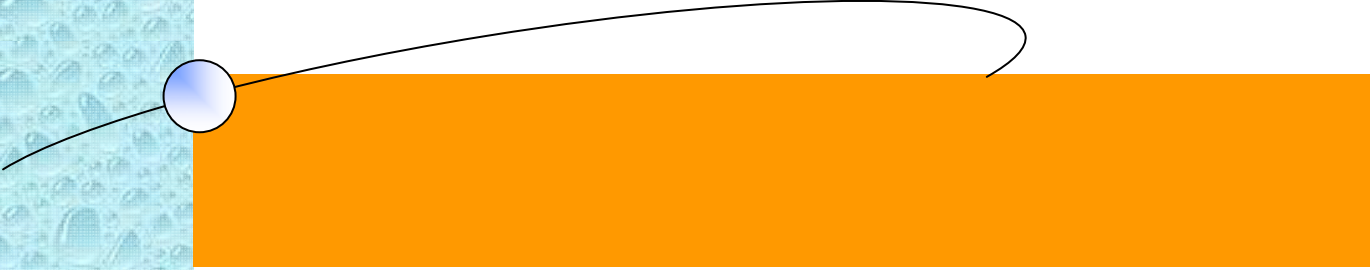


Леонова Л.М., Чигрик Н.Н., Татаурова В.П.



# **ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ. ЭЛЕМЕНТЫ РАСЧЕТА И КОНТРУИРОВАНИЯ**

Методические указания для студентов I курса механических,  
приборостроительных специальностей всех форм обучения

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
“Омский государственный технический университет”

Леонова Л.М., Чигрик Н.Н., Татаурова В.П.

## **ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ. ЭЛЕМЕНТЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ**

Методические указания для студентов I курса механических,  
приборостроительных специальностей всех форм обучения

Омск – 2005

ББК 34.445

Л 47

УДК 62 – 231.322.3

Рецензент: Юрков В.Ю., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии

Леонова Л.М., Чигрик Н.Н., Татурова В.П.

Л 47 Зубчатые передачи. Элементы расчета и конструирования: Методические указания. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 45 с.

Методические указания предназначены для выполнения расчетно-графических работ и домашних заданий по курсу “Инженерная графика” для студентов дневной, очно-заочной, заочной и дистанционной форм обучения специальностей 190100 – Приборостроение, 120200 – Металлорежущие станки и инструменты, 120100 – Технология машиностроения, 121100 – Гидромашины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика, а также может быть полезна студентам механических и электромеханических специальностей.

@ Омский государственный  
технический университет, 2005

## ВВЕДЕНИЕ

Зубчатые механизмы являются наиболее распространенным в машиностроении и приборостроении видом механических передач. Такие передачи применяют для передачи вращательного движения с одного вала на другой или для преобразования вращательного движения в поступательное и изменение скорости вращения валов.

Зубчатые передачи можно классифицировать по различным признакам. По характеру расположения валов: с параллельными, пересекающимися и скрещивающимися осями; по форме профилей зубьев: эвольвентные, циклоидальные, круговые и другие; передачи с внешним и внутренним зацеплением. В зависимости от назначения передачи зубья могут быть прямыми, косыми, шевронными, криволинейными (рисунок 1).

В настоящее время эвольвентные передачи получили наибольшее распространение.

### 1. ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

#### 1.1. Основные понятия

Рассматриваемые основные понятия зубчатой передачи приведены по ГОСТ 16530.

*Зубчатое колесо* – зубчатое звено с замкнутой системой зубьев, обеспечивающее непрерывное движение другого зубчатого звена.

*Зубчатая передача* – трёхзвенный механизм, в котором два подвижных звена являются зубчатыми колёсами, образующими с неподвижным звеном вращательную или поступательную пару.

*Ось зубчатого колеса* – геометрическая ось вращения зубчатого колеса в передаче.

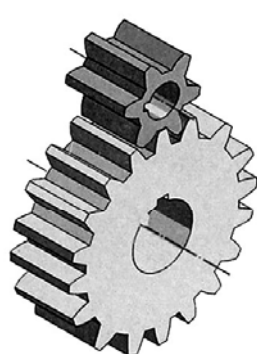
*Ведущее зубчатое колесо* – зубчатое колесо передачи, которое сообщает движение парному зубчатому колесу.

*Шестерня* – зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев.

*Колесо* – зубчатое колесо передачи с большим числом зубьев.

# ВИДЫ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

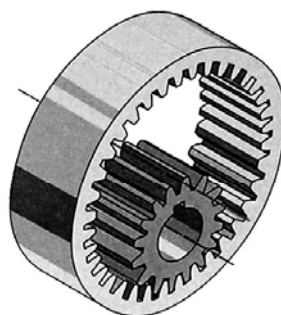
## ОСИ КОЛЕС ПАРАЛЛЕЛЬНЫ



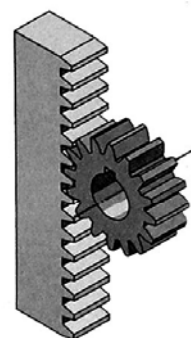
ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ  
ПРЯМОЗУБЫМИ  
КОЛЕСАМИ



КОСОЗУБЫМИ  
КОЛЕСАМИ

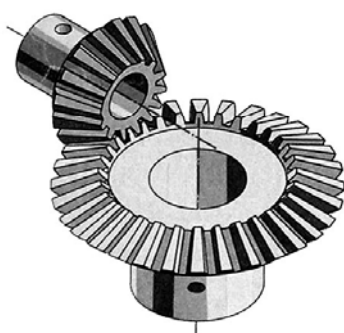


ВНУТРЕННЕЕ  
ЗАЦЕПЛЕНИЕ

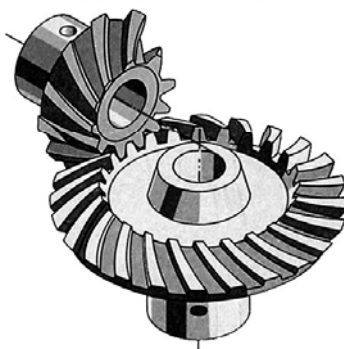


РЕЕЧНАЯ

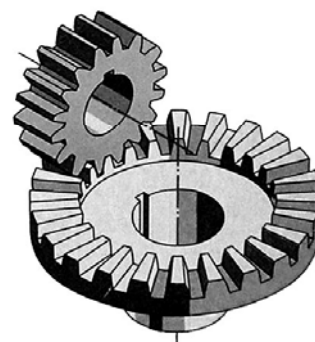
## ОСИ КОЛЕС ПЕРЕСЕКАЮТСЯ



КОНИЧЕСКИЕ  
ПРЯМОЗУБЫМИ КОЛЕСАМИ



КРИВОЗУБЫМИ КОЛЕСАМИ

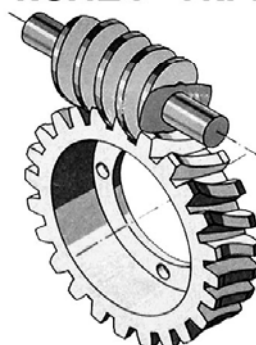


ЦИЛИНДРО - КОНИЧЕСКАЯ

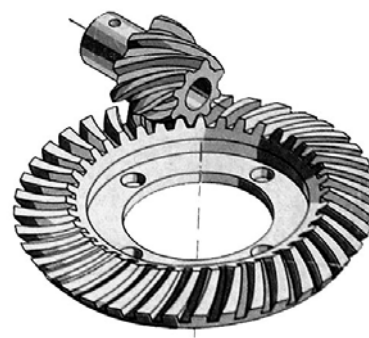
## ОСИ КОЛЕС СКРЕЩИВАЮТСЯ



ВИНТОВАЯ



ЧЕРВЯЧНАЯ



ГИПОИДНАЯ

Рисунок 1 – Виды зубчатых передач

*Соосная поверхность зубчатого колеса* – поверхность вращения, ось которой совпадает с осью зубчатого колеса.

*Межосевая линия зубчатой передачи* – прямая линия, пересекающая оси зубчатых колёс под прямым углом (рисунок 2).

*Межосевое расстояние ( $a_w$ )*– расстояние между осями зубчатых колёс по межосевой линии.

*Начальная поверхность зубчатого колеса* – каждая из взаимокасающихся соосных поверхностей зубчатых колес передачи, относящаяся к данному зубчатому колесу, в любой точке касания которых проходящие через неё линии зубьев зубчатых колес передачи имеют общую касательную, и вектор скорости относительного движения зубчатых колес направлен вдоль неё или равен нулю.

*Начальная окружность* – каждая из взаимокасающихся концентрических окружностей зубчатых колес передачи, принадлежащая начальной поверхности данного зубчатого колеса.

*Передаточное число зубчатой передачи  $i$*  – отношение числа зубьев колеса к числу зубьев шестерни.

*Радиальный зазор зубчатой передачи* – расстояние между поверхностью вершин одного из зубчатых колес передачи к поверхности впадин другого зубчатого колеса.

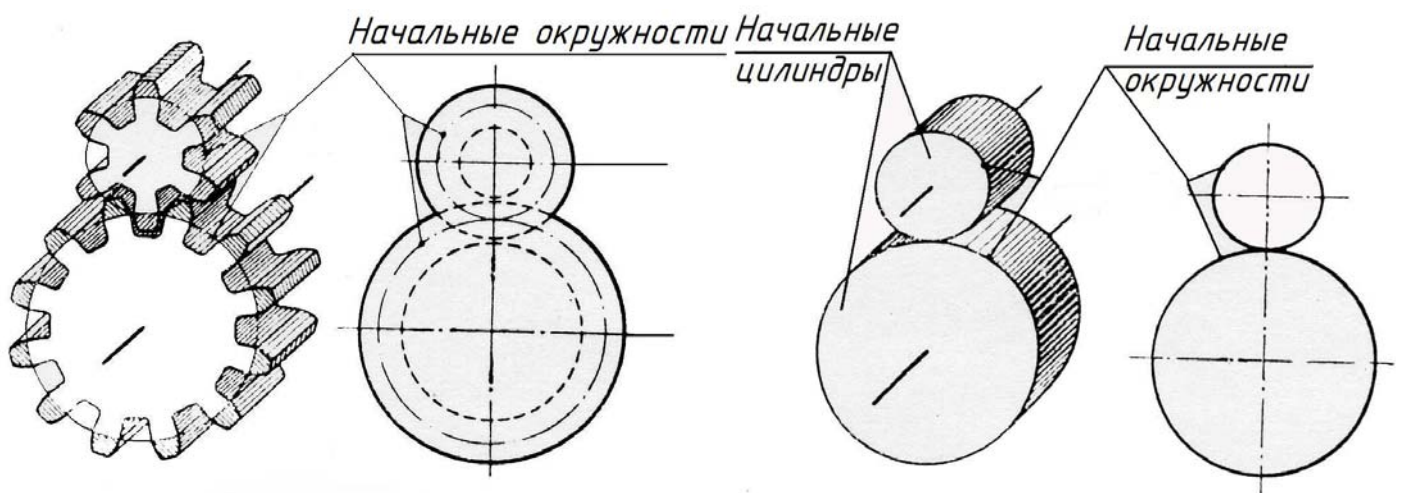
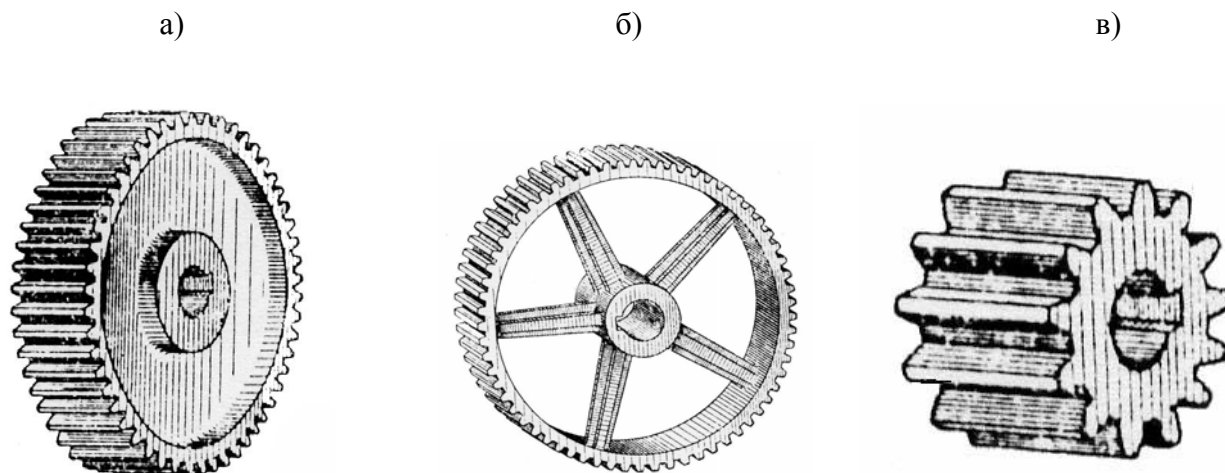


Рисунок 2 – Общий вид зубчатой передачи

## 1.2. Элементы зубчатого колеса

Наиболее часто в различных машинах применяют зубчатые колёса среднего диаметра (примерно от 80 до 200 мм). Такие колёса изготавливают дисковыми (рисунок 3а). Колёса большего диаметра делают со спицами (рисунок 3б), а небольшого – сплошным, т.е. без диска и без спиц (рисунок 3в).



а – дисковое зубчатое колесо; б – зубчатое колесо со спицами;

в – сплошное зубчатое колесо.

Рисунок 3 – Виды зубчатых колес

Основными элементами зубчатого колеса (рисунок 4) являются зубья, каждый зуб состоит из *головки зуба* и *ножки*: Зубья находятся на ободке колеса и вместе с ободом составляют *зубчатый венец*: более тонкая часть колеса – *диск* соединяет *ступицу* с ободом, внутри ступицы делают *отверстие для вала с пазом для шпонки*. Шлицевое соединение показано на покадровых рисунках 25, 26, 27, или в демоверсии на компакт диске. На рисунке 4 показаны условные изображения элементов зубчатого колеса.

$d_a$  – *окружность вершин* – это самая большая окружность, ограничивающая вершины головок зубьев колес: её условно изображают сплошной основной линией.

$d$  – *делительная окружность*, делящая каждый зуб на две неравные части: меньшую – *головку зуба* и большую – *ножку зуба*: её условно изображают штрихпунктирной тонкой линией.



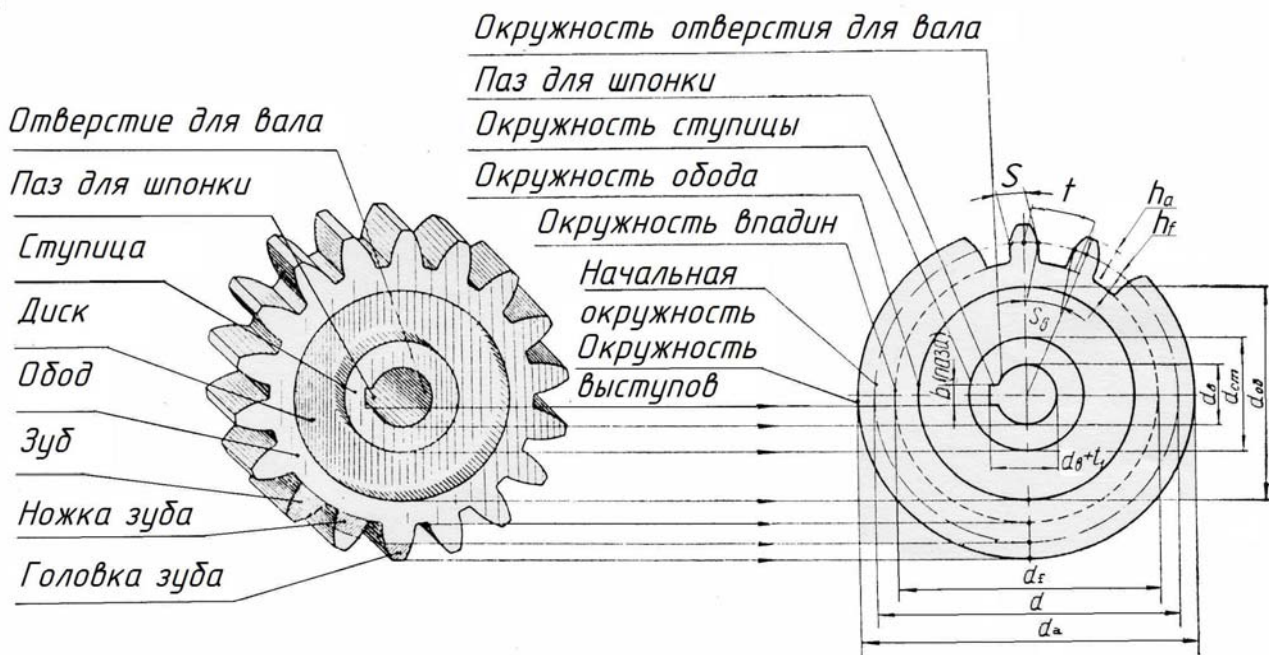


Рисунок 4 – Условные изображения элементов зубчатого колеса

$d_f$  – окружность впадин, проходящая по очертаниям впадин между зубьями: её условно изображают сплошной тонкой линией.

$d_{об}$  – окружность обода, обозначающая внутреннее очертание обода.

$d_{ст}$  – окружность ступицы, обозначающая внешнее очертание ступицы.

$d_v$  – диаметр окружности отверстия для вала.

$h$  – высота зуба.

$h_a$  – высота головки зуба.

$h_f$  – высота ножки зуба.

$P_n$  – нормальный шаг зубьев – кратчайшее расстояние по делительной или начальной поверхности зубчатого колеса между эквидистантными одноименными теоретическими линиями соседних зубьев.

$S$  – толщина зуба.

$Z$  – число зубьев.

$m$  – нормальный модуль зубьев – это линейная величина в  $\pi$  раз меньшая нормального шага зубьев.

$b_{паза}$  – ширина шпоночного паза.



$t_j$  – глубина шпоночного паза.

При выполнении рабочего чертежа зубчатого колеса при заданных исходных данных, согласно таблице 1, необходимо рассчитать элементы зубчатого колеса по формулам, приведенным в таблицах 2, 3.

**Таблица 1 – Исходные данные для расчета.**

Наименование параметра	Обозначение	Числовые значения
Число зубьев колеса	$z$	Смотри вариант задания
Модуль	$m$	
Диаметр отверстия колеса	$d_B$	

**Таблица 2 – Расчет основных геометрических параметров цилиндрической зубчатой передачи**

Наименование параметра	Обозначение	Расчётная формула
Межосевое расстояние	$a_w$	$a_w = \frac{(Z_{\text{колеса}} + Z_{\text{шестерни}})m}{2}$
Делительный диаметр	$d$	$d = Z \cdot m$
Диаметр вершин зубьев	$d_a$	$d_a = m \cdot (Z + 2)$
Диаметр впадин зубьев	$d_f$	$d_f = m \cdot (Z - 2,5)$
Радиальный зазор	$C$	$C = 0,25 \cdot m$
Высота головки зуба	$h_f$	$h_f = m$
Высота ножки зуба	$h_a$	$h_a = 1,25 \cdot m$
Высота зуба	$h$	$h = 2,25 \cdot m$
Нормальный шаг	$P_n$	$P_n = \pi \cdot m$

**Таблица 3 – Конструктивные параметры цилиндрического зубчатого колеса**

Наименование параметра	Обозначение	Расчётная формула
Ширина венца зубчатого колеса	$b$	$b = (6 \div 8) \cdot m$
Диаметр обода	$d_{об}$	$d_{об} = d_a - (6 \div 8) \cdot m$
Толщина обода	$\delta_o$	$\delta_o = (2 \div 3) \cdot m$ - для литых колёс; $\delta_o = (2,5 \div 4) \cdot m$ - для штампованных колёс.
Толщина диска зубчатого колеса	$K$	$K = 0,3 \cdot b$ При $d_a < 100$ мм принимают $K = b$ .
Длина ступицы	$l_{см}$	$l_{см} = 2,5 \cdot d_{\epsilon}$ .
Наружный диаметр ступицы	$d_{см}$	$d_{см} = (1,6 \div 2) \cdot d_{\epsilon}$ - для чугунных колёс; $d_{см} = 1,7 \cdot d_{\epsilon}$ - для стальных колёс.
Размер шпоночного паза в ступице колеса	$b_1 = d_{\epsilon} + t_2$	Размеры паза $b_1$ и $(d_{\epsilon} + t_2)$ по ГОСТ 23360-78; ГОСТ 24071-80
Размеры фасок на окружности вершин колеса	$n$	$n = 0,5 \cdot m \times 45^\circ$
Размеры фасок в отверстии ступицы колеса	$C$	$C = (1,5 \div 2) \times 45^\circ$ .
Неуказанные конусности		1:8
Неуказанные радиусы скруглений переходов	$R$	$R = 3 \dots 5$ мм

*Примечание:* расчетные конструктивные размеры элементов колеса рекомендуется округлить в соответствии с ГОСТ 6636 – 83 “Нормальные линейные размеры”.

### 1.3. Цель задания

Изучить требования, предъявляемые к оформлению и правила выполнения чертежей зубчатых колес, шлицевых и шпоночных соединений (ГОСТ 2.402; ГОСТ 2.403; ГОСТ 2.409; ГОСТ 24071; ГОСТ 23360; ГОСТ 1139).

Приобрести практические навыки по определению основных параметров зубчатого колеса по модели. Изучить правила оформления сборочного чертежа и спецификации в соответствии с ГОСТ 2.109 и ГОСТ 2.108.

#### 1.4. Содержание задания

1. По заданному модулю ( $m$ ), числу зубьев ( $z$ ), диаметру отверстия ( $d_v$ ) выполнить расчёты и вычертить детали зубчатой передачи.
2. Рассчитать и вычертить сборочный чертёж цилиндрической зубчатой передачи и заполнить спецификацию
3. Выполнить практическую работу по определению модуля и остальных параметров зубчатого колеса по модели.
4. Выполнить рабочий чертёж зубчатого колеса.

#### 1.5. Оформление задания

Сборочный чертёж передачи выполнить на формате А3 (297х420) (рисунок 5, 10, 12); спецификацию на формате А4 (210х297) (рисунок 6). Рабочие чертежи деталей зубчатой передачи выполнить на формате А4 (210х297) (рисунок 7, 8, 9, 11, 13, 14).

Примеры оформления пакета конструкторских документов показаны на рисунках с 5 по 14.

#### 1.6. Указания по выполнению задания

Методика выполнения расчетно-графической работы “Детали зубчатой передачи” состоит из ряда этапов.

1. Сборочный чертёж зубчатой передачи выполнить в двух проекциях: главное изображение и вид слева (рисунок 5, 10, 12). При выполнении сборочного чертежа нужно обратить особое внимание на правильное вычерчивание места зацепления двух зубчатых колёс – радиальный зазор передачи равный  $0,25 m$ , а также изменение типов линий окружности выступов колеса (рисунок 15).

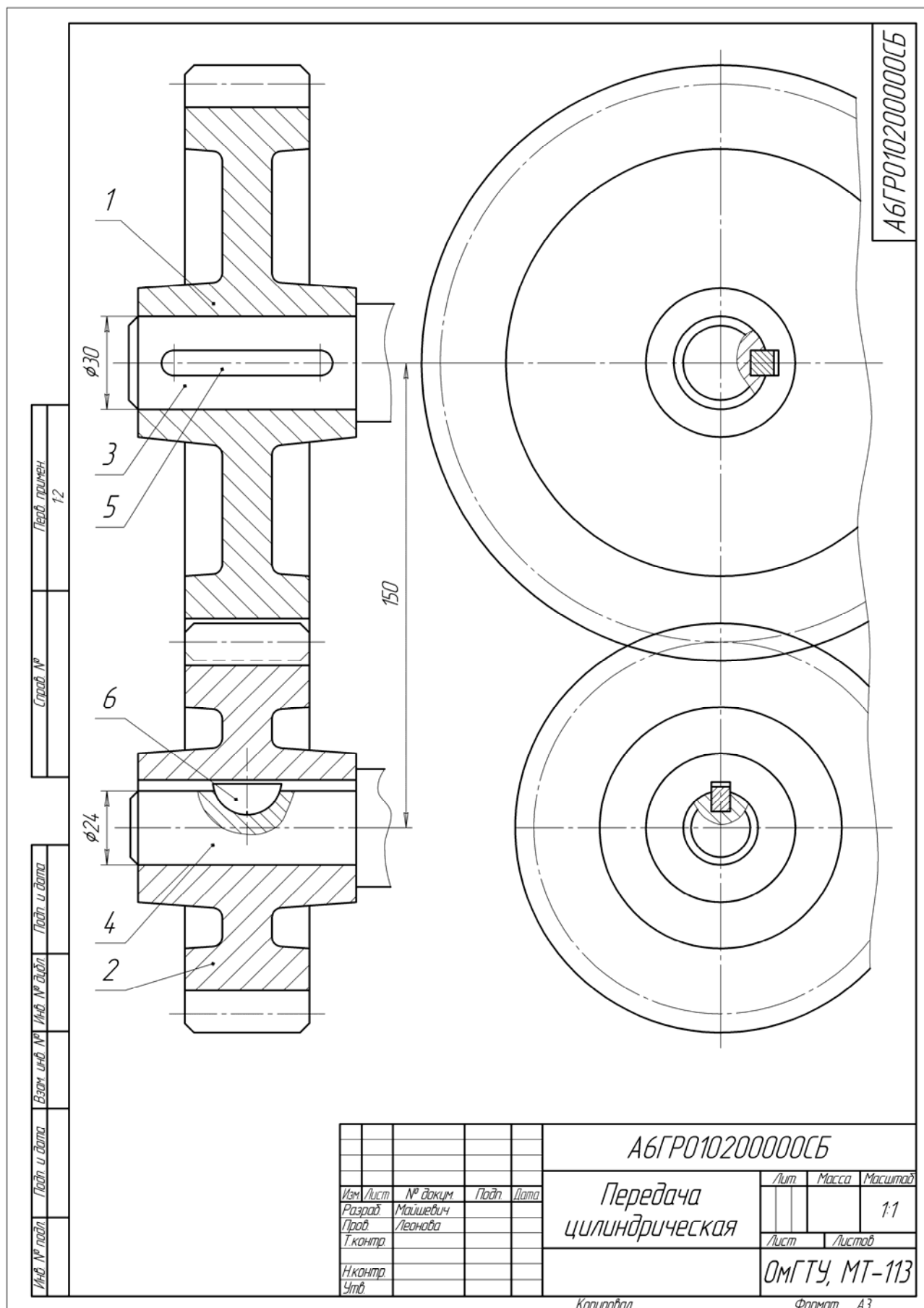


Рисунок 5 – Сборочный чертеж зубчатой передачи со шпоночным соединением валов и колес

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №		А3			А6ГР010200000СБ	Сборочный чертеж				
Подп. и дата			А4	1	А6ГР0102000001	Колесо $m=6, z=30$	1			
			А4	2	А6ГР0102000002	Шестерня $m=6, z=20$	1			
			А4	3	А6ГР0102000003	Вал ведомый	1			
			А4	4	А6ГР0102000004	Вал ведущий	1			
Взам. инв. №										
Инв. № подл.										
					А6ГР0102000000					
Изм. Лист					№ докум.		Подп.		Дата	
Разраб.					Майшев					
Пров.					Леонова					
Н.контр.										
Утв.										
					Передача				Лит.	
					цилиндрическая				Лист	
									Листов	
									ОМГТУ, МТ-113	

Копировал \_\_\_\_\_ Формат А4

Рисунок 6 – Спецификация сборочного чертежа



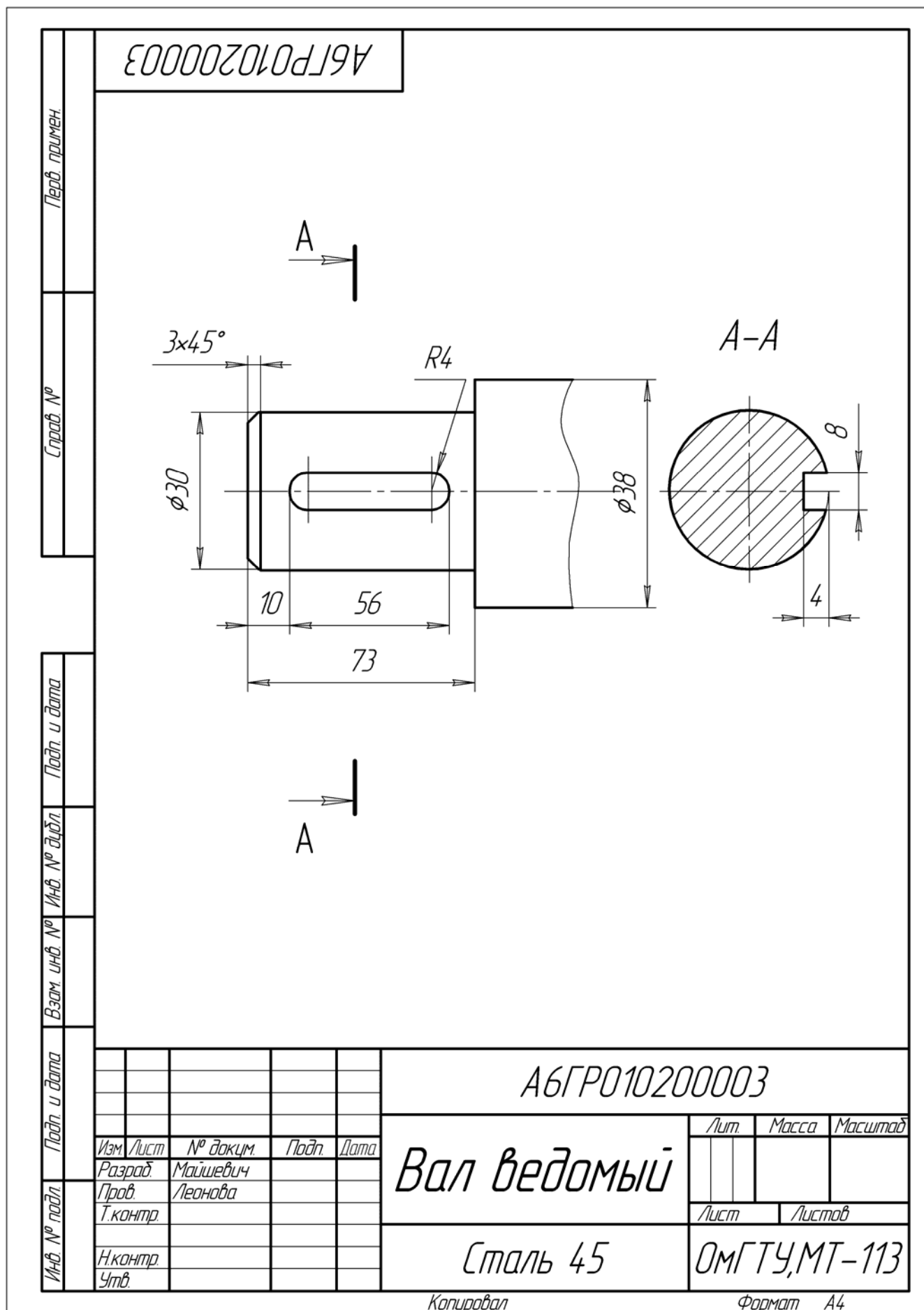


Рисунок 8 – Рабочий чертеж хвостовика ведомого вала



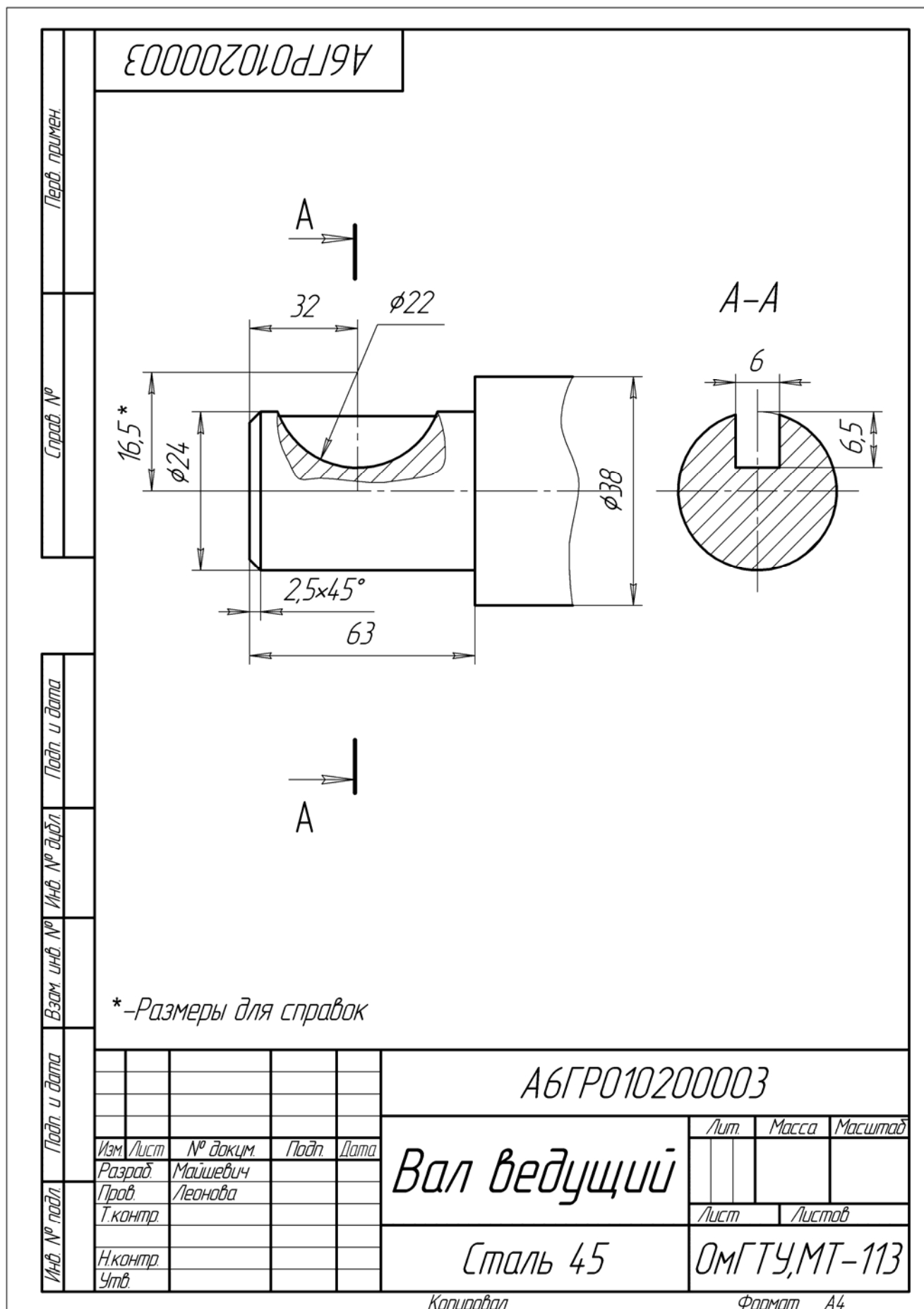


Рисунок 9 – Рабочий чертеж хвостовика ведущего вала

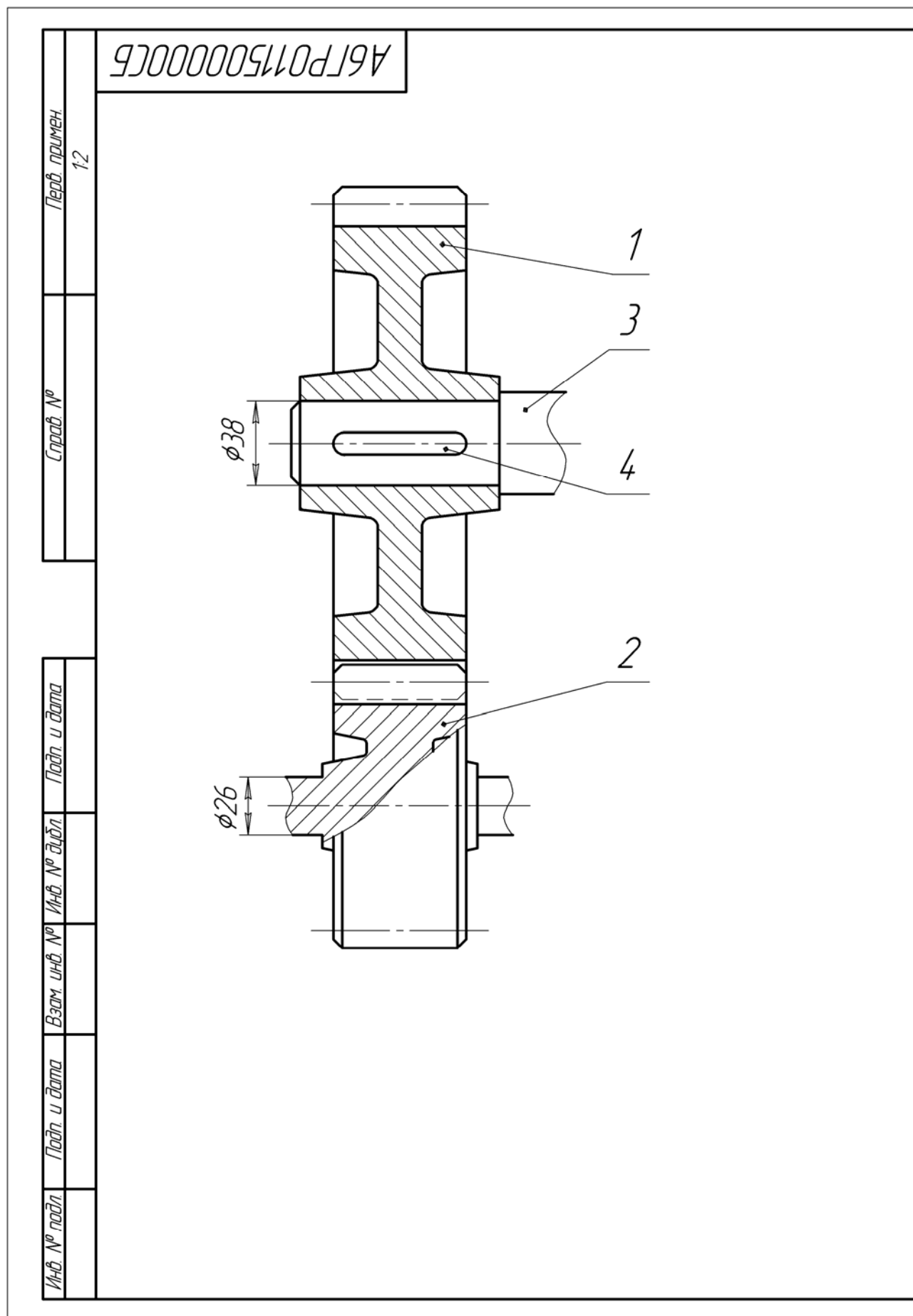
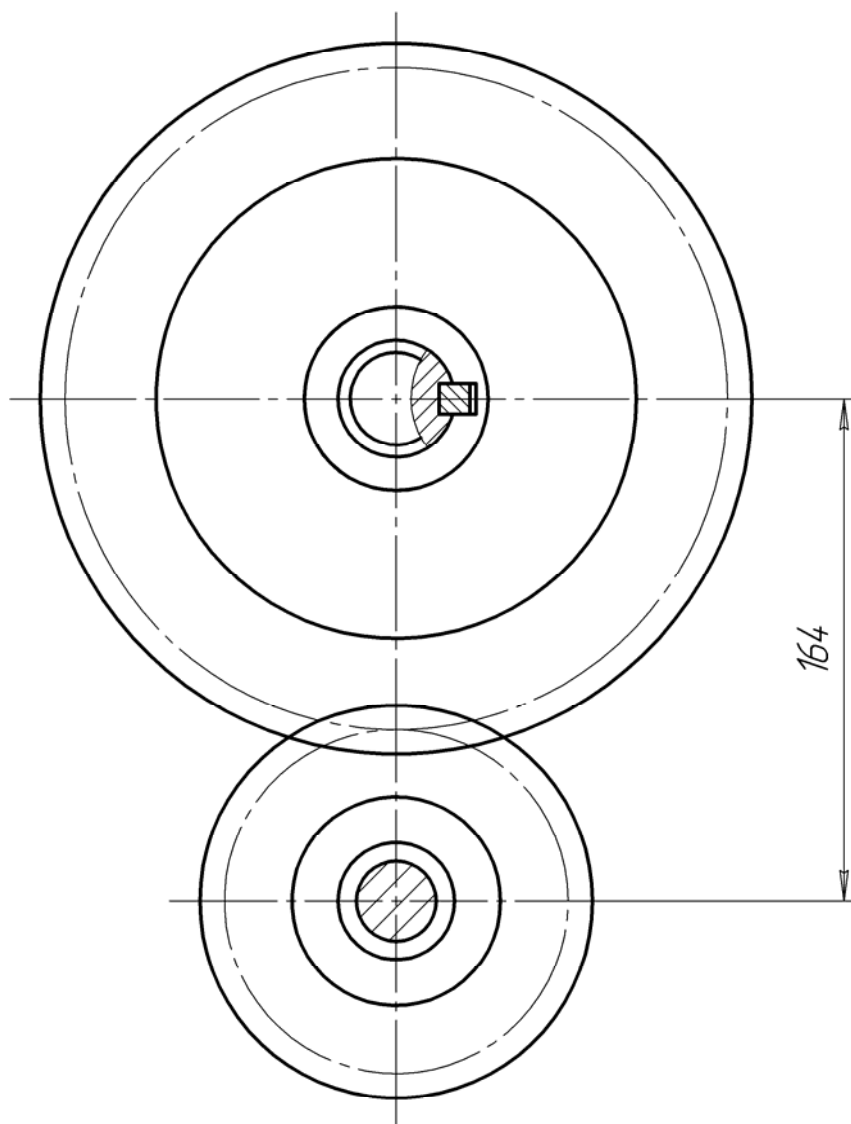


Рисунок 10 – Сборочный чертеж зубчатой передачи с валом – шестерней



					А6ГР0115000000СБ			
					Передача цилиндрическая	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				1:2
Разраб.		Майшев						
Пров.		Леонова						
Т.контр.						Лист	Листов	
Н.контр.						ОМГТУ, МТ-113		
Утв.								

Копировал

Формат А3

Перв. примен.	А6ГР011500002																		
Справ. №					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Модуль</td> <td style="width: 10%;">m</td> <td style="width: 30%;">8</td> </tr> <tr> <td>Число зубьев</td> <td>z</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Исходный контур</td> <td>-</td> <td>ГОСТ 13755-80</td> </tr> <tr> <td>Делительный диаметр</td> <td>d</td> <td>112</td> </tr> </table>			Модуль	m	8	Число зубьев	z	14	Исходный контур	-	ГОСТ 13755-80	Делительный диаметр	d	112
					Модуль	m	8												
Число зубьев	z	14																	
Исходный контур	-	ГОСТ 13755-80																	
Делительный диаметр	d	112																	
<p>1. Неуказанные радиусы 3 мм</p> <p>2. Неуказанные конусности 1:8</p>																			
Подп. и дата					А6ГР011500002														
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Инв. №	Подп.	Дата	Вал-шестерня	Лист	Масса	Масштаб											
Подп. и дата					Сталь 45	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	ОМГТУ, МТ-113													

Перв. примен.	А6ГР0120000002			
Справ. №				
Подп. и дата				
Инв. №				
Взам. инв. №				
Подп. и дата				
Инв. № подл.				

*Параметры зубчатого венца*

Модуль	<i>m</i>	3
Число зубьев	<i>z</i>	18
Исходный контур	-	ГОСТ 13755-80
Делительный диаметр	<i>d</i>	54

*Параметры шлицевого отверстия*

Условное обозначение отверстия по ГОСТ 1139-80	D6x18x22x5	
Число зубьев	<i>z</i>	6

*А (Увеличено)*

*R 0.5 0,5x45°*

1 Неуказанные радиусы 3мм

*φ18 5*

*φ22*

А6ГР0120000002									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Шестерня	Лист	Масса	Масштаб	
Разраб.	Майшев	Леонова				Лист	Листов		
Пров.									
Т.контр.									
Н.контр.					Сталь 45	ОМГТУ, МТ-113			
Утв.									

Копировал
Формат А4

Рисунок 12 – Рабочий чертеж шестерни со шлицевым отверстием

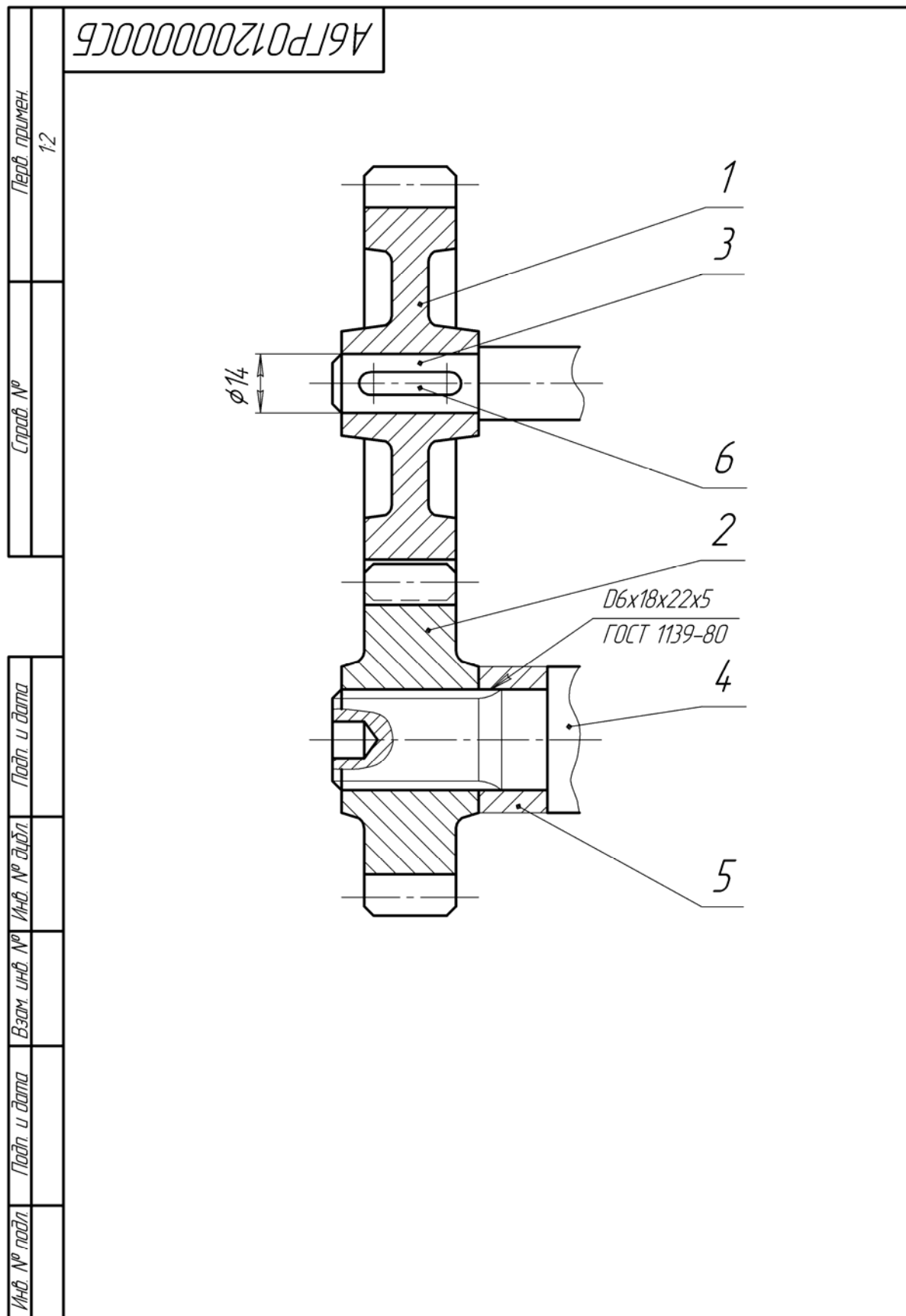
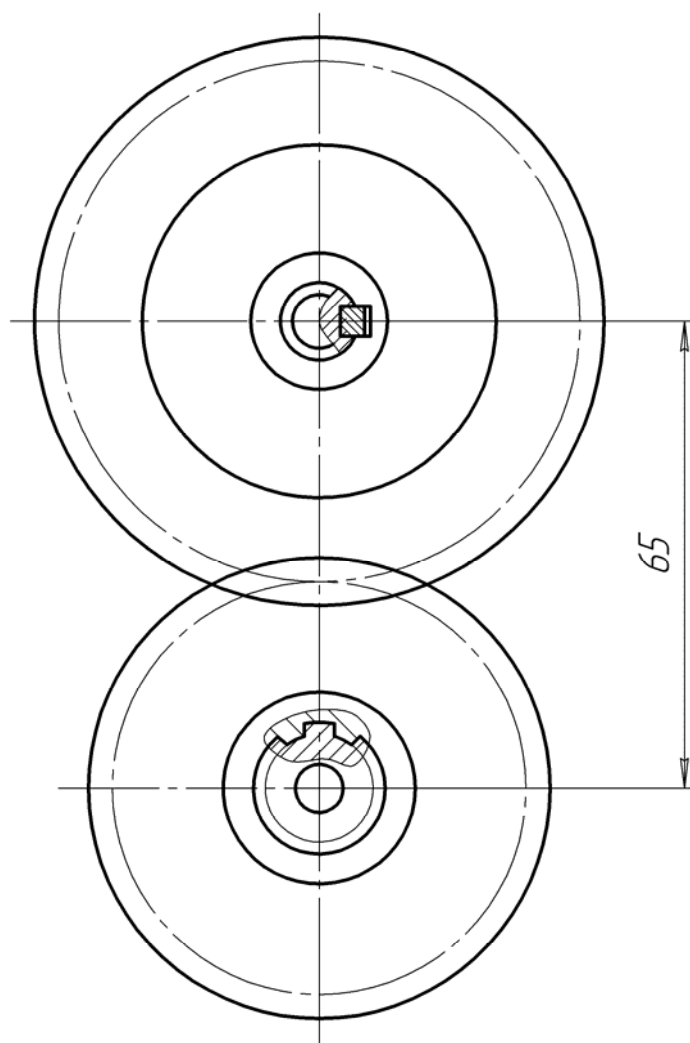


Рисунок 13 – Сборочный чертеж зубчатой передачи со шпоночным и шлицевым соединением



					А6ГР0120000000СБ			
					Передача цилиндрическая	Лист	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата				1:1
Разраб	Майшев							
Пров	Леонова					Лист	Листов	
Т.контр						ОМГТУ, МТ-113		
Н.контр								
Утв								

Копировал

Формат А3





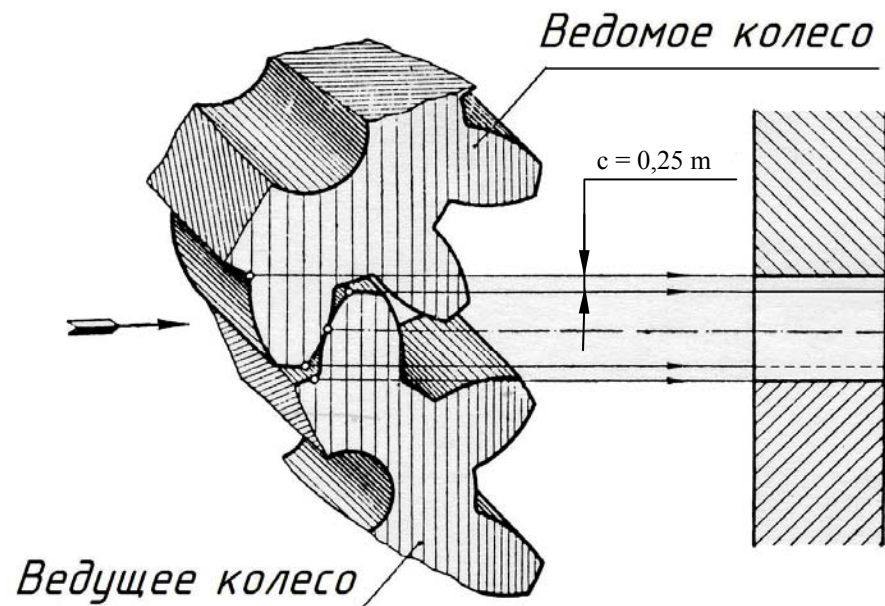


Рисунок 15 – Радиальный зазор зубчатой передачи

2. При выполнении чертежа конструктивные размеры рассчитать по формулам, приведенным в таблицах 2 и 3. Масштаб изображения выбрать самостоятельно согласно ГОСТ 2.302.

3. На сборочном чертеже нанести следующие размеры: межосевое расстояние (установочный размер) и диаметры посадочных валов.

Для шлицевых соединений показывают условное обозначение соединения.

В условном обозначении указывают:

а) обозначение поверхности центрирования:  $d$ ,  $D$ ,  $b$ . (рисунок 16)

б) номинальный размер отверстия, вала или соединения.

Пример условного обозначения при центрировании по  $D$ :  $D6 \times 18 \times 22 \times 5$  (рисунок 16).

Эта запись читается так: шлицевое отверстие с прямобоочными зубьями, центрирование по наружному диаметру  $D$ , число зубьев 6, внутренний диаметр отверстия 18 мм, наружный диаметр отверстия 22 мм, ширина впадины отверстия 5 мм.

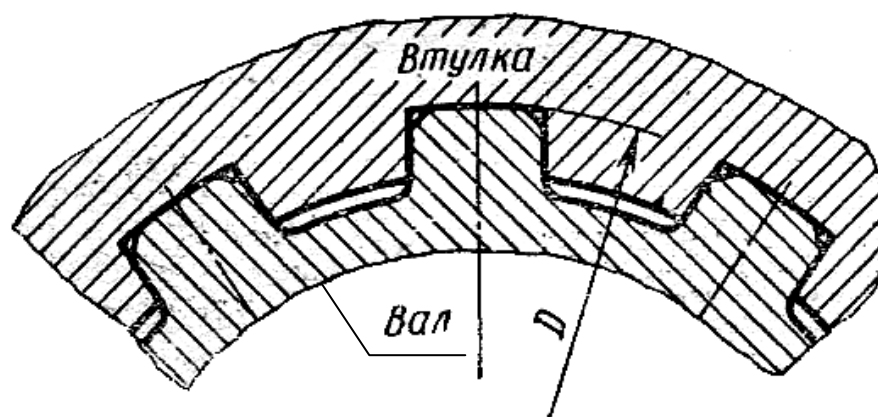


Рисунок 16 – Центрирование по диаметру вершин зубьев вала (D)

4. На сборочном чертеже в графе основной надписи в соответствии с заданием написать: *Передача цилиндрическая.*

5. Спецификация (рисунок 6) должна иметь следующие разделы: документация, детали, стандартные изделия.

В графе «Наименование» для зубчатых колёс указывается модуль и число зубьев.

6. Перед выполнением рабочих чертежей зубчатых колёс следует изучить стандарты: ГОСТ 2.402; ГОСТ 2.403; ГОСТ 2.409, в которых приведена типовая простановка размеров. Конструктивные размеры взять из таблиц 2 и 3. Основные расчетные размеры ( $d_a$ ,  $d$ ) не округляются. На чертежах зубчатых колёс в правом верхнем углу помещается таблица параметров зубчатого венца (рисунок 17). Размеры таблицы и её расположение на поле чертежа (рисунки 17,18) оговорены в вышеуказанных стандартах. Таблица состоит из трёх частей: основные данные, данные для контроля, справочные данные.

Неиспользованные строки таблицы параметров исключить.

При выполнении чертежа зубчатого колеса со шлицевым отверстием необходимо соблюдать правила условного изображения по ГОСТ 2.409, ГОСТ 1139.

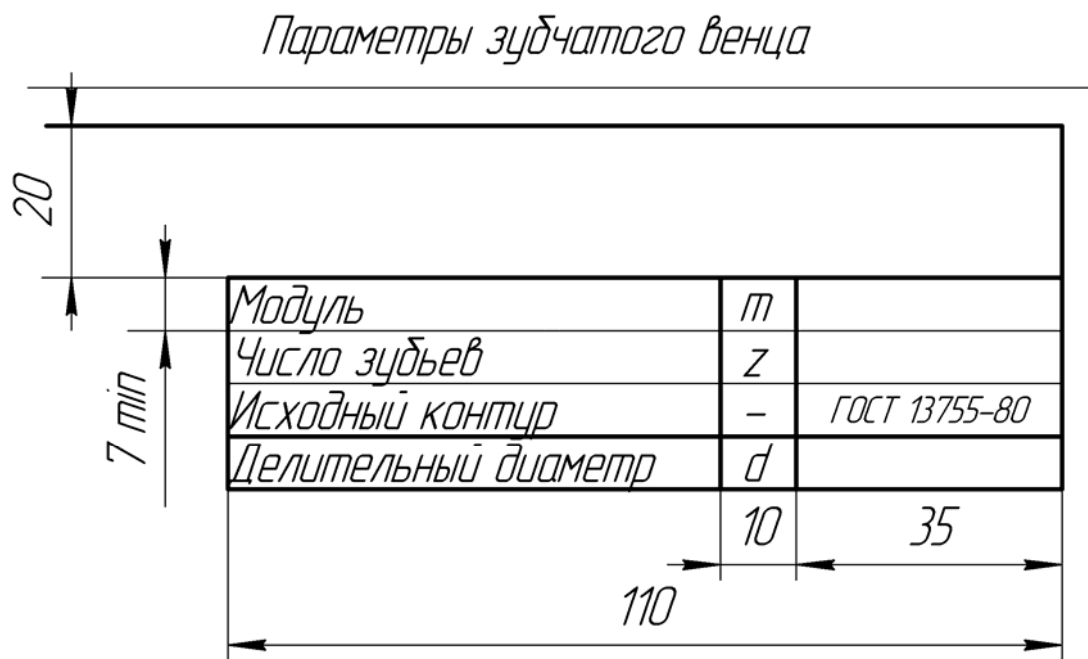


Рисунок 17 – Параметры зубчатого венца

Шлицевые соединения применяют главным образом в силовых передачах. Прямобоочное шлицевое соединение имеет 3 серии: легкую, среднюю и тяжелую. В средней серии шлицевых соединений число зубьев 6, 8, 10 и охватывает размеры диаметров валов по вершинам зубьев от 14 до 125 мм.

Зубчатое колесо показывают в трех изображениях: продольным фронтальным разрезом на месте главного вида, местным видом на отверстие на виде слева и выносным элементом шлица (рисунок 13).

Окружности и образующие поверхностей выступов зубьев зубчатого венца и отверстия показывают сплошными основными линиями.

Окружности и образующие поверхностей впадин зубчатого венца и отверстия впадин на продольных разрезах показывают сплошными основными линиями; на виде слева - сплошными тонкими линиями, причем окружности впадин зубчатого венца допускается не показывать.

Делительные окружности и образующие делительных поверхностей на изображениях цилиндрических зубчатых колёс показывают штрихпунктирной линией.

Если секущая плоскость проходит через ось зубчатого колеса, то на разрезах и сечениях зубья зубчатого венца условно совмещают с плоскостью чертежа и

показывают нерассечёнными, а на разрезах и сечениях отверстий впадины условно совмещают с плоскостью чертежа.

На плоскости перпендикулярной оси отверстия, изображают профиль одного выступа и двух впадин.

На рабочем чертеже зубчатого колеса должны быть помещены таблицы параметров зубчатого венца и параметров шлицевого отверстия. (рисунок 18)

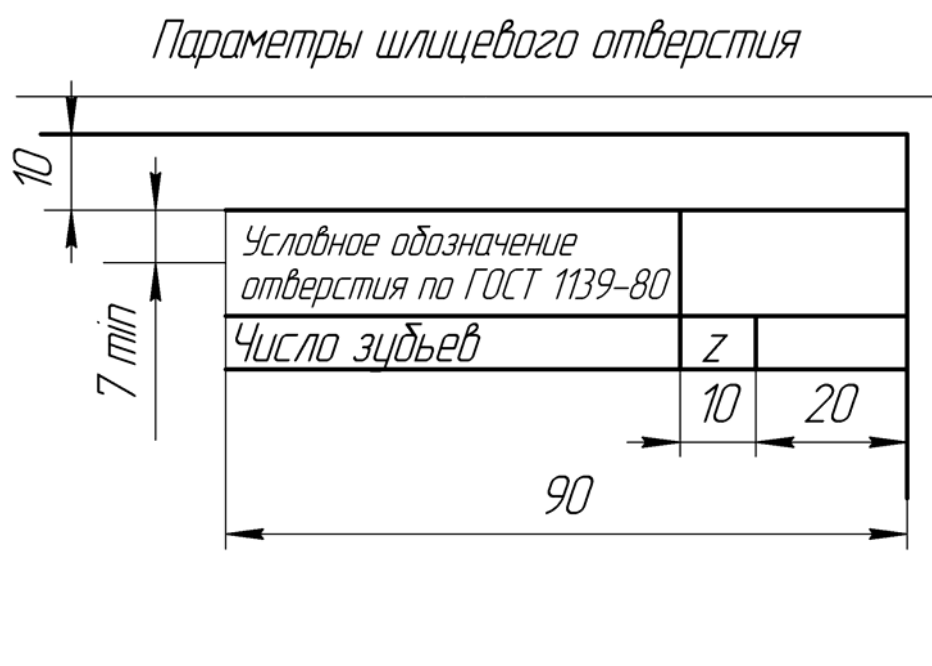


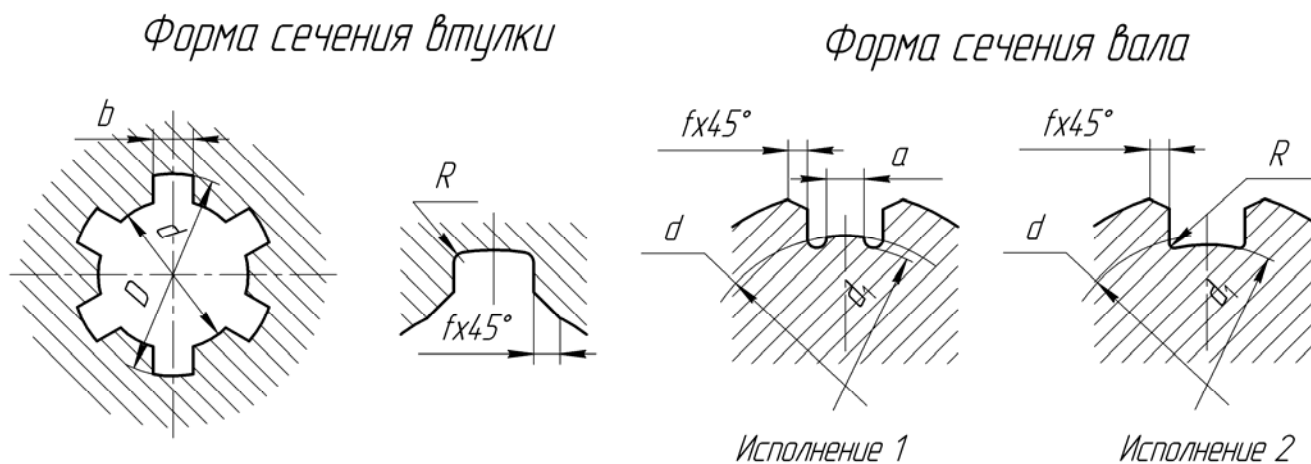
Рисунок 18 – Параметры шлицевого отверстия колеса

7. Размеры шпонок выбирают в зависимости от диаметра посадочного конца вала. Длина призматической шпонки зависит от длины ступицы зубчатого колеса. Предварительно длину шпонки выбирают на 8-10 мм короче длины ступицы, затем длина корректируется по стандартному ряду длин шпонок, ГОСТ 23360, исполнение 1 (таблица 4).

Для сегментных шпонок используют ГОСТ 24071 (таблица 5).

Чертежи шпонок показаны на рисунках 15 и 16. Постановка размеров шпоночных пазов для вала и ступицы показана на рисунке 19.

**Таблица 4 – Размеры прямобочных шлицевых соединений средней серии (ограничение ГОСТ 1139), приведенные в мм**



Номинальный размер $Z \times d \times D$	$b$	$d$ , не менее	$a$ , не менее	$f$		$r$ , не более
				Номинальный размер	Предельное отклонение	
6x11x14	3,0	9,90	-	0,3	+0,2	0,2
6x13x16	3,5	12,0	-			
6x16x20	4,0	14,54	-			
6x18x22	5,0	16,70	-			
6x21x25		19,50	1,95			
6x23x28	6,0	21,30	1,34	0,4	+0,2	0,3
6x26x32		23,40	1,65			
6x28x34	7,0 6,0 7,0 8,0 9,0 10,0	25,90	1,70			
8x32x38		29,40	-			
8x36x42		33,50	1,02			
8x42x48		39,50	2,57			
8x46x54		42,70	-	0,5	+ 0,3	0,5
8x52x60		48,70	2,44			

Примечания:

1. Боковые стороны каждого зуба вала должны быть параллельны оси симметрии зуба до пересечения с окружностью диаметра  $d$ .
2. Фаска у пазов отверстия втулки может быть заменена закруглением, радиус которого должен быть равен величине  $f$ .

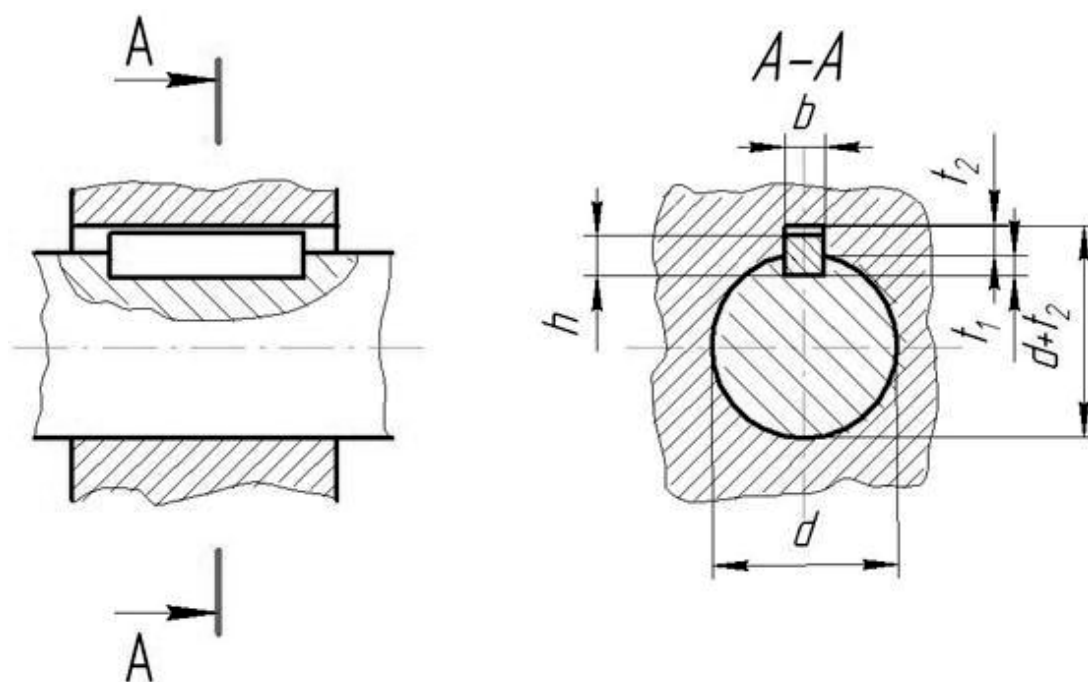


Рисунок 19 – Постановка размеров деталей шпоночного соединения

**Таблица 5 – ШПОНКИ ПРИЗМАТИЧЕСКИЕ (ГОСТ 23360-78)**

Диаметр вала,	Сечения		Глубина паза, мм		Интервал длин, мм	
			Вал	Втулка		
	b	h	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	от	до
От 6 до 8	2	2	1,2	1,0	6	20
Свыше 8>> 10	3	3	1,8	1,4	6	36
>> 10>> 12	4	4	2,5	1,8	8	45
Свыше 12 до 17	5	5	3	2,3	10	56
>> 17>> 22	6	6	3,5	2,8	14	70
Свыше 22 до 30	8	7	4	3,3	18	90
Свыше 30 до 38	10	8	5	3,3	22	110
>> 38>> 44	12	8	5	3,3	22	140

Длины шпонок должны выбираться из ряда: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 38; 36; 40; 45; 50; 56.



**Таблица 6 – ШПОНКИ СЕГМЕНТНЫЕ (ГОСТ 24071-80)**

Диаметр вала D		Размеры шпонок b x h x d	Шпоночный паз		
Назначение шпонки			Ширин	Глубина	
Передача крутящего	Фиксация элементов			Вал t <sub>2</sub> номин.	Втулка t <sub>2</sub> номин.
Св. 10 до 12	Св. 15 до 18	3x6,5x16	3,0	5,3	1,4
Св. 12 до 14	Св. 18 до 20	4x6,5x16	4,0	6,0	1,8
Св. 14 до 16	Св. 20 до 22	4x7,5x19	4,0	6,0	1,8
Св. 16 до 18	Св. 22 до 25	5x6,5x16	5,0	4,5	2,3
Св. 18 до 20	Св. 25 до 28	5x7,5x19	5,0	5,5	2,3
Св. 20 до 22	Св. 28 до 32	5x9x22	5,0	7,0	2,3
Св. 22 до 25	Св. 32 до 36	6x9x22	6,0	6,5	2,8
Св. 25 до 28	Св. 36 до 40	6x10x25	6,0	7,5	2,8
Св. 28 до	Св. 40	8x11x28	8,0	8,0	3,3
Св. 32 до	Св. 40	10x13x32	10,0	10,0	3,3

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### 2.1. Цель работы и содержание

1. Приобретение навыков по определению параметров шестерни.
2. Закрепление знаний по оформлению простановки размеров на чертежах зубчатых колёс.
3. Закрепление знаний по оформлению чертежей зубчатых колёс в системе AutoCAD.

### 2.2. Задание по выполнению практической работы

1. Для данного цилиндрического эвольвентного колеса определить модуль, число зубьев.
2. Произвести необходимые расчёты параметров зубчатого колеса (таблицы 2 и 3).
3. На клетчатой бумаге формата А4 выполнить чертёж зубчатого колеса.
4. Проставить размеры: диаметр выступов, ширину венца, диаметр отверстия вала, фаски и размеры шпоночного паза.

### 2.3. Последовательность выполнения чертежа зубчатого колеса

Для выполнения чертежа необходимо знать  $m$ ,  $z$ ,  $b$  – длину зуба и все размеры конструктивного оформления колеса.

1. Для определения модуля зацепления  $m$  измеряют диаметр  $d_a$  окружности выступов, как показано на рисунке 20.

В том случае, когда число зубьев нечётное или диаметр имеет очень большой размер, то диаметр  $d_a$  определяют следующим образом:

а) измеряют расстояние от отверстия колеса до выступа зуба и удваивают (рисунок 21);

б) измеряют диаметр отверстия колеса и прибавляют его к полученному ранее размеру; в сумме получится диаметр  $d_a$  (рисунок 22).

По формуле  $m = \frac{d_a}{z + 2}$  определяют размер модуля и согласовывают его с табличными данными (таблица 7).

#### Таблица 7 – МОДУЛИ

ГОСТ 9563 - 80 “Основные нормы взаимозаменяемости. Колеса зубчатые”. Модули предусматривает два ряда модуля  $m$ . При назначении величин модулей первый ряд следует предпочитать второму.

1 ряд:	0,05; 0,06; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 60; 80; 100.
2 ряд:	0,055; 0,07; 0,09; 0,11; 0,14; 0,18; 0,22; 0,28; 0,35; 0,45; 0,55; 0,7; 0,9; 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14; 18; 22; 28; 36; 45; 55; 70; 90.

**Таблица 8 – НОРМАЛЬНЫЕ ДИАМЕТРЫ И ДЛИНЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ**  
**(Выборочные данные согласно ГОСТ 6636-69)**

2,5	2,6	<u>2,8</u>	<u>3,0</u>	3,2	3,4	<u>3,6</u>	3,8	4,0	4,2
<u>4,5</u>	4,8	<u>5,0</u>	5,2	<u>5,5</u>	5,8	6,0	6,5	<u>7,0</u>	7,5
<u>8,0</u>	8,5	<u>9,0</u>	9,5	10	10,5	<u>11</u>	11,5	<u>12</u>	13
<u>14</u>	15	16	17	<u>18</u>	19	<u>20</u>	21	<u>22</u>	24
25	26	<u>28</u>	30	<u>32</u>	34	<u>36</u>	38	40	42
<u>45</u>	48	<u>50</u>	52	<u>55</u>	58	60	65	<u>70</u>	75
80	85	<u>90</u>	95	100	105	<u>110</u>	115	<u>120</u>	130
<u>140</u>	150	160	170	<u>180</u>	190	<u>200</u>	210	<u>220</u>	240
250	260	<u>280</u>	300	<u>320</u>	340	<u>360</u>	380	400	420
			<u>450</u>	480	<u>500</u>				

*Примечание:* При выборе размеров предпочтение размеров следует отдавать числам, заключённым в заливных ячейках, потом одной чертой и, наконец, неподчёркнутым.

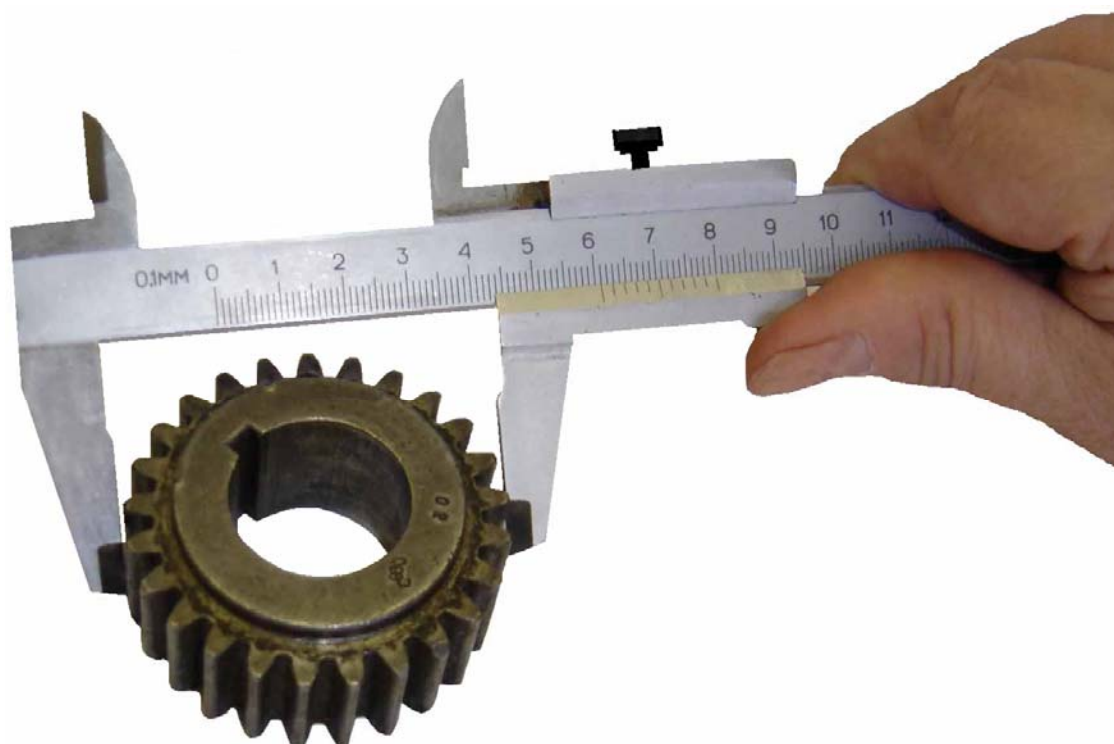


Рисунок 20 – Измерение диаметра вершин зубьев колеса

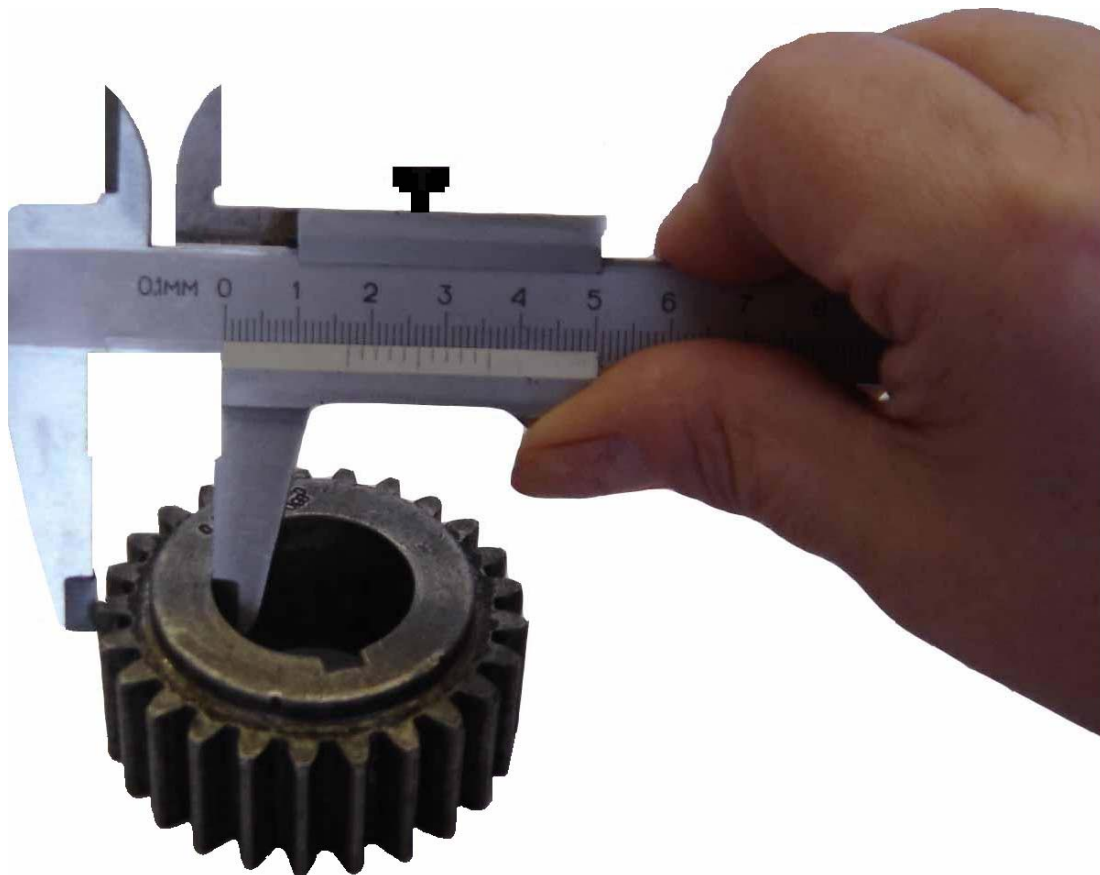


Рисунок 21 – Измерение высоты зуба колеса

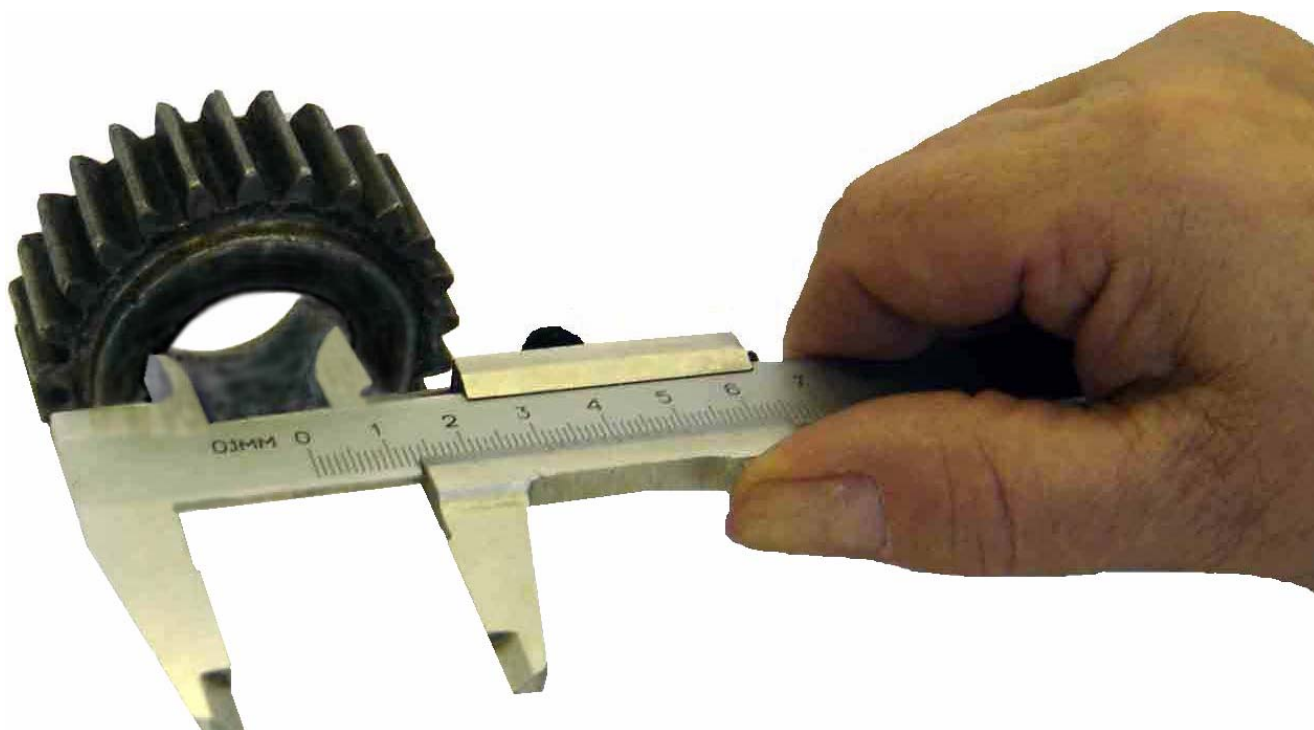


Рисунок 22 – Измерение размера глубины шпоночного паза колеса

Пример: выполнить чертёж зубчатого цилиндрического колеса  $d_a=91\text{ мм}$ ,  $Z=24$ .

Решение. Определив модуль  $m$  зацепления по формуле  $m = \frac{d_a}{z + 2} = \frac{91}{26} = 3.5$  и сверив его с таблицей 6 находим, что полученный модуль  $m$  является стандартным.

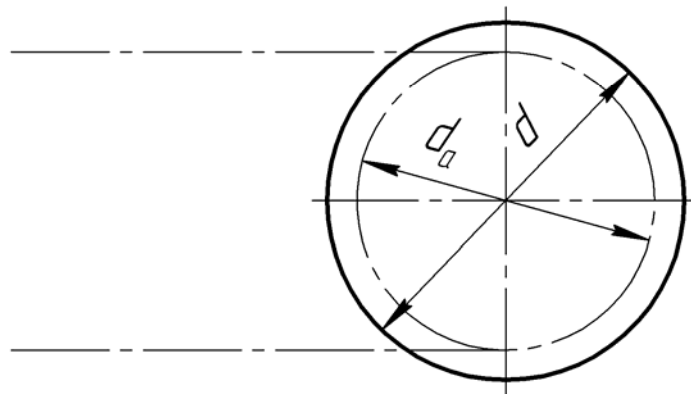
Определяем диаметры  $d$ ,  $d_a$ ,  $d_f$ :

$$d = m \cdot Z = 3.5 \times 24 = 84 \text{ мм},$$

$$d_a = m(Z+2) = 3.5 \times 26 = 91 \text{ мм},$$

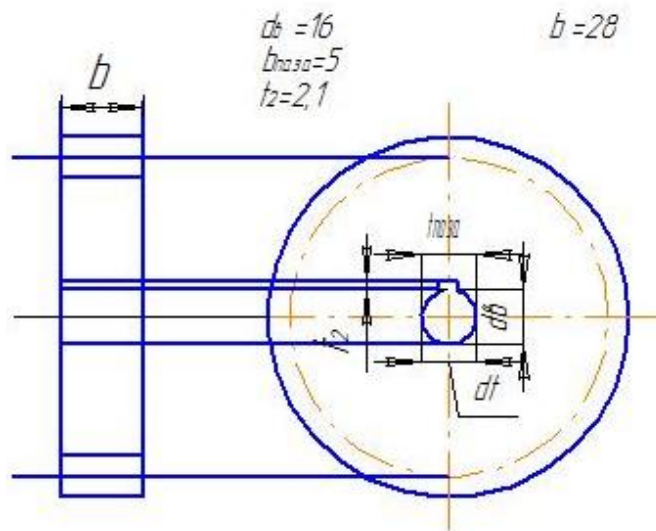
$$d_f = m(Z - 2.5) = 3.5 \times 21.5 = 75.25 \text{ мм}.$$

$$\begin{aligned} d &= 84 \\ d_a &= 91 \\ d_f &= 75,25 \end{aligned}$$



1. Проводим на плоскости  $\Pi_3$  центровые линии и вычерчиваем делительную окружность штрихпунктирной, а окружность выступов сплошными тонкими линиями. От концов вертикальных диаметров этих окружностей проводим на плоскость  $\Pi_2$  линии проекционной связи.

2. На плоскости  $\Pi_2$  проводим очертания боковых сторон контура обода колеса – две вертикальные прямые, отстающие друг от друга на расстояние  $b$ . Согласно таблицам 2 и 3 определяем конструктивные элементы зубчатого колеса ;  $b$  измеряем по готовому изделию или вычисляем по формуле  $b = (6 \div 8) \cdot m = 8 \times 3.5 = 28 \text{ мм}$ . По таблице 8 принимаем  $b=28 \text{ мм}$ .



Диаметр отверстия под вал измеряем, сверяем с табл. 6 ( $d_b = 16$  мм) и проводим в плоскости  $\Pi_3$  окружность отверстия для вала. Определив по таблице 5 и 6 (в зависимости от вида шпонки) ширину шпоночного паза

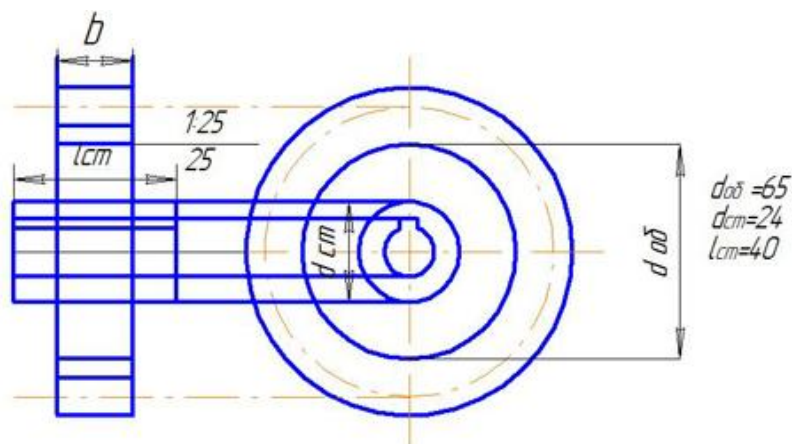
$b_{\text{паза}} = 5$  мм, и глубину паза  $t_1 = 2,1$  мм, проводим очертание паза для шпонки.

Измеряем или вычисляем:

- а) диаметр обода  $d_{\text{об}} = d_a - 7m = 91 - 24,5 = 66,5$  мм и сверяем с таблицей 8,  $d_{\text{об}} = 65$  мм;
- б) толщину диска зубчатого колеса  $K = 0,3 \cdot b = 0,3 \times 28 = 8,4$  мм;
- с) длину ступицы  $l_{\text{ст}} = 2,5 \times 16 = 40$  мм;
- д) наружный диаметр ступицы  $d_{\text{ст}} = 1,5 \times d_b = 1,5 \times 16 = 24$  мм.

Сверяем полученные размеры с таблицей 8 принимаем  $K=9$ ;  $l_{\text{ст}} = 40$ ;  $d_{\text{об}} = 24$  мм.

Вычисляем остальные размеры элементов зубчатого колеса согласно таблицам 2 и 3, выполняем чертёж.



### 3. Работа в системе AutoCAD

При выполнении эскизного чертежа в системе AutoCAD прежде всего необходимо выполнить рамку чертежа и основную надпись (рисунок 23).

Для удобства построения чертежа детали в проекционной связи используем команду *<сетка>* и подменю пункта *<настрой>*. При вызове команды *<сетка>* в зоне команд и подсказок появляется запрос о величине шага (лучше брать 5 или 10) и зафиксировать его. На экране отобразится точечный растр. с заданным шагом.

Следует разобрать и отработать команды подменю *<редактора>: <сотри>*, *<перенеси>*, *<поверни>*, *<разорви>*, *<сопряди>*, *<расчлени>*, *<измени>*.

При затруднении поиска команды в экранном или падающем меню нужно в зоне команд в ответ *<команда>* набрать с клавиатуры требуемую.

При обводке изображения следует пользоваться подменю *<полоса>*, *<линия>* в пункте *<рисуй>* с указанием ширины. Заполняя основную надпись, следует использовать команду *<покажи рамку>* в пункте *<дисплей>*. Следует не забывать о возврате к предыдущему изображению, используя команду *<покажи предыдущий>*.



А6ГР072500001

Модуль	m	6
Число зубьев	z	20
Исходный контур	-	ГОСТ 13755-80
Делительный диаметр	d	120

1. Неуказанные конусности 1:8
2. Неуказанные радиусы 3мм

А6ГР072500001

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Майшев		
Проб.		Леонова		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Колесо зубчатое

Сталь 45

Лист	Масса	Масштаб
1		1:1
Лист	Листов	

ОМГТУ, МТ-113

Копировал

Формат А4

#### 4. Варианты задания

В таблице 9 приведены исходные данные для выполнения расчетно-графической работы “Передача зубчатая”

**Таблица 9 – Исходные данные**

Вариант	m	$Z_1$	$Z_2$	$d_{e1}$	$D_{e1}$	$d_{e2}$	$D_{e2}$	Шпонка
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
1	4	69	22	24	30	20	30	призм. сегм.
2	6	31	20	30	38	24	30	призм. сегм.
3	2,5	40	20	18	24	16	24	призм.
4	2,75	37	22	20	26	18	24	призм.
5	4,5	30	16	20	28	16	24	призм. шлиц.
6	3	60	30	18	32	16	28	призм. шлиц.
7	6	31	27	25	28	20	24	призм. сегм.
8	5	28	14	20	25	18	22	призм.
9	4	36	25	24	30	18	25	призм. сегм.
10	5	25	14	20	28	16	26	призм. шлиц.
11	4	28	14	16	20	14	18	призм.
12	6	28	18	20	24	16	28	призм.
13	4	52	26	28	36	22	32	призм.
14	5	31	18	25	30	20	25	призм. сегм.
15	7	28	14	28	35	21	32	призм. шлиц.
16	6	34	17	20	24	20	24	призм. сегм
17	8	32	16	28	36	22	32	призм. -
18	4	56	28	28	36	18	30	призм.
19	7	33	17	26	32	16	26	призм.
20	8	28	14	20	28	18	30	призм.
21	7	31	27	28	36	22	32	призм. сегм
22	5	31	27	28	36	18	28	призм. шлиц.
23	4,5	30	15	18	22	14	30	призм.

Продолжение таблицы 9

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
24	5	28	14	18	22	13	18	призм. шлиц
25	3.5	25	18	20	24	14	26	призм.
26	5	42	14	18	22	16	20	призм. сегм
27	3	48	24	16	24	14	20	призм.
28	3.5	44	22	18	26	16	22	призм. сегм
29	4	60	20	18	26	16	22	призм.
30	2.5	50	25	16	24	13	20	призм. шлиц

*Примечание:* Размер в заливной ячейке допускается не использовать.

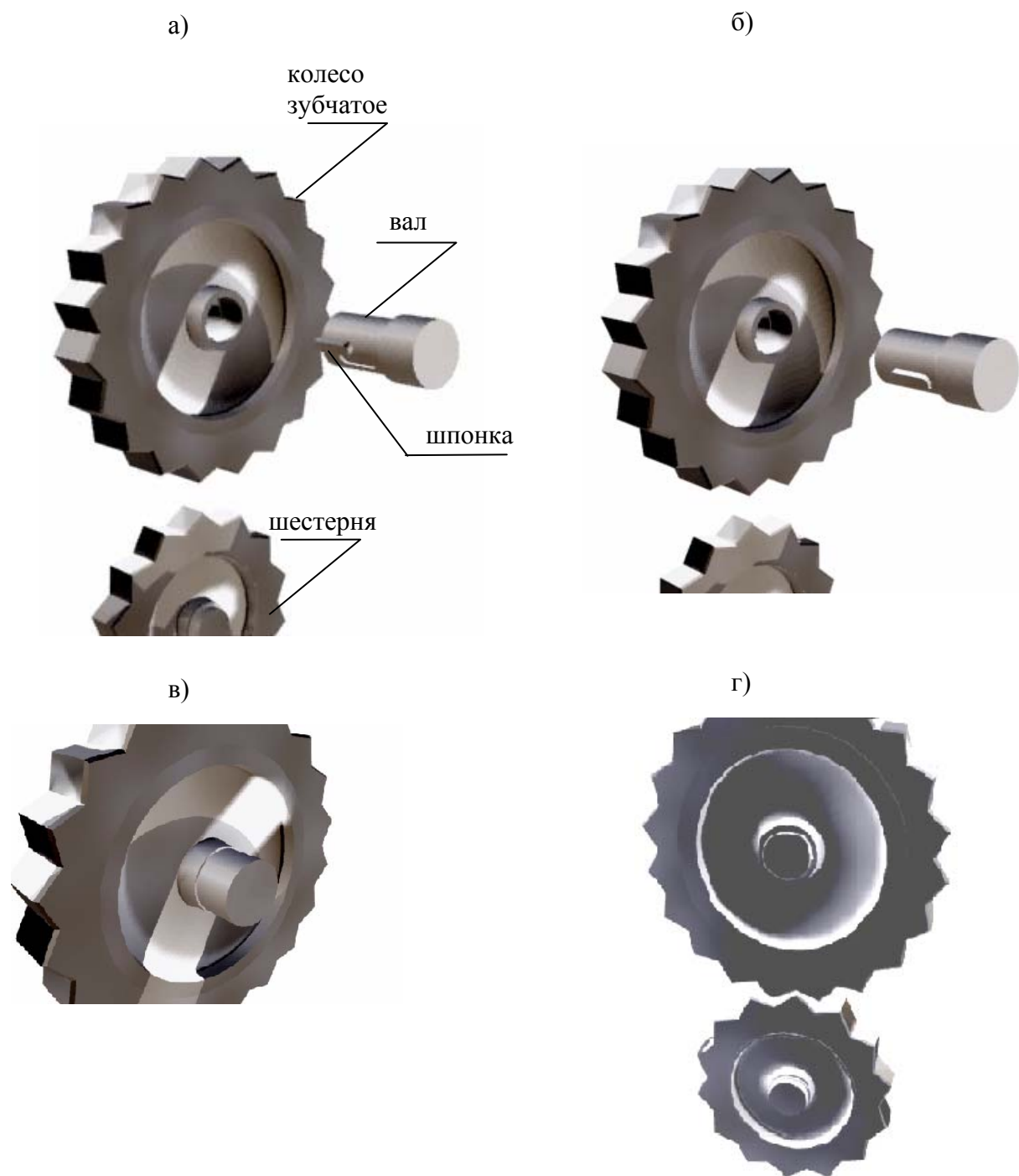
#### 5. Вопросы для контроля

1. Какие виды зубчатых передач Вам известны?
2. Какой профиль может быть у зубчатых передач?
3. Какие основные параметры зубчатых колёс Вы знаете?
4. Какие виды шпонок применяют в машиностроении, приведите их условное обозначение?
5. Какие существуют формулы для расчёта основных геометрических параметров цилиндрического зубчатого колеса?
6. В чем состоит условность изображения зубчатого колеса?
7. Что такое модуль зацепления?

#### 6. Демоверсия методических указаний

Представленная методическая разработка имеет электронное исполнение на компакт-диске с трёхмерной анимацией, выполненной в системе MicroSoft PowerPoint и двумерной анимацией в системе Macromedia Flash MX для Windows XP /Professional фирмы PetroSoft Inc.

На рисунок 24 представлена покадровая трёхмерная анимация зубчатой передачи со шпоночным соединением колеса и вала.



а – детали зубчатой передачи; б – шпонка в пазу вала, колесо и шестерня; в – шпонка в пазу вала, вал в отверстии колеса; г – зубчатая передача в сборе.

Рисунок 24 – Последовательность сбора деталей зубчатой передачи

На рисунок 25, 26, 27 представлена покадровая трёхмерная анимация зубчатой передачи со шлицевым соединением вала и колеса.

На рисунок 28 представлена покадровая двумерная анимация зубчатой передачи в виде составных деталей: колесо, шестерня, вал, шпонка.

Последовательность сборки передачи: шпонка устанавливается в соответствующее гнездо на валу; вал со шпонкой входит в отверстие колеса так, чтобы шпонка оказалась в шпоночном пазу отверстия колеса; шестерня входит в зацепление с зубчатым колесом.

Необходимо обратить внимание на радиальный зазор передачи и изменение типов линий окружности выступов колеса.

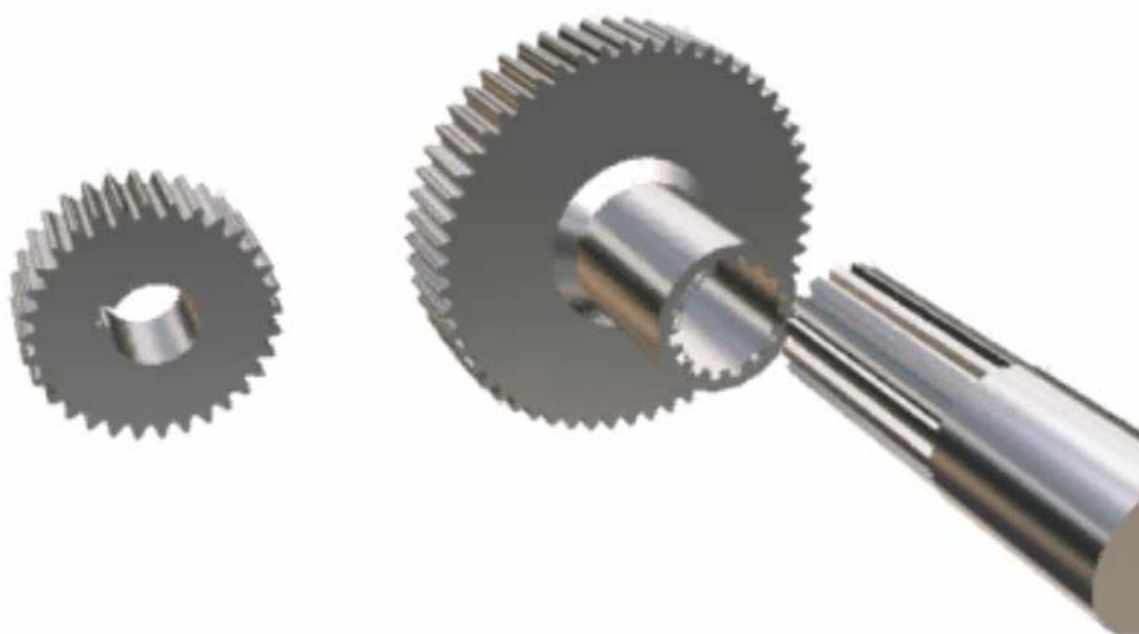


Рисунок 25 – Детали зубчатой передачи со шлицевым соединением

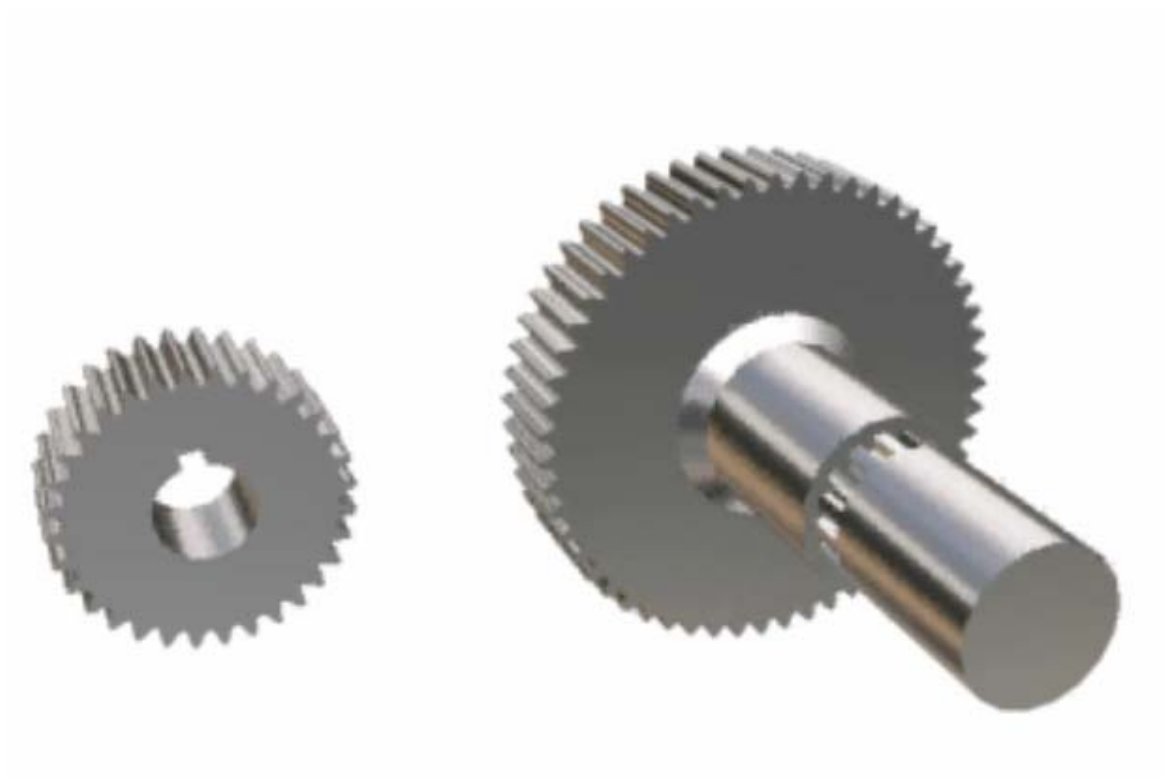
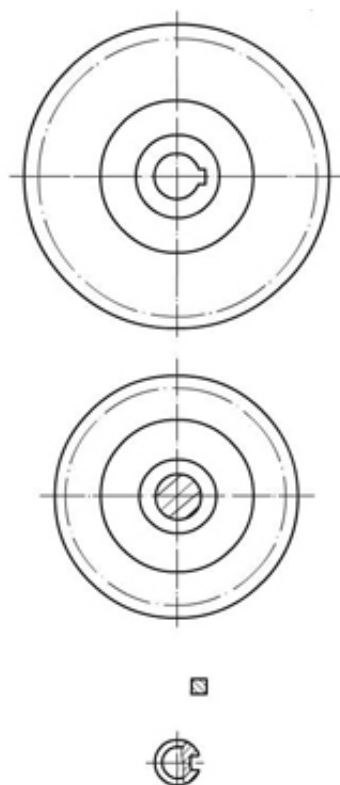
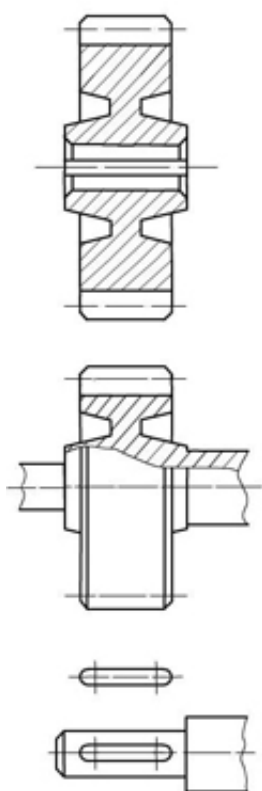


Рисунок 26 – Шлицевый вал в отверстии зубчатого колеса, шестерни отдельно

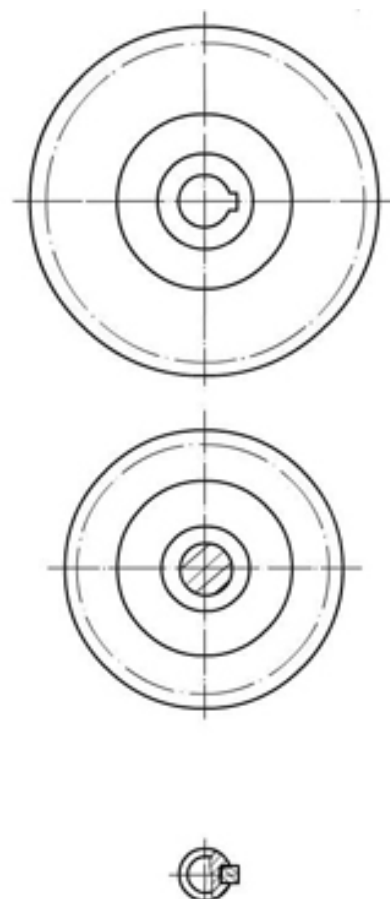
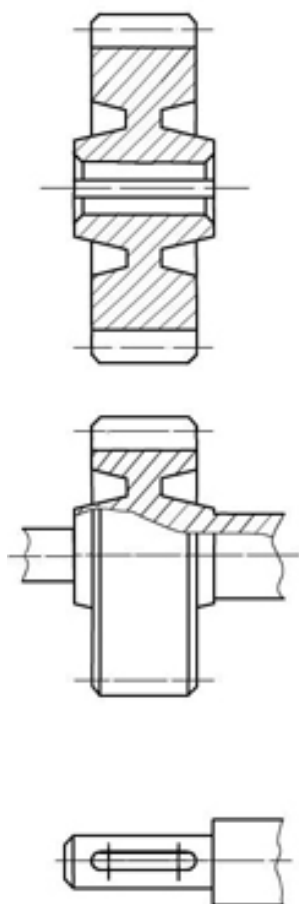


Рисунок 27 – Зубчатая передача со шлицевым соединением в сборе

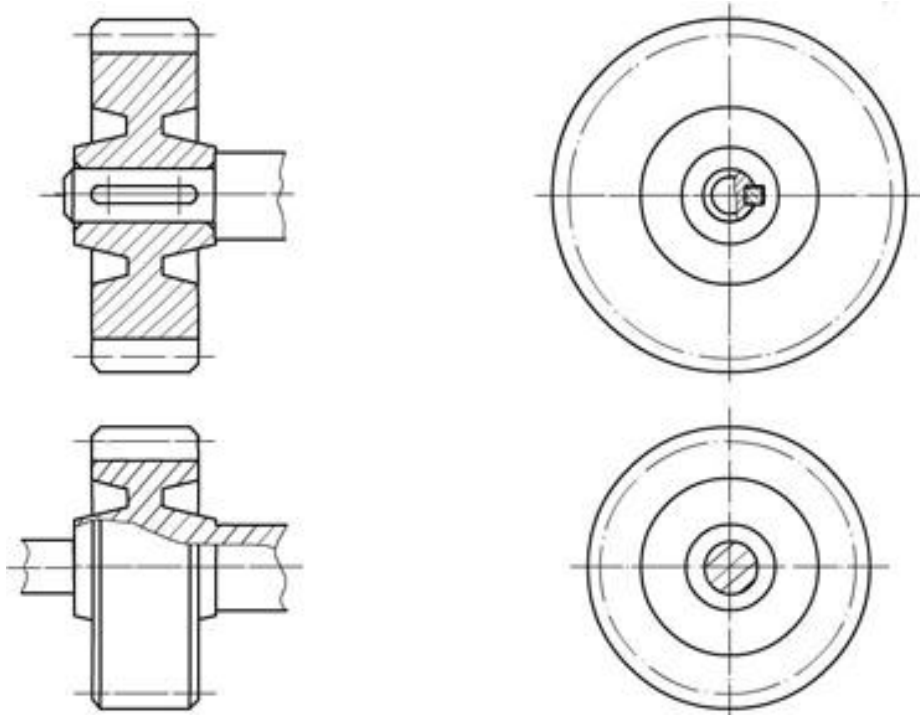
a)



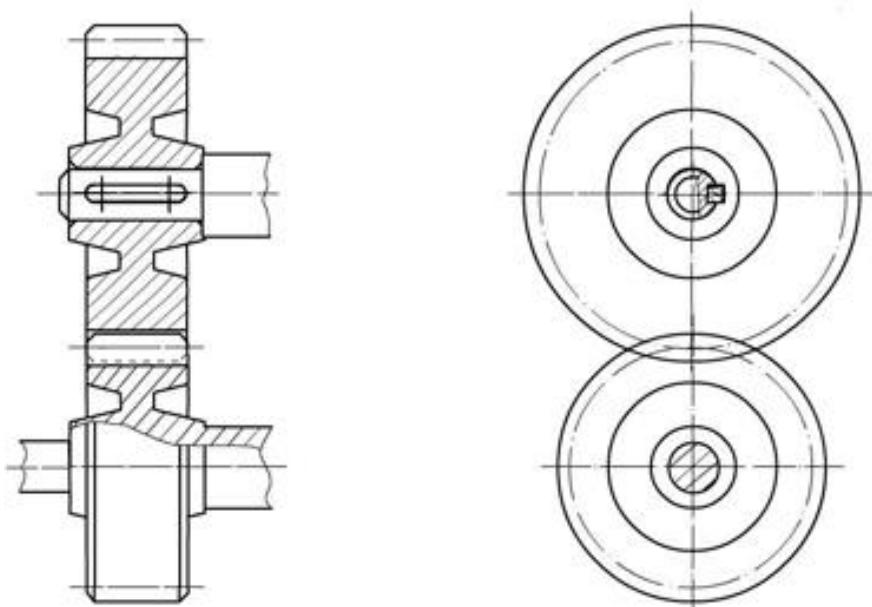
б)



в)



г)



а – детали сборочного чертежа зубчатой передачи; б – шпонка в пазу вала, колесо и шестерня; в – шпонка в пазу вала, вал в отверстии колеса, шестерня; г – сборочный чертеж зубчатой передачи

Рисунок 29 – Последовательность создания сборочного чертежа зубчатой передачи



## 7. Библиографический список

1. ГОСТ 16530-83. Передачи зубчатые. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 70 с.
2. ГОСТ 16531-83. Передачи зубчатые цилиндрические. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 28 с.
3. ГОСТ 16532-83. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 38 с.
4. ГОСТ 2.403-83 Правила выполнения рабочих чертежей цилиндрических зубчатых колес. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.
5. ГОСТ 2.409-83 Правила выполнения чертежей зубчатых (шлицевых) соединений. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 10с.
6. Чекмарев А.А. Начертательная геометрия и черчение: Учебник для вузов по технической специальности. М.: ВЛАДОС, 1999. –471 с.
7. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизированное выполнение чертежей. – М.: Высшая школа, 2003.– 428 с.

## Содержание

	С.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ...	3
1.1. Основные понятия.....	3
1.2. Элементы зубчатого колеса.....	6
1.3. Цель задания.....	9
1.4. Содержание задания.....	10
1.5. Оформление задания.....	10
1.6. Указания по выполнению задания.....	10
2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА.....	29
2.1. Цель работы и содержание.....	29
2.2. Задание по выполнению практической работы.....	29
2.3. Последовательность выполнения чертежа зубчатого колеса.....	30
3. Работа в системе AutoCAD.....	35
4. Варианты задания.....	37
5. Вопросы для контроля.....	38
6. Демоверсия методических указаний.....	38
7. Библиографический список.....	45