

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Инженерная графика»

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов всех специальностей и направлений подготовки  
15.03.06 «Мехатроника и робототехника»  
и 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
очной и заочной форм обучения*

ЭСКИЗ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА



Могилев 2019

УДК 744  
ББК 30.11  
И62

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Инженерная графика» «30» августа 2019 г.,  
протокол № 1

Составители: ст. преподаватель О. А. Воробьева;  
ст. преподаватель Ж. В. Рымкевич

Рецензент канд. техн. наук А. П. Прудников

Методические указания предназначены для студентов технических специальностей и являются практическим руководством для самостоятельной работы при выполнении эскизов и рабочих чертежей деталей типа «Колесо зубчатое». Приведена последовательность выполнения чертежа.

Учебно-методическое издание

## ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Ответственный за выпуск	А. Ю. Поляков
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 115 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2019



## Содержание

1 Основные параметры зубчатых колес.....	4
2 Условные изображения на чертежах зубчатых колес (ГОСТ 2.402–68)....	6
3 Этапы подготовительной стадии выполнения эскиза колеса зубчатого.....	6
4 Этапы основной стадии выполнения эскиза колеса зубчатого.....	7
Список литературы.....	12
Приложение А.....	14
Приложение Б.....	16

## 1 Основные параметры зубчатых колес

Выполнение рабочих чертежей зубчатых колес часто представляет собой составление эскизов. Особенно это относится к учебной практике.

Эскиз (от фр. *esquisse* – предварительный набросок) – это чертеж временного характера, выполненный, как правило, без применения чертежных инструментов на любом материале без точного соблюдения масштаба, но с соблюдением пропорций отдельных составных частей детали. По содержанию он ничем не отличается от рабочего чертежа детали и выполняется с соблюдением правил и условностей, предусмотренных стандартами ЕСКД.

Эскизы составляют при проектировании новых машин, реконструкции существующих или при ремонте и паспортизации оборудования.

В методических рекомендациях рассмотрены правила и порядок выполнения эскизов детали типа «колесо зубчатое».

Колесо зубчатое – звено зацепления с замкнутой системой зубьев, предназначенное для передачи вращательного движения (рисунок 1).

В зацеплении двух зубчатых колес одно из колес называют шестерней. Шестерня – это зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев. Ведущим называют колесо, приводимое во вращение каким-либо двигателем, ведомым – колесо, которому сообщает движение парное зубчатое колесо.

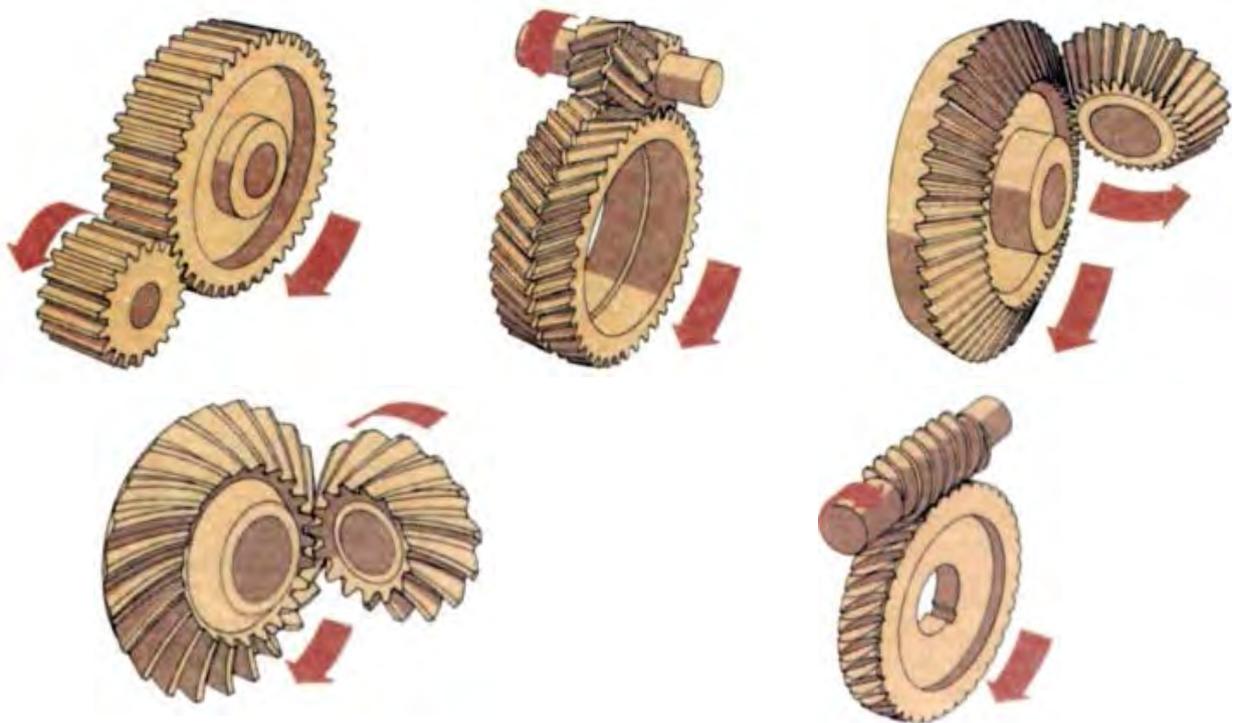


Рисунок 1 – Колесо зубчатое

Основные параметры цилиндрического зубчатого колеса показаны на рисунках 2 и 3.

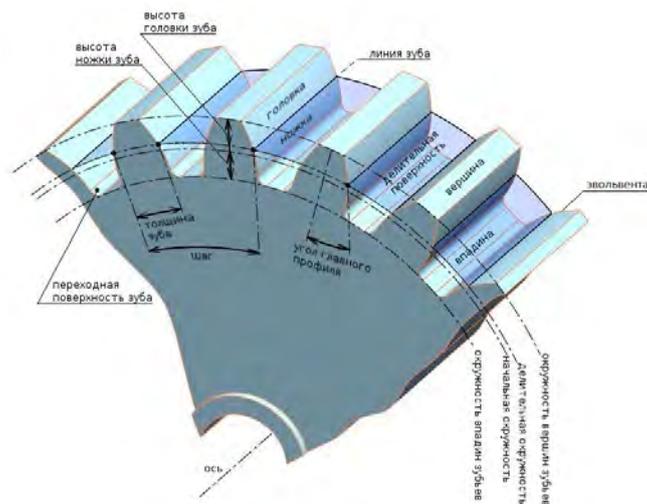


Рисунок 2 – Основные параметры цилиндрического зубчатого колеса

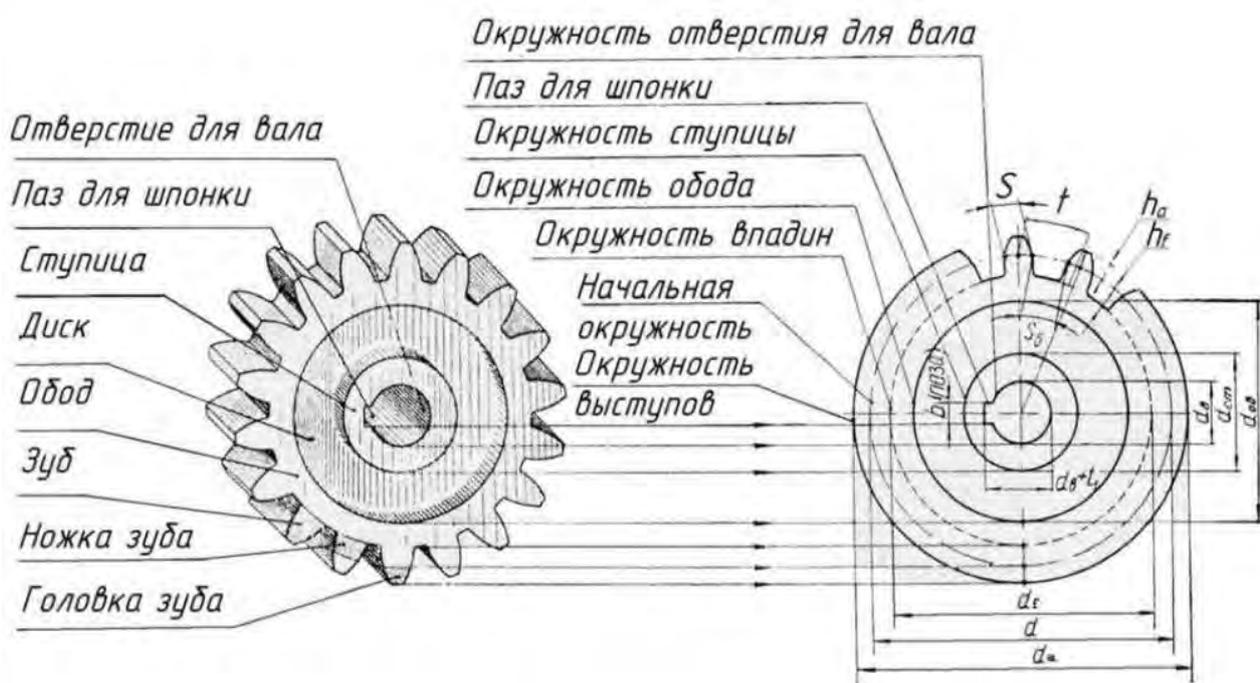


Рисунок 3 – Основные параметры цилиндрического зубчатого колеса

К основным параметрам зубчатых колес относятся:

– начальная окружность зубьев колеса  $d$  (делительный диаметр). По этой окружности происходит соприкосновение колес зубчатой пары и качение их одна по другой без скольжения;

– число зубьев  $z$ ;

– модуль  $t$  (является основным расчетным параметром зубчатого колеса); модуль – величина стандартная и выбирается из ряда чисел, который устанавливает ГОСТ 9563–60 (таблица Б.2). Модуль есть длина (в миллиметрах) диаметра делительной окружности, приходящаяся на один зуб зубчатого колеса:

$$m = \frac{d}{z}, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр делительной окружности;

$z$  – число зубьев зубчатого колеса;

– шаг зацепления  $p(t)$  – расстояние (в миллиметрах) между одноименными точками двух смежных зубьев, измеренное по делительной окружности;

– окружность выступов  $d_a$  ограничивает головку зубьев со стороны вершин;

– окружность впадин  $d_f$  проходит через основание впадин между зубьями;

– профиль зубьев колес чаще всего имеет форму эвольвенты.

## 2 Условные изображения на чертежах зубчатых колес (ГОСТ 2.402–68)

Основные правила условного изображения зубчатых колес:

– на главном изображении зубчатого колеса следует его ось изображать горизонтально;

– зубья зубчатых колес изображают только на осевых разрезах и сечениях; в остальных случаях зубья не вычерчивают и изображаемые детали ограничивают поверхностями выступов (вершин);

– окружности и образующие поверхностей выступов зубьев показывают сплошными основными линиями;

– делительные окружности показывают на всех изображениях штрихпунктирными тонкими линиями;

– окружности впадин зубьев показывают сплошными основными линиями, на видах допускается эти элементы показывать сплошными тонкими линиями;

– если секущая плоскость проходит через ось зубчатого колеса, то в разрезах и сечениях зубья условно совмещают с плоскостью чертежа и показывают не рассеченными;

– контуры невидимых элементов допускается не изображать.

## 3 Этапы подготовительной стадии выполнения эскиза колеса зубчатого

1 Осмотреть колесо, провести анализ его формы.

2 Определить наименование детали, принцип ее работы в изделии и материал, из которого она изготовлена.

3 Определить главное изображение колеса зубчатого, т. е. изображение на фронтальной плоскости проекций. При выборе главного изображения следует руководствоваться требованиями ГОСТ 2.402–68, т. е. на главном изображении ось колеса следует располагать параллельно основной надписи чертежа, т. е. горизонтально.

4 Определить необходимое количество изображений (видов, разрезов, сечений). Если в детали имеется шпоночный паз или шлицевое отверстие,



то изображений должно быть два – фронтальный разрез и вид слева (рисунки А.1 и А.2).

5 Определить примерный глазомерный масштаб и соотношения, т. е. пропорции между отдельными элементами зубчатого колеса. С учетом принятого количества изображений выбрать формат эскиза и его расположение. В учебной практике используют формат А3 или А4.

Эскизы рекомендуется выполнять на миллиметровой бумаге или на писчей бумаге в клетку. Эскиз выполняют от руки в тонких линиях чертежным карандашом средней твердости с последующей обводкой мягким карандашом.

#### 4 Этапы основной стадии выполнения эскиза колеса зубчатого

1 На выбранном формате в правом верхнем углу вычертить таблицу параметров (рисунок 4), в правом нижнем – основную надпись.

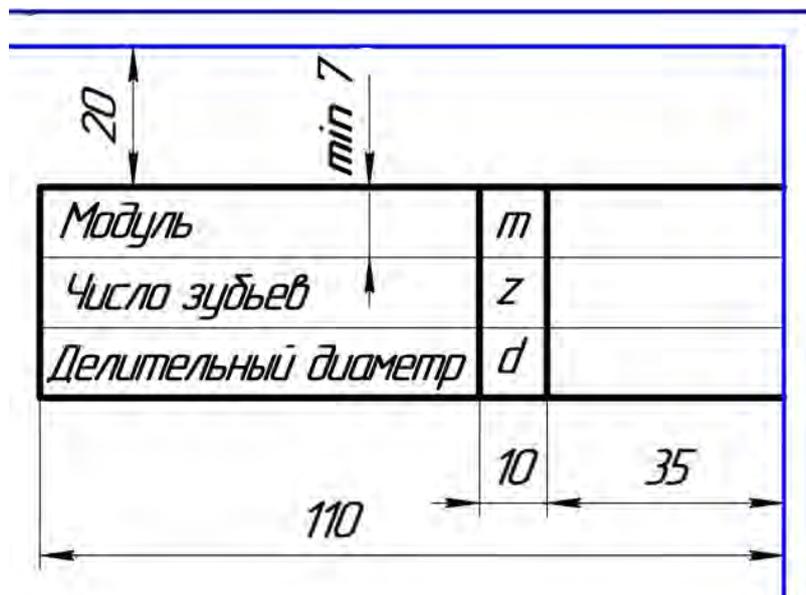


Рисунок 4 – Таблица параметров

2 На оставшемся поле формата зарисовать в виде прямоугольников клетки для намеченных изображений. Следует учитывать, что между изображениями должно быть свободное пространство, достаточное для нанесения размеров, надписей, обозначений шероховатостей поверхностей.

3 Нанести оси симметрии, центровые линии отверстий, пазов и т. д.

4 Вычертить очертания внешнего контура зубчатого колеса, выдерживая необходимые пропорции и соотношения между частями и элементами детали. При этом следует учитывать имеющиеся на колесе конструктивные и технологические элементы – фаски, проточки, резьбу, шпоночные пазы, шлицы и т. д. Так как большинство из этих элементов стандартизовано, то вычерчивать их следует согласно с требованиями соответствующих стандартов (таблица Б.2).

5 Вычертить намеченные изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы), позволяющие наиболее полно представить изображаемое колесо и уточнить отдельные его элементы.

6 Проверить выполненные изображения, удалить лишние линии, окончательно обвести линии основного контура мягким карандашом и заштриховать разрезы и сечения.

7 Нанести размеры. При нанесении размеров следует помнить, что размерные числа независимо от величины изображений должны соответствовать натуральной величине всех элементов колеса. Каждый размер наносят только один раз и на том изображении, где наиболее полно выражена форма соответствующего элемента колеса. Общее количество размеров на эскизе должно быть минимальным и в то же время достаточным для изготовления и контроля детали.

На эскизе колеса зубчатого размеры наносятся с учетом конструктивных особенностей работы детали, технологии ее изготовления, а также необходимости контроля размеров. Так как студенты первого и второго курсов еще не изучали специальных дисциплин, позволяющих учесть все особенности конструирования, изготовления и контроля зубчатых колес, рассмотрим только порядок нанесения расчетных размеров и размеров, определяющих конструктивные особенности.

Начинать нанесение размеров следует с размерных линий, в первую очередь основных: габаритных и размеров, определяющих параметры зубьев зубчатого колеса, затем размеров стандартизированных элементов – фасок, шпоночных пазов, шлицев, канавок для выхода шлифовального круга и др., руководствуясь требованиями ГОСТ 2.307–68, ГОСТ 2.403–75 и справочными данными, приведенными в таблице Б.1 и на рисунке Б.1.

8 Обмер деталей. Для определения действительных и расчетных размеров колеса зубчатого используют различные мерительные инструменты: металлическую линейку, штангенциркуль, кронциркуль, микрометр, нутромер и др. (рисунок 5).

8.1 Измерить с помощью штангенциркуля (рисунок б) диаметр выступов (вершин) зубчатого колеса  $d_a$ .

8.2 Подсчитать число зубьев  $z$  зубчатого колеса.

8.3 Определить расчетную величину модуля по формуле

$$m = \frac{d_a}{z + 2}. \quad (2)$$

Предположим, что  $d_a = 88$  мм, число зубьев  $z = 28$ , тогда

$$m = \frac{88}{28 + 2} = 2,93 \text{ мм.}$$



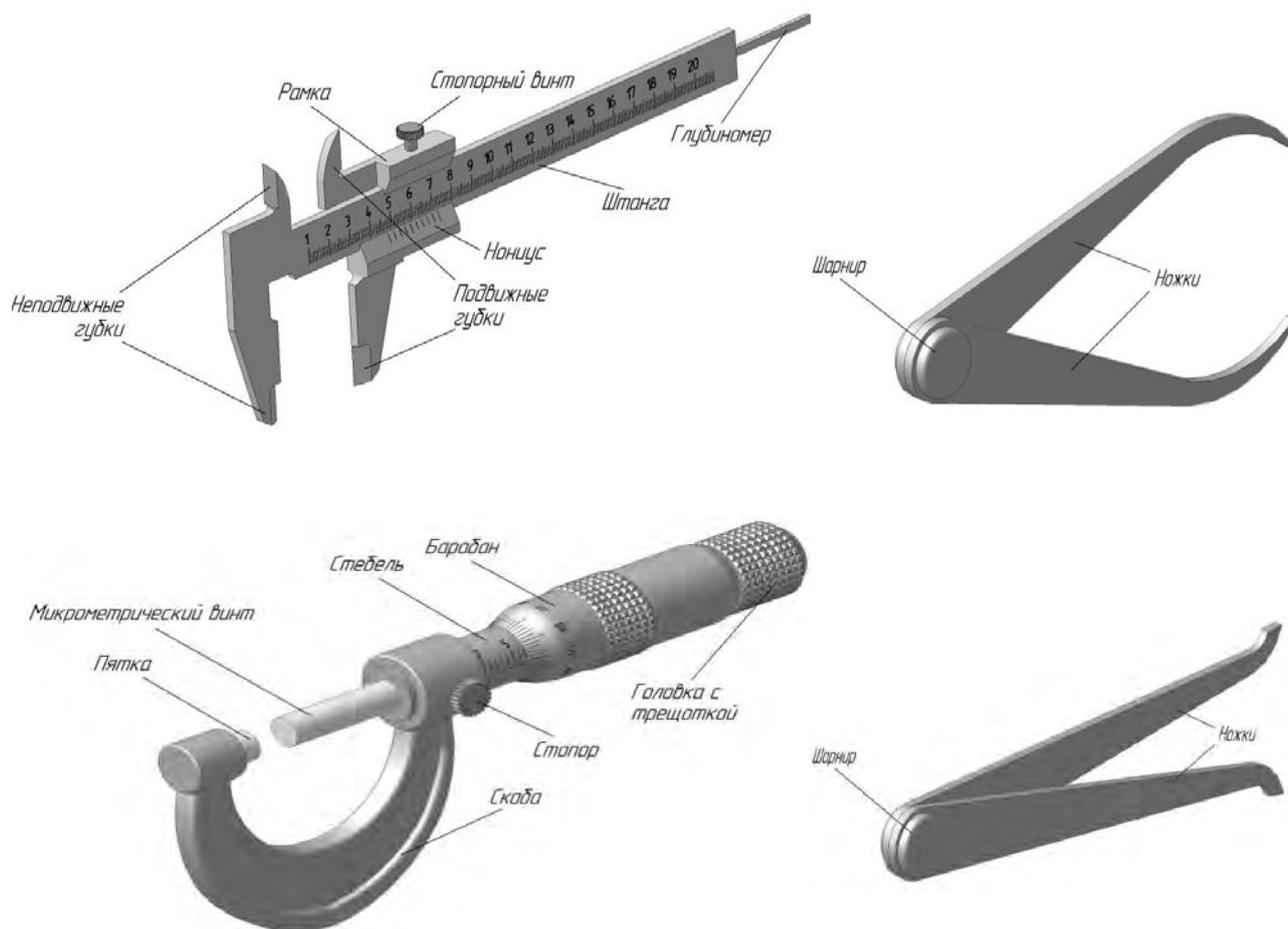


Рисунок 5 – Мерительные инструменты



Рисунок 6 – Замер диаметра выступов колеса зубчатого

Сравниваем полученное число со стандартным рядом модулей (см. таблицу Б.2) и находим, что такого модуля нет. В этом случае следует принимать ближайшее значение модуля, т. е. 3 мм.

Пересчитываем диаметр окружности выступов по формуле

$$d_a = m \cdot (z + 2) \quad (3)$$

$$d_a = 3 \cdot (28 + 2) = 90 \text{ мм.}$$

8.4 По принятому стандартному модулю определяем  
– делительный диаметр

$$d = m \cdot z, \quad (4)$$

– диаметр впадин

$$d_f = m \cdot (z - 2,5). \quad (5)$$

8.5 Измерить остальные размеры отдельных элементов колеса (ширину ступицы, диаметр отверстия с размерами шпоночного паза или размеры шлицевого отверстия) (рисунок 7), уточняя полученные данные со стандартными (таблицы Б.3–Б.5).

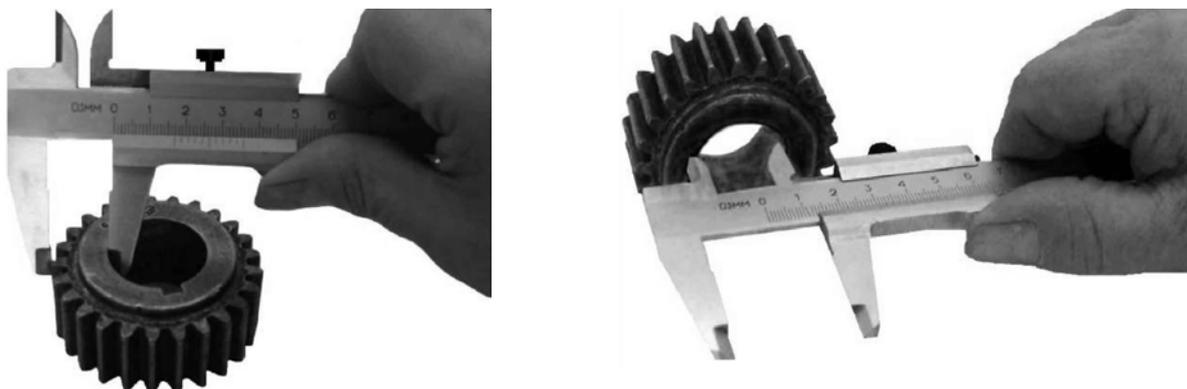


Рисунок 7 – Замер размеров колеса зубчатого

8.6 Заполнить таблицу параметров зубчатого колеса.

9 Обозначить шероховатости поверхностей. Определить и нанести обозначения шероховатости отдельных поверхностей зубчатого колеса. В учебных условиях для этих целей используют эталоны шероховатости поверхностей. При нанесении обозначений шероховатости поверхностей следует руководствоваться ГОСТ, методическими указаниями «Обозначение шероховатости на чертеже» [21] и рекомендуемыми значениями шероховатости поверхностей цилиндрических зубчатых колес (таблица Б.6).

10 Выполнить все необходимые надписи, заполнить основную надпись чертежа, указав в графе 1 обозначение чертежа, в графе 2 – наименование детали, в графе 3 – марку материала и ГОСТ (рисунок 8).

					№ задания    № варианта    № листа			
					XX.XX.XX(1)			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Вал (2)	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>								
<i>Пров.</i>								
<i>Т.контр.</i>						<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
<i>Н.контр.</i>						2р.		
<i>Утв.</i>								
					Сталь 40 ГОСТ 1050-2013 (3)			

Рисунок 8 – Заполнение основной надписи чертежа

На рисунках А.1 и А.2 представлены образцы выполнения эскиза колеса зубчатого.

## Список литературы

- 1 ГОСТ 2.301–68. Форматы. – Минск: Госстандарт, 2010. – 4 с.
- 2 ГОСТ 2.303–68. Линии. – Минск: Госстандарт, 2010. – 8 с.
- 3 ГОСТ 2.304–81. Шрифты чертежные. – Минск: Госстандарт, 2010. – 23 с.
- 4 ГОСТ 2.305–2008. Изображения-виды, разрезы, сечения. – Минск: Госстандарт, 2010. – 28 с.
- 5 ГОСТ 2.307–2011. Нанесение размеров и предельных отклонений. – Минск: Госстандарт, 2011. – 28 с.
- 6 ГОСТ 2.309–2011. Обозначения шероховатости поверхностей. – Минск: Госстандарт, 2010. – 9 с.
- 7 ГОСТ 2.311–68. Изображение резьбы. – Минск: Госстандарт, 2010. – 7 с.
- 8 ГОСТ 2.409–74. Правила выполнения чертежей зубчатых (шлицевых) соединений. – Москва: Изд-во стандартов, 1974. – 11 с.
- 9 ГОСТ 1139–80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски. – Минск: Госстандарт, 2011. – 9 с.
- 10 ГОСТ 8724–2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги. – Минск: Госстандарт, 2004. – 7 с.
- 11 ГОСТ 10549–80. Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски. – Москва: Изд-во стандартов, 1982. – 12 с.
- 12 ГОСТ 10948–64. Радиусы закруглений и фаски. Размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 1986. – 2 с.
- 13 ГОСТ 13942–86. Кольца пружинные упорные плоские наружные эксцентрические и канавки для них. Конструкция и размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 12 с.
- 14 ГОСТ 14034–74. Отверстия центровые. Размеры. – Минск: Госстандарт, 2008. – 124 с.
- 15 ГОСТ 21474–75. Рифления прямые и сетчатые. Форма и основные размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 1985. – 3 с.
- 16 ГОСТ 23360–78. Шпонки призматические. Размеры, допуски и посадки. – Москва: Изд-во стандартов, 1981. – 14 с.
- 17 ГОСТ 24071–97. Основные нормы взаимозаменяемости. Сегментные шпонки и шпоночные пазы. – Минск: Госстандарт, 2000. – 6 с.
- 18 Зеленый, П. В. Инженерная графика. Практикум по проекционному черчению: учебное пособие / П. В. Зеленый, Е. И. Белякова; под ред. П. В. Зеленого. – Минск: БНТУ, 2014. – 200 с.
- 19 Большаков, В. П. Инженерная и компьютерная графика. Изделия с резьбовыми соединениями: учебное пособие для академ. бакалавриата / В. П. Большаков, А. В. Чагина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2016. – 167 с.
- 20 Ефремов, Г. В. Инженерная и компьютерная графика на базе графических систем: учебное пособие / Г. В. Ефремов, С. И. Ньюкалова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2018. – 264 с.
- 21 Инженерная графика: Обозначение шероховатости на чертеже: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов всех



специальностей и направлений подготовки 27.03.05 «Инноватика», 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» дневной и заочной форм обучения / Сост. Н. Н. Гобралев. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – 14 с.

22 Инженерная графика. Инженерная и компьютерная графика. Начертательная геометрия и инженерная графика. Выполнение эскиза зубчатого колеса: методические указания к практическим занятиям для студентов технических специальностей / Сост. А. П. Смоляр, Э. Е. Добровольская. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – 18 с.





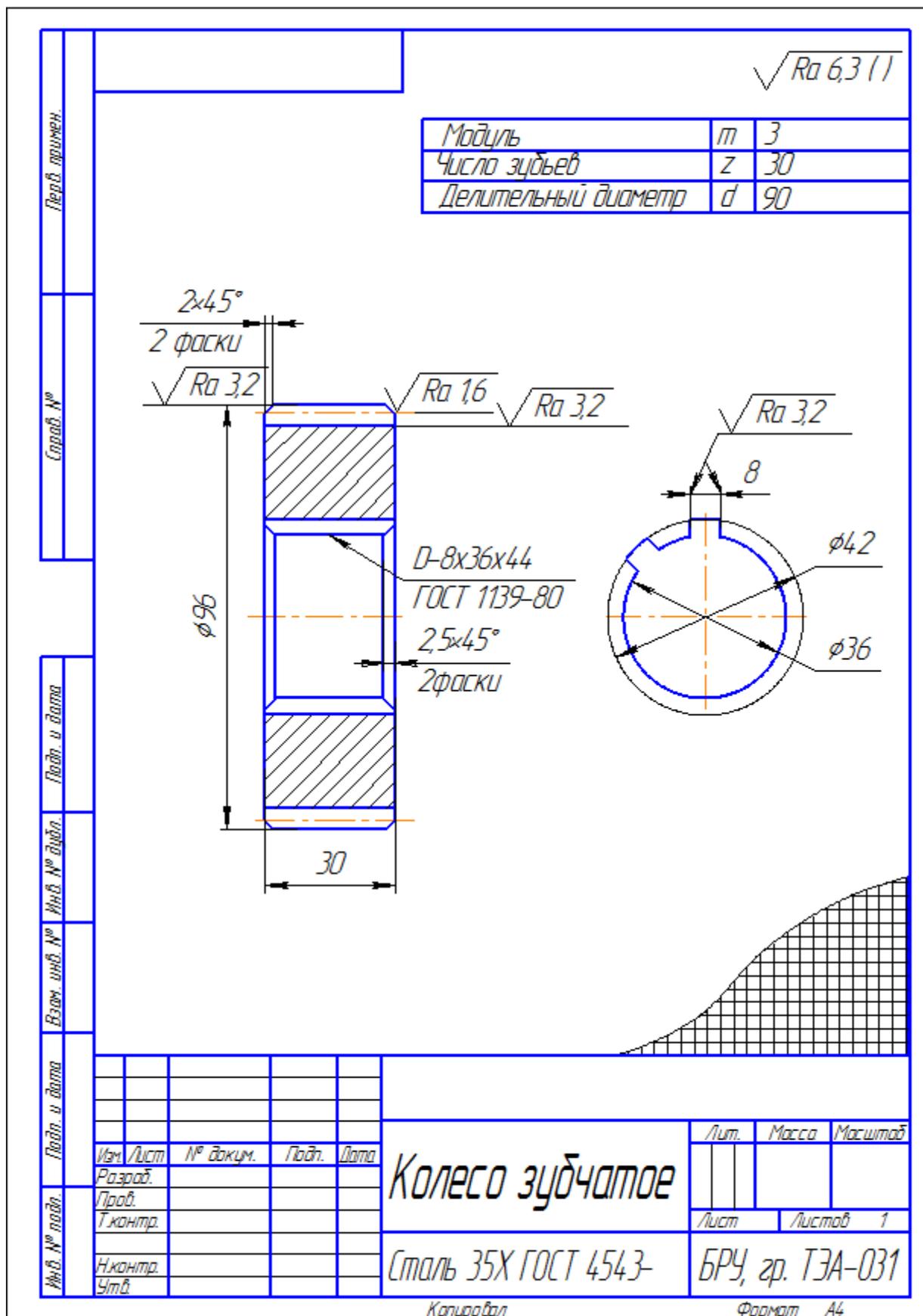


Рисунок А.2 – Образец выполнения эскиза колеса зубчатого

## Приложение Б (справочное)

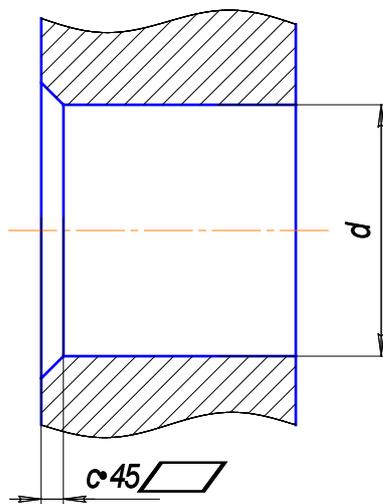


Рисунок Б.1 – Фаски по ГОСТ 10948–64

Размер «с» выбирают из ряда чисел таблицы Б.1.

Таблица Б.1– Размеры фасок «с» по ГОСТ 10948–64

В миллиметрах

$d$	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 28	Св. 28 до 46	Св. 46 до 68
$c$	1,0	1,6	2,0	2,5	3,0

Таблица Б.2 – Колеса зубчатые. Модули. (ГОСТ 9563–60 (СТ. СЭВ 310–76))

В миллиметрах

І ряд	ІІ ряд						
1		2,5		6		16	
	1,125		2,75		7		18
1,25		3		8		20	
	1,375		3,5		9		22
1,5		4		10		25	
	1,75		4,5		11		28
2		5		12		32	
	2,25		5,5		14		36

*Примечание* – числовые значения модулей должны соответствовать указанным в таблице (ряд І следует предпочитать ряду ІІ)

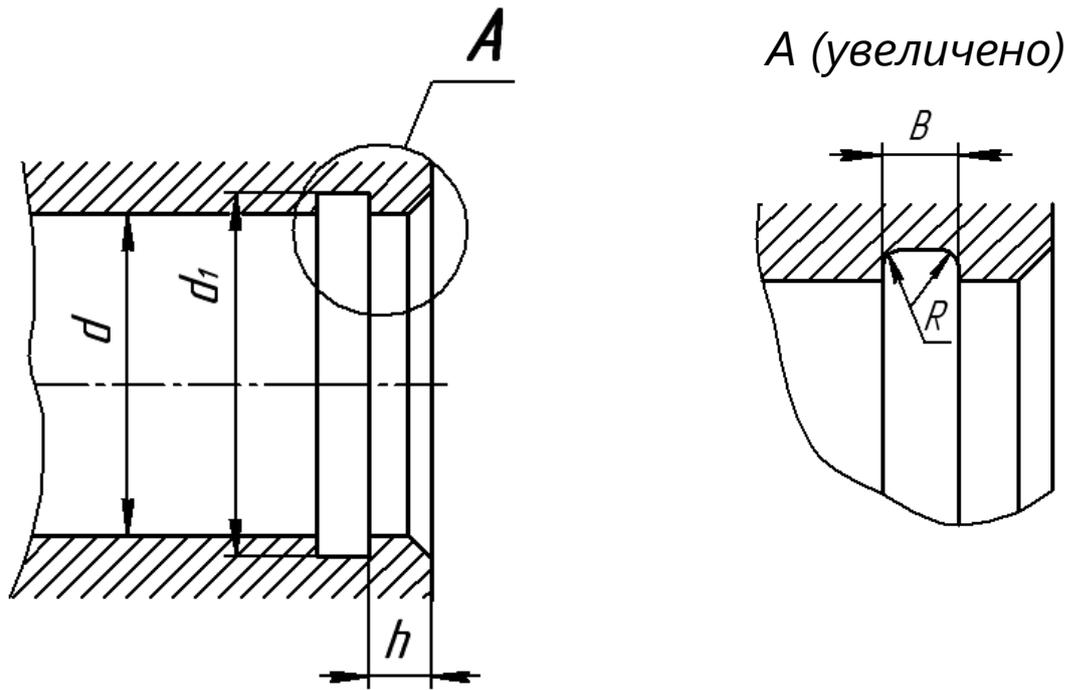


Рисунок Б.2 – Канавки для пружинных упорных плоских внутренних колец

Таблица Б.3 – Канавки для пружинных упорных плоских внутренних колец. Размеры по ГОСТ 13943–86

В миллиметрах

$d$	$d_1$	$B$	$R$	$h$	$d$	$d_1$	$B$	$R$	$h$			
21	22,4	1,2	0,1	2,1	32	33,8	1,4	0,1	2,7			
22	23,4				34	35,7						
23	24,5	1,4		2,3	35	37			3,0			
24	25,5				36	38						
25	26,5				37	39						
26	27,5				38	40						
28	29,5				40	42,5				1,9	0,2	3,8
29	30,5				42	44,5						
30	31,5	45		47,5								

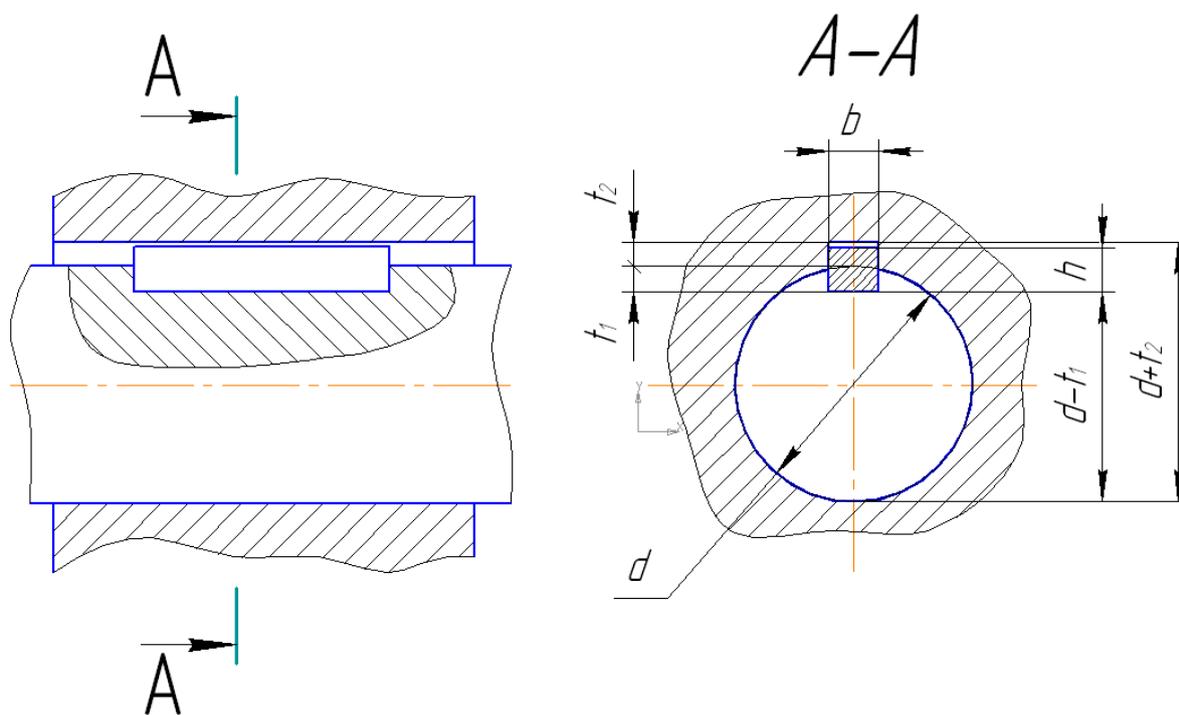


Рисунок Б.3 – Призматические шпонки и шпоночные пазы (ГОСТ 23360–78)

Таблица Б.4 – Размеры призматических шпонок и шпоночных пазов по ГОСТ 23360–78

В миллиметрах

Диаметр вала $d$	Сечение шпонки $b \times h$	Длина шпонки $l$	Шпоночный паз	
			Вал $t_1$	Втулка $t_2$
От 6 до 8	2×2	6...20	1,2	1,0
Св. 8 до 10	3×3	6...36	1,8	1,4
Св. 10 до 12	4×4	8...45	2,5	1,8
Св. 12 до 17	5×5	10...56	3,0	2,3
Св. 17 до 22	6×6	14...70	3,5	2,8
Св. 22 до 30	8×7	18...63	4,0	3,3
Св. 30 до 38	10×8	22...110	5,0	3,3
Св. 38 до 44	12×8	28...140	5,0	3,3
Св. 44 до 50	14×9	36...160	5,5	3,8
Св. 50 до 58	16×10	45...180	6,0	4,3

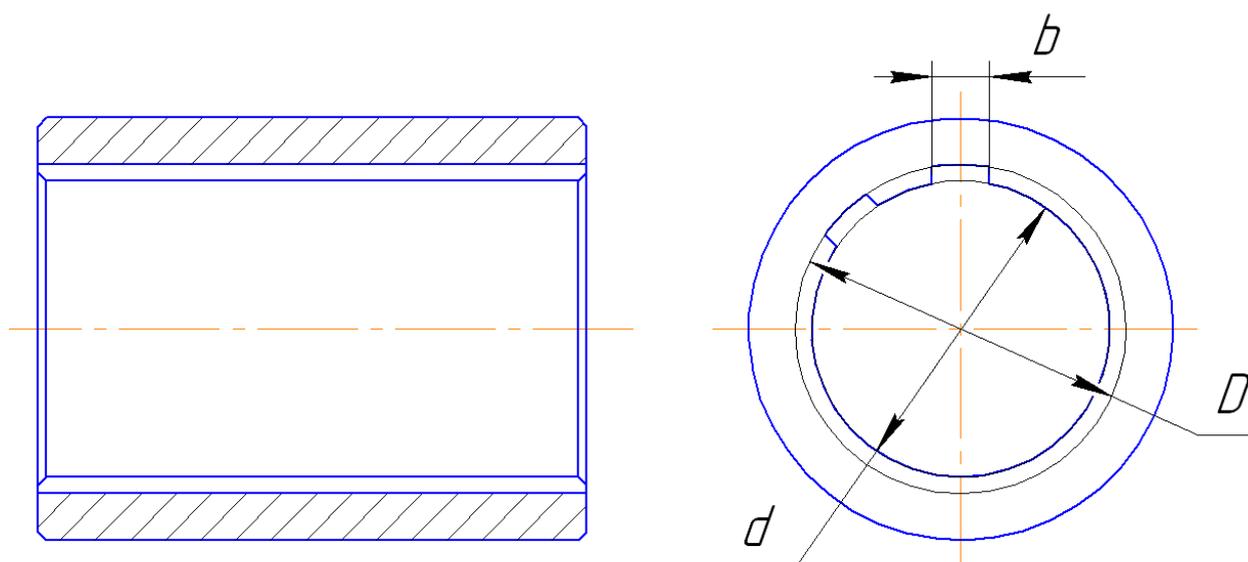


Рисунок Б.4 – Шлицы. Соединения прямоугольные. (ГОСТ 1139–80)

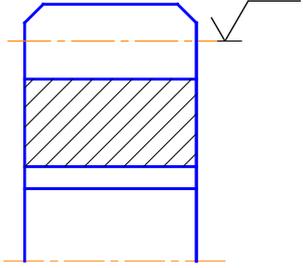
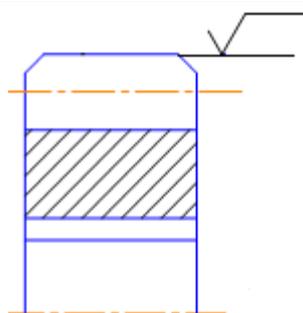
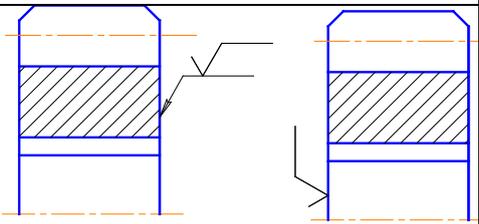
Таблица Б.5 – Шлицы. Соединения прямоугольные. Размеры (мелкая и средняя серии)  
(ГОСТ 1139–80)

В миллиметрах

$z \times d \times D$	Число зубьев $z$	$d$	$D$	$b$
<i>Легкая серия</i>				
6×23×26	6	23	26	6
6×26×30	6	26	30	6
6×28×32	6	28	32	7
8×32×36	8	32	36	6
8×36×40	8	36	40	7
8×43×46	8	42	46	8
8×46×50	8	46	50	9
<i>Средняя серия</i>				
6×11×14	6	11	14	3
6×13×16	6	13	16	3,5
6×16×20	6	16	20	4
6×18×22	6	18	22	5
6×21×25	6	21	25	5
6×23×28	6	23	28	6
6×26×32	6	26	32	6
6×28×34	6	28	34	7
8×32×38	8	32	38	6
8×36×42	8	36	42	7
8×42×48	8	42	48	8

Таблица Б.6 – Рекомендуемые значения шероховатостей поверхностей цилиндрических зубчатых колес  $Ra$

В микрометрах

Наименование поверхности	Класс шероховатости					Рисунок
	3	4	5	6	7	
Боковые поверхности зубьев	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	
Цилиндр выступов (вершин)	12,5	6,3	3,2	1,6		
Базовый торец	12,5	6,3	3,2			
Пазы шпоночные			3,2			