

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 15 » \_\_\_\_\_ 2017 г.



**ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ВАЛА  
СРЕДСТВАМИ САПР**

Методические указания по выполнению лабораторной работы по курсу «Системы автоматизированного проектирования элементов конструкций» для студентов направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Курск 2017

УДК 62.231

Составители Л.Ю. Ворочаева, Е.Н. Политов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *В.Я. Мищенко*

**Построение трехмерной модели вала средствами САПР:** методические указания по выполнению лабораторной работы по курсу «Системы автоматизированного проектирования элементов конструкций» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Л.Ю. Ворочаева, Е.Н. Политов. Курск, 2017. 27 с.

Методические указания содержат сведения по построению трехмерной модели тела вращения. Приведены варианты задания, пример проектирования модели многоступенчатого вала и создания основных конструктивных элементов, используемых в телах вращения.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утверждённой учебно-методическим объединением (УМО).

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л. 1,4. Уч.-изд.л. 1,3. Тираж 30 экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

Задание	4
Ход выполнения работы	8
Создание файла детали	8
Построение тела вращения. Способ 1	9
Построение тела вращения. Способ 2	13
Определение свойств детали	15
Создание шпоночного паза. Построение касательной плоскости	18
Построение радиусов скругления в эскизе	22
Построение радиусов скругления в трехмерной модели	23
Построение фасок	25
Контрольные вопросы	26
Рекомендательный список литературы	26

Методические указания направлены на формирование следующих компетенций:

ОПК-3 – владение современными информационными технологиями, готовность применять средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности,

ПК-11 - способность производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием.

### **Задание**

1 Построить трехмерную модель вала в соответствии со схемой, изображенной на рис. 1, выбирая номер варианта с численными значениями параметров из табл. 1, двумя приведенными в методическом пособии способами.

2 На каждой ступени вала построить фаску  $1 \times 45^{\circ}$ .

3 Между всеми ступенями вала построить радиусы скругления 1 мм.

4 Построить на валу два шпоночных паза на ступенях вала № 3 и № 5 в соответствии с ГОСТ 23360-78, используя рис. 2 и численные данные табл. 2. В табл. 1 указан угол между двумя шпоночными пазами. Располагать шпоночный паз симметрично относительно ступени вала.

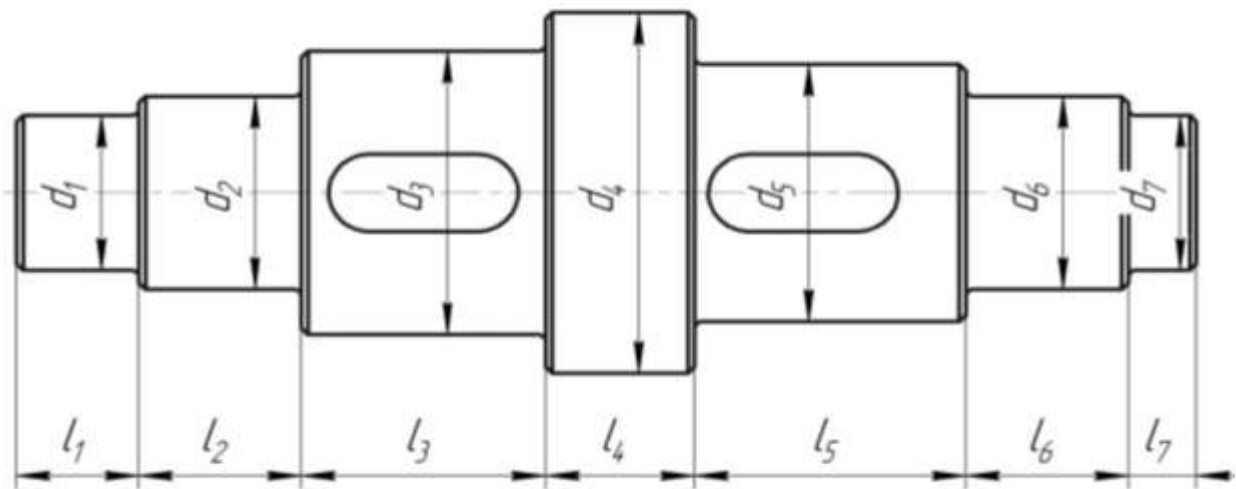


Рис. 1 Схема вала

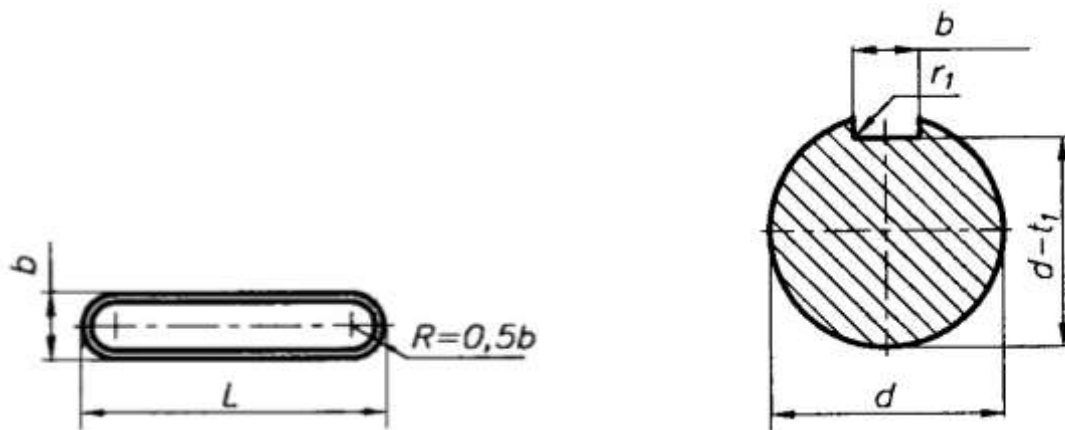


Рис. 2 Выполнение шпоночного паза на валу

Табл. 2 - Размеры сечений шпоночных пазов, мм

d		b	L	t <sub>1</sub>
Св.	до			
6	8	2	6÷2 0	1,2
8	10	3	6÷3 6	1,8
10	12	4	8÷4 5	2,5
12	17	5	10÷ 56	3,0
17	22	6	14÷ 70	3,5
22	30	8	18÷	4,0

			90	
30	38	10	$22 \div$ 110	5,0
38	44	12	$28 \div$ 140	5,0

$l_2=l_6=L_v+B$ , где  $L_v$  – длина втулки,  $B$  – ширина подшипника качения.


Табл. 1 - Численные значения параметров вала

№	$d_1$	$d_2, d_6$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_7$	$l_1$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_7$	$L_v$	∠ между шпоноч- ными пазами, °
1	7	8	10	16	11	6	12	14	5	13	12	8	0
2	10	12	14	20	16	8	16	21	11	16	18	10	90
3	8	10	12	20	14	7	15	18	6	16	16	6	180
4	13	15	18	26	20	11	13	20	10	18	14	5	0
5	12	17	20	30	24	14	10	18	16	22	17	7	90
6	7	10	13	18	12	8	18	14	11	18	14	9	180
7	7	9	11	17	12	6	14	18	13	12	14	10	0
8	14	20	24	34	28	16	11	22	11	24	20	12	90
9	18	25	30	38	32	20	15	28	10	30	13	11	180
10	9	12	16	24	17	10	14	18	7	16	20	10	0
11	12	15	20	26	18	13	12	20	12	18	19	12	90
12	6	9	12	20	13	7	17	14	11	16	22	7	180
13	18	20	26	35	28	19	14	24	10	22	14	8	0
14	13	17	22	28	20	12	13	18	8	20	20	9	90
15	17	20	28	34	24	15	17	22	11	24	17	6	180
16	6	10	14	19	13	8	10	14	9	18	12	10	0
17	11	15	21	27	20	13	12	18	10	20	11	9	90
18	8	12	17	23	16	10	14	20	12	14	10	6	180
19	6	9	13	18	11	5	12	14	7	12	17	7	0
20	5	8	11	17	10	7	14	18	10	14	10	10	90
21	18	25	32	39	30	21	15	28	14	26	16	12	180
22	25	30	36	48	39	21	13	30	7	34	12	11	0
23	14	17	24	30	22	13	13	24	9	22	16	9	90
24	9	12	17	27	14	8	16	16	8	14	13	10	180

## Ход выполнения работы

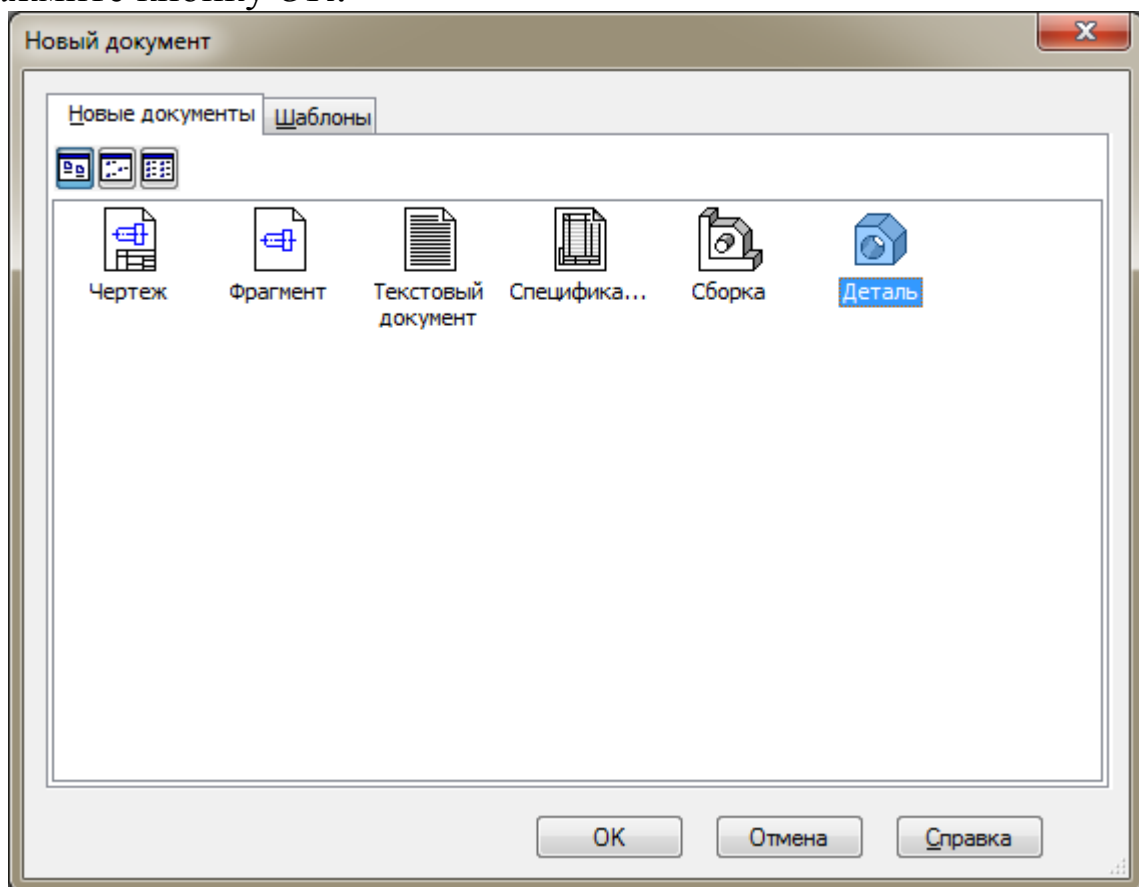
Рассмотрим построение трехмерной модели вала со следующими численными значениями параметров (мм):  $d_1=24$ ,  $d_2=30$ ,  $d_3=44$ ,  $d_4=56$ ,  $d_5=40$ ,  $d_6=30$ ,  $d_7=24$ ,  $l_1=18$ ,  $l_2=24$ ,  $l_3=36$ ,  $l_4=22$ ,  $l_5=40$ ,  $l_6=24$ ,  $l_7=10$ . Угол между шпоночными пазами  $0^\circ$ .

## Создание файла детали


Для создания новой детали выполните команду *Файл – Создать* или нажмите кнопку *Создать*  на панели *Стандартная*.



В диалоговом окне укажите тип создаваемого документа *Деталь* и нажмите кнопку *ОК*.





На экране появится окно новой детали. Нажмите кнопку *Сохранить*  на панели *Стандартная*.

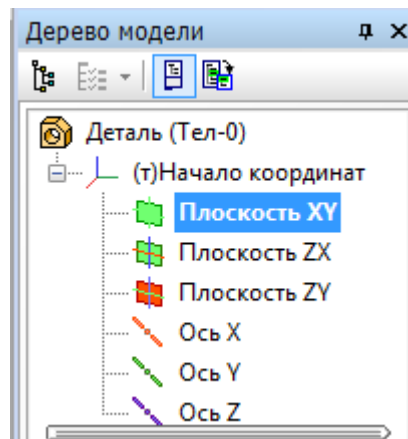
В поле *Имя файла* диалогового окна сохранения документов введите имя детали - Вал.

Нажмите кнопку *Сохранить*.

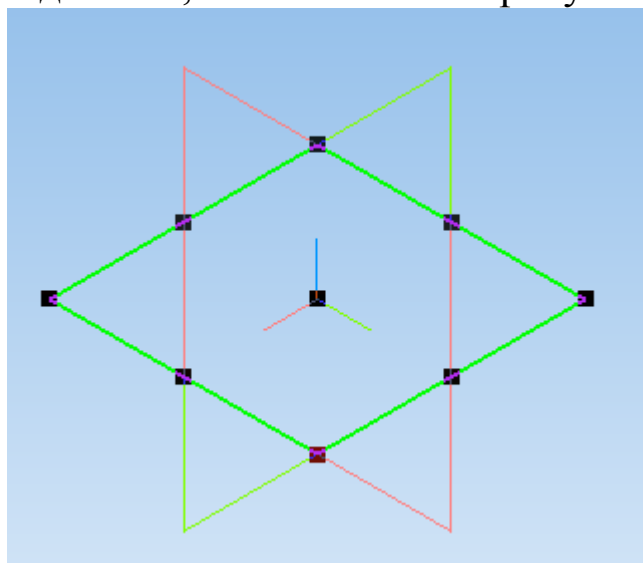
В окне *Информация о документе* просто нажмите кнопку *ОК*. Поля этого окна заполнять не обязательно.

### Построение тела вращения. Способ 1

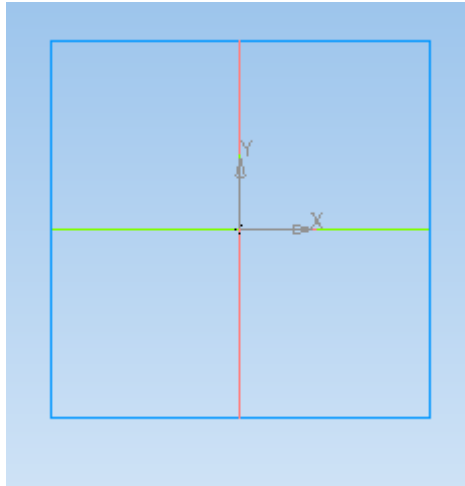
Выберите плоскость, в которой будете делать эскиз, в *Дереве модели*, например, *Плоскость XY*.





При этом она выделится, как показано на рисунке.

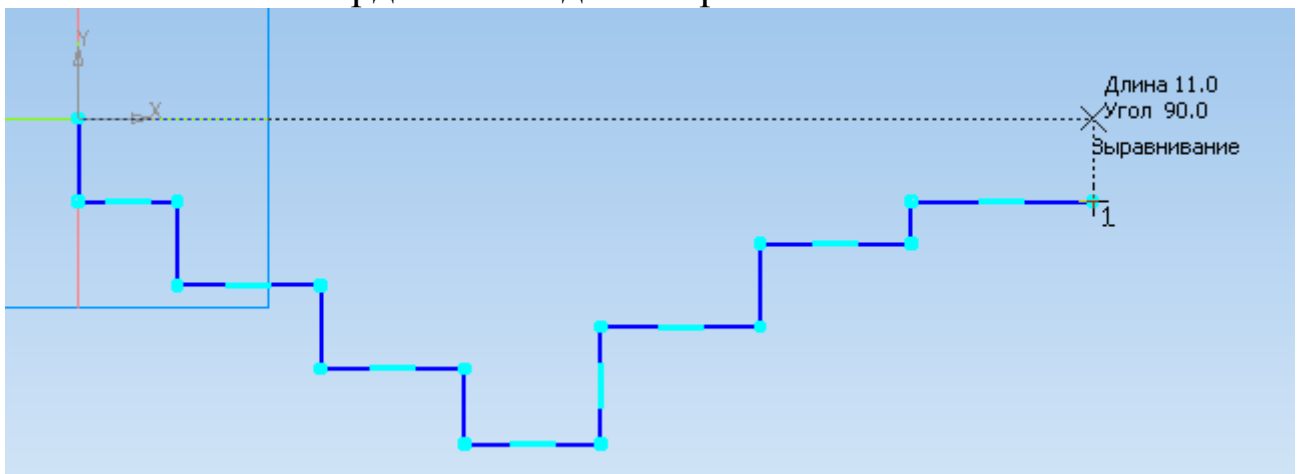



На верхней панели нажмите кнопку *Создать эскиз* . Плоскость XY примет вид:

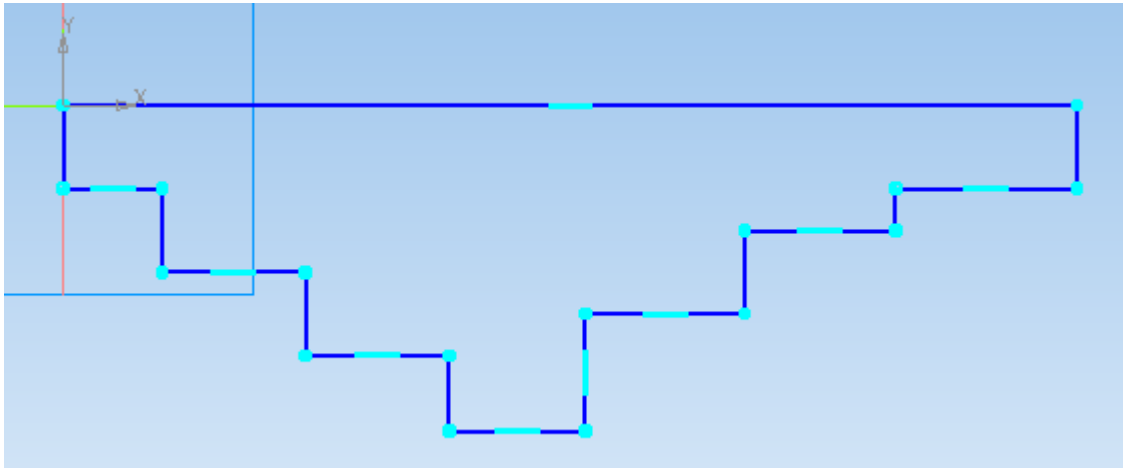





Нажмите кнопку *Непрерывный ввод объектов*  на панели инструментов *Геометрия* .



Из точки начала координат постройте замкнутую ломаную линию, по вертикали откладывая приблизительные значения радиусов ступеней вала, а по горизонтали – приблизительные длины ступеней. Так как вал состоит из 7 ступеней, в эскизе должно быть 7 горизонтальных участков. Причем при указании положения последней точки контура, необходимо добиться срабатывания привязки *Выравнивание*, обеспечивающей расположение строящейся точки и начала координат на одной горизонтальной линии.



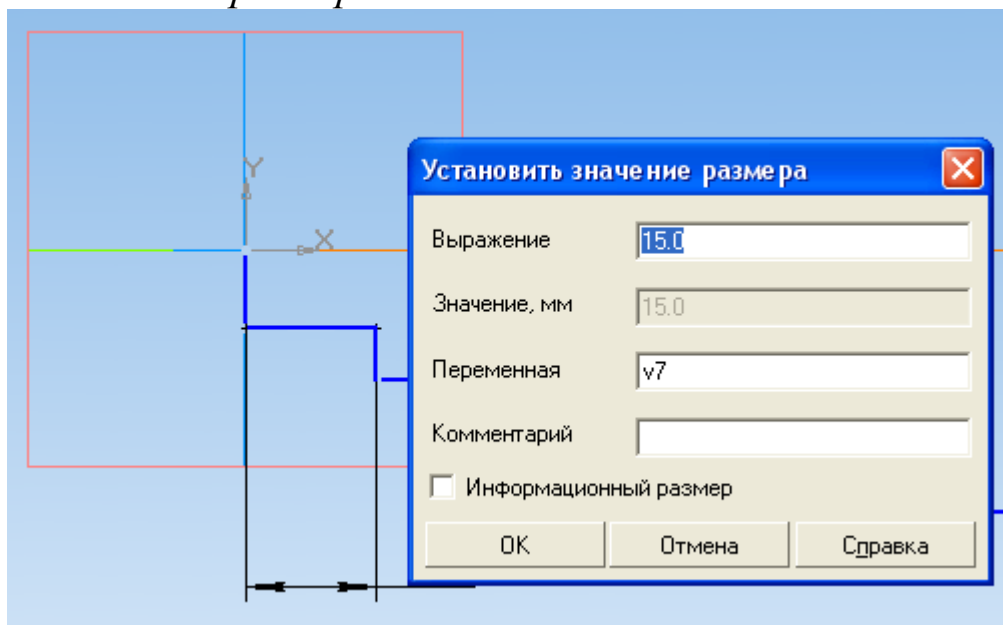
Чтобы замкнуть линию, нажмите на панели свойств команду *Замкнуть* .





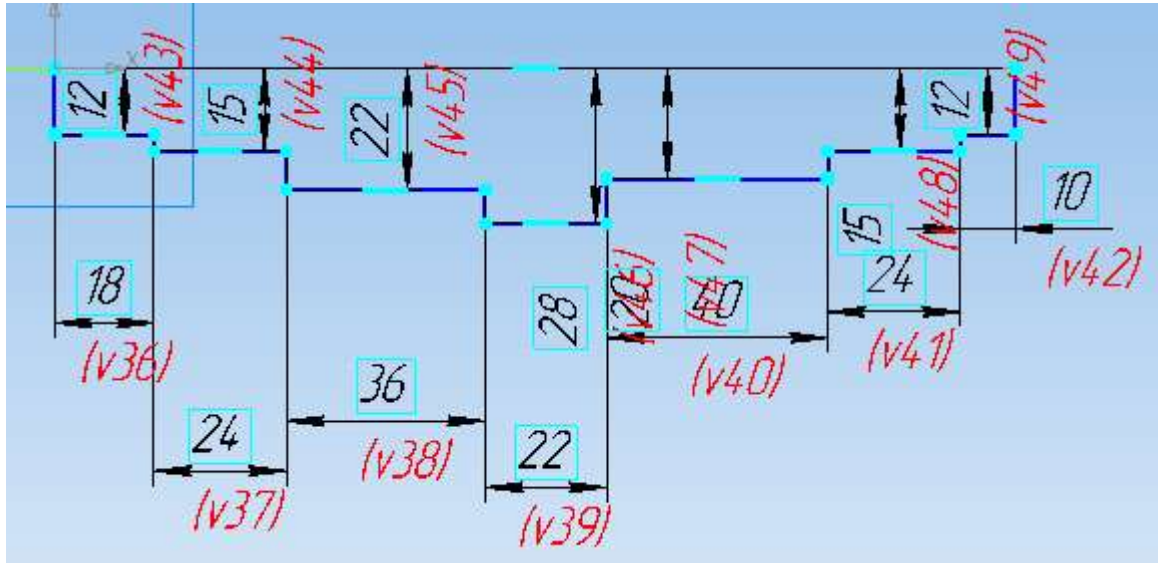
Если отрезки линий получились наклонными, на панели управления *Параметризация*  выберите *Горизонтальность*  или *Вертикальность*  и щелкните по наклонному отрезку левой клавишей мыши.

Для получения точной геометрии контура нужно проставить размеры. Для этого на панели инструментов *Размеры*  выберите подпункт *Линейные размеры*  и установите требуемые значения размеров отрезков линий. Размеры проставляются между двумя точками контура вала. Для простановки вертикальных размеров точкой отсчета является начало координат.

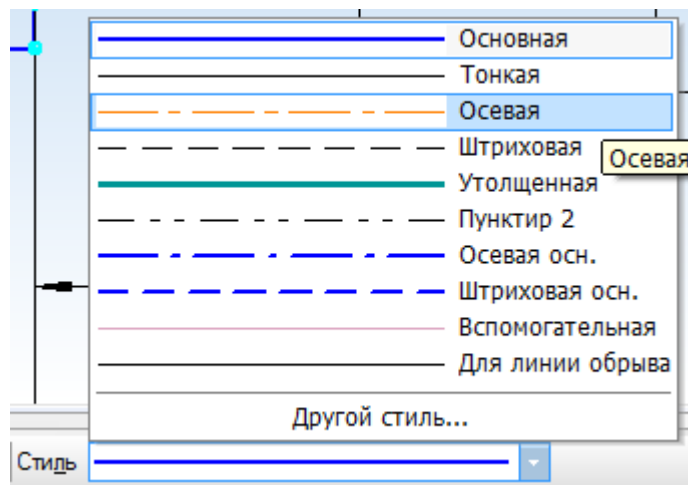
Численное значение размера задается в поле *Выражение* окна *Установить значение размера*. После этого нажимаем *ОК*.



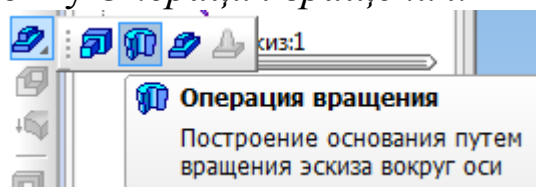
Для придания размерам нужной ориентации на панели свойств нажмите кнопку *Вертикальный*  или *Горизонтальный* .



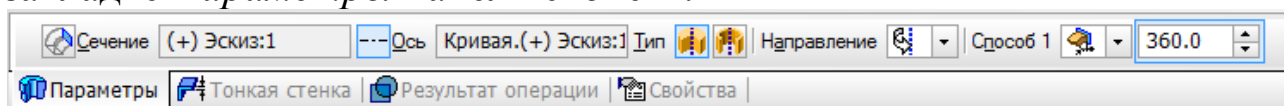
Измените стиль горизонтального отрезка, являющегося проекцией оси вала, с *Основная* на *Осевая*. Этот отрезок будет выполнять роль оси вращения. Для этого на отрезке выполните двойной щелчок левой клавишей мыши и на панели свойств в списке окна *Стиль* выберите *Осевая*.




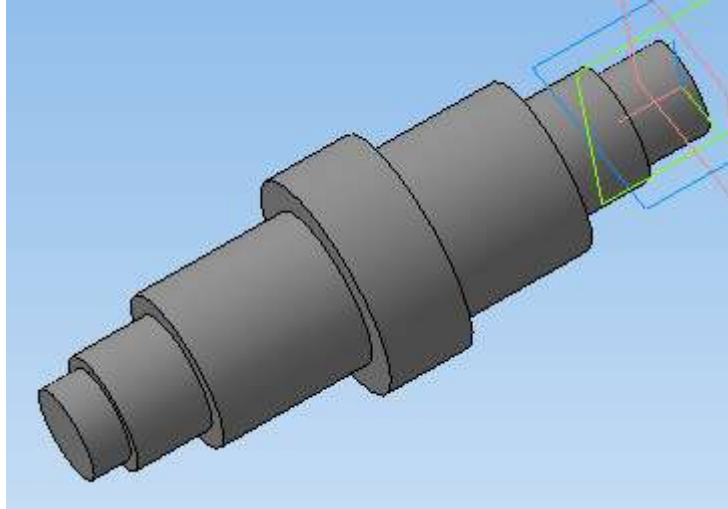
Подтвердите выбор стиля линии, нажав на панели свойств *Создать объект* . На панели инструментов *Редактирование детали* нажмите кнопку *Операция вращения*.



Для построения сплошного тела нажмите кнопку *Сфероид* на закладке *Параметры* панели свойств.

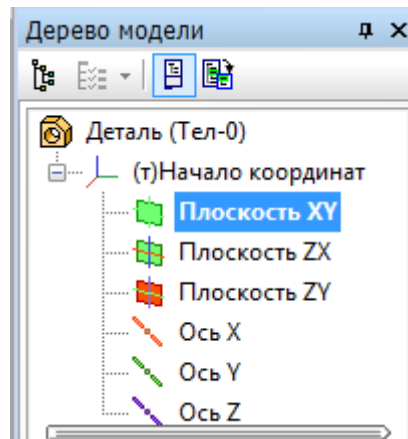


Нажмите кнопку *Создать объект*  – система выполнит построение тела вращения.

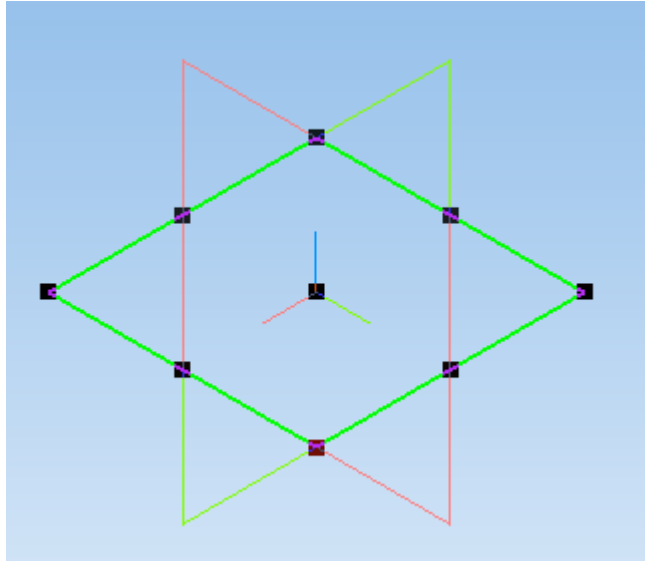


## Построение тела вращения. Способ 2

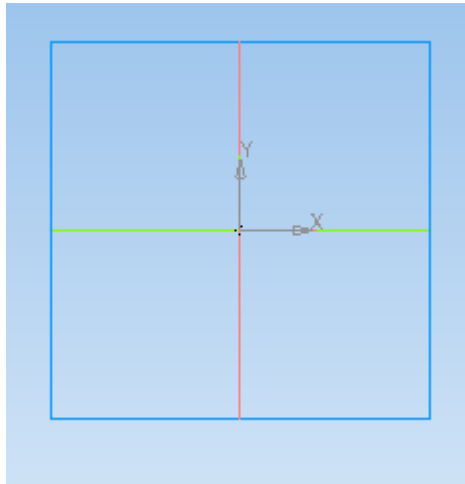
Выберите плоскость, в которой будете делать эскиз, в *Дереве модели*, например, *Плоскость XY*.







При этом она выделится, как показано на рисунке.

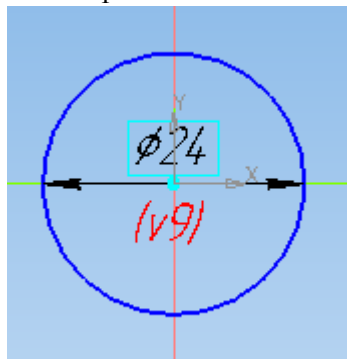




На верхней панели нажмите кнопку *Создать эскиз* . Плоскость XY примет вид:

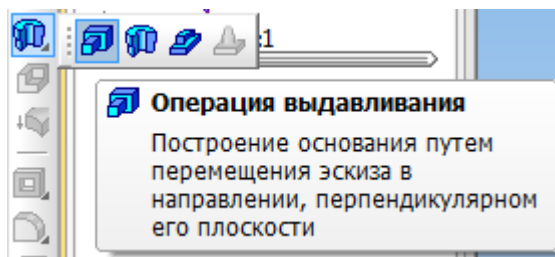


На панели инструментов *Геометрия*  выберите вкладку *Окружность* . Постройте окружность произвольного диаметра, центр которой совпадает с началом координат.

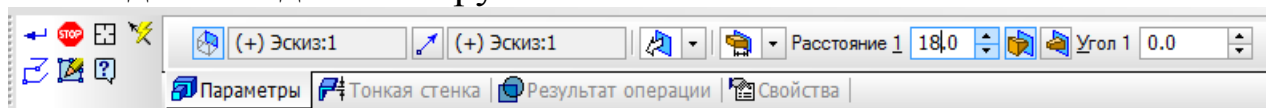
Используя вкладку *Диаметральный размер*  на панели инструментов *Размеры* , задайте окружности диаметр, соответствующий диаметру вала  $d_1$ .




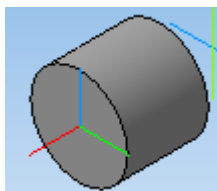
На панели инструментов *Редактирование детали*  выберите операцию *Выдавливание* .



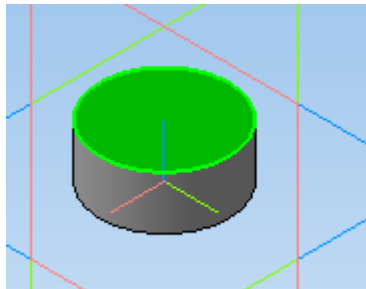
На панели свойств укажите расстояние ( $l_1$ ), на которое необходимо выдавить окружность.



Нажмите кнопку *Создать объект*  на панели свойств.



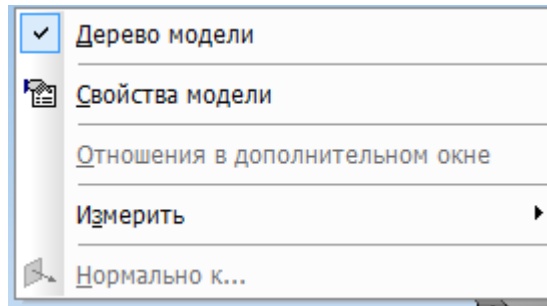
Выберите плоскость, на которой необходимо эскиз следующей ступени вала.



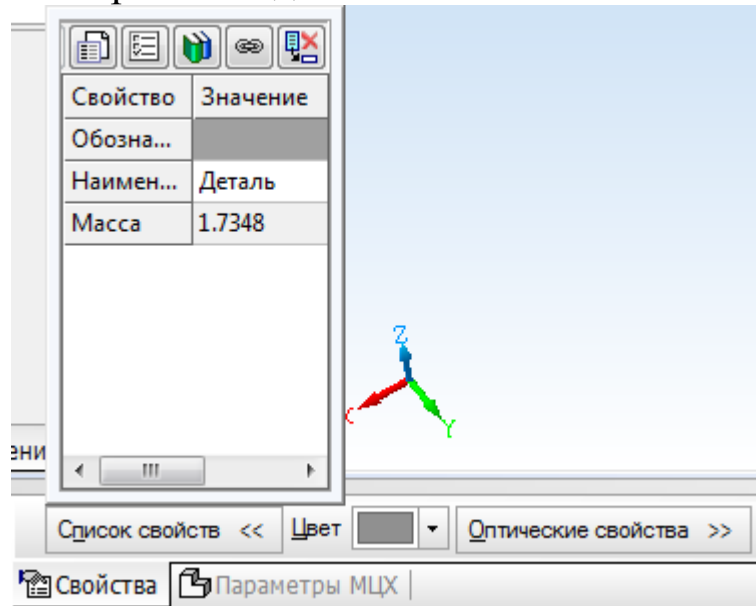
Повторите ранее указанные операции, настраивая вал и изменяя диаметр и расстояние выдавливания до  $d_7$  и  $l_7$ .

### Определение свойств детали

Щелкните правой клавишей мыши в любом пустом месте окна модели. Из контекстного меню выполните команду *Свойства*.



Панель свойств примет вид.



Введите наименование детали в окне *Наименование* на панели свойств.

Введите обозначение детали в окне *Обозначение* на панели свойств.

Обозначение детали выполняется в соответствии с примером.

РГР-221000-10.ВЛЮ-25.00.00.XX

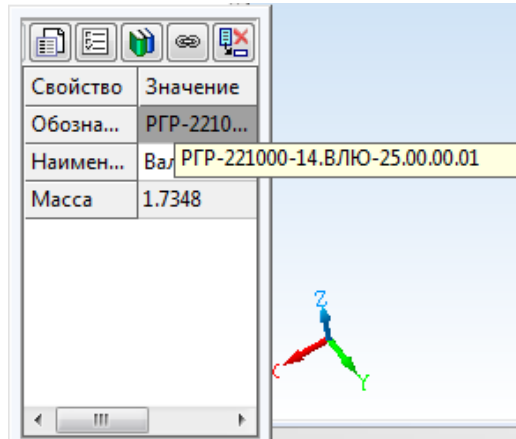
10 – год выполнения РГР,

ВЛЮ – Ф.И.О.,

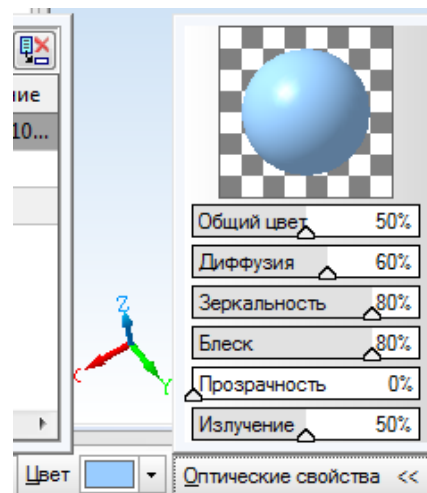
25 – номер варианта,

XX – номер детали.

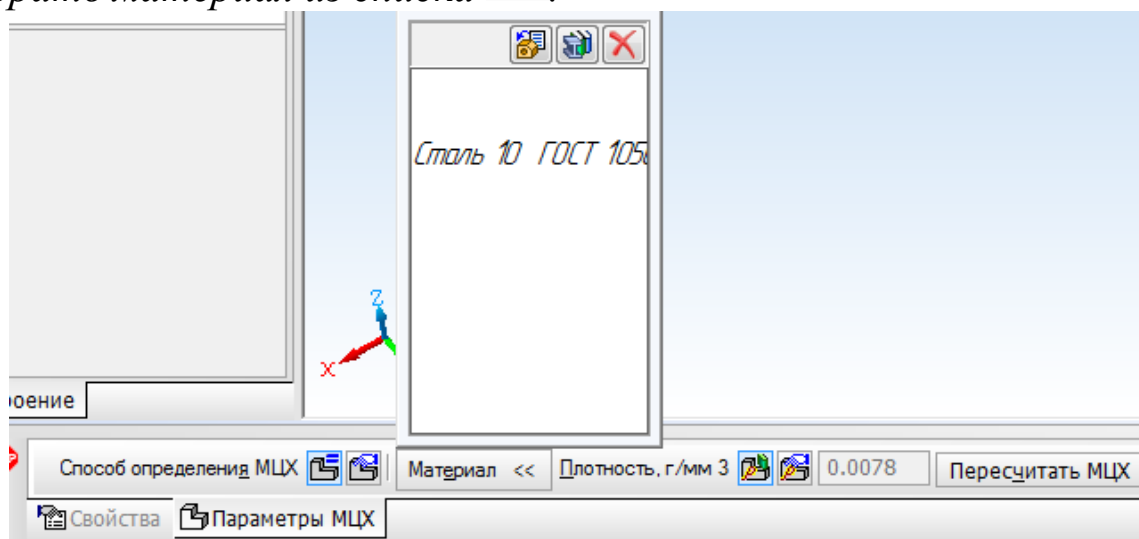




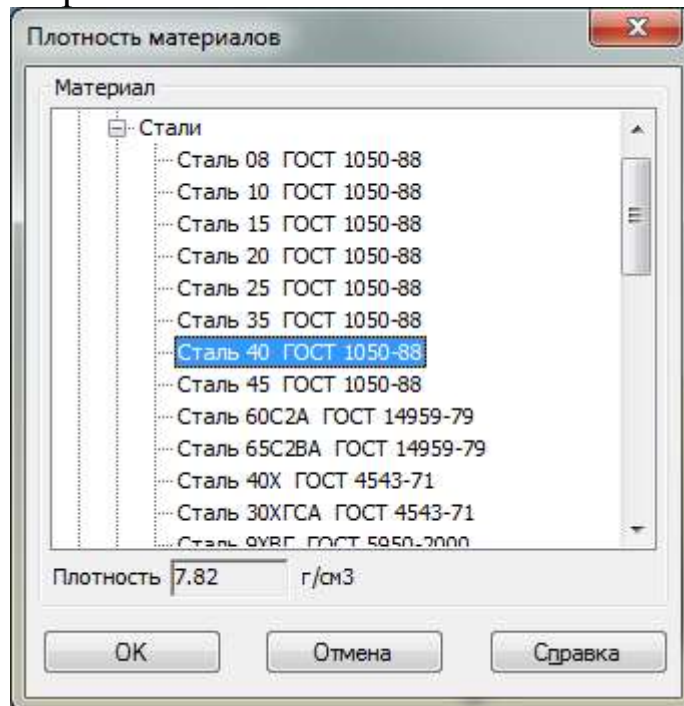
Определите цвет детали в окне *Цвет*, зеркальность, блеск, прозрачность в окне *Оптические свойства* для лучшего различения деталей на сборках.




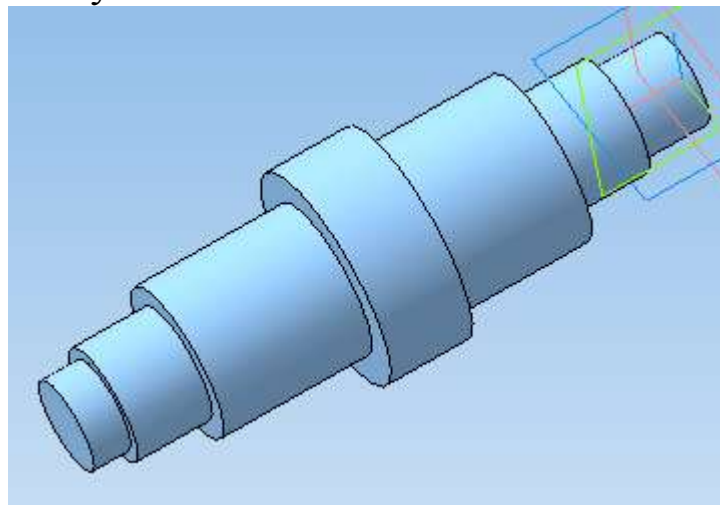
Для определения материала, из которого изготовлена деталь, переключитесь на вкладку *Параметры МЦХ* нажмите кнопку *Выбрать материал из списка*.



В окне *Плотность материалов* раскройте необходимый раздел и укажите марку материала.




Нажмите *ОК*. Для завершения диалога определения свойств детали нажмите кнопку *Создать объект* .

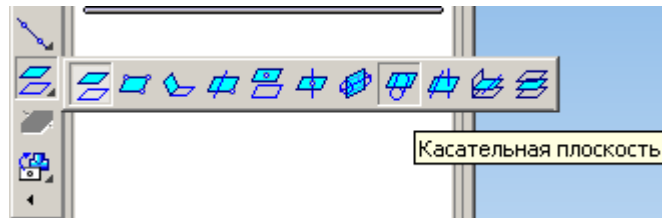


### **Создание шпоночного паза. Построение касательной плоскости**

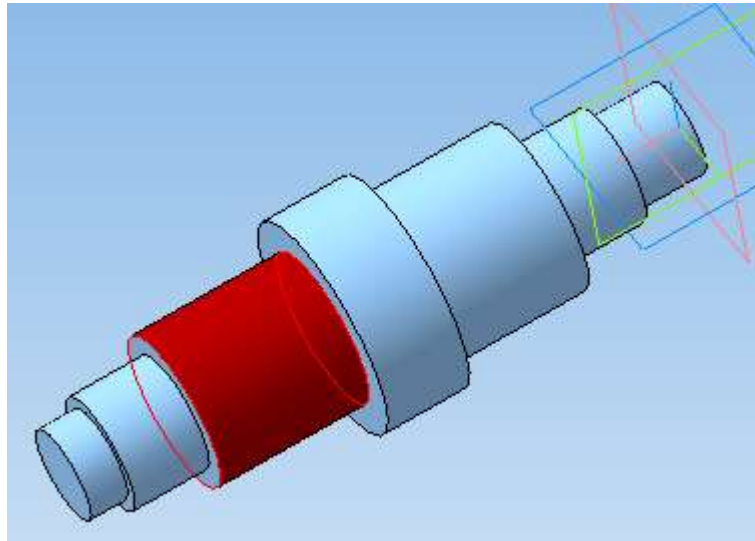
Для создания шпоночного паза нужно построить вспомогательную плоскость для размещения его эскиза. Эта

плоскость должна быть касательной к цилиндрическому участку вала, на котором нужно построить паз.

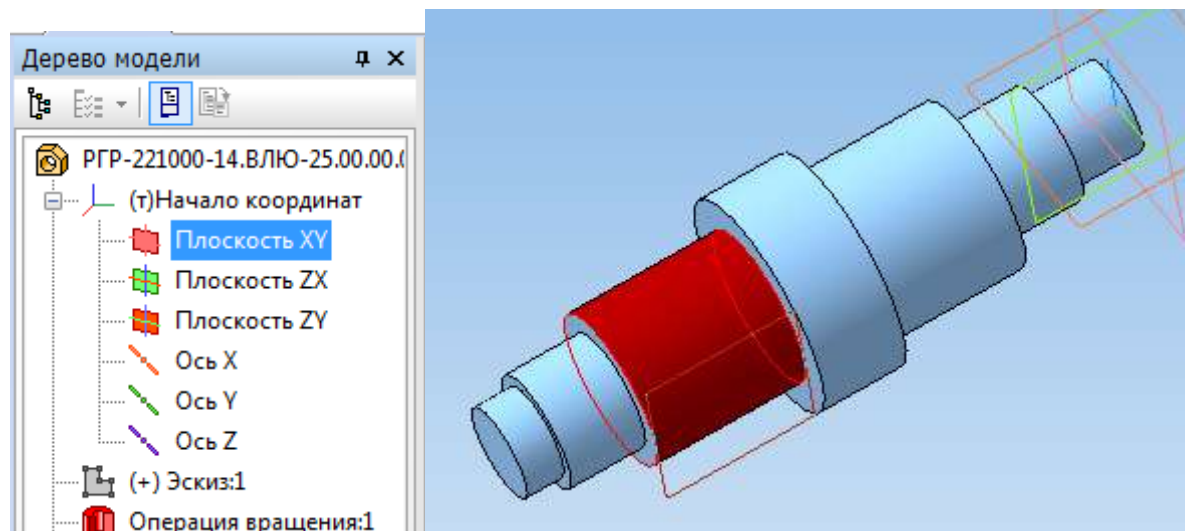
На панели инструментов выберите *Вспомогательная геометрия* . В раскрывающемся списке *Смещенная плоскость* выберите *Касательная плоскость*.



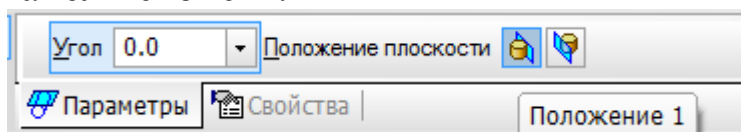
Укажите цилиндрическую поверхность вала, нажав по ней левой клавишей мыши.




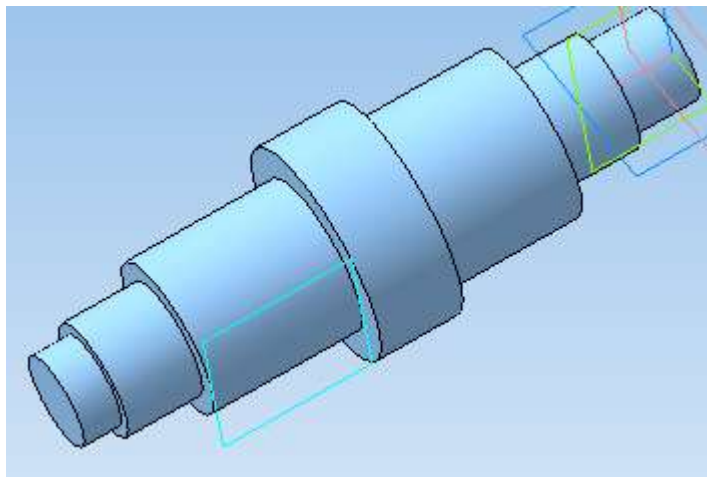
В *Дереве модели* укажите плоскость, относительно которой необходимо построить касательную плоскость. В данном случае это *Плоскость XY*.




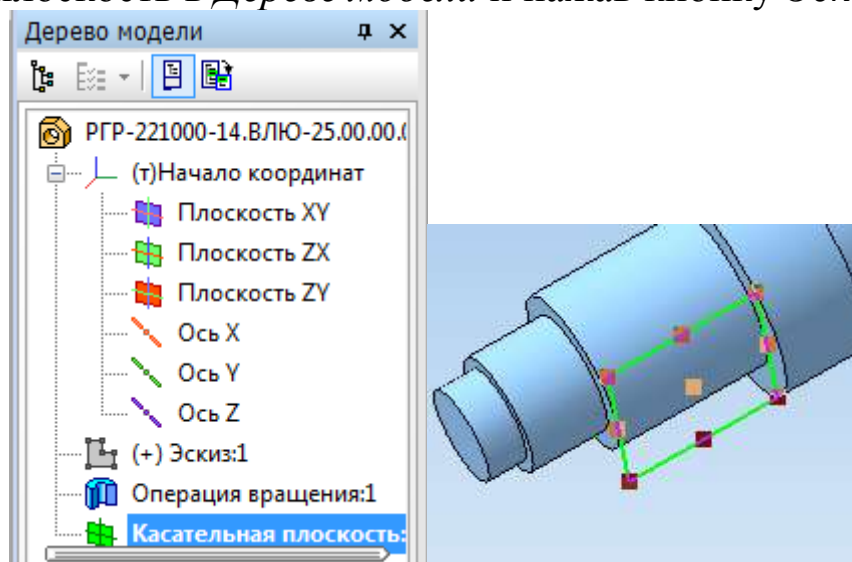
Для окончательного выбора нужного варианта размещения касательной плоскости нажмите кнопку *Положение 1* или *Положение 2* на панели свойств.




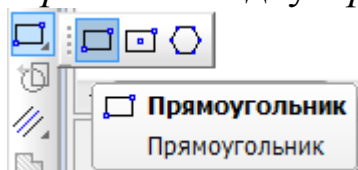
Нажмите кнопку *Создать объект*  – система выполнит построение касательной плоскости.

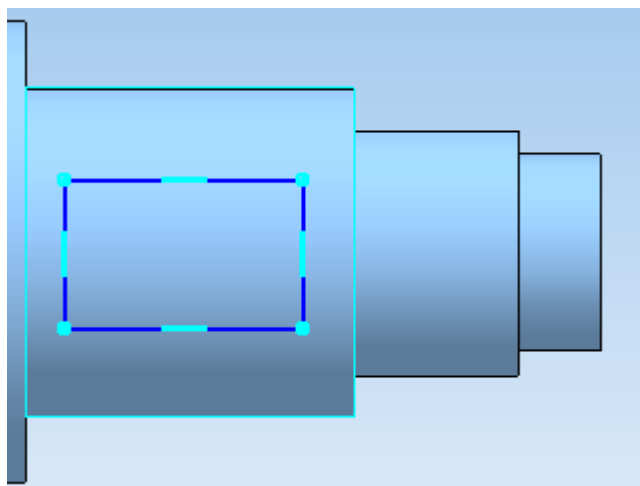



На касательной плоскости постройте эскиз, выделив касательную плоскость в *Дереве модели* и нажав кнопку *Эскиз* .

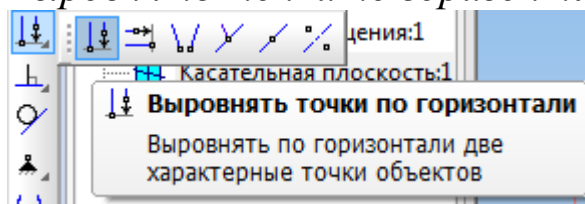


Начертите прямоугольник произвольного размера, выбрав на панели инструментов *Геометрия*  вкладку *Прямоугольник*.

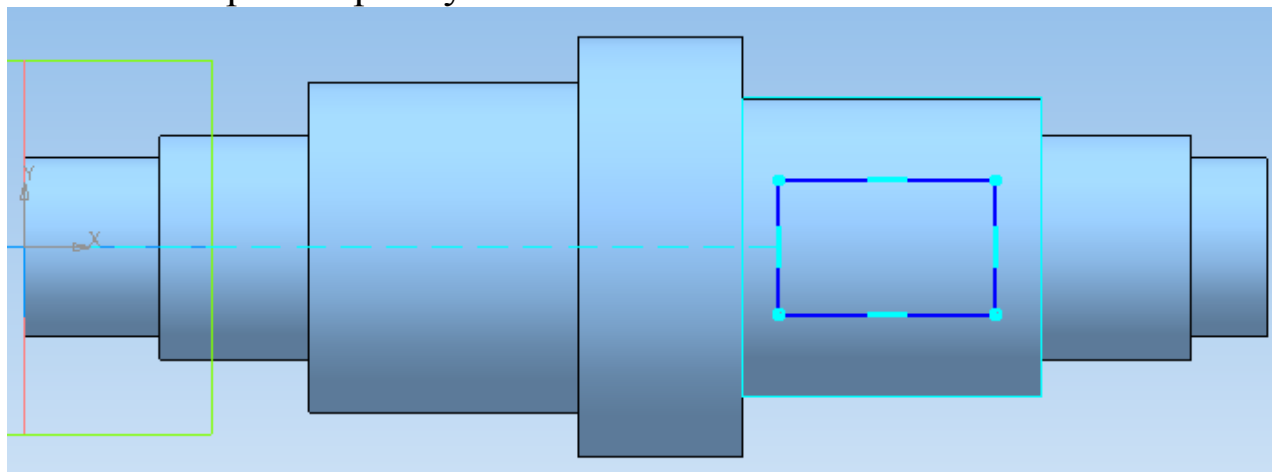






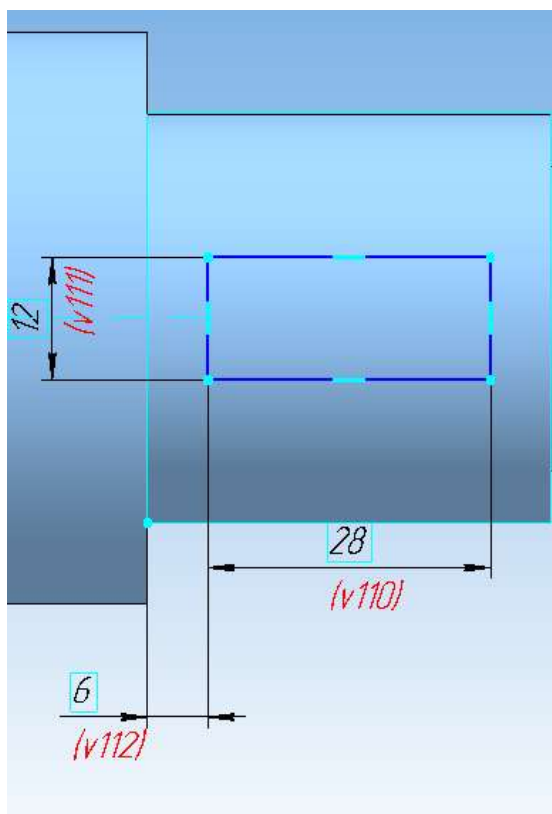
Для того чтобы шпоночный паз располагался симметрично относительно оси вала, зайдите на панель *Параметризация*  и выберите команду *Выровнять точки по горизонтали*.



Первой точкой укажите начало координат, а второй – середину боковой стороны прямоугольника.



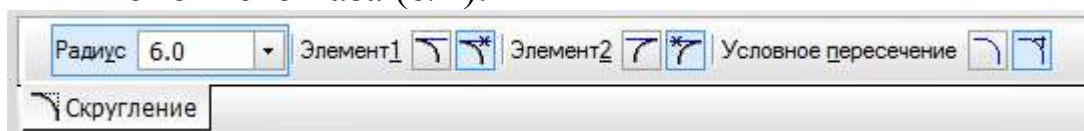
Проставьте размеры длины ( $L$ ) и ширины ( $b$ ) прямоугольника, выбрав на панели инструментов *Размеры*  подпункт *Линейные размеры* , а также размер для размещения шпоночного паза относительно ступени вала.



### Построение радиусов скругления в эскизе

Постройте радиусы скругления шпоночного паза. Для этого на панели *Геометрия* выберите пункт *Скругление*.

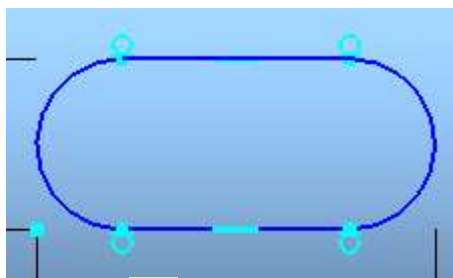
На панели свойств задайте радиус скругления, равный половине ширины шпоночного паза ( $b/2$ ).





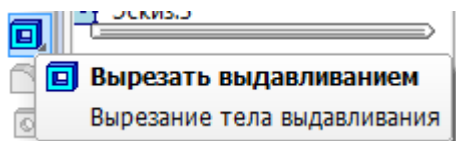
Выделите левой клавишей мыши две смежные стороны прямоугольника. Система автоматически построит радиус скругления.





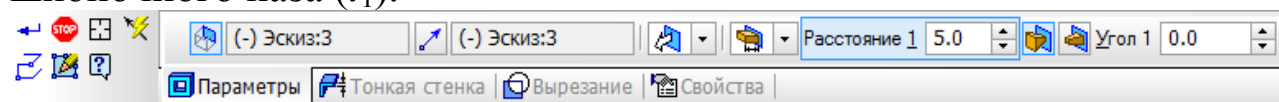
Аналогичным образом строим все радиусы скругления.




Закройте эскиз, нажав . На панели инструментов выберите *Редактирование детали*  и затем операцию *Вырезать выдавливанием*.





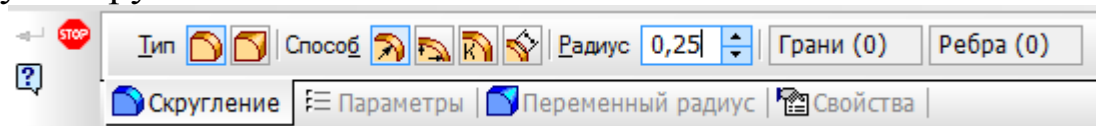
На нижней панели укажите свойства операции выдавливания: прямое направление , на расстояние  равное глубине шпоночного паз ( $t_1$ ).



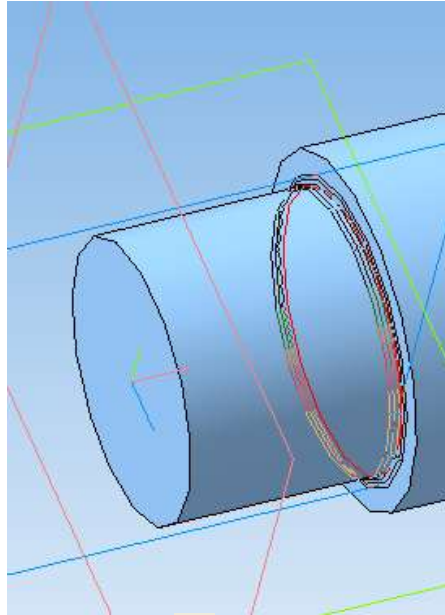
Нажмите *Создать объект* . Аналогичным образом постройте второй шпоночный паз.

## Построение радиусов скругления в трехмерной модели

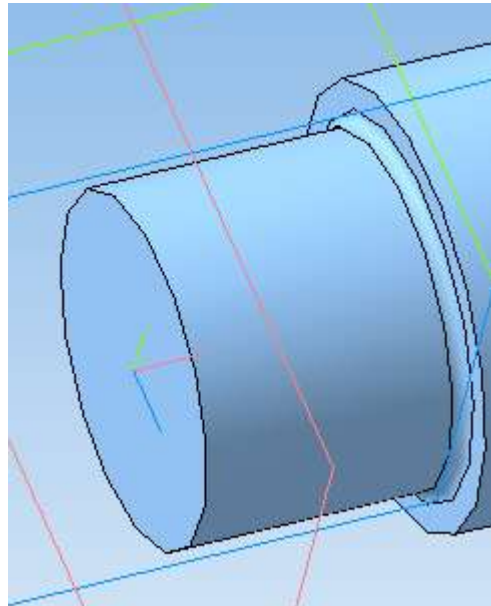
Для выполнения радиусов скругления между ступенями вала на вкладке панели инструментов *Редактирование детали*  выберите операцию *Скругление* . На панели свойств задайте значение радиуса скругления.



Укажите ребро, которое необходимо скруглить.

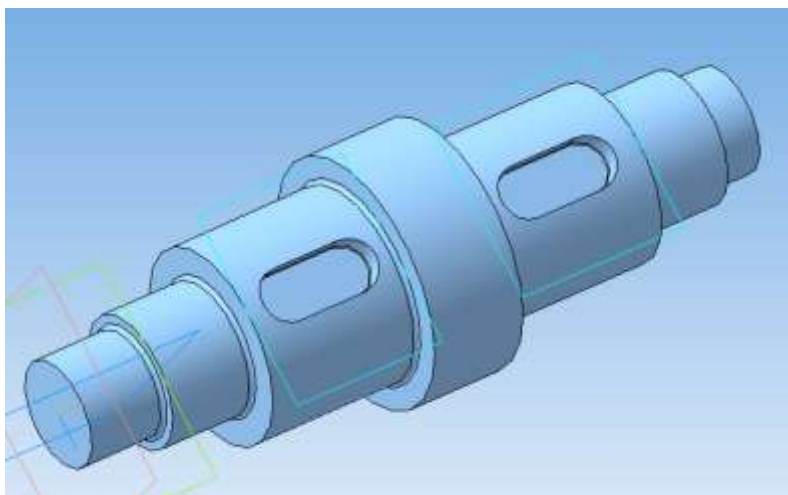


Нажмите *Создать объект* .





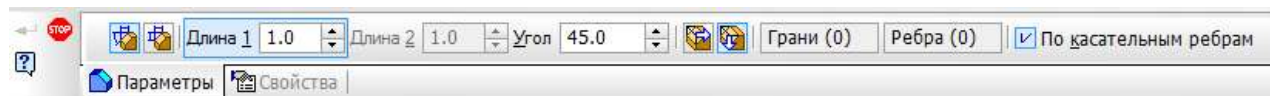
Постройте радиусы скругления на каждой границе ступеней вала.



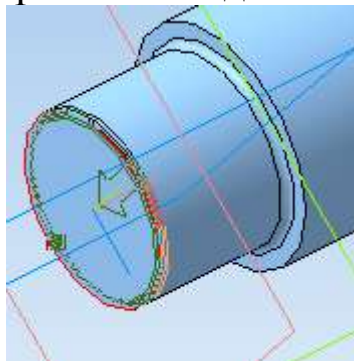


## Построение фасок

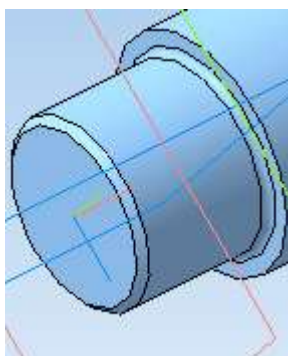
На панели инструментов выберите *Редактирование детали*  и затем операцию *Фаска* . На панели свойств задайте длину фаски 1 мм.



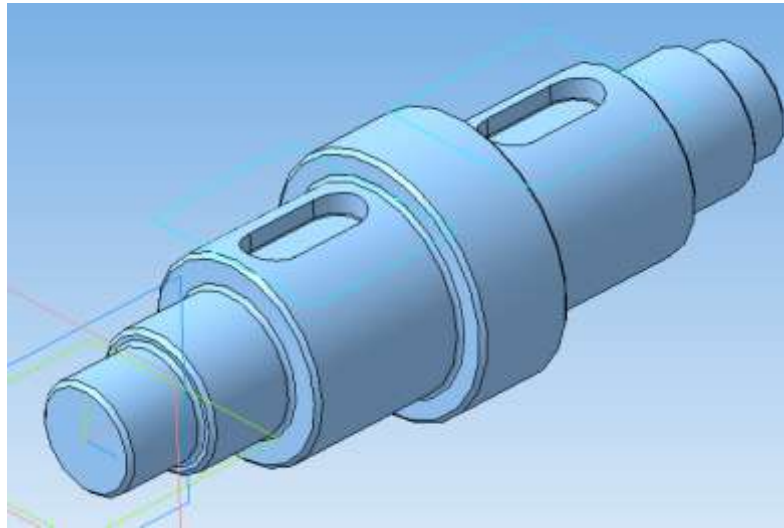
Выделите ребро, на котором необходимо создать фаску.



Нажмите кнопку *Создать объект* .



Аналогичным образом постройте фаски на всех ребрах ступеней вала.



### Контрольные вопросы

1. Укажите способы построения трехмерных моделей тел вращения.
2. Поясните способ построения трехмерной модели вала с использованием операции «Вращение».
3. Поясните способ построения трехмерной модели вала с использованием операции «Выдавливание».
4. Какие операции используются при построении фасок на ступенях вала?
5. Какие операции используются при построении радиусов скругления между ступенями вала?
6. Поясните последовательность операций при построении шпоночного паза на ступени вала.
7. Какие параметры детали можно задать в окне «Свойства»?
8. Для построения какого элемента на валу требуется касательная плоскость?

### Рекомендательный список литературы

1. Большаков В.П., Бочков А.Л. Основы 3D-моделирования. – Питер. – 2012. - 304 с.
2. Большаков В.П., Тозик В.Т., Чагина А.В. Инженерная и компьютерная графика. - БХВ-Петербург. – 2012. - 208 с.

3. КОМПАС 3D V15. Руководство пользователя. – АСКОН. - 2014. – 526 с.
4. Ганин Н.Б. Трехмерное проектирование в КОМПАС-3D. - ДМК-Пресс. – 2012. - 784 с.
5. Герасимов А.А. Новые возможности КОМПАС-3D V13. Самоучитель. - БХВ-Петербург. – 2011. - 288с.