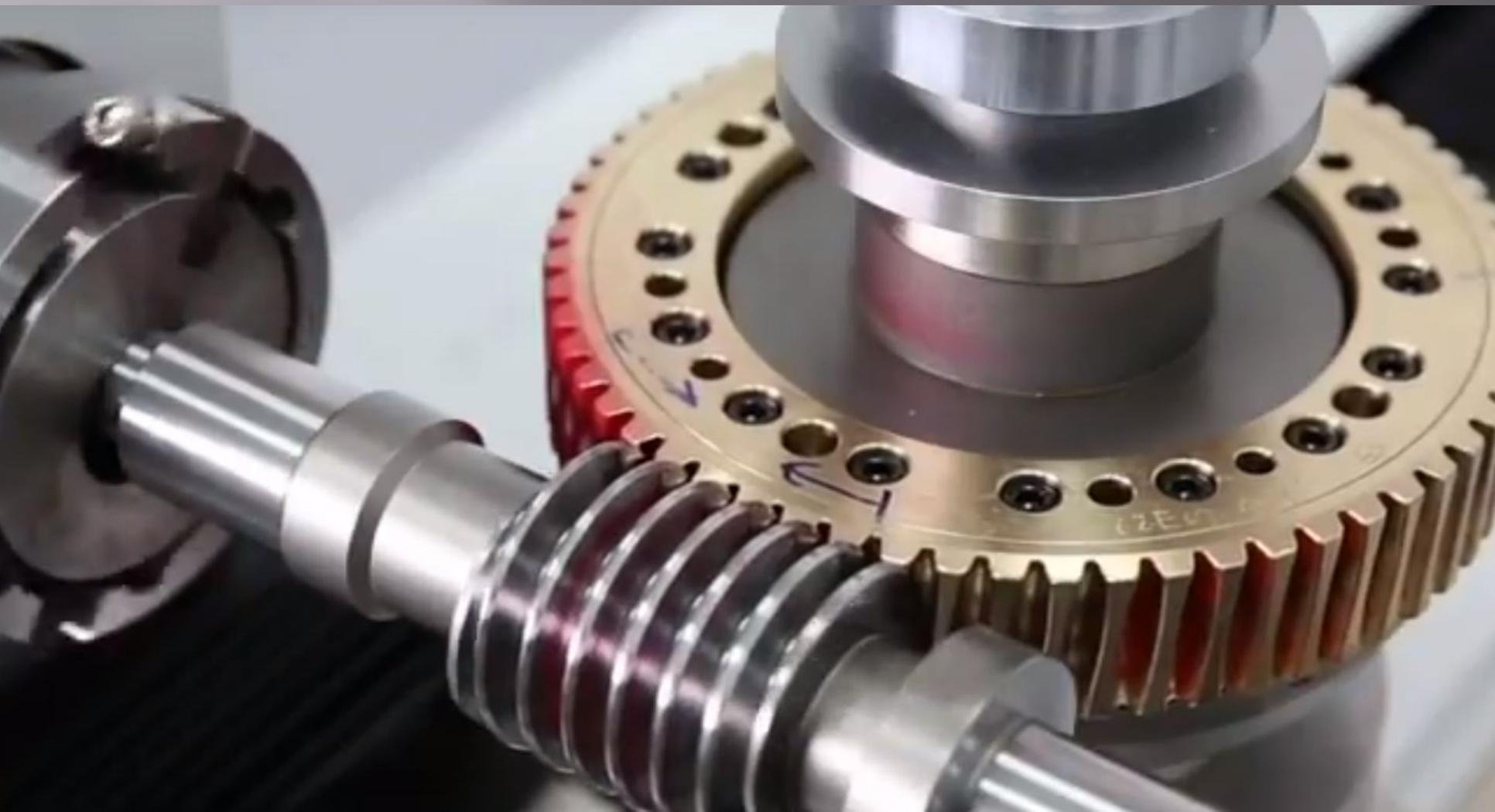
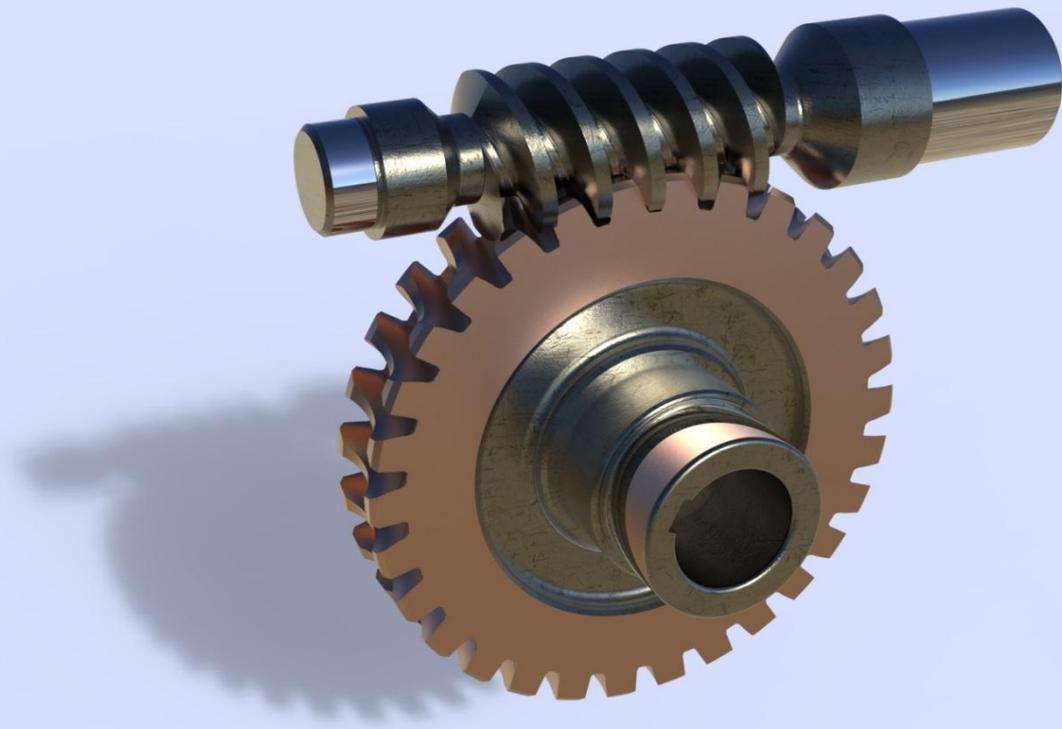


ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

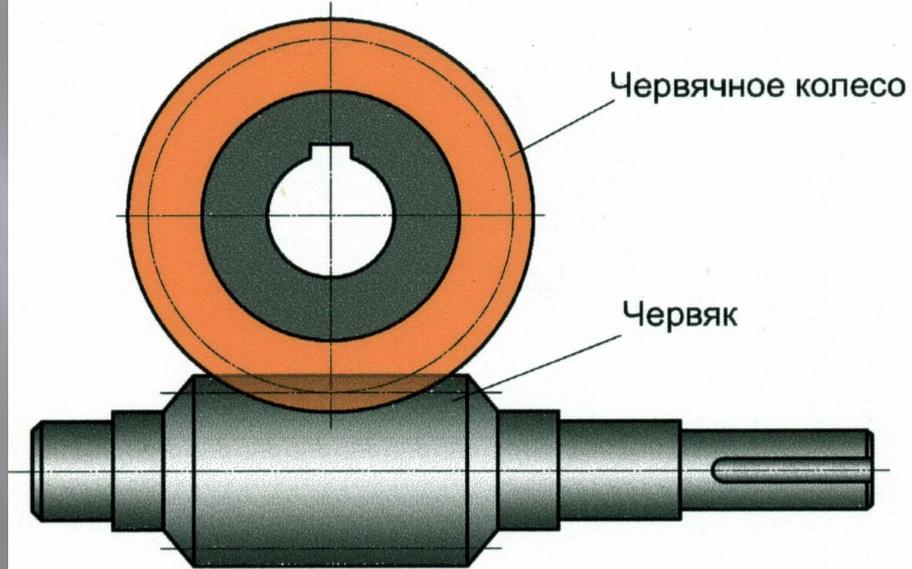




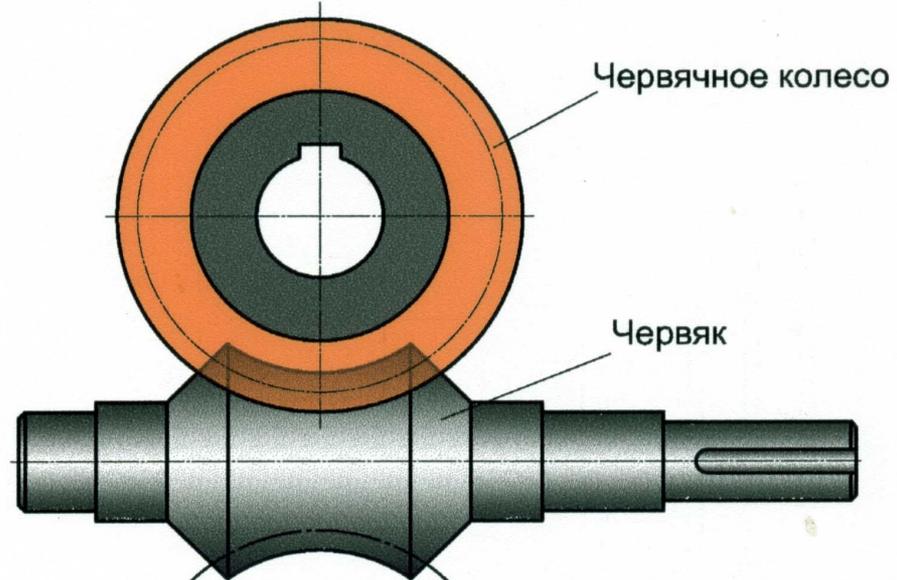
Червячная передача – это зубчато-винтовая передача, движение в которой осуществляется по принципу винтовой пары.

ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

С цилиндрическим червяком

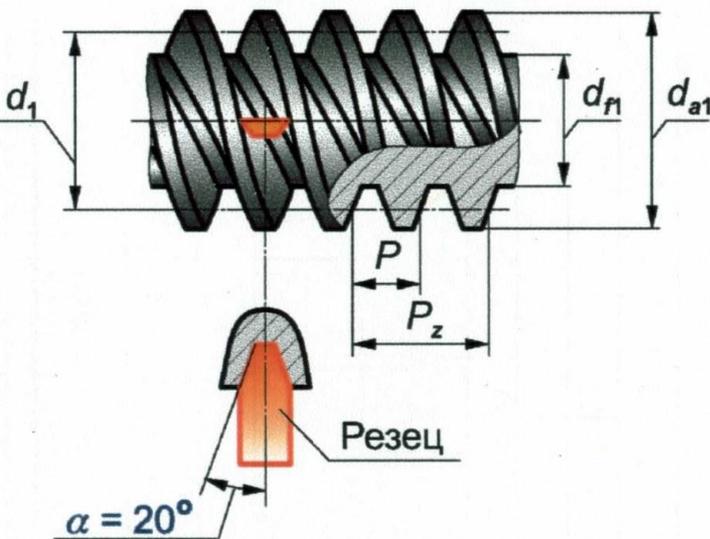


С глобоидным червяком



ПРОФИЛИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЧЕРВЯКОВ

Архимедов ZA



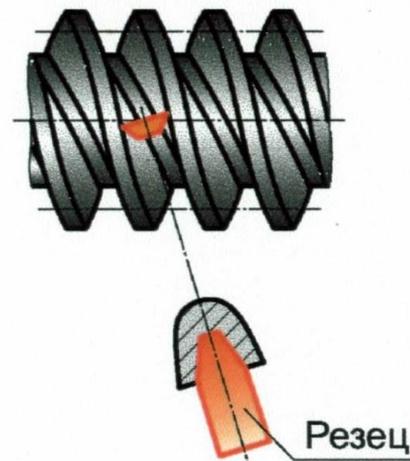
P - осевой шаг червяка;

$m = P/\pi$ - осевой модуль червяка;

$z_1 = 1, 2, 4$ - число витков (заходов) червяка;

$P_z = P \cdot z_1$ - ход витка червяка;

Конволютный ZN



$q = 6,3...25$ - коэффициент диаметра червяка;

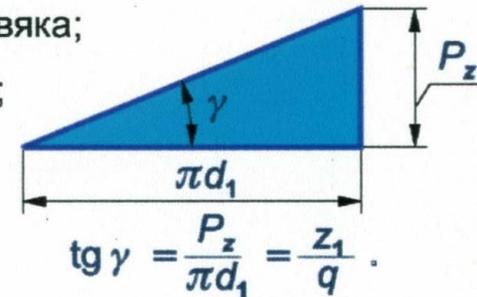
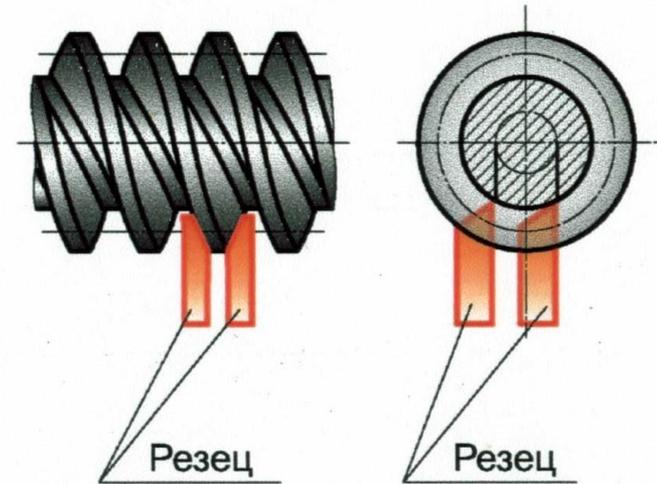
$d_1 = m \cdot q$ - делительный диаметр червяка;

$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m$ - диаметр вершин червяка;

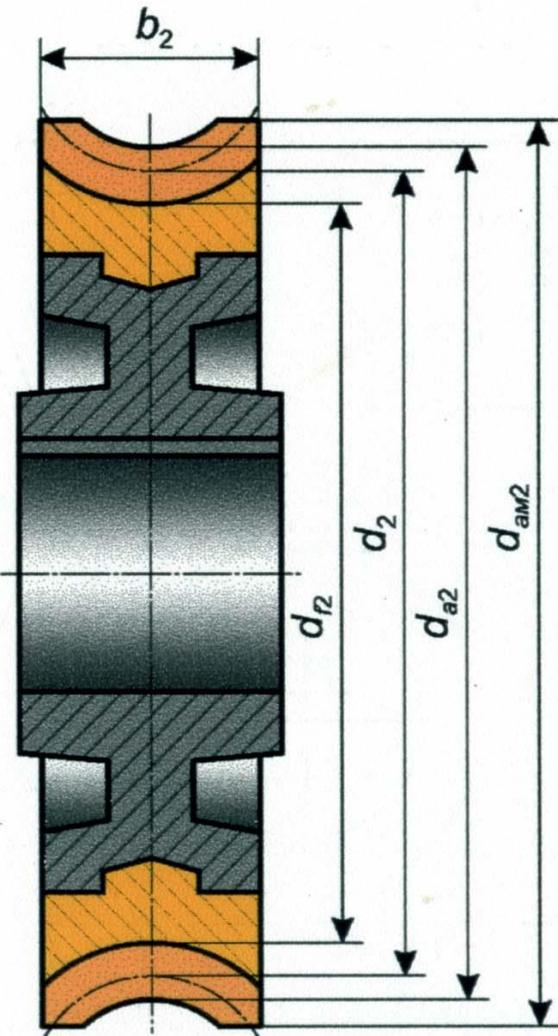
$d_{f1} = d_1 - 2,4 \cdot m$ - диаметр впадин червяка;

γ - делительный угол подъема витка.

Эвольвентный ZI



ГЕОМЕТРИЯ ЧЕРВЯЧНОГО КОЛЕСА



m - модуль зацепления;

z_2 - число зубьев колеса;

d_2 - делительный диаметр колеса;

d_{a2} - диаметр вершин зубьев колеса в среднем сечении;

d_{f2} - диаметр впадин зубьев колеса в среднем сечении;

d_{am2} - наибольший диаметр колеса;

b_2 - ширина зубчатого венца колеса;

x - коэффициент смещения инструмента.

$$d_2 = m \cdot z_2;$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m + 2 \cdot m \cdot x;$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,4 \cdot m + 2 \cdot m \cdot x;$$

$$d_{am2} \leq d_{a2} + \frac{6 \cdot m}{z_1 + 2};$$

$$b_2 \leq 0,75 \cdot d_{a1} \quad \text{при } z_1 = 1 \dots 2;$$

$$b_2 \leq 0,67 \cdot d_{a1} \quad \text{при } z_1 = 4.$$

В формулах:

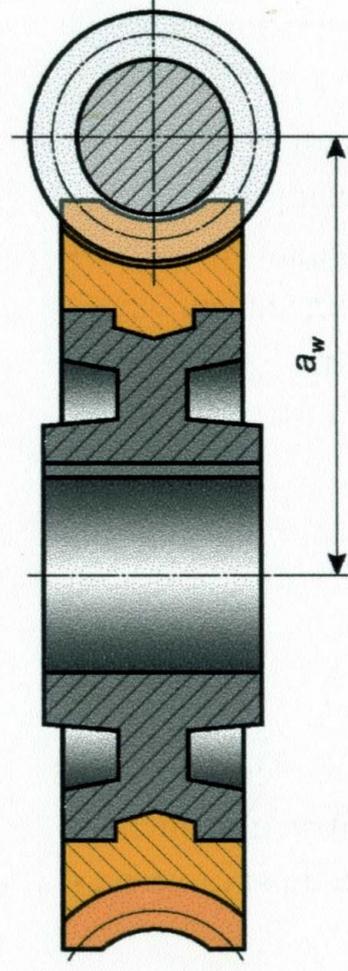
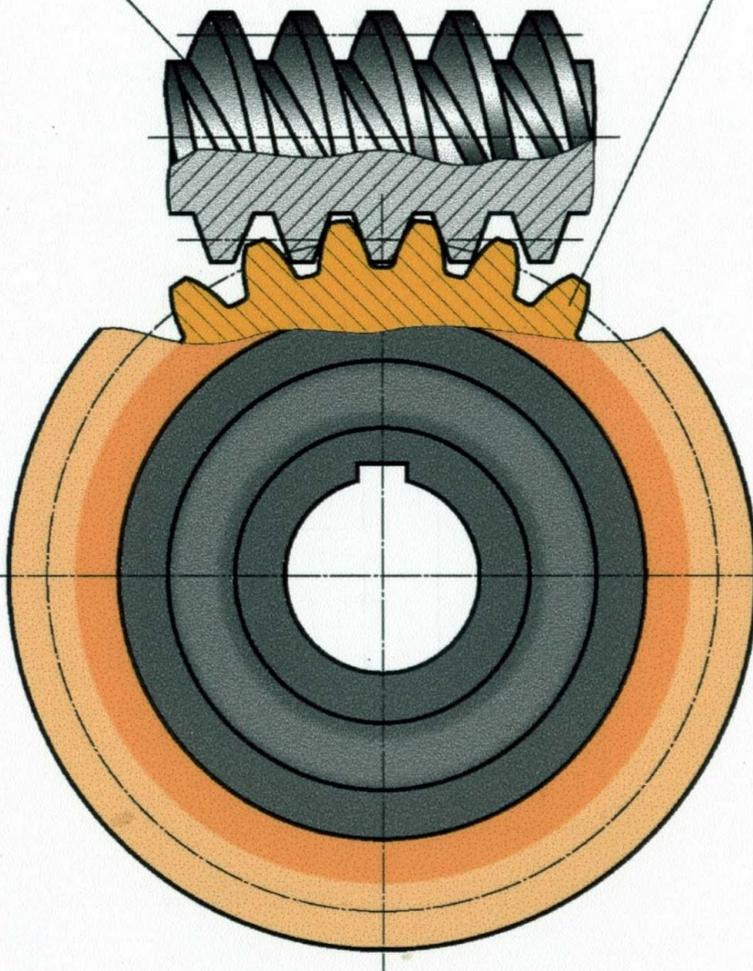
z_1 - число витков (заходов) червяка;

d_{a1} - диаметр вершин червяка.

ГЕОМЕТРИЯ ЧЕРВЯЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Червяк

Червячное колесо



m - модуль зацепления;

z_1 - число витков (заходов) червяка;

z_2 - число зубьев червячного колеса;

q - коэффициент диаметра червяка;

x - коэффициент смещения инструмента;

u - передаточное число передачи;

a - делительное межосевое расстояние;

a_w - межосевое расстояние.

$$a = 0,5 \cdot m \cdot (q + z_2);$$

$$x = \frac{a_w - a}{m}; \quad -1 \leq x \leq +1;$$

$$u = \frac{z_2}{z_1}.$$

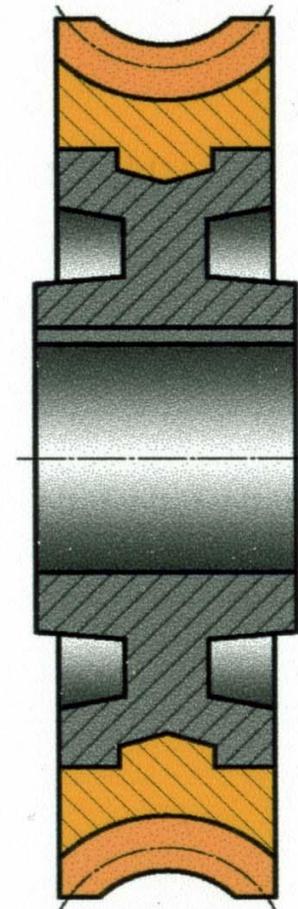
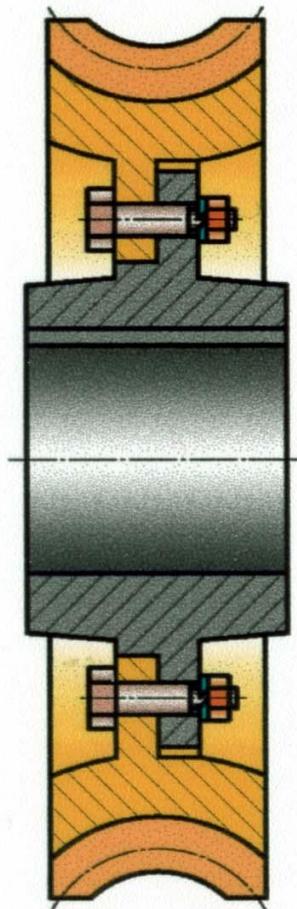
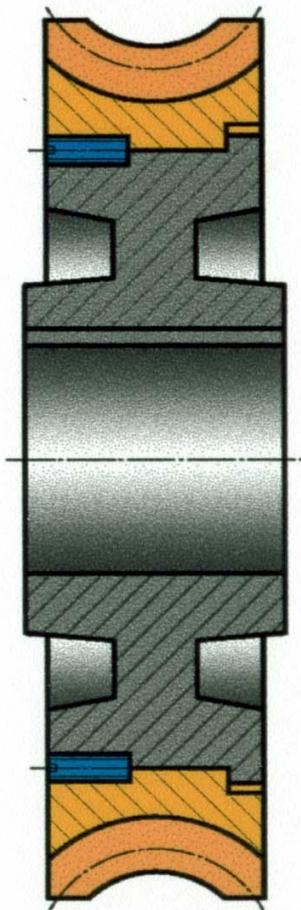
КОНСТРУКЦИИ ЧЕРВЯЧНЫХ КОЛЕС

Способы соединения венца со ступицей

с натягом и винтами

болтовым соединением

заливкой венца на обод

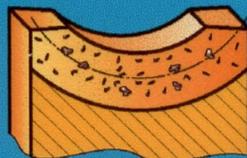


КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

Виды разрушения зубьев

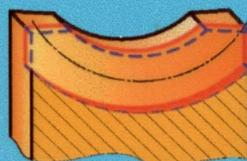
Условия работы

Выкрашивание поверхностных слоев зубьев червячного колеса



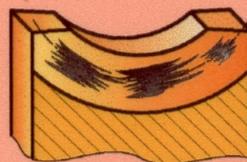
Червячные передачи с высокими антифрикционными свойствами (червячное колесо выполнено из оловянной бронзы). Выкрашивание связано с циклическим нагружением зубьев червячного колеса. Может быть ограниченным или прогрессирующим.

Абразивный износ



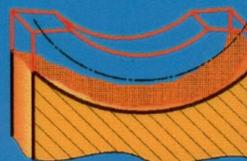
Червячные передачи с низкими антифрикционными свойствами (червячное колесо выполнено из безоловянной бронзы или чугуна). Износ обусловлен значительным скольжением в зацеплении.

Заедание



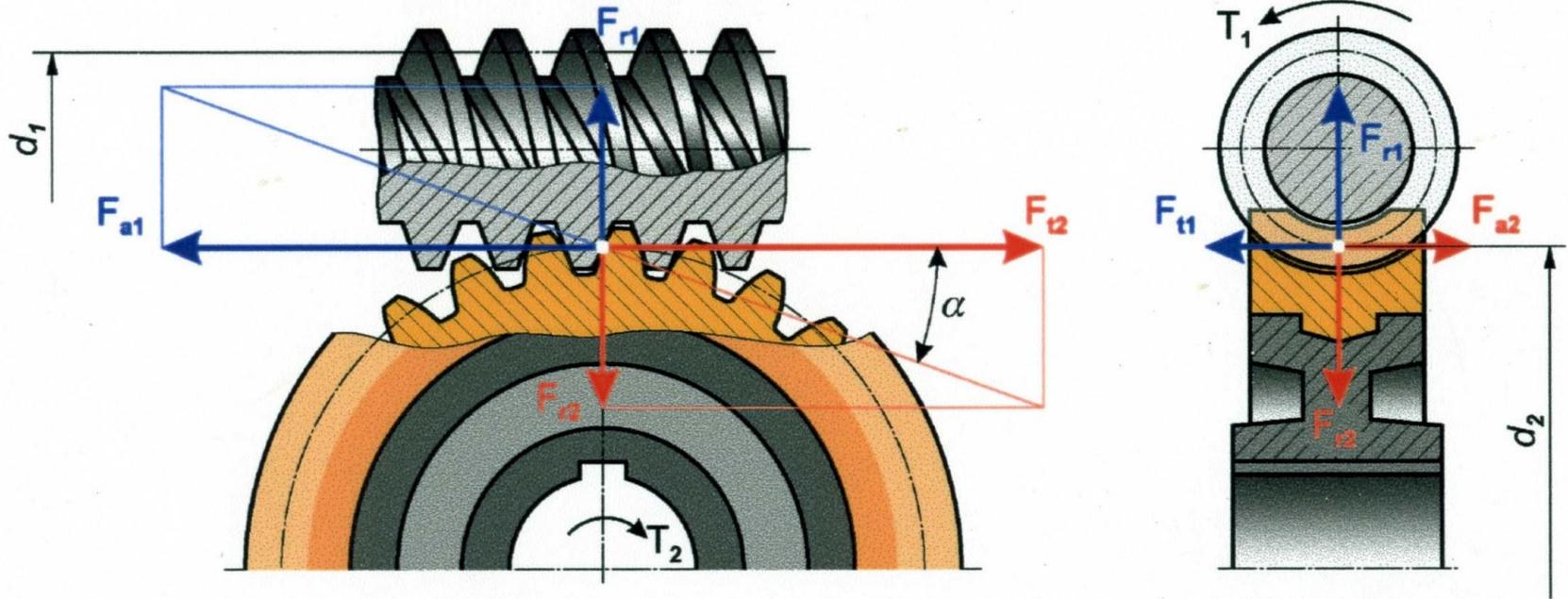
Высоконагруженные передачи. При высокой удельной нагрузке происходит разрыв масляной пленки, нагрев и схватывание сопряженных поверхностей с образованием следов задира в направлении скольжения витка червяка по зубу колеса.

Поломка зубьев



В червячных передачах поломка зубьев червячного колеса встречается крайне редко и характерна для мелко модульных передач с числом зубьев червячного колеса более 100.

СИЛЫ В ЧЕРВЯЧНОМ ЗАЦЕПЛЕНИИ



d_1 - делительный диаметр червяка, мм;

d_2 - делительный диаметр червячного колеса, мм;

α - угол зацепления;

T_1 - вращающий момент на червяке, Н·м;

T_2 - вращающий момент на червячном колесе, Н·м;

F_{t1} - окружная сила на червяке, Н;

F_{t2} - окружная сила на червячном колесе, Н;

F_{r1} - радиальная сила на червяке, Н;

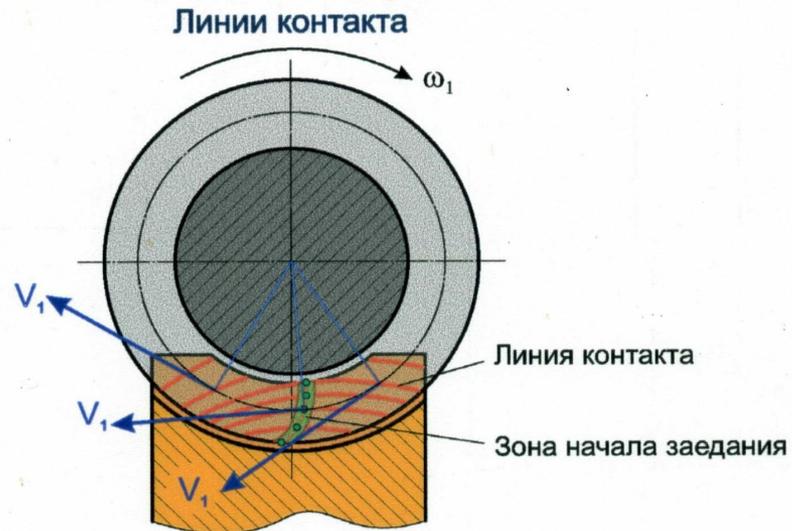
F_{r2} - радиальная сила на червячном колесе, Н;

F_{a1} - осевая сила на червяке, Н;

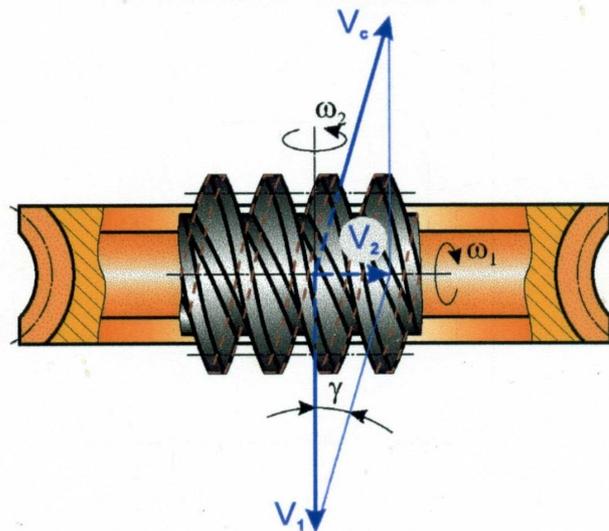
F_{a2} - осевая сила на червячном колесе, Н.

$$F_{t1} = \frac{2000 \cdot T_1}{d_1}; \quad F_{t2} = \frac{2000 \cdot T_2}{d_2}; \quad F_{r2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad \bar{F}_{t1} = -\bar{F}_{a2}; \quad \bar{F}_{a1} = -\bar{F}_{t2}; \quad \bar{F}_{r1} = -\bar{F}_{r2}.$$

ЛИНИИ КОНТАКТА И СКОЛЬЖЕНИЕ В ЧЕРВЯЧНОМ ЗАЦЕПЛЕНИИ



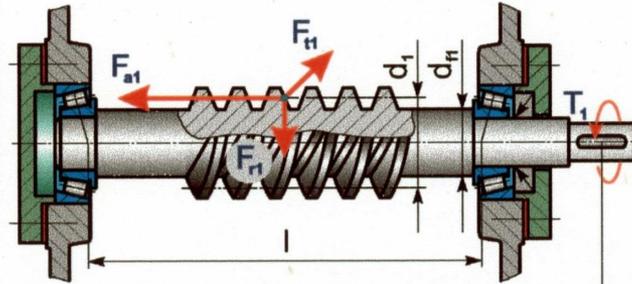
Скольжение в зацеплении



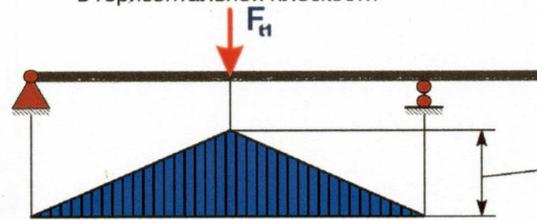
V_1 - окружная скорость червяка;
 V_2 - окружная скорость червячного колеса;
 V_c - скорость скольжения;
 γ - делительный угол подъема витка червяка.

$$V_c = \frac{V_1}{\cos \gamma} > V_1.$$

РАСЧЕТ ВАЛА ЧЕРВЯКА НА ПРОЧНОСТЬ

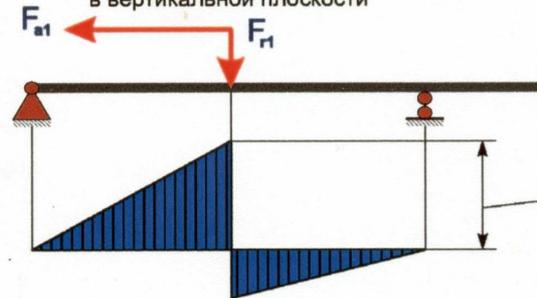


Расчетная схема и эпюра изгибающих моментов в горизонтальной плоскости



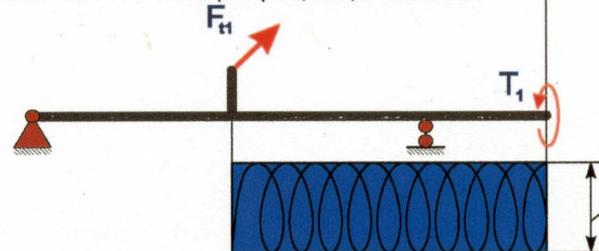
$$M_n^r = F_{t1} \cdot \frac{l}{4}$$

Расчетная схема и эпюра изгибающих моментов в вертикальной плоскости



$$M_n^b = F_{a1} \cdot \frac{d_1}{4} + F_{r1} \cdot \frac{l}{4}$$

Расчетная схема и эпюра вращающих моментов



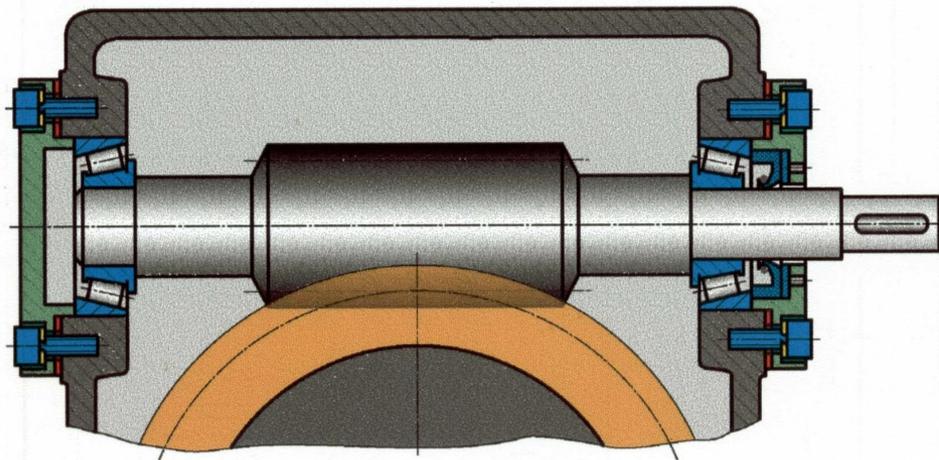
$$T_1 = F_{t1} \cdot \frac{d_1}{2}$$

$$M_3 = \sqrt{(M_n^r)^2 + (M_n^b)^2 + T_1^2}; \quad \sigma_3 = \frac{M_3}{W_x} \leq [\sigma_{-1w}]; \quad W_x = 0,1 \cdot d_{f1}^3.$$

КОНСТРУКЦИИ ОПОР ЧЕРВЯКА

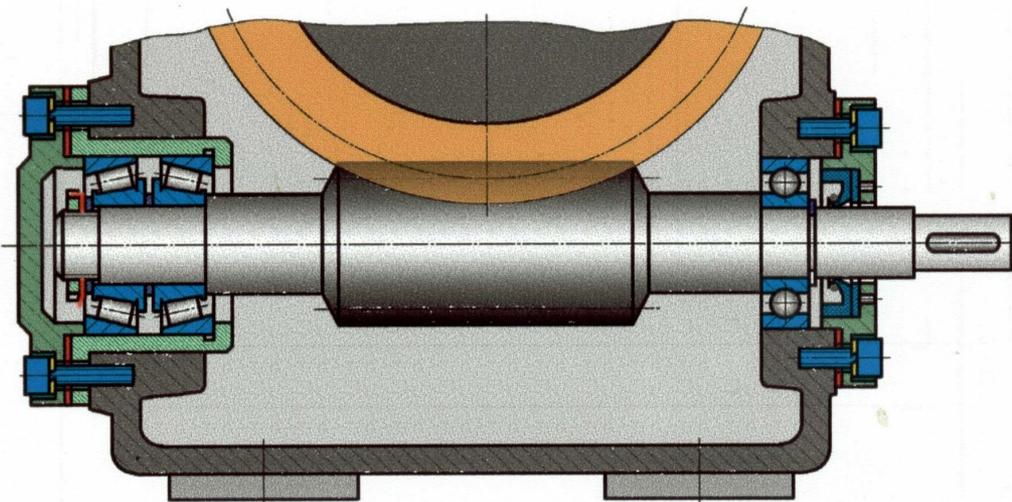
Червяк на двух радиально-упорных подшипниках (схема "враспор")

Рекомендуется при межосевом расстоянии до 150 мм.

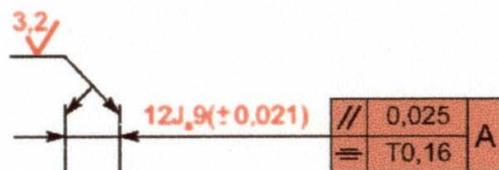
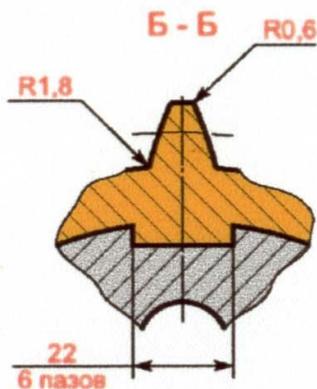
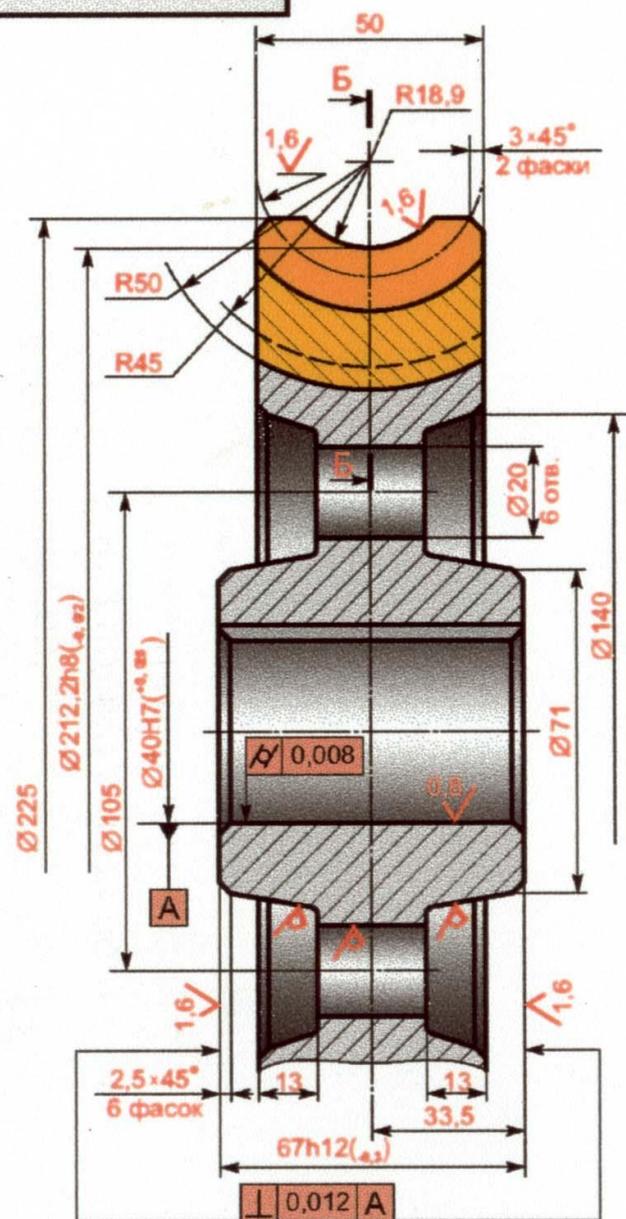


Левая опора фиксирующая (два радиально-упорных подшипника), правая - плавающая (радиальный подшипник)

Рекомендуется при межосевом расстоянии более 150 мм.



6,3 $\sqrt{(\checkmark)}$



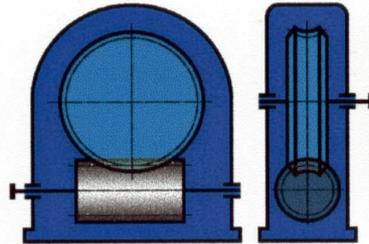
Модуль	m	6,3
Число зубьев	z_2	32
Направление линии зуба	-	Правое
Коэффициент смещения червяка	x	-0,159
Исходный производящий червяк	-	ГОСТ 19036-81
Степень точности по ГОСТ 3675-81	-	8-8-7-B
Межосевое расстояние	a_w	$125 \pm 0,06$
Делительный диаметр	d_2	201,6
Вид сопряженного червяка	-	ZI
Число витков сопряженного червяка	z_1	1
Обозначение чертежа сопряженного червяка		

1. Материал венца - бронза Бр010Ф1 ГОСТ 613-79.
2. Материал центра - чугун СЧ15 ГОСТ 1412-85.
3. Радиусы скруглений 5 мм max.
4. Уклоны формовочные 3°.
5. -IT14, +IT14, $\pm t/2$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Колесо червячное К	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.						К	12,5	1:1
Пров.								
Т. контр.								
Н. контр.								
Утв.						Лист	Листов 1	

СХЕМЫ ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ

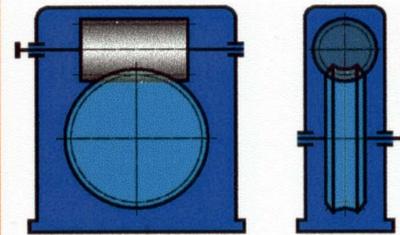
Червяк под колесом



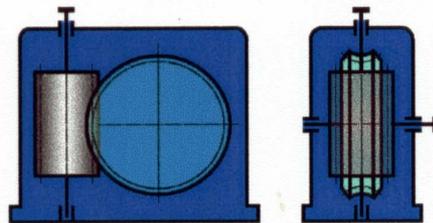
Рекомендуется при окружной скорости червяка до 4...5 м/с. Смазывание деталей редуктора - окунанием червяка на высоту витка в масло с образованием масляного тумана.

Червяк над колесом

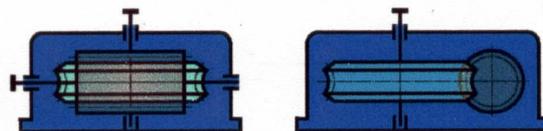
Рекомендуется при окружной скорости червяка более 4...5 м/с. При больших скоростях в смазку окунается тихоходное звено передачи - червячно колесо: уменьшаются потери на разбрызгивание масла и снижается опасность сбрасывания масла с зубьев центробежной силой.



Червяк с вертикальной осью



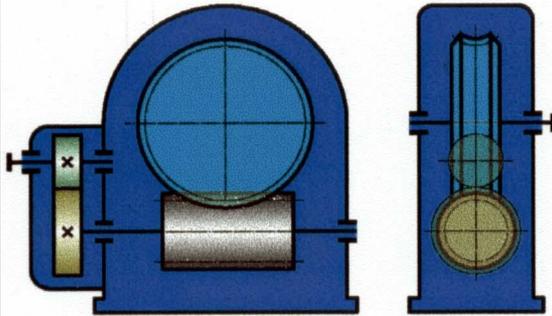
Червяк сбоку, ось колеса вертикальна



Передачи с вертикальным расположением одного из валов применяются в исключительных случаях вследствие неудовлетворительных условий смазывания подшипников вертикальных валов.

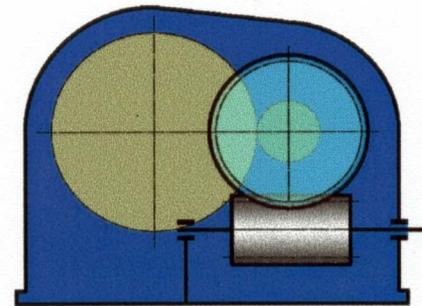
СХЕМЫ КОМБИНИРОВАННЫХ РЕДУКТОРОВ

Цилиндрическо-червячный



Из условия компактности редуктора цилиндрическую передачу выполняют с небольшим передаточным числом $u_1 = 2 \dots 3, 15$, а передаточное отношение редуктора ограничивают величиной $i = 16 \dots 200$.

Червячно-цилиндрический



Червячно-цилиндрический редуктор имеет более широкий диапазон передаточных отношений $i = 16 \dots 400$.

