

Разработка, содержание и изготовление средств обучения по теме: «Зубчатые колеса»

ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА

1.1. Основные понятия

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.

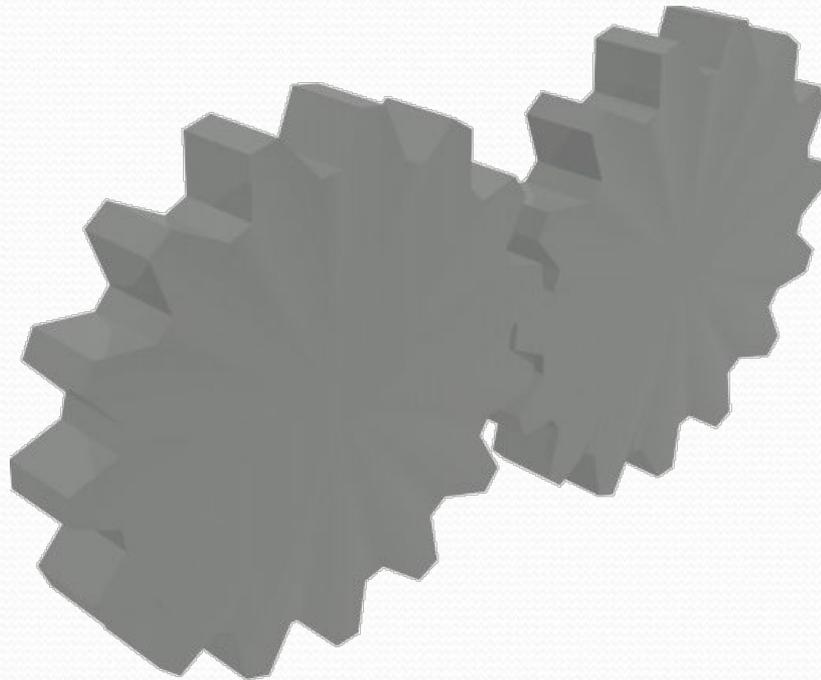
Шестерня – зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев.

Колесо – зубчатое колесо передачи с большим числом зубьев.

Классификация зубчатых колес

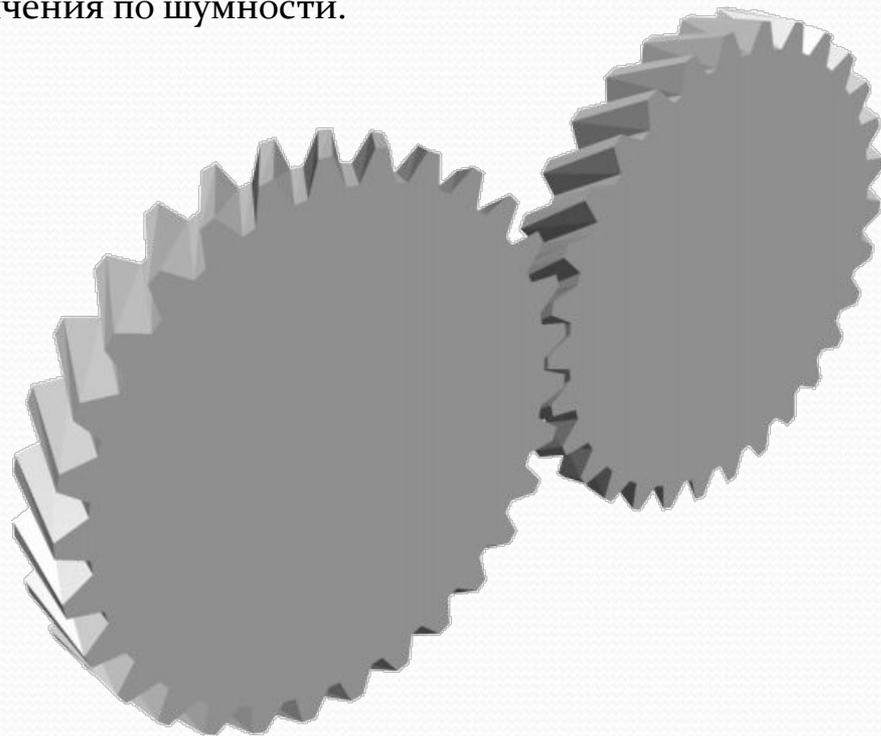
- **Виды зубчатых колес**

- Прямозубые колёса — самый распространённый вид зубчатых колёс. Зубья являются продолжением радиусов, а линия контакта зубьев обеих шестерён параллельна оси вращения. При этом оси обеих шестерён также должны располагаться строго параллельно.



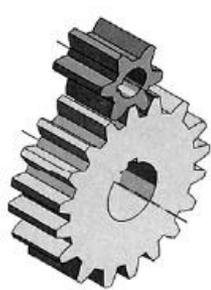
Косозубые колеса

- Косозубые колёса являются усовершенствованным вариантом прямозубых. Их зубья располагаются под углом к оси вращения, а по форме образуют часть спирали. Зацепление таких колёс происходит плавнее, чем у прямозубых, и с меньшим шумом .
- Недостатками косозубых колёс можно считать следующие факторы:
- При работе косозубого колеса возникает механический момент, направленный вдоль оси, что вызывает необходимость применения для установки вала упорных подшипников;
- Увеличение площади трения зубьев (что вызывает дополнительные потери мощности на нагрев), которое компенсируется применением специальных смазок.
- В целом, косозубые колёса применяются в механизмах, требующих передачи большого крутящего момента на высокой скорости, либо имеющих жёсткие ограничения по шумности.



ВИДЫ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

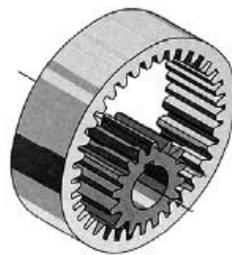
ОСИ КОЛЕС ПАРАЛЛЕЛЬНЫ



ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ
ПРЯМОЗУБЫМИ
КОЛЕСАМИ



КОСОЗУБЫМИ
КОЛЕСАМИ



ВНУТРЕННЕЕ
ЗАЦЕПЛЕНИЕ



РЕЕЧНАЯ

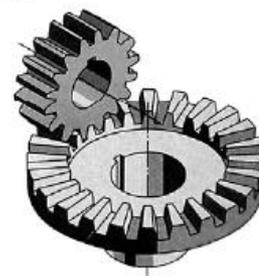
ОСИ КОЛЕС ПЕРЕСЕКАЮТСЯ



КОНИЧЕСКИЕ
ПРЯМОЗУБЫМИ КОЛЕСАМИ



КРИВОЗУБЫМИ КОЛЕСАМИ



ЦИЛИНДРО - КОНИЧЕСКАЯ

ОСИ КОЛЕС СКРЕЩИВАЮТСЯ



ВИНТОВАЯ



ЧЕРВЯЧНАЯ



ГИПОИДНАЯ

Степень и нормы точности зубчатых колес

ГОСТ 1643-81 распространяется на эвольвентные цилиндрические зубчатые колеса и зубчатые передачи внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами с диаметром делительной окружности до 6 300 мм, модулем зубьев от 1 до 55 мм, шириной зубчатого венца или полушеврона до 1 250 мм. Эвольвентный профиль зуба получают при механической обработке заготовок методом обкатывания (без скольжения) зуборезным инструментом. При этом профиль и геометрические параметры зубьев зубчатых колес должны соответствовать ГОСТ 13755-81.[4]

Для зубчатых колес и передач установлено двенадцать степеней точности, обозначаемых в порядке убывания точности арабскими Цифрами от 1 до 12. Для степени точности 1 и 2 допуски и предельные отклонения в ГОСТ 1643-81 не приводятся, так как эти степени предусмотрены для будущего развития, когда технология зубонарезания сможет обеспечить такую точность.[4]

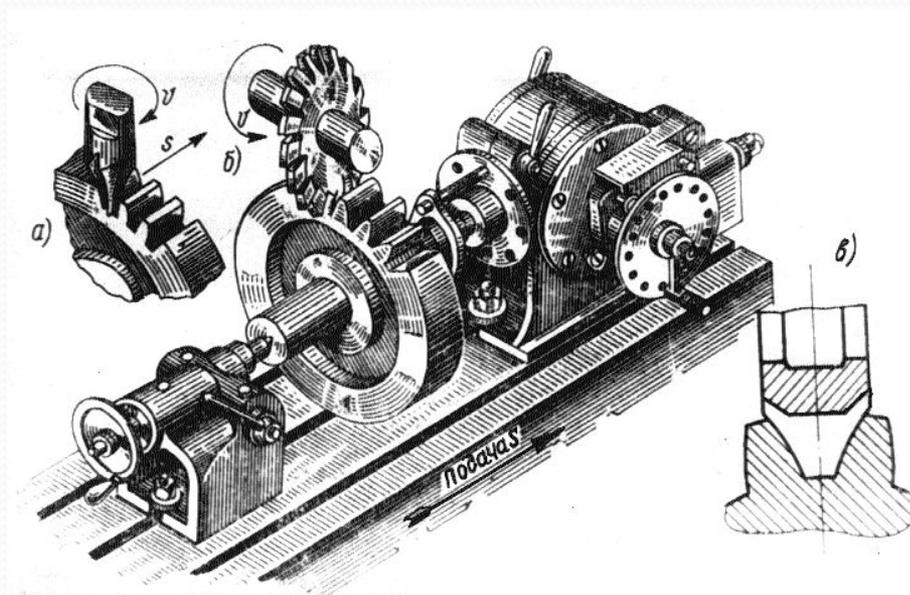
Со степенью точности 3 - 5 изготавливают измерительные зубчатые колеса, используемые для контроля зубчатых колес; колеса, применяемые в особо точных делительных механизмах; зуборезный инструмент. Зубчатые колеса степеней точности 5 - 8 широко применяют в авиационной, автомобильной и других отраслях промышленности. Наибольшее распространение в машиностроении имеют зубчатые колеса 7-й степени точности, получаемые методом обката на точных станках с последующей отделкой для колес, подвергающихся закалке (шлифование, хонингование). Такие колеса широко используются в металлорежущих станках, скоростных редукторах, автомобилях и тракторах. Зубчатые колеса степени точности 8-11 применяют в грузоподъемных механизмах и сельскохозяйственных машинах. По 12-й степени точности изготавливают неотчетливые колеса с зубьями, не подвергающимися механической обработке, например литые.

Методы изготовления зубчатых колес

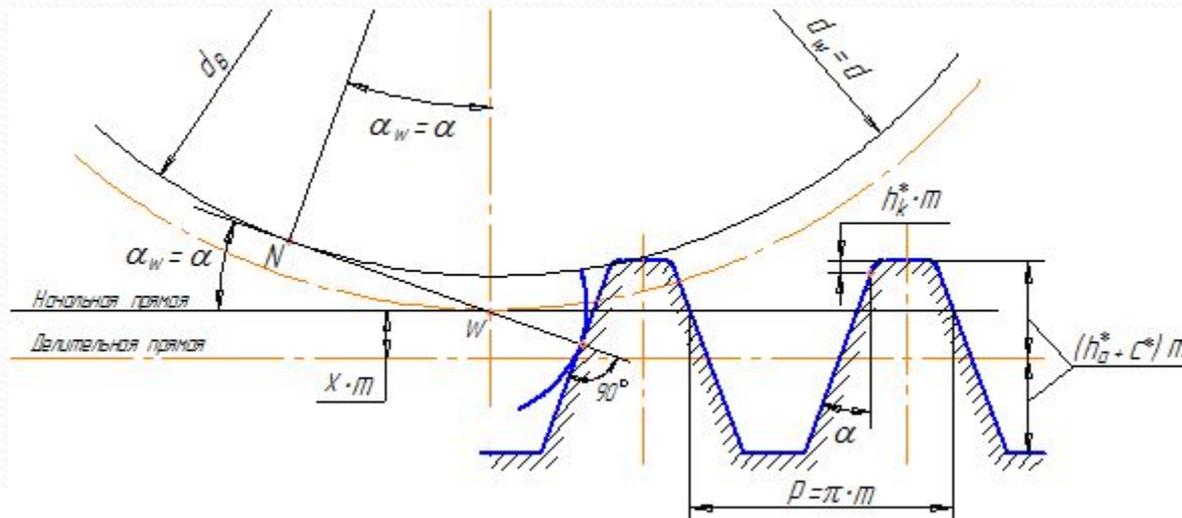
Существует два принципиально отличных друг от друга метода изготовления зубчатых колес:

- *метод копирования*. При этом методе профиль инструмента (дисковая или пальцевая фреза) повторяет профиль впадины нарезаемого колеса.

Как метод нарезания колес он обладает существенными недостатками – относительно низкой производительностью и точностью; необходимостью иметь большое количество типо-размеров инструмента для нарезания различных колес (при этом сам инструмент имеет сложную форму); необходимостью иметь на станке дополнительное делительное устройство, и др. Поэтому данный метод при нарезании зубчатых колес используется редко (в основном в ремонтном производстве) и в данном курсе не рассматривается;



- *метод обката* (иногда его называют методом *огибания*). При этом методе инструмент (долбяк) представляет собой как бы эвольвентное зубчатое колесо, обладающее режущей кромкой (и выполненное из соответствующей инструментальной стали). При нарезании колеса, помимо движения резания, инструменту и заготовке дают движение обката, т. е. движение, имитирующее работу двух зубчатых находящихся в зацеплении колес. В этом случае на нарезаемом колесе автоматически формируется нужное число зубьев с эвольвентным профилем.



Изготовление конических колёс

Технология изготовления конических колёс теснейшим образом связана с геометрией боковых поверхностей и профилей зубьев. Способ копирования фасонного профиля инструмента для образования профиля на коническом колесе не может быть использован, так как размеры впадины конического колеса изменяются по мере приближения к вершине конуса. В связи с этим такие инструменты, как модульная дисковая фреза, пальцевая фреза, фасонный шлифовальный круг, можно использовать только для черновой прорезки впадин или для образования впадин колёс не выше восьмой степени точности.

Для нарезания более точных конических колёс используют способ обкатки в станочном зацеплении нарезаемой заготовки с воображаемым производящим колесом. Боковые поверхности производящего колеса образуются за счёт движения режущих кромок инструмента в процессе главного движения резания, обеспечивающего срезание припуска. Преимущественное распространение получили инструменты с прямолинейным лезвием. При прямолинейном главном движении прямолинейное лезвие образует плоскую производящую поверхность. Такая поверхность не может образовать эвольвентную коническую поверхность со сферическими эвольвентными профилями. Получаемые сопряжённые конические поверхности, отличающиеся от эвольвентных поверхностей, называют квазиэвольвентными.

При изготовлении цилиндрических и конических колес основным материалом являются термически обрабатываемые стали. При окружных скоростях зубьев до 3 м/с применяют качественные стали 20, 30, 35, а при более высоких окружных скоростях – стали 45, 50, инструментальные стали У8А, У10А и легированные стали 20Х, 40Х, 40ХН, 30ХГСА, 12ХНЗА с соответствующей термообработкой (нормализацией, закалкой, улучшением – закалкой с высоким отпуском).

Рекомендуется твердость зубьев шестерни (они более нагружены) выбирать на (20 ... 50)НВ больше твердости зубьев колеса. Поэтому материал шестерни стараются брать более прочным, чем материал для колес [15].

При небольших нагрузках зубчатые колеса изготавливают из алюминиевых сплавов Д16Т, В95-Т1. Более широко при изготовлении мелко модульных зубчатых колес, особенно червячных, применяют бронзы БрОФ10-1, БрАЖ9-4, БрАМц9-2. Эти материалы обладают хорошими антифрикционными свойствами. Вследствие высокой стоимости бронзы ее используют только при изготовлении венца колеса. Металлические зубчатые колеса изготавливают методами нарезания, накатки, выдавливания

Основными элементами зубчатого колеса являются зубья, каждый зуб состоит из головки зуба и ножки: Зубья находятся на ободке колеса и вместе с ободком составляют зубчатый венец: более тонкая часть колеса – диск соединяет ступицу с ободком, внутри ступицы делают отверстие для вала с пазом для шпонки. На рисунке 5 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.

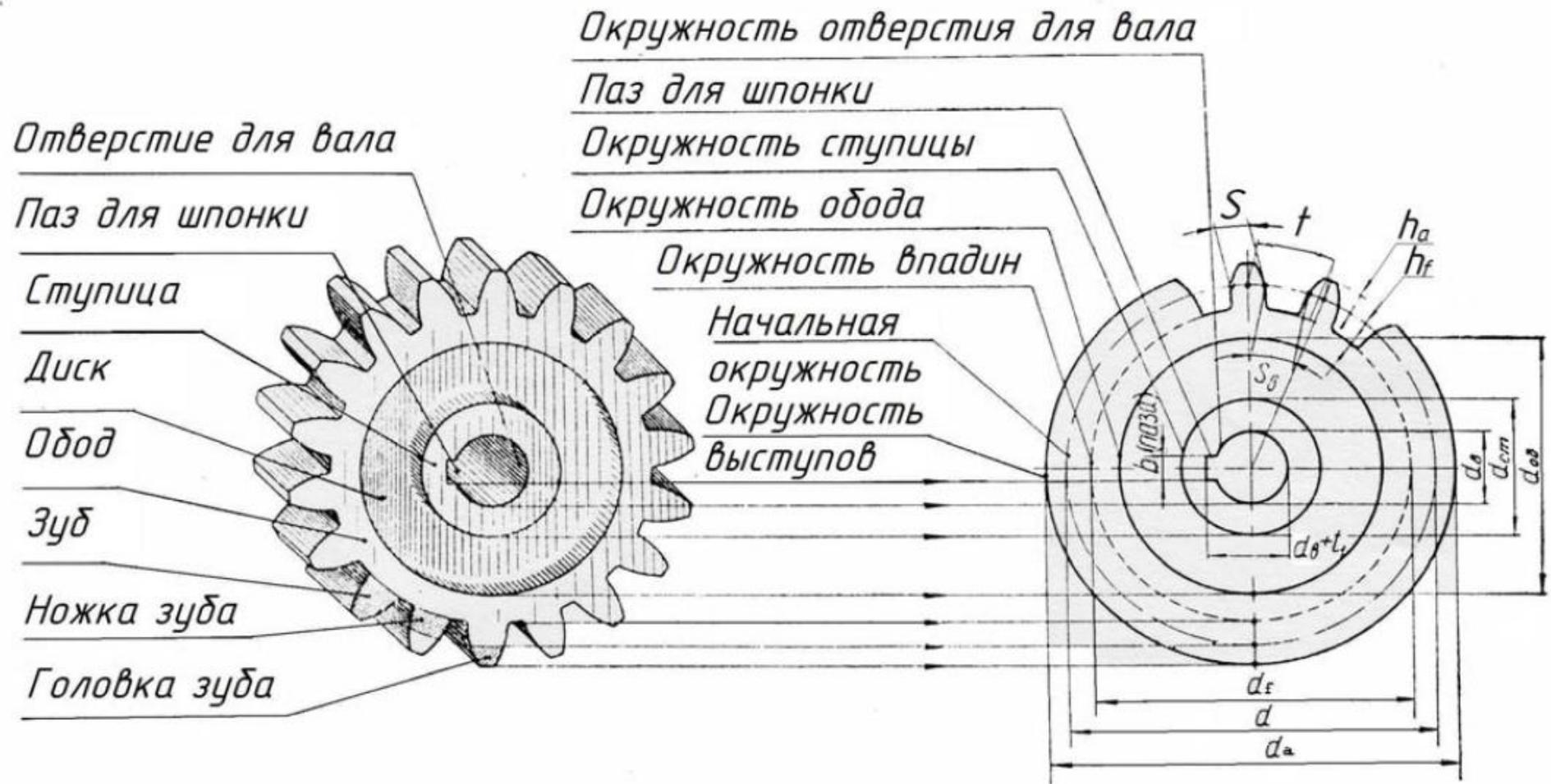


Рисунок 5 – Условные изображения элементов зубчатого колеса

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 π 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
Число зубьев колеса	z
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	δ_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	$l_{см}$	$l_{см} = 2,5 \cdot d_g$.
Наружный диаметр ступицы	$d_{см}$	$d_{см} = (1,6 \div 2) \cdot d_g$ - для чугунных колёс; $d_{см} = 1,7 \cdot d_g$ - для стальных колёс.
Размер шпоночного паза в ступице колеса	$b_1 = d_g + t_2$	Размеры паза b_1 и $(d_g + t_2)$ 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

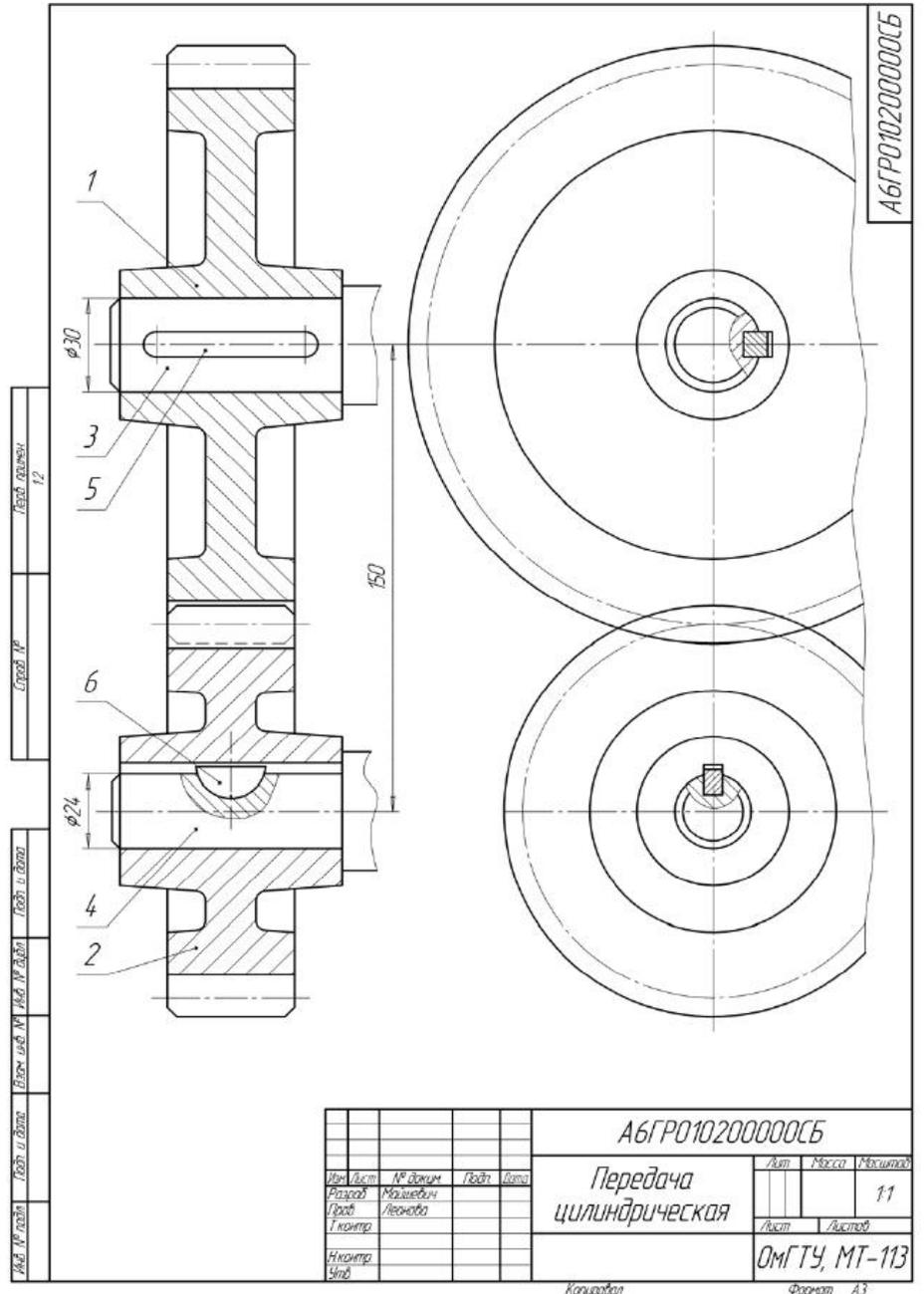


Рисунок 5 – Сборочный чертеж зубчатой передачи со шпоночным соединением валов и колес

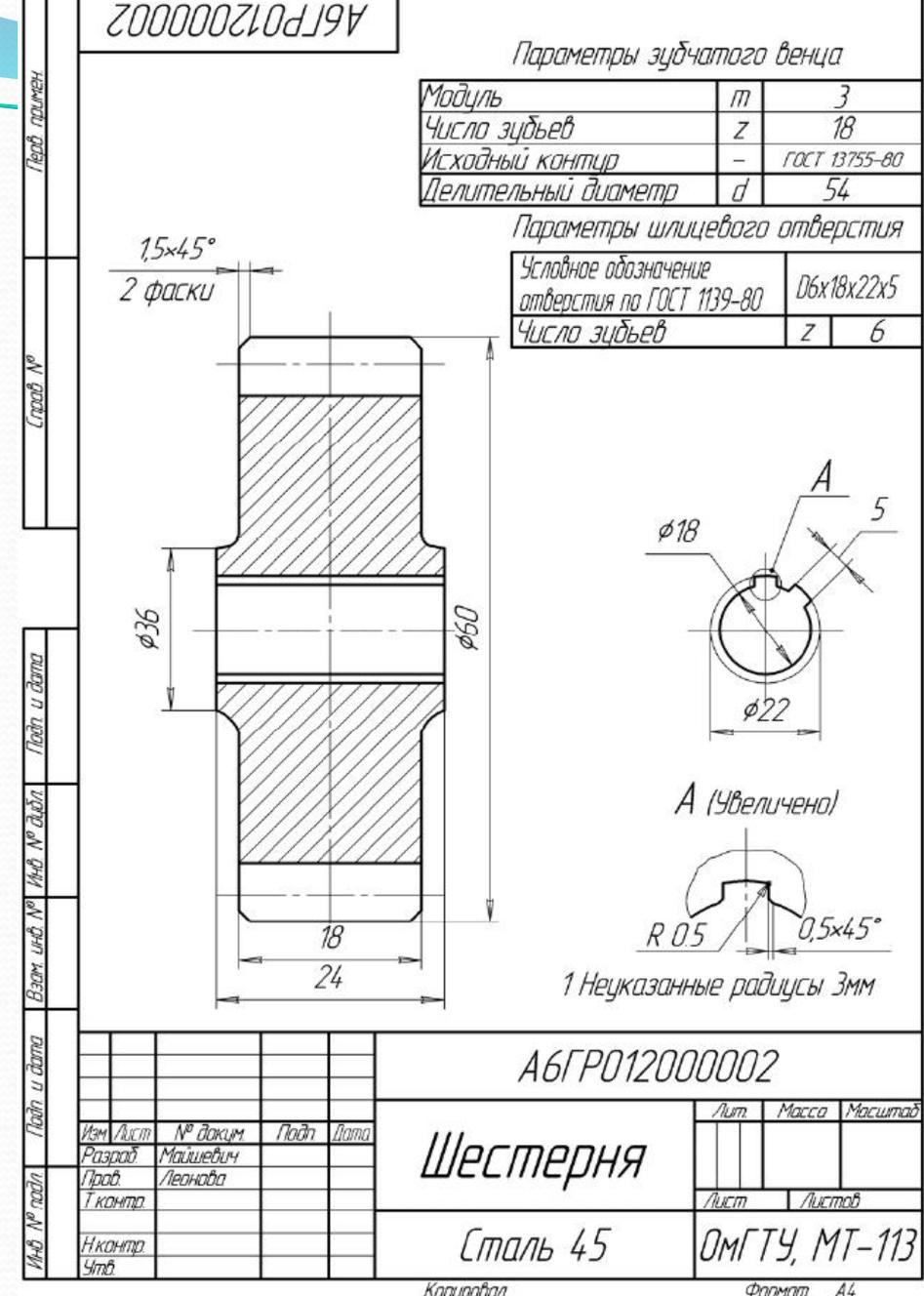
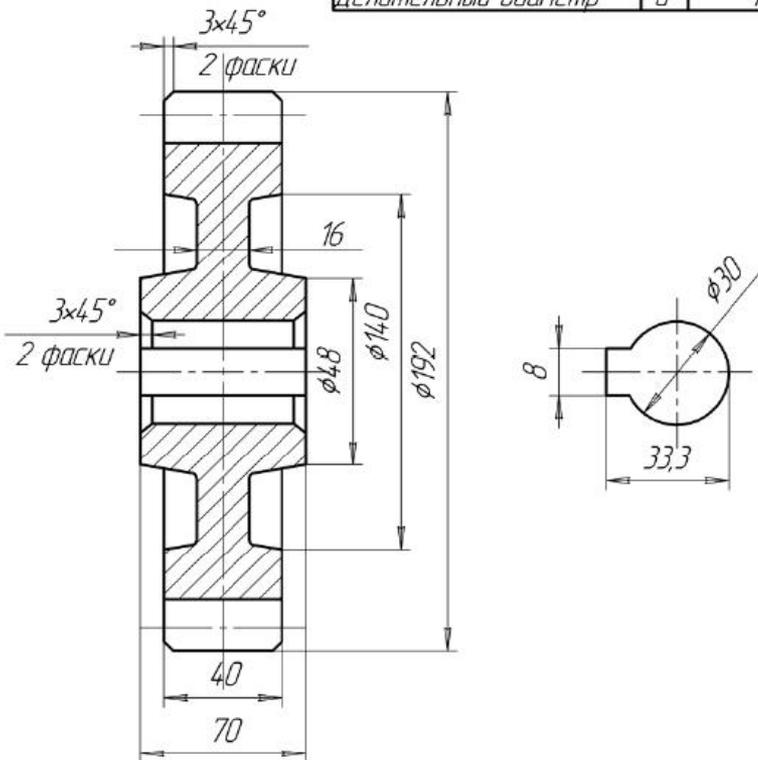


Рисунок 12 – Рабочий чертеж шестерни со шлицевым отверстием

А6ГР010200001

Модуль	<i>m</i>	6
Число зубьев	<i>z</i>	30
Исходный контур	-	ГОСТ 13755-80
Делительный диаметр	<i>d</i>	180



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

А6ГР010200001

Колесо

Сталь 45

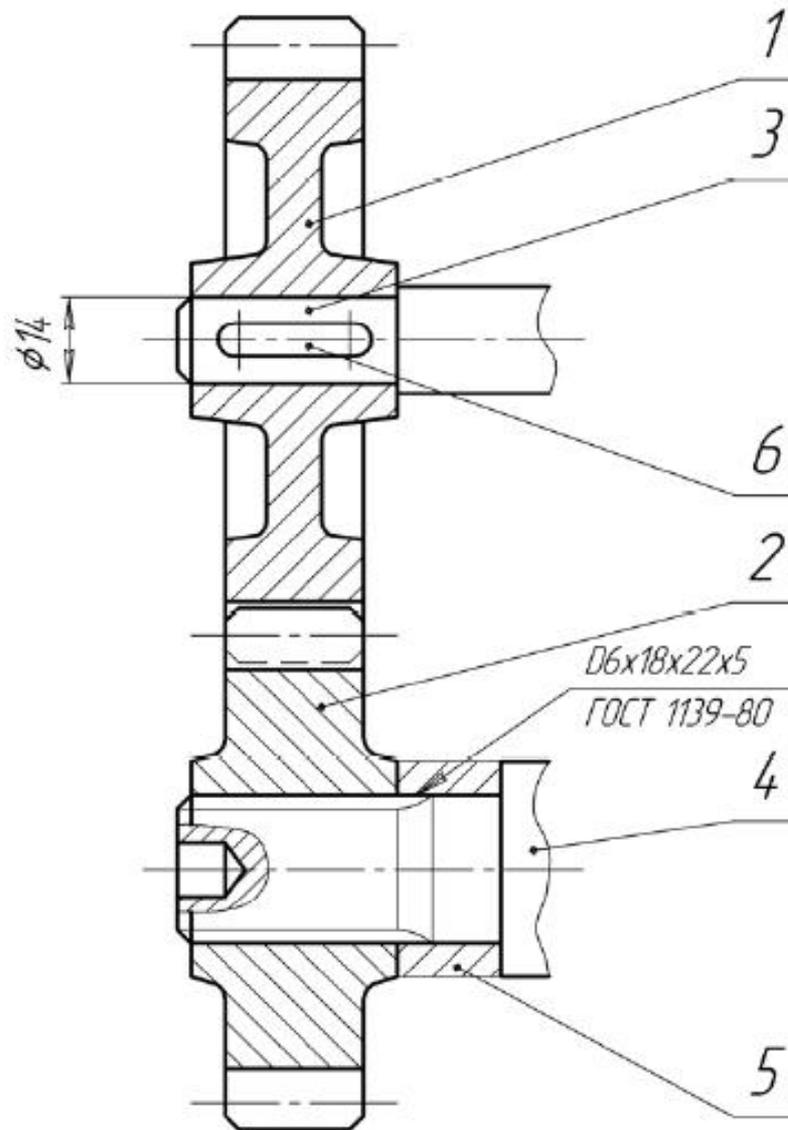
Лист Масса Масштаб

Лист Листов

ОМГТУ, МТ-113

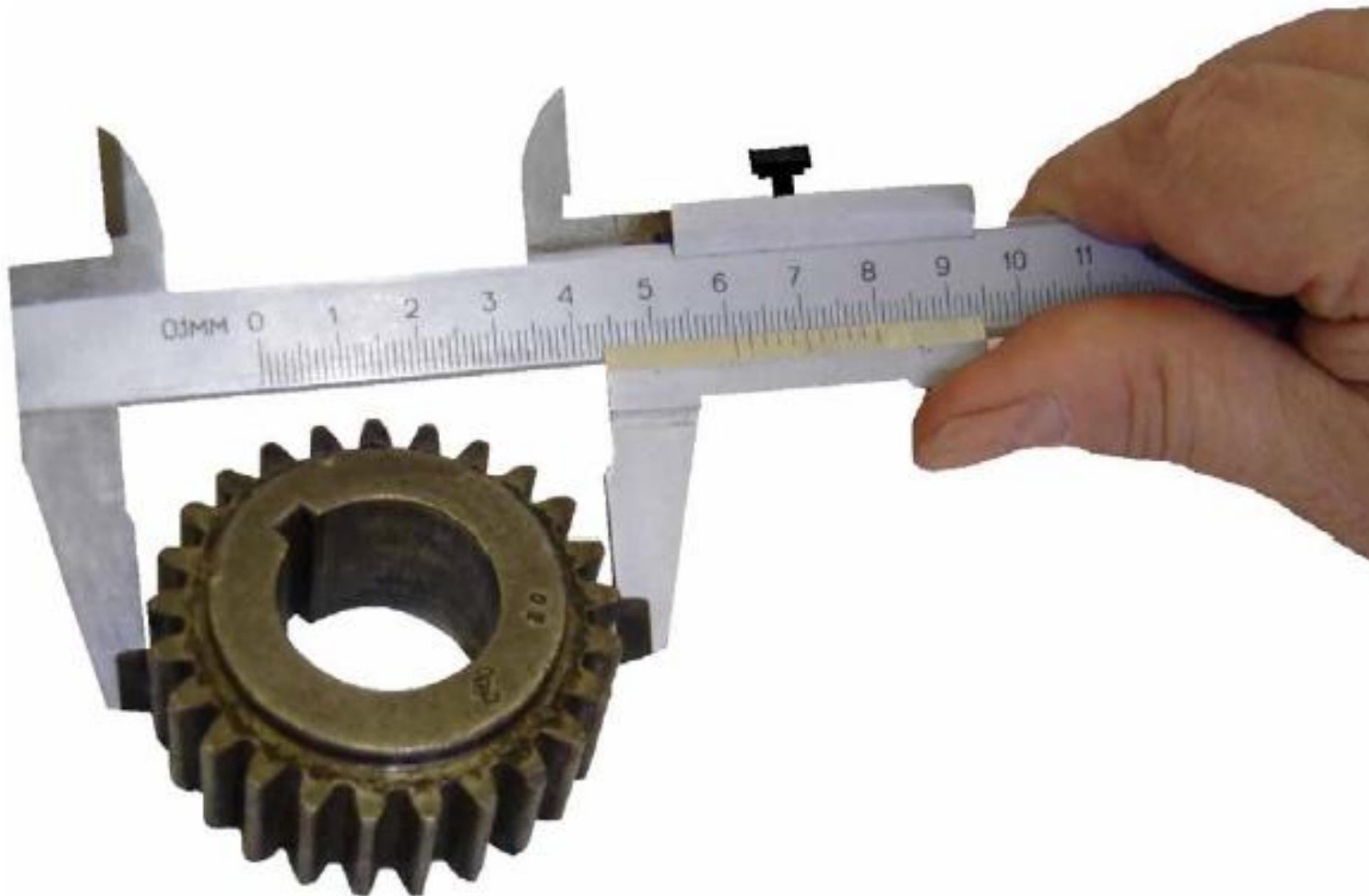
Копировал

Формат А4

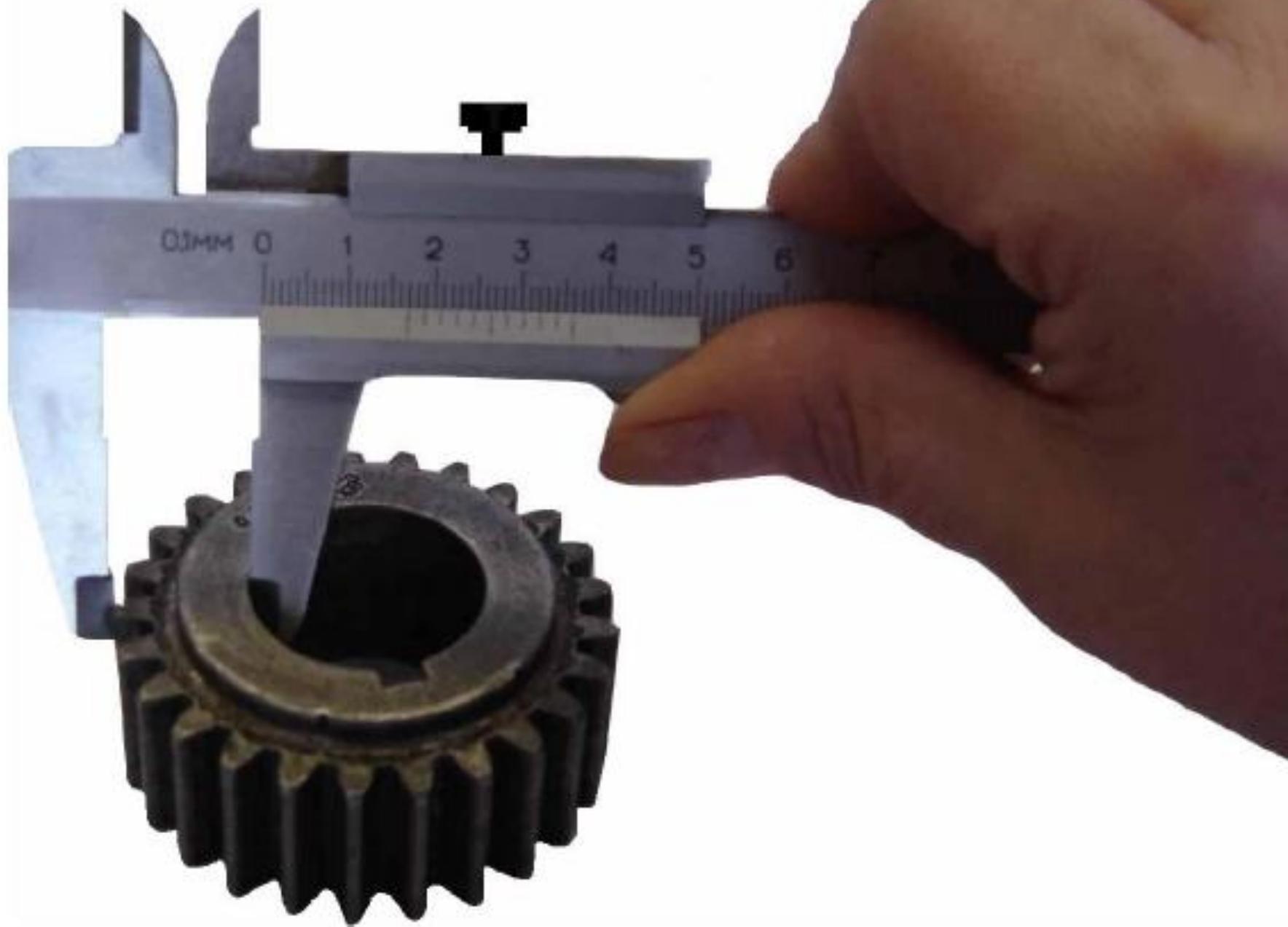


Чертеж зубчатой передачи со шпоночным и шлицевым соединением

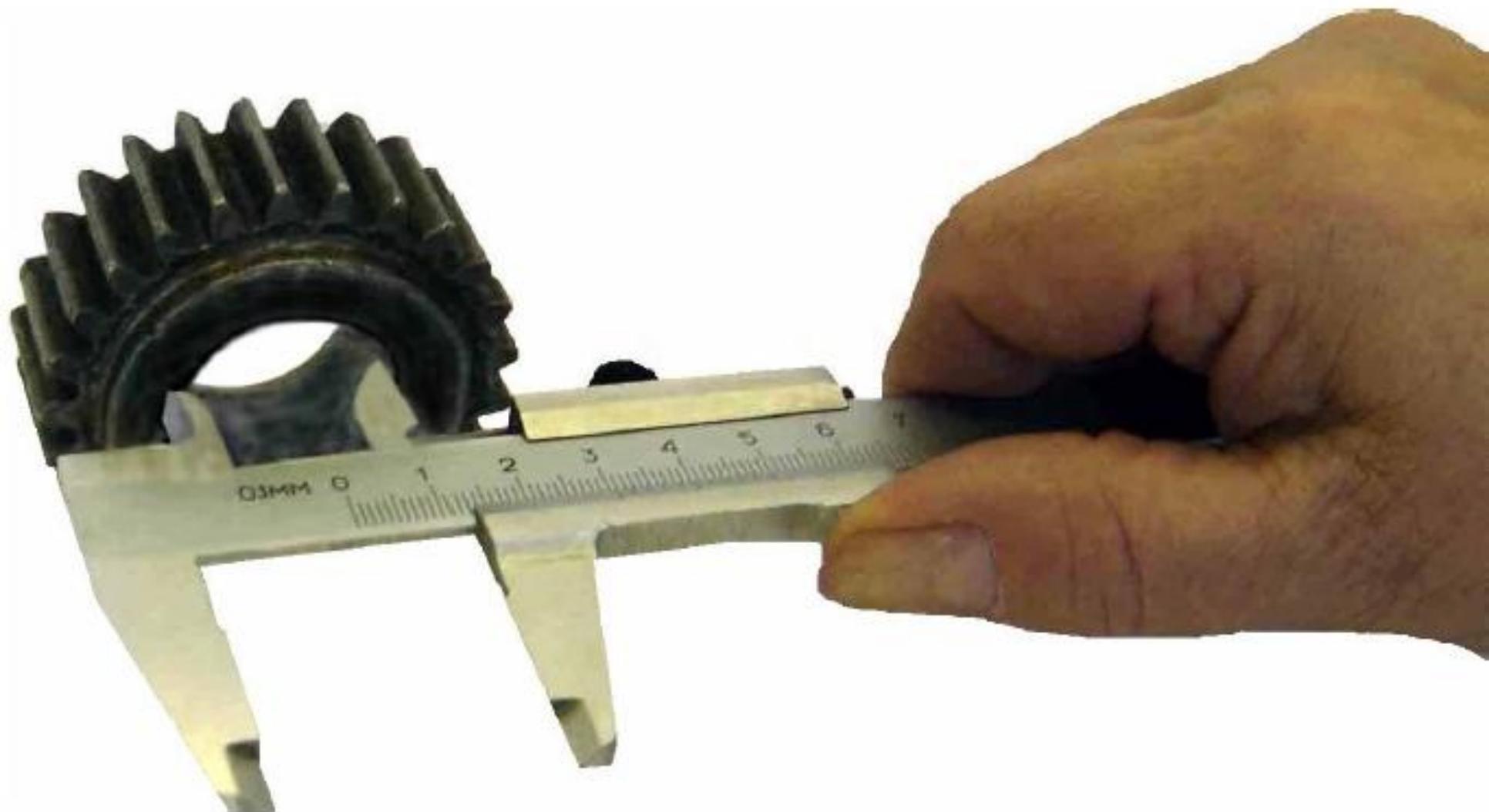
Рисунок 7 – Рабочий чертеж зубчатого колеса



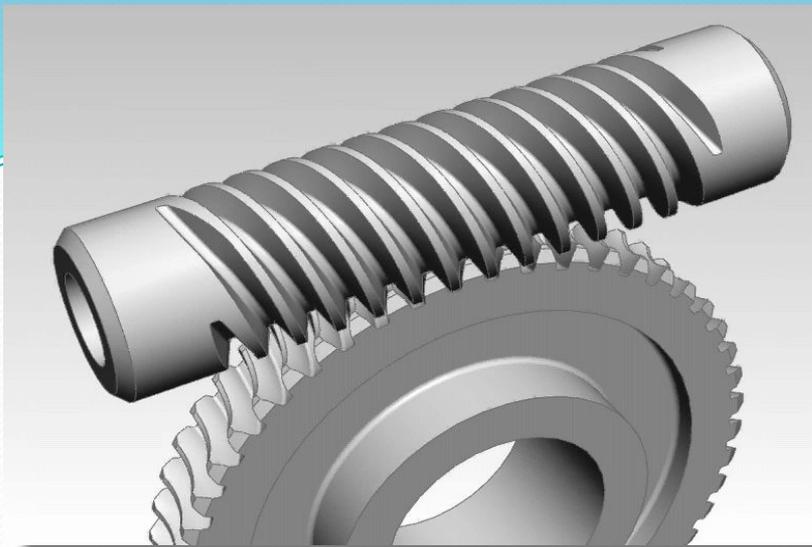
Измерение диаметра вершин зубьев колеса



Измерение высоты зуба колеса

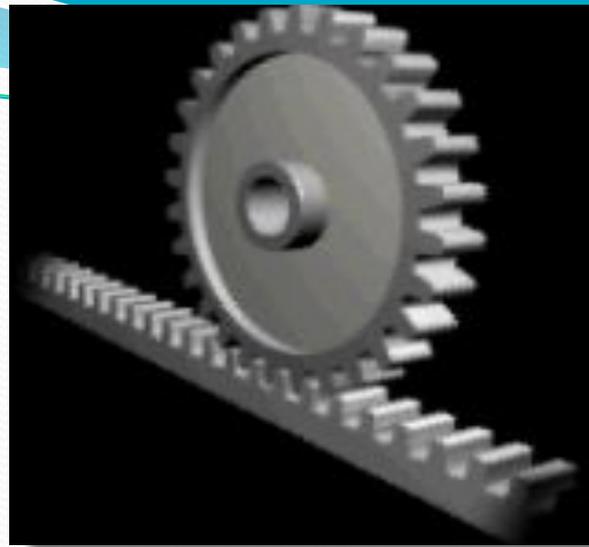


Измерение размера глубины шпоночного паза колеса



Червячная передача с
четырёхзаходным червяком

Цилиндрическая зубчатая передача



Реечная передача

Гипоидная зубчатая передача

