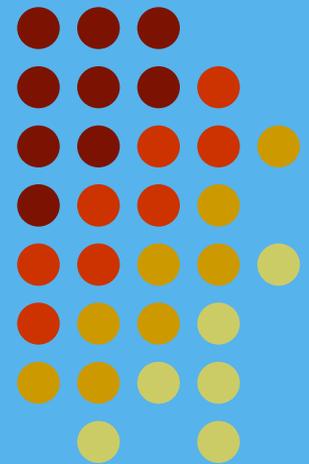


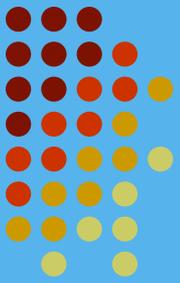
# Теория механизмов и машин

## Лекция 12 Синтез зубчатых передач.

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

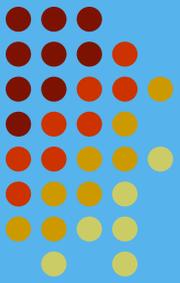


# Методы изготовления зубчатых колес.



- Различают два метода формирования зубьев зубчатых колес:
- Метод обкатки (огибания), при котором инструмент и заготовка за счет кинематической цепи станка выполняют два движения - резания и огибания (под огибанием понимается такое относительное движение заготовки и инструмента, которое соответствует *станочному зацеплению*, т. е. зацеплению инструмента и заготовки с требуемым законом изменения передаточного отношения).

# Методы изготовления зубчатых колес.



- Метод копирования, при котором рабочие кромки инструмента по форме соответствуют обрабатываемой поверхности (конгруэнтны ей, т. е. заполняют эту поверхность как отливка заполняет форму) .

# Методы изготовления зубчатых колес.

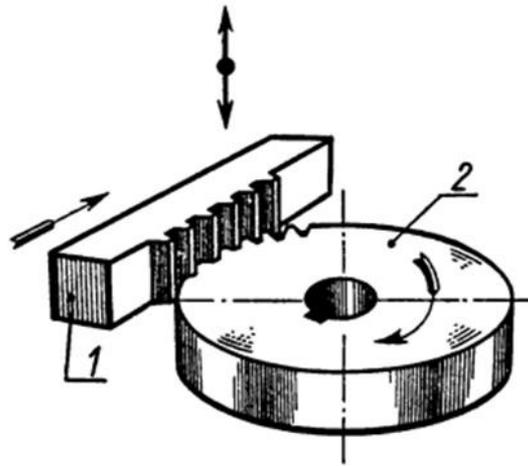
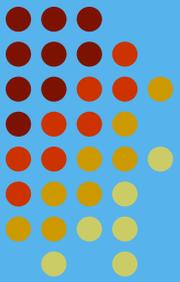
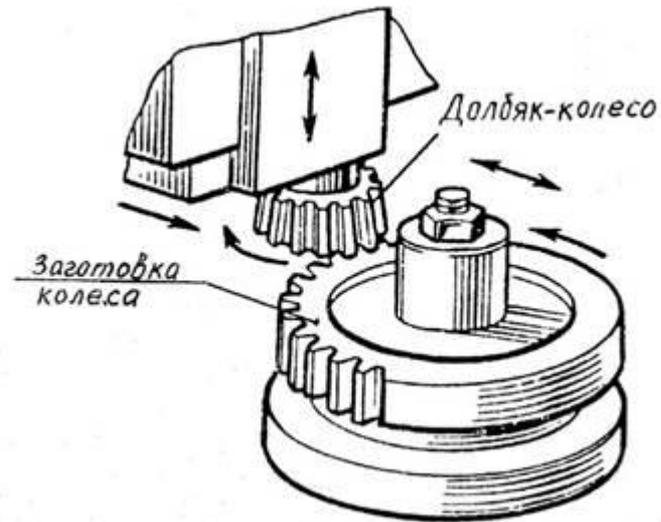
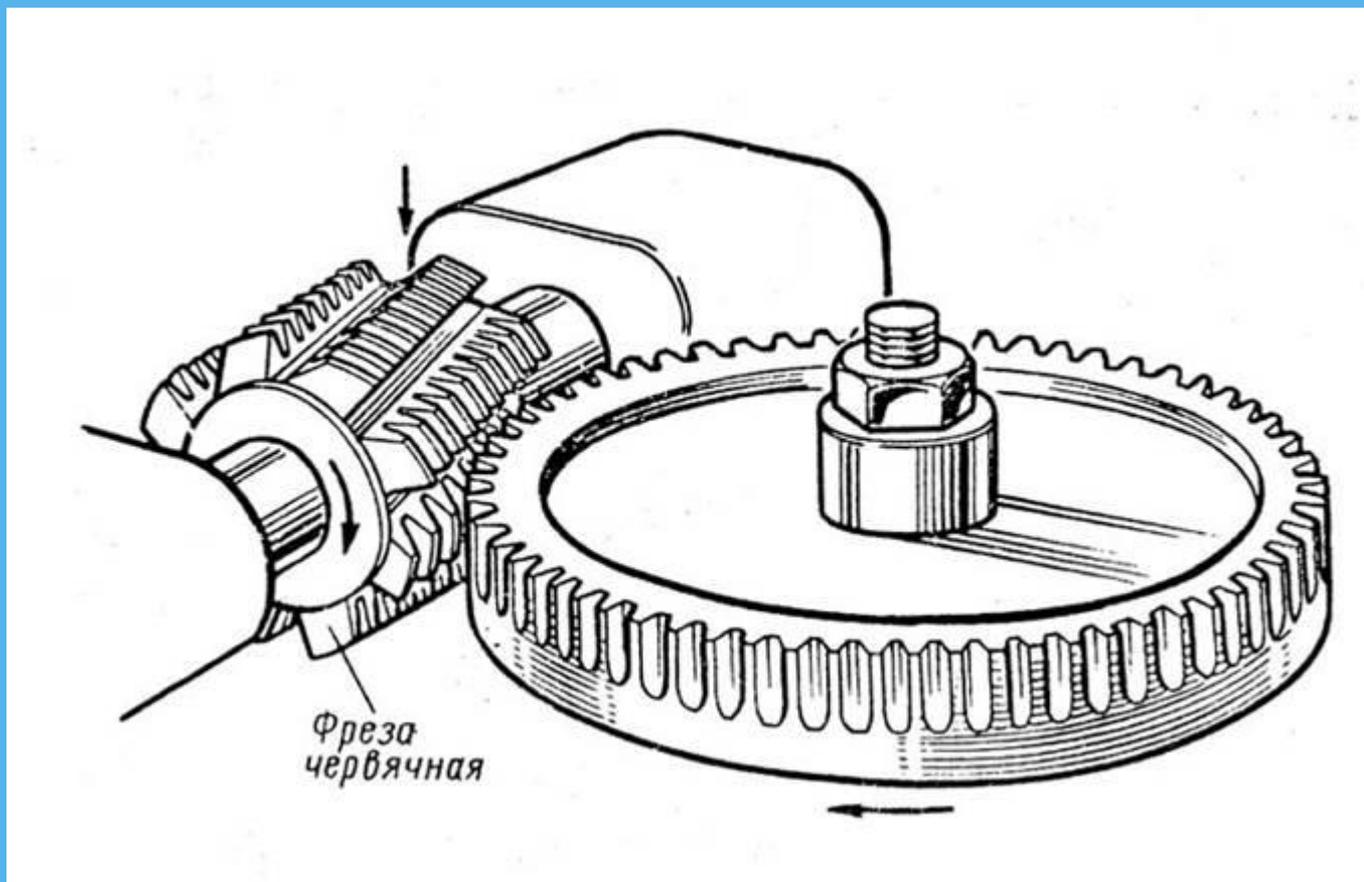
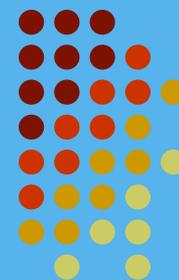


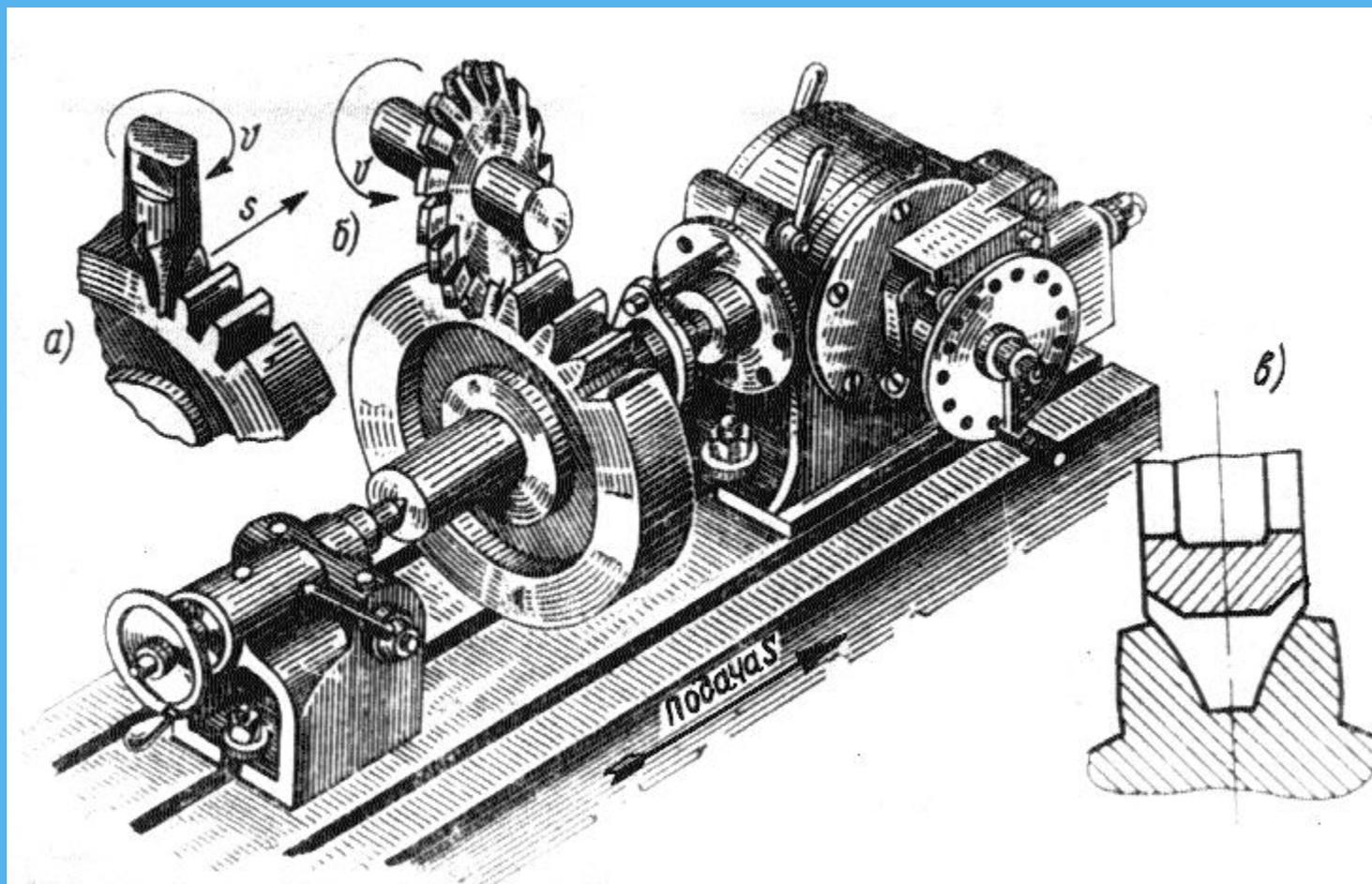
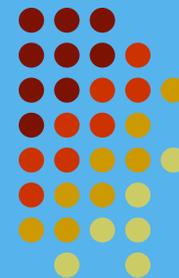
Рис. 8.14. Схема нарезания зубьев методом обкатки



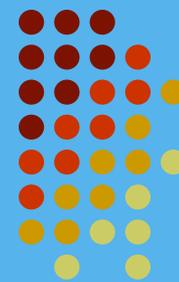
# Методы изготовления зубчатых колес.



# Методы изготовления зубчатых колес.

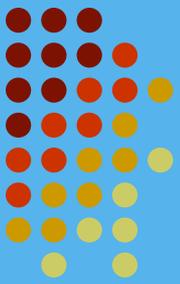


# Понятия о исходном, исходном производящем и производящем контурах.



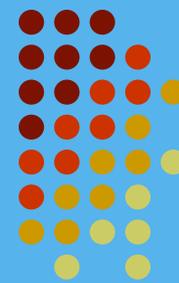
- Для сокращения номенклатуры режущего инструмента стандарт устанавливает нормативный ряд модулей и определенные соотношения между размерами элементов зуба. Эти соотношения определяются:
- для зубчатых колес определяются параметрами исходной рейки через параметры ее нормального сечения - исходный контур;

# Понятия о исходном, исходном производящем и производящем контурах.



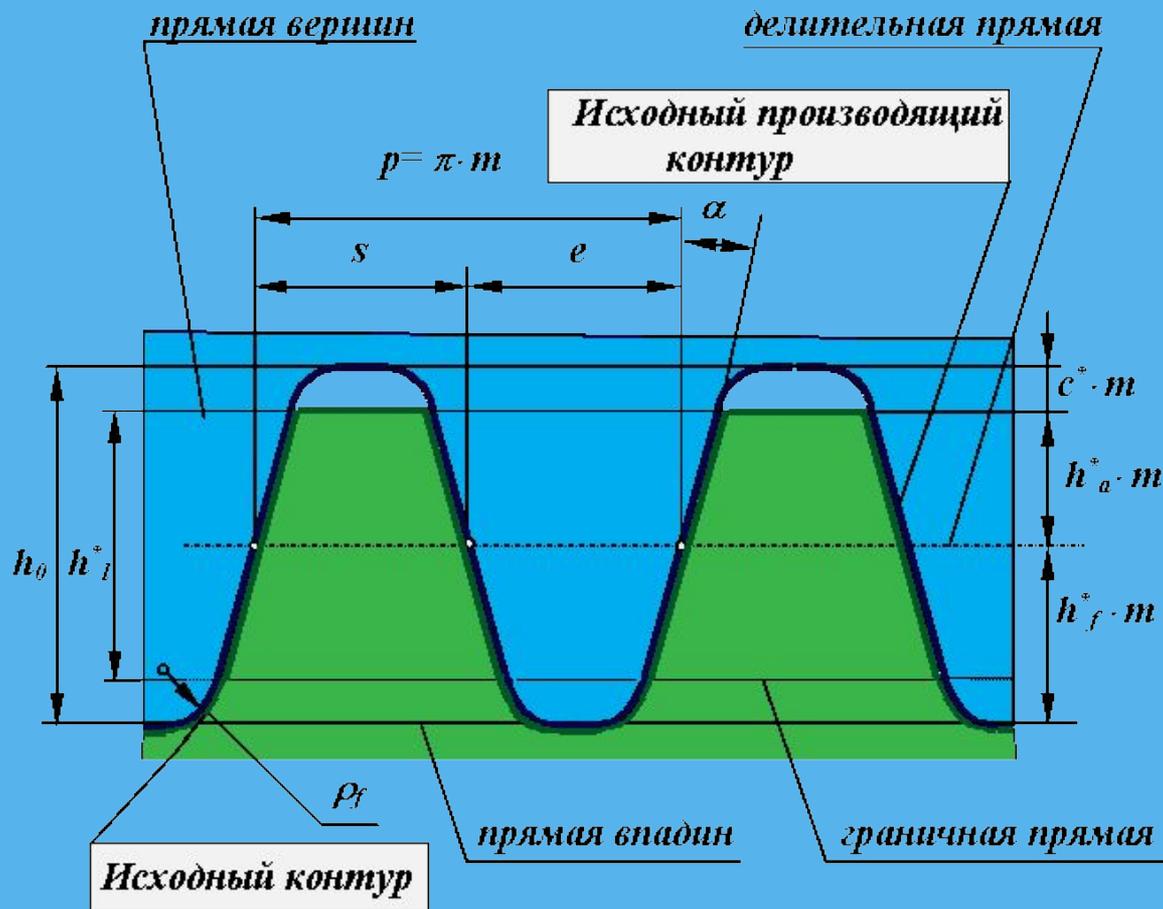
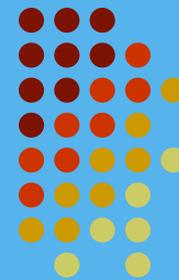
- Для зубчатого инструмента определяются параметрами исходной производящей рейки через параметры ее нормального сечения - исходный производящий контур.
- По ГОСТ 13755-81 значения параметров исходного контура должны быть следующими:
- угол главного профиля  $\alpha=20^\circ$ ;
- коэффициент высоты зуба  $h^*a = 1$

# Понятия о исходном, исходном производящем и производящем контурах.

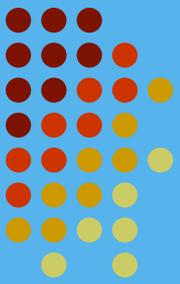


- коэффициент высоты ножки  $h^*f = 1.25$  ;
- коэффициент граничной высоты  $h^*l = 2$  ;
- коэффициент радиуса кривизны переходной кривой  $\rho^*f = 0.4$ ;
- коэффициент радиального зазора в паре исходных контуров  $c^* = 0.25$ .
- Исходный производящий контур отличается от исходного высотой зуба  $h_0 = 2.5m$ .

# Понятия о исходном, исходном производящем и производящем контурах.

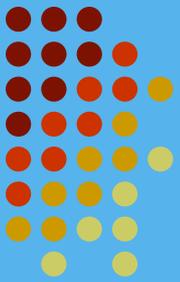


# Понятия о исходном, исходном производящем и производящем контурах.



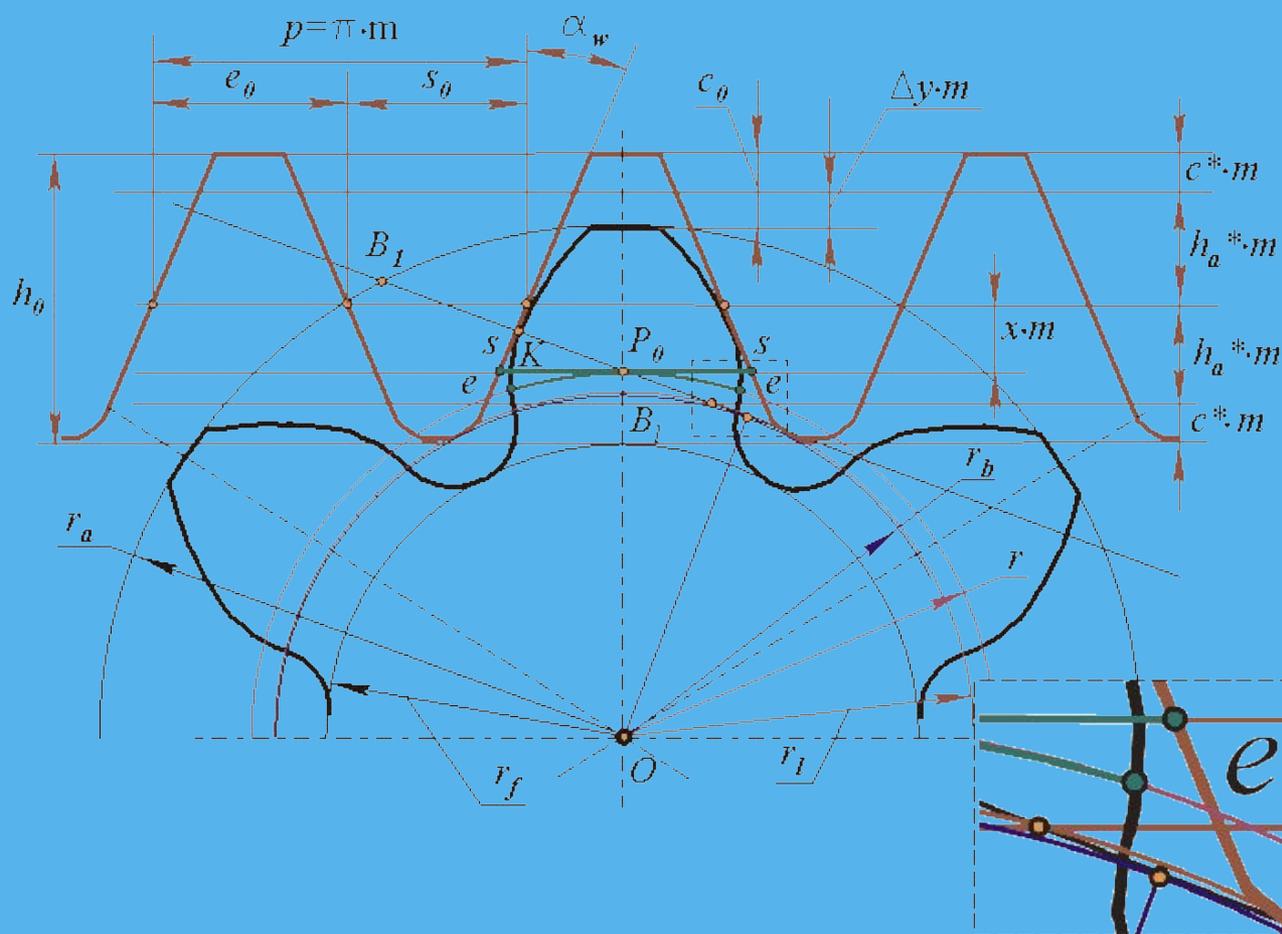
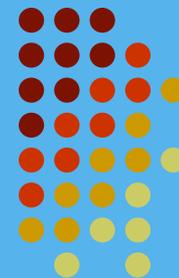
- Принципиальное отличие этих контуров в том, что исходный контур положен в основу стандартизации зубчатых колес, а исходный производящий - в основу стандартизации зуборезного инструмента. Оба эти контура необходимо отличать от производящего контура - проекции режущих кромок инструмента на плоскость перпендикулярную оси заготовки.

# Станочное зацепление.

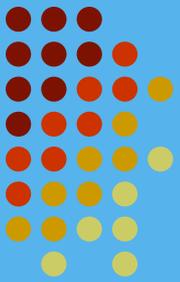


- **Станочным зацеплением** называется зацепление, образованное заготовкой колеса и инструментом, при изготовлении зубчатого колеса на зубообрабатывающем оборудовании по способу обкатки.
- **Линия станочного зацепления** - геометрическое место точек контакта эвольвентной части профиля инструмента и эвольвентной части профиля зуба в неподвижной системе координат. – Общая нормаль ограниченная диаметром вершин нарезаемого колеса и граничной прямой исходного производящего контура.
- Начальная окружность в станочном зацеплении называется **делительной окружностью** (радиус и диаметр ее обозначаются  $r$  и  $d$ ).

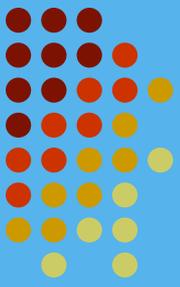
# Станочное зацепление.



# Станочное зацепление.



- $e_o$  – ширина впадины инструмента по делительной прямой,
- $s_o$  – толщина зуба инструмента по делительной прямой.
- У инструмента всегда  $e_o = s_o$ ,  $r_{w_o} = r$ .
- Прямая для которой толщина зуба равна ширине впадины называется модульной прямой рейки.
- В станочном зацеплении начальная окружность всегда совпадает с делительной окружностью, т.к. необходимо перенести с инструмента стандартные параметры: шаг  $p$ , модуль  $m$  и угол профиля  $\alpha$ .

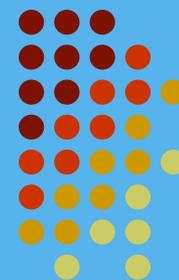


# Станочное зацепление.

- Шаг по делительной окружности равен шагу инструментальной рейки –  $p$ .

$$\pi d = pz \quad d = \frac{pz}{\pi}$$

- Для удобства расчетов и измерения зубчатых колес целесообразно диаметры колес задавать рациональными числами, в качестве основного параметра, положенного в основу расчета геометрических размеров зубчатых колес положен модуль  $m$ .



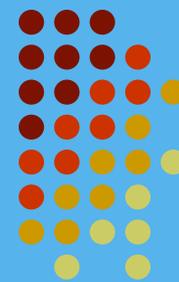
# Станочное зацепление.

- Модуль показывает, сколько миллиметров диаметра делительной окружности приходится на один зуб колеса (диаметральный шаг).

$$m = \frac{d}{z}$$

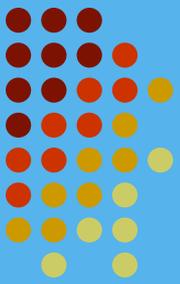
- На основании данной формулы делительную окружность можно определить как окружность, для которой модуль имеет стандартную величину.

# Виды зубчатых колес, нарезанных инструментальной рейкой.



- При нарезании зубьев инструментальная рейка может располагаться ближе к центру заготовки или дальше от него.
- Положение инструментальной рейки, при котором ее делительная прямая касается делительной окружности заготовки, называется номинальным.
- Если инструментальная рейка установлена так, что ее делительная прямая не касается делительной окружности заготовки, то такое положение инструментальной рейки называется смещенным.

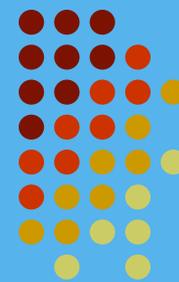
# Виды зубчатых колес, нарезанных инструментальной рейкой.



- Расстояние по нормали между делительной окружностью нарезаемого колеса и делительной прямой исходного производящего контура называется *смещением (B)*.
- Отношение смещения к модулю называется *коэффициентом смещения (x)*:

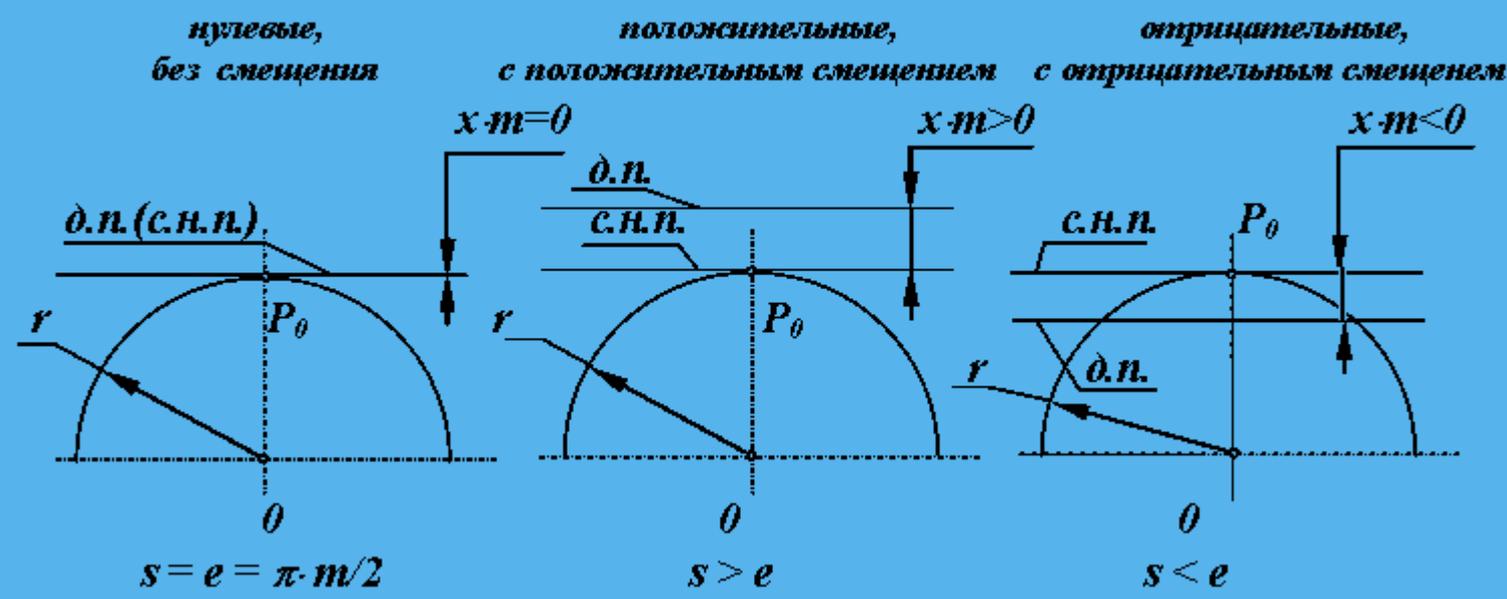
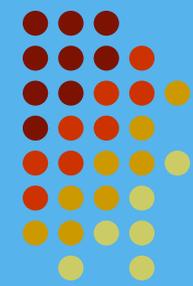
$$x = \frac{B}{m}$$

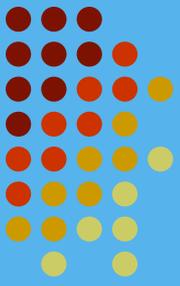
# Виды зубчатых колес, нарезанных инструментальной рейкой.



- Смещению присваивают знак.
- Если делительная прямая ИПК не пересекает делительную окружность заготовки и не касается ее, смещение положительное ( $x > 0$ ), а зубчатое колесо называется положительным.
- Если делительная прямая пересекает делительную окружность заготовки смещение отрицательное ( $x < 0$ ), а зубчатое колесо называется отрицательным .
- При номинальном положении ИПК смещение равно нулю ( $x = 0$ ), а зубчатое колесо называется нулевым.

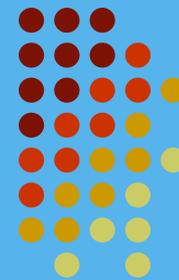
# Виды зубчатых колес, нарезанных инструментальной рейкой.





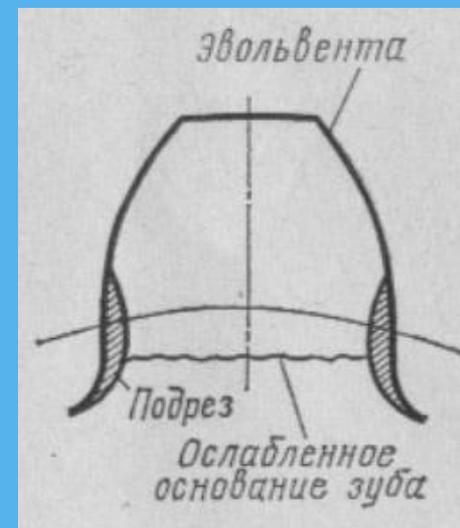
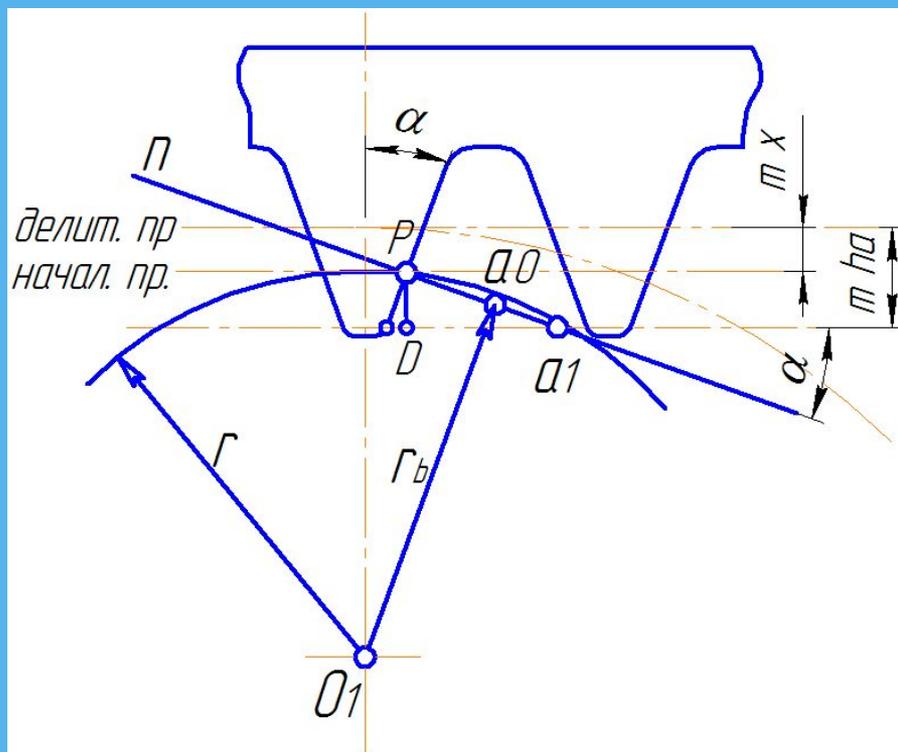
# Подрез зубьев.

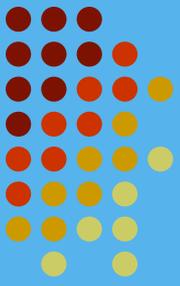
- Если прямая вершин зубчатой рейки пересекает линию зацепления за точкой  $a_0$ , то прямолинейный и эвольвентный профили пересекаются.
- В станочном зацеплении при пересечении эвольвентного профиля изготавливаемого колеса режущим профилем производящего исходного контура срезается часть зуба колеса.
- Это явление называется подрезом зубьев.



# Подрез зубьев.

- Подрез ослабляет основание зуба и уменьшает эвольвентную часть профиля.





## Подрез зубьев.

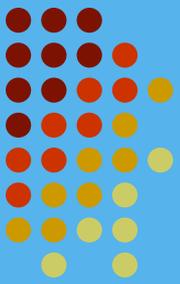
- Определим число зубьев нарезаемого колеса  $z$ , при котором не будет иметь место подрез.
- Условие отсутствия подреза зубьев имеет вид:

$$pa_0 \geq pa_1 \quad (1)$$

- Из  $\Delta p_0 a_0$  следует:

$$pa_0 = r \sin \alpha = \frac{mz}{2} \sin \alpha \quad (2)$$

# Подрез зубьев.

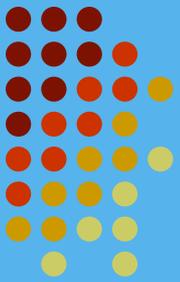


- А из  $\Delta pa_1 D$  
$$pa_1 = \frac{pD}{\sin \alpha} = \frac{(h_a^* - x)m}{\sin \alpha} \quad (3)$$

$$z \geq \frac{2(h_a^* - x)}{\sin^2 \alpha} \quad (4)$$

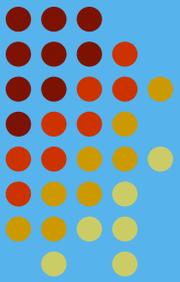
- Если  $x=0$ , то получим выражение для определения наименьшего числа зубьев нулевого колеса, зубья которого можно нарезать реечным инструментом без подреза:

# Подрез зубьев.



$$z_{min} = \frac{2h_a^*}{\sin^2 \alpha} \quad (5)$$

- При  $h_a^* = 1$  и  $\alpha = 20$   $z_{min} = 17$
- Для предотвращения подреза колеса с числом зубьев  $z < z_{min}$  должны быть положительными. Определим смещение при котором отсутствует подрез зубьев.



# Подрез зубьев.

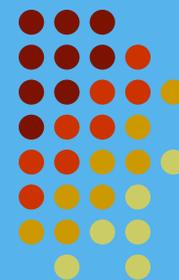
- На основании условия (1) можно записать:

$$\frac{z}{2} \sin^2 \alpha \geq h_a^* - x$$

- Подставляя в формулу (6) выражение из уравнения (5) и решая его относительно  $x$ , получим:

$$x \geq h_a^* \frac{z_{min} - z}{z_{min}}$$

# Подрез зубьев.



- Переходя к значению коэффициента наименьшего смещения  $x_{min}$  имеем

$$x_{min} = h_a^* \frac{z_{min} - z}{z_{min}}$$

- При  $h_a^* = 1,0$  и  $z_{min} = 17$

$$x_{min} = \frac{17 - z}{17}$$