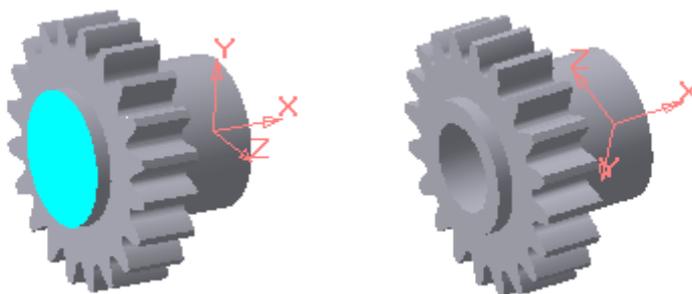
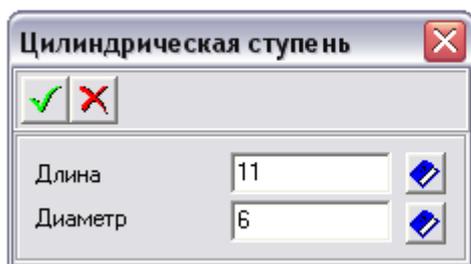
13. В результате будет построен зубчатый венец.



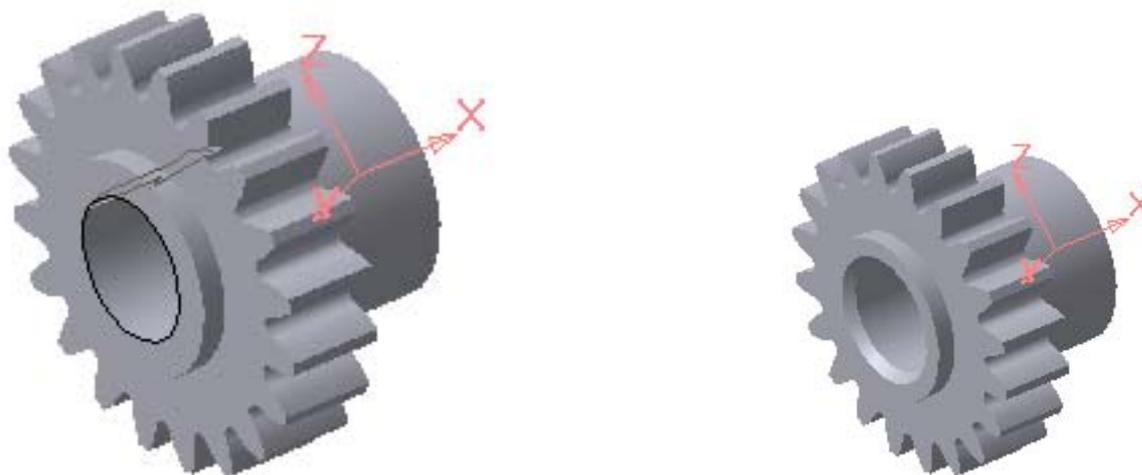
14. Добавьте на торцевой плоскости диска зубчатого колеса цилиндрический выступ. Для этого, выберите команду **Внешняя цилиндрическая ступень**, укажите данную торцевую плоскость, задайте необходимые параметры и завершите построение.



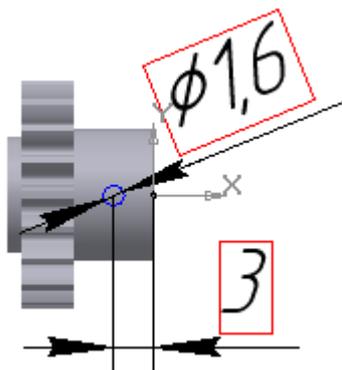
15. И последнее, необходимо вырезать отверстие для вала. Выберите команду **Внутренняя цилиндрическая ступень**, укажите торцевую плоскость ступицы, задайте параметры отверстия, завершите построение.



16. При необходимости данные расчета можно использовать еще раз, загрузив сохраненный файл в диалоговом окне **Расчет цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления**, выбрав в меню **Исходные данные – Чтение**. После загрузки файла, какие-то параметры можно изменить.
17. Для облегчения сборки, создайте фаску, для чего вызовите команду **Фаска** , выделите окружность основания отверстия, на панели свойств задайте величину катета фаски 0.5 на 45° и создайте объект.

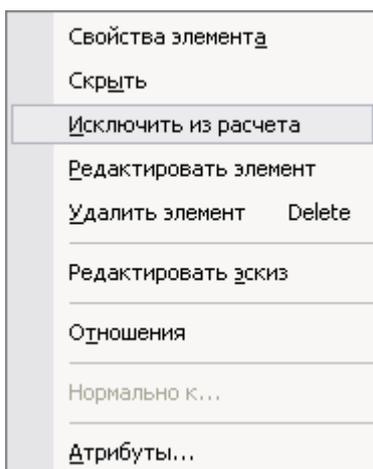


18. Смоделируем штифтовое отверстие (понадобится нам при построении сборки), направляющее отверстие под штифт (понадобится для выполнения чертежа по модели) и отверстие под установочный винт. Для штифтового отверстия создайте эскиз в плоскости **XY**:

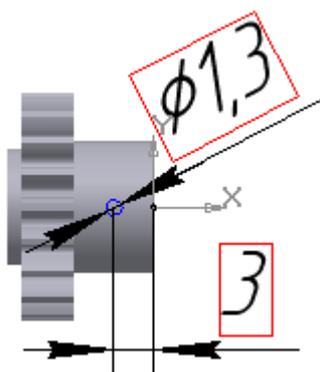


19. Выйдите из эскиза и **вырежьте выдавливанием**  в оба направления от плоскости эскиза до ближайшей поверхности. В дереве построения

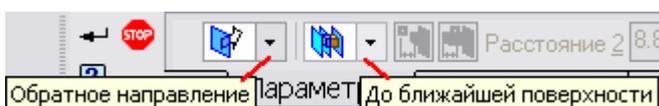
щелкните правой кнопкой мыши на имени данной операции и выберите из контекстного меню команду **Исключить из расчета**



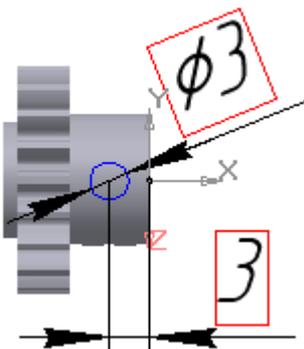
20. Для направляющего отверстия создайте в плоскости **X_Y** следующий эскиз:



21. Выйдите из эскиза и **вырежьте выдавливанием**  в обратном направлении от плоскости эскиза до ближайшей поверхности.



22. Для отверстия под установочный винт выберите плоскость **ZX** и постройте следующий эскиз:



23. Выйдите из эскиза и **вырежьте выдавливанием**  в обратном направлении от плоскости эскиза до ближайшей поверхности.

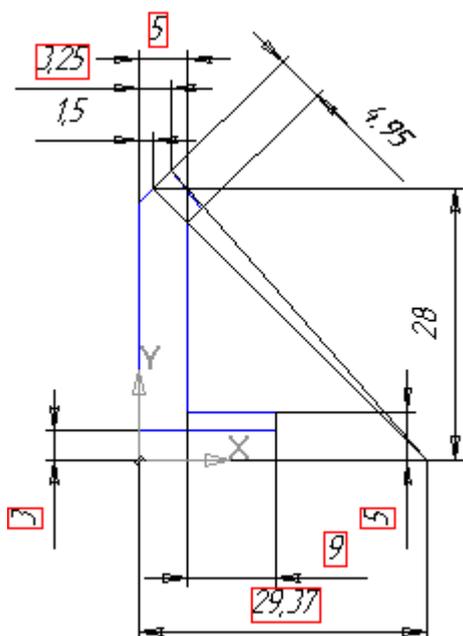


24. В таком виде зубчатое колесо понадобится для построения чертежа по модели. А для построения в дальнейшем сборки, используя команду **Исключить из расчета**, отключите построение направляющего отверстия, и **Включите в расчет** построение сквозного отверстия под штифт.

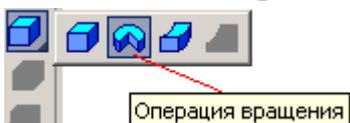
7. Моделирование конического зубчатого колеса

7.1. Создание заготовки зубчатого колеса

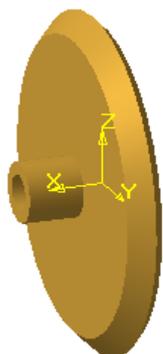
1. В плоскости XY создайте эскиз с указанием всех необходимых размеров:



2. Создайте тело вращения с помощью команды **Операция вращения**

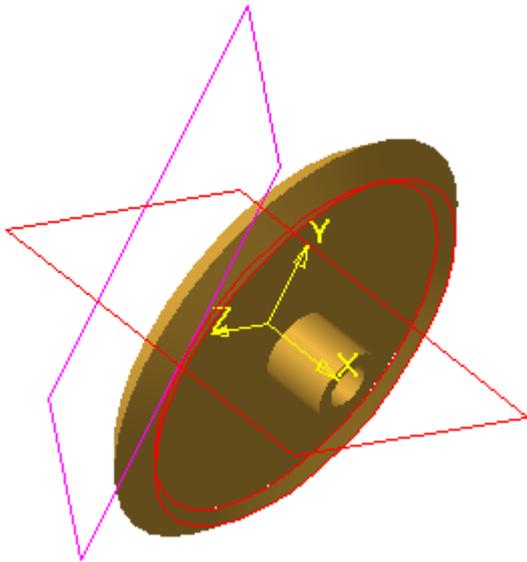
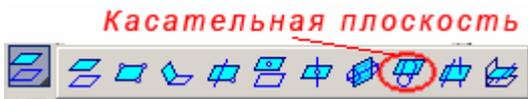


3. В результате получим:



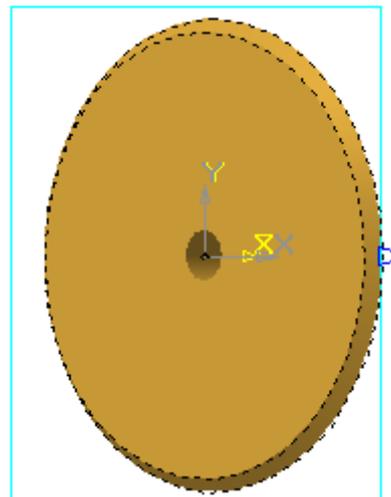
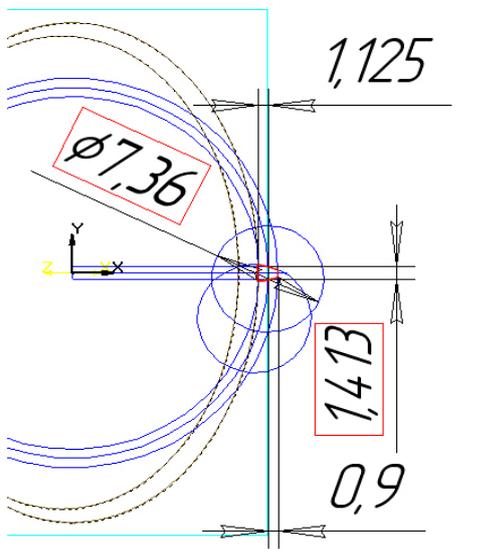
7.2. Создание касательной плоскости для построения профиля зуба

1. Выберите в Инструментальной панели **Вспомогательная геометрия** команду – **Касательная плоскость**
2. Укажите поверхность, к которой строим касательную плоскость, затем укажите плоскость, с которой будет пересекаться касательная плоскость (в нашем примере это плоскость **ZX**, которую удобнее всего указать в дереве построения).

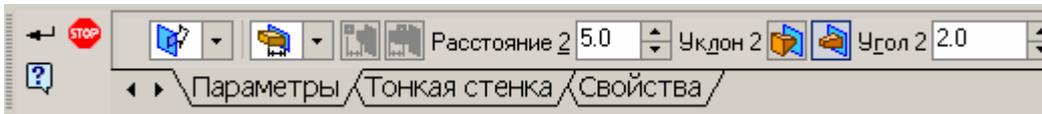


7.3. Создание зуба конического зубчатого колеса

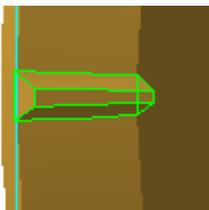
1. Выберите касательную плоскость в дереве построения и выполните на ней эскиз зуба, построенный упрощенным способом (см. предыдущий урок – Моделирование цилиндрического зубчатого колеса):



2. Создайте модель зуба, используя операцию **Приклеить выдавливанием** , на 5 мм. Так как у конического колеса зуб по длине имеет не постоянную толщину, задайте угол уклона 2° .

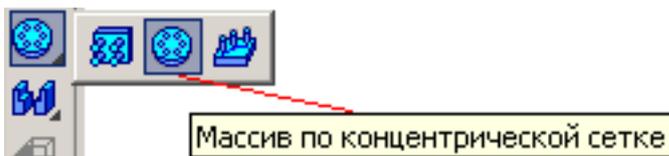


3. В результате получим:



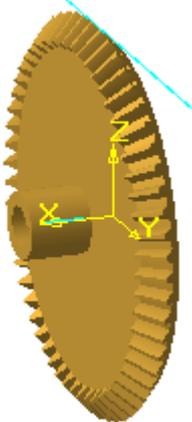
7.4. Создание зубьев конического зубчатого колеса

1. Выделите зуб в дереве построения, если выделение снято, выберите команду построения **Массива по концентрической сетке**



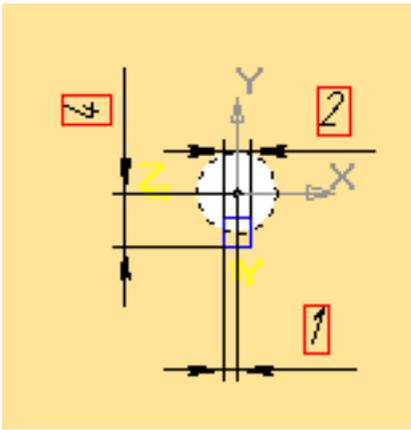
2. На панели свойств щелкните левой кнопкой мыши на кнопке **Ось** и укажите, также щелчком мыши, коническую поверхность зубчатого венца или ступицы, в результате программа выберет ось массива, совпадающей с осью тела вращения. Задайте количество элементов массива (в нашем примере – 58).

3. В результате получим:

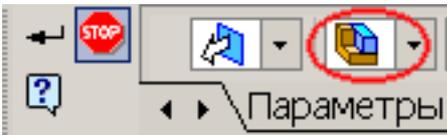


7.5. Моделирование шпоночного паза

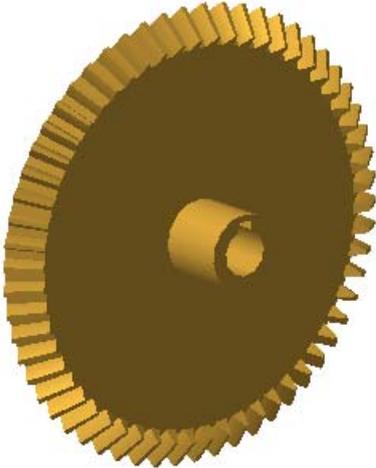
1. Выберите торцевую поверхность ступицы колеса, постройте эскиз:



2. Выйдите из эскиза и вырежьте выдавливанием , установив параметр **Через все**



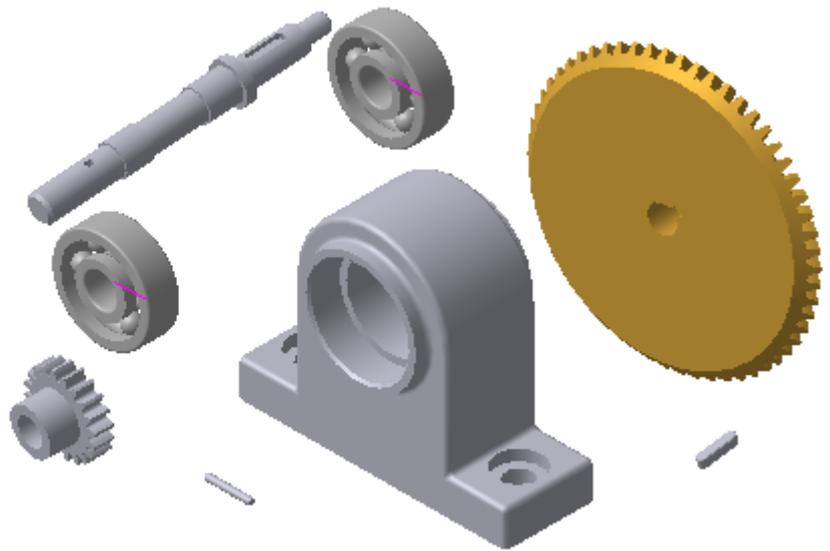
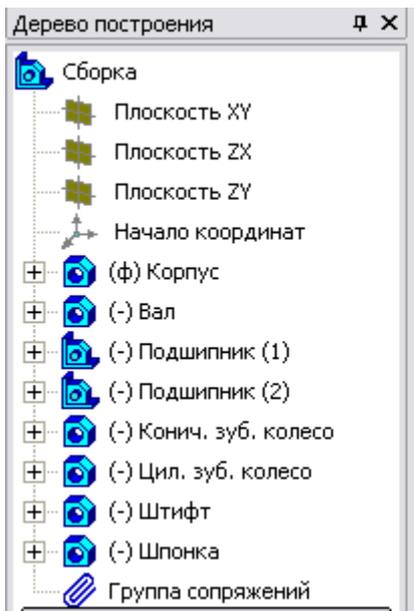
3. В результате получим:



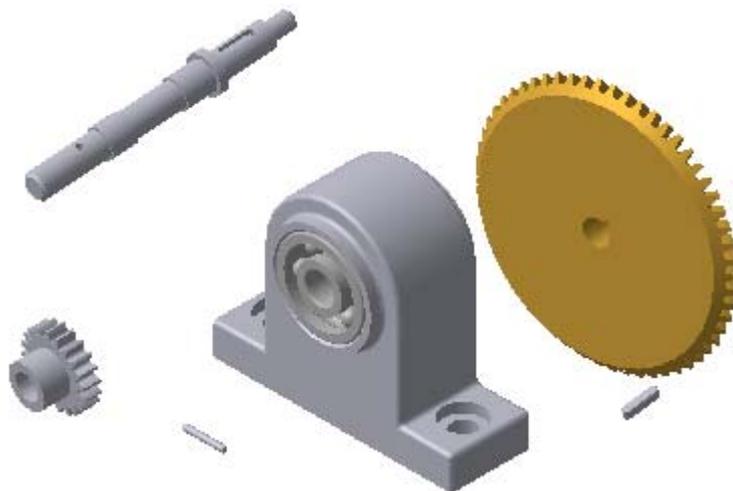
8. Создание сборки узла механизма

8.1. Создание сборки. Наложение сопряжений

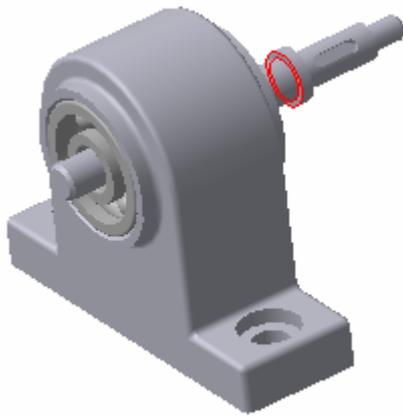
1. В меню **Файл** выберите команду **Создать – Сборку**. На инструментальной панели **Редактирование сборки** , выберите команду **Добавить из файла**  и в диалоговом окне выберите файл Корпус. Вставьте Корпус, поместив курсор в начало координат. В дереве построения появится Деталь, переименуйте, для удобства дальнейшей работы, в Корпус. Рядом с надписью в скобках отобразится буква (Ф), что означает – фиксирована. Все остальные детали и под сборки будем позиционировать относительно Корпуса.
2. Аналогичным образом добавьте из файла остальные детали, располагая их произвольно, в стороне от Корпуса. Сразу же переименовывайте для удобства в дереве построения на название самих моделей.



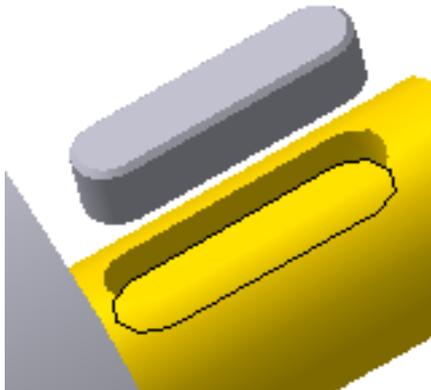
3. Теперь необходимо задать определенные положения всем деталям, накладывая сопряжения. Будем действовать в той последовательности, как при реальной сборке. Начнем с подшипников. Выберите на Инструментальной панели **Сопряжения** , команду **Соосность** . Укажите на поверхность вращения кольца одного подшипника и отверстия в Корпусе, затем другого подшипника и также отверстия Корпуса. В результате чего оси подшипников будут сосны оси отверстия в корпусе.
4. Далее выберите команду **Совпадение** , укажите на торцевую поверхность наружного кольца одного подшипника и торцевую поверхность отверстия под него в Корпусе, после чего подшипник займет нужное положение. Повторите эти действия для второго подшипника.



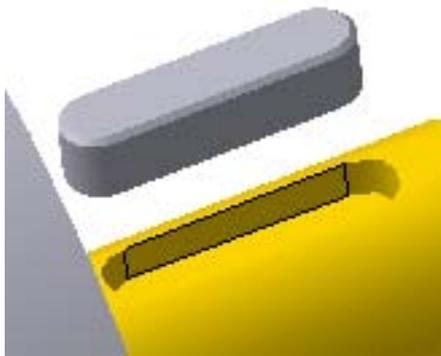
5. Теперь задайте положения вала. Назначьте сопряжения **Соосность** поверхности вала и отверстия в подшипнике и **Совпадение** торцевой поверхности цилиндрического пояска вала и внутреннего кольца второго подшипника.



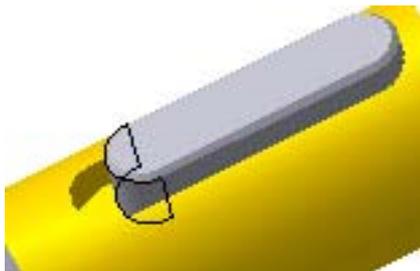
6. Вставьте шпонку в паз на валу. Для этого надо наложить три сопряжения, используя команду **Совпадение**.
- a. Укажите торцевую плоскость паза и нижнюю плоскость шпонки.



- b. Укажите боковую плоскость паза и боковую плоскость шпонки.



- c. Укажите цилиндрическое скругление шпонки и паза.

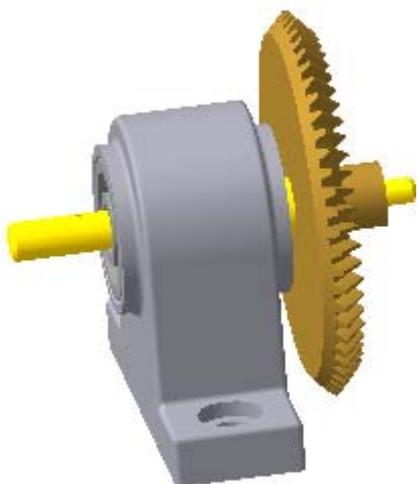


7. В дальнейшем, при построении выреза четверти, нам понадобится параллельность торцевой плоскости шпонки с горизонтальной плоскостью

основания Корпуса, поэтому добавим сопряжение **Параллельность**  и укажем торцевую плоскость шпонки и плоскость основания Корпуса.



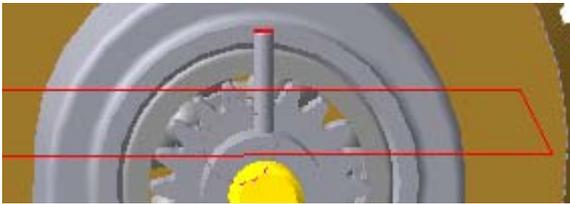
8. Установите коническое зубчатое колесо на вал. Наложите три сопряжения: **Соосность** отверстия колеса с валом; **Совпадение** торцевой поверхности паза колеса под шпонку с торцевой поверхностью шпонки; **Совпадение** торцевой поверхности диска колеса со ступенькой вала.



9. Установите на валу цилиндрическое зубчатое колесо. Наложите на колесо сопряжения **Соосность** посадочного отверстия колеса и вала, а также **Соосность** отверстия под штифт в ступице колеса и на валу.



10. Установите штифт в отверстие, наложив сопряжение **Соосность**, и так как при вырезании отверстия под штифт в ступице колеса не строили касательной плоскости, определим положение штифта в отверстии, задав сопряжение **На расстоянии**  торцевой поверхности штифта от горизонтальной плоскости системы координат (**ZX**) *модели вала!* равного половине длины штифта (в нашем примере 5 мм).



11. Для закрепления на валу конического зубчатого колеса вставим стандартные крепежные элементы из библиотеки. Выберите раздел **Сервис – Менеджер библиотек**, или на пиктографической панели выберите кнопку **Менеджер библиотек** . В открывшемся окне в разделе Библиотеки КОМПАС – **Машиностроение** активизируйте **Библиотека крепежа**. В **Библиотеке крепежа** выберите раздел **Шайбы**. Дважды щелкните на подразделе **Шайбы**, в диалоговом окне задайте необходимые параметры.

Шайба плоская

Тип: Нормальные

Диаметр стержня: 5

Класс точности: А

Исполнение 1
 Исполнение 2

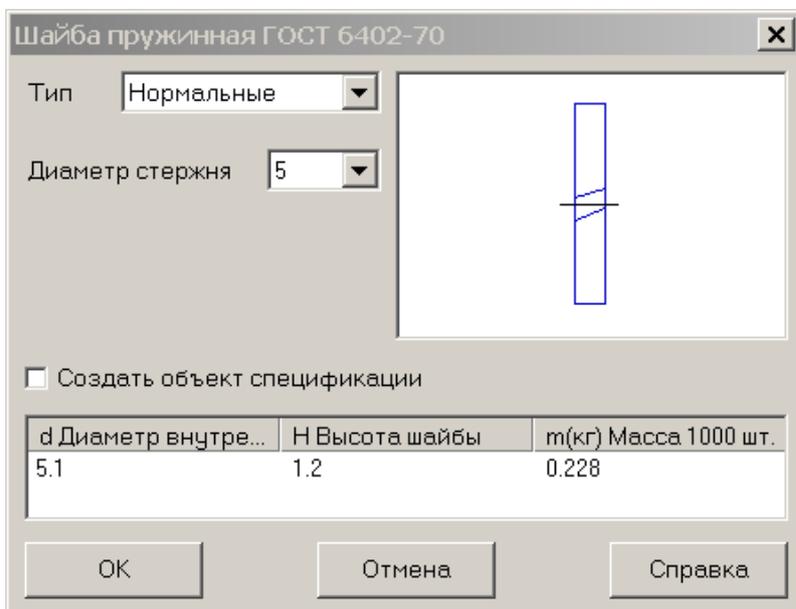
ГОСТ: 11371-78

Создать объект спецификации

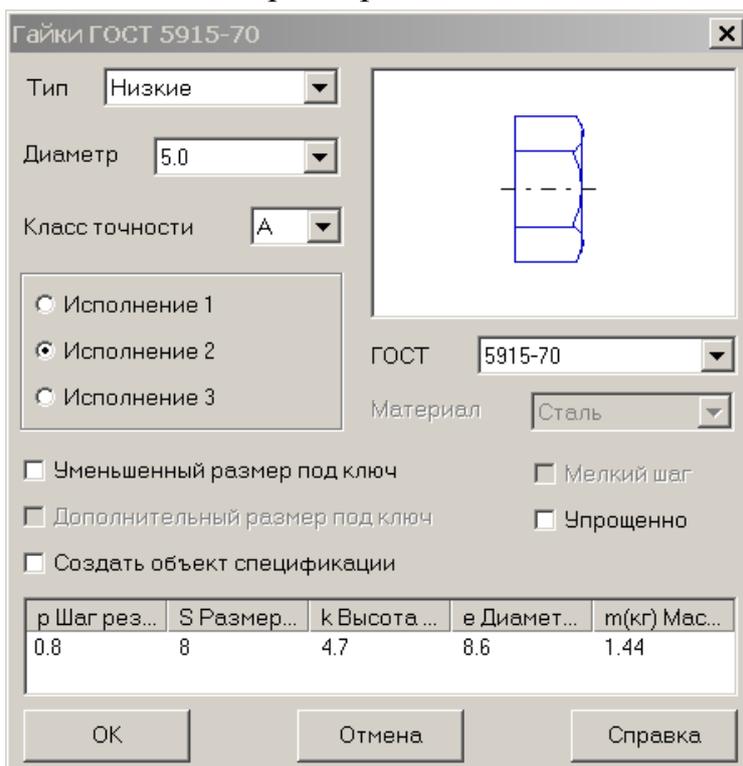
d Диаметр...	D Диаметр...	H Высота...	c Фаска	m(кг) Мас...
5.3	10	1	0.3	0.433

OK Отмена Справка

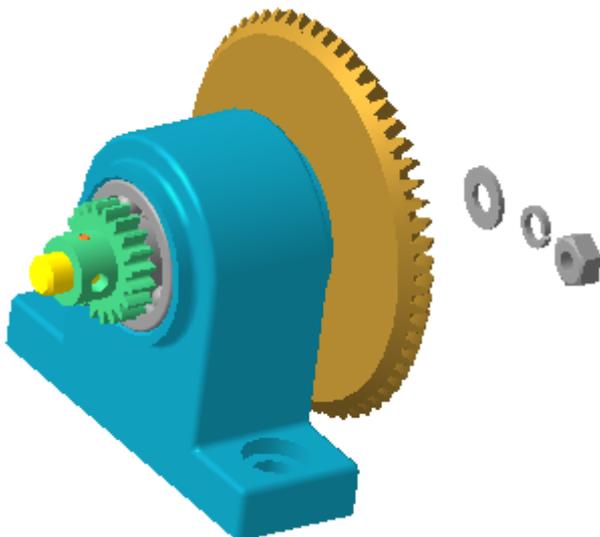
12. Нажмите ОК и задайте щелчком мыши положение шайбы в стороне от сборки и создайте объект, нажав .
13. В Библиотеке крепежа выберите раздел **Шайбы**. Дважды щелкните на подразделе **Шайбы пружинные**, в диалоговом окне задайте необходимые параметры.



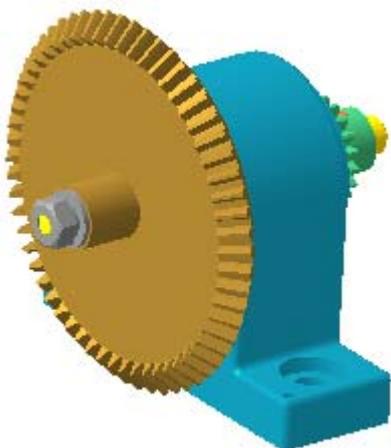
14. Нажмите ОК и задайте щелчком мыши положение шайбы в стороне от сборки и создайте объект, нажав .
15. В Библиотеке крепежа выберите раздел **Гайки**. Дважды щелкните на подразделе **Гайки шестигранные**, в диалоговом окне задайте необходимые параметры.



16. Аналогично шайбам установите гайку в стороне от сборки.



17. Осталось задать сопряжения **Соосность**, а также **Совпадение** соответствующих торцевых поверхностей.

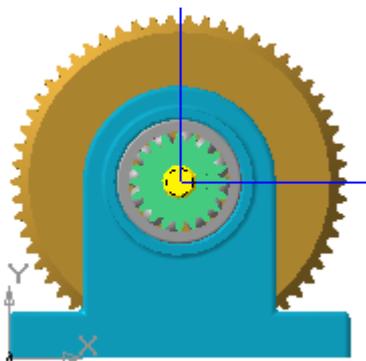


На этом процесс сборки закончен.

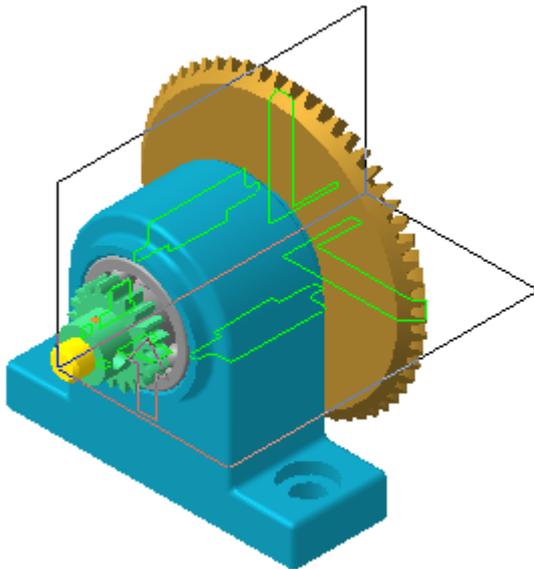
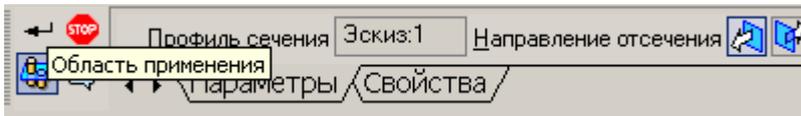
8.2. Вырез четверти

Для того, чтобы было видно как, что, с чем соединяется в сборке, обычно вырезают четвертую часть сборки.

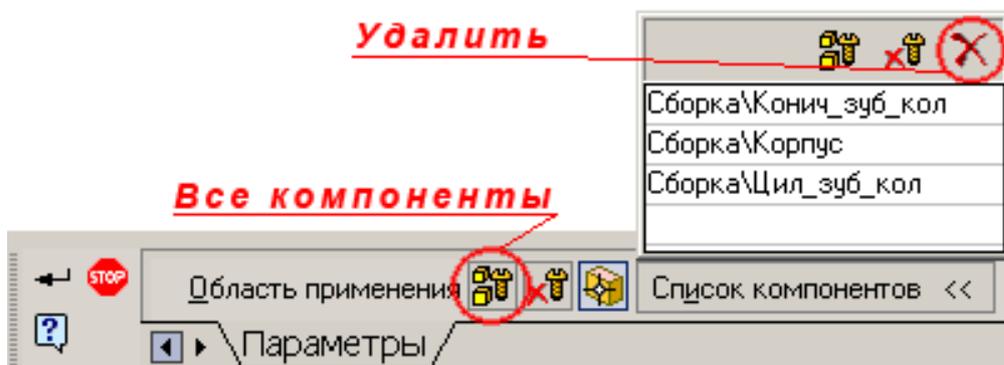
1. Выберите фронтальную плоскость и постройте в ней эскиз в виде двух отрезков.



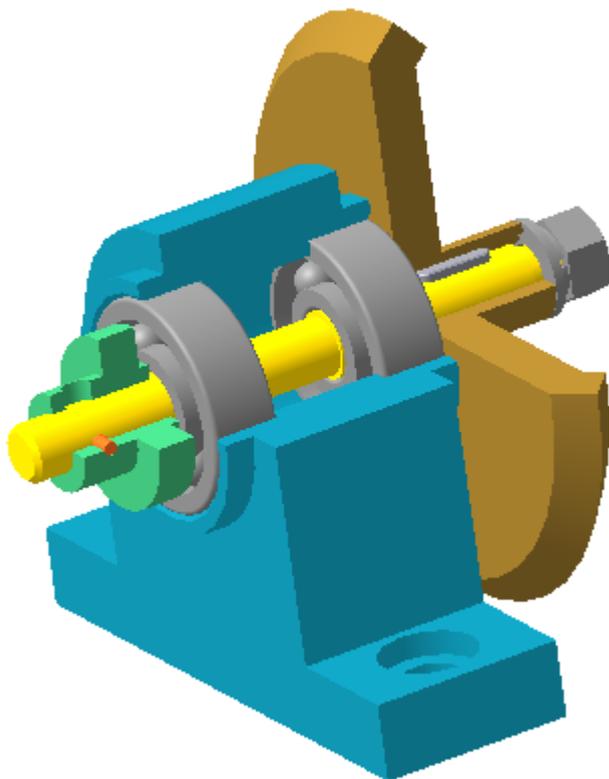
2. Выйдите из эскиза. Выберите команду меню **Операции – Сечение – По эскизу**. На панели свойств укажите **Направление отсечения**.



3. Известно, что сплошные тела, стандартные изделия не режутся, поэтому, нажмите кнопку **Область применения**. Выберите команду **Все компоненты**, в результате в окне **Список компонентов** отобразятся все модели, с помощью команды **Удалить** удалите из списка модели, которые не должны быть разрезаны. Завершите команду.



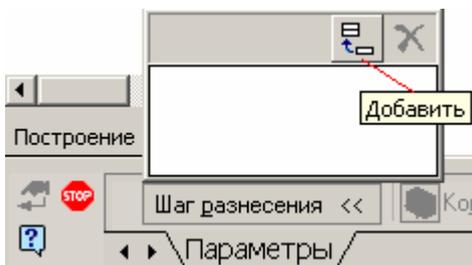
В результате получите трехмерную модель сборочной единицы с вырезом четверти. В дереве построения появится операция **Сечение по эскизу**. Если на текущий момент вырез не нужен, можно данную операцию **Исключить из расчета** (выбрав соответствующую команду из контекстного меню, щелкнув на имени операции в дереве построения), или в дереве построения передвинуть разделитель (горизонтальная полоса под последней операцией), разместив его над не нужной операцией.



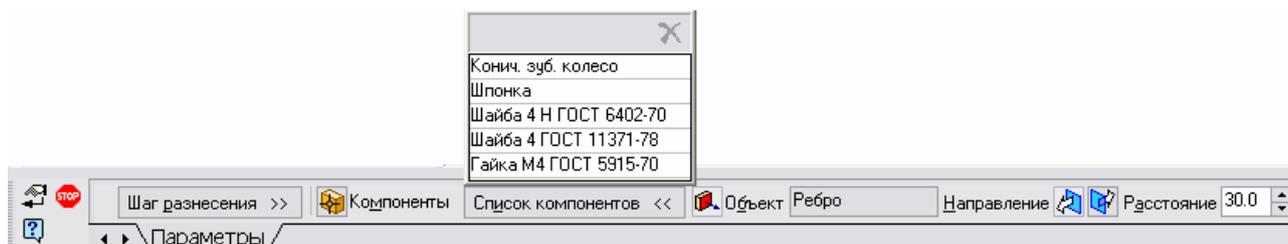
8.3. Построение разнесенной сборки

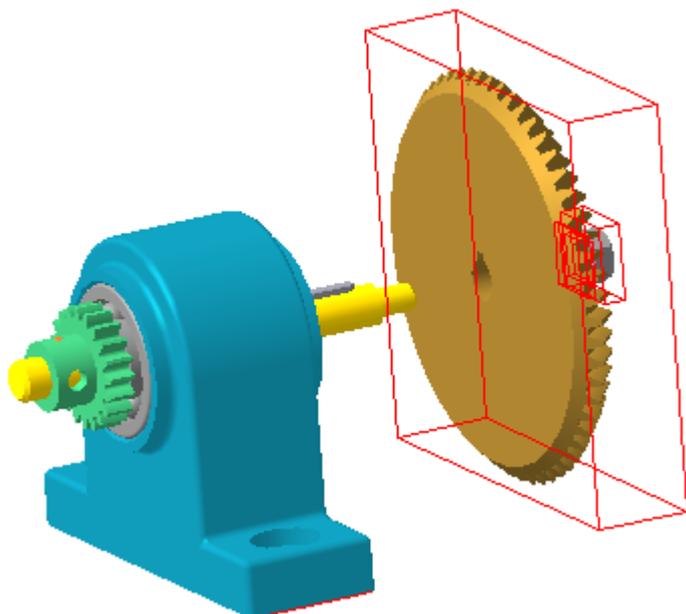
Часто удобно видеть сборку в «разобранном» состоянии, когда видны все ее компоненты.

1. Вызовите команду меню **Сервис – Разнести компоненты – Параметры**. На панели свойств нажмите кнопку **Шаг разнесения** и **Добавить**.

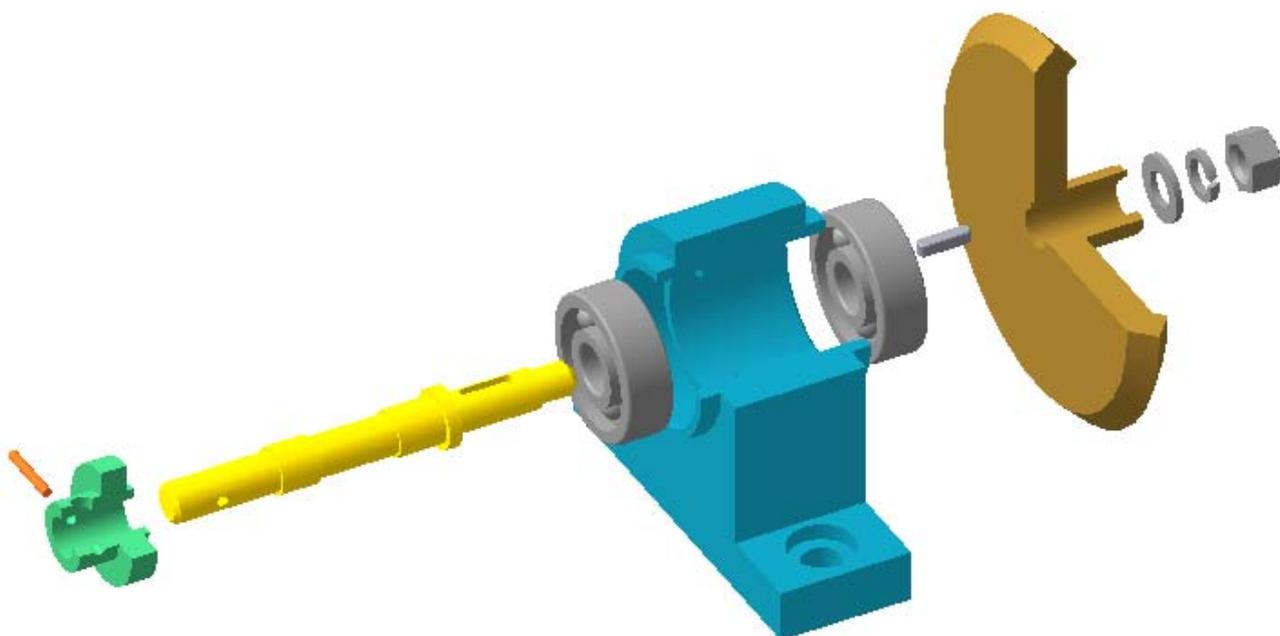


2. Нажав на кнопку **Компоненты**, выберите в дереве построения те компоненты, которые хотите вынести за один шаг. Нажав на кнопке **Объект**, задайте направление выноса, указав на ребро основания корпуса, направленного, например, вдоль оси вращения вала. Выберите направление прямое или обратное и задайте расстояние, после чего нажмите кнопку **Применить**.





3. Добавьте следующий шаг, и так далее. Для штифтов укажите направление выноса вдоль оси штифта, т.е. вертикально направленное ребро основания корпуса относительно отверстия в ступице закрепляемой детали. В итоге получим:



4. Для включения режима обычного отображения сборки, нажмите кнопку **Разнести**  панели **Вид**. Эта команда служит переключателем режима разнесения и обычного отображения сборки.

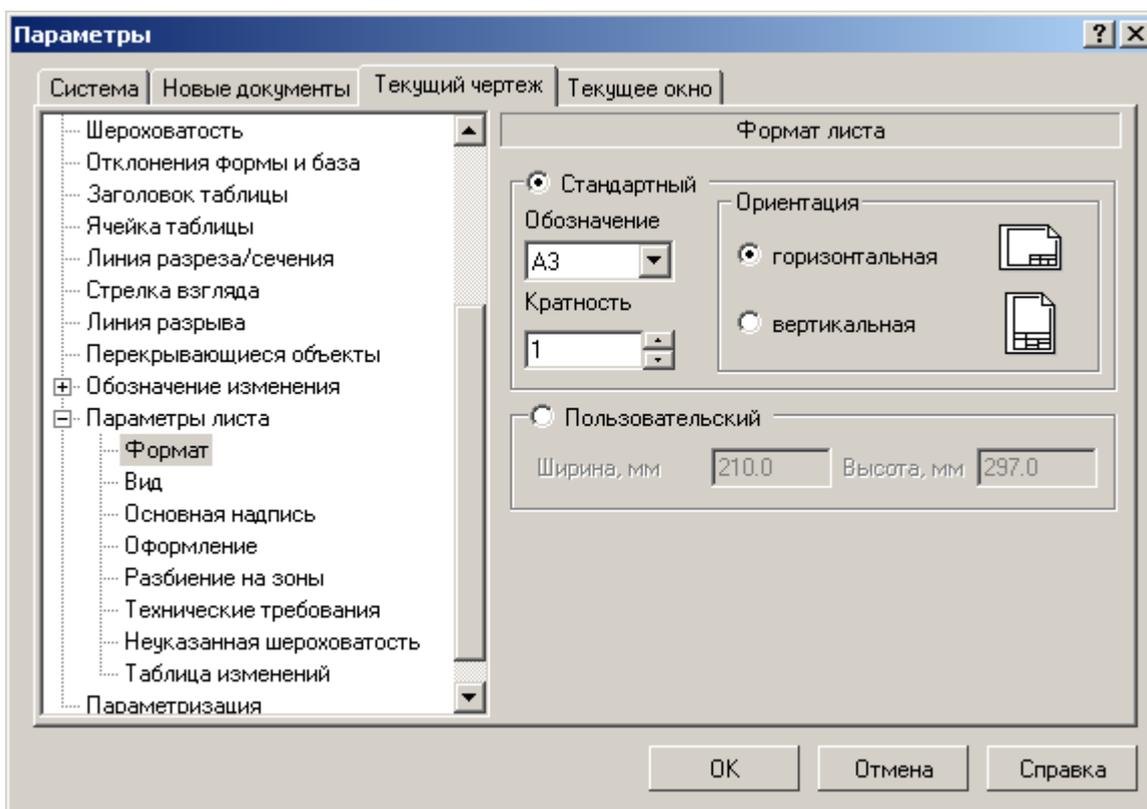
9. Создание чертежа корпуса по модели

9.1. Создание необходимых изображений

1. Рассмотрим создание чертежа детали – Корпус.

Чертеж детали – конструкторский документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

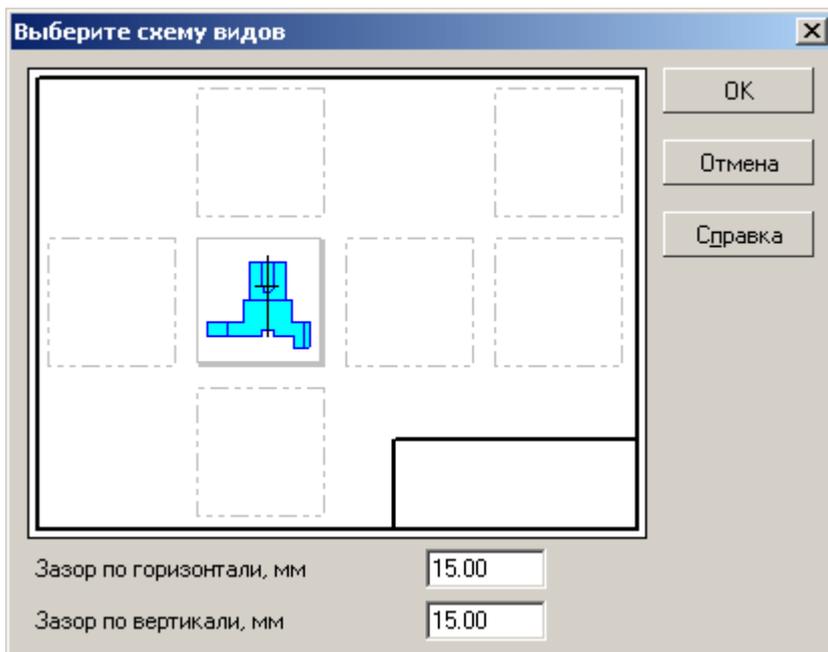
2. Вызовите команду меню **Создать – Чертеж**.
3. Если необходимо изменить формат листа (рамку с основной надписью) выберите команду меню **Сервис – Параметры**. В диалоговом окне выберите в списке пункт **Параметры листа – формат**. Далее выберите формат и его расположение и нажмите **ОК**.



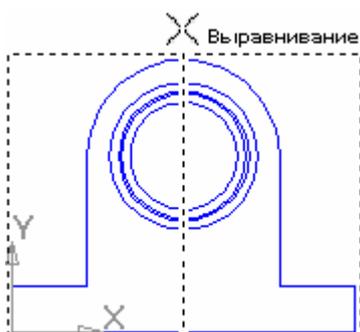
4. На Инструментальной панели **Ассоциативные виды**  выберите команду **Стандартные виды** . Выберите в диалоговом окне **Из файла**, если модель не открыта, файл Корпус. Появится фантомное изображение трех видов. На панели свойств в разделе **Ориентация главного вида** (на рисунке- #Спереди) можно выбрать вид, который будет использоваться в качестве главного (для нашего примера оставим Спереди). Щелкнув на кнопке **Схема**, в графическом диалоговом окне укажите какие виды необходимо строить, кроме главного. Отключите все. Выберите масштаб 2:1. Нажмите **ОК**. Задайте положение вида на листе.



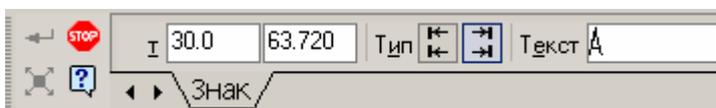
Это изображение будет у нас использовано в качестве вида слева.



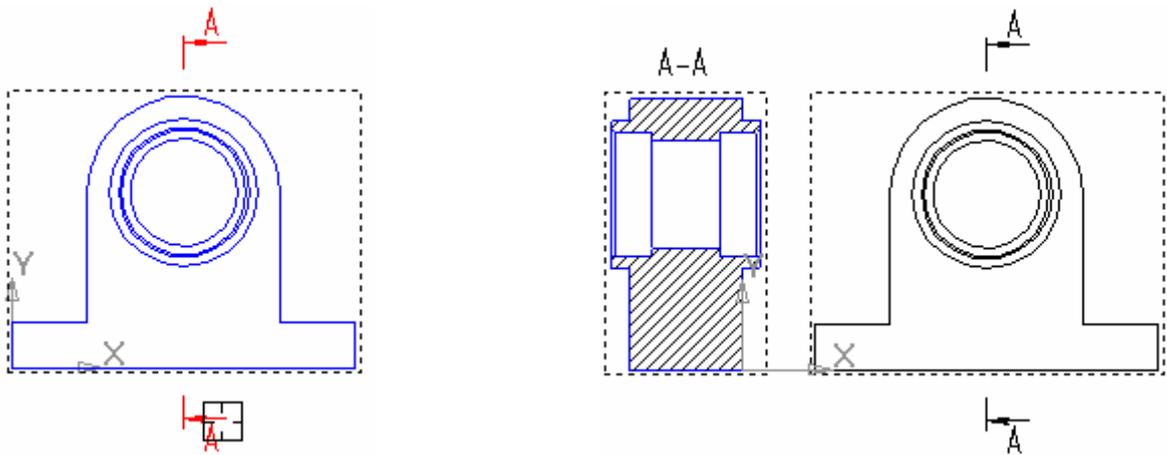
5. В качестве главного изображения создадим разрез. Для чего, на Инструментальной панели **Обозначение**  выберите команду **Линия разреза** . Создайте линию разреза, используя объектную привязку **Выравнивание**.



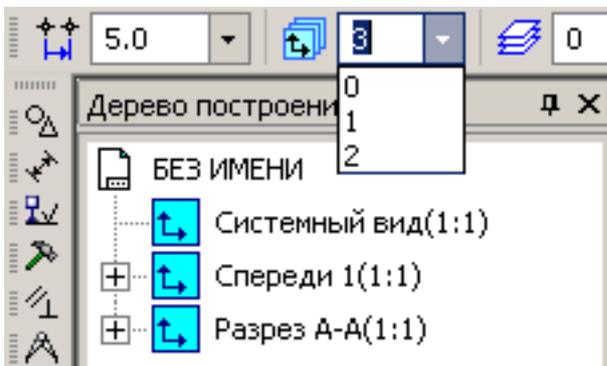
6. На панели свойств можно изменить направление взгляда. Завершите команду.



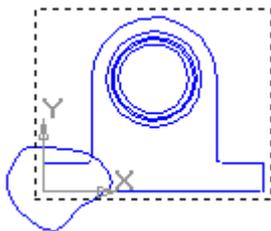
7. Для построения разреза, на Инструментальной панели **Ассоциативные виды**, выберите команду **Разрез – Сечение** . Укажите щелчком мыши на линию разреза (она выделится красным цветом) и задайте положение данному изображению.



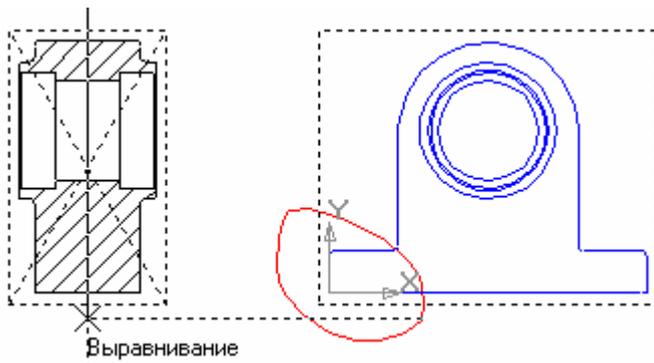
8. Обратите внимание, на панели **Текущего состояния** в разделе **Состояние видов**  каждому созданному виду соответствует свой номер. В зависимости от того, какой номер будет выбран, такой вид и будет текущим, и на графической области изображение подсвечивается синим цветом линий.



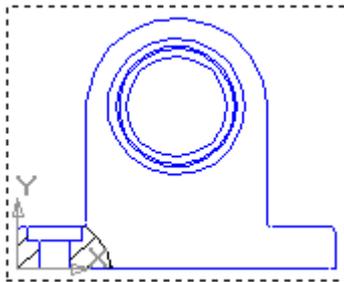
9. В учебных целях, на виде слева создадим местный разрез для показа профиля крепежных отверстий. Для этого выберите вид слева текущим (номер 1). Создайте замкнутую линию (например, кривую Безье) в нужной области разреза:



10. Выберите на Инструментальной панели **Ассоциативные виды** команду **Местный разрез** . Сначала укажите замкнутую кривую, ограничивающую разрез, затем задайте положение секущей плоскости на главном изображении на оси симметрии:



11. В результате получите следующее изображение:

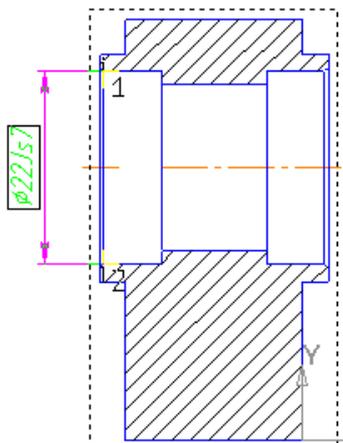


12. Далее, достройте недостающие линии (осевые), нанесите необходимые размеры и все необходимые обозначения. Эти дополнительные построения выполняйте на **текущем** виде!

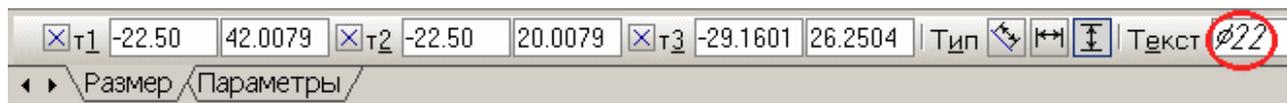
13. Так как секущая плоскость разреза проходит через плоскость симметрии детали, то обозначение разреза не нужно. Если удалить обозначение, то удалится и изображение. Поэтому для того, чтобы убрать с чертежа обозначение разреза, создайте на **каждом текущем виде** слой  и сделайте его погашенным, нажав на соответствующей кнопке диалогового окна настройки слоев . После чего перенесите буквенные обозначения разреза с каждого текущего вида на погашенный слой, выделив обозначение и выбрав из контекстного меню команду – **Изменить слой**.

9.2. Пример нанесения размеров

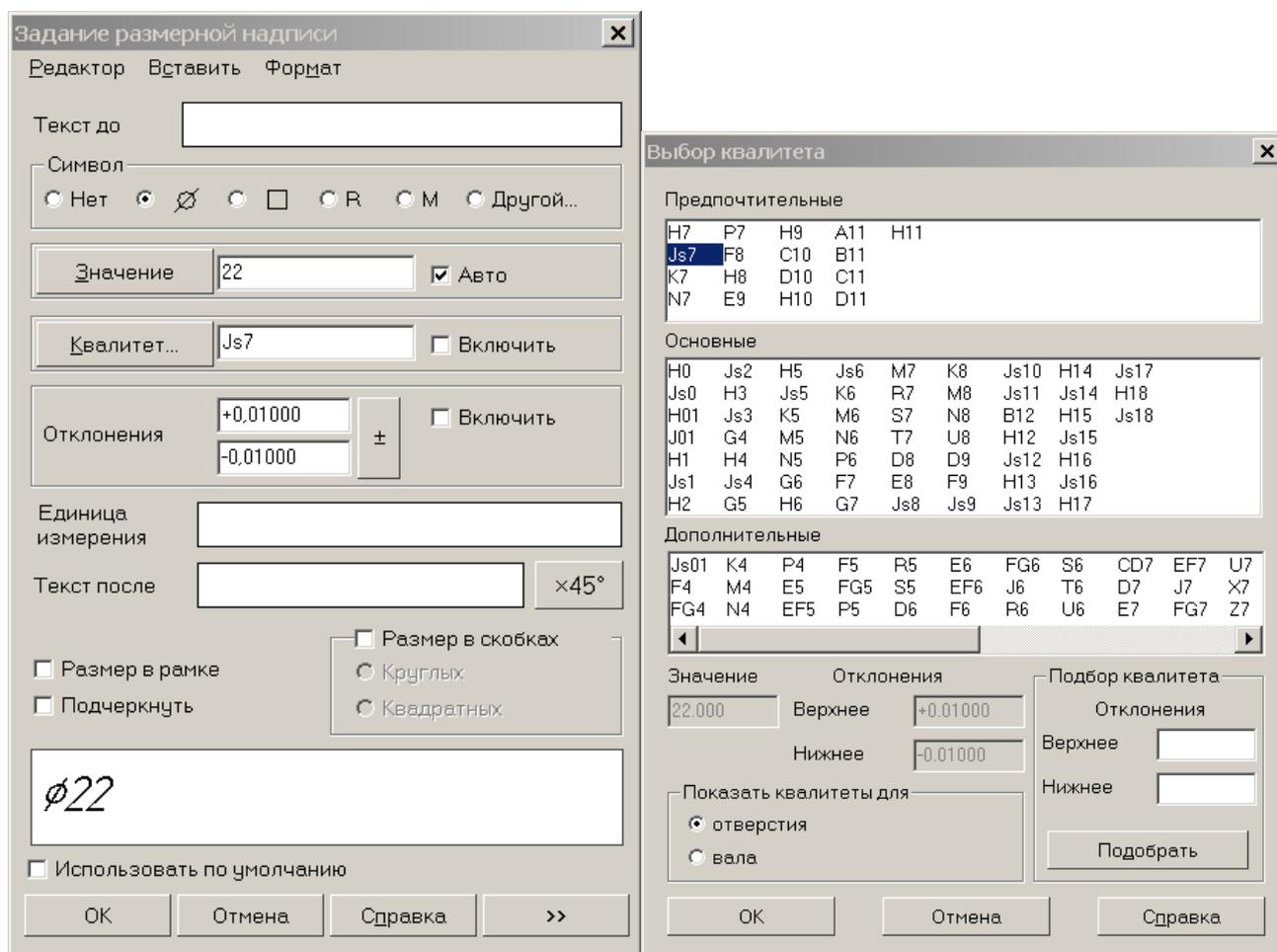
1. Выберите команду Инструментальной панели **Размеры**  – **Линейный размер** . Укажите первую и вторую точки начала выносных линий. Появится фантомное изображение размера.



- Для изменения параметров размера (в нашем примере – добавление значка диаметра и качества) щелкните на панели свойств в поле **Размерная надпись (Текст)**.

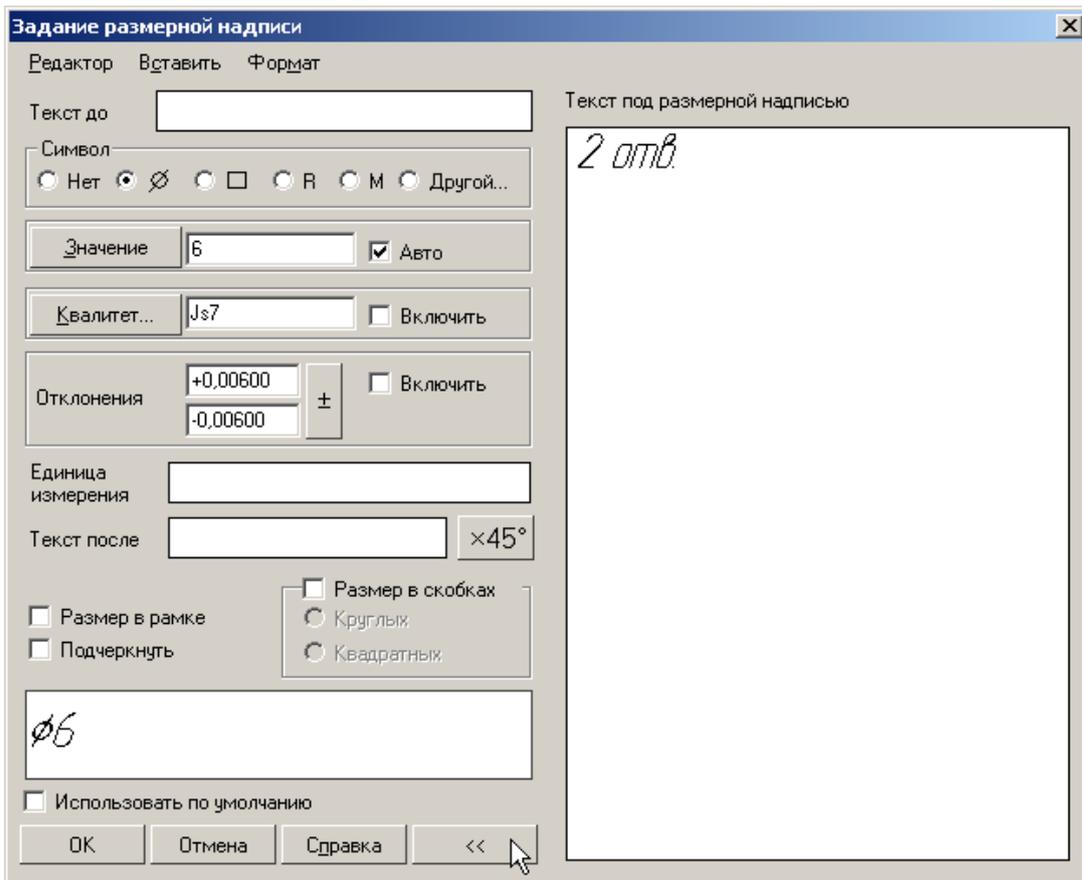


- В появившемся диалоговом окне активизируйте отображение символа диаметра.
- Для добавления качества к размерному числу, щелкните на кнопке **Квалитет**, в диалоговом окне выберите нужный из предпочтительных (в системе отверстия), нажмите **ОК**. Задайте положение размерной линии и размерной надписи.



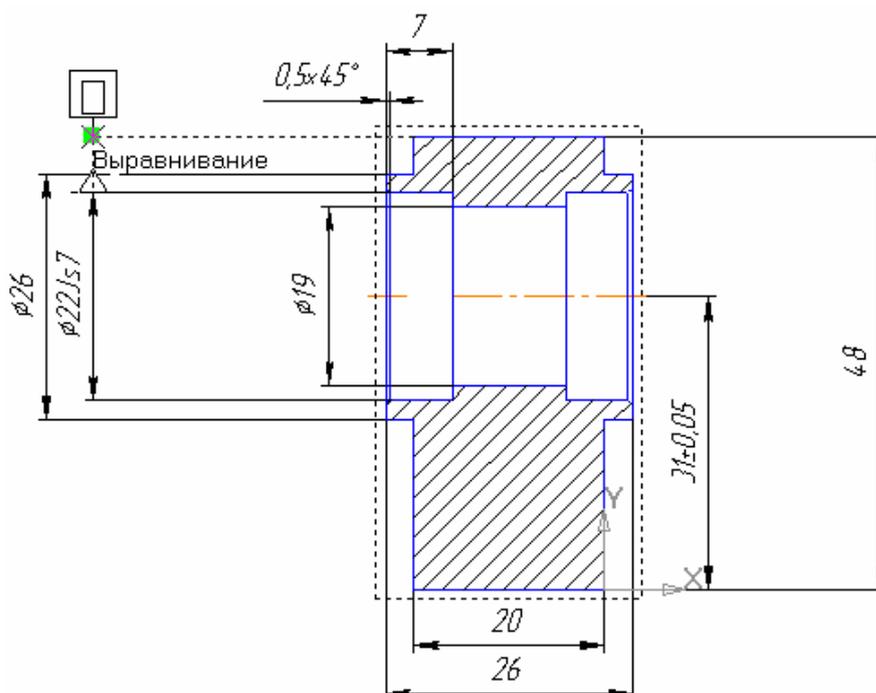
- Аналогичным образом проставьте необходимые размеры на главном изображении.
- Для добавления надписи под размерной линией (например, 2 отв.) у размера диаметра крепежных отверстий, после указания начала выносных линий, щелкните на панели свойств в поле **Размерная надпись**. В диалоговом окне щелкните на кнопке **>>**

Двойной щелчок в поле **Текст под размерной надписью** выводит меню с заданными надписями, выберите из него нужную, после чего нажмите ОК.

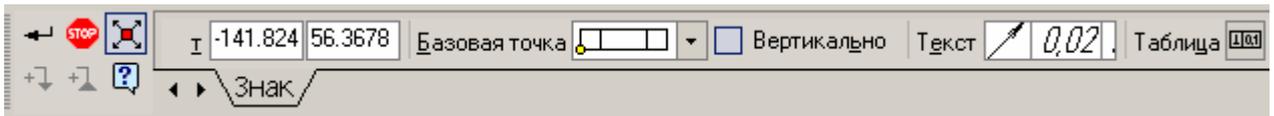


9.3. Задание отклонений формы

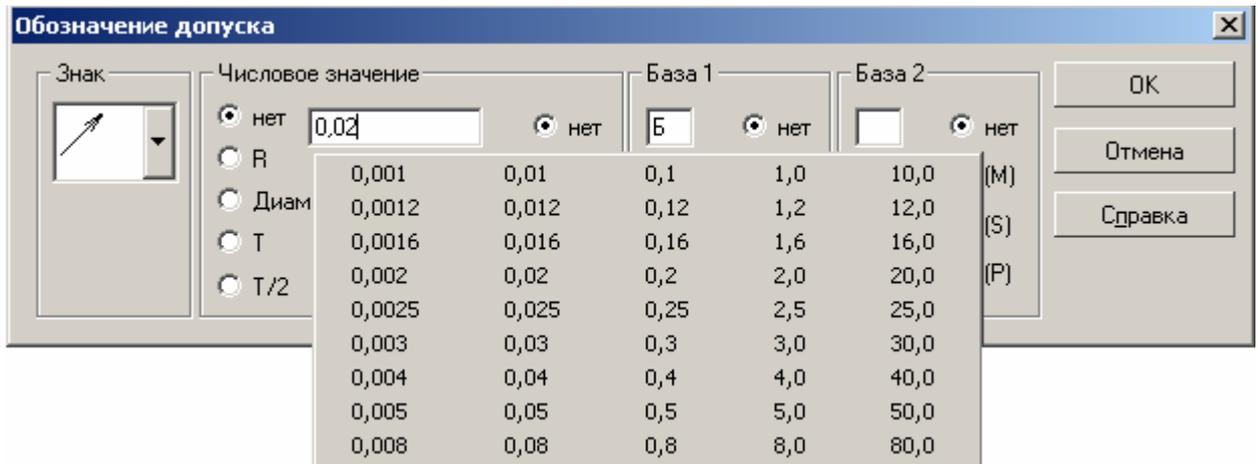
1. Задайте базу и задайте торцевые и радиальные биения на отверстия под подшипники. Для этого на Инструментальной панели **Обозначения** , выберите команду **База** . Укажите выносную линию диаметра отверстия под подшипник, задайте последовательно положение выносной линии, затем положение самого обозначения.



- Выберите команду **Допуск формы** . На панели свойств щелкните на поле **Таблица**.



- Выберите **Знак** допуска (биение), в поле **Числовое значение** двойной щелчок выводит панель рекомендуемых значений. Задайте обозначение базы и нажмите **ОК**.

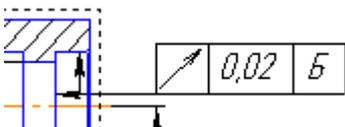


- После заполнения таблицы допуска, на панели свойств нажмите кнопку **Ответвление со стрелкой**:



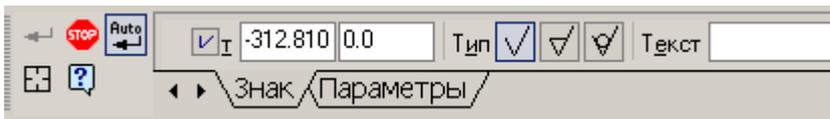
- На фантоме рамки появятся восемь точек, показывающие возможные места выхода ответвлений. Выберите любую, указывайте при необходимости точки излома выносной линии. Для завершения формирования ответвления, отожмите соответствующую кнопку на Панели свойств .

- Для создания следующего ответвления снова нажмите кнопку .

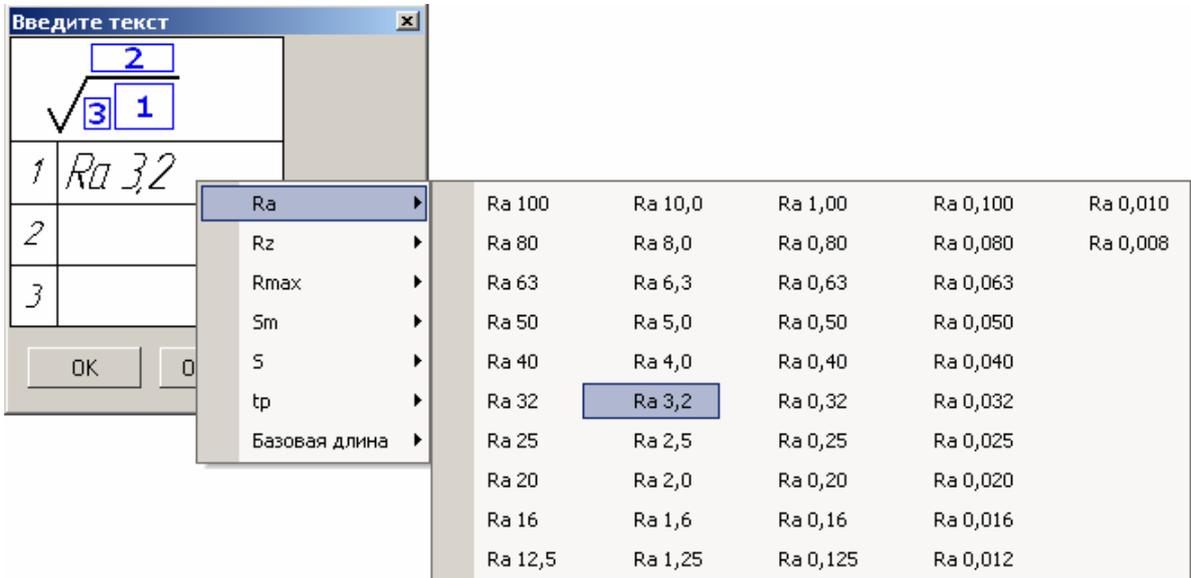


9.4. Нанесение обозначений шероховатости поверхности

- Вызовите команду Инструментальной панели **Обозначение Шероховатость**  – .
- Укажите линию, на которую надо проставить знак обозначения шероховатости. На панели свойств щелкните в поле **Текст**:



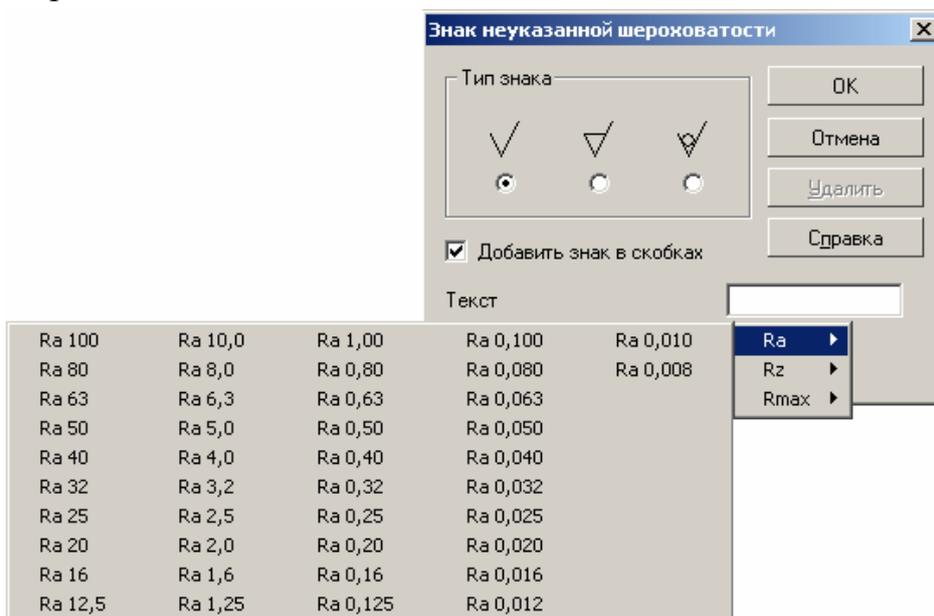
3. В появившемся диалоговом окне дважды щелкните в разделе **1** выберите параметр **Ra** и требуемое значение, после чего, нажмите **ОК**.



4. Для размещения знака на полке-выноске выберите вкладку **Параметры**, в списке **Полка** нужный вариант, укажите начало выноски и положение полки.



5. Для простановки неуказанной шероховатости выберите команду меню **Вставка – Неуказанная шероховатость – Ввод**. Выберите **Тип знака**, при необходимости включите опцию **Добавить знак в скобках**. Дважды щелкните в поле **Текст** и выберите из появившегося меню параметр шероховатости и его значение.



- Нажмите **ОК**. Параметры неуказанной шероховатости появятся в правом верхнем углу чертежа.

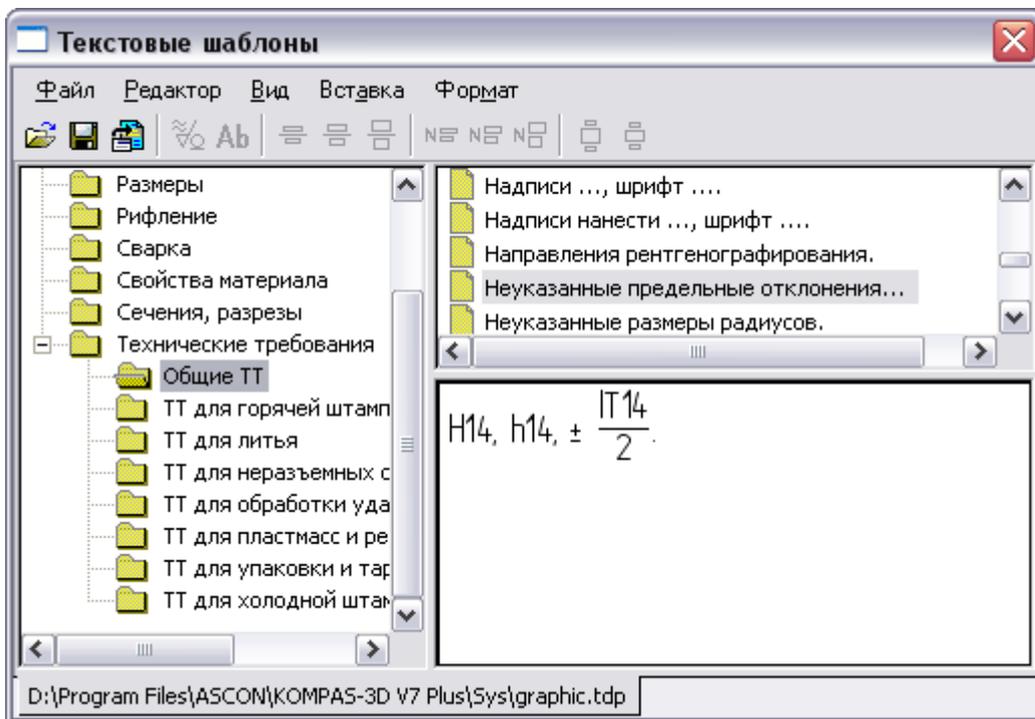
9.5. Заполнение основной надписи

- Дважды щелкните на основной надписи, таким образом, перейдете в текстовый режим. Заполните нужные графы, после этого на панели свойств нажмите кнопку **Создать объект** . (В обозначении чертежа XX– обозначают место для ввода номера варианта задания).

				MT 4.XX.00.01			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Бачков А.Л.		1.09.06		0,22	2:1
Проб.		Наздрин М.А.		2.09.06			
Т.контр.					Лист	Листов	1
И.контр.					Корпус		
Утв.					D16 ГОСТ 4784-97		
				СПОУ ИТМО Группа 5670			

9.6. Ввод технических требований

- Выберите из меню **Вставка – Технические требования – Ввод**. В результате открывается окно текстового редактора. Нажмите на кнопку **Вставить текстовый шаблон** .
- В появившемся диалоговом окне выберите нужный текст.

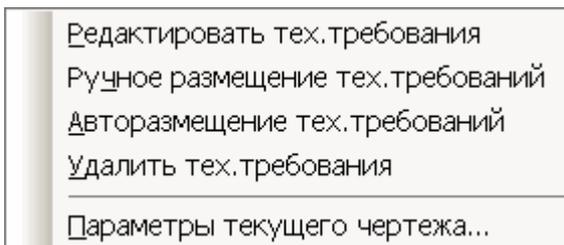


- Если нужный текст не найден, то введите его как в обычном текстовом редакторе.

1. $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$.

2. Покрытие Ан. Окс.

4. После окончания ввода текста, нажмите на кнопку сохранить , и закройте окно редактора, нажав на кнопку . При необходимости, разместите область технических требований вручную, для чего щелкните правой кнопкой мыши на тех. требованиях и выберите из контекстного меню команду – **Ручное размещение тех. требований**.

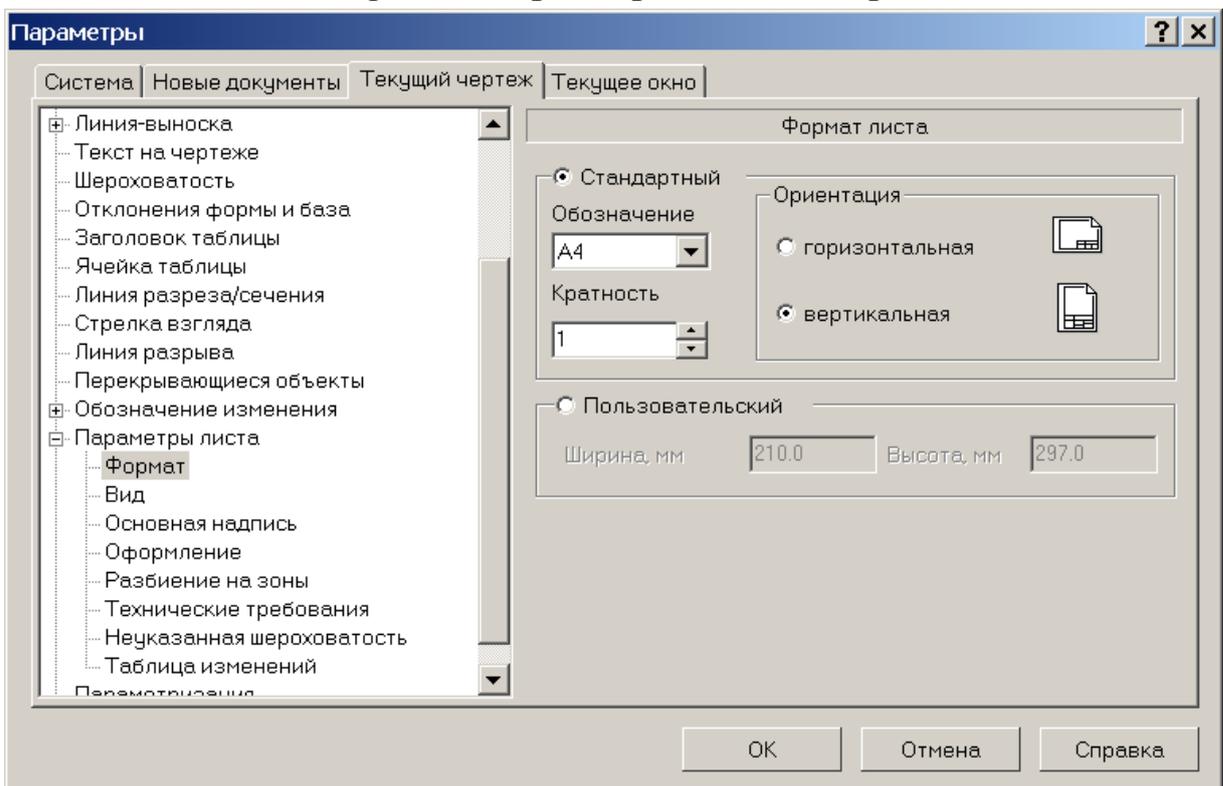


Пример выполнения чертежа корпуса см. Пример 1. Приложения.

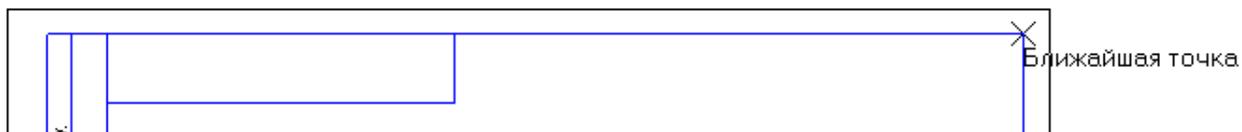
10. Создание чертежа зубчатого колеса

10.1. Оформление листа чертежа

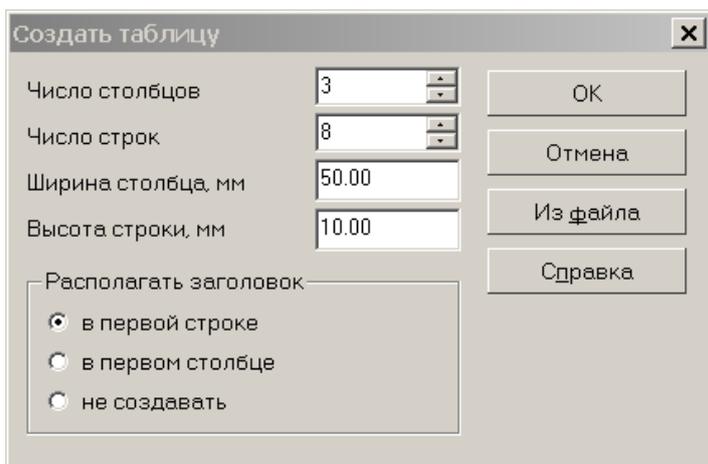
1. Создайте новый чертеж, используя команду **Файл-Создать-Чертеж**. При необходимости измените формат, используя команду **Сервис-Параметры** и в диалоговом окне – раздел **Параметры** листа – **Формат**.



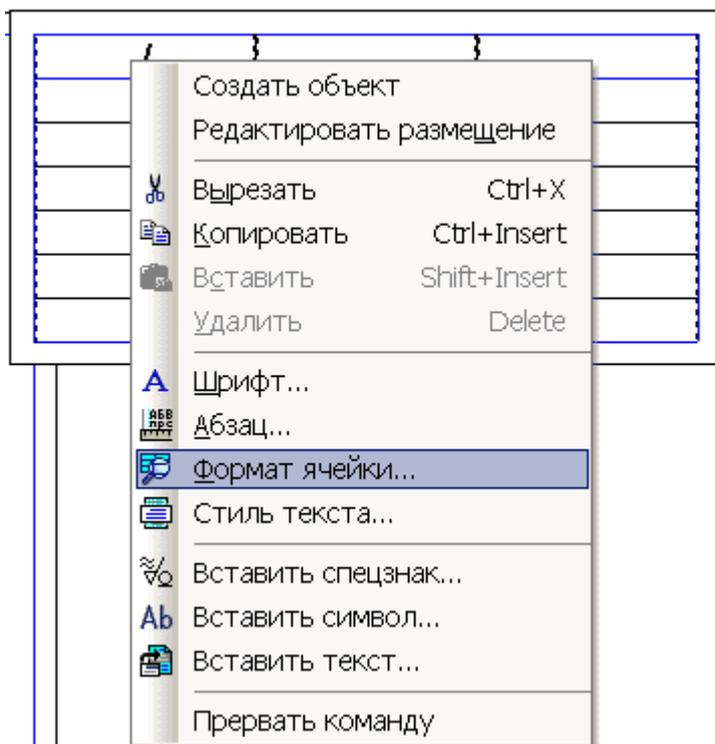
2. Выберите командную кнопку **Обозначения** , команду **Ввод таблицы** .
3. Укажите точку вставки таблицы, например, удобно указать правую верхнюю точку рамки чертежа.



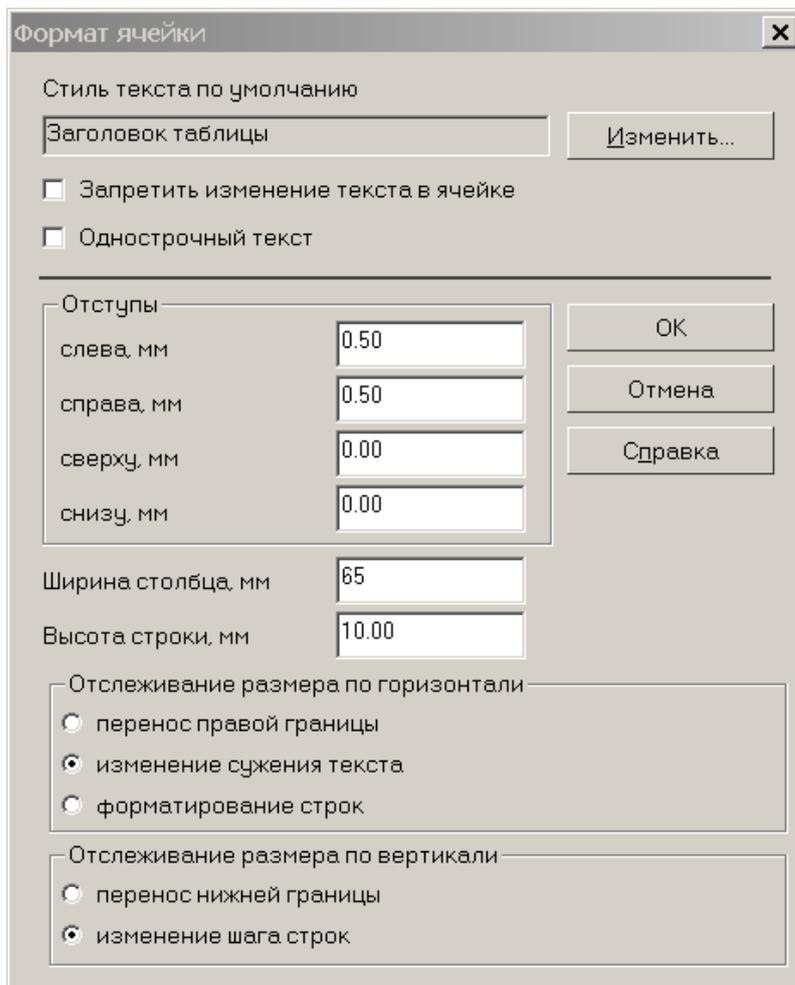
4. После чего, в появившемся диалоговом окне, задайте параметры таблицы – число столбцов и строк.



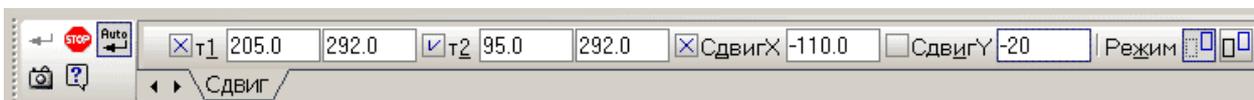
5. Зададим размеры колонок таблицы. После вставки таблицы текстовый курсор находится в первой ячейке, щелкните правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите команду **Формат ячейки**.



6. Задайте размер ширины первой колонки – 65 мм.



7. Поместите курсор в соседнюю ячейку и аналогичным образом задайте размеры второй и третьей колонок соответственно 10 и 35 мм. Создайте таблицу, выбрав команду **Создать объект** .
8. Поместим таблицу в правый верхний угол чертежа. Выберите команду **Сдвиг**  командной кнопки **Редактирование** . На панели свойств задайте параметры смещения по X и по Y.



9. Заполните таблицу. Для этого, дважды щелкните левой кнопкой мыши на таблице, в результате чего войдете в режим редактирования.

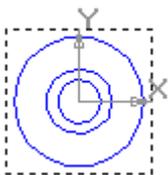
<i>Модуль</i>	<i>m</i>
<i>Число зубьев</i>	<i>z</i>

10. При необходимости, укажите выравнивание текста в первой колонке по левому краю, выделив столбец и выбрав соответствующую команду на панели свойств таблицы. По мере заполнения ячеек таблицы может появиться необходимость в изменении ширины строк. Это можно сделать и перетаскивая мышью границу строки.

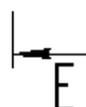
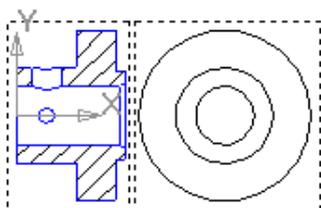


10.2. Создание изображений

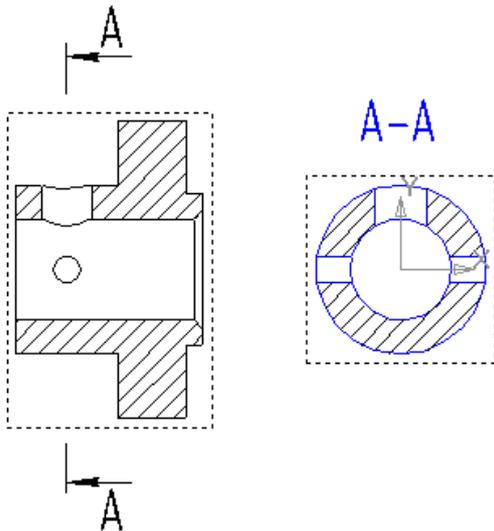
1. На Инструментальной панели **Ассоциативные виды** выберите команду **Стандартные виды** . Выберите в диалоговом окне **Из файла**, если модель не открыта, файл **Зубчатое колесо**. Появится фантомное изображение трех видов. На панели свойств в разделе **Ориентация главного вида** (на рисунке- #Спереди) можно выбрать вид, который будет использоваться в качестве главного (для нашего примера оставим Слева). Щелкнув на кнопке **Схема**, в графическом диалоговом окне укажите какие виды необходимо строить, кроме главного. Отключите все. Выберите масштаб 2:1. Нажмите **ОК**. Задайте положение вида на листе.



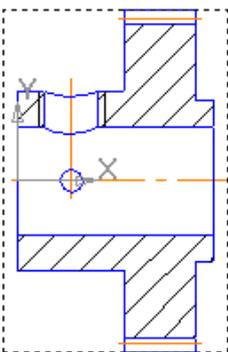
2. В качестве главного изображения создадим разрез. Для чего, на Инструментальной панели **Обозначение** выберите команду **Линия разреза** . Создайте линию разреза, по вертикальной оси, используя объектную привязку **Выравнивание**. Буквенное обозначение задайте, например, E.
3. Для построения разреза, на Инструментальной панели **Ассоциативные виды**, выберите команду **Разрез – Сечение** . Укажите щелчком мыши на линию разреза (она выделится красным цветом) и задайте положение данному изображению.



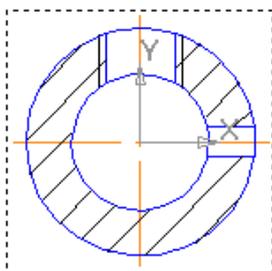
- Исходное изображение вида Слева можно вынести за пределы листа. Как и при построении чертежа Корпуса (см. выше), перенесите на погашенный слой обозначение E-E.
- Постройте линию разреза, проходящую через оси крепежных отверстий. Выберите команду **Разрез – Сечение** . Укажите щелчком мыши на линию разреза (она выделится красным цветом) и задайте положение данному изображению.



- Сделайте главное изображение текущим, достройте необходимые линии (условное изображение зубчатого венца, осевые линии, линии резьбы).



- Аналогично сделайте необходимые построения на разрезе A-A.



- Проставьте необходимые размеры, знаки шероховатости, допуски на торцевые биения, технические требования, заполните основную надпись и таблицу.
- Пример выполнения чертежа зубчатого колеса см. Пример 2. Приложения.

11. Создание сборочного чертежа и спецификации

11.1. Создание сборочного чертежа по модели

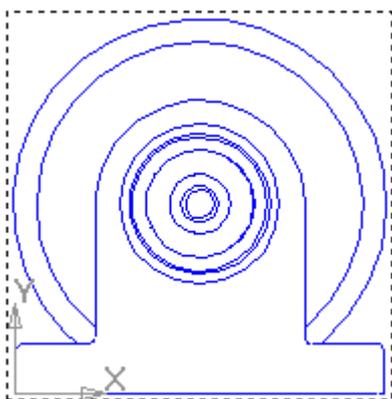
1. Рассмотрим создание сборочного чертежа.

Сборочный чертеж – конструкторский документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки и контроля.

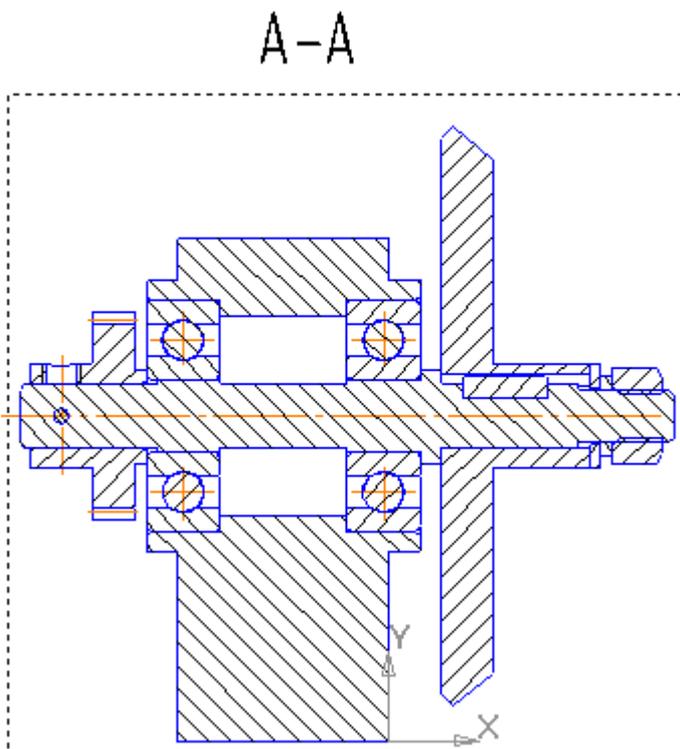
2. Вызовите команду меню **Создать – Чертеж**. При необходимости измените формат на А3 горизонтального расположения.
3. На Инструментальной панели **Ассоциативные виды**  выберите команду **Стандартные виды** . Выберите в диалоговом окне **Из файла**, если модель не открыта, файл Сборка. Появится фантомное изображение трех видов. На панели свойств в разделе **Ориентация главного вида** (на рисунке- #Спереди) можно выбрать вид, который будет использоваться в качестве главного (для нашего примера оставим Спереди). Щелкнув на кнопке **Схема**, в графическом диалоговом окне укажите какие виды необходимо строить, кроме главного. Отключите все. Нажмите **ОК**. Задайте положение вида на листе.



Это изображение будет у нас использовано в качестве вида слева.

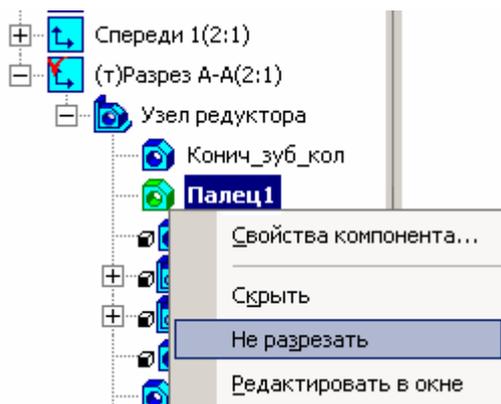


4. В качестве главного изображения создадим разрез. Для чего, на Инструментальной панели **Обозначение**  выберите команду **Линия разреза** . Создайте линию разреза, используя объектную привязку **Выравнивание**, проходящую по оси симметрии изображения.
5. Для построения разреза, на Инструментальной панели **Ассоциативные виды**, выберите команду **Разрез – Сечение** . Укажите щелчком мыши на линию разреза (она выделится красным цветом) и задайте положение данному изображению.



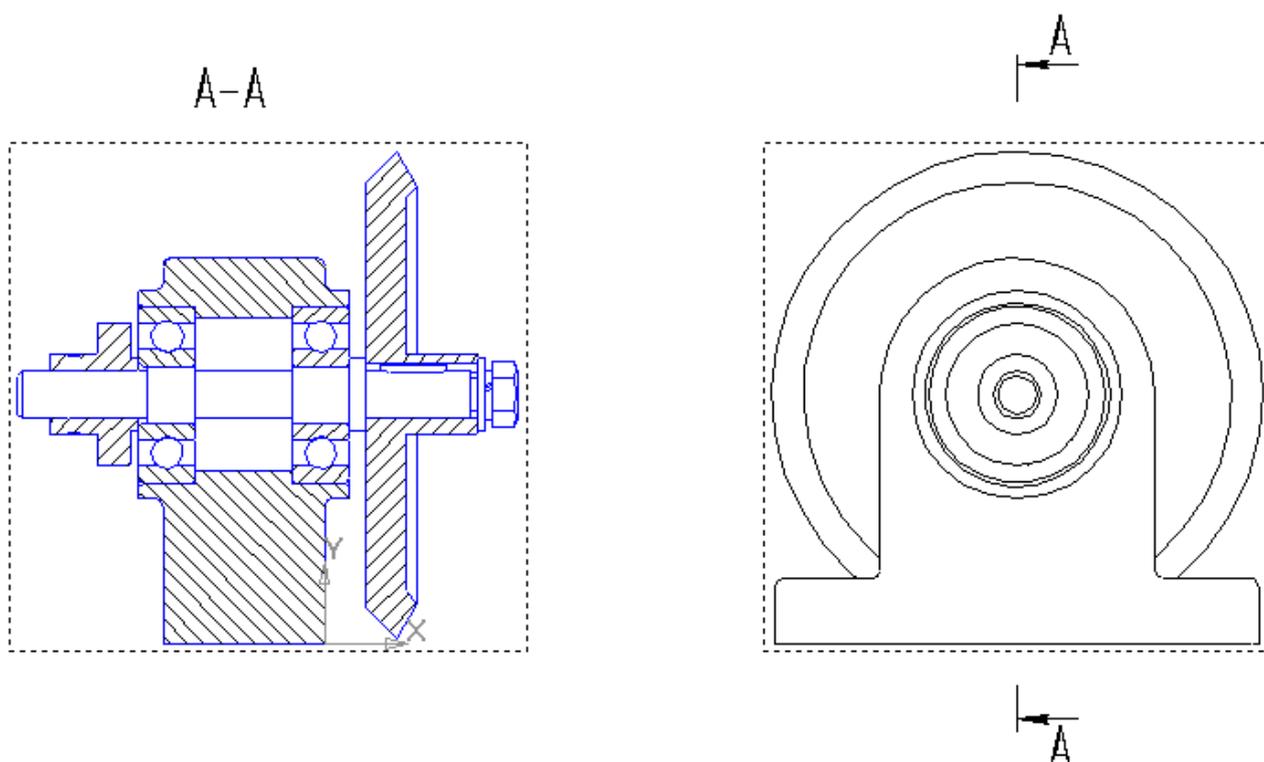
Программа разрезает все элементы, попавшие в секущую плоскость. Теперь необходимо скорректировать полученное изображение.

6. Если нет отображения Дерева построения, то щелкните правой кнопкой мыши на графической области экрана и выберите команду **Дерево построения**. Раскройте содержимое раздела изображения **Разрез А-А**, выберите деталь, которую не надо разрезать, щелкните правой кнопкой мыши на имени этой детали и из контекстного меню выберите команду **Не разрезать**.

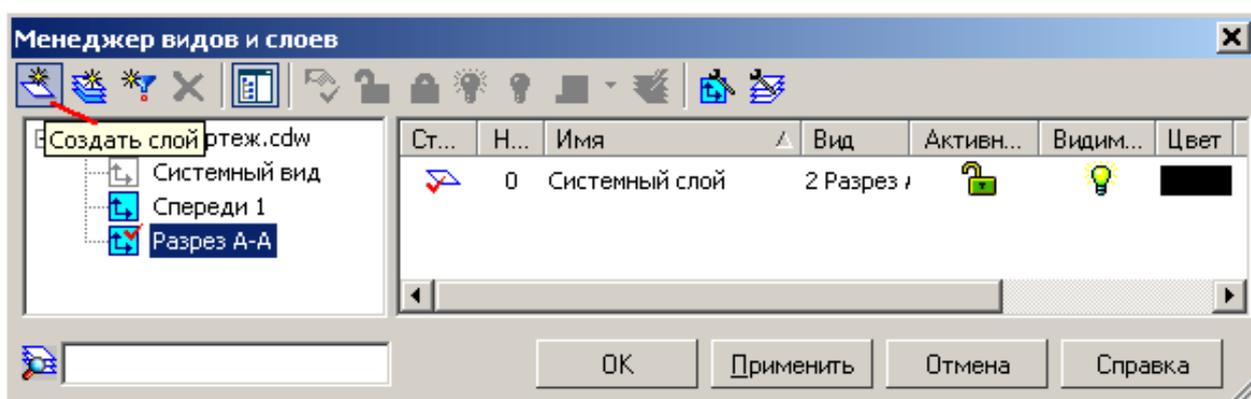


В результате у вас должны быть не разрезанными Вал, Штифт, Шпонка, у Подшипников – шарики, попавшие в секущую плоскость. После этого перестройте чертеж, нажав на кнопку **Перестроить** .

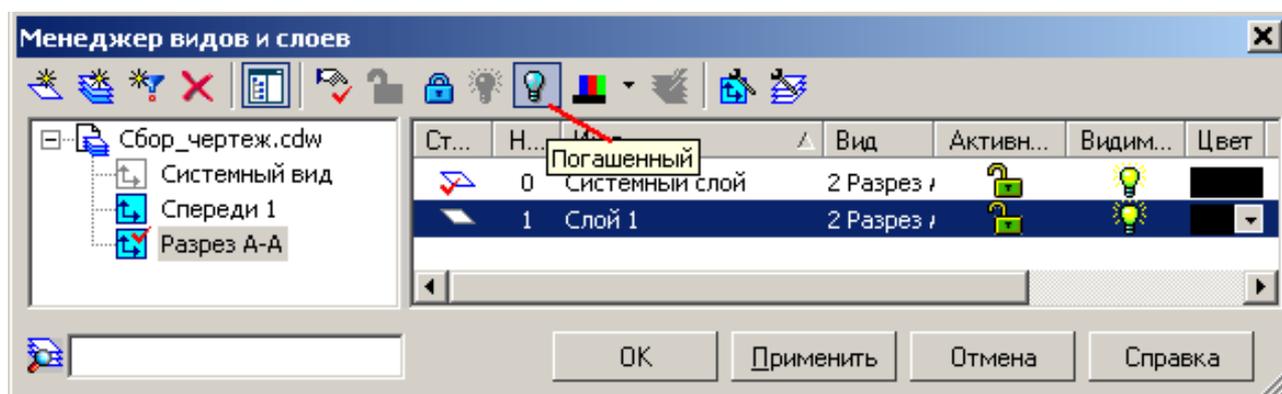
Далее, необходимо показать с помощью местных разрезов крепление деталей с валом посредством штифтов и шпонки.



7. Выберите команду **Состояние слоев** и в появившемся окне **Менеджер видов и слоев**, создайте новый слой, щелкнув на соответствующей кнопке.

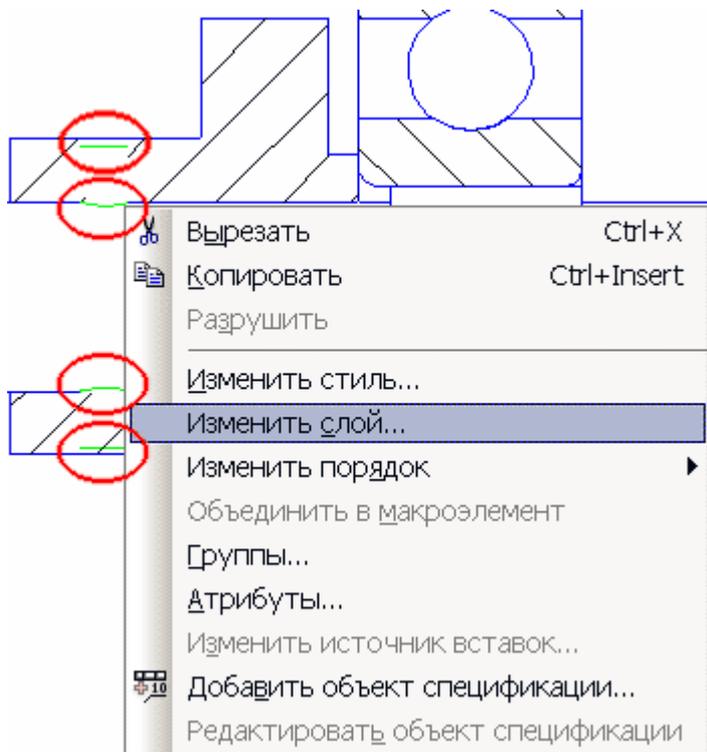


- Выберите состояние видимости данного слоя – **Погашенный**, щелкнув на соответствующей кнопке.



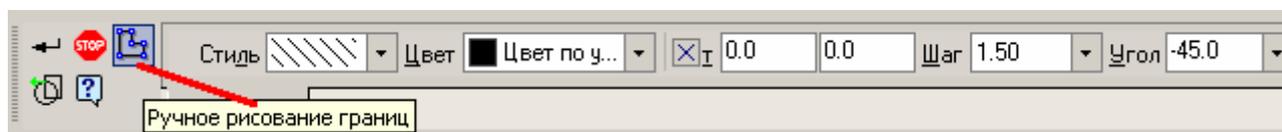
Далее возможны два варианта: дорисовываем разрез вручную, или используем команду построения местного разреза. Рассмотрим оба варианта.

- Для первого, выделите фрагменты изображения вала, указанные ниже на рисунке, щелкнув мышью, при нажатой клавише **Shift**. Щелкните, после выделения, правой кнопкой мыши на выделенном элементе и из контекстного меню выберите команду **Изменить слой**. В появившемся диалоговом окне выделите **Слой 1** и нажмите **ОК**.



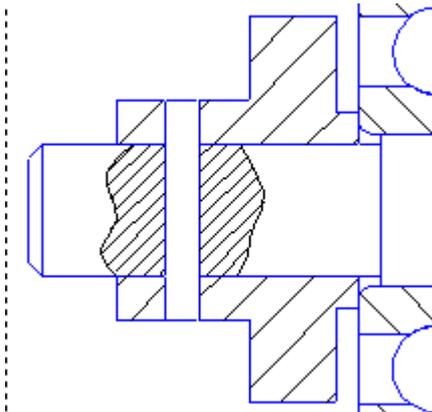
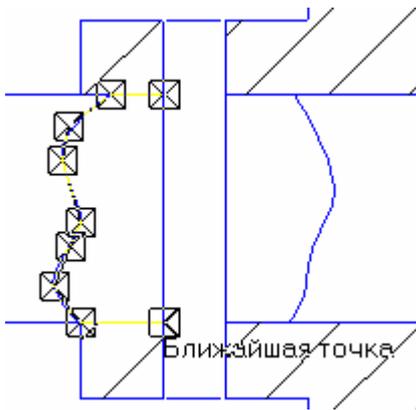
В результате выделенные элементы станут невидимыми. После этого дорисуйте линии изображения штифтов.

- Для заштриховывания участков вала, создайте волнистые линии обрыва (можно воспользоваться командой **Кривая Безье**). Выберите команду **Штриховка**. Выберите режим **Ручного рисования границ**.

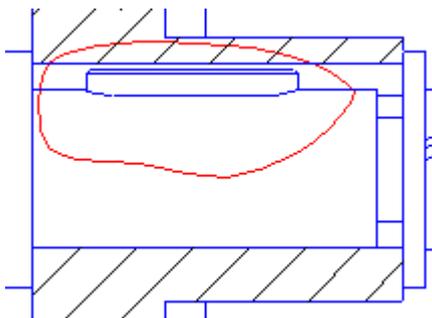


На панели свойств выберите режим построения **Замкнутого объекта**. Обведите, используя объектную привязку, область штриховки и создайте объект.

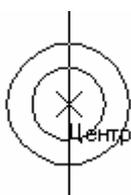




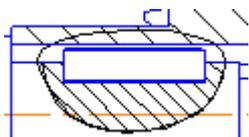
10. Вторым вариантом рассмотрим на примере построения местного разреза крепления конического зубчатого колеса с валом посредством шпонки.
11. Обведите область местного разреза *замкнутой* кривой (например, используя команду **Кривая Безье**  и в конце выполнения команды построения, нажмите кнопку – **Замкнутая** ).



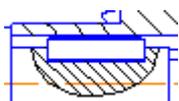
12. Выберите на Инструментальной панели **Ассоциативные виды** команду **Местный разрез** . Сначала укажите замкнутую кривую, ограничивающую разрез, затем задайте положение секущей плоскости на виде слева на оси симметрии, привязав курсор к центру окружности (объектная привязка – **Центр**):



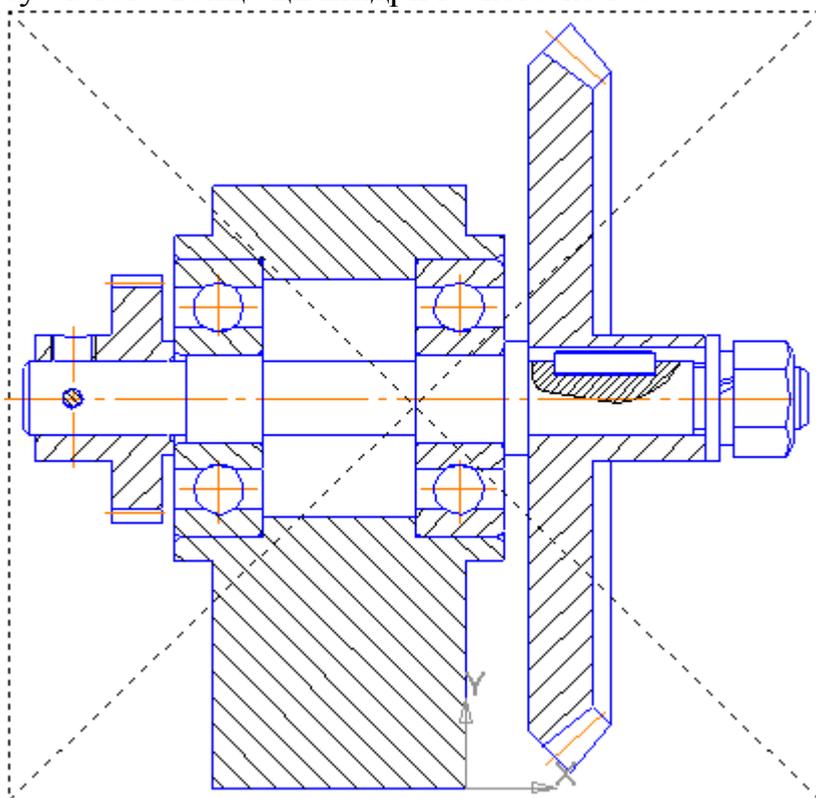
В **Дереве построения** в разделе **Местный разрез** выберите шпонку и по правой кнопке в контекстном меню команду – **Не разрезать**. В результате получим следующее изображение:



Кривая, ограничивающая область разреза в таком виде нам не нужна, поэтому выделите ее и перенесите на **Слой 1** (см. п. 6). «Правильную» линию обрыва создайте заново, воспользовавшись той же командой – **Кривая Безье** (стиль линии – **Тонкая**).



13. Дорисуйте необходимые осевые линии и линии условного изображения зубчатого венца цилиндрического колеса.



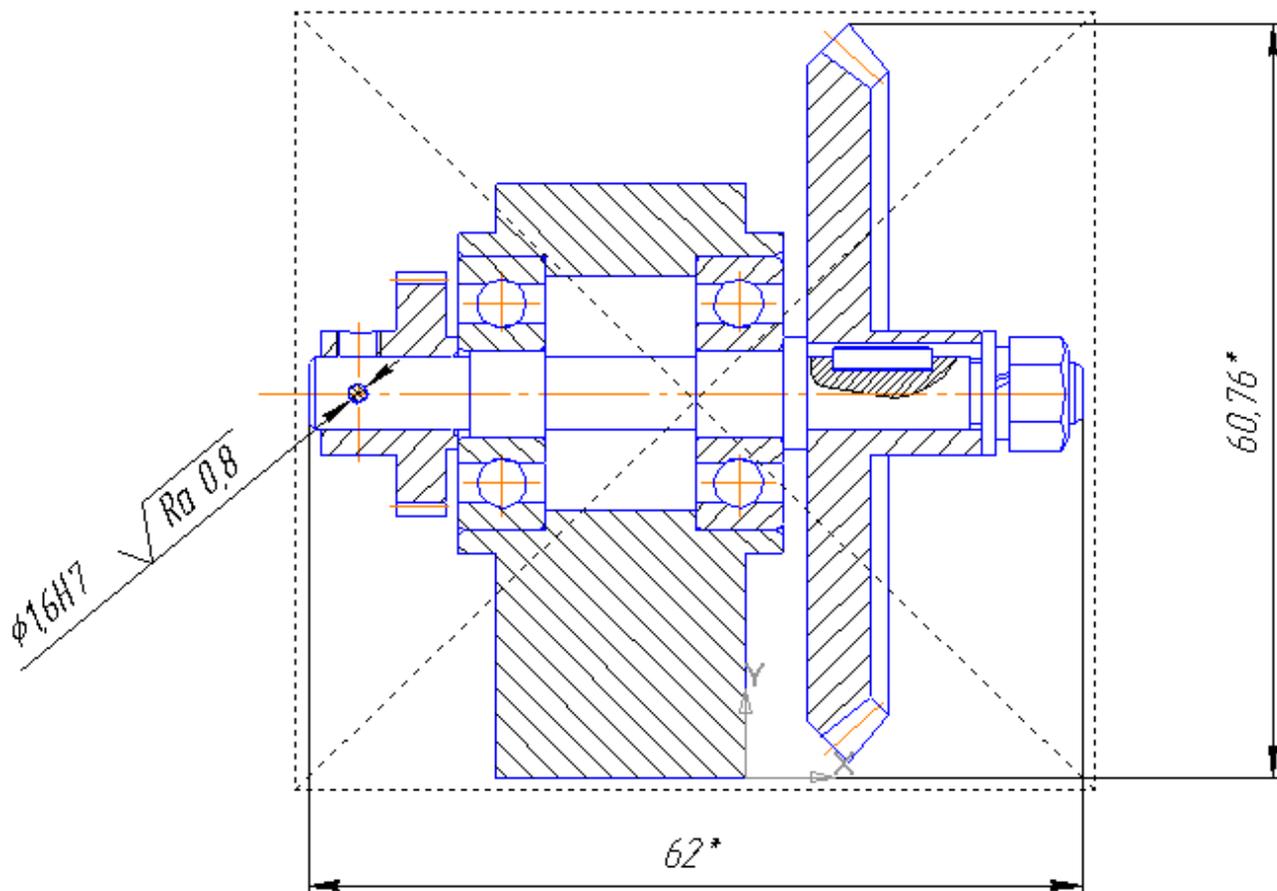
14. На сборочном чертеже могут быть проставлены справочные (габаритные), установочные и исполнительные размеры.

Установочные – это размеры, задающие положение одного элемента сборки относительно другого.

Исполнительные – размеры элементов, которые появляются (образуются) в процессе сборочных операций.

В нашем примере в качестве исполнительных необходимо проставить размеры на штифтовые отверстия, задающие параметры этих отверстий.

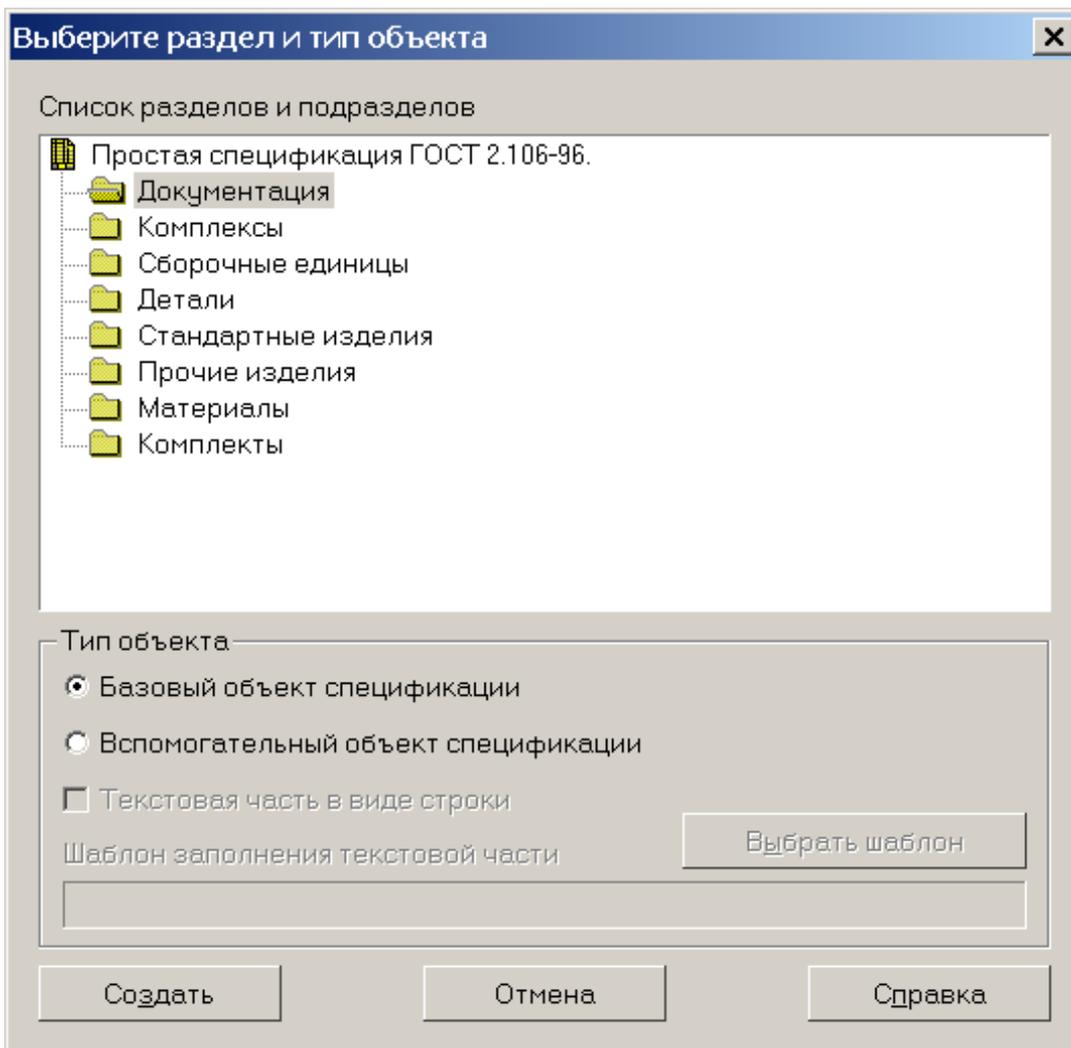
В качестве справочных размеров нанесите габаритные.



15. На виде слева для нанесения справочных присоединительных размеров отверстий выполните местный разрез через присоединительное отверстие в корпусе.
16. Заполните основную надпись, активизировав ее поля двойным щелчком мыши.

11.2. Создание спецификации

1. ГОСТ 2.108-68 устанавливает форму и порядок заполнения спецификации конструкторских документов на изделия. **Спецификацией** называется таблица, содержащая перечень всех составных частей, входящих в данное специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям.
2. Вызовите команду **Создать – Спецификацию**. На Инструментальной панели **Спецификация** выберите команду **Добавить раздел** . Из диалогового окна выберите раздел **Документация**.



3. Заполните в появившейся строке графы **Формат**, **Обозначение**, **Наименование** и **Количество**.

<i>Формат</i>	<i>Знак</i>	<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
				<i>Документация</i>		
А)			<i>МТ4.2000ХХ.101СБ</i>	<i>Сборочный чертеж</i>	<i>1</i>	

4. Снова выберите команду **Добавить раздел**. Из диалогового окна выберите раздел **Детали**.
5. В графе **Наименование** – указывают наименование изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий. В наименованиях, состоящих из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например, *Колесо зубчатое*.

Заполните для каждой детали необходимые графы, в том числе графу **Позиции (Поз.)**.

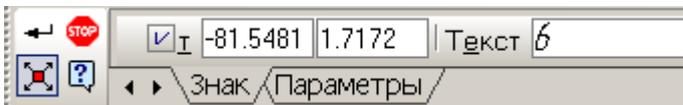
6. Аналогичным образом создайте раздел **Стандартные изделия**. Необходимо помнить, что заполнение этого раздела происходит по определенным правилам.

*В графе **Наименование** – указывают наименования и обозначения изделий в соответствии со стандартом на эти изделия в следующем порядке: по государственным, по республиканским, по отраслевым.*

В пределах каждой категории стандартов запись ведут по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (подшипники, крепежные изделия, электротехнические изделия и т.п.).

В пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

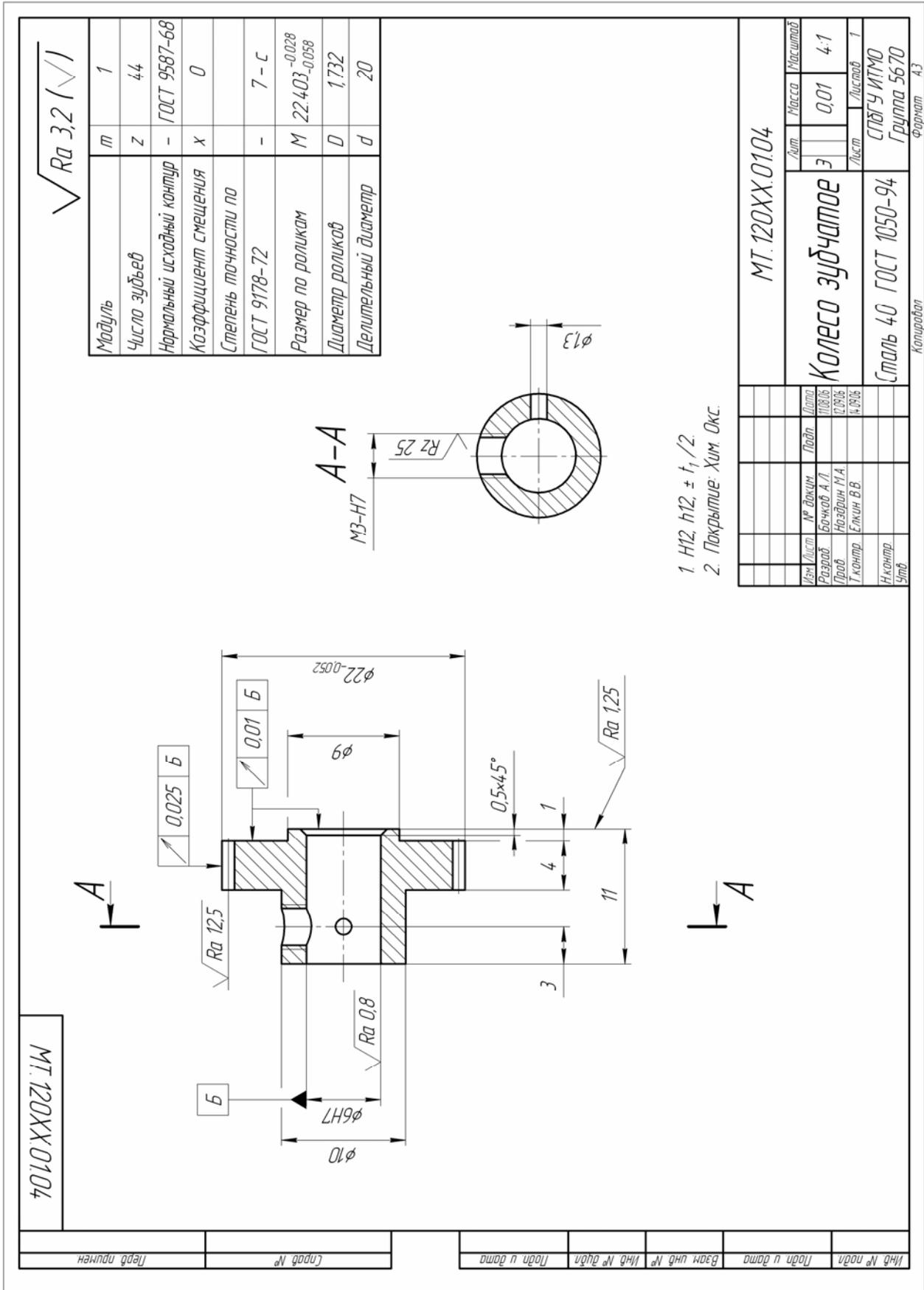
7. Заполните основную надпись спецификации.
8. Для нанесения позиций на чертеже, выберите на Инструментальной панели **Обозначения**  команду **Обозначение позиций** . Укажите щелчком мыши начальную точку линии выноски, отведите курсор на свободное поле чертежа и задайте, также щелчком мыши, точку положения полочки. При необходимости можно изменить параметры линии выноски, полочки, используя панель свойств.



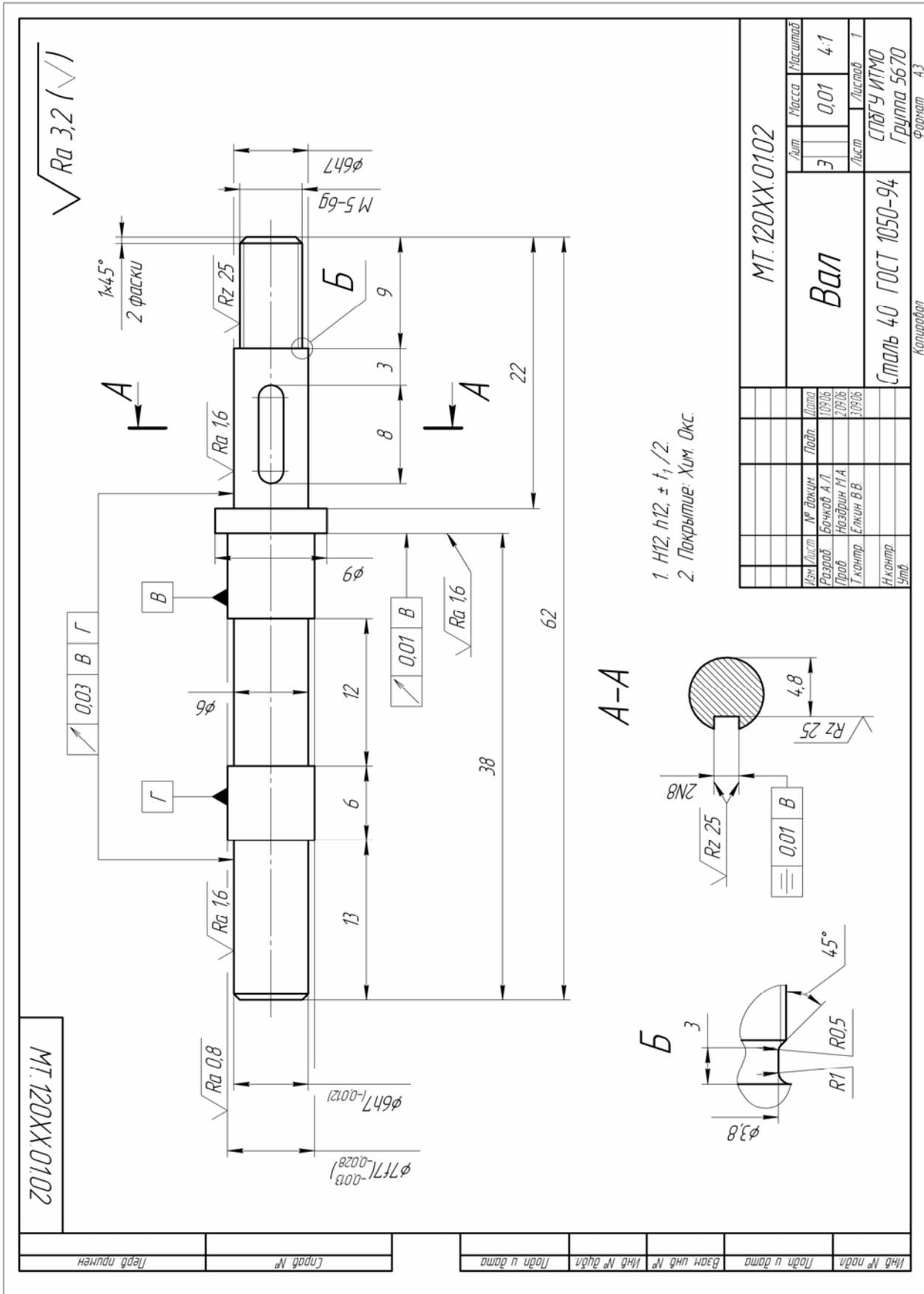
9. Номер позиции изделия на чертеже должен соответствовать номеру позиции этого изделия в спецификации.
10. После настроек нажмите кнопку Создать объект.

Пример выполнения чертежа вала см. Пример 3 Приложения.

Примеры выполнения сборочного чертежа см. Пример 4., спецификации – Пример 5 Приложения.

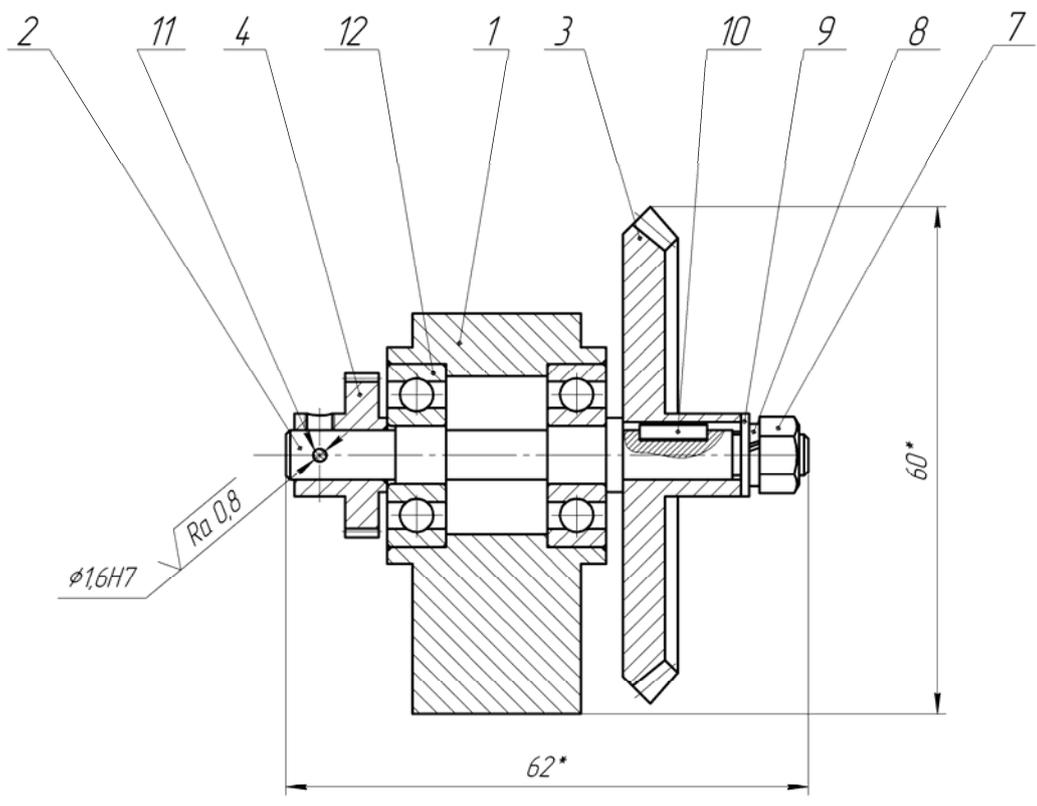


Пример 2. Чертеж зубчатого колеса



Пример 3. Чертеж вала

MT.120XX.01.00 СБ



- 1 * Размеры для справок
- 2 Осевое смещение детали поз.2 в пределах 0,03-0,05 мм
- 3 Зубья и шарикоподшипники смазать смазкой ЦИАТИМ-201 ГОСТ 6267-74

Перв. приняты	
Справ. №	
Подп. и дата	
Лист №	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Лист №	

				MT.120XX.01.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
		Бочков А.Л.		14.02.06	Э	0,23	2:1
		Ноздрин М.А.		15.02.06			
		Елкин В.В.		16.02.06			
Н.контр.					Лист	Листов	1
Утв.					СПбГЧ ИТМО Группа 5670		

Копировал

Формат А3

Пример 4. Сборочный чертеж

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
А3			MT.120XX.01.00СБ	Узел редуктора	1		
<i>Детали</i>							
А3	1		MT.120XX.01.01	Корпус	1		
А3	2		MT.120XX.01.02	Вал	1		
А3	3		MT.120XX.01.03	Колесо зубчатое коническое	1		
А3	4		MT.120XX.01.04	Колесо зубчатое	1		
<i>Стандартные изделия</i>							
		7		Гайка М5-6Н.5.019 ГОСТ 5915-70	1		
		8		Шайба 5Н.65Г.029 ГОСТ 6402-70	1		
		9		Шайба 5.01.05 ГОСТ 11371-78	1		
		10		Шпонка 2х2х8 ГОСТ 23360-78	1		
		11		Штифт 1,6х10 ГОСТ 3128-70	1		
		12		Подшипник 27 ГОСТ 8338-75	2		
			MT.120XX.01.00				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Бочков А.Л.		14.02.06	Лит.	Лист	
Пров.		Ноздрин М.А.		15.02.06	Э	Листов	
Н.контр.					1		
Утв.					СПбГУ ИТМО Группа 5670		
				Узел редуктора			
				Копировал		Формат А4	

Пример 5. Спецификация

История кафедры мехатроники

Кафедра мехатроники - одна из старейших кафедр СПбГУ ИТМО, история которой начинается с 30-х годов XX века. Первое упоминание о прародительнице кафедры Мехатроники содержится в приказе №18 от 3.10.1930 по Учебному комбинату точной механики и оптики: «доцент Замыцкий Н.Н. назначен с 1.10.1930 заведующим кафедрой «Детали машин» института точной механики и оптики». Важным этапом было существование в 30-х годах кафедры «Сопротивление материалов и детали машин», поскольку речь шла уже не только о выборе схемы устройства (машины, прибора), но и об определении размеров и формы деталей при прочностном расчёте. Руководил кафедрой в то время виднейший ученый в области строительной механики Ягн Юлий Иванович.

С 1945 г. Руководство кафедрой осуществлял Николай Иоасафович Колчин, крупнейший учёный механик в самом широком смысле этого слова. Он расширил и обогатил исследовательскую и преподавательскую деятельность кафедры методами Теории машин и механизмов. Нельзя не сказать, что Н.И. Колчин был в той или иной мере учителем трех последующих заведующих кафедрой – Ф.Л. Литвина, К.И. Гуляева, Б.П. Тимофеева.

С 1951 года, заведующим кафедрой Теории механизмов и деталей приборов, становится Рифтин Л.П. Именно в этот момент учебная и научная деятельность кафедры приобрела черты синтетической научной дисциплины, где выбор схем машины, прибора, устройства сопровождался учетом не только геометрико-кинематических, но и динамических, прочностных характеристик.

1964 год: «РЕКТОРАТ и Совет ЛИТМО поручили профессору Литвину Ф.Л. провести реорганизацию кафедры Теории механизмов и машин в кафедру приборостроительного типа, закладывающую основы конструкторской подготовки специалистов, выпускаемых ЛИТМО». Во время заведования Литвиным Ф.Л. была создана лабораторная база оригинальных лабораторных установок, написаны многочисленные методические пособия, разработаны и изготовлены учебные стенды, макеты устройств и прозрачные модели, отвечающие современным требованиям учебного процесса в высшей школе.

В начале 1979 года заведующим становится профессор Гуляев К.И. По своей направленности кафедры остается общеинженерной.

В 1989 году Тимофеев Б.П. приступил к заведованию общеинженерной кафедрой Теории механизмов и деталей приборов, преобразовав её в 1991 году в выпускающую кафедру Мехатроники. Мы были первыми на территории бывшего СССР. Лишь в 1994 году специальность Мехатроника появилась в официальном списке специальностей. Первый Государственный стандарт специальности (1995 г.) был во многом основан на нашем учебном плане. С 2000 года университет имеет лицензию на образовательную деятельность по специальности Мехатроника. Выпускники кафедры, в основном, трудятся на ведущих предприятиях России и за рубежом. Часть из них поступает в аспирантуру и далее ведет научно-преподавательскую деятельность.