

# ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА



# Типы зубьев колес



Прямозубые шестерни - самый применяемый тип зубчатых колёс. Зубья расположены в радиальных плоскостях, линия контакта зубьев пары зубчатых колес параллельна оси вращения, как и оси обоих зубчатых колес (шестеренок) располагаются строго параллельно



Косозубые шестерни – это модернизированная версия прямозубых шестерен. Зубья, в таком случае, расположены под углом к оси вращения. Зацепление зубьев этих шестерен происходит тише и плавно. Они применяются либо в малошумных механизмах, либо в тех которые требуют передачи большого крутящего момента на больших скоростях



Шевронные шестерни решают проблему механической осевой силы, которая возникает в случае применения косозубых колес, так как зубья шевронных (елочных) колёс изготавливаются в виде буквы «V»

# Конструктивные разновидности зубчатых колес

Конструктивные формы и размеры зубчатого колеса зависят от нагрузок, действующих на его зубья, требований технологии их изготовления, удобства монтажа и эксплуатации, уменьшения массы зубчатых колес

Зубчатые колеса изготавливают штамповкой, прокаткой, отливкой и сваркой.

Для изготовления зубчатых колес применяется сталь, чугун, бронза, также различные полимеры (пластмассы).

Цилиндрическое зубчатое колесо малого диаметра обычно имеет форму сплошного диска с отверстием для установки на вал.

При несколько большем диаметре колеса для облегчения его конструкции, массивными выполняются только обод и ступица с отверстием для вала. Остальная часть колеса представляет собой тонкий диск с отверстиями или без отверстий. Диск может выполняться с ребрами жесткости.



# Изготовление зубчатых колес

Зубья зубчатых колес нарезаются на металлорежущих станках:

- Метод копирования специальными фрезами

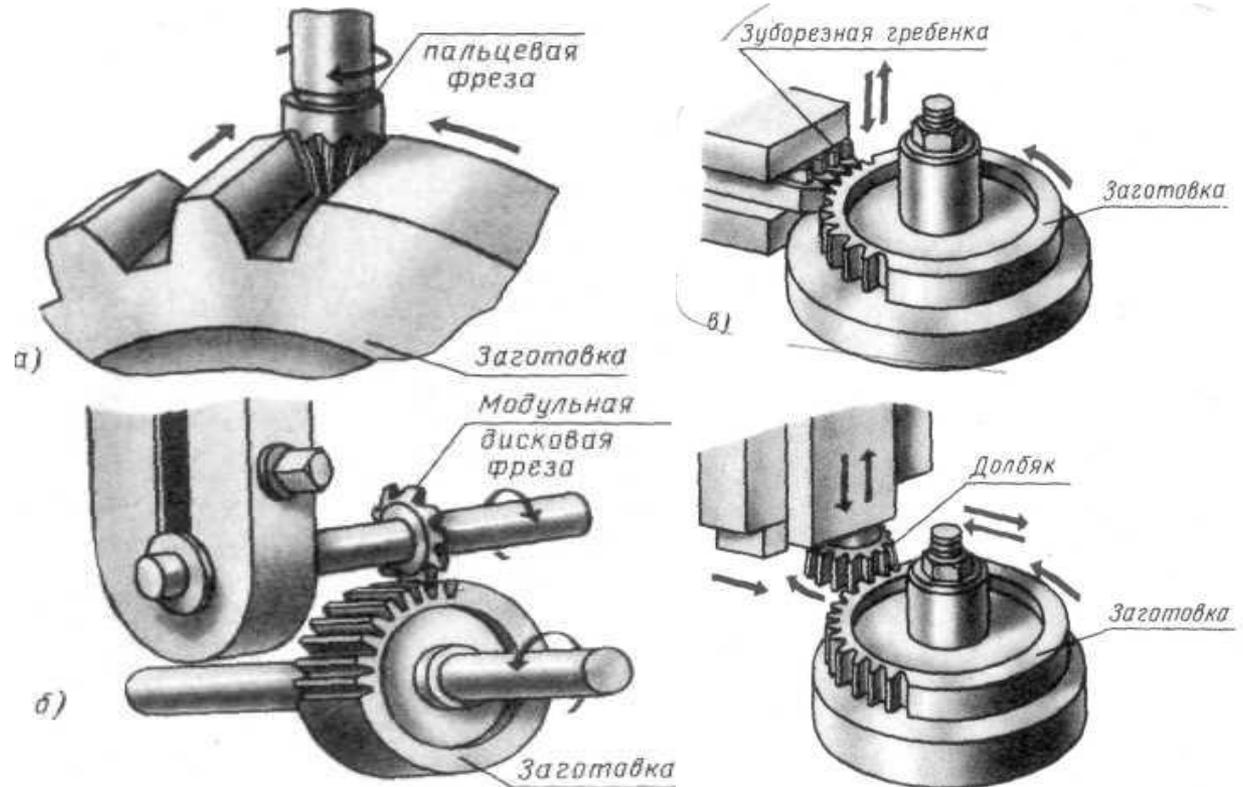
а) пальцевыми

б) дисковыми

- Метод обкатки

в) зуборезная рейка (гребенка)

г) долбяк



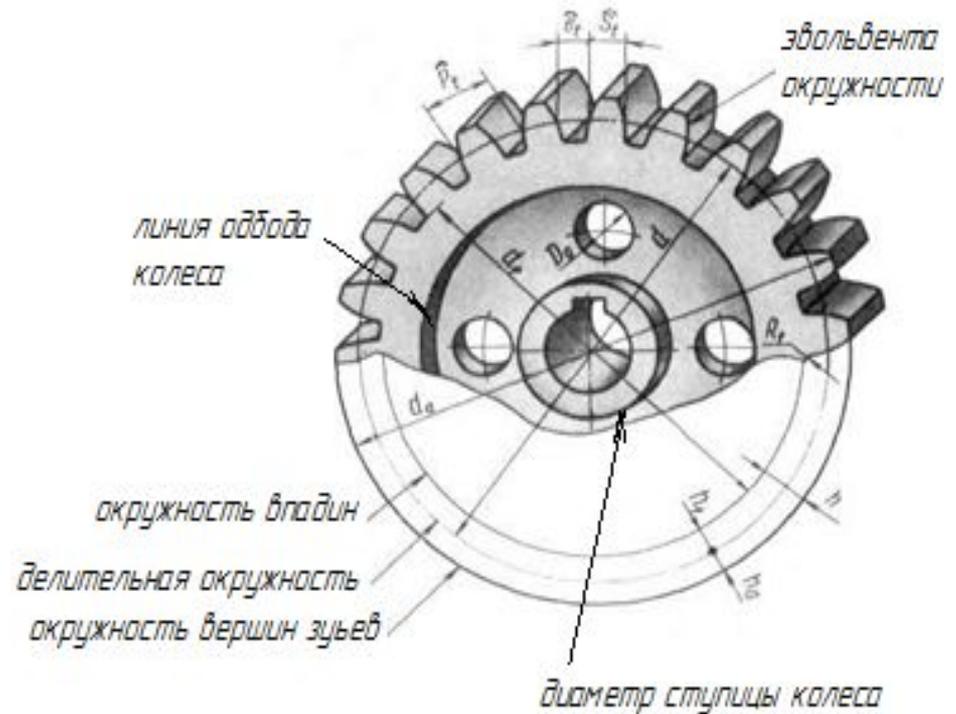
# Основные параметры зубчатых колес

В основу определения параметров зубчатого колеса положена делительная окружность  $d$ . По делительной окружности откладывается окружной шаг зубьев  $P_z$ , представляющий собой расстояние по дуге делительной окружности между соседними зубьями колеса.

Делительная окружность делит высоту зуба  $h$  на две неравные части — головку высотой  $h_a$  и ножку высотой  $h_f$ .

Зубчатый венец ограничивается окружностью вершин зубьев диаметром  $d_a$  и окружностью впадин диаметром  $d_f$ , см. рисунок 1.

На чертежах зубчатых колес вычерчивание зубьев заменено изображением сплошными основными линиями по диаметру вершин зубьев колеса и сплошными тонкими линиями по диаметру впадин зубьев колеса.





# ХОД РАБОТЫ

## подготовка формата

1 Эскиз выполняется на тетрадном листе в клетку. Лист необходимо привести по высоте в соответствие с форматом А4.

2 Рамку формата надо чертить по линии клеток от руки, т.е. без линейки. Слева отсчитать четыре клетки (не полную клетку можно считать за полную), с трех других сторон по одной клетке.

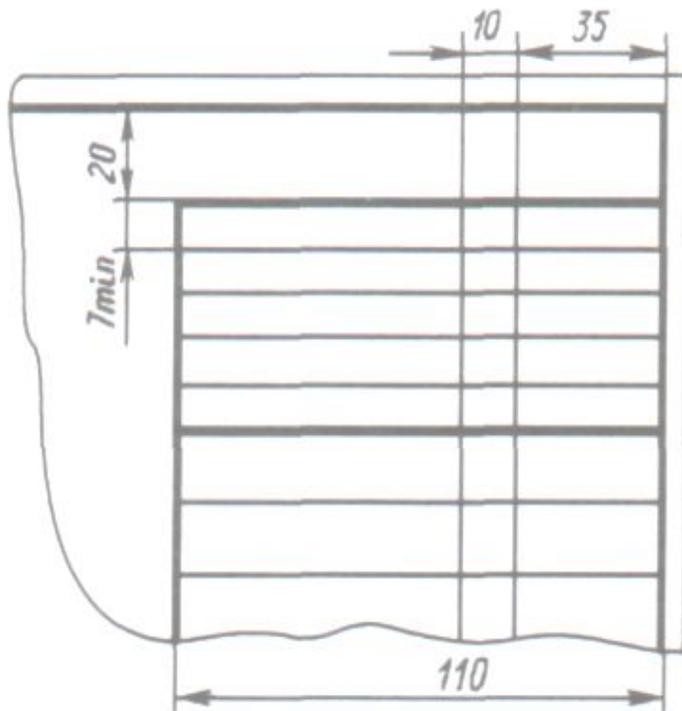
3 Выполнить основную надпись форма 1 и заполнить по образцу. В левом верхнем углу начертить дополнительную рамку и записать шифр чертежа

XX 91 51 10 20 51 21

PP 5.02.0101.16.XX	
PP 5.02.0101.16.XX	
Колесо зубчатое	
Мат	3,750
Мат	Мат
Сталь 45 ГОСТ 1050-98	ГАСК Кер.М-16-XX

# Таблица по ГОСТ 2.403-75

В правом верхнем углу отступив четыре клетки сверху выполняют таблицу по размерам см. на рисунке и заполняют ее после выполненных расчетов.



ПР 15.02.01 15.16.XX																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Модуль</td> <td style="padding: 2px;">m</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Число зубьев</td> <td style="padding: 2px;">z</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Исходный контур</td> <td style="padding: 2px;">—</td> <td style="padding: 2px;">ГОСТ 13755-81</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Коэффициент смещения исходного контура</td> <td style="padding: 2px;">x</td> <td style="padding: 2px;">0</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Степень точности по ГОСТ 1843-81</td> <td style="padding: 2px;">—</td> <td style="padding: 2px;">Ст. 8-7-К</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Диаметр делительной окружности</td> <td style="padding: 2px;">d</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table>	Модуль	m		Число зубьев	z		Исходный контур	—	ГОСТ 13755-81	Коэффициент смещения исходного контура	x	0	Степень точности по ГОСТ 1843-81	—	Ст. 8-7-К	Диаметр делительной окружности	d																									
Модуль	m																																									
Число зубьев	z																																									
Исходный контур	—	ГОСТ 13755-81																																								
Коэффициент смещения исходного контура	x	0																																								
Степень точности по ГОСТ 1843-81	—	Ст. 8-7-К																																								
Диаметр делительной окружности	d																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">           ПР 15.02.01.01.16.XX         </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Изм.</td> <td style="padding: 2px;">Конт.</td> <td style="padding: 2px;">Испол.</td> <td style="padding: 2px;">Срок</td> <td style="padding: 2px;">Подп.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table> </td> <td style="padding: 5px; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Лист</td> <td style="padding: 2px;">Масса</td> <td style="padding: 2px;">Материал</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td style="padding: 2px;">3,750</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Листов</td> <td colspan="2" style="padding: 2px;">1</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Материал</td> <td style="padding: 2px;">Сталь 45 ГОСТ 1050-98</td> </tr> </table> </td> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Наименование</td> <td style="padding: 2px;">Колесо зубчатое</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Г. изобр.</td> <td style="padding: 2px;">Г. изобр.</td> <td style="padding: 2px;">Г. изобр.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table> </td> </tr> </table>			ПР 15.02.01.01.16.XX			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Изм.</td> <td style="padding: 2px;">Конт.</td> <td style="padding: 2px;">Испол.</td> <td style="padding: 2px;">Срок</td> <td style="padding: 2px;">Подп.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table>	Изм.	Конт.	Испол.	Срок	Подп.	1					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Лист</td> <td style="padding: 2px;">Масса</td> <td style="padding: 2px;">Материал</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td style="padding: 2px;">3,750</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Листов</td> <td colspan="2" style="padding: 2px;">1</td> </tr> </table>	Лист	Масса	Материал	1	3,750		Листов	1		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Материал</td> <td style="padding: 2px;">Сталь 45 ГОСТ 1050-98</td> </tr> </table>	Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-98	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Наименование</td> <td style="padding: 2px;">Колесо зубчатое</td> </tr> </table>		Наименование	Колесо зубчатое	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Г. изобр.</td> <td style="padding: 2px;">Г. изобр.</td> <td style="padding: 2px;">Г. изобр.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table>			Г. изобр.	Г. изобр.	Г. изобр.			
ПР 15.02.01.01.16.XX																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Изм.</td> <td style="padding: 2px;">Конт.</td> <td style="padding: 2px;">Испол.</td> <td style="padding: 2px;">Срок</td> <td style="padding: 2px;">Подп.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table>	Изм.	Конт.	Испол.	Срок	Подп.	1					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Лист</td> <td style="padding: 2px;">Масса</td> <td style="padding: 2px;">Материал</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td style="padding: 2px;">3,750</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Листов</td> <td colspan="2" style="padding: 2px;">1</td> </tr> </table>	Лист	Масса	Материал	1	3,750		Листов	1																							
Изм.	Конт.	Испол.	Срок	Подп.																																						
1																																										
Лист	Масса	Материал																																								
1	3,750																																									
Листов	1																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Материал</td> <td style="padding: 2px;">Сталь 45 ГОСТ 1050-98</td> </tr> </table>	Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-98	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Наименование</td> <td style="padding: 2px;">Колесо зубчатое</td> </tr> </table>		Наименование	Колесо зубчатое																																				
Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-98																																									
Наименование	Колесо зубчатое																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Г. изобр.</td> <td style="padding: 2px;">Г. изобр.</td> <td style="padding: 2px;">Г. изобр.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table>			Г. изобр.	Г. изобр.	Г. изобр.																																					
Г. изобр.	Г. изобр.	Г. изобр.																																								

# Измерение параметров зубчатого колеса

При выполнении эскиза или чертежа цилиндрического прямозубчатого колеса с натуры для определения его параметров необходимо:

- подсчитать число зубьев  $z$  колеса;
- измерить диаметр окружности вершин зубьев  $d_a$ .

Модуль зубчатого колеса подсчитывают по формуле.

$$m = \frac{d_a}{z + 2}$$

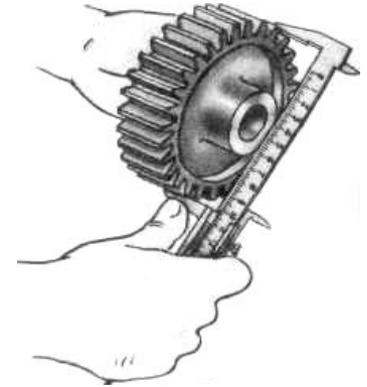
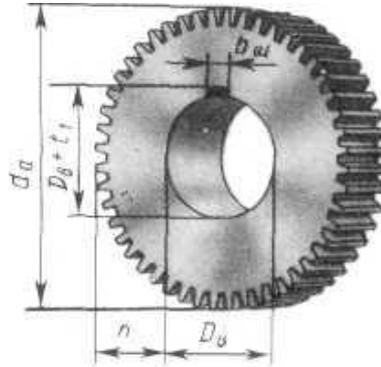
и округляют до ближайшего значения по ГОСТ 9563—60, см. таблицу на слайде 3

Затем подсчитывают делительный диаметр  $d$ , мм, по формуле  $d = m \cdot z$

Диаметр впадин  $d_f$  мм, определяют по формуле  $d_f = m (z - 2,5)$

После выполненного расчета уточняют диаметр вершин зубьев колеса  $d_a$ , мм, по формуле  $d_a = m (z + 2)$

На оставшемся поле формата выполняют изображения зубчатого колеса так, чтобы с учетом простановки размеров **80%** поля формата было занято чертежом.



# Выполнение эскиза зубчатого колеса

Главный вид выполняют в разрезе.

Зуб колеса не заштриховывают, т.е. он выполняется как тонкая стенка в продольном разрезе.

Диаметры впадин и вершин изображают сплошной основной линией, а делительный диаметр штрихпунктирной. Проводят ее ближе к вершинам, т.к. высота головки зуба колеса  $h_a = m$ , она меньше высоты ножки  $h_f = 1,25m$ .

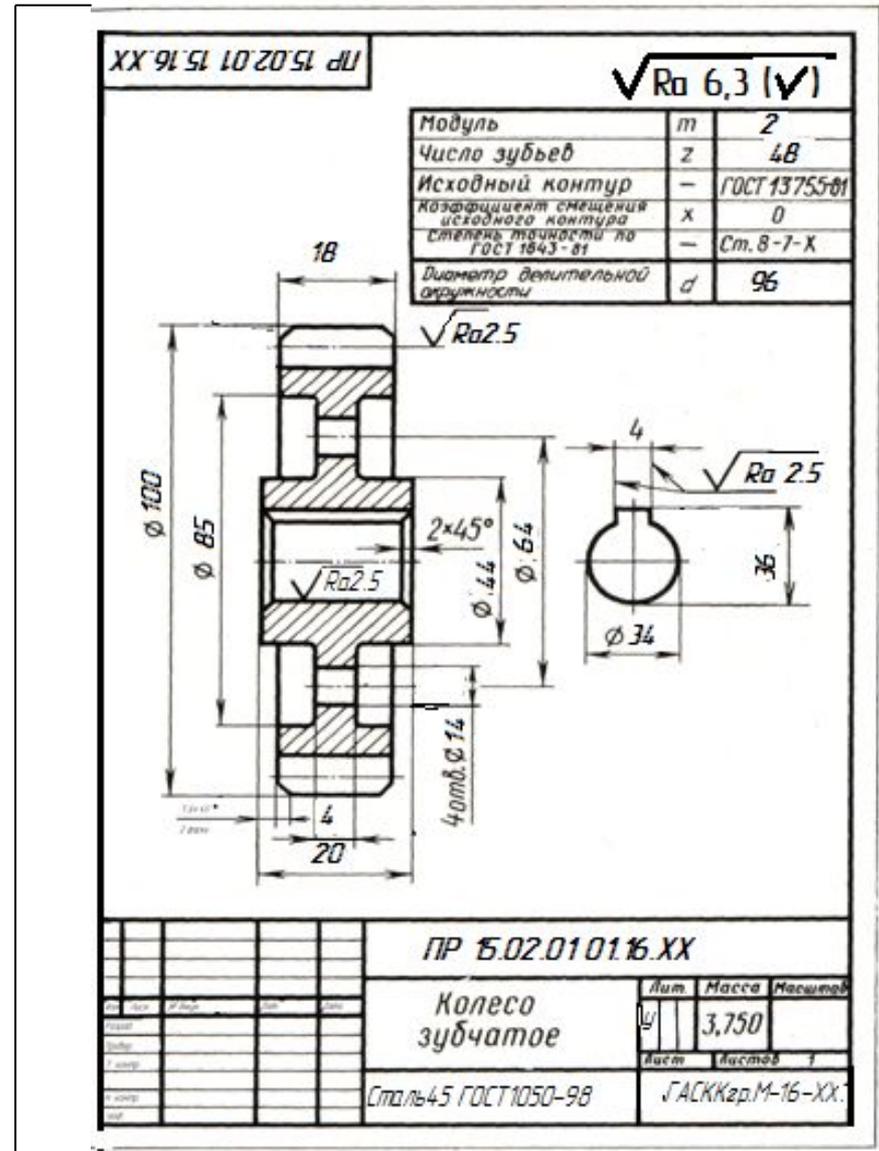
Вид слева чертят как местный вид, т.е. на нем изображается только форма отверстия со шпоночным пазом.

После выполненных измерений на изображении колеса наносят размеры.

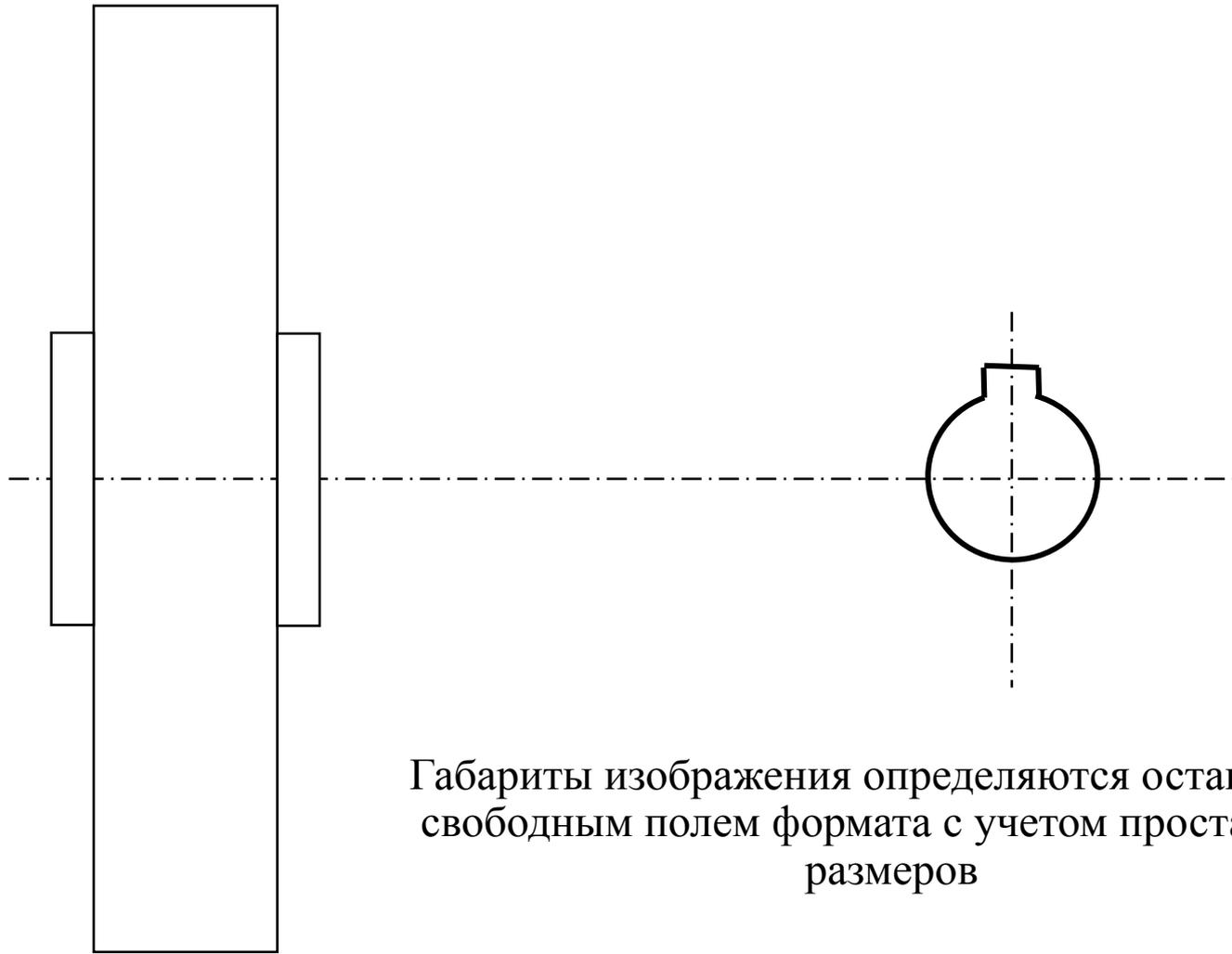
Простановка шероховатости поверхности выполняется с учетом того, что небольшие зубчатые колеса выполняются из кругло катаного профиля. Поэтому основная обработка (шероховатость по параметру Ra 6,3)

записывается в правый верхний угол формата с дополнительным значком шероховатости поверхности ( $\sqrt{\quad}$ ), который указывает на то, что у детали есть поверхности с другой степенью шероховатости. К таким относятся:

- поверхность цилиндрического отверстия  $\varnothing 34$  внутри колеса, предназначенного для посадки на вал;
- боковые поверхности шпоночного паза;
- боковая поверхность зуба колеса, степень шероховатости которого проставляют на линии делительного диаметра.

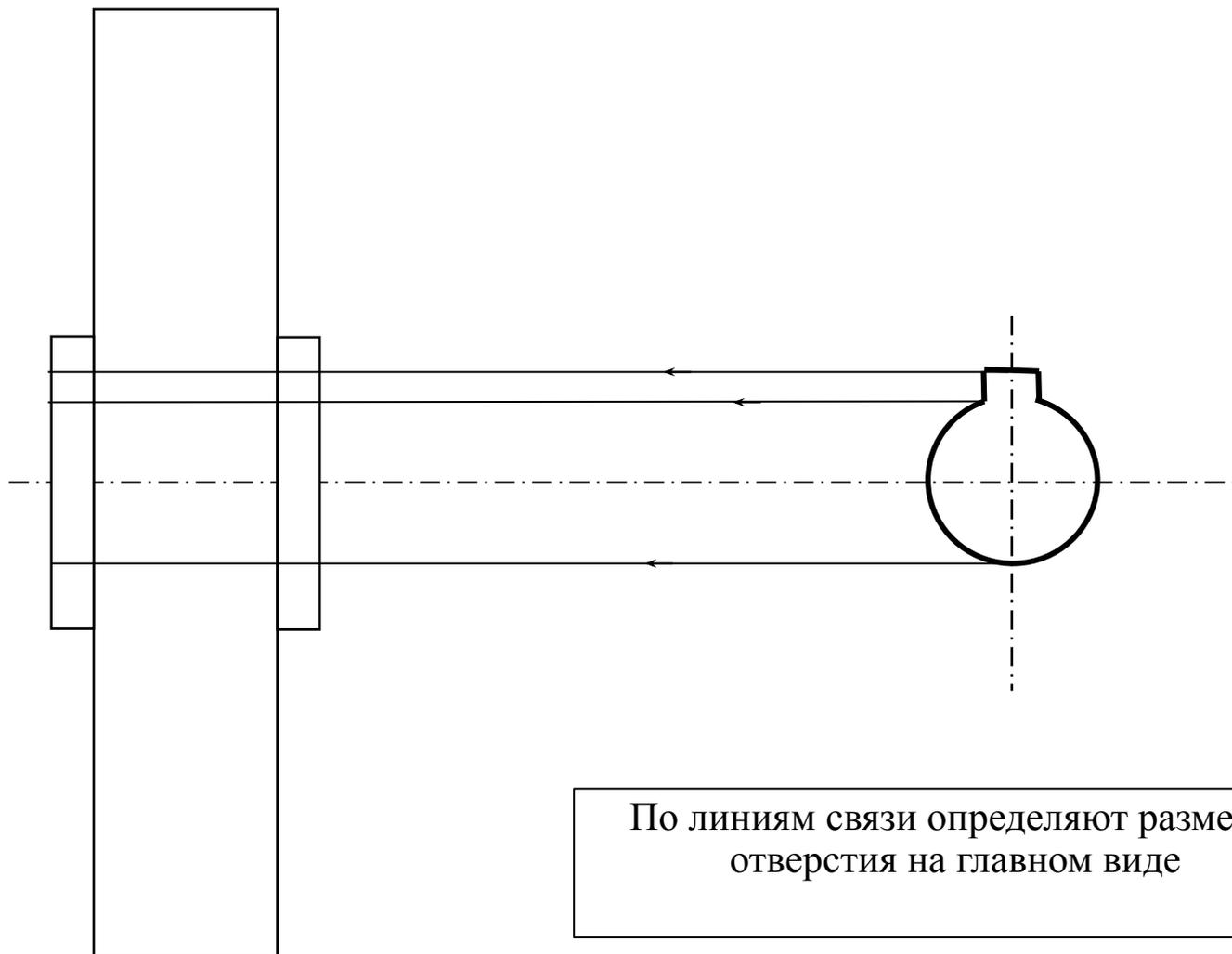


# Построение главного вида и местного вида (вид слева)



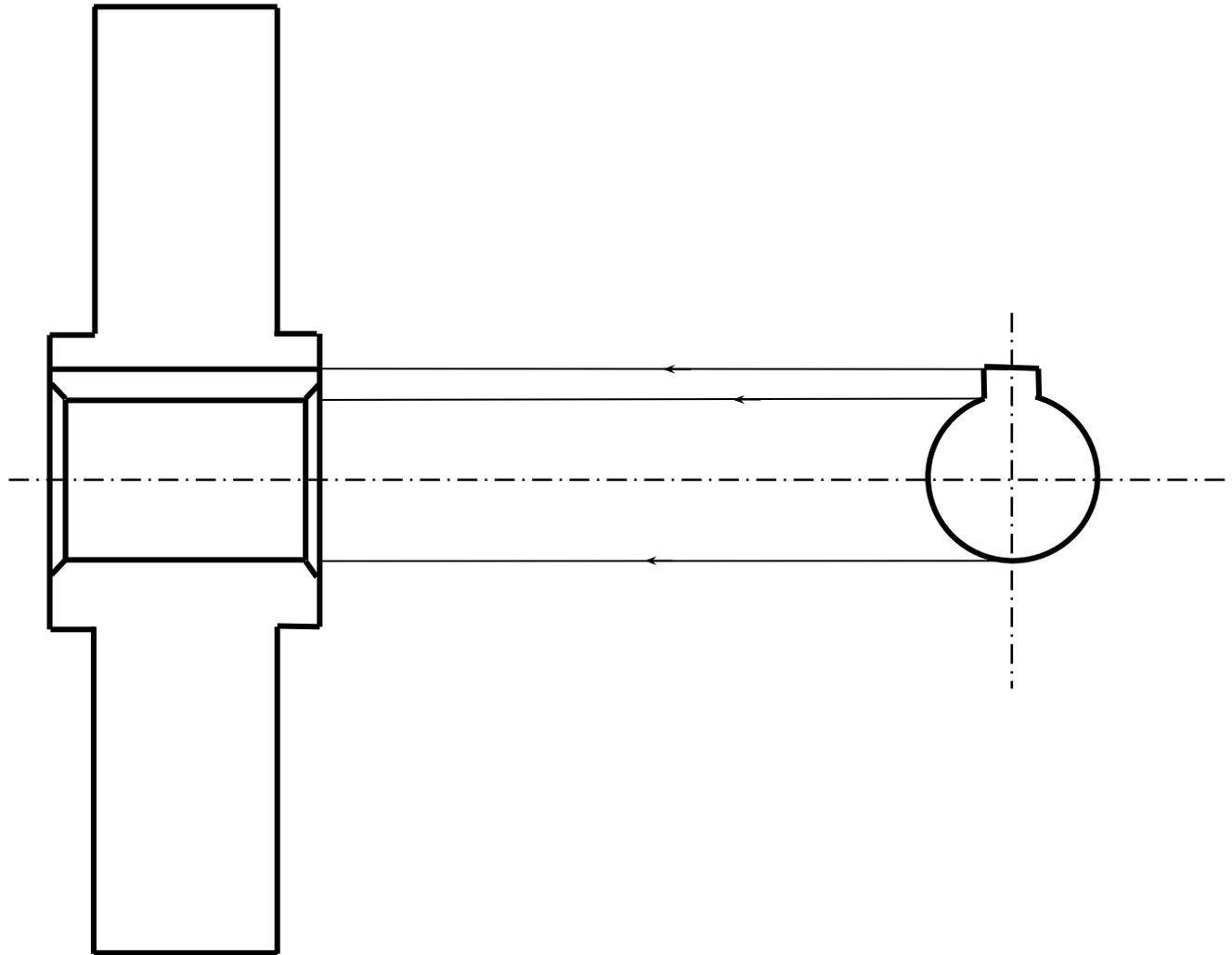
Габариты изображения определяются оставшимся свободным полем формата с учетом простановки размеров

# Построение на главном виде фронтального разреза

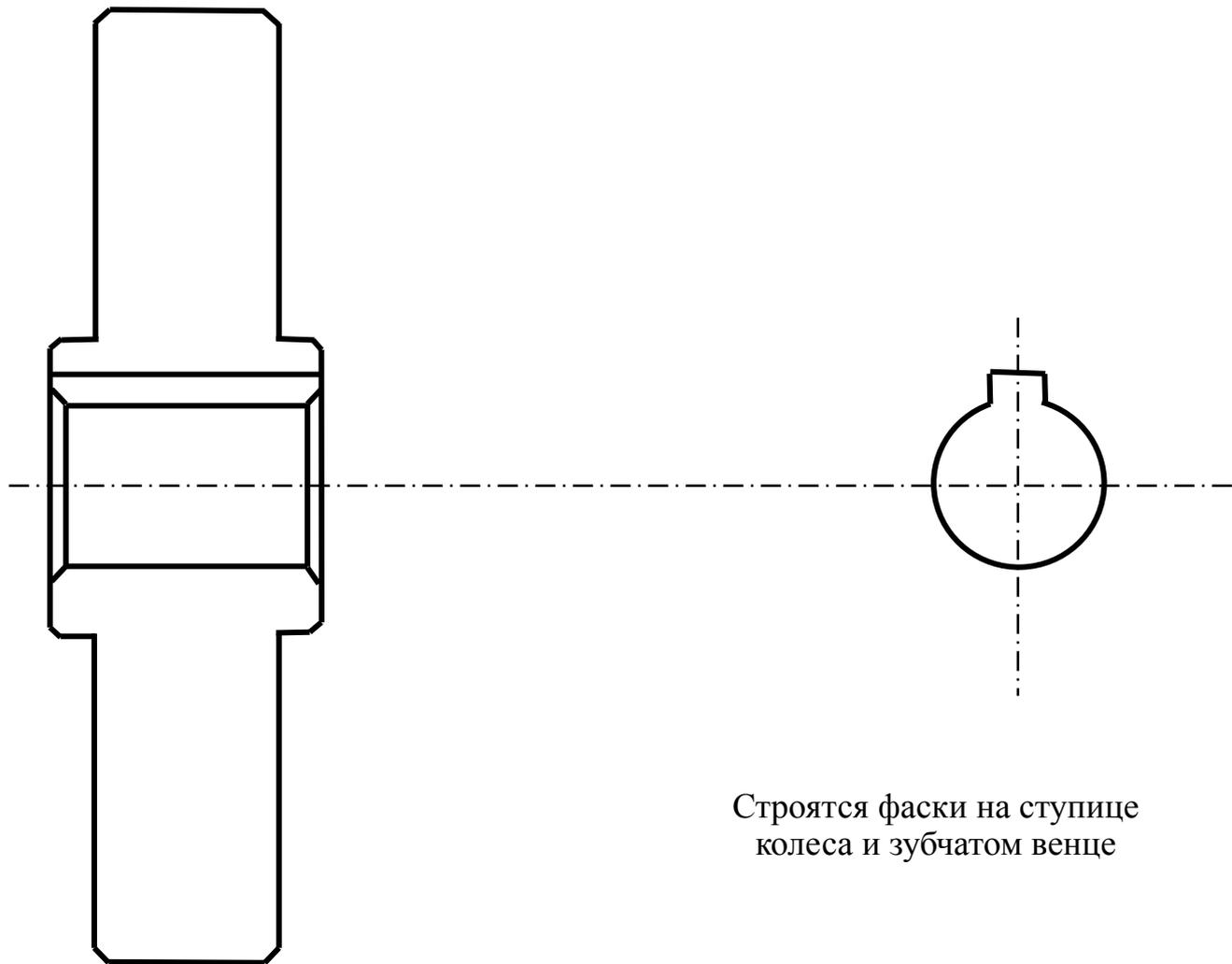


По линиям связи определяют размеры  
отверстия на главном виде

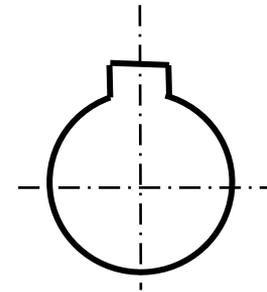
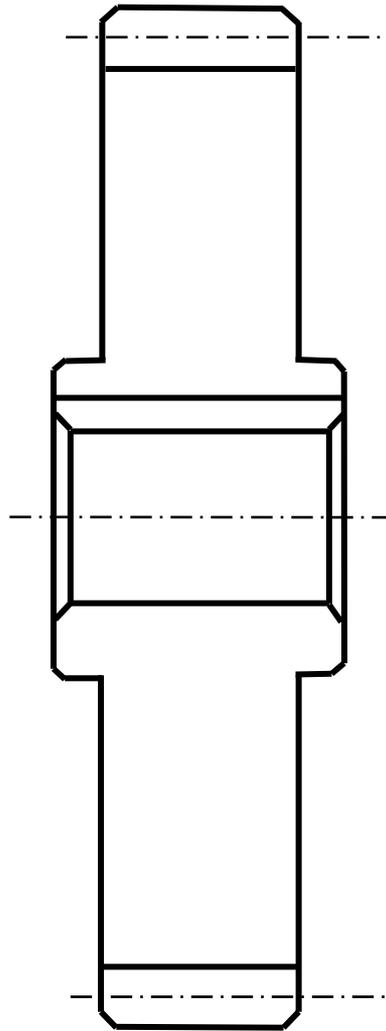
Построение на главном виде отверстия со шпоночным пазом и фасок отверстия



# Построение на главном виде наружных фасок

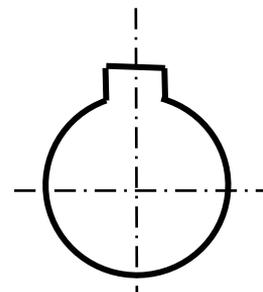
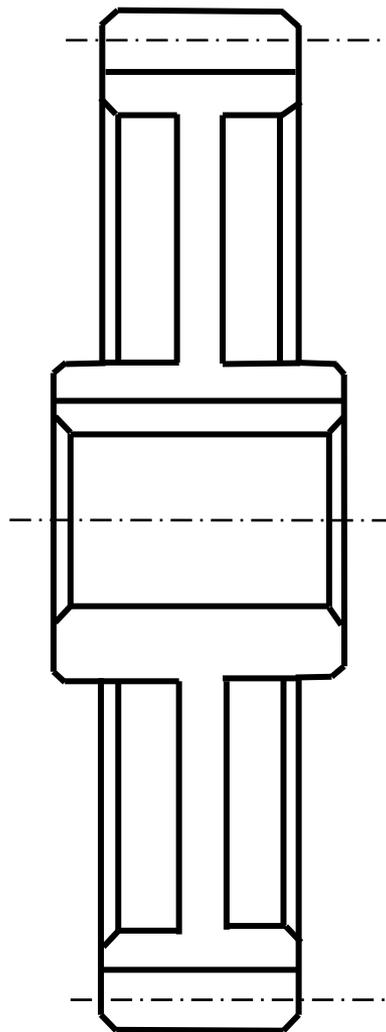


# Построение на главном виде зубьев колеса

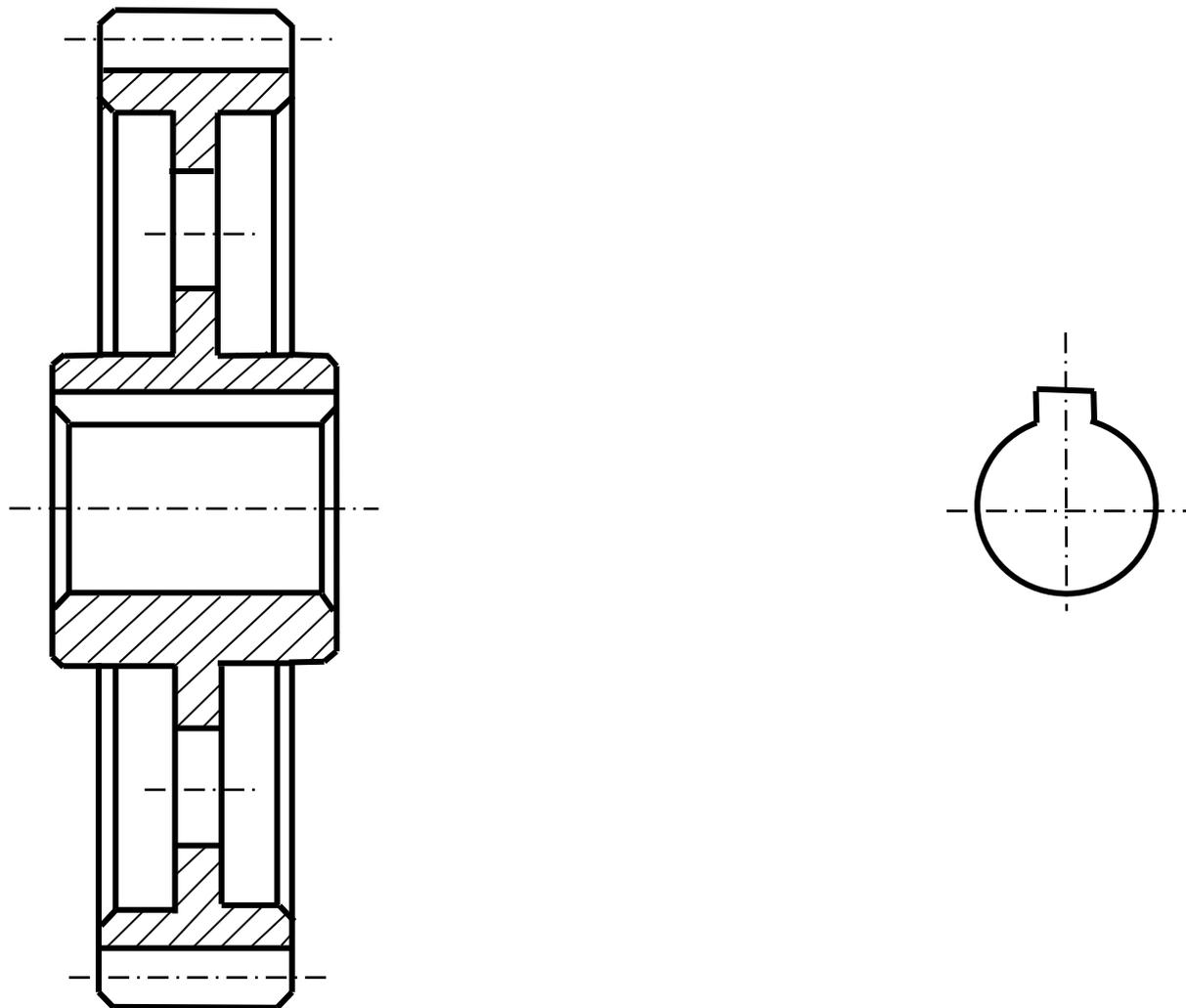


Диаметры впадин и вершин изображают сплошной основной линией, а делительный диаметр штрихпунктирной. Проводят ее ближе к вершинам, т.к. высота головки зуба колеса  $h_a = m$ , она меньше высоты ножки  $h_f = 1,25m$ .

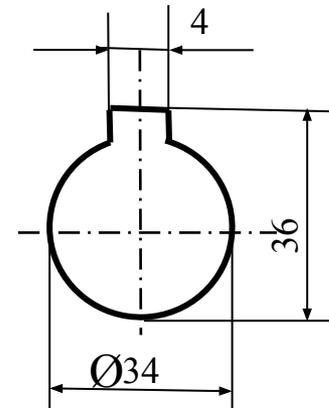
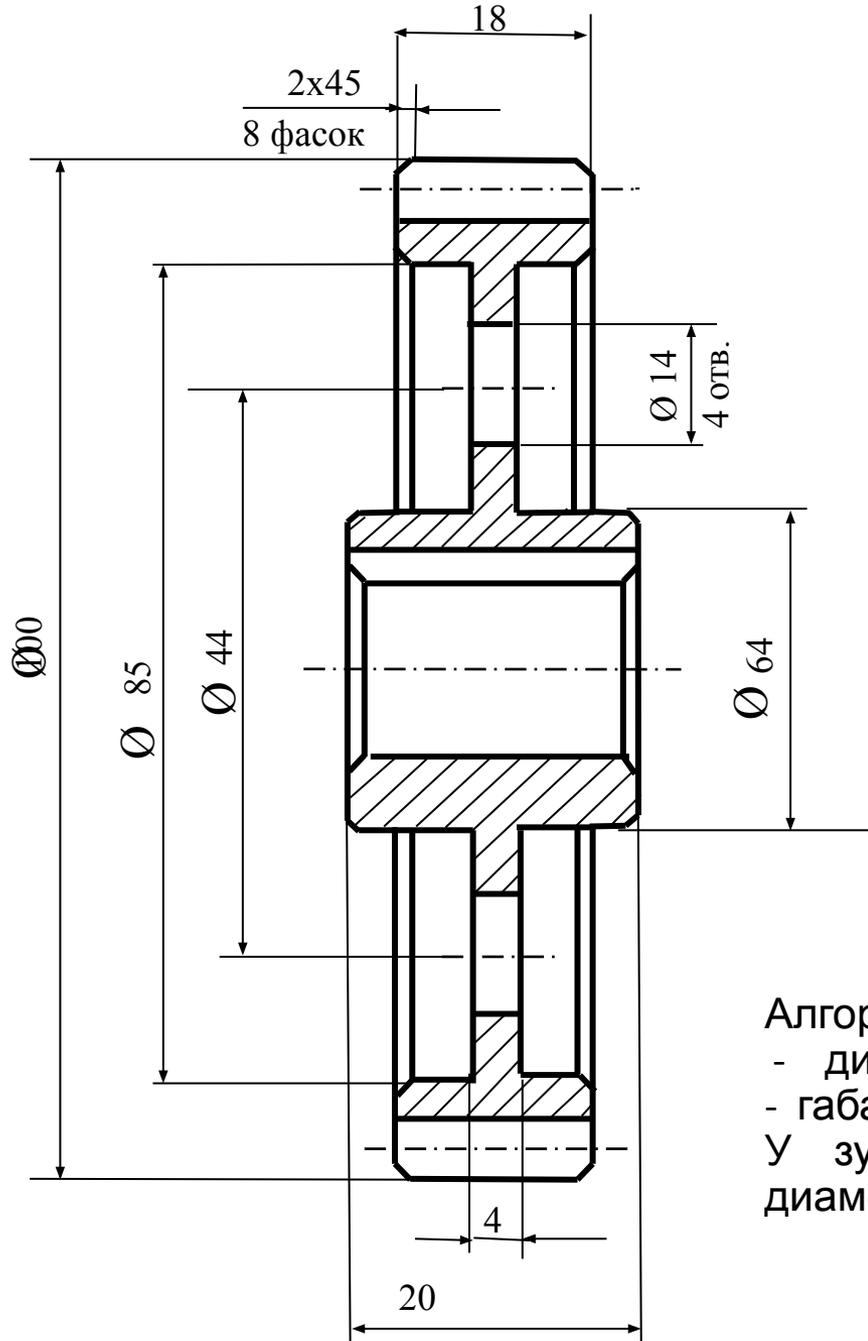
# Оформление обода и ступицы колеса



Построение на главном виде отверстий в тонком диске колеса и выполнение штриховки



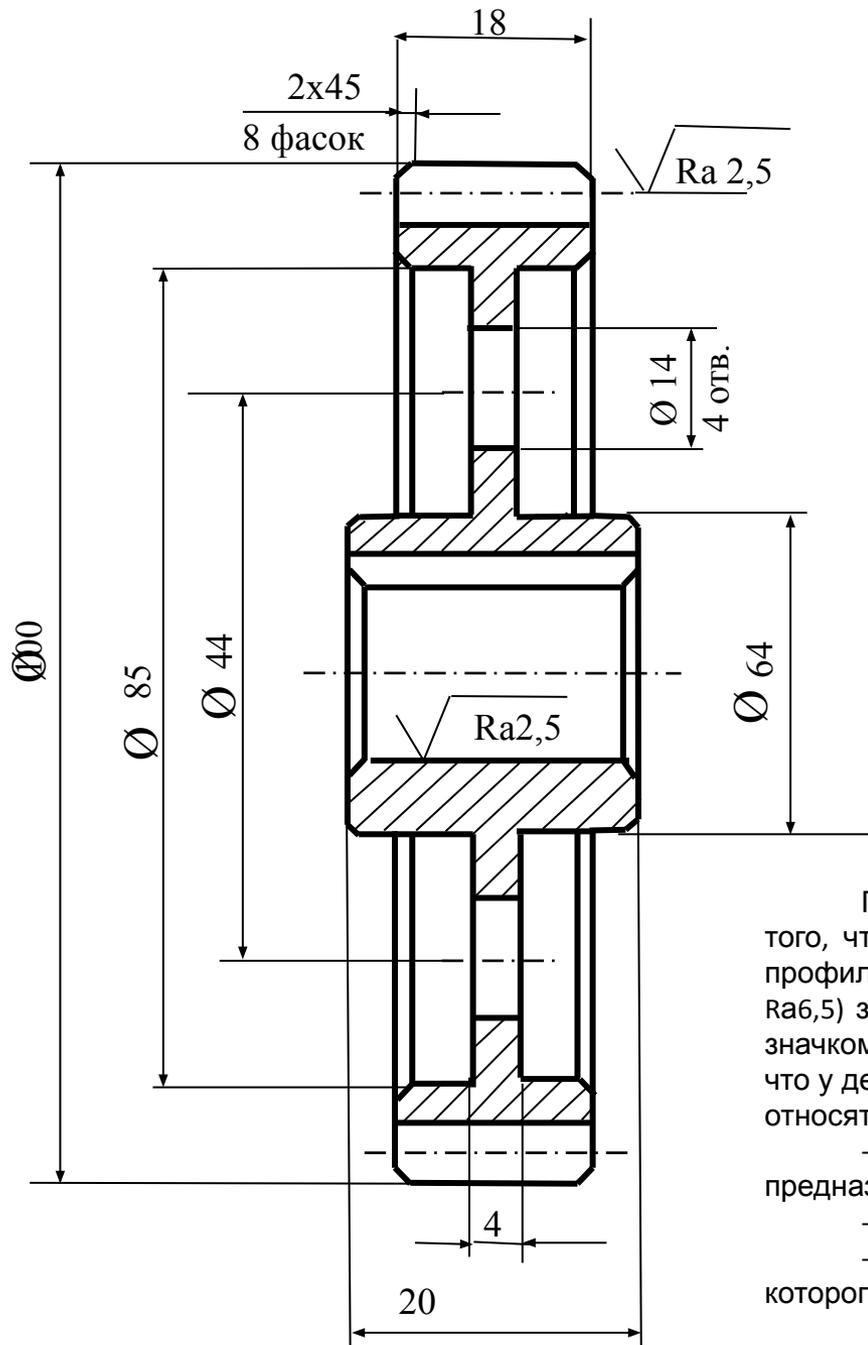
# Простановка размеров



Алгоритм простановки размеров:

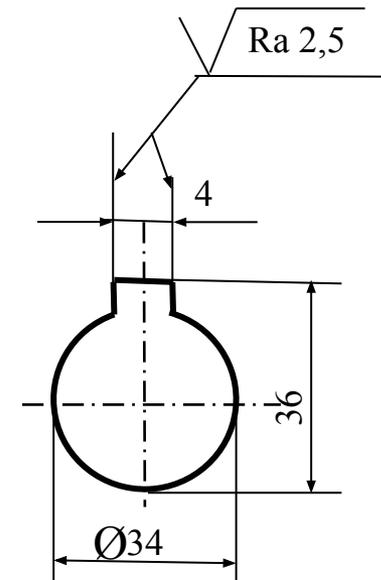
- диаметры;
- габариты

У зубчатого колеса после простановки всех диаметров остается только один габарит по ширине



## Простановка шероховатости поверхности

$\sqrt{\text{Ra 6,3 (V)}}$



Простановка шероховатости поверхности выполняется с учетом того, что небольшие зубчатые колеса выполняются из кругло катаного профиля. Поэтому основная обработка (шероховатость по параметру Ra6,5) записывается в правый верхний угол формата с дополнительным значком шероховатости поверхности в скобках, который указывает на то, что у детали есть поверхности с другой степенью шероховатости. К таким относятся:

- поверхность цилиндрического отверстия внутри колеса, предназначенного для посадки на вал;
- боковые поверхности шпоночного паза;
- боковая поверхность зуба колеса, степень шероховатости которого проставляют на линии делительного диаметра.

# Обозначение шероховатости поверхности

- Для измерения неровности поверхности используют несколько определяющих параметров:
- Ra- обозначает значение исследуемого профиля с возможным отклонением (среднеарифметическим) и измеряется в мкм;
- Rz – обозначает высоту измеряемых неровностей определяемую по 10 основным точкам в мкм;
- Rmax –максимальное допустимое значение параметра по высоте.

ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

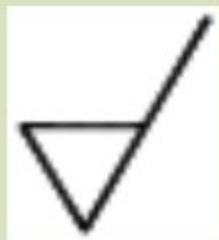
Обозначение классов чистоты поверхности по ГОСТ 2789-59		▽1	▽2	▽3	▽4	▽5	▽6	▽7	▽8	▽9	▽10	▽11	▽12	▽13	▽14
Обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-73	Rz=Rmax мкм	Rz320 √	Rz160 √	Rz80 √	Rz40 √	Rz20 √								Rz0,1 √	Rz0,05 √
	Ra наибольшее значение	80 √	40 √	20 √	10 √	5 √	2,5 √	1,25 √	0,63 √	0,32 √	0,16 √	0,08 √	0,04 √	0,02 √	0,01 √
	Ra предпочтит. значение	50 √	25 √	12,5 √	6,3 √	3,2 √	1,6 √	0,8 √	0,4 √	0,2 √	0,1 √	0,05 √	0,025 √	0,012 √	



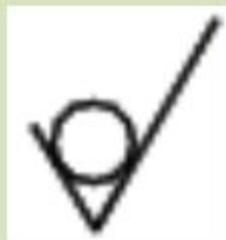
**Обозначение шероховатости на чертеже по ГОСТ 2.309**

Класс чистоты поверхности до 1975 г.	Параметры шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-53		Параметры шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-73			Способ обработки поверхности
			До 01.01.2005 г.		После 01.01.2005 г.	
	Rz, мкм	Ra, мкм	Rz, мкм	Ra, мкм	Ra, мкм	
~						Без обработки
▽1	Rz320	80	Rz200	50	$\sqrt{Ra\ 50}$	Газовая резка
▽2	Rz160	40	Rz100	25	$\sqrt{Ra\ 25}$	Вырубка. Зачистка ручной шлифовальной машиной
▽3	Rz 80	20	Rz50	12,5	$\sqrt{Ra\ 12,5}$	Сверление. Стругание. Фрезерование. Нарезание резьбы. Долбление. Точение. Растачивание.
▽4	Rz 40	10	Rz25	6,3	$\sqrt{Ra\ 6,3}$	
▽5	Rz 20	5,0	Rz12,5	3,2	$\sqrt{Ra\ 3,2}$	
▽6		2,5		1,6	$\sqrt{Ra\ 1,6}$	
▽7		1,25		0,8	$\sqrt{Ra\ 0,8}$	Шабрение. Шлифование.
▽8		0,63		0,4	$\sqrt{Ra\ 0,4}$	
▽9		0,32		0,2	$\sqrt{Ra\ 0,2}$	Шлифование. Полирование. Алмазное выглаживание.
▽10		0,16		0,1	$\sqrt{Ra\ 0,1}$	
▽11		0,08		0,05	$\sqrt{Ra\ 0,05}$	
▽12		0,04		0,025	$\sqrt{Ra\ 0,025}$	

## Знаки для обозначения шероховатости поверхности:



образована удалением слоя материала, например, точением, фрезерованием, сверлением и т.д.



образована без удаления слоя материала, например, литьем, прокатом, ковкой, волочением и т.д.

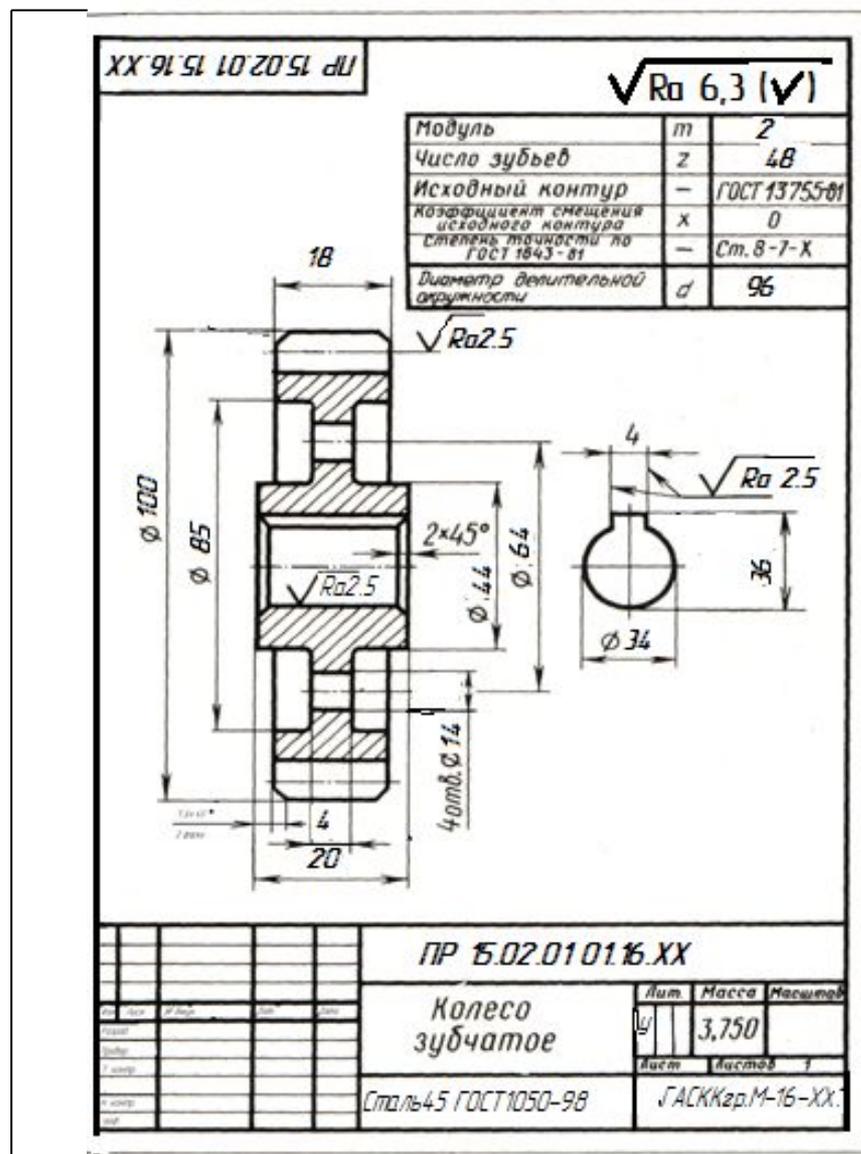


не обрабатывается по данному чертежу



с единственным видом обработки

# Колесо зубчатое



Определить разницу в конструкции данных колес

