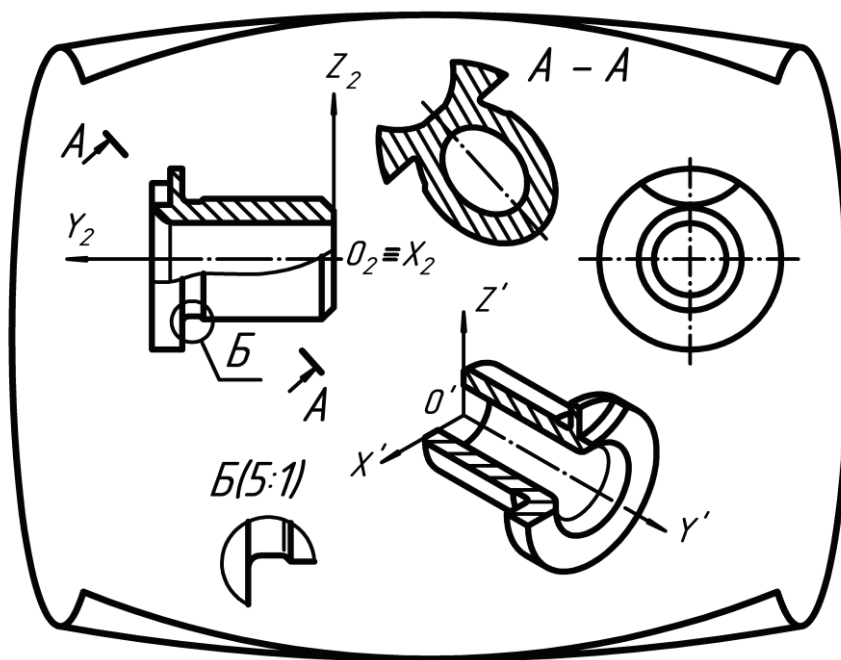




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)



*Руководство  
по инженерной графике:*

# Эскизирование. Шероховатость поверхности. Изображение зубчатых зацеплений

Учебно-методическое пособие  
для студентов всех специальностей  
и форм обучения

РОСТОВ-НА-ДОНУ

2020

**Составители:** Ю.А. Акименко, Г.Г. Цорданиди, О.П. Чередниченко

УДК 514.18(076.1)

РУКОВОДСТВО ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ: ЭСКИЗИРОВАНИЕ.  
ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ. ИЗОБРАЖЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ. Учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей и форм обучения /Ростов-на-Дону; Издательский центр ДГТУ, 2020. — 14 с.

Содержит вводные, справочные и методические материалы по изучаемой теме. Рекомендуется использовать при выполнении упражнений в рабочей тетради и индивидуальных графических заданий по дисциплине «Инженерная графика».

Научный редактор  
Доктор технических наук, профессор

Г.А. Кузин

Рецензент  
Профессор

М.В. Савенков

## 1. ЭСКИЗИРОВАНИЕ

Конструкторский документ (КД) для изготовления детали может быть выполнен в виде чертежа или эскиза. **Чертеж детали** это КД, содержащий изображение детали и другие данные для её изготовления и контроля. Он выполняется с использованием чертёжных инструментов или компьютера на стандартном формате, с использованием стандартного масштаба. Чертеж временного характера, выполненный на стандартном формате «от руки» в «глазомерном масштабе» и содержащий все сведения для изготовления и контроля детали, называется эскизом.

**Различают два вида эскизов: проектные и снятые с натуры.** Первые выражают замысел конструктора при создании нового объекта; вторые отражают реальные объекты и снимаются с натуры при паспортизации, ремонте, модернизации оборудования, приспособлений, устройств и деталей, а также в учебных целях.

### 1.1 Требования, предъявляемые к эскизам

К эскизу предъявляются те же требования, что и к чертежу.

Эскиз выполняется на чертёжной бумаге стандартного формата. Допускается использовать миллиметровку, а, в учебных целях, двойные тетрадные листы в клетку. От руки выполняется рамка чертежа и основная надпись.

Эскиз должен содержать:

- 1) необходимое число изображений (видов, разрезов, сечений, выносных элементов), дающих исчерпывающее представление о конструкции детали;
- 2) все размеры;
- 3) сведения о материале и шероховатости поверхностей;
- 4) необходимые технические требования.

### 1.2 Выбор главного вида

Правильный выбор главного вида обеспечивает такое важное качество чертежа, как удобочитаемость. **Главный вид должен давать наибольшее представление о форме и размерах детали. Это, как правило, наиболее характерное и узнаваемое изображение деталей данного класса. При верно выбранном главном виде число других изображений — минимальное, но дающее полное представление о конструкции и размерах детали.**

**Изображение детали на главном виде должно:**

- а) соответствовать её характерному положению на станке в процессе типичной для этой детали обработки,
- б) иметь наибольшее число видимых очертаний.

Примеры выбора главного вида для различных деталей (рис. 1):

- а) тел вращения (ось вращения параллельна основной надписи, бо́льшая по диаметру часть детали – слева);
- б) – плоских (главный вид тот, на котором можно указать толщину детали);
- в) – корпусных (опорная поверхность параллельна основной надписи).

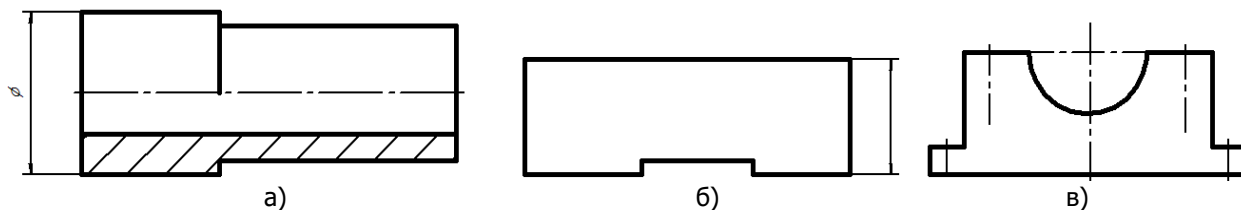


Рис. 1 □

### 1.3 Выбор формата эскиза и расположение основной надписи

Формат чертёжного листа определяется не размерами детали, а её сложностью. Для сложной детали потребуется много изображений, размеров и, следовательно, большой формат. Для простых деталей в учебных целях допускается выполнять эскизы на двойных тетрадных листах в клетку, приблизительно соответствующих формату А4 или А3. Рамку (например, для формата А4) чертят от руки на расстоянии одной клетки от края листа (5 мм) с трёх его сторон. Затем чертят или штампуют с помощью резинового клише основную надпись вдоль короткой стороны формата, после чего проводят замыкающую линию рамки с учётом длины основной надписи. Для формата А3 тетрадные листы предварительно склеиваются. Расположение основной надписи на форматах больших А4 выбирают с учётом удобства чтения чертежа и оптимального размещения изображений, включая размеры, на листе.

### 1.4 Понятие о поверхностях и базах

1.4.1 Поверхности детали в зависимости от их взаимного положения в изделии могут быть сопрягаемыми, привалочными или свободными. **Сопрягаемые поверхности** это те поверхности детали, которые, соприкасаясь с поверхностью других деталей изделия, являются охватывающими или охватываемыми. К ним предъявляются повышенные требования в отношении точности и шероховатости поверхности ( $Ra=0,63...2,5$ ). **Привалочными** – называются поверхности, соприкасающиеся с поверхностями других деталей без охвата. Требования в отношении точности и шероховатости поверхностей – менее жёсткие ( $Ra=1,25...6,3$ ). **Свободными** называются поверхности, не соприкасающиеся с другими деталями. Требования в отношении точности и шероховатости – минимальные ( $Ra=12,5...50$ ). Упомянутые поверхности указаны на детали «Корпус подшипника» на рис. 2.

1.4.2 **Базой** называется поверхность, линия или точка относительно которой ориентируют другие поверхности детали при её проектировании, обработке или измерении. Соответственно различают базы конструкторские, технологические и измерительные. Базы бывают реальные (действительные поверхности) и условные (скрытые) в виде воображаемых плоскостей, осей, точек. Для детали «Корпус подшипника» конструкторская, технологическая и измерительная базы совпадают с опорной привалочной поверхностью (см. рис. 2).

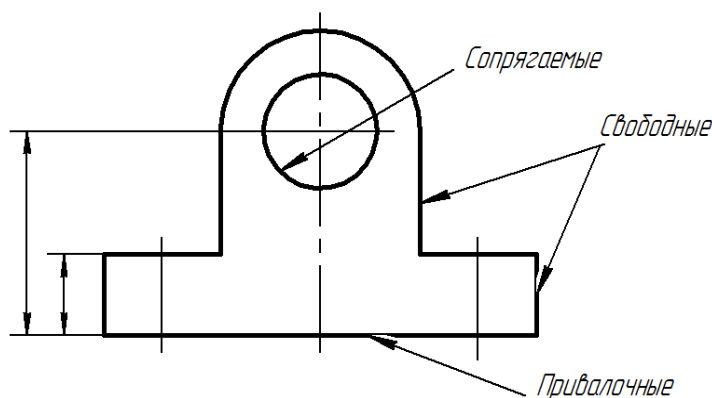


Рис. 2

### 1.5 Задание размеров

1.5.1 Различают размеры, определяющие форму и положение конструктивных элементов (поверхностей):

- $\varnothing 8$  – это размер формы (рис. 3);
- 14 и 15 – это размеры положения.

**Размеры, определяющие форму и положение какого-либо элемента, следует группировать в одном изображении** На рис. 3 размеры, определяющие форму и положение отверстия даны на виде сверху, а прямоугольного паза – на главном виде.

1.5.2 В зависимости от точности обрабатываемых поверхностей применяется **три системы задания размеров положения**.

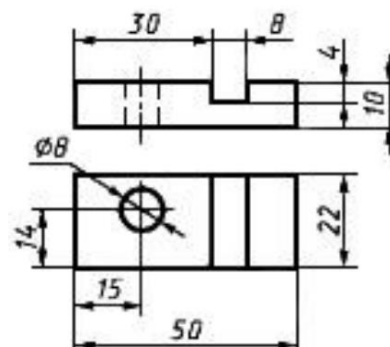


Рис. 3

**Цепная** – предусматривает задание размеров положения отдельных элементов последовательно (рис. 4, а). На токарном станке обработка ведётся справа налево. Погрешности по длине при обработке каждого из первых 3-х звеньев небольшие, а для четвёртого (замыкающего) звена погрешность по длине будет равна сумме погрешностей всех четырёх звеньев. **Поэтому в размерной цепи один размер (обычно наименее ответственный) должен быть свободным.**

Иногда замыкающий размер указывают со звёздочкой как справочный. Напомним, что **справочные размеры не подлежат выполнению по данному чертежу** и указываются для большего удобства его чтения.

**Координатная** – характеризуется тем, что размеры задают от одной и той же базы (рис. 4, б). В этом случае погрешность изготовления длины каждого звена будет равна сумме погрешностей изготовления двух смежных координатных размеров.

**Комбинированная** – является сочетанием цепной и координатной систем и применяется чаще всего (рис. 4, в).

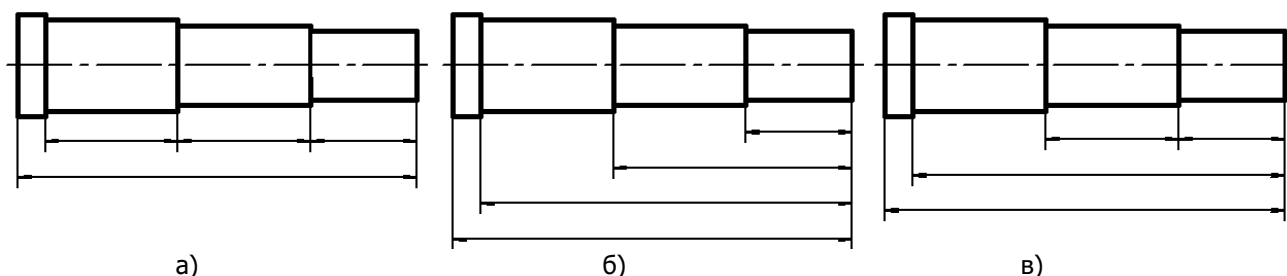


Рис. 4

1.5.3 Измеренные величины линейных и угловых размеров следует округлить до ближайших предпочтительных значений, установленных ГОСТ 6636-69 и ГОСТ 8908-81 (четыре ряда чисел для линейных и три ряда – для угловых размеров) и затем их проставить на эскизе.

## 2. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ (ГОСТ 2789-73, ГОСТ 2.309-73)

### 2.1 Общие положения

**Шероховатость** – совокупность неровностей с относительно малым шагом. Шероховатость поверхности измеряется в *мкм* (профилометром, двойным микроскопом, методом сравнения с эталонными образцами) и характеризуется параметрами:

$R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля от средней линии, *мкм*;

$R_z$  – средняя высота профиля по десяти точкам, *мкм*.

Ниже дана расчетная схема определения шероховатости в пределах базовой длины  $L$ . Чем глаже поверхность, тем короче базовая длина (рис. 5). Волнистая линия – увеличенная профилограмма обработанной поверхности.

Рекомендуемые значения шероховатости, *мкм*:

$R_a$  100, 50, 25, 12.5, 6.3, 3.2, 1.6, 0.8, 0.4, 0.2, 0.1, 0.05, 0.025, 0.012;

$R_z$  400, 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.3, 3.2, 1.6, 0.8, 0.4, 0.2, 0.1, 0.05, 0.025.

Численное значение параметра  $R_z$  вчетверо превосходит соответствующее значение параметра  $R_a$ . Предпочтение даётся параметру  $R_a$ .

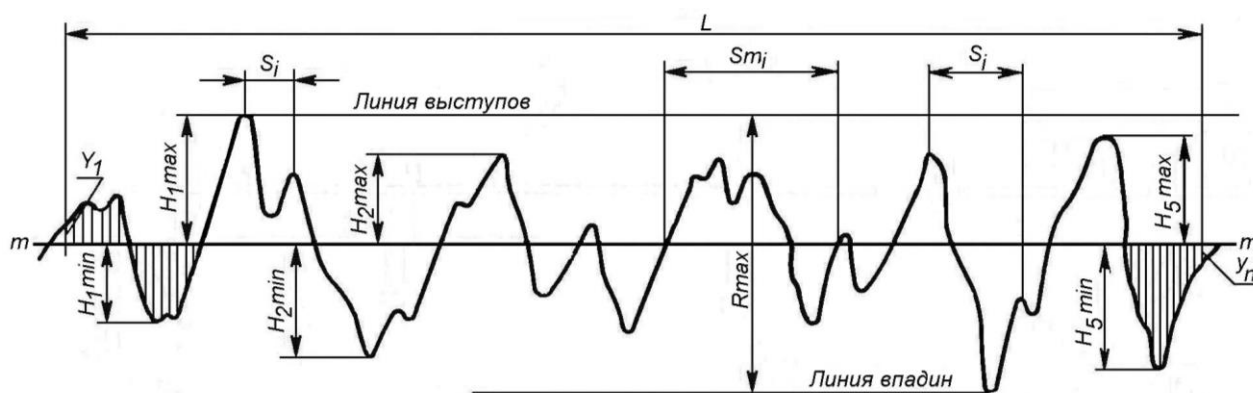
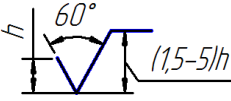





Рис. 5

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y_i| dl, \text{ мкм}; \quad R_z = \frac{1}{5} \left( \sum_1^5 H_{imax} - \sum_1^5 H_{imin} \right), \text{ мкм}.$$

## 2.2 Простановка шероховатости на чертеже

Используют следующие знаки шероховатости для поверхностей:

-  — вид обработки которых не задан ( $h$  — высота шрифта размерных чисел);
-  — обрабатываемых с удалением материала (резание, фрезерование, шлифование и др.);
-  — получаемых без удаления материала (литье, штамповка, волочение, прокатка, раскатывание, выдавливание и др.);
-  — не обрабатываемых по данному чертежу (без указания параметров и вида обработки).

Знак шероховатости представляет собой стилизованное изображение режущей части проходного резца с углом  $60^\circ$ , выполненного сплошной тонкой линией. Высота левой части знака равной высоте размерных чисел « $h$ »; высота правой части в 1,5-5 раза больше левой. Знак шероховатости имеет полку, под которой проставляют значение шероховатости, а над полкой — способ обработки поверхности (при необходимости); в противном случае полка отсутствует. Знак шероховатости поверхности располагается на линиях контура, выносных, размерных линиях или полках линий-выносок. Схемы расположения знака шероховатости с полкой и без полки при различных наклонах контура детали представлены на рис. 6 и 7.

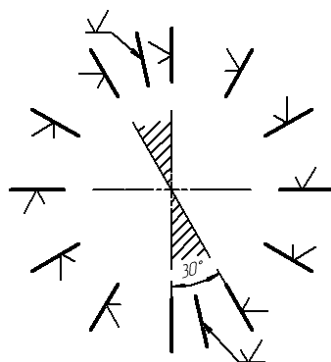


Рис. 6

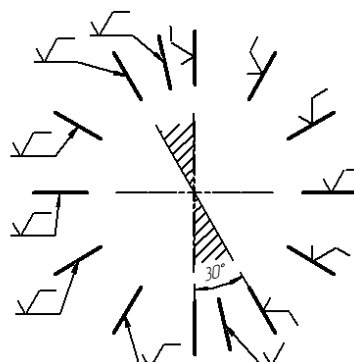



Рис. 7

### На чертеже должны быть сведения о шероховатости всех поверхностей детали.

Если все поверхности детали имеют одинаковую шероховатость, то она не проставляется на изображении детали, а выносится в правый верхний угол чертежа (рис. 8).

Если часть поверхностей детали имеют одинаковую шероховатость или не обрабатывается () , то она (шероховатость) не проставляется на изображении детали, а выносится в правый верхний угол чертежа по типу (рис. 9, 10). При этом знак шероховатости и толщина его линий в 1,5 раза больше знаков шероховатости на чертеже и в скобках.

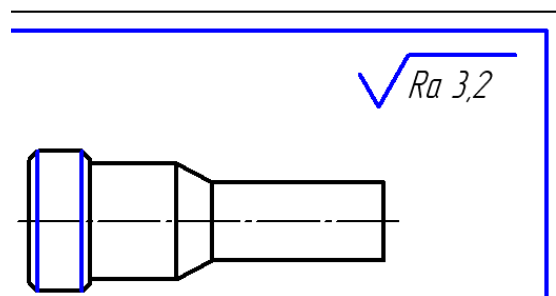


Рис. 8

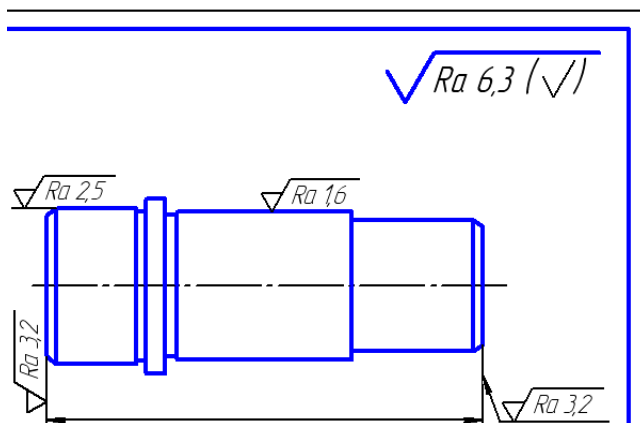


Рис. 9

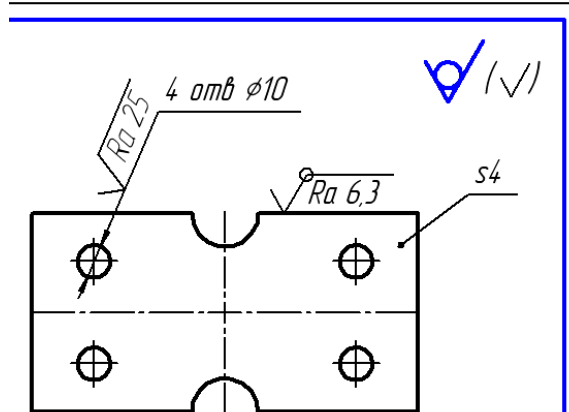



Рис. 10

Для обозначения одинаковой шероховатости поверхностей, образующих замкнутый контур детали, используется знак  — шероховатость по контуру (см. рис. 10).

При эскизировании значение шероховатости поверхности может быть приближенно определено методом сравнения с эталонными образцами шероховатости с использованием визуальных и тактильных ощущений или по виду обработки.

### 2.3 Рекомендуемая шероховатость поверхностей в зависимости от характера их сопряжений в изделии, $R_a$ мкм:

- сопрягаемые (контактируемые с охватом) — 0,63...2,5;
- привалочные (контактируемые без охвата) — 1,25...6,3;
- свободные (не контактируемые) — 12,5...50.

### 2.4 Простановка размеров на деталях, имеющих обработанные и необработанные поверхности (рис. 11)

1. Обработанные поверхности связывают (размерами) с обработанной базой (поверхностью), а необработанные поверхности с необработанной базой (поверхностью).

2. В каждом координатном направлении должен быть только один размер, связывающий обработанную и необработанные базы (поверхности). На рис. 11 такой размер отмечен крестиком.

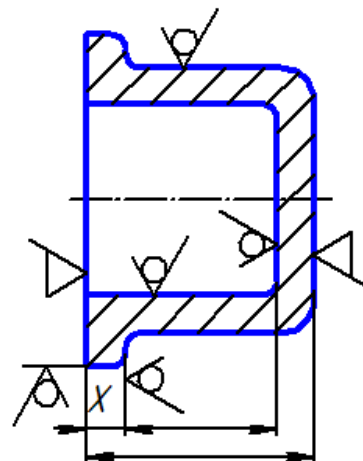


Рис. 11

## 3. ОФОРМЛЕНИЕ ТИПОВЫХ (СТАНДАРТНЫХ) ЭЛЕМЕНТОВ

3.1 В разных деталях есть повторяющиеся одни и те же типовые элементы. Они могут быть конструктивными, например: конусы, шпоночные пазы, резьбы; или технологическими, например: канавки для выхода шлифовального круга, резьбовые проточки и др. Многие из них унифицированы и должны на эскизе (чертеже) оформляться по соответствующему стандарту. Выборки из перечисленных стандартов для оформления подобных элементов представлены в рабочей тетради.

Типоразмер стандартного элемента определяется измерением его базовых геометрических параметров на эскизируемой детали. Так, например, при оформлении канавки для выхода шлифовального круга, базовым параметром является диаметр сопрягаемых поверхностей  $d$  (рис. 12).

3.2 При обработке цилиндрических поверхностей возле бурта неизбежно появляется галтель (скругление), определяемая радиусом инструмента, которая препятствует посадке охватывающей детали, например, втулки до упора в бурт вала (рис. 12, «а» верхняя половина). Назначение канавки для выхода шлифовального круга — сместить галтель  $R$  внутрь цилиндрической посадочной поверхности  $d$  для возможности сопряжения вала по торцу с охватывающей деталью, (рис. 12, «а» нижняя половина). Геометрия канавки представлена на рис. 12, «б», а размеры смотри в рабочей тетради [2, с. 43].

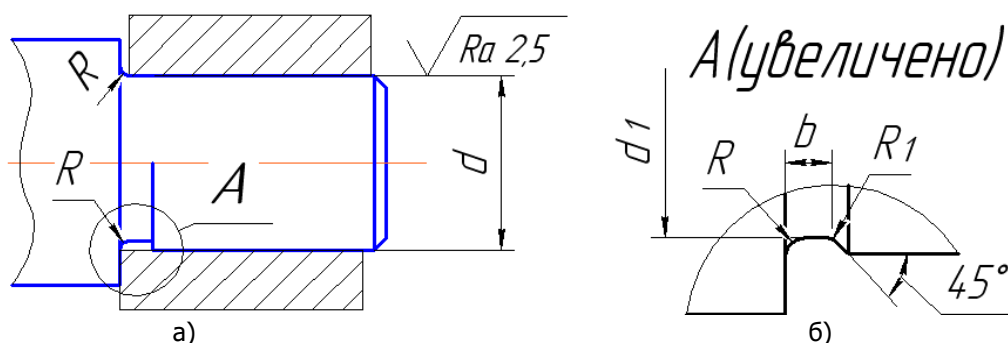


Рис. 12

3.3 Резьбовые проточки, как и канавки для выхода шлифовального круга — это элементы, связанные с технологией изготовления. Назначение резьбовой проточки (рис. 14) — удаление на стадии токарной обработки участка металла, технологически недоступного для нарезания резьбы полного профиля из-за бурта (недорез, рис. 13) и препятствующего завинчиванию сопрягаемой по резьбе детали, например, гайки до упора в торец. При этом размеры  $d_q \leq d_1$  и  $q_2 \geq$  недореза.



Для оформления резьбовой проточки необходимо знать: тип резьбы, её наружный диаметр и шаг (условный проход для трубных резьб). Диаметр и шаг измеряются штангенциркулем. Угол профиля определяют приближённо на просвет. Точное определение профиля и шага резьбы производят с помощью резьбовых шаблонов. Измеренные параметры, например, для метрической резьбы, сравнивают со стандартными и берут ближайшее стандартное значение. Резьбовые проточки для метрической резьбы представлены в рабочей тетради [2, с. 42], для — трубной, трапецеидальной, упорной в [3, с. 59-61].

Метрическая резьба (выборка из ГОСТ 9150-81)

Таблица 5

Шаги, мм	Наружный диаметр резьбы, мм									
	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24
Крупный	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
Мелкие	0,35	0,5	0,5	0,75 0,5	1 0,75 0,5	1,25 1 0,75 0,5	1,5 1,25 1 0,75 0,5	1,5 1 0,75 0,5	2 1,5 1,25 1 0,75 0,5	3 2 1,5 1

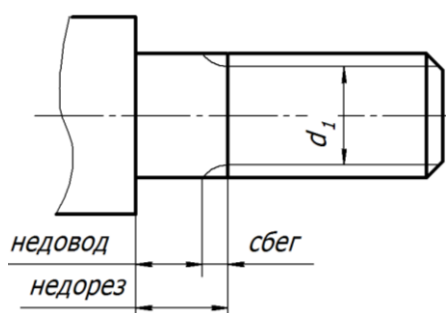


Рис. 13

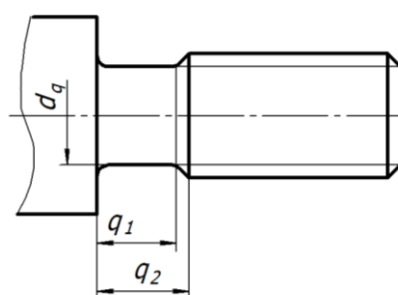


Рис. 14

#### 4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭСКИЗА (С НАТУРЫ):

##### 4.1 Общие рекомендации

1. Выполнить геометрический анализ детали. Мысленно выделить в конструкции детали элементарные геометрические тела (цилиндры, конусы, сферы, призмы, пирамиды, торы), а так же типовые (стандартные) элементы, повторяющиеся в разных деталях: конусы, канавки для выхода шлифовального круга, резьбы, резьбовые проточки, шпоночные пазы и др.

2. Выявить класс детали (по названию, конфигурации), её материал. Материал детали определяется по цвету её поверхности, относительному весу детали и, более точно, по искре. Способы получения и обработки детали выясняются путём осмотра её конфигурации, а также макро- и микрогеометрии поверхностей.

3. Выбрать главный вид, другие изображения.

4. Выбрать формат листа и расположение основной надписи на листе.

5. Начертить на местах будущих видов габаритные прямоугольники с осями симметрии (в соответствии с конструкцией детали). Габаритные прямоугольники для видов позволяют более точно отразить соотношения между длиной и высотой (наибольшим диаметром), длиной и шириной, шириной и высотой детали. Размещение габаритных прямоугольников на формате должно обеспечить возможность последующего нанесения на видах размеров.

6. Изобразить на видах контуры детали тонкими линиями. Контуры формировать из простых графических примитивов (прямых линий и дуг окружностей).

7. Изобразить мелкие элементы (отверстия, проточки, фаски и др.), а также выполнить необходимые разрезы, сечения (без штриховки), выносные элементы.

8. Обвести контуры детали и её элементы сплошными основными линиями.

9. Задать размеры. Нанести выносные и размерные линии (ГОСТ 2.307-68).

10. Произвести обмер детали, проставить размерные числа и выполнить штриховку разрезов и сечений. Измеренные величины линейных и угловых размеров следует округлить до предпочтительных значений, установленных ГОСТ 6636-69 и ГОСТ 8908-81 (четыре ряда чисел для линейных и три ряда — для угловых размеров).

11. Измерить шероховатость поверхностей, используя приборы (профилометр, двойной микроскоп и др.) или сравнивая её с эталонными образцами, и нанести на чертеже.

12. Заполнить основную надпись и технические требования.

#### 4.2 Последовательность эскизирования на примере детали «Вал» (рис. 15).

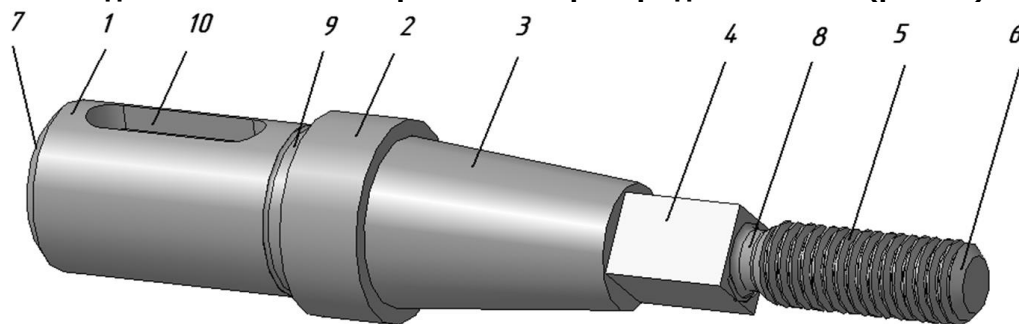


Рис. 15

1. Деталь включает следующие элементарные тела (см. рис. 15: 1, 2 – цилиндры, 3 – усечённый конус, 4 – призма, 5 – цилиндр с резьбой; а так же конструктивные элементы: 6, 7 – фаски, 8 – резьбовая проточка, 9 – канавка для выхода шлифовального круга, 10 – шпоночный паз. К стандартным элементам относятся: резьба, шпонпаз, конус, проточка, канавка.

2. Данная деталь относится к классу валов (из шести основных частей четыре являются телами вращения). Поверхности вращения изготовлены на токарном станке, о чём свидетельствуют риски в тангенциальном направлении. Принимаем материал для вала – «Сталь 35 ГОСТ 1050-88».

3. Детали класса валов, как правило, обрабатываются на токарных станках с горизонтальным шпинделем. Поэтому на главном виде ось вала располагаем параллельно основной надписи, причём более массивную часть детали – слева. Так как вал содержит призматическую часть 4, то необходимо на эскизе дать её сечение. Следует так же предусмотреть выносные элементы для канавки 9 и проточки 8.

4. Эскиз размещаем на стандартном формате А4.

5. Определяем, сколько раз наибольший диаметр детали укладывается в её длине ( $\sim 1:5$ ) и чертим габаритный прямоугольник с таким же отношением сторон для главного вида (рис. 16). Располагаем прямоугольник чуть выше середины свободного поля эскиза, оставляя внизу место для выносных элементов. Делим (упрощённо) деталь на пять частей (цилиндр средний, цилиндр большой, конус, призма, резьба), и на столько же частей пропорционально делим по длине габаритный прямоугольник.

6. Изображаем тонкими линиями контур детали.

7. Изображаем элементы детали (канавку для выхода шлифовального круга, резьбовую проточку, фаски, резьбу, сечения, выносные виды).

8. Обводим контуры: детали, сечений и выносных элементов сплошными основными линиями.

9. Наносим размерные и выносные линии. При этом расстояние размерных линий от контура детали  $\approx 10$  мм и между параллельными размерными линиями  $\geq 7$  мм.

10. Измеряем размеры вала (штангенциркулем, линейкой с делениями), полученные значения сравниваем с предпочтительными (ГОСТ 6636-69 и ГОСТ 8908-81), и ближайшие рекомендуемые значения проставляем на размерных линиях. Размеры диаметра резьбы, шпонпаза, проточки, канавки согласуем с соответствующими стандартами, извлечения из которых даны в рабочей тетради на с. 26, 34, 42, 43. Измеряем длину конуса, диаметры оснований и определяем конусность по формуле  $K=(D-d)/L$ . Сравниваем расчётное значение конусности со стандартными [3, с. 40] и на чертеже проставляем ближайшее стандартное значение  $K_{ст}$ . Для принятой конусности пересчитываем меньший диаметр конуса по формуле  $d=D-K_{ст} \times L$  и указываем его размер на эскизе как справочный.

11. Шероховатость поверхности определяем методом сравнением с эталонными образцами и уточняем полученные результаты с помощью табл. 1.

Таблица 1

Обработка		Ra, мм									
		50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1
Точение	обдирочное	+	+	+	+						
	чистовое					+	+	+			
	тонкое								+	+	
Сверление	чистовое			+	+						
Фрезерование плоское	черновое			+	+						
	чистовое					+	+				
Шлифование круглое	чистовое				+	+	+				
	тонкое							+	+		
Полирование								+	+	+	+

12. Заполняем основную надпись. Наименование детали – «Вал№...», материал – «Сталь 35 ГОСТ 1050-88».

На рис. 16 - 21 даны начальный, конечный, а также промежуточные этапы выполнения эскиза.

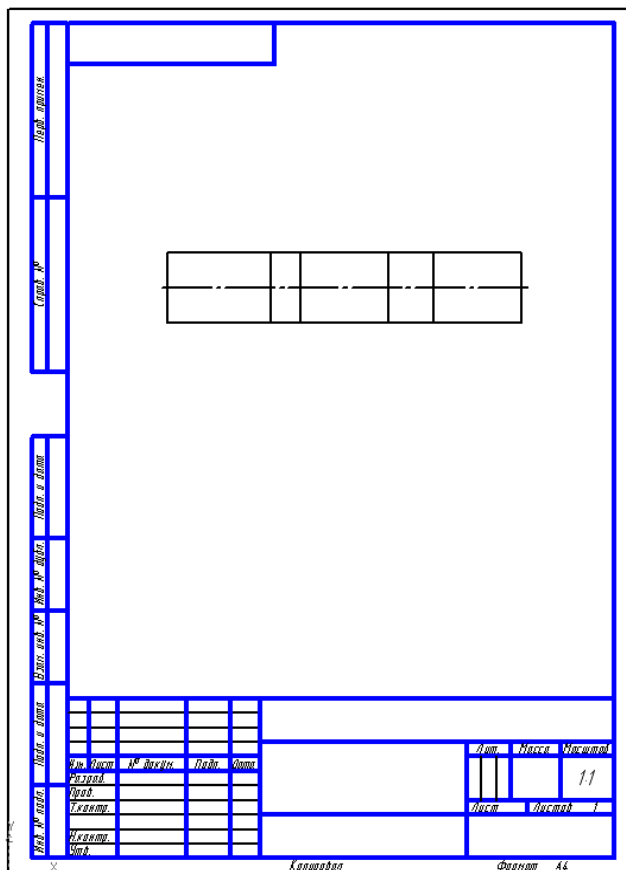


Рис. 16

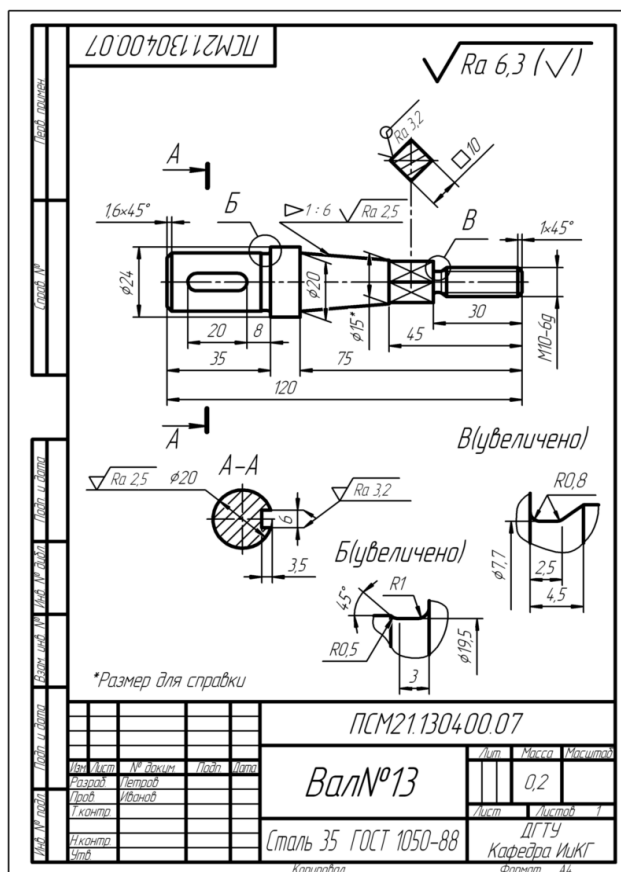


Рис. 17

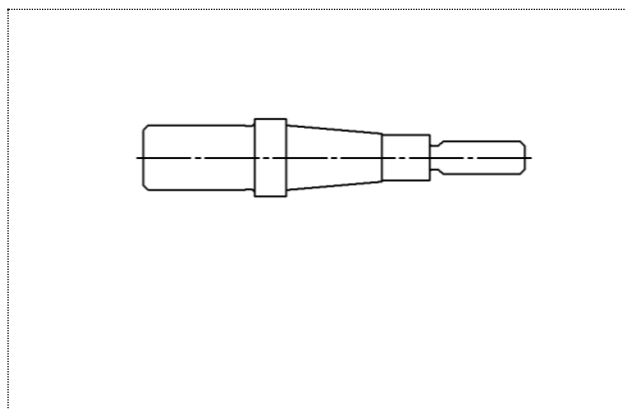


Рис. 18

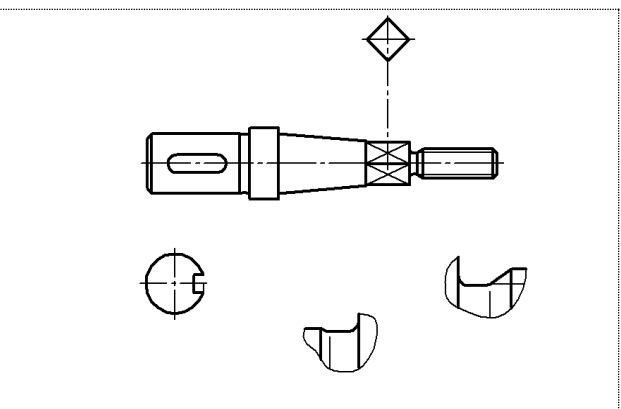


Рис. 19

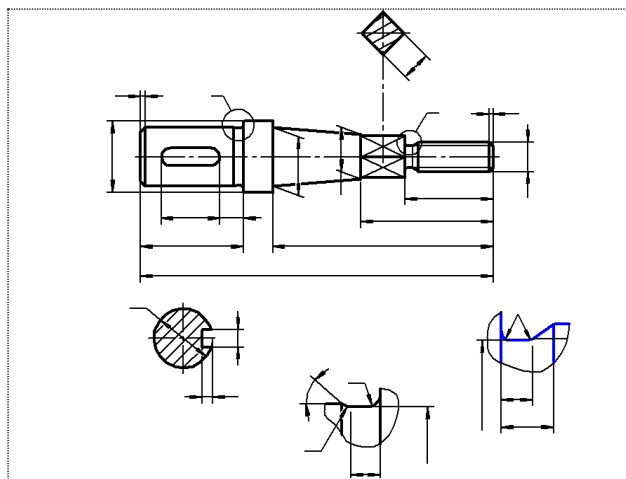


Рис. 20

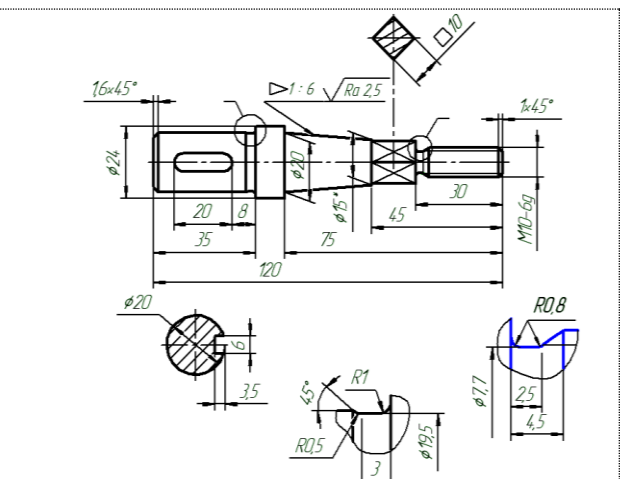


Рис. 21

## ИЗОБРАЖЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ (ГОСТ 2.402-68)

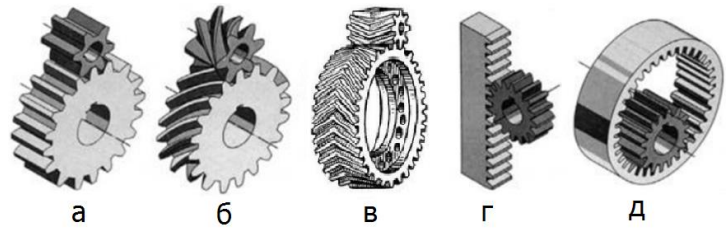
### 5.1 Классификация зубчатых зацеплений (рис. 22)

#### По расположению осей валов

- Оси параллельны — Цилиндрические
- наружные (а,б,в)
  - реечные (г)
  - внутренние (д)

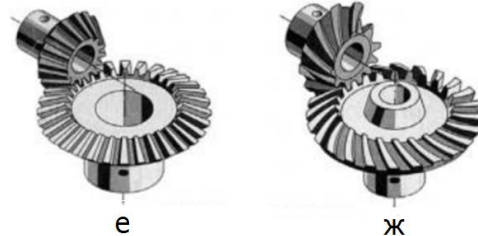
Оси пересекаются — Конические (е,ж)

- Оси скрещиваются — Винтовые (з)
- Червячные (и)
  - Гипоидные (к)



#### По расположению зубьев

- прямозубые (а,д,е)
- косозубые (б)
- шевронные (в)
- с круговым зубом (ж,к)



#### По форме профиля зуба (рис. 23)

- эвольвентные (а)
- циклоидальные (б)
- круглые (Новикова, в)

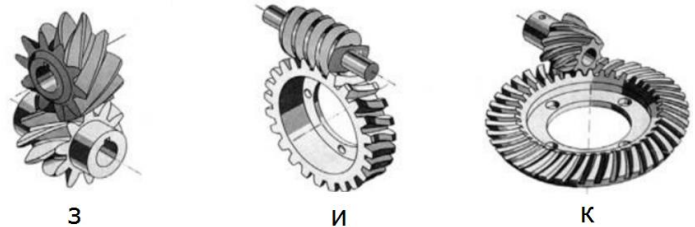


Рис. 22

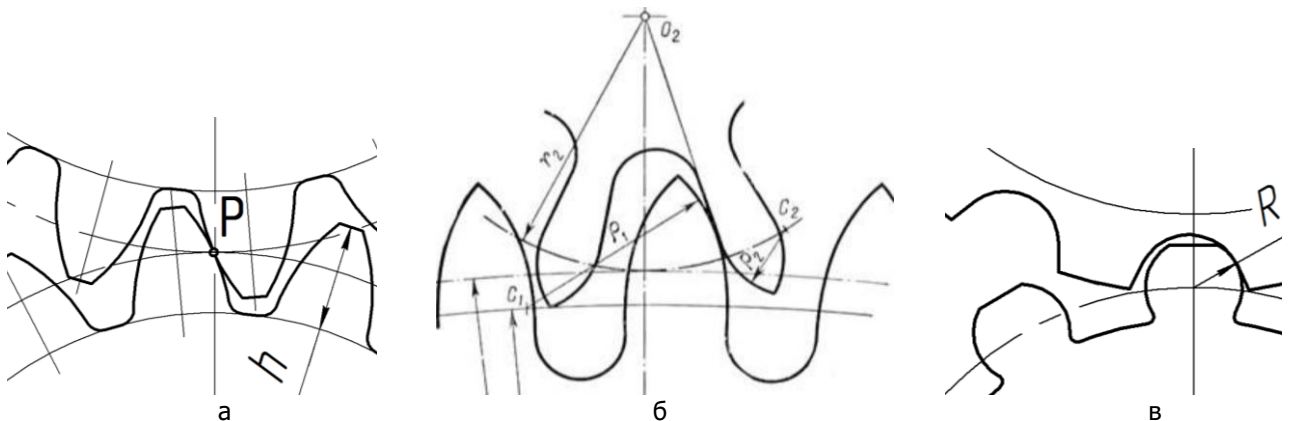


Рис. 23

Применение **прямозубых** зацеплений ограничено невысокими оборотами из-за возникающих вибраций и шума. **Косозубые** — обеспечивают плавную, бесшумную работу при значительных оборотах, однако, при этом, появляются осевые нагрузки в подшипниках валов (в результате взаимодействия косых зубьев). **Шевронные** зацепления обеспечивают передачу больших крутящих моментов, плавность, бесшумность при отсутствии осевых нагрузок в подшипниках валов.

**Эвольвентные** зацепления (рис. 23, а) получили широкое распространение благодаря прочности, надёжности и технологичности (простоте изготовления).

**Циклоидальные** (рис. 23, б) — обеспечивают плавную работу при малых значениях коэффициента трения, но более сложны в изготовлении и имеют меньшую по сравнению с эвольвентными, прочность зуба; применяются в приборостроении.

**Зацепления Новикова** (рис. 23, в; 24) позволяет существенно уменьшить металлоёмкость конструкции, при высокой передаваемой мощности, однако требует очень точного исполнения, в том числе, межосевого расстояния сопрягаемых зубчатых колёс, которые имеют разные профили зубьев.

У зубчатого колеса можно выделить следующие конструктивные части (рис. 25):

- центральная, — называемая **ступицей**;
- периферийная — **обод с зубчатым венцом**;
- переходная — может быть **диском** (рис. а), **совокупностью спиц** (рис. б), или вообще

**отсутствовать** (рис. в).

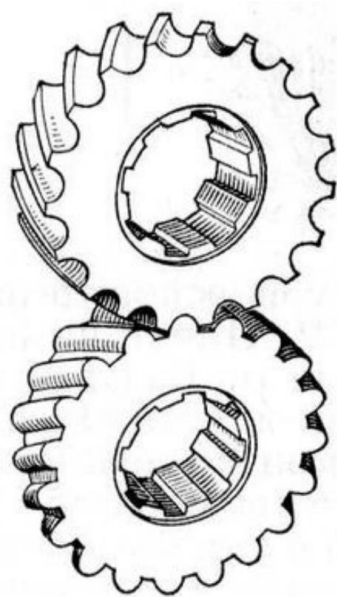


Рис. 24

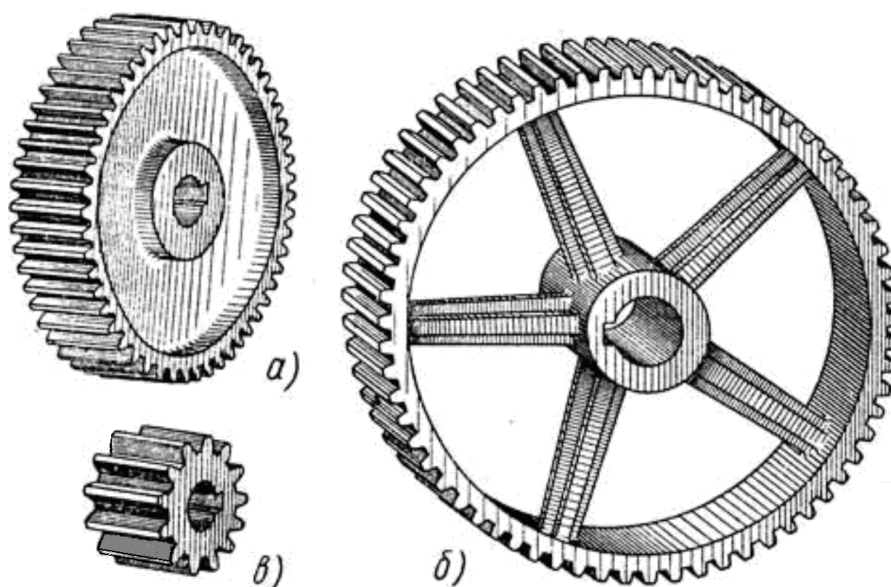


Рис. 25

## 5.2 Основные параметры и элементы зубчатого зацепления

У зубчатых колёс можно выделить следующие поверхности:

$d_1, d_2$  — начальные поверхности — это воображаемые поверхности двух гладких цилиндрических катков, катящихся один по другому без скольжения;

$d_a$  — поверхность вершин зубьев — поверхность, ограничивающая зубья со стороны, противоположной телу зубчатого колеса;

$d_f$  — поверхность впадин зубьев — поверхность, отделяющая зубья от тела зубчатого колеса.

Проецируя эти поверхности на плоскость, перпендикулярную оси колеса, получим:

— начальные окружности —  $d_1, d_2$ ;

— окружности вершин —  $d_a$ ;

— окружности впадин —  $d_f$ .

Делительная окружность это — основная база для определения элементов зубьев. У некоррегированных зубчатых колёс начальная и делительная окружности совпадают.

Коррегирование применяют для повышения прочности колёс путём увеличения высоты головок и уменьшения высоты ножек зубьев меньшего колеса и уменьшения высоты головок и увеличения высоты ножек зубьев большего колеса.

Для исключения из расчётов параметров зубчатых колёс и зуборезного инструмента иррационального числа  $\pi$  (выраженного бесконечной непериодической дробью), вводится общий параметр — модуль  $m = P_t \cdot / \pi$  мм, где  $P_t$  — окружной делительный шаг.

Значения модуля выражены в мм и стандартизированы (ГОСТ 9563—80).

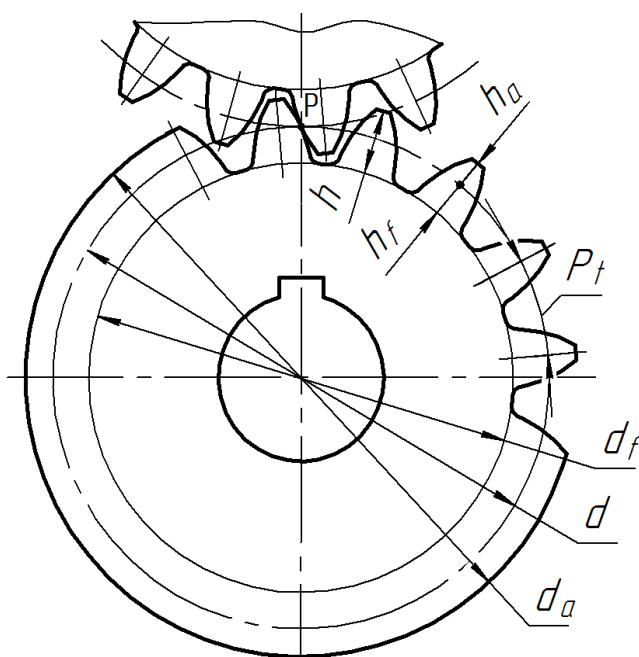
Извлечения из этого стандарта:

1-й ряд: 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; (предпочтителен);

2-й ряд: 0,7; 0,9; 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9.

Задавая любое стандартное значение модулю, по формулам (рис. 26) можно рассчитать все параметры зубчатого зацепления. Ширина зубчатого венца определяется прочностным расчётом. Зубчатые колёса с модулем  $< 1$  мм называют мелкомодульными.





$Z$ - число зубьев
$P_t$ - окружной делительный шаг
$m = P_t / \pi$ - окружной модуль
$d = mz$ - диаметр начальной (делительной) окружности
$d_a = m(z+2)$ - диаметр окружности вершин
$d_f = m(z-2,5)$ - диаметр окружности впадин
$h = 2,25m$ - высота зуба
$h_a = m$ - высота головки зуба
$h_f = 1,25m$ - высота ножки зуба
$P_t = \pi m$ - окружной делительный шаг
$S_t = 0,5 \pi m$ - толщина зуба по делительному диаметру
$b$ - ширина зубчатого венца (рассчитывается)
$A = m(Z_1 + Z_2) / 2$ - межцентровое расстояние
$P$ - полюс зацепления.

Рис. 26

### 5.3 Изображения зубчатых колёс (ГОСТ 2.402-68)

Главным изображением зубчатых колёс является осевой разрез. На виде слева для простых колёс изображают только отверстие в ступице со шпоночным пазом [2, с. 56].

1. Начальные (делительные) окружности и образующие начальных поверхностей изображаются штрихпунктирными тонкими линиями. Построение зубчатого зацепления начинают с изображения начальных (делительных) окружностей, касающихся друг друга в точке, называемой полюсом зацепления  $P$  (рис. 26, 29, б);

2. Окружности и образующие поверхностей вершин зубьев изображаются основными линиями, отстоящими от штрихпунктирных линий начальных окружностей на величину модуля –  $m$  (рис. 29, б);

3. Окружности и образующие поверхностей впадин зубьев в разрезах и сечениях выполняются основными линиями. На видах в плане их допускается показывать сплошными тонкими линиями, отстоящими от окружностей вершин зубьев смежных колёс на расстоянии  $0,25m$  (рис. 29, б);

4. Расположение зубьев на колесе указывают тремя сплошными тонкими линиями с соответствующим наклоном, нанесёнными на одном из его видов (рис. 160, 162, в);

5. Секущая плоскость в осевом разрезе всегда совпадает с плоскостью симметрии зуба. Зубья изображают нерассечёнными, независимо от угла их наклона (рис. 27, 29, в);

6. В разрезе в зоне зацепления зуб ведущего колеса изображается впереди зуба ведомого (рис. 28).

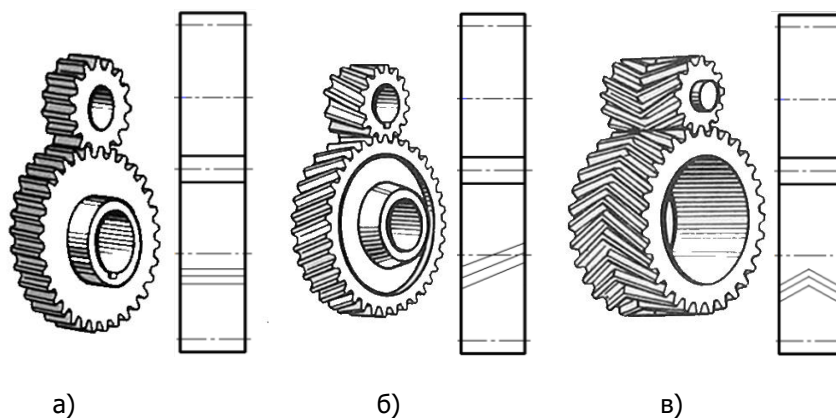


Рис. 27

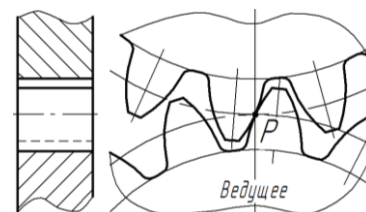


Рис. 28

На рис. 29 представлены осевой разрез и виды цилиндрического наружного прямозубого зацепления.

Порядок эскизирования зубчатого колеса представлен в рабочей тетради [2, с. 55].

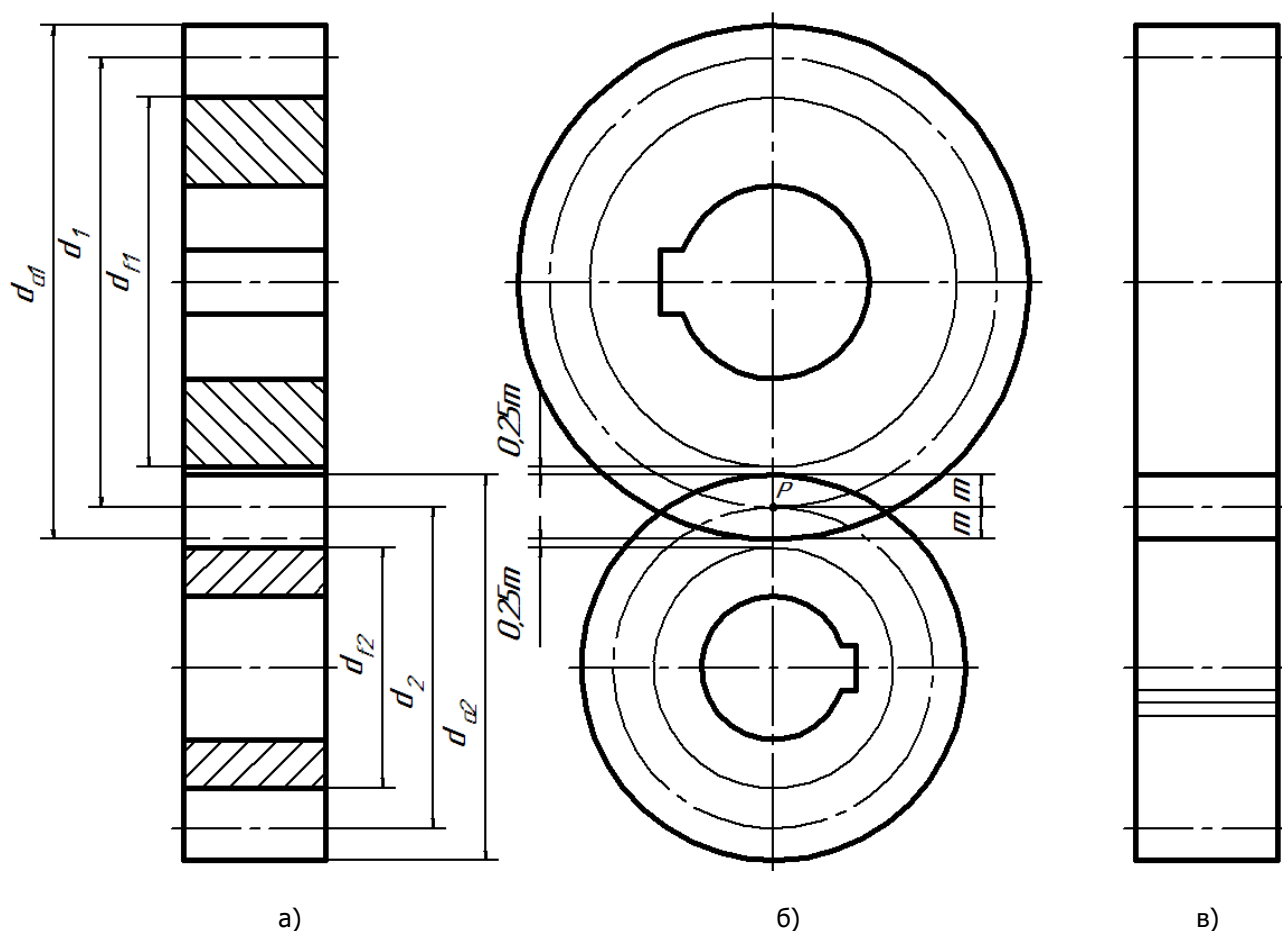


Рис. 29

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зубков В.И., Савенков М.В., Цорданиди Г.Г Черчение: - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008,- 94с.
2. РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ по инженерной графике / Ростов-на-Дону; Издательский центр ДГТУ, 2013, - 67 с.
3. Козырев Э.В., Метелькова Н.В. Крепёжные детали и резьбовые соединения: учеб.пособие / ГОУ, РГАСХМ, Ростов н/Д, 2006.- 64 с.
4. Болтухин А.К., Васин С.А., Вяткин Г.П., Пуш А.В. Инженерная графика. Конструкторская информатика в машиностроении: Учебник для втузов. 3-е изд. Перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2005, – 555 с.; ил.
5. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: Учеб. Для втузов. Изд. 9-е.-М.:Высшая школа, 2009, - 435 с.; ил.
6. Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение: Справочник. СПб.: Политехника, 2008. – 2005. – 474 с.; ил.
7. Фазлулин Э.М., Халдинов В.А.. Инженерная графика: учебник для студ. высш. учеб. заведений – 2-е изд., испр. / - М.: Издательский центр “Академия”, 2008. – 400с.; ил.
8. Чекмарев, А.А. Справочник по машиностроительному черчению / А. А. Чекмарев, В. К. Осипов. - 8-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2008. - 493 с.; ил.