

# ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Разработал: доцент каф. 202  
Ковеза Юрий Владимирович  
ауд. 227 МК  
[khai202.ho.ua](mailto:khai202.ho.ua)

Лектор: ассистент каф. 202  
Светличный Сергей Петрович  
ауд. 246

# Содержание лекции:

1. Основные характеристики.
2. Принцип работы.
3. Виды червяков.
4. Основные параметры.
5. Силы действующие в зацеплении.
6. Скольжение в червячной передаче.
7. КПД червячной передачи.
8. Допускаемые напряжения.
9. Проектировочный расчет.

# Содержание лекции:

10. Проверочный расчет по контактной прочности.
11. Проверочный расчет по изгибной прочности.
12. Тепловой расчет.

# Основные характеристики

Червячные передачи – это передачи с перекрещивающимися осями, они содержат в себе червяк и червячное колесо. Червячные передачи применяют для передачи малых и средних мощностей, как правило, до 50 кВт.

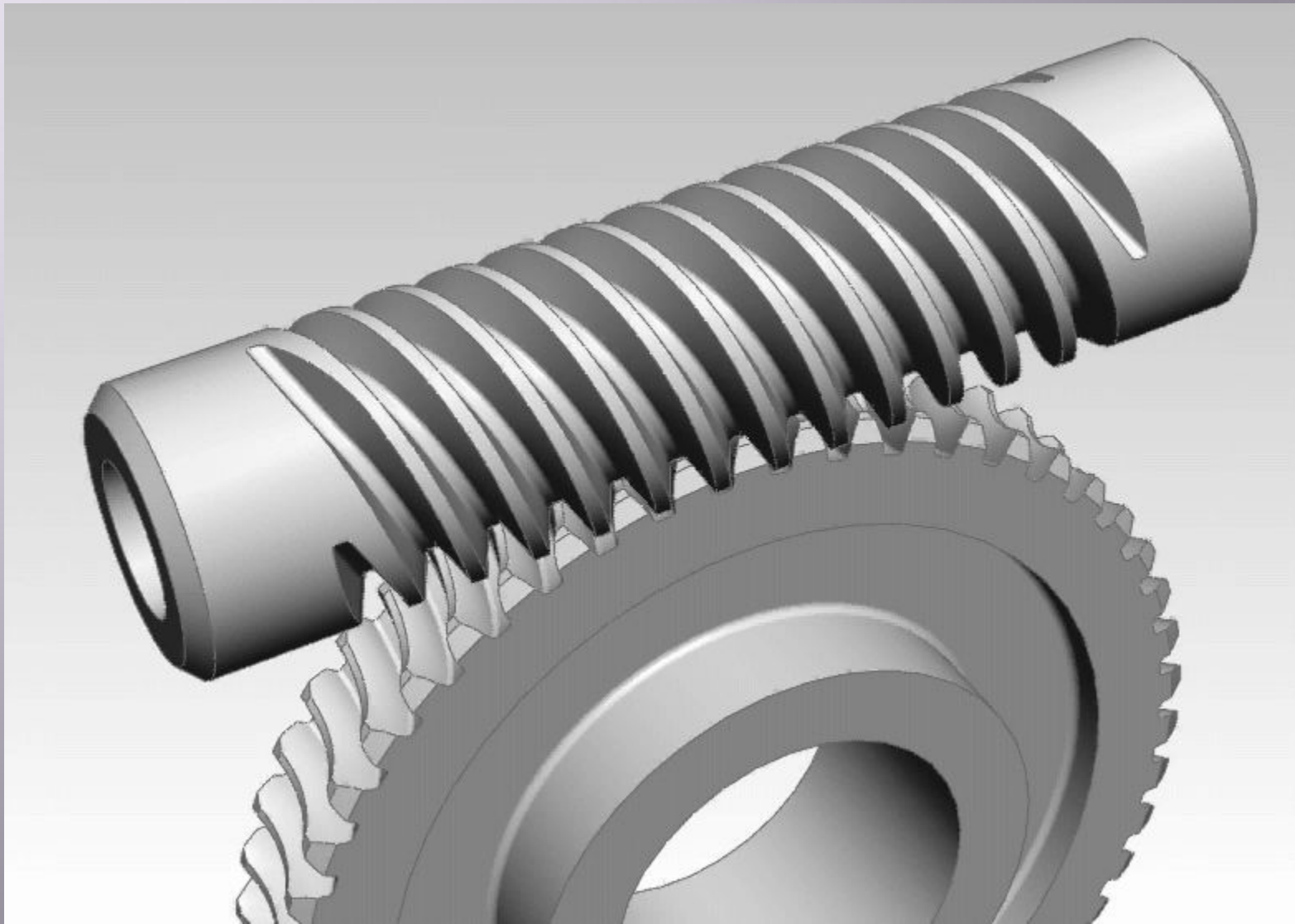
## Преимущества:

1. Большое передаточное отношение в одной паре:  $i = 8 \dots 80$ .
2. Плавность и бесшумность работы, низкий уровень вибраций.
3. Высокая кинематическая точность.

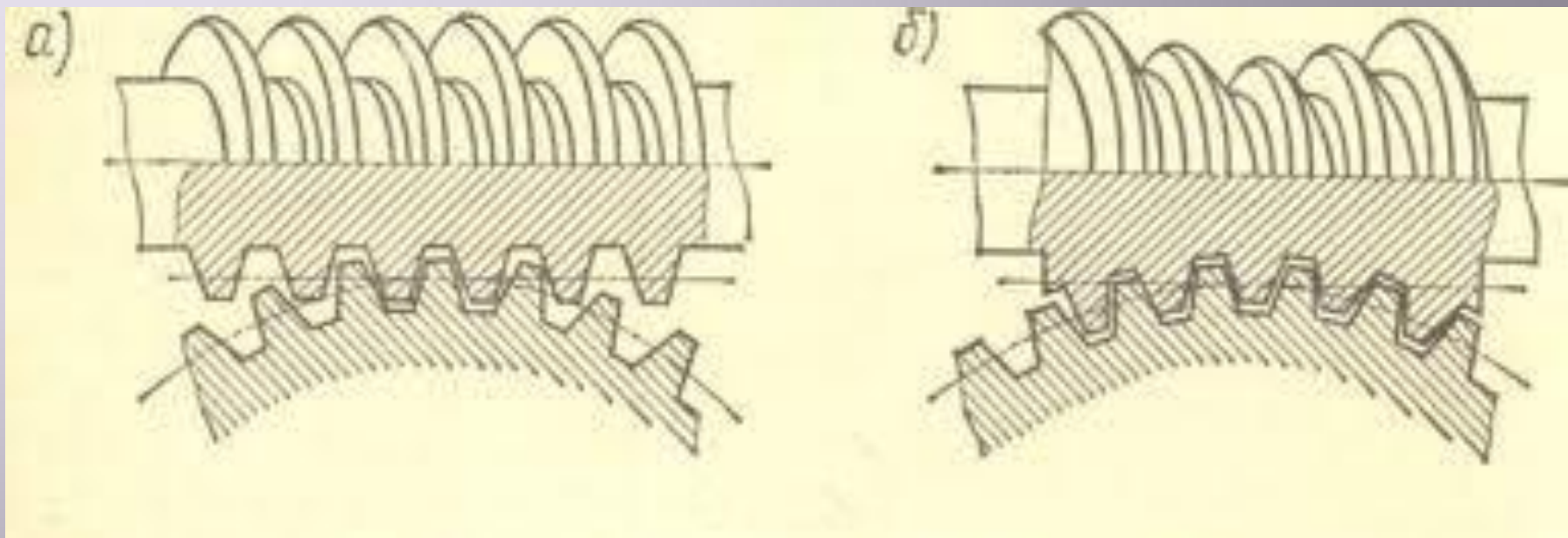
## Недостатки:

1. Сравнительно низкий КПД.
2. Повышенный износ и склонность к заеданию.
3. Потребность в цветных металлах.
4. Высокая точность монтажа.

# Принцип работы

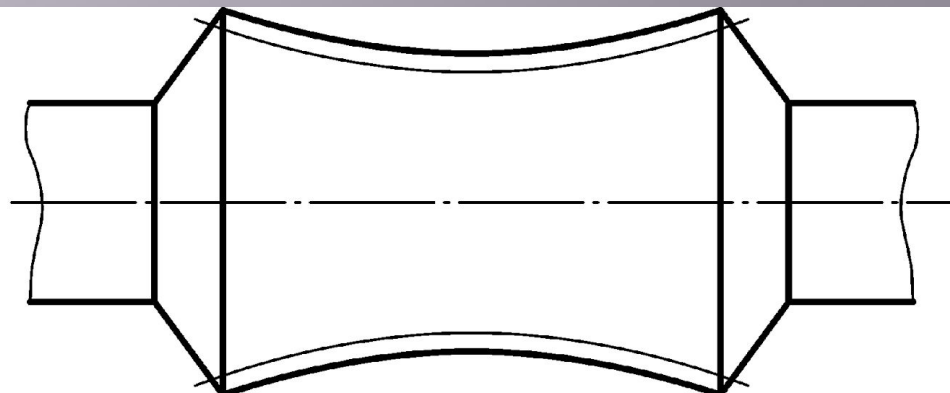
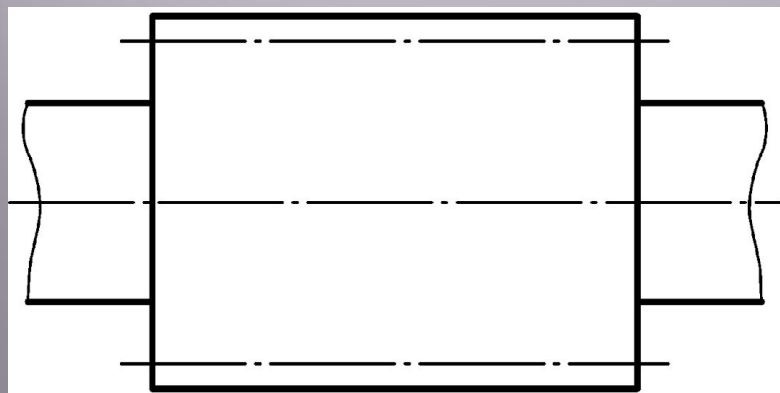


# Виды червяков

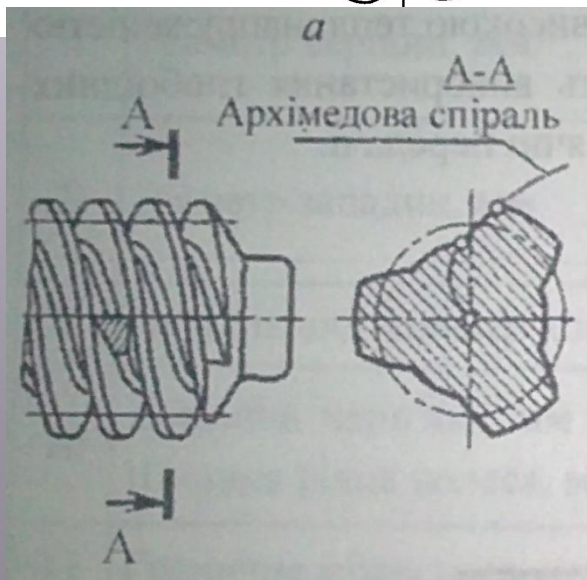
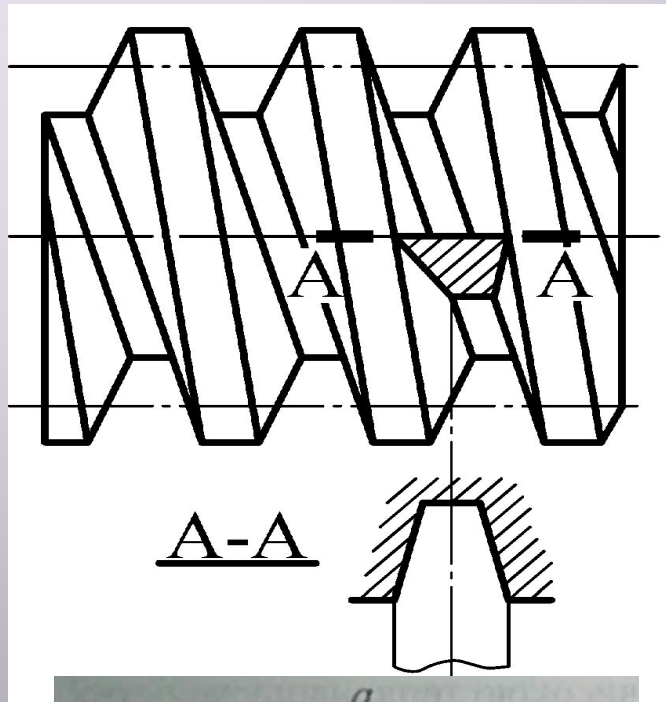


цилиндрический

глобоидный

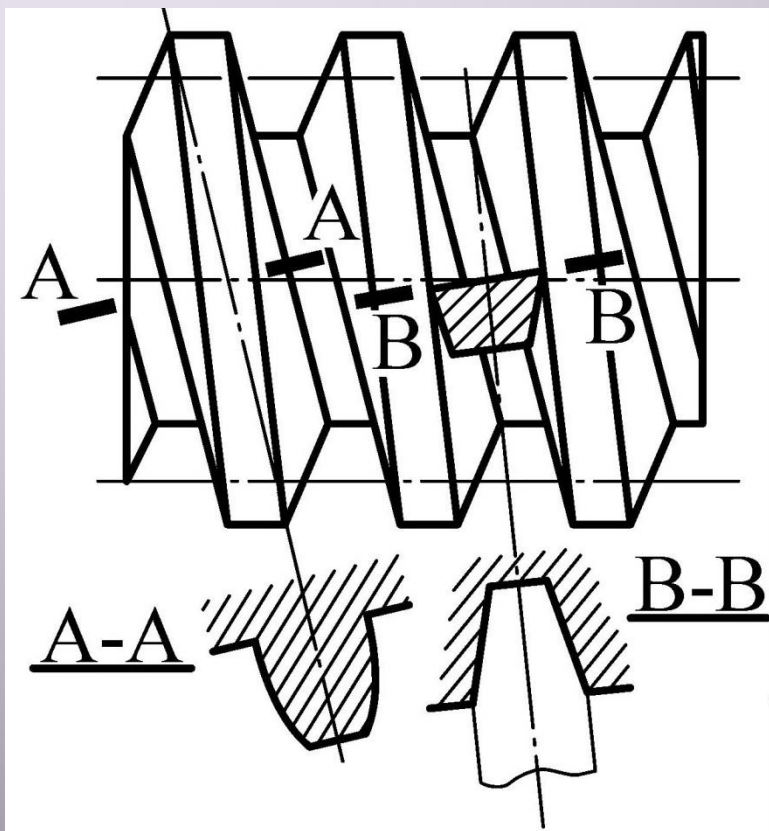


# Виды червяков



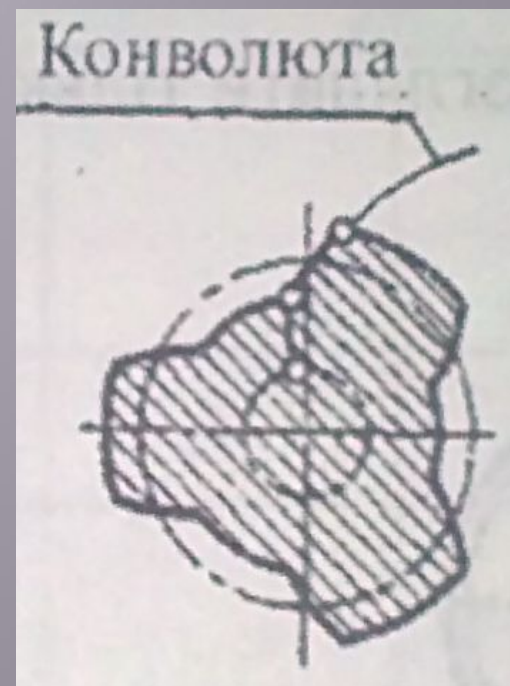
Архимедовы червяки подобны винтам с трапецеидальной резьбой. Они имеют прямолинейный профиль в осевом сечении. В торцевом сечении витки очерчены архимедовой спиралью. Эти червяки просты в изготовлении, если нет необходимости в их шлифовке. Поэтому они используются в тихоходных, не сильно нагруженных передачах. Архимедовы червяки обозначаются ZA.

# Виды червяков



Конволютные червяки имеют прямолинейный профиль в нормальном сечении витка или впадины, а в торцевом – очерчены удлиненной или укороченной эвольвентой.

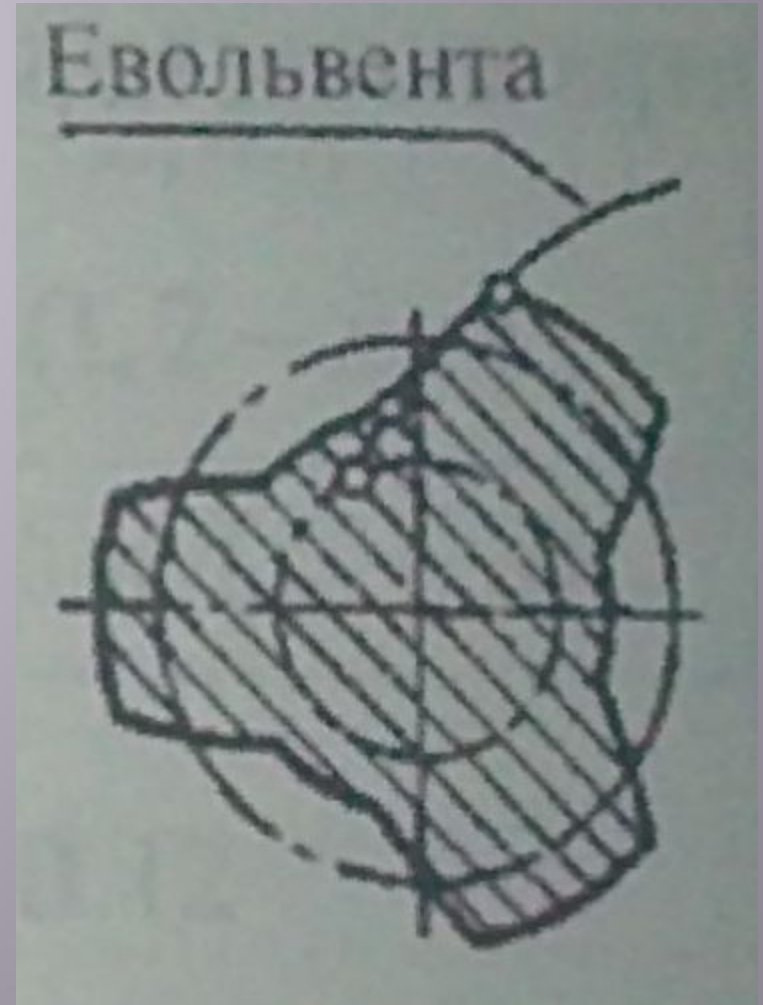
Они более технологичны, чем архимедовы червяки, их легче нарезать резцами и шлифовать. Конволютные червяки обозначаются ZN.



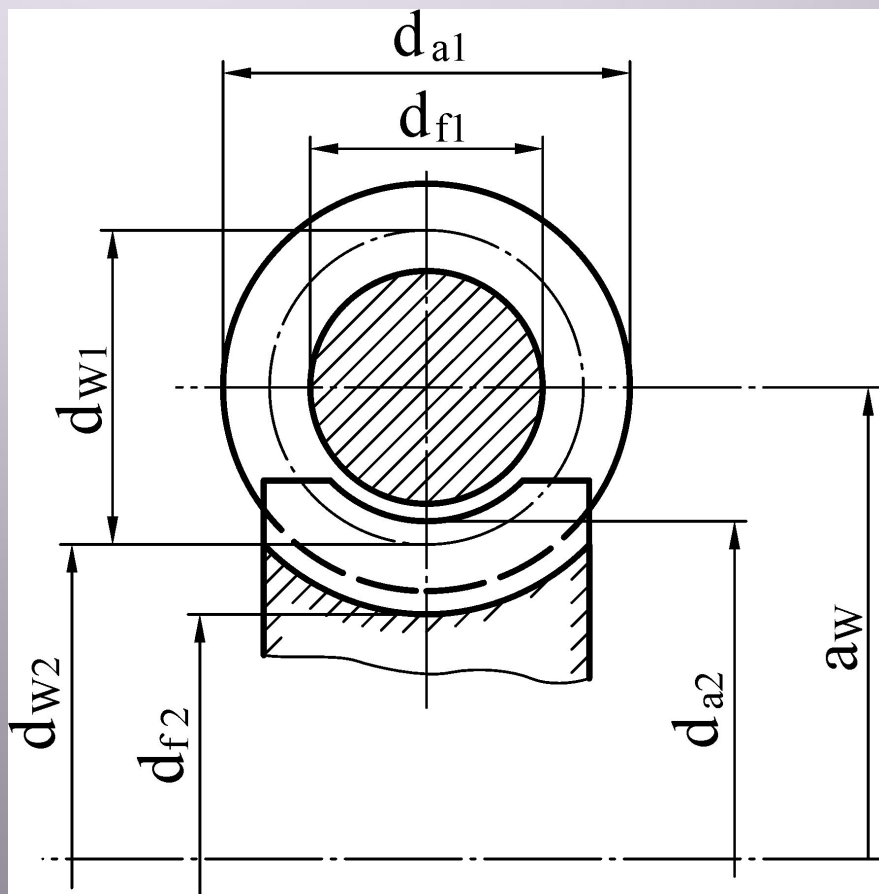


# Виды червяков

**Эвольвентные** червяки – это косозубые колеса с малым числом зубьев, которое равняется числу заходов червяка, и очень большим углом наклона зубьев. Они имеют прямолинейный профиль в сечении плоскостью, параллельной осевой. Профиль в торцевом сечении очерчен эвольвентой. Эвольвентные червяки высокотехнологичны. Обозначаются ZI.



# Основные параметры



$Z_1$  – число заходов (витков) червяка,  $Z_1 = 1, 2, 4$ ;

$m = P_x / \pi$  – модуль зацепления в осевом сечении;

$q = d_1 / m$  – коэффициент диаметра червяка;

$u = Z_2 / Z_1$  – передаточное число.

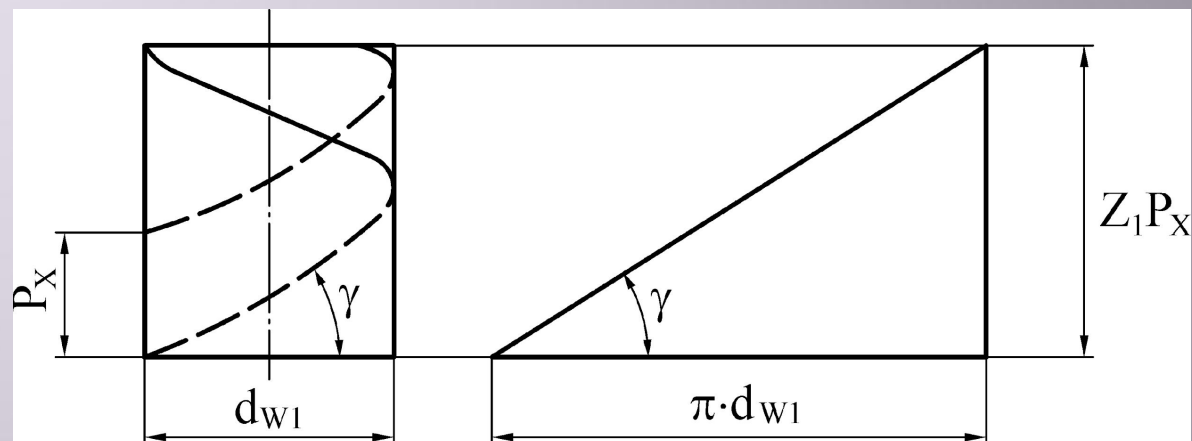
Диаметры:

$d, d_a, d_f$  – делительный, вершин и впадин червяка и колеса.

# Основные параметры

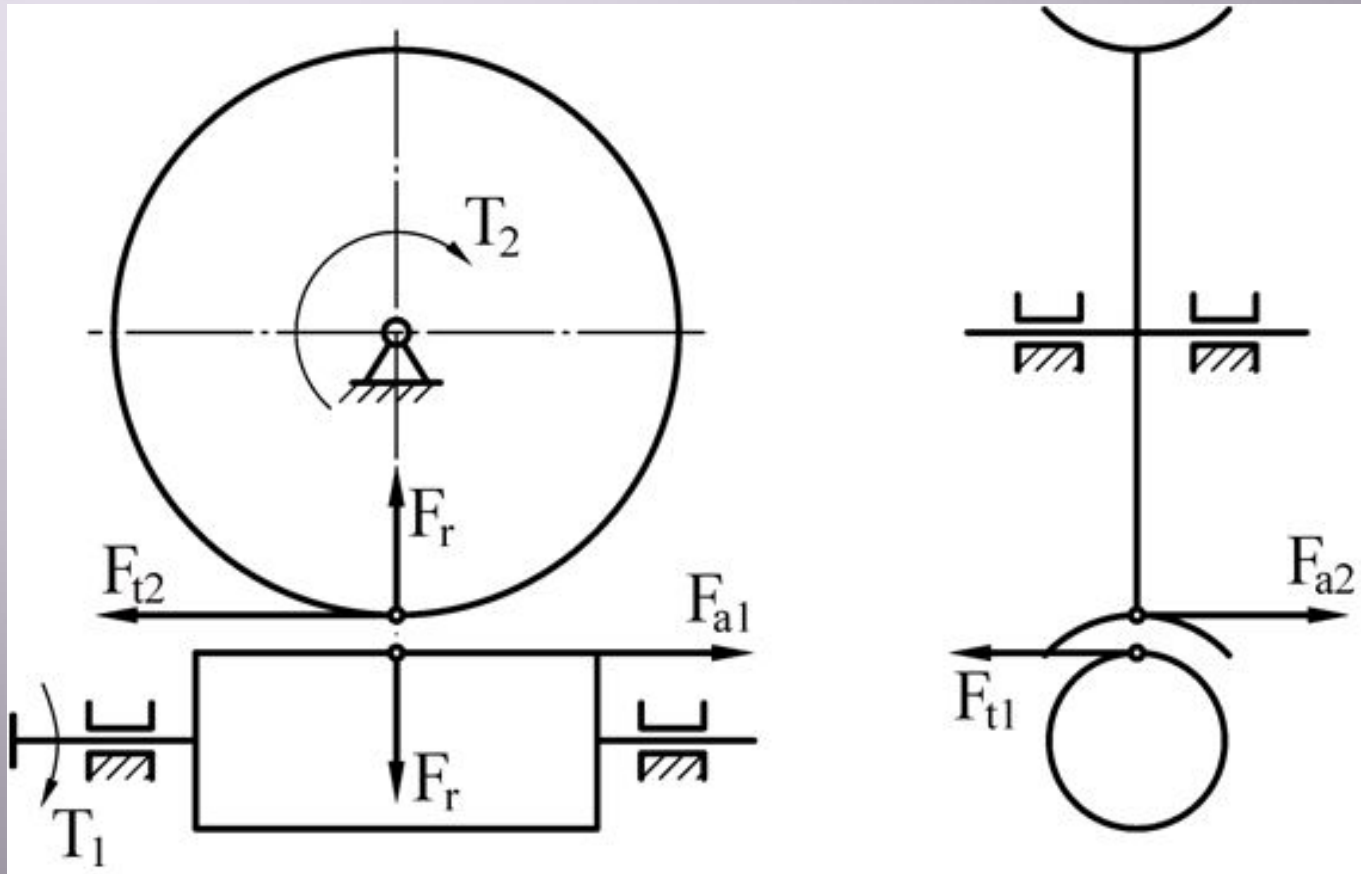
Параметры	Формулы
Делительный диаметр червяка	$d_{w1} = m q$
Делительный диаметр колеса	$d_{w2} = m z_2$
Межосевое расстояние	$a_w = 0,5m (q + z_2)$
Диаметр вершин зубьев	$d_a = d + 2 m$
Диаметр впадин зубьев	$d_f = d - 2,4 m$
Угол подъёма винтовой линии	$\gamma = \arctg Z_1 / q$

# Геометрические соотношения



m	3	6	12
q	12.5...14	9...14	8,10

# Силы, действующие в зацеплении

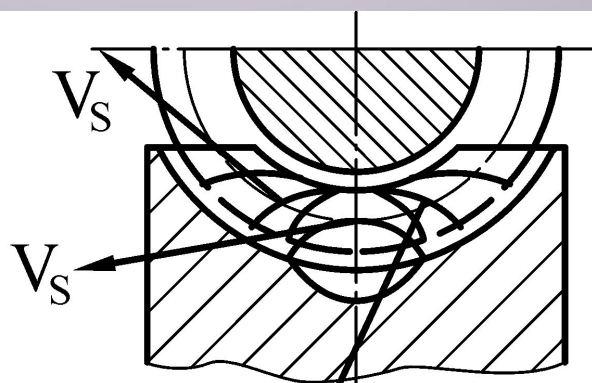
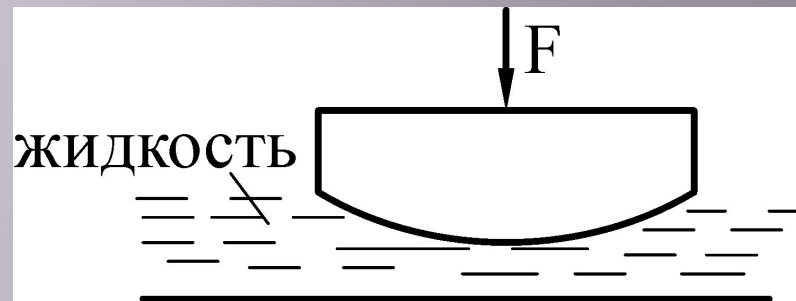
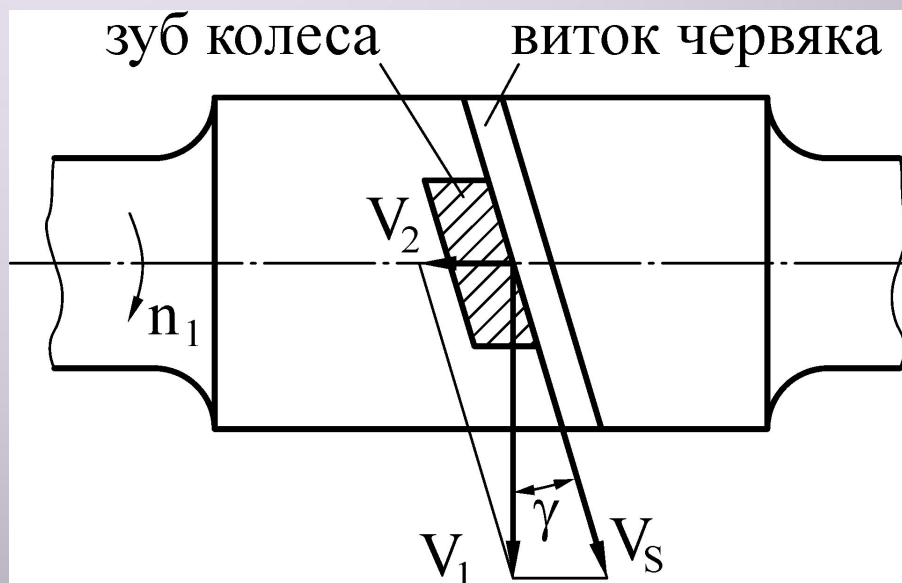


$$F_{r1} = F_{r2} = \\ = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha$$

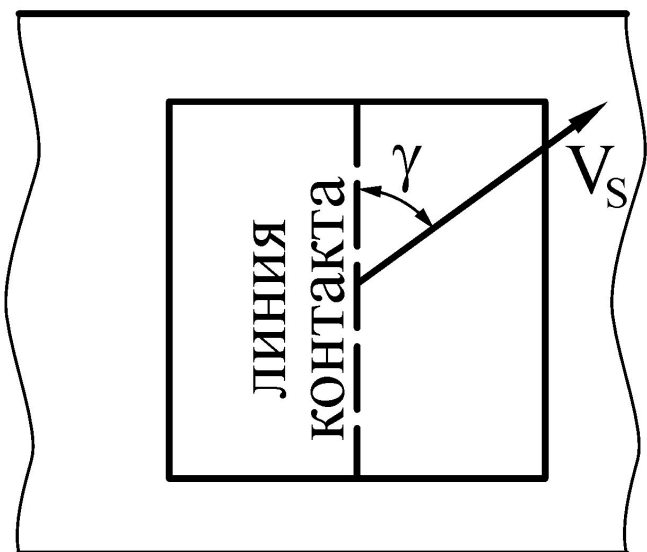
$$F_{a2} = F_{t1} = \frac{2T_1}{d_{w1}}$$

$$F_{a1} = F_{t2} = \frac{2T_2}{d_{w2}}$$

# Скольжение в червячной передаче



Зона, где  $V_s$   
совпадает с  
направлением  
контактных линий



# КПД червячной передачи

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - P_r}{P_1} = 1 - \frac{P_r}{P_1}$$

$$P_r = P_3 + P_{II} + P_{Г}$$

При ведущем червяке

При ведущем колесе

$$\eta_3 = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho')}$$

$$\eta_3 = \frac{\operatorname{tg}(\gamma - \rho')}{\operatorname{tg} \gamma}$$

В проектировочном расчёте

$Z_1$	1	2	4
$\eta$	0,7...0,75	0,75...0,82	0,82...0,9

# Допускаемые напряжения

$$[\sigma]_H = [\sigma]_{HO} Z_N$$

$$Z_N = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_{HE}}}$$

$$[\sigma]_F = [\sigma]_{FO} Y_N$$

$$Y_N = \sqrt[q]{\frac{10^6}{N_{FE}}}$$

V, м/с	$\leq 2$	2...5	$\geq 5$
Группа материала	III	II	I



# Допускаемые напряжения

$V_s, \text{ м/с}$	$\leq 2$	2...5	$\geq 5$
Группа материала	III	II	I
$HB \leq 350$ $[\sigma]_H =$	$175 - 35V_s$	$250 - 25V_s$	$0,7\sigma_B Z_N c_V$
$HRC \geq 45$ $[\sigma]_H =$	$200 - 35V_s$	$300 - 25V_s$	$0,9\sigma_B Z_N c_V$
$[\sigma]_F =$	$0,12\sigma_H Y_N$	$(0,08\sigma_B + 0,25\sigma_T) Y_N$	

$V, \text{ м/с}$	1	2	3	4	5	6	7	8
$c_V$	1,33	1,21	1,11	1,02	0,95	0,88	0,83	0,8

# Проектировочный расчет

$$V_s = 0,02 n_1 \sqrt[3]{T_2}$$

$$a_w = 610 \sqrt[3]{\frac{T_2 K_H}{[\sigma_H]^2}}$$

u	≤14	14...30	≥30
Z <sub>1</sub>	4	2	1

# Проектировочный расчет

Определение  
числа заходов  
червяка

$$z_2 = z_1 u$$

$$z_2 \geq 28$$

Округление  
окружного  
модуля до  
стандартного

Выбор  
стандартного  
коэффициента  
диаметра червяка



Расчёт  
межосевого  
расстояния



Расчёт модуля

$$m = \frac{2a_w}{q + z_2}$$



Расчёт  
параметров  
шестерни и  
колеса



# Проверочный расчет по контактной прочности

$$\sigma_H = \frac{15000}{d_{W2}} \sqrt{\frac{T_2 K_H}{d_{W1}}} \leq [\sigma_H]$$

# Проверочный расчет по изгибной прочности

$$\sigma_F = 0,7Y_F \frac{F_{t_2}}{b_2 m} \leq [\sigma_F]$$

$Z_v$	20	50	150	300
$Y_F$	1,98	1,45	1,27	1,24

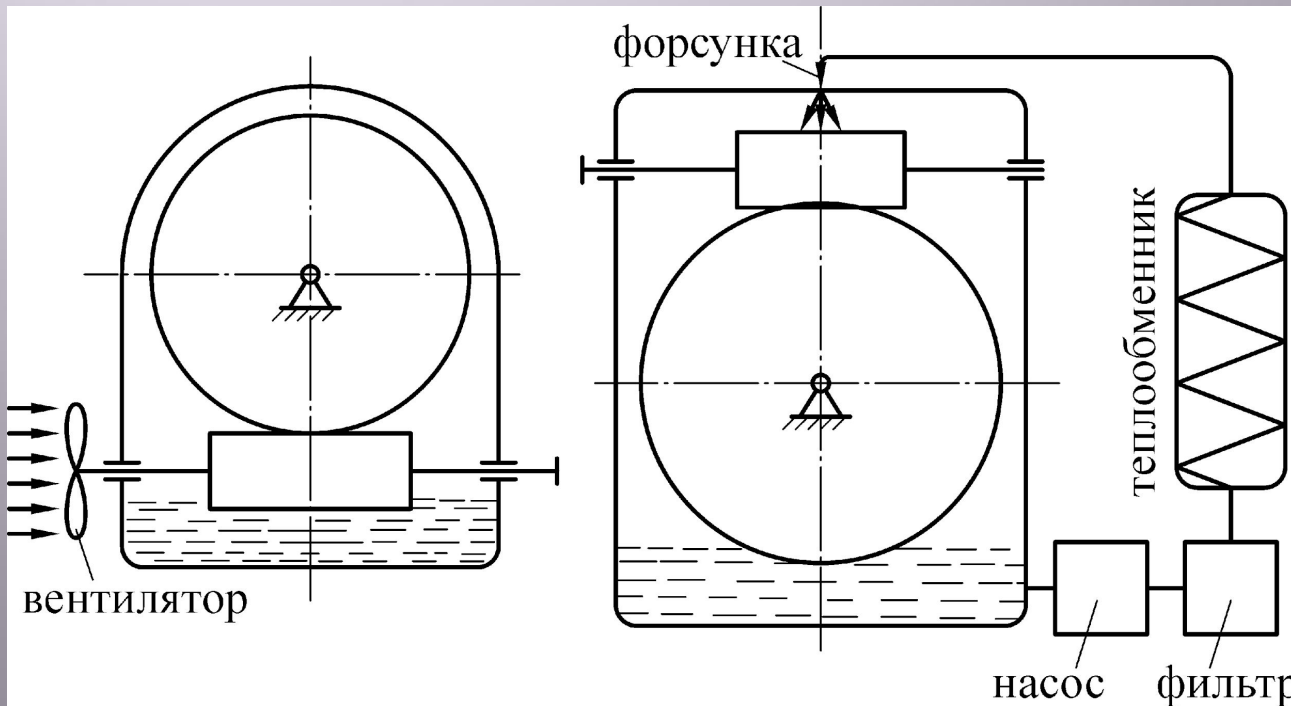
где  $Z_v = Z_2 / \cos^3 \gamma$

# Тепловой расчет

$$A_{\text{выд}} = A_{\text{отв}}$$

$$A_{\text{выд}} = 1000(1 - \eta)P_1$$

$$A_{\text{отв}} = K_T (t_1 - t_0)S$$



При  
конвективном  
теплообмене

$$K_T \approx 7 \times 10 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$$

При обдуве

$$K_T = 18 \times 24 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$$