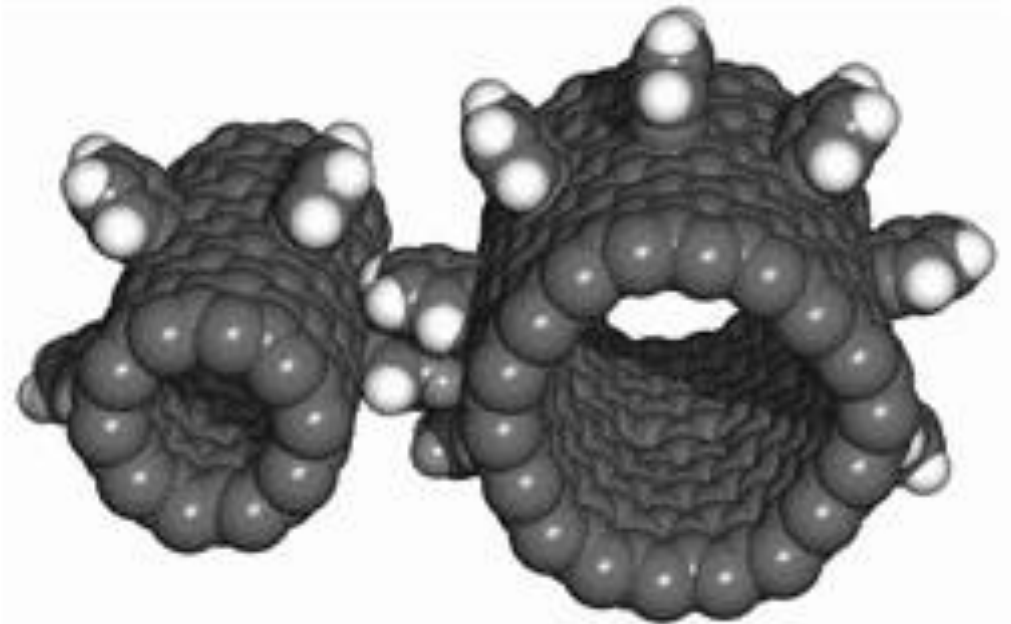


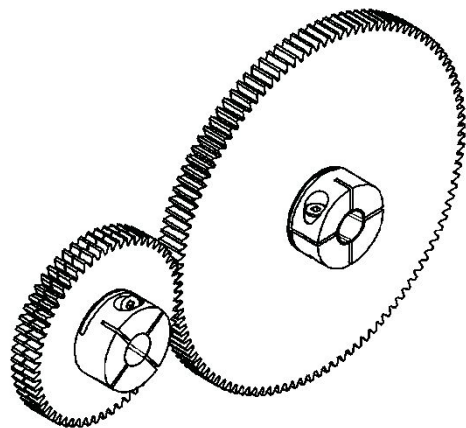
ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Зубчатые передачи нашли самое широкое распространение среди механических передач благодаря целому ряду достоинств, из которых важнейшие: компактность, высокий к. п. д., постоянство передаточного числа, большая долговечность и надежность в работе, возможность осуществления передачи практически любых мощностей при практически любых скоростях и передаточных отношениях, простота обслуживания.

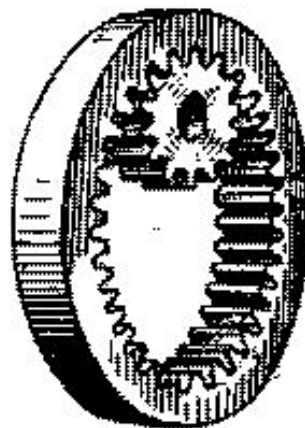


ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

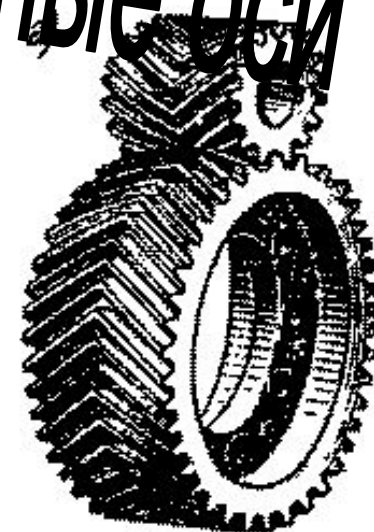
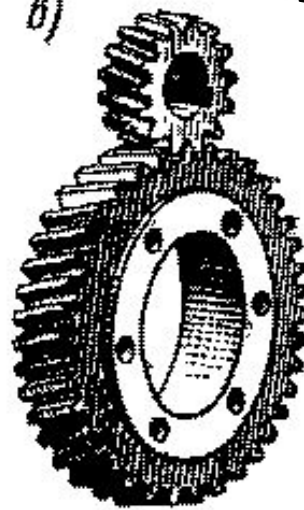
Параллельные оси



б)



в)



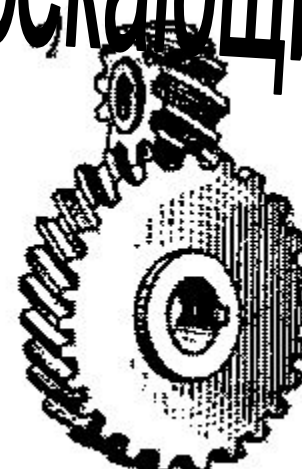
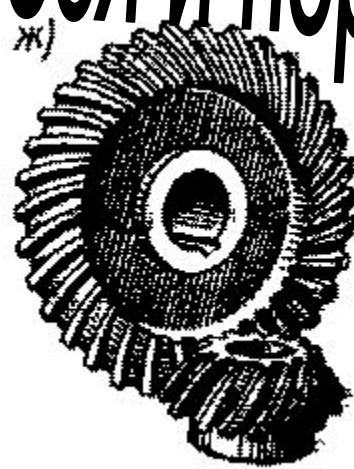
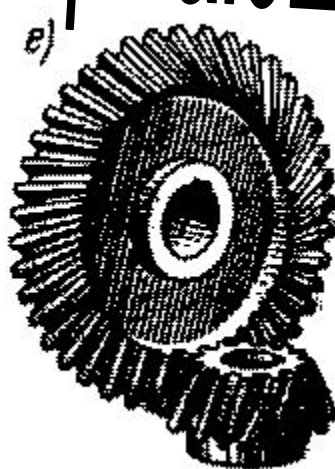
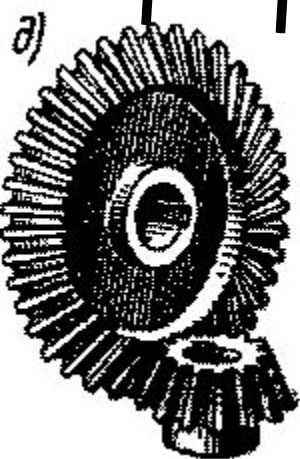
Прямые параллельные

Внутреннее зацепление

косозубые

шевронные

Перекрещивающиеся и пересекающиеся оси



Конические
прямозубые

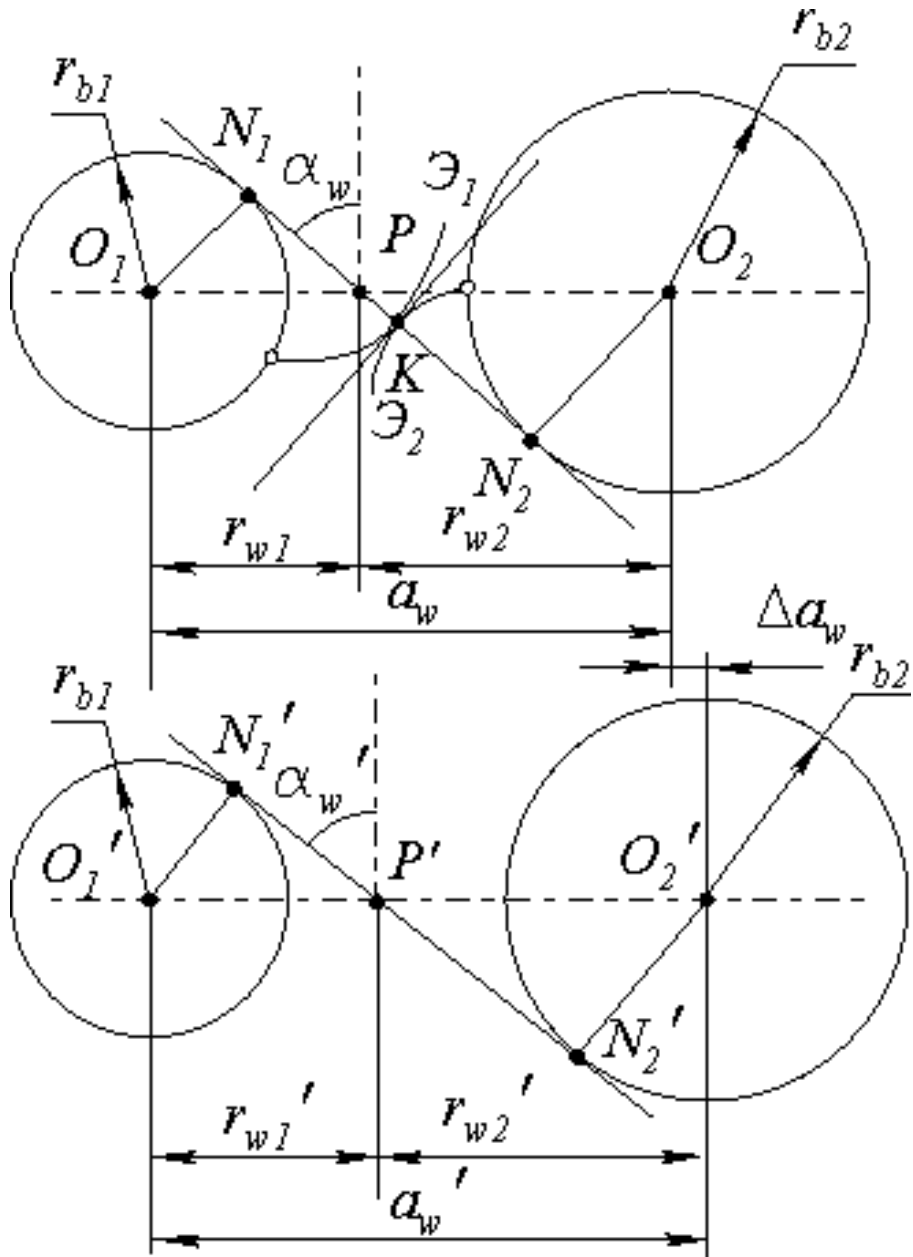
Конические
косозубые

Конические
круговые

Скрещенные
винтовые

Конические
винтовые
(гипоидные)

ЭВОЛЬВЕНТНОЕ ЗАЦЕПЛЕНИЕ



Профили зубьев обоих колес должны быть такими, чтобы общая нормаль к ним в любой точке касания проходила через полюс зацепления, который делит линию центров колес на отрезки, обратно пропорциональные угловым скоростям.

Начальная окружность проходит через полюс зацепления и катится по другой начальной окружности без скольжения. Диаметр начальной окружности обозначается $d_{ш1}$ и $d_{к1}$ называется начальным диаметром зубчатого колеса.

Эвольвентное зацепление и его свойства

1. Передаточное отношение эвольвентного зацепления определяется только отношением радиусов основных окружностей и является величиной постоянной.

$$u_{12} = \omega_1 / \omega_2 = r_{W2} / r_{W1} = (r_{b2} \cdot \cos \alpha_W) / (r_{b1} \cdot \cos \alpha_W) = r_{b2} / r_{b1} = \text{const.}$$

2. При изменении межосевого расстояния в эвольвентном зацеплении его передаточное отношение не изменяется.

$$u'_{12} = \omega_1 / \omega_2 = r'_{W2} / r'_{W1} = (r_{b2} \cdot \cos \alpha'_W) / (r_{b1} \cdot \cos \alpha'_W) = r_{b2} / r_{b1} = \text{const.}$$

$$u'_{12} = u_{12} = r_{b2} / r_{b1} = \text{const.}$$

3. При изменении межосевого расстояния в эвольвентном зацеплении величина произведения межосевого расстояния на косинус угла зацепления не изменяется.

$$r_{b1} + r_{b2} = r_{W1} \cdot \cos \alpha_W + r_{W2} \cdot \cos \alpha_W = a_W \cdot \cos \alpha_W,$$

$$r_{b1} + r_{b2} = r'_{W1} \cdot \cos \alpha'_W + r'_{W2} \cdot \cos \alpha'_W = a'_W \cdot \cos \alpha'_W,$$

$$a_W \cdot \cos \alpha_W = a'_W \cdot \cos \alpha'_W = \text{const.}$$

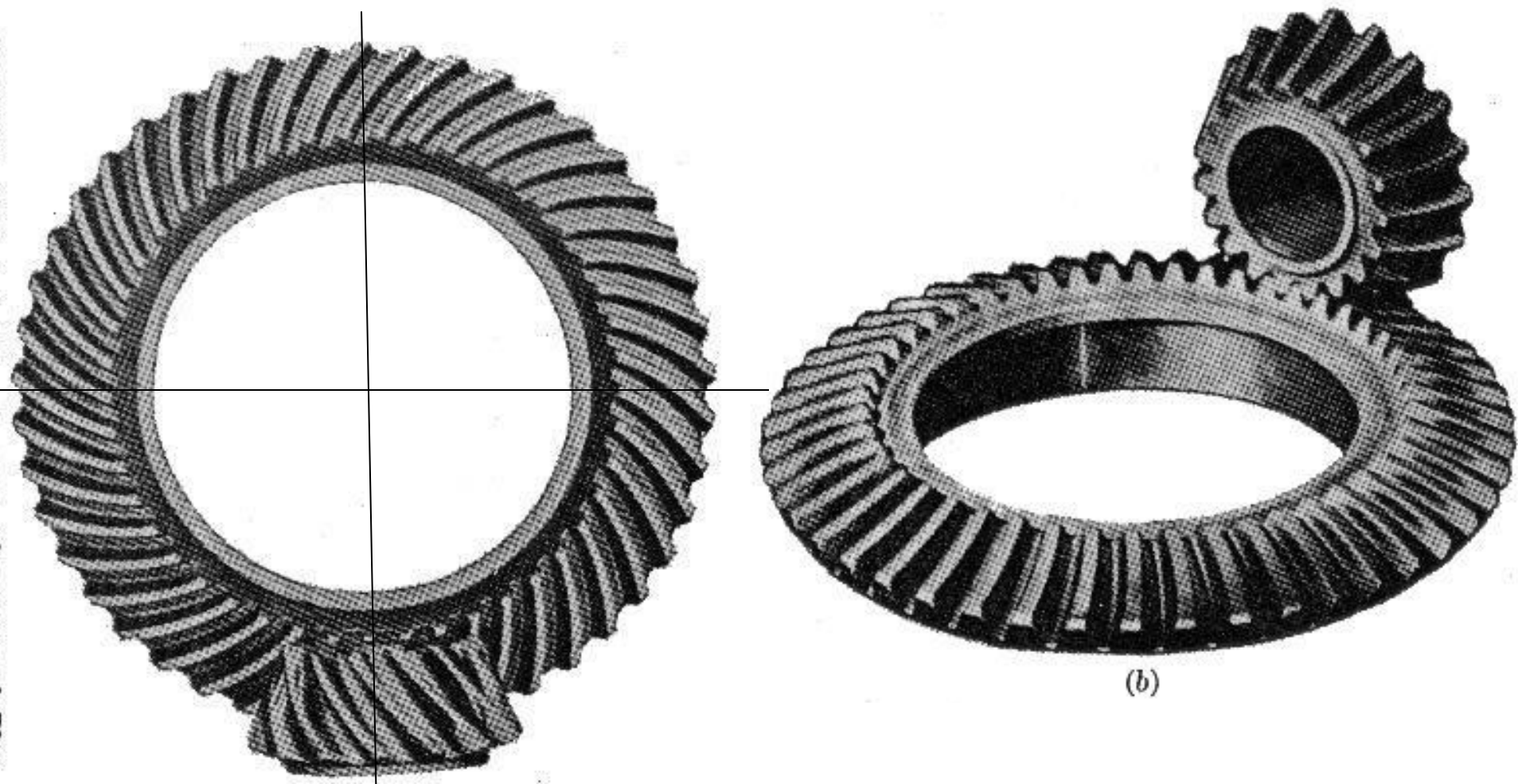
Наиболее распространены *цилиндрические* и *конические* зубчатые передачи, причем цилиндрические передачи проще в изготовлении и монтаже. Цилиндрические и конические прямозубые передачи работают обычно при небольших (<3 м/с) и средних (3... 15 м/с) окружных скоростях. Цилиндрические прямозубые передачи используют при осевом перемещении зубчатых колес для переключения скоростей (коробка передач). Во всех конических передачах при работе возникают значительные осевые силы.





Шевронные передачи
обычно применяют
при больших
нагрузках и особо
тяжелых условиях
работы, при средних и
высоких окружных
скоростях. В
шевронной передаче
по сравнению с
цилиндрической
косозубой отсутствуют
осевые силы,
действующие на валы
и подшипники.

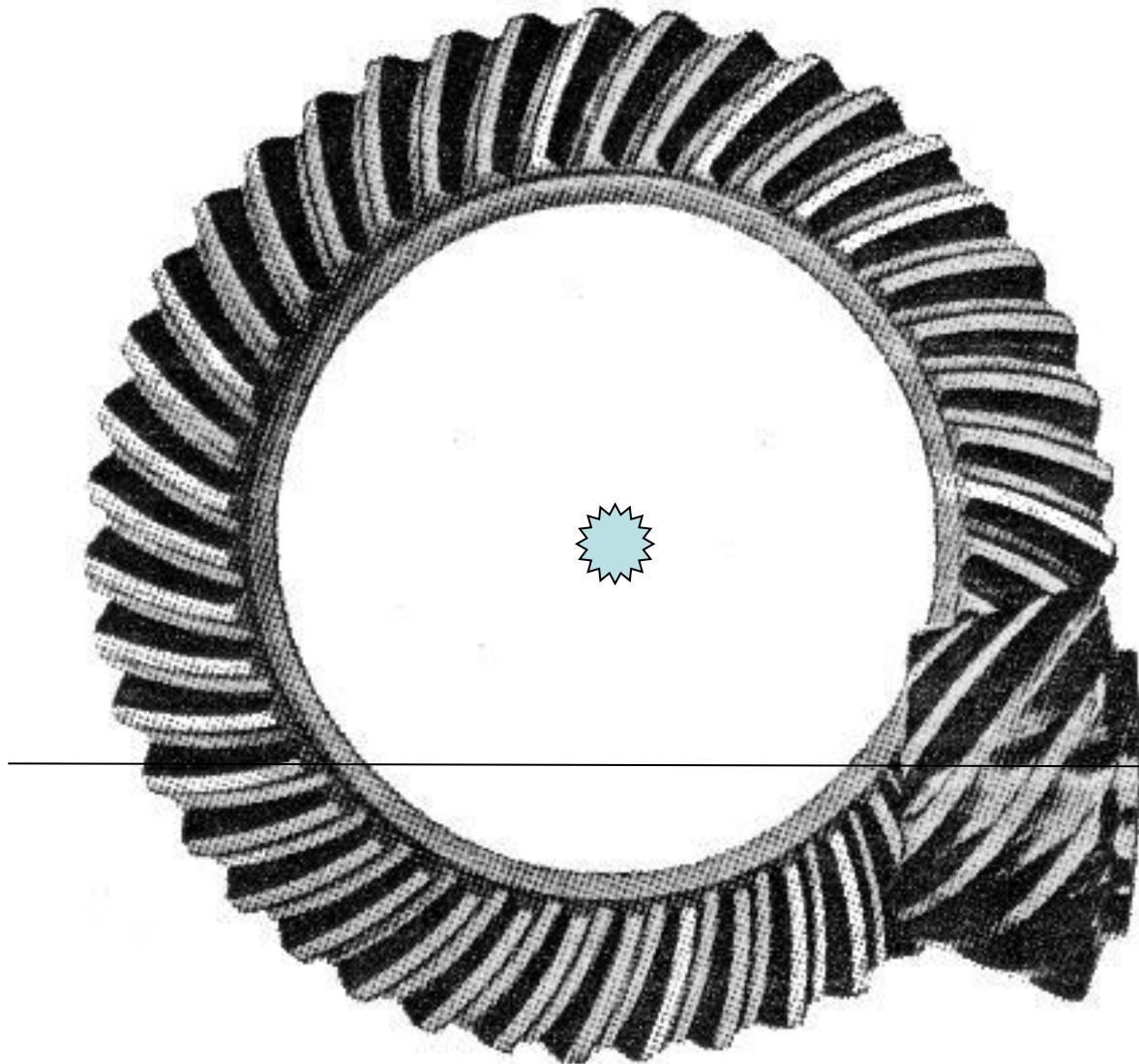
Конические передачи с винтовыми и круглыми зубьями имеют большую плавность хода по сравнению с прямыми зубьями.



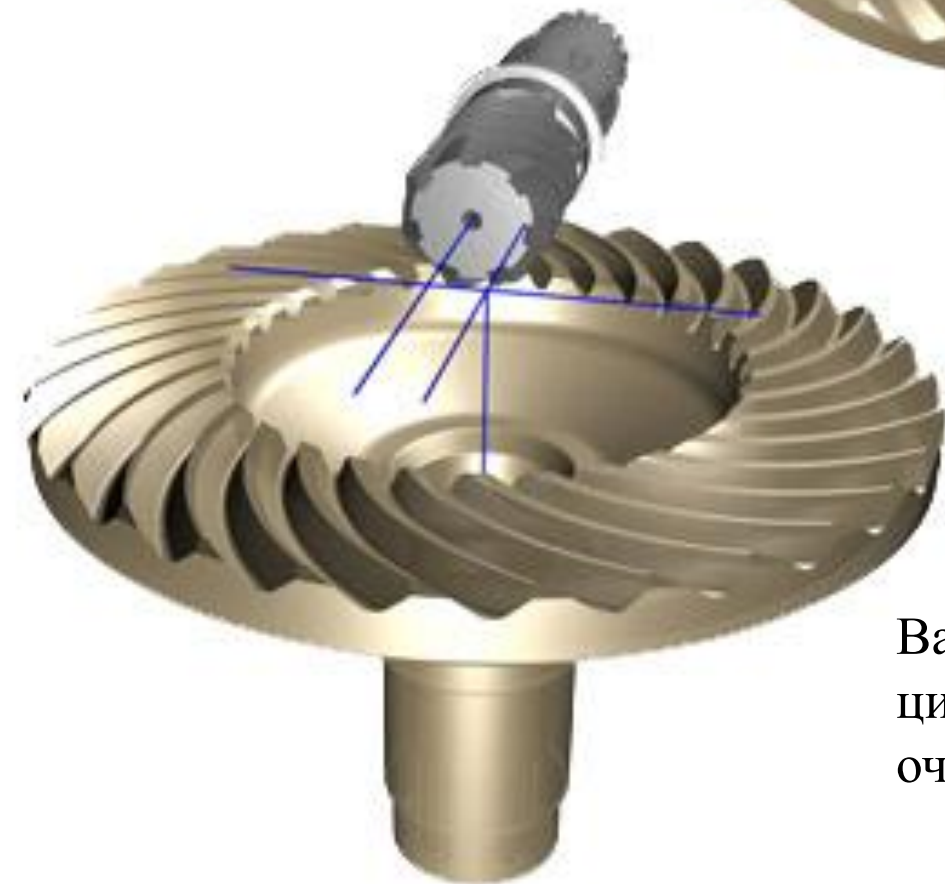
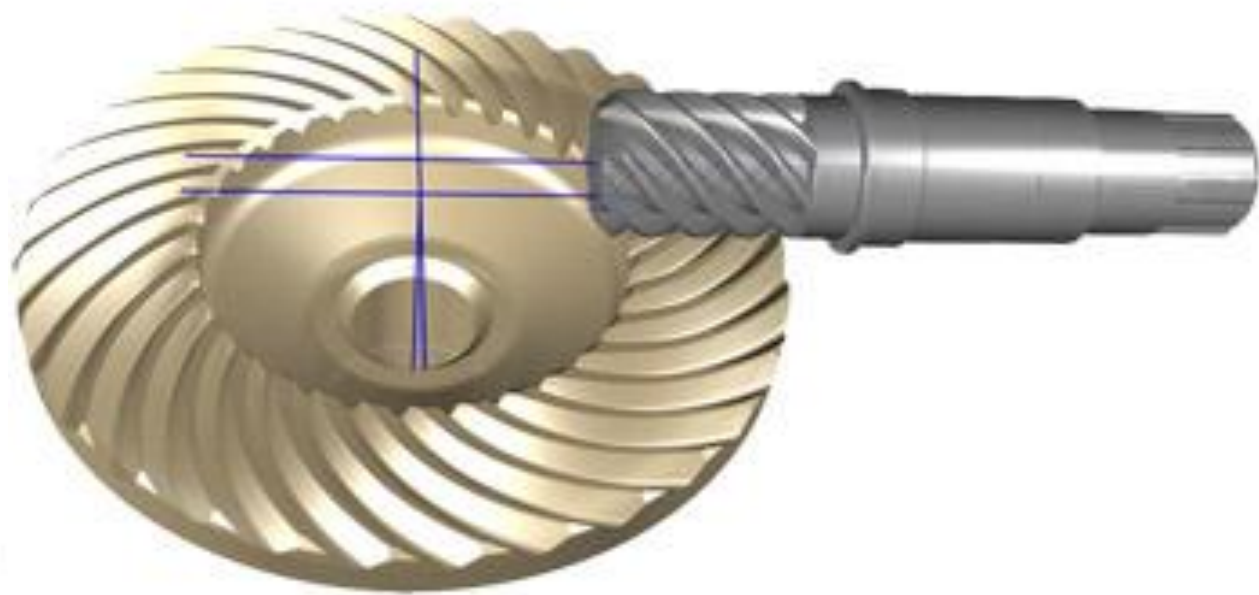
ГИПОИДНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

У гипоидных передач оси не пересекаются.

Гипоидные передачи по сравнению с цилиндрическими и коническими обладают большей плавностью работы и возможностью выводить оба вала за пределы передачи в обе стороны, но к. п. д. у них ниже и зубья изнашиваются быстрее вследствие повышенного скольжения зубьев.



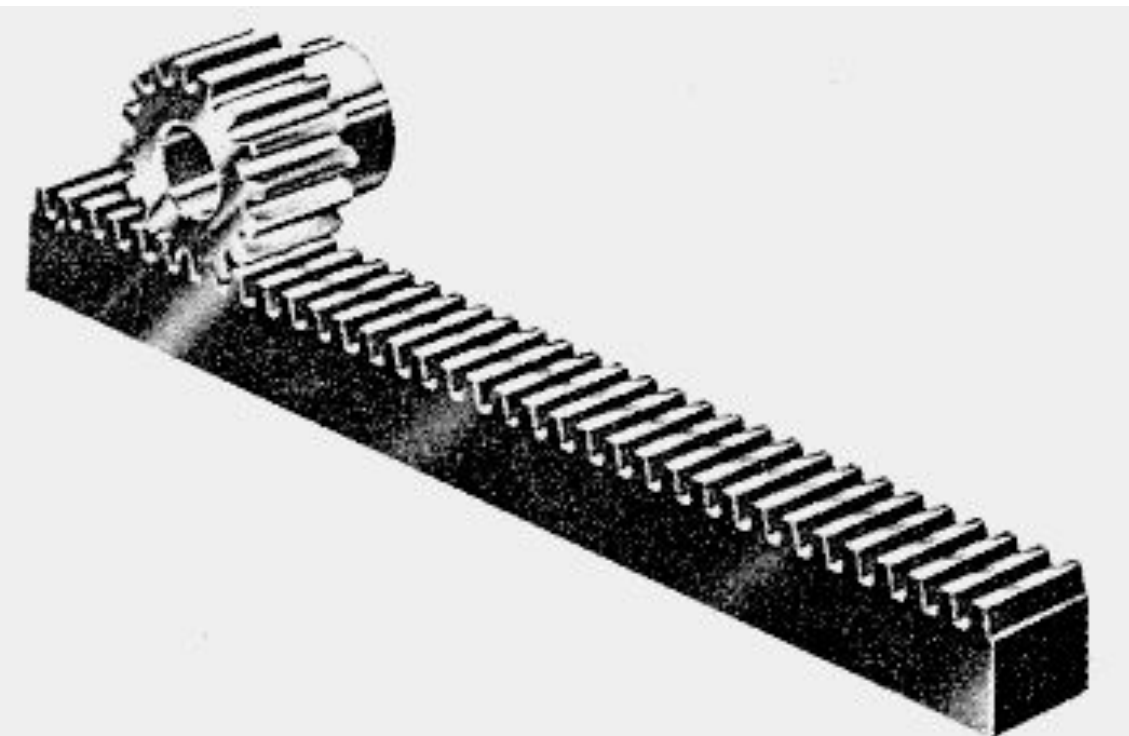
Гипоидные передачи обладают повышенной несущей способностью (начальное касание зубьев происходит по линии), и поэтому они имеют более широкое применение.



Вариант гипоидной передачи с цилиндрической шестернёй и очень малым углом конуса.

Зубчато-реечная передача

Зубчато-реечная передача как элемент трансмиссии служит для преобразования вращательного движения (например, вала мотор-редуктора) в поступательное, реже наоборот.



Зубчато-реечные передачи выполняются с прямыми зубьями для работ на малых и средних скоростях, с косыми зубьями для использования на средних и высоких скоростях или когда требуется повышенная точность перемещения; с шевронными зубьями для передачи больших моментов в тяжёлых машинах.



*Класс
точности*

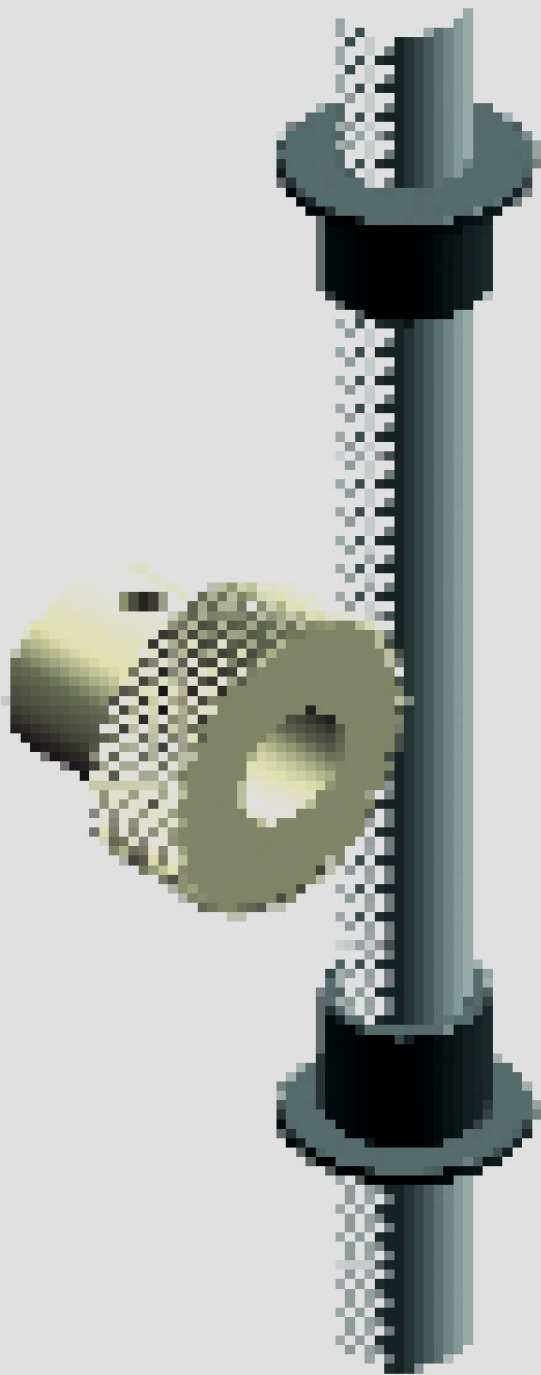
*Накопленная
погрешность
на длине 1м, мм*

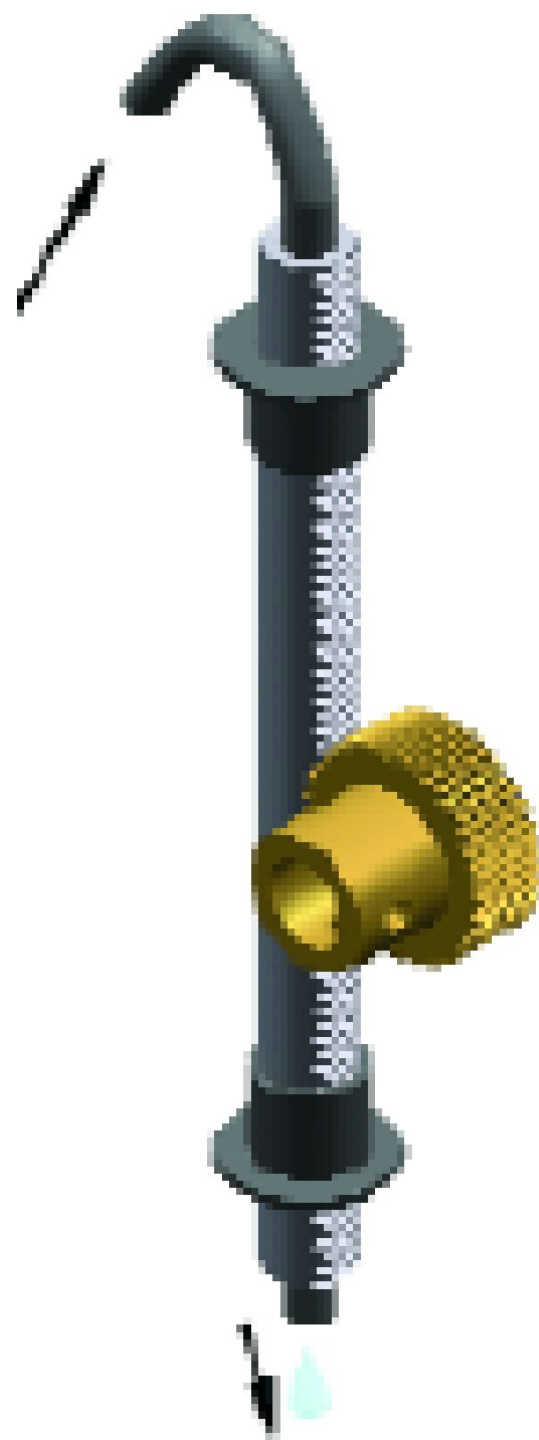
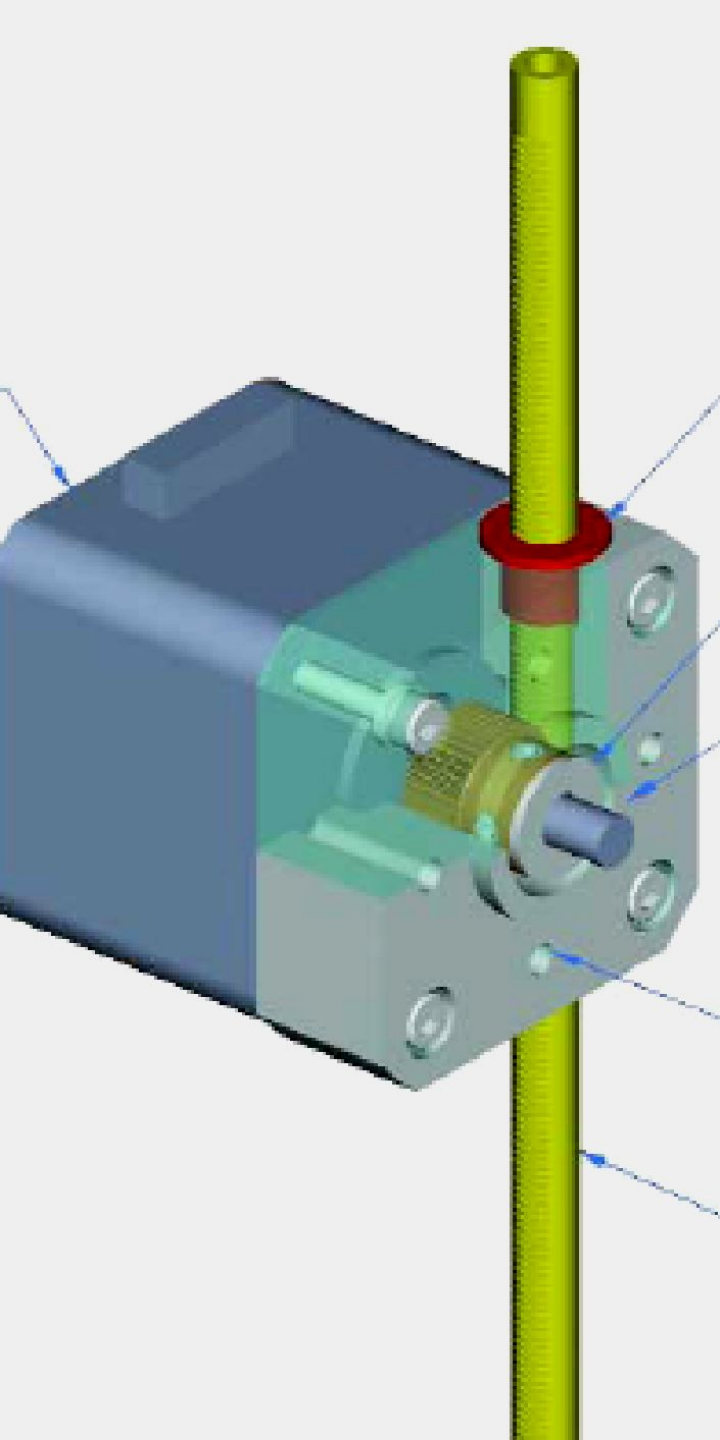
Классы точности зубчато- реечной передачи

| | |
|-----------|--------------------|
| <i>5</i> | <i>0,023</i> |
| <i>6</i> | <i>0,033-0,040</i> |
| <i>7</i> | <i>0,06-0,08</i> |
| <i>8</i> | <i>0,070-0,095</i> |
| <i>9</i> | <i>0,07-0,10</i> |
| <i>10</i> | <i>0,22</i> |

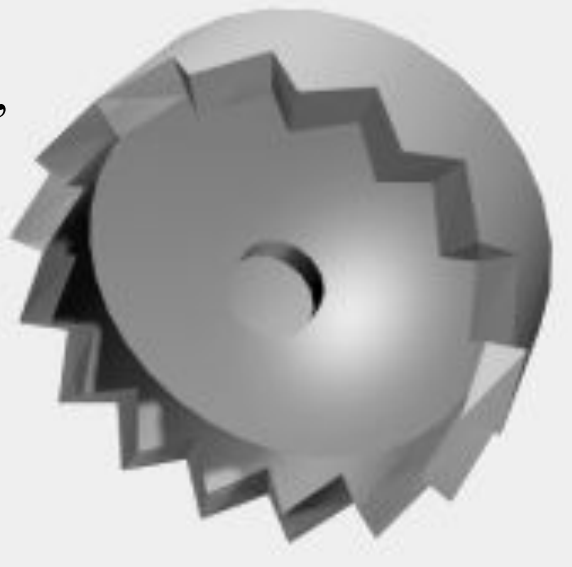


Использование стержня или трубки в качестве рейки





Корончатое
зубчатое колесо,
часто
используется в
цевочных
механизмах.



Секторная шестерня представляет собой часть обычной шестерни любого типа. Такие шестерни применяются в тех случаях, когда не требуется вращение механизма на 360° , и поэтому можно сэкономить на его габаритах



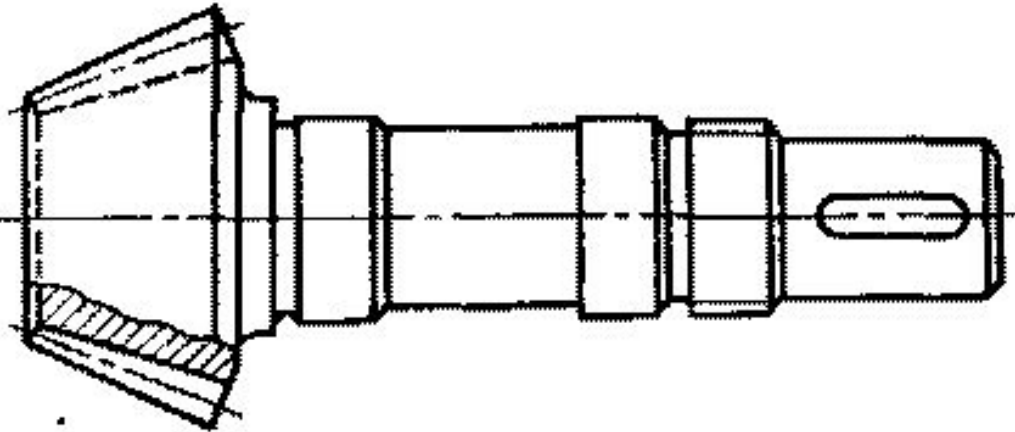
Зубчатый механизм для передачи вращения между валами, в котором одно из колёс, называемое цевочным, имеет зубья, выполненные в виде круговых цилиндров — цевок



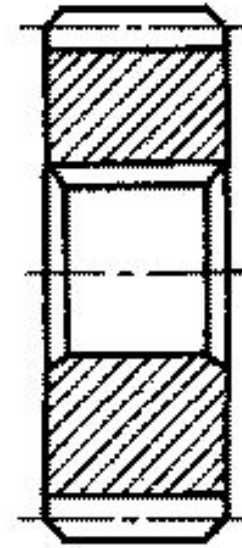
Конструкции зубчатых колёс

Стальные шестерни с диаметром вершин зубьев $d_a \leq 2d_e$ (d_e — диаметр вала шестерни) обычно изготавливают как одно целое с валом (а). Зубчатые колеса небольшого диаметра ($d_a \leq 200\text{мм}$) выполняют в виде сплошных дисков без ступицы (б) или со ступицей (в). Стальные зубчатые колеса такой конструкции изготавливают из проката (при $d_a \leq 150\text{мм}$) или из поковок.

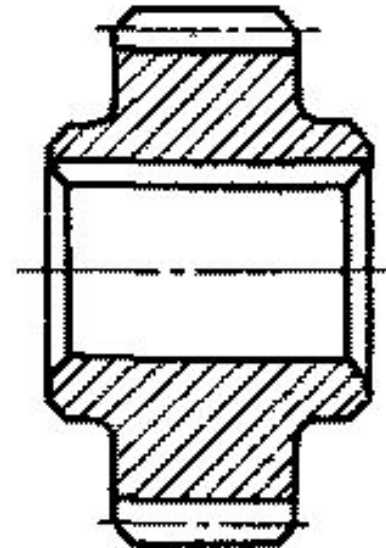
а)



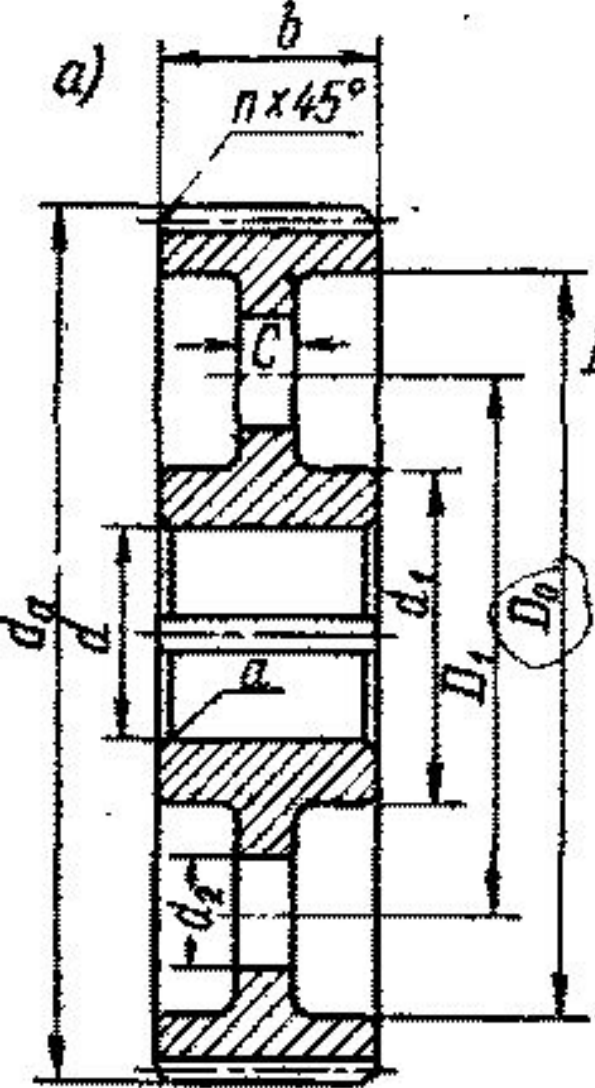
б)



в)



Зубчатые колеса средних диаметров ($d_a \leq 500 \dots 700$ мм) выполняют с дисками облегчённой формы. Для уменьшения массы зубчатых колес толщину диска принимают значительно меньшей ширины обода. Кроме того, в дисках между ободом и ступицей предусматривают круглые отверстия для удобства крепления зубчатых колес на станках при обработке. Стальные зубчатые колеса с



$$d_1 = 1,6d$$

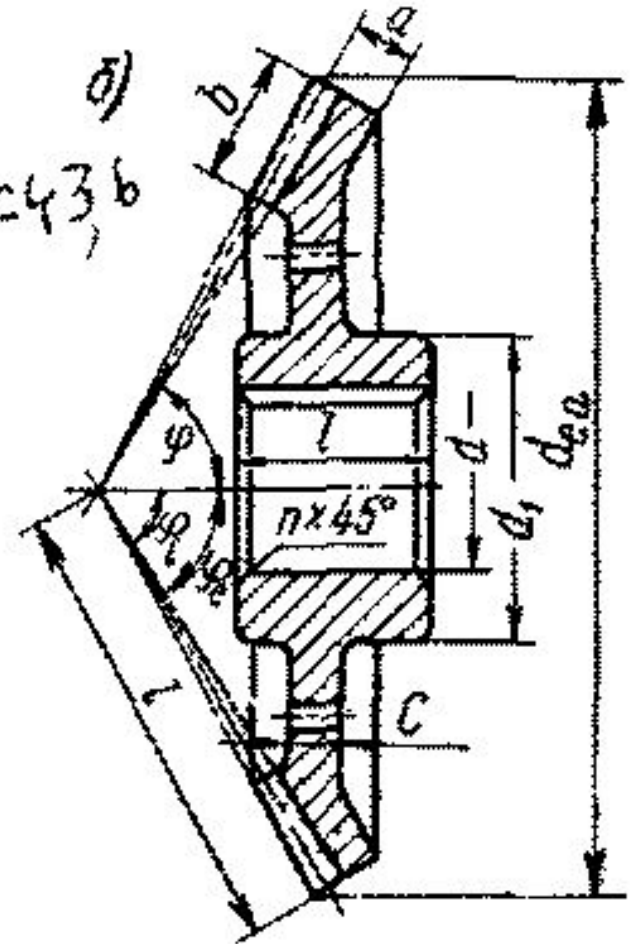
$$D_0 = d_a - (6 \dots 10)m \approx 4,3b$$

$$c = 0,3b$$

$$n = 0,5m$$

$$D_1 = \frac{D_0 + d_1}{2}$$

$$d_2 = \frac{D_0 - d_1}{5}$$



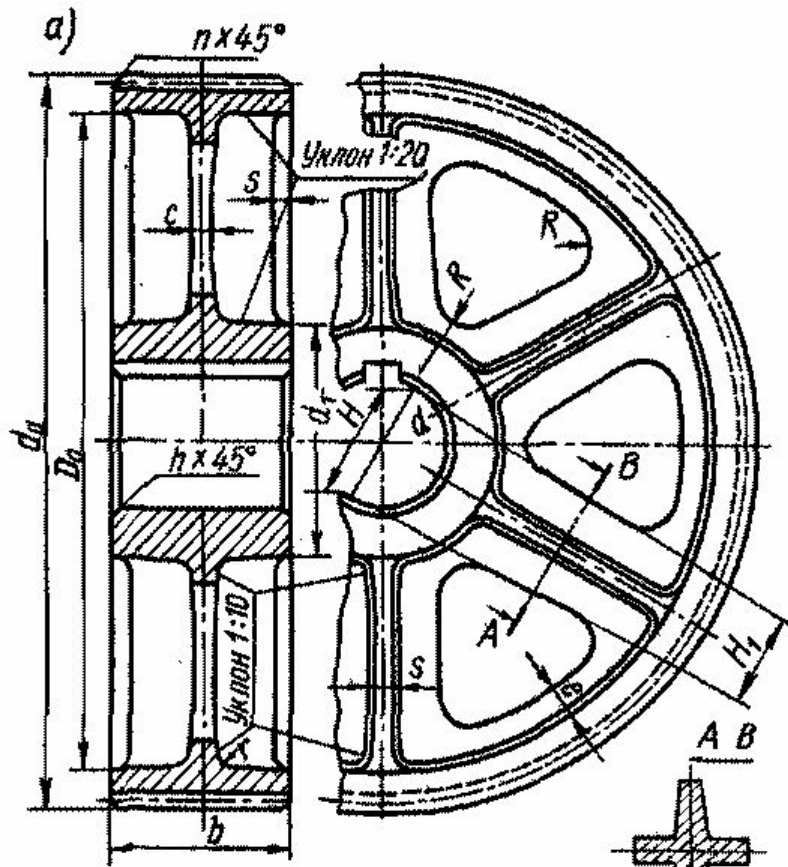
$$d_1 = 1,6d$$

$$l = 1,1d$$

$$c = 0,3d$$

$$a = 0,22$$

Зубчатые колеса большого диаметра ($d_a \geq 500 \dots 700$ мм) выполняют с дисками облегченной формы (одним или двумя), со спицами крестообразного (а) или двутаврового сечения (б). Для экономии легированных сталей большие зубчатые колеса изготавливают бандажированными (в): обод (бандаж) из легированной стали с зубьями насаживают с натягом на чугунный (реже стальной) диск.

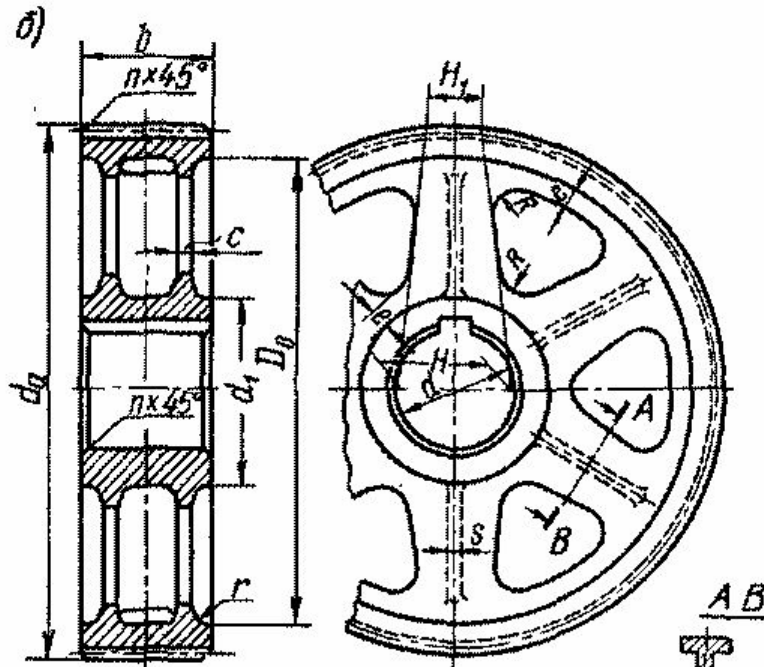


$$d_1 = 1,6d; D_0 = d_a - (6 \dots 10) \text{ м}$$

$$c = 0,2h \text{ (но } \nless 10 \text{ мм)}$$

$$n = 0,5m; s = 0,8c; e = 0,2d$$

$$R = 0,8e; r = 10 \text{ мм}$$

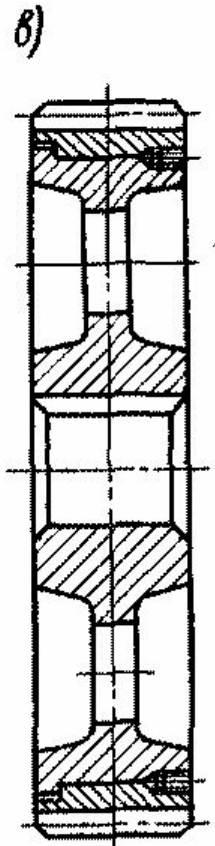


$$d_1 = 1,6d; D_0 = d_a - (6 \dots 10) \text{ м}$$

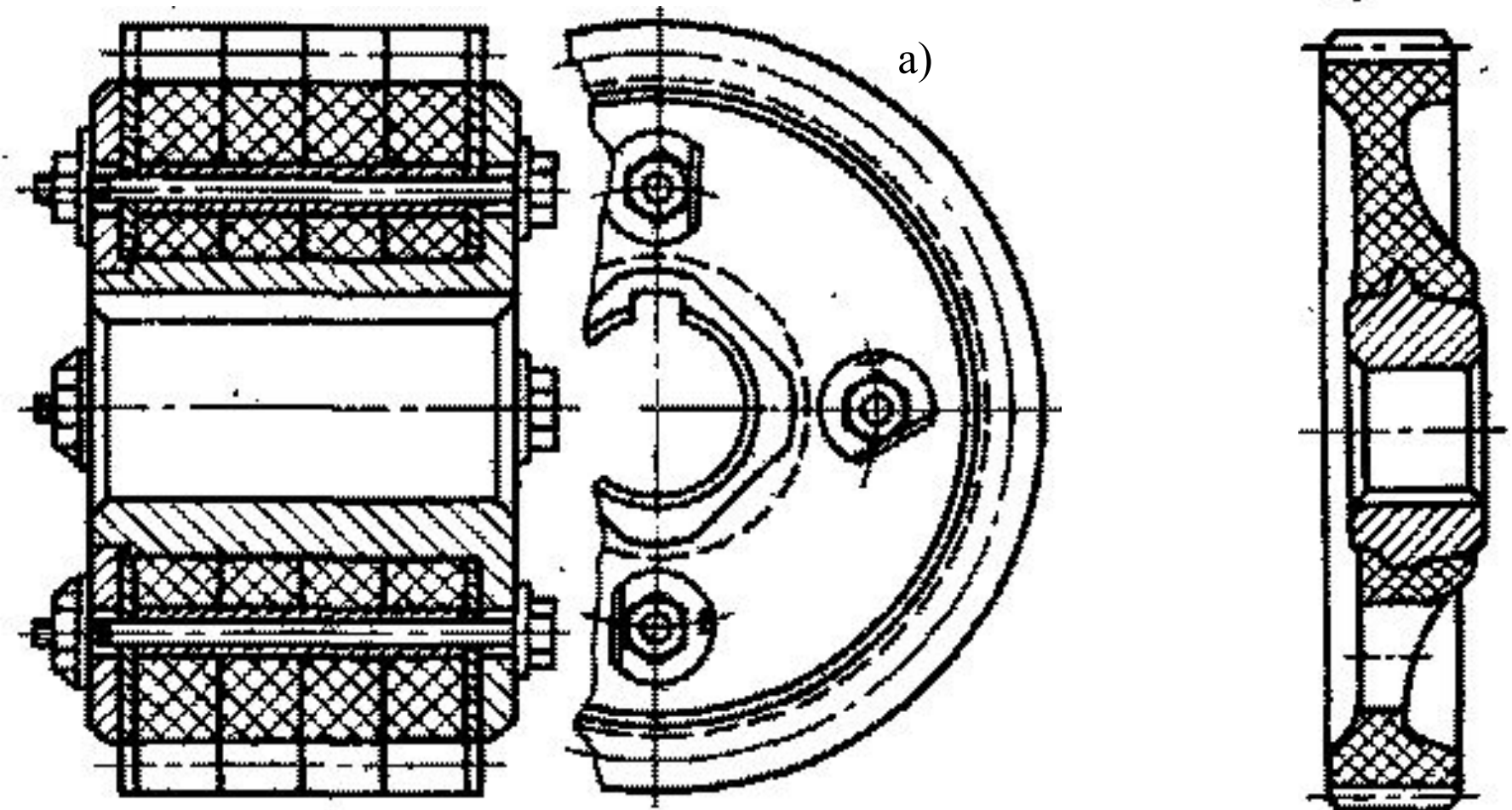
$$c = 0,2h \text{ (но } \nless 10 \text{ мм)}$$

$$n = 0,5m; s = 0,8c; e = 0,2d$$

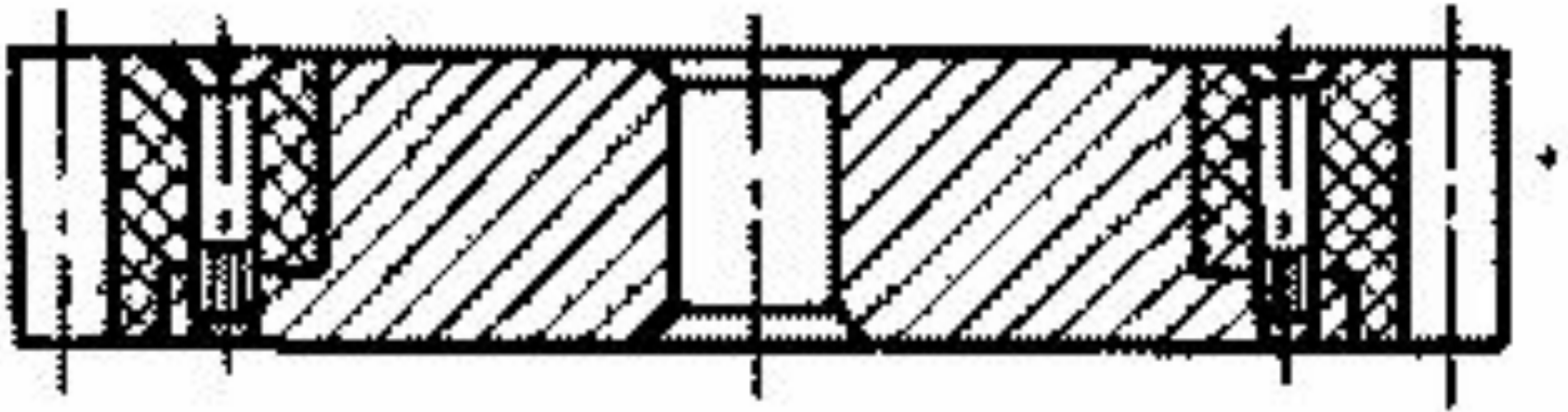
$$R = 0,8e; r = 10 \text{ мм}$$



Зубчатые колеса из текстолита и ДСП изготавливают из пластин этих материалов, которые склеивают друг с другом, заключают между стальными дисками и склепывают или скрепляют болтами (а). В некоторых случаях текстолитовые зубчатые колеса изготавливают цельнопрессованными или с металлической втулкой, как, например, шестерни распределительных механизмов двигателей внутреннего сгорания (б).



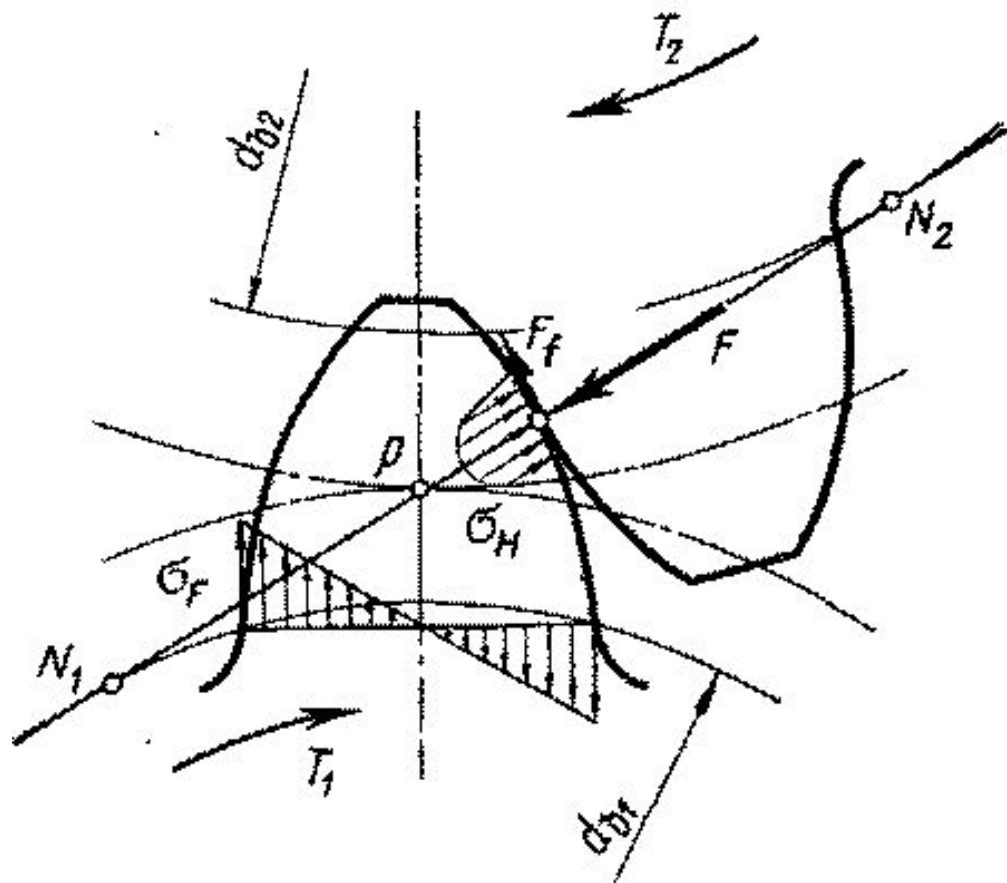
Зубчатые колеса из полиамидов (нейлоновые и капроновые) изготавливают отливкой под давлением. Они могут быть цельными или составными. Для уменьшения изменения линейных размеров полиамидного зубчатого колеса от нагрева при работе (полиамиды обладают низкой теплопроводностью) или изменения влажности окружающего воздуха (содержание влаги в полиамидах зависит от влажности окружающего воздуха) из полиамида изготавливают лишь зубчатый венец. Венец соединяют со стальной частью зубчатого колеса (центром) во время отливки либо насаживают на центр с натягом и скрепляют с ним винтами или заклепками. Иногда зубья металлических колес покрывают тонким слоем нейлона.



прочность зубьев звольвентных передач

Под действием силы F и F_f зубья находятся в сложном напряженном состоянии. На их работоспособность оказывают влияние *напряжения изгиба σ_F* , в поперечных сечениях зубьев и *контактные напряжения σ_H* , в поверхностных слоях зубьев. Оба эти напряжения, переменные во времени, и могут быть причиной усталостного разрушения зубьев или их рабочих поверхностей.

Напряжения изгиба σ_F вызывают поломку зубьев, а контактные напряжения σ_H — усталостное выкрашивание поверхностных слоев зубьев.



К основным видам разрушения рабочих поверхностей зубьев относятся также *абразивный износ* зубьев и их *заедание*.

Абразивный износ рабочих поверхностей зубьев возникает в открытых передачах при попадании на зубья пыли, грязи, песчинок, играющих роль абразивного материала. Абразивному износу подвергаются также зубья закрытых передач таких машин, как горные, сельскохозяйственные, строительные, транспортные и прочие, работающие в среде, загрязненной абразивными частицами.

Заедание зубьев происходит в высоконагруженных и высокоскоростных передачах из-за разрыва масляной пленки или отсутствия смазки зубьев. При этом частицы материала отрываются от рабочей поверхности зубьев одного из зубчатых колес и привариваются к рабочей поверхности зубьев другого зубчатого колеса с образованием наростов, которые задирают сопряженные зубья, оставляя на них глубокие борозды.

Расчет зубьев закрытых передач производят на контактную прочность и изгиб. Основным расчетом зубьев этих передач является расчет их на контактную прочность. Что касается зубьев открытых передач, то обычно ограничиваются расчетом их на изгиб.

Зубчатые передачи Новикова или геликоидальные зубчатые передачи



Зубья передач Новикова — косые с нормальным профилем, выполненным по дугам окружностей. В цилиндрической передаче Новикова линия зацепления расположена параллельна осям зубчатых колес и поэтому контакт зубьев здесь перемещается не по профилю зубьев, как в эвольвентной передаче, а вдоль зубьев. Так как скорость перемещения контакта и угол давления остаются постоянными, то профили зубьев шестерни и колеса в этом зацеплении могут быть выполнены по дугам окружностей с близкими радиусами кривизны. Так как радиусы кривизны профилей зубьев шестерни и колеса передачи близки по значению, то после приработки зубья соприкасаются на всей высоте по линии. В плоскости, перпендикулярной этой линии контакта, вследствие больших радиусов кривизны винтовых поверхностей зубьев они соприкасаются на значительной длине. Таким образом, в этой передаче ***передаваемая нагрузка распределяется на сравнительно большую площадку контакта.***

При работе передачи Новикова скорость перемещения площадки контакта по длине зубьев большая, что обеспечивает образование масляной пленки между зубьями значительно большей толщины, чем в эвольвентной передаче. Соответственно допускаемая нагрузка по условиям контактной прочности зубьев для передач Новикова значительно большая (примерно в 1,5...2 раза), чем для эвольвентных передач. Высокая нагрузочная способность является основным достоинством передач Новикова. Передачи благодаря компактности и хорошей приработке зубьев нашли применение главным образом при передаче больших постоянных нагрузок.

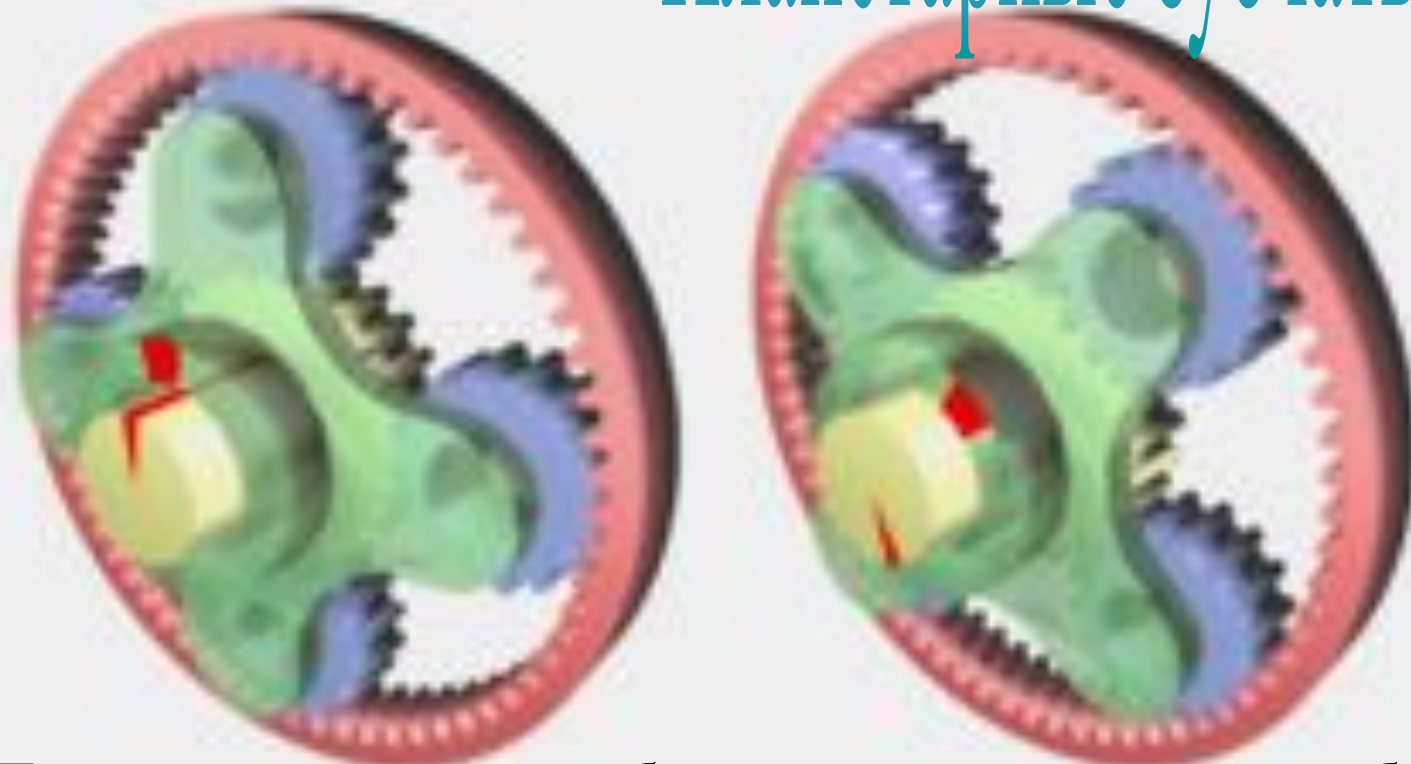
Недостаток передачи Новикова — значительное уменьшение контактной площадки при перекосах зубчатых колес и изменении межосевого расстояния в результате погрешностей изготовления и сборки или упругих деформаций передачи.





зеликоудальные зубчатые передачи

Планетарные зубчатые передачи



Планетарными называют зубчатые передачи, содержащие зубчатые колеса с перемещающимися геометрическими осями. Эти зубчатые колеса, называемые планетарными или сателлитами, движутся подобно планетам Солнечной системы, от чего и получили свое наименование. Зубчатые колеса, с которыми сцепляются сателлиты, называются центральными. Оси сателлитов закрепляются в звене передачи, называемом водилом, которое, так же как и центральное колесо, вращается вокруг центральной, или основной, геометрической оси передачи.

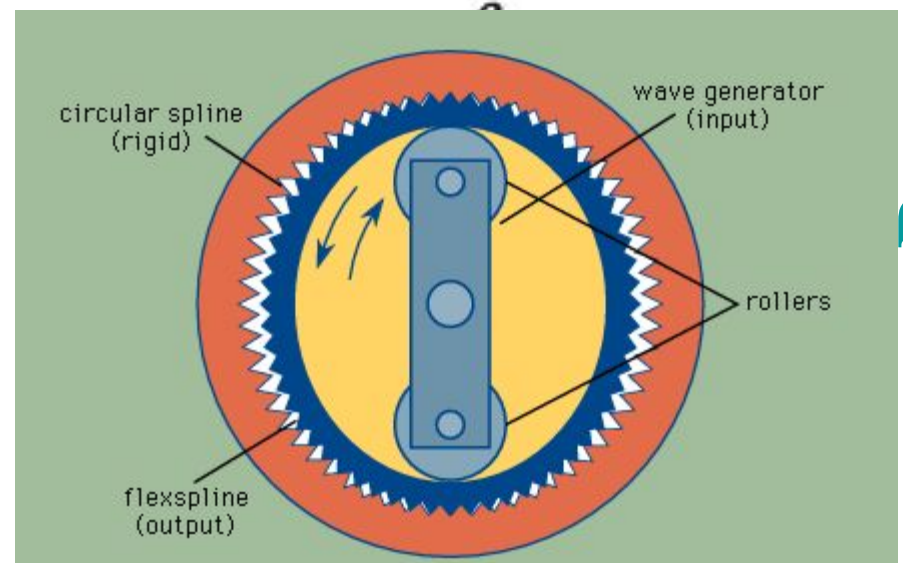
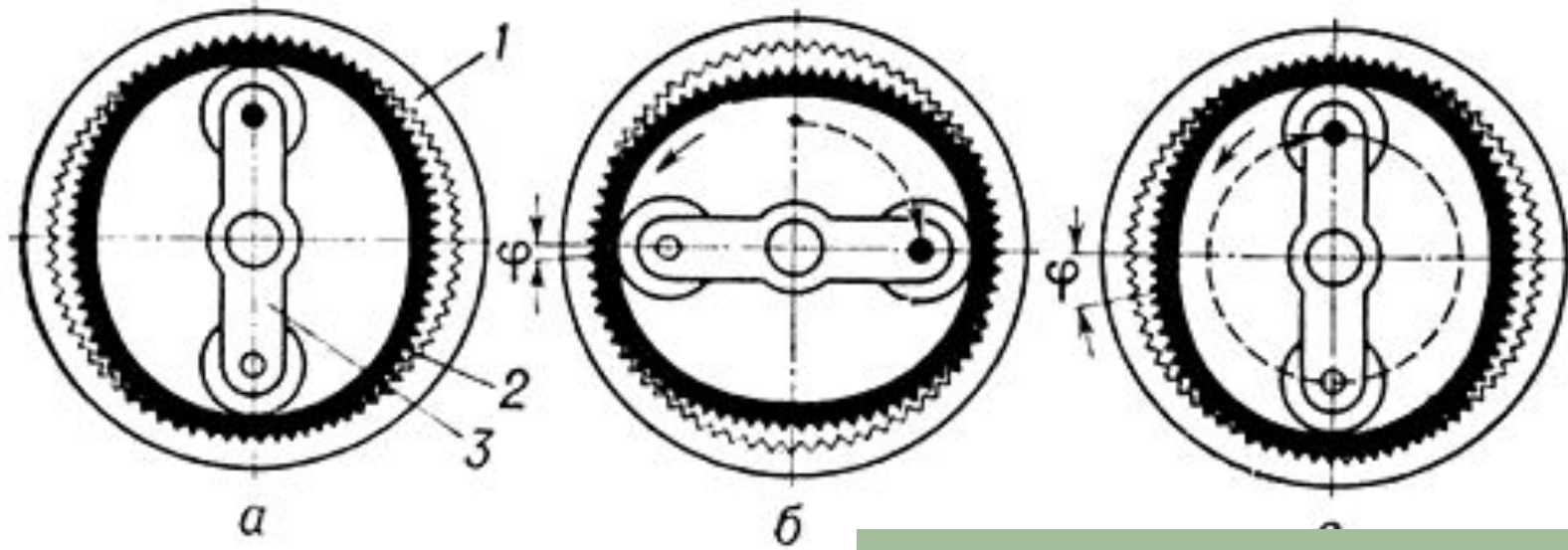


Планетарные передачи по сравнению с простой зубчатой передачей обладают возможностью получать, большие передаточные соотношения при небольшом числе зубчатых колес и небольших габаритах передачи. Однако при очень большом передаточном отношении работа планетарной передачи ухудшается и ее к. п. д. получается низким.



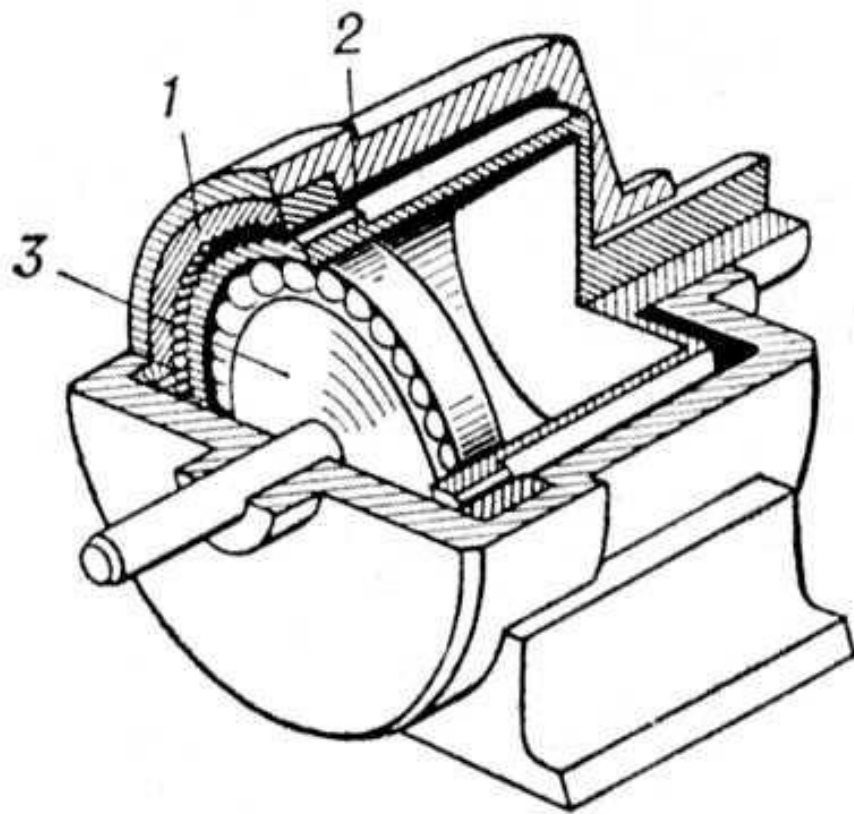
Точилка для карандашей

Волновая передача, механическая передача (зубчатая, фрикционная, винтовая), в которой вращение передаётся и преобразуется циклическим возбуждением волн деформации в так называемом гибком элементе (отсюда название «волновая»). Изобретатель волновой передачи — американский инженер У. Массер (1959).

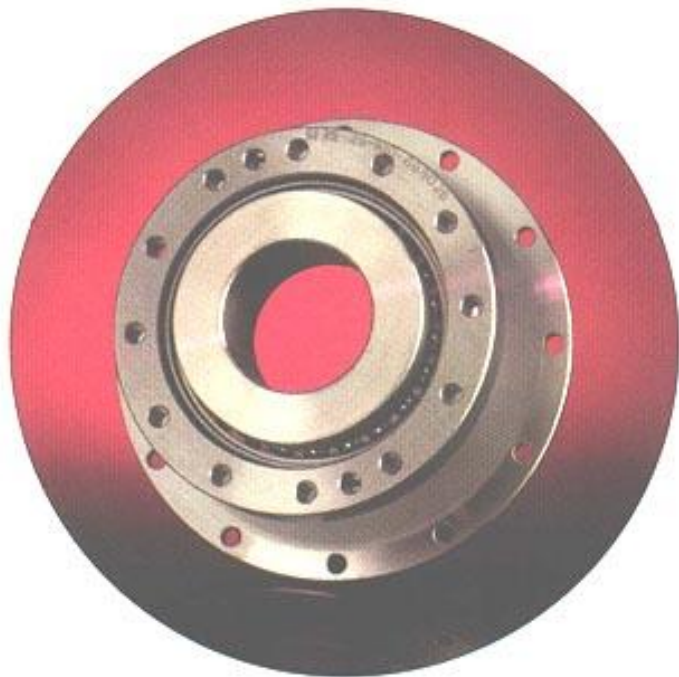


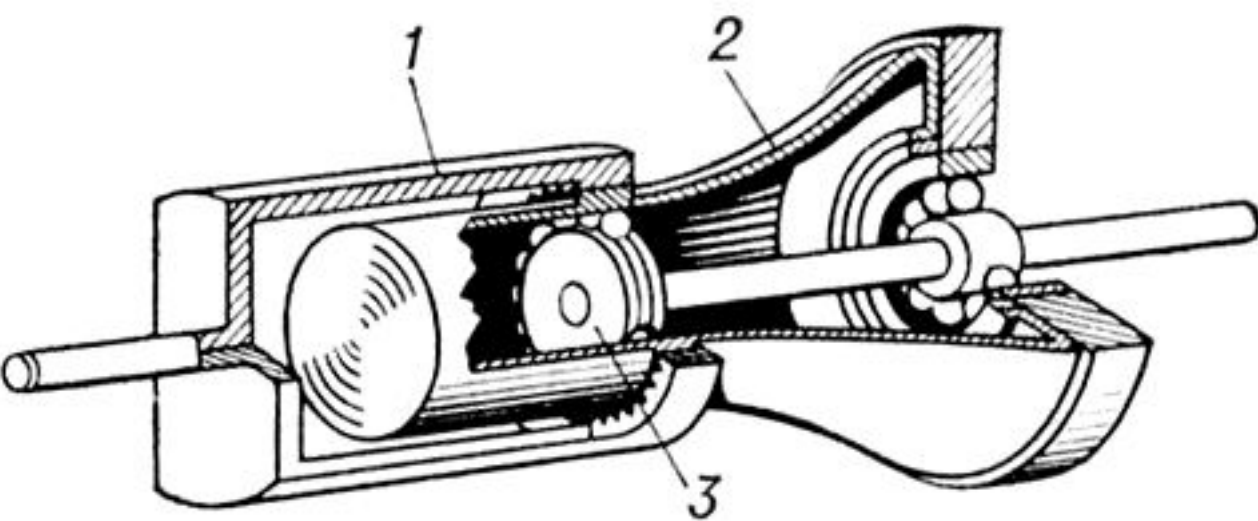
1 — жёсткое колесо; 2 — гибкое колесо; 3 — генератор волн

Волновая передача



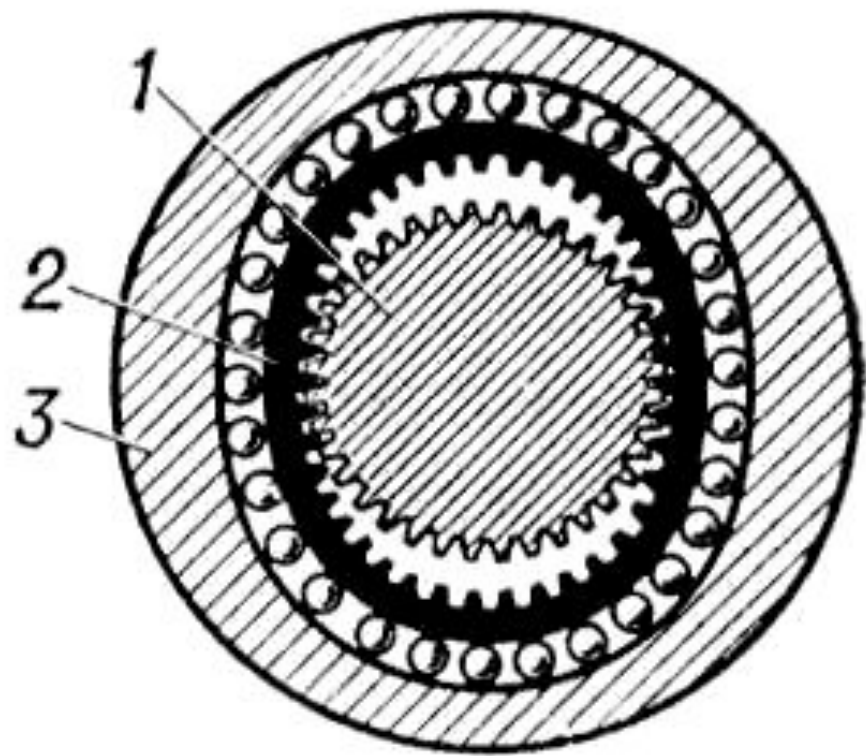
- 1 — жёсткое колесо;
- 2 — гибкое колесо;
- 3 — генератор волн





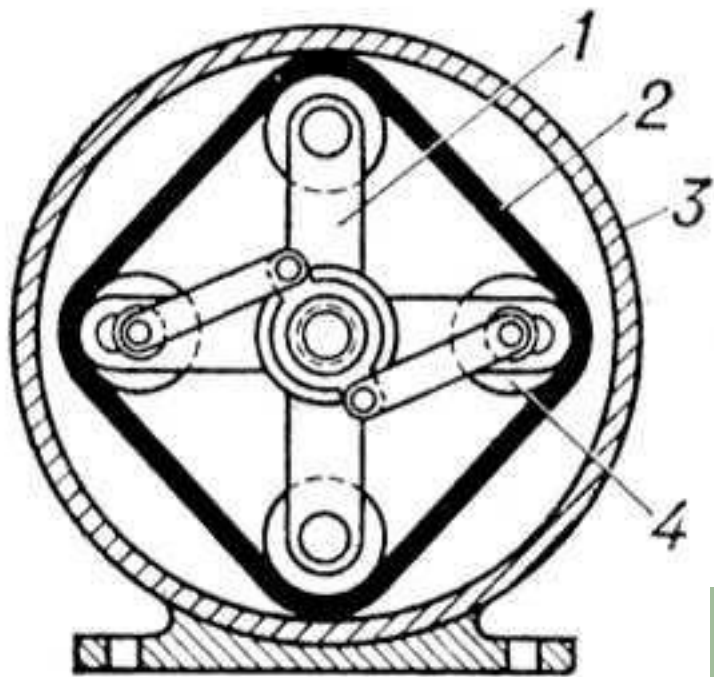
Герметичная зубчатая волновая передача:

- 1 — жёсткое колесо; 2
- гибкое колесо; 3
- генератор волн.



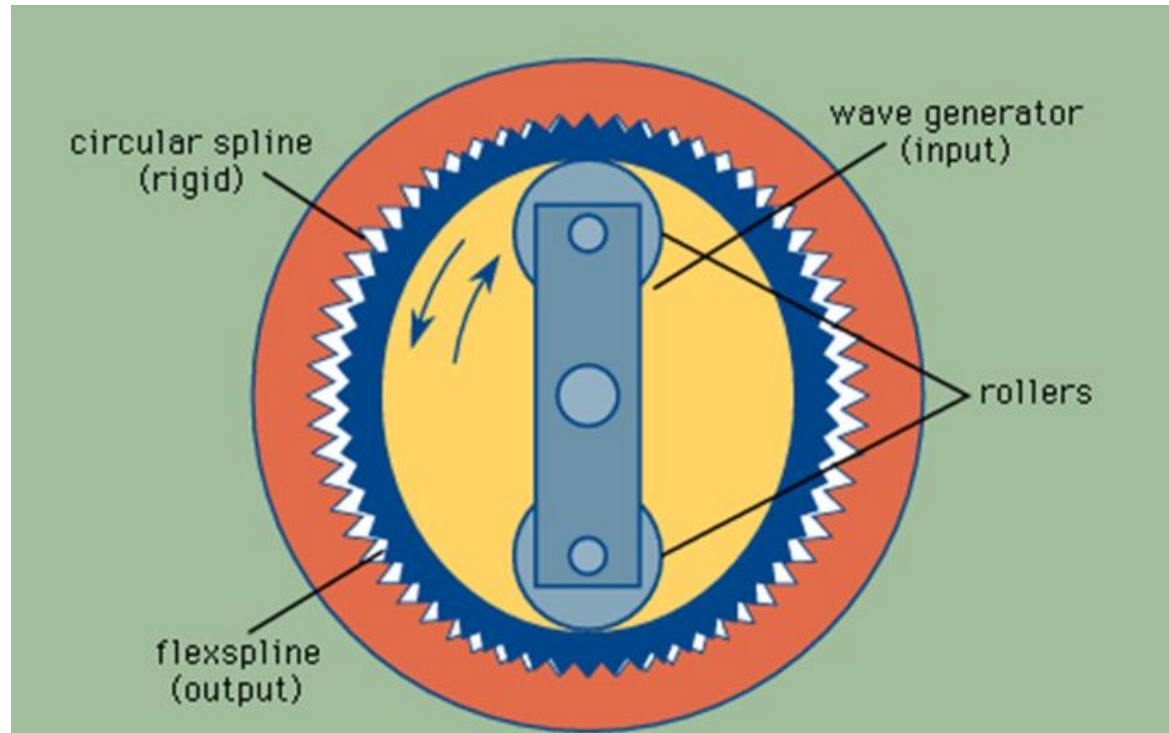
Зубчатая волновая передача с наружным расположением генератора:

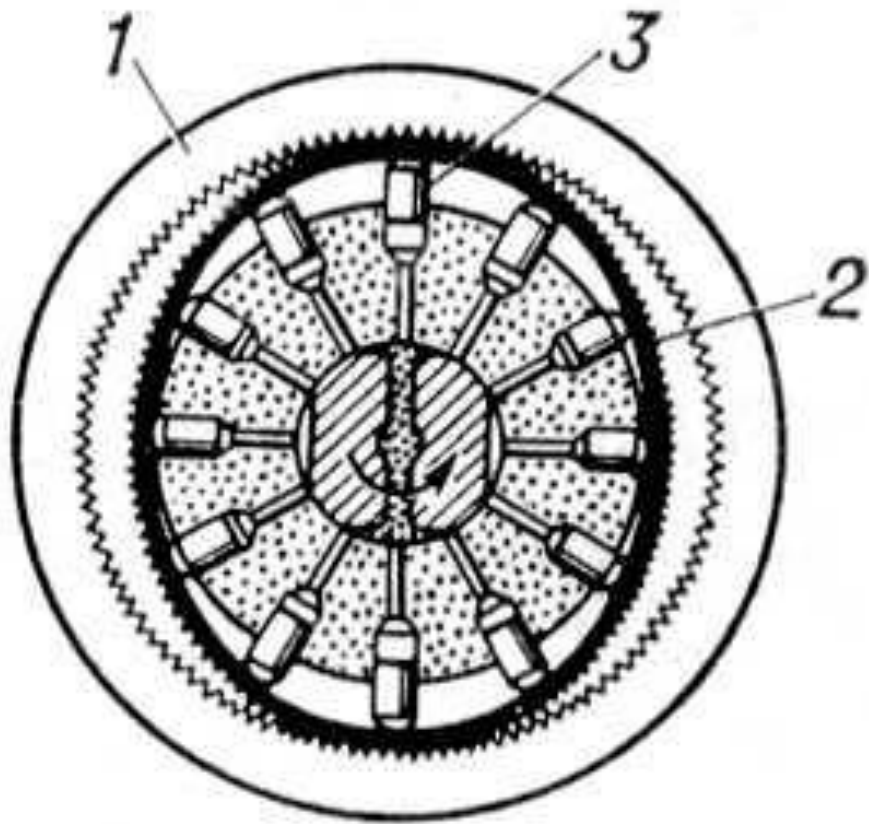
- 1 — жёсткое колесо;
- 2 — гибкое колесо;
- 3 — генератор.



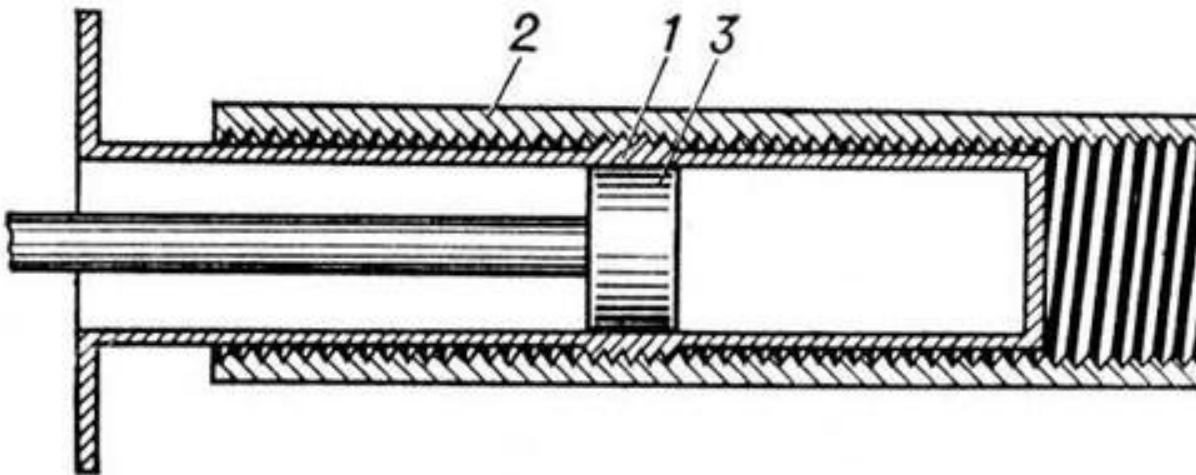
Фрикционный волновой вариатор: 1 — генератор волн; 2 — эластичный гибкий элемент; 3 — жесткий элемент; 4 — дополнительные ролики генератора.

идеальная
фрикционная
волновая передача





Зубчатая волновая передача с гидравлическим генератором: 1 — жёсткое колесо; 2 — гибкое колесо; 3 — генератор.



Винтовая волновая передача: 1 — гибкий элемент (полый винт); 2 — жесткий элемент (гайка); 3 — генератор волн.



