

# Лекция 5

## Содержание

- Рабочая характеристика центробежного насоса
- Универсальная рабочая характеристика насоса

# Рабочая характеристика насоса

В характеристике центробежного насоса указано изменение напора  $H$ , мощности  $N$ , потребляемой насосом, и КПД  $\eta$  в зависимости от подачи  $Q$  насоса при неизменной частоте вращения вала.

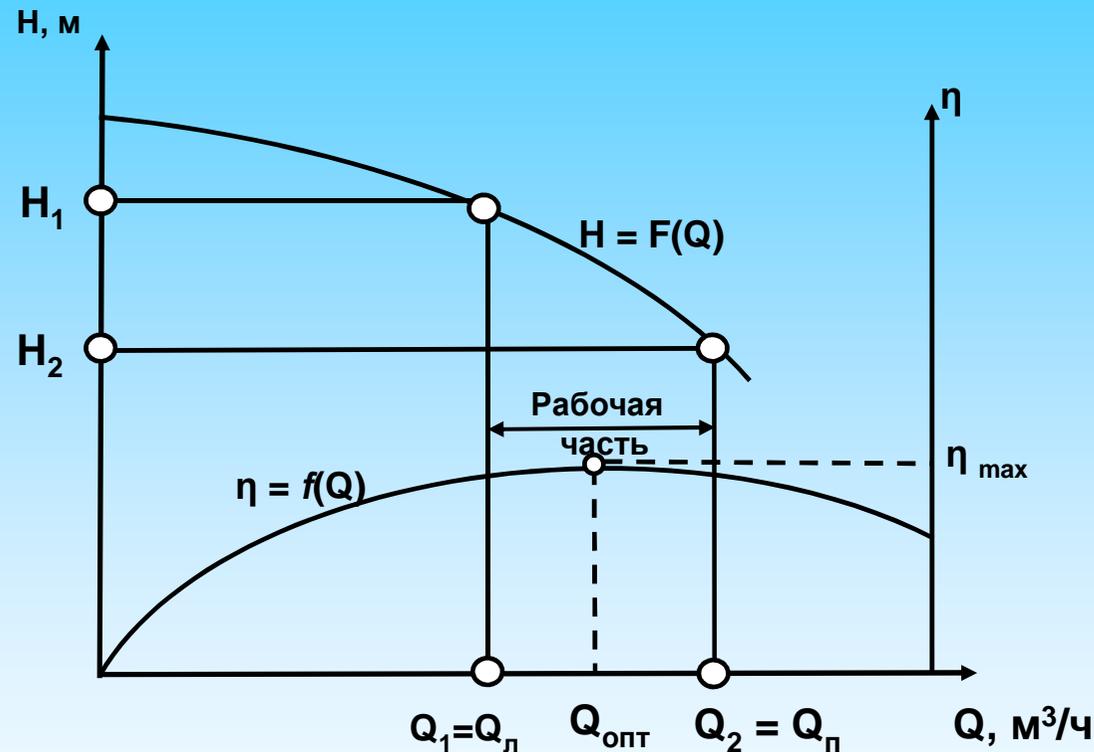


## Рабочая характеристика насоса

Мощность, потребляемая насосом при нулевой подаче или нулевом напоре, не равна нулю, так как при этих режимах имеются потери на дисковое трение, рециркуляцию жидкости у входа и выхода из колеса, механические и объемные потери (утечка).

Запуск центробежного насоса производится в режиме закрытой задвижки, так как при этом наименьшая мощность потребляемая насосом, а следовательно и минимальный пусковой ток на обмотке электродвигателя.

# Рабочая характеристика насоса



Режим работы насоса с наибольшим КПД называют оптимальным. Здесь  $Q_{\text{л}}$ ,  $Q_{\text{п}}$  — левая и правая границы рабочей зоны насоса, а  $Q_{\text{опт}}$  — оптимальное изменение подачи при небольшом снижении КПД называют **рабочей**.

# Рабочая характеристика насоса

Насос рекомендуется выбирать так, чтобы значение  $Q$  попало в рабочую область  $Q_{\text{Л}} \leq Q \leq Q_{\text{П}}$  заводской напорной характеристики насоса.

Если границы рабочей области на графике  $H=F(Q)$  не показаны, то они вычисляются по формулам:

$$Q_{\text{Л}} = 0,8 Q_{\text{опт}} \text{ и } Q_{\text{П}} = 1,2 Q_{\text{опт}}$$

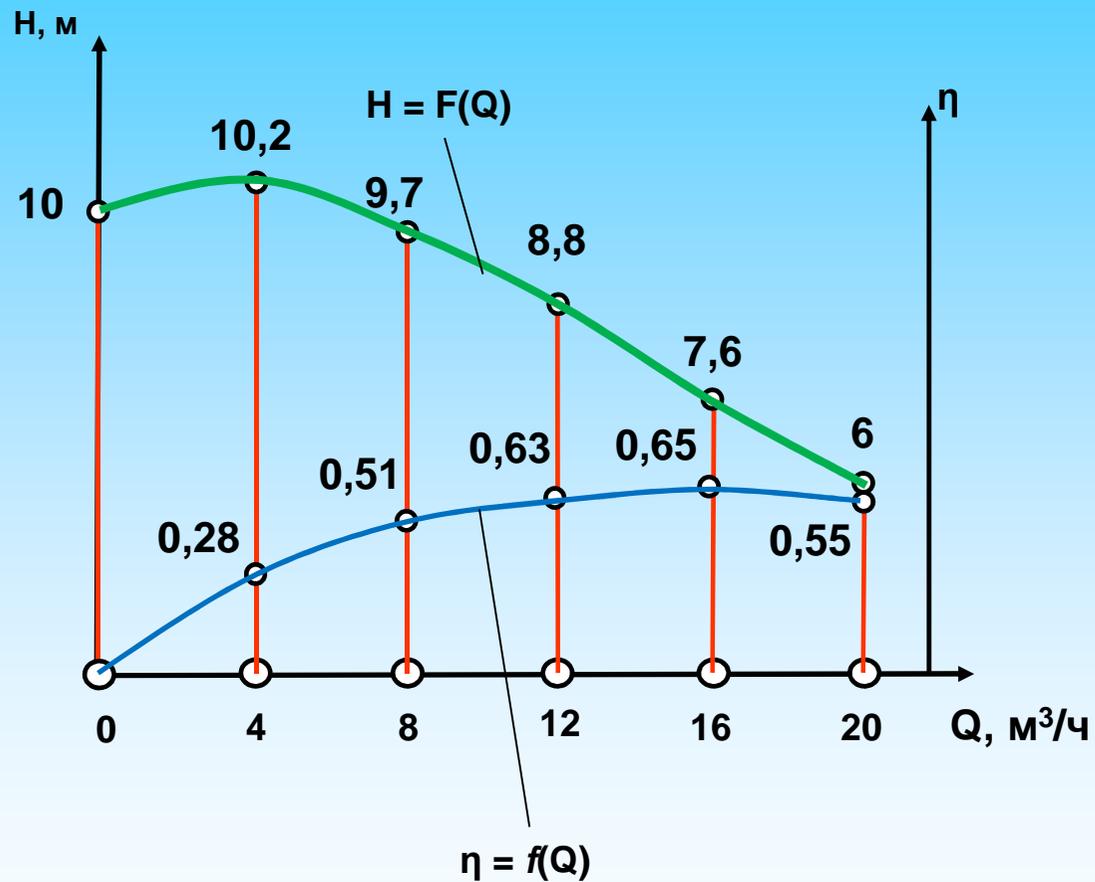
# Рабочая характеристика насоса

В каталогах, характеристики насосов представляются в виде таблиц, например:

Характеристика насоса при  $n_1 = 1000 \text{ мин}^{-1}$

Q, л/с	0	4	8	12	16	20
H, м	10	10,2	9,7	8,8	7,6	6,0
$\eta$	0	0,28	0,51	0,63	0,65	0,55

# Рабочая характеристика насоса



# Рабочая характеристика насоса

Учитывая, что возможность пользоваться каталогами центробежных насосов имеется не всегда, удобно представлять зависимости напора ( $H$ ) и КПД ( $\eta$ ) насоса от его подачи ( $Q$ ) в аналитическом виде, которые в общем случае имеют форму параболы:

$$H_{\text{ж}} = F(Q) = h_{\text{ж}} + a_{\text{ж}} \cdot Q - b_{\text{ж}} \cdot Q^2,$$
$$\eta_{\text{ж}} = f(Q) = c_{0\text{ж}} + c_{1\text{ж}} \cdot Q + c_{2\text{ж}} \cdot Q^2,$$

где  $h_{\text{ж}}$ ,  $a_{\text{ж}}$ ,  $b_{\text{ж}}$ ,  $c_{0\text{ж}}$ ,  $c_{2\text{ж}}$  - эмпирические коэффициенты .

# Рабочая характеристика насоса

В частном случае для насосов с плавно падающей напорной характеристикой ( $a_{\text{Ж}} = 0$ , что справедливо для большинства основных магистральных и подпорных центробежных насосов) уравнение принимает вид:

$$H_{\text{Ж}} = h_{\text{Ж}} - b_{\text{Ж}} \cdot Q^2.$$

Вместо индекса «Ж» (перекачиваемая жидкость) в формулах в каждом конкретном случае подставляются индексы:

# Рабочая характеристика насоса

“В” (Ж=В) - при перекачке маловязкой жидкости, когда характеристики по сравнению с заводскими характеристиками центробежных насосов, снятыми на воде, изменений не претерпевают:

$$H_B = h_B - b_B \cdot Q^2$$

“v” (Ж = v) – при перекачке высоковязкой жидкости, когда необходим пересчёт коэффициентов заводских характеристик:

$$H_v = h_v - b_v \cdot Q^2.$$

# Рабочая характеристика насоса

Из уравнения для расчета КПД можно найти оптимальную подачу насоса, соответствующую его максимальному к.п.д.

Для этого берем частную производную и приравниваем к нулю:

$$\frac{\partial \eta_v}{\partial Q} = c_{1v} + 2c_{2v} Q_{opt} = 0, \quad \Rightarrow$$

$$Q_{opt} = -c_{1v} / (2c_{2v}).$$

При которой максимальный К.П.Д. на воде равен

$$\eta_{B.\max} = c_{0B} + c_{1B} Q_{opt} + c_{2B} Q_{opt}^2$$

# Рабочая характеристика насоса

**Если характеристика не задана в аналитическом виде**

По двум точкам  $(Q_1, H_1)$  и  $(Q_2, H_2)$  снятым с графика плавно падающей  $(Q-H)$  - характеристики насоса и лежащим в его рабочей области, находим аналитическую зависимость напора, развиваемого насосом (в  $m$ ), от его подачи (в  $m^3/ч$ ):

$$H_{MB} = F(Q) = h_{MB} - \epsilon_{M.B} \cdot Q^2$$

# Рабочая характеристика насоса

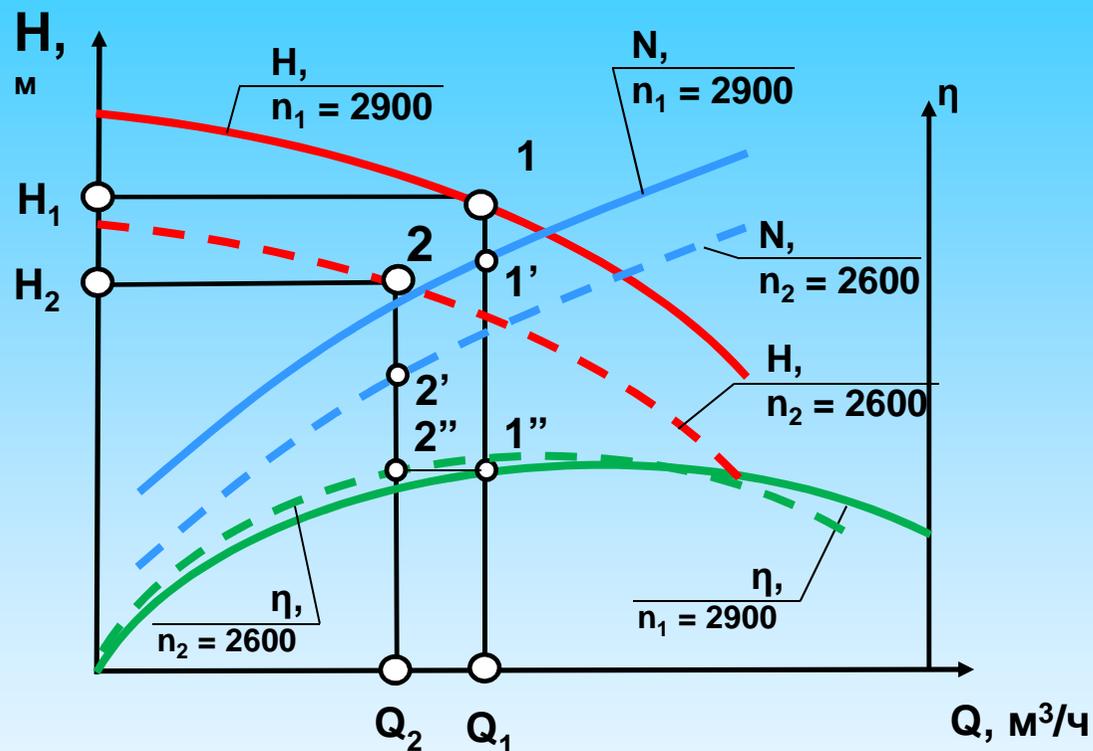
Коэффициенты  $h_{mv}$  и  $b_{mv}$  зависимости (12) находим, решая систему из двух уравнений с двумя неизвестными

$$\begin{cases} H_1 = h_{mv} - b_{mv} Q_1^2; \\ H_2 = h_{mv} - b_{mv} Q_2^2. \end{cases}$$

Откуда получаем:

$$\begin{cases} h_{mv} = \frac{H_1 Q_2^2 - H_2 Q_1^2}{Q_2^2 - Q_1^2}; \\ b_{mv} = \frac{H_1 - H_2}{Q_2^2 - Q_1^2}, \end{cases}$$

# Универсальная рабочая характеристика насоса

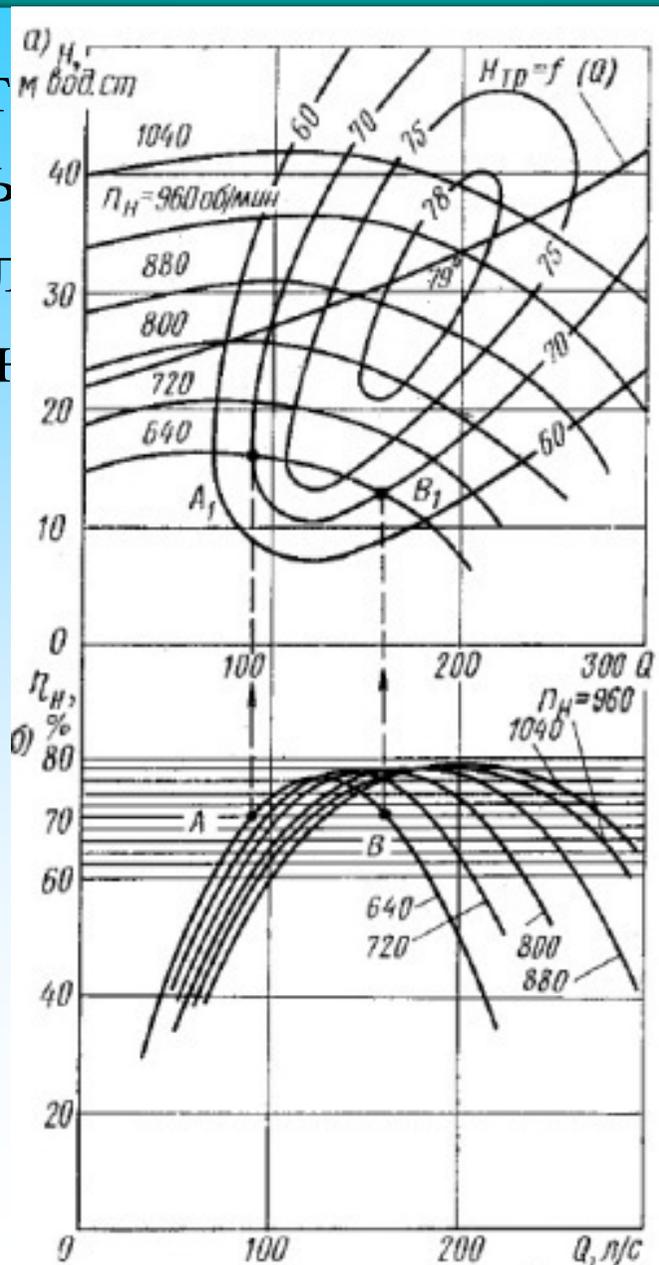


При изменении частоты вращения, подача, напор и мощность пересчитываются по формулам:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} \quad H_2 = H_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad N_2 = N_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

# Универсальная рабочая характеристика насоса

Построив характерные кривые для нескольких значений частоты вращения вала насоса при изменении КПД, получим универсальную рабочую характеристику насоса при изменении частоты вращения его вала



при нескольких значениях частоты вращения вала насоса, соединив точки  $A_1$  и  $B_1$ , получим универсальную рабочую характеристику насоса при изменении частоты вращения его вала

# Универсальная рабочая характеристика насоса

Универсальная характеристика позволяет по одному графику определить параметры насоса при изменении частоты вращения его вала.

