

## Задание №4 по Гидромеханике

По исходным данным рассчитать параметры характеристики центробежного насоса, выполнить профилирование рабочего колеса.

| $D_0$ , мм | $D_2$ , мм | $d_0$ , мм | $c_0$ , м/с | $\psi$ | $\eta_0$ | $n$ , об/мин | $\eta$ |
|------------|------------|------------|-------------|--------|----------|--------------|--------|
| 80         | 170        | 38         | 2           | 0,4    | 0,95     | 2900         | 0,75   |

Определим подачу насоса:

$$Q = \frac{\eta_0 \pi (D_0^2 - d_0^2) c_0 n}{4}$$

$\eta_0 = 0,95$  - объемный коэффициент полезного действия

# Расчет параметров насоса по размерам рабочего колеса

$D_0 = 0,08$  м- диаметр горловины рабочего колеса;

$d_0 = 0,038$  м- диаметр втулки;

$c_0 = 2$  м/с -средняя скорость во входном сечении рабочего колеса;

$m = 1$  - число сторон подвода жидкости к рабочему колесу

$$Q = \frac{0,95 \cdot 3,14 \cdot (0,08^2 - 0,038^2) \cdot 2 \cdot 1}{4} = 0,0074 \text{ м}^3/\text{с}$$

# Расчет параметров насоса по размерам рабочего колеса

Напор определяем по формуле

$$H = \frac{u_2^2 \cdot \psi \cdot i}{g}$$

$u_2$  - окружная скорость на внешнем диаметре колеса  $D_2$ ;

$\psi = 0,4$  - коэффициент напора;

$i = 1$  - число ступеней (рабочих колес) насоса;

$$u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60}$$

$n = 2900$  об/мин

$$u_2 = \frac{3,14 \cdot 0,17 \cdot 2900}{60} = 25,8 \text{ м/с}; \quad H = \frac{25,8^2 \cdot 0,4}{9,8} = 27,2 \text{ м}$$

# Расчет параметров насоса по размерам рабочего колеса

Мощность на валу насоса составит

$$N = \rho g Q H / (1000 \eta);$$

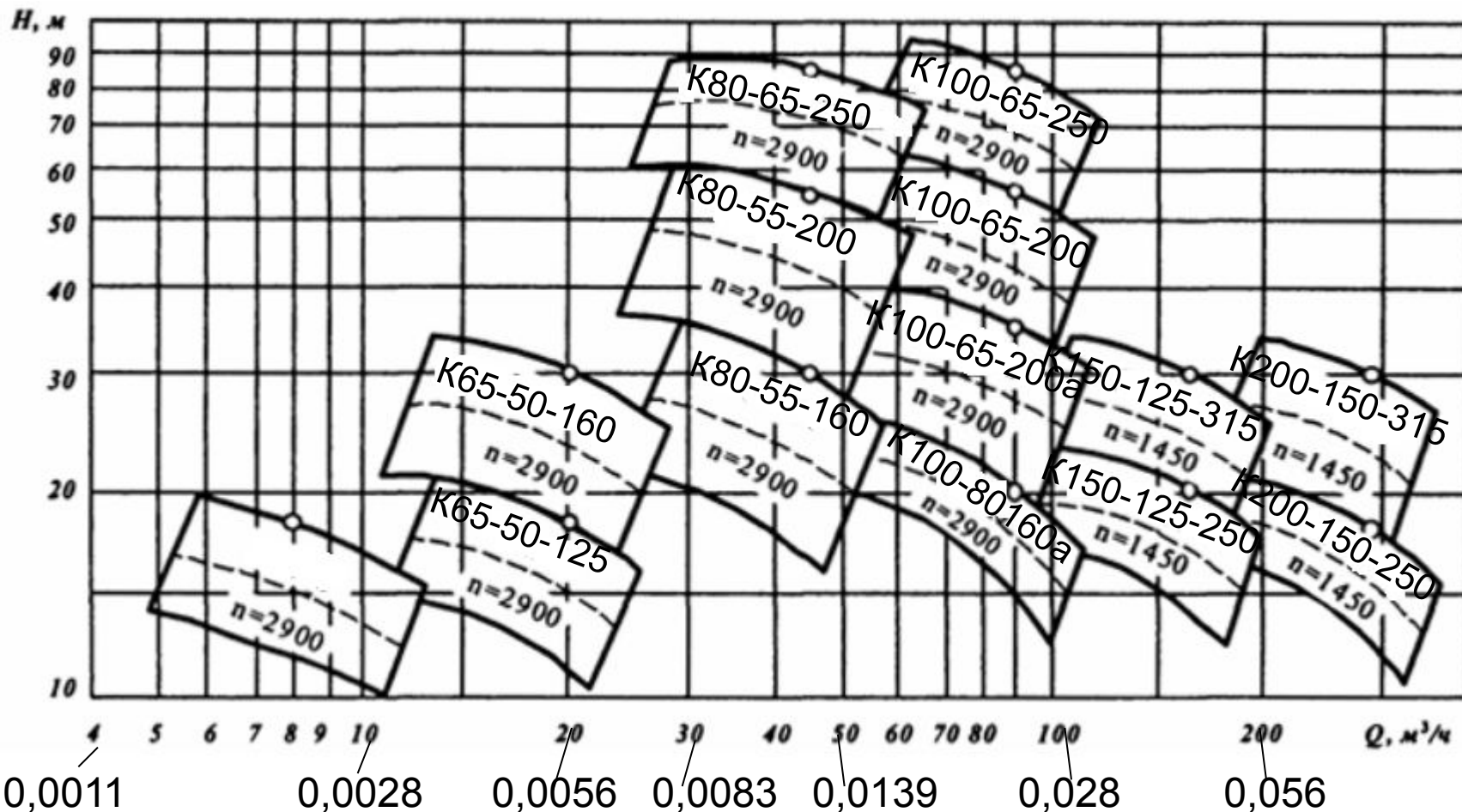
$$N = 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,0074 \cdot 27,2 / (1000 \cdot 0,75) = 2,63 \text{ кВт}$$

Удельная частота вращения насоса:

$$n_y = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad n_y = \frac{2900 \sqrt{0,0074}}{\sqrt[4]{(27,2)^3}} = 11,9$$

$$n_s = 43,4$$

В соответствие с удельной частотой вращения и отношением диаметров  $D_2/D_0 = 2,125$  колесо отнесем к типу тихоходных.



## Сводный график рабочих полей насосов типа К

Посмотреть к какому насосу близкими получаются параметры

## Ориентировочный расчет колеса центробежного насоса

$$u_1 = \frac{\pi D_1 n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,08 \cdot 2900}{60} = 12,1 \text{ м/с}$$

Из входного параллелограмма при  $c_1 = c_{1r} = c_0$  получаем

$$w_1 = \sqrt{c_1^2 + u_1^2} = \sqrt{2^2 + 12,1^2} = 12,3 \text{ м/с}$$

$$\text{tg } \beta_1 = c_1 / u_1; \beta_1 = \text{arctg } c_1 / u_1 = \text{arctg } 2 / 12,1 = 0,1654$$

$$\beta_1 = 9^\circ$$

Угол потока при входе на лопасти рекомендуется принимать с учетом угла атаки

$$\beta_{1л} = 9^\circ + 6^\circ = 15^\circ$$

## Ориентировочный расчет колеса центробежного насоса

Принимая коэффициент стеснения входного сечения межлопаточных каналов  $\mu_1 = 0,9$ , из уравнения расхода определяем ширину  $b_1$  лопасти на входе:

$$b_1 = \frac{Q}{\pi D_1 c_1 \mu_1} = \frac{0,0074}{3,14 \cdot 0,08 \cdot 2 \cdot 0,9} = 0,0164 \text{ м} = 16,4 \text{ мм}.$$

Вычислим, принимая  $c_{2r} = c_{1r} = c_0$ , угол  $\beta_2$  из формулы:

$$u_2 = \frac{1}{2} c_{2r} \operatorname{ctg} \beta_2 + \sqrt{\frac{c_{2r}^2 \operatorname{ctg}^2 \beta_2}{2} + \frac{gH}{\eta_r}}$$

## Ориентировочный расчет колеса центробежного насоса

Подставим известные значения и решим уравнение

$$25,8 = \frac{1}{2} 2 \operatorname{ctg} \beta_2 + \sqrt{\left(\frac{2 \operatorname{ctg} \beta_2}{2}\right)^2 + \frac{9,8 \cdot 27,2}{0,86}}$$

$$25,8 - \operatorname{ctg} \beta_2 = \sqrt{\left(\frac{2 \operatorname{ctg} \beta_2}{2}\right)^2 + \frac{9,8 \cdot 27,2}{0,86}}$$

$$25,8^2 - 2 \cdot 25,8 \operatorname{ctg} \beta_2 + \operatorname{ctg}^2 \beta_2 = \operatorname{ctg}^2 \beta_2 + 310$$

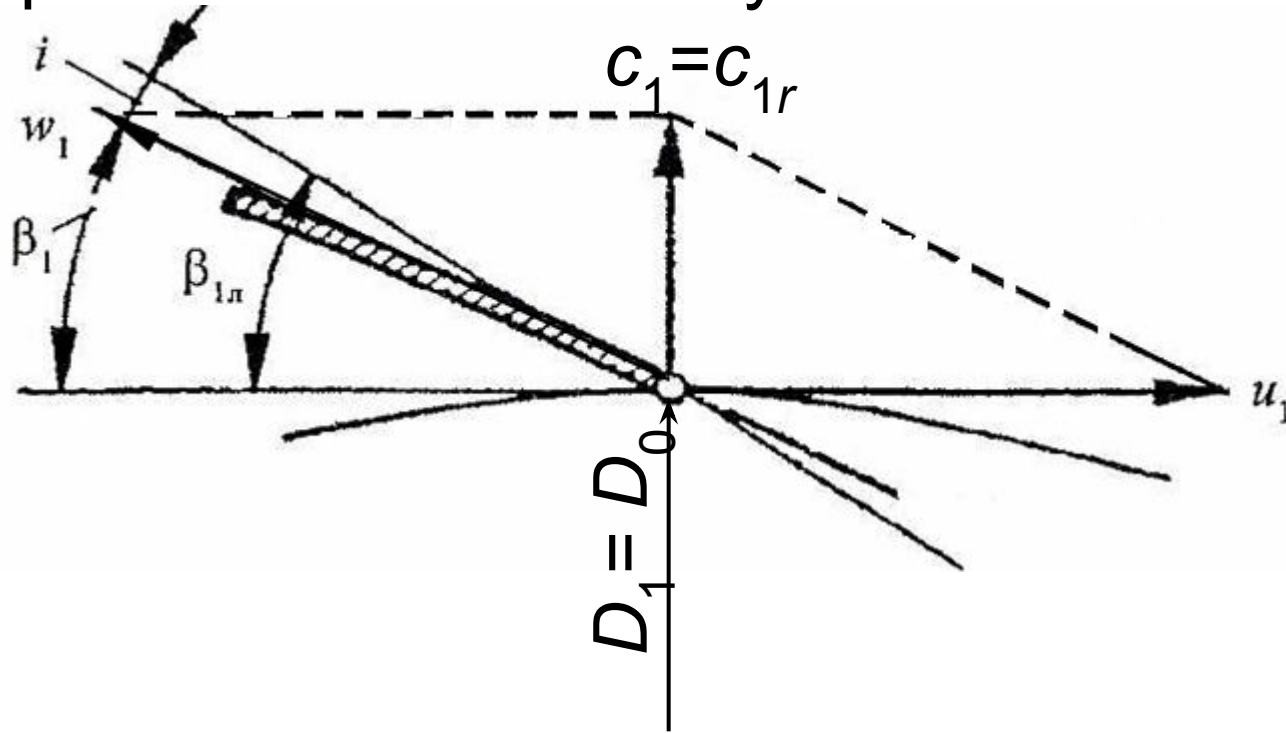
$$665,6 - 51,6 \operatorname{ctg} \beta_2 = 310$$

$$51,6 \operatorname{ctg} \beta_2 = 665,6 - 310 = 355,6$$

$$\operatorname{ctg} \beta_2 = 6,891; \quad \beta_2 = 9^\circ$$

# Ориентировочный расчет колеса центробежного насоса

Формирование начального участка лопасти на входе



Ширина лопасти на выходе при условии  $c_{2r} = c_{1r}$

$$b_2 = b_1 \frac{D_1}{D_2}$$

$$b_2 = 16,4 \frac{80}{170} = 7,7 \text{ мм}$$

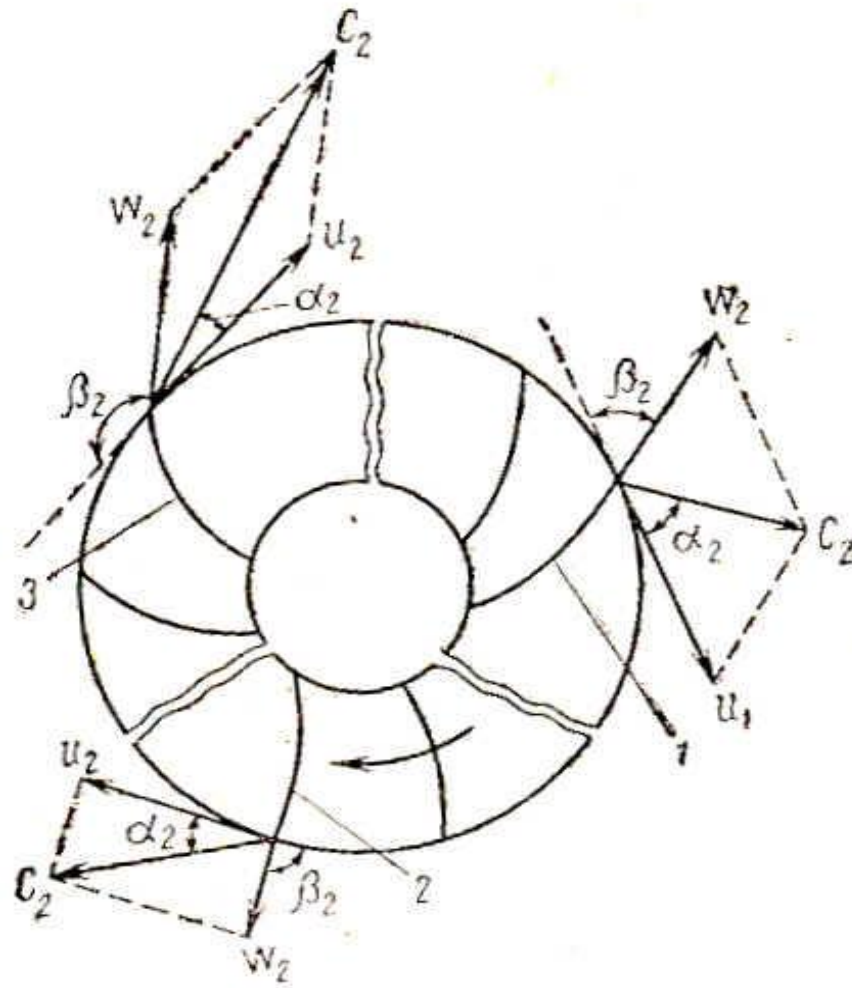
## Ориентировочный расчет колеса центробежного насоса

Количество лопаток рабочего колеса определяется по формуле

$$z = 6,5 \frac{m + 1}{m - 1} \sin \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}, \quad \text{где} \quad m = \frac{D_2}{D_1}$$

$$z = 6,5 \frac{3,125}{1,125} \sin\left(\frac{9 + 9}{2} + 6\right) \approx 5$$

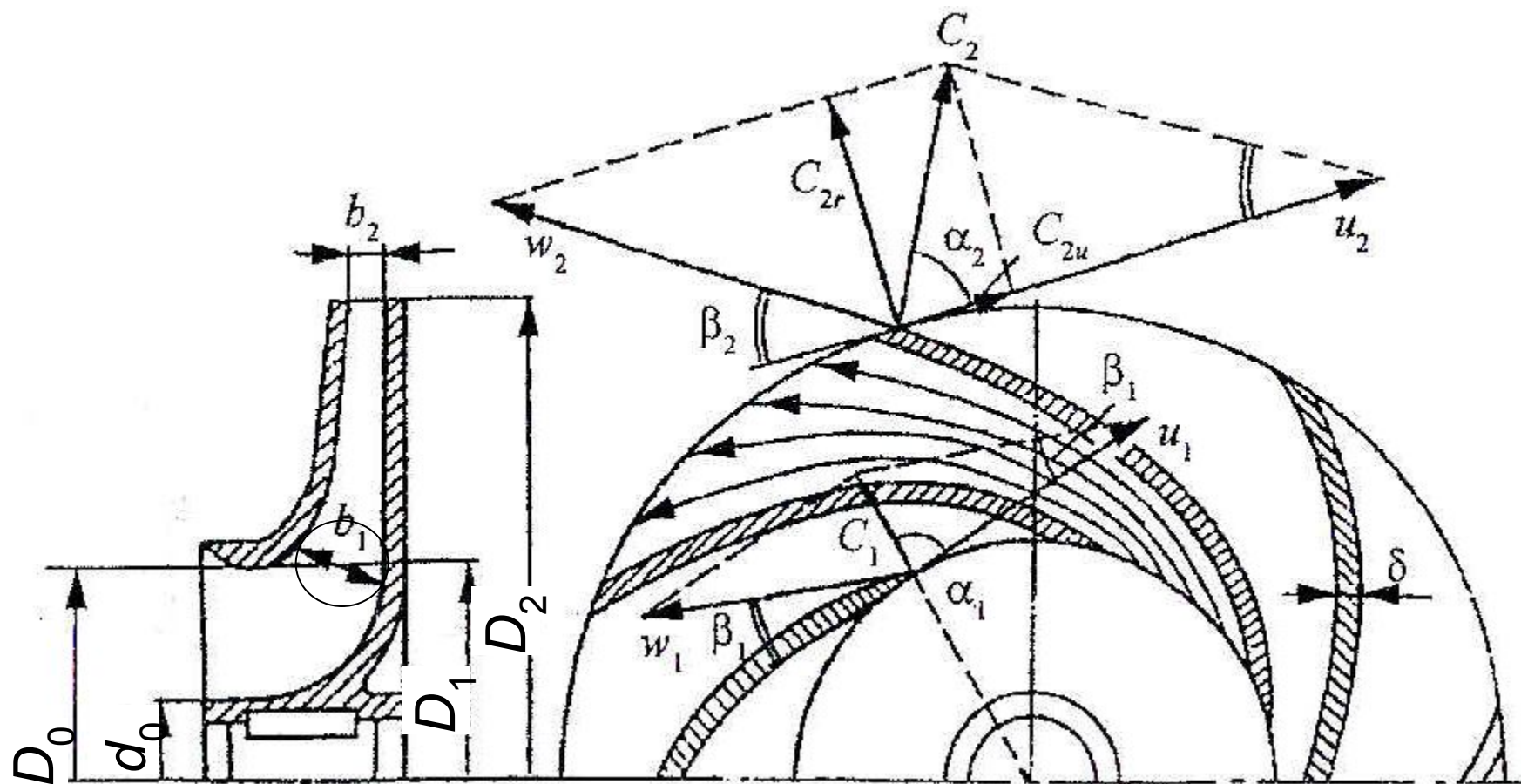
Для рабочего колеса центробежного насоса количество лопаток обычно принимают от 4 до 12, как правило, четное число. Принимаем  $z=6$ .



Типы лопаток рабочих колес центробежных насосов

# Ориентировочный расчет колеса центробежного насоса

По коэффициенту быстроходности и таблице определяем тип рабочего колеса.



# Ориентировочный расчет колеса центробежного насоса

Меридиональная скорость на выходе

$$c_{2r} = \frac{Q_T}{\pi D_2 b_2 k} \quad c_{2r} = \frac{0,0074}{3,14 \cdot 0,17 \cdot 7,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1} = 1,64 \text{ м/с}$$

$k=1,05 \div 1,1$  – коэффициент стеснения сечения лопастями на выходе

В соответствие с теоремой синусов  
 $w_2 = 10,5 \text{ м/с}$

