



## Частотное управление насосными агрегатами (ликбез)

Часть 1. Насос, как объект управления.

Часть 2. Частотное управление насосом.

Часть 3. Эффективность частотного управления.

Часть 4. Проблема перегрузки насосных агрегатов при частотном управлении.

Часть 5. Проблема рабочей зоны насоса при частотном управлении.



## Частотное управление насосными агрегатами (ликбез)

Часть 1. Насос, как объект управления.

Часть 2. Частотное управление насосом.

Часть 3. Эффективность частотного управления.

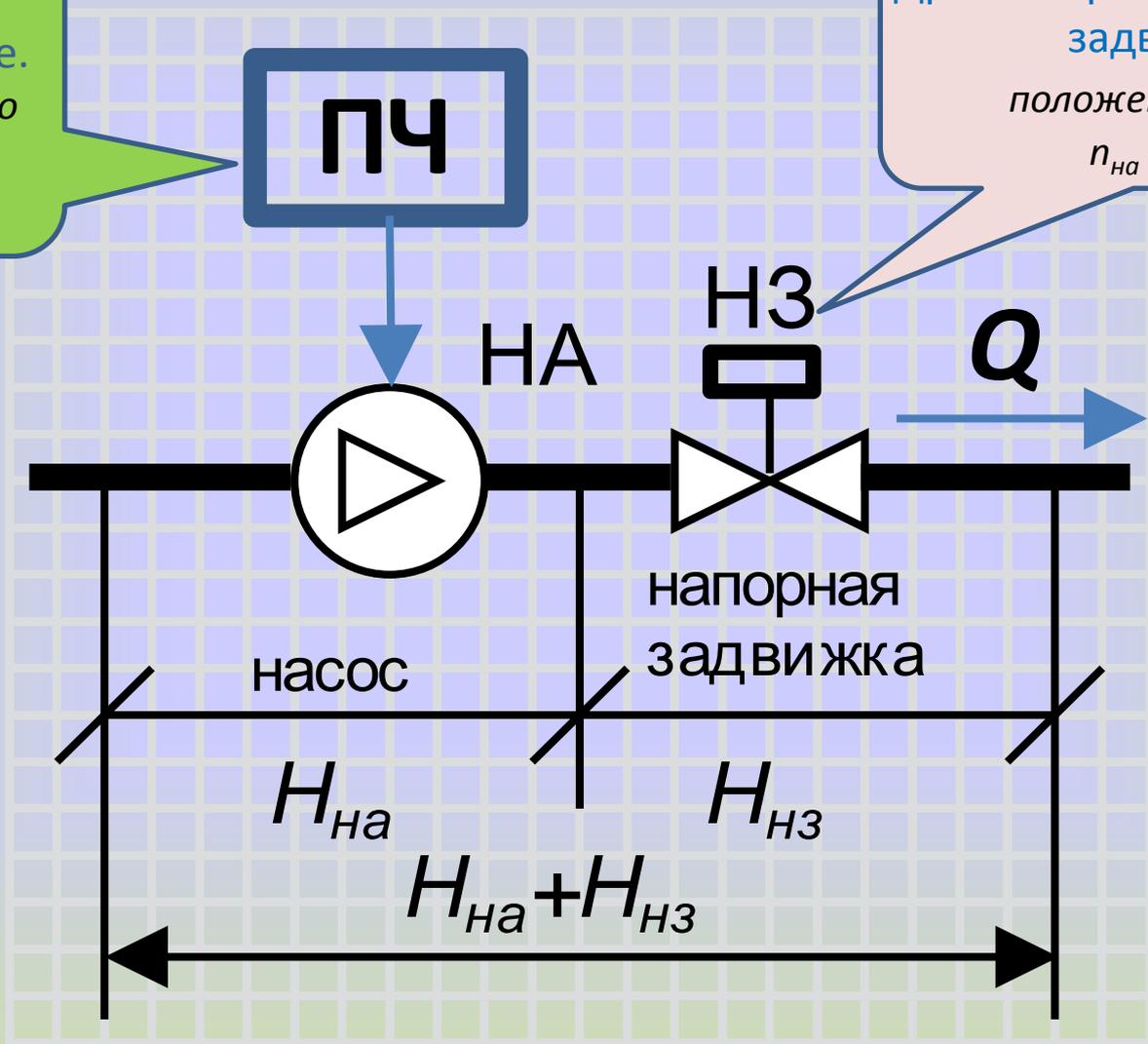
Часть 4. Проблема перегрузки насосных агрегатов при частотном управлении.

Часть 5. Проблема рабочей зоны насоса при частотном управлении.

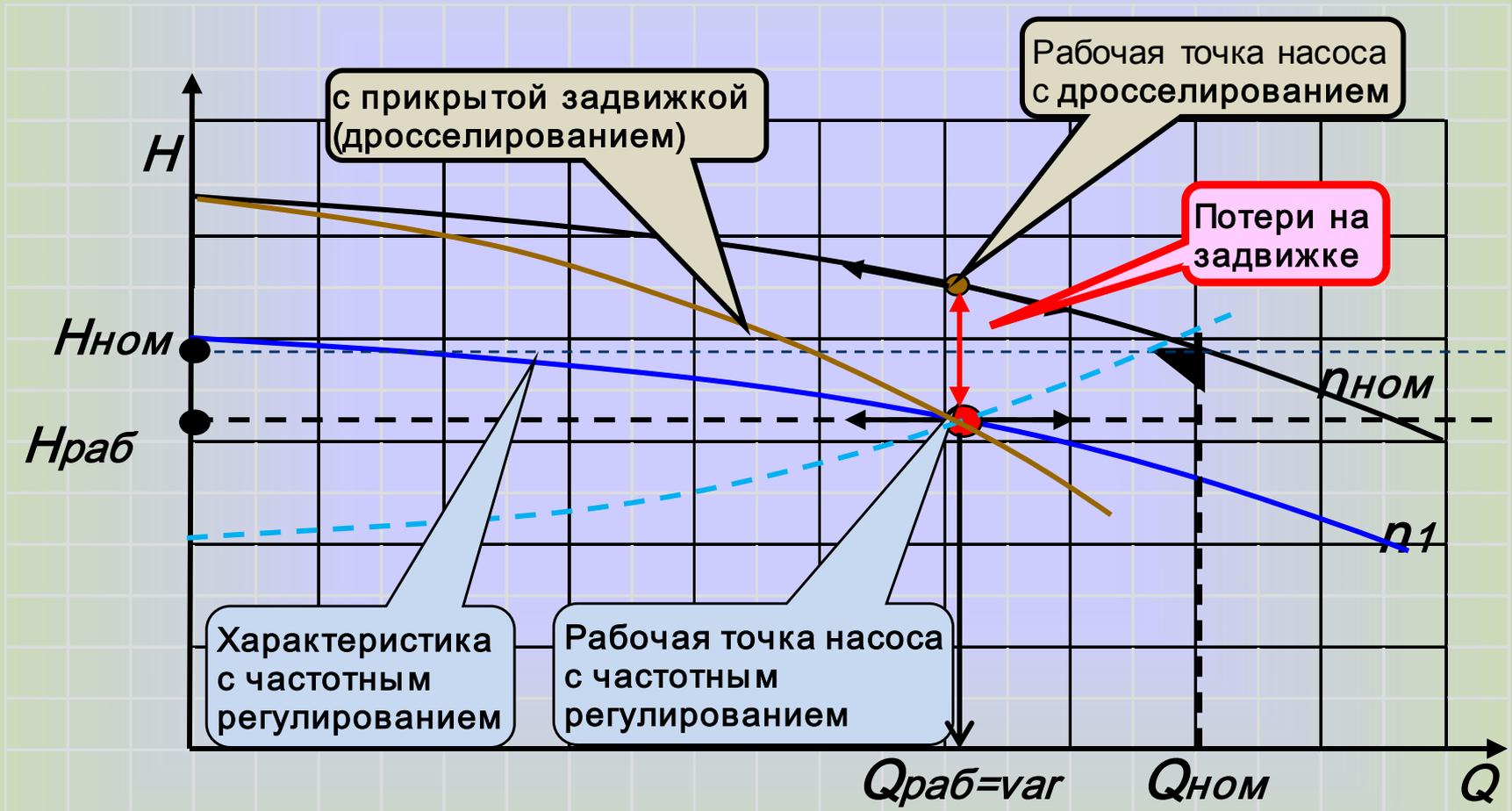
## Регулирование производительности насосного агрегата

Частотное регулирование.  
НЗ – полностью открыта;  
 $n_{на} - var$

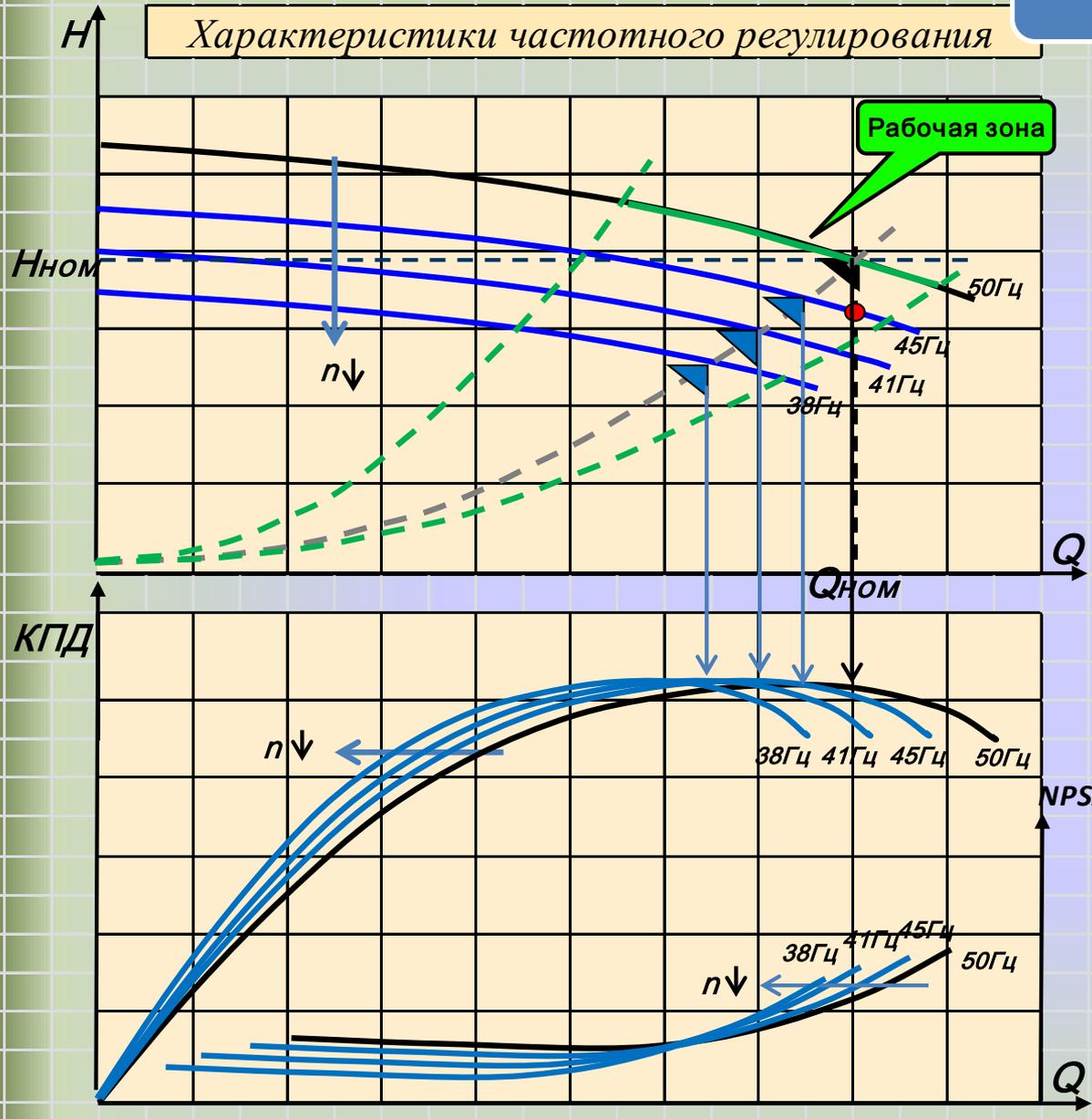
Дросселирование напорной задвижкой.  
положение НЗ – var;  
 $n_{на} - const$



К пояснению принципа регулирования производительности насоса



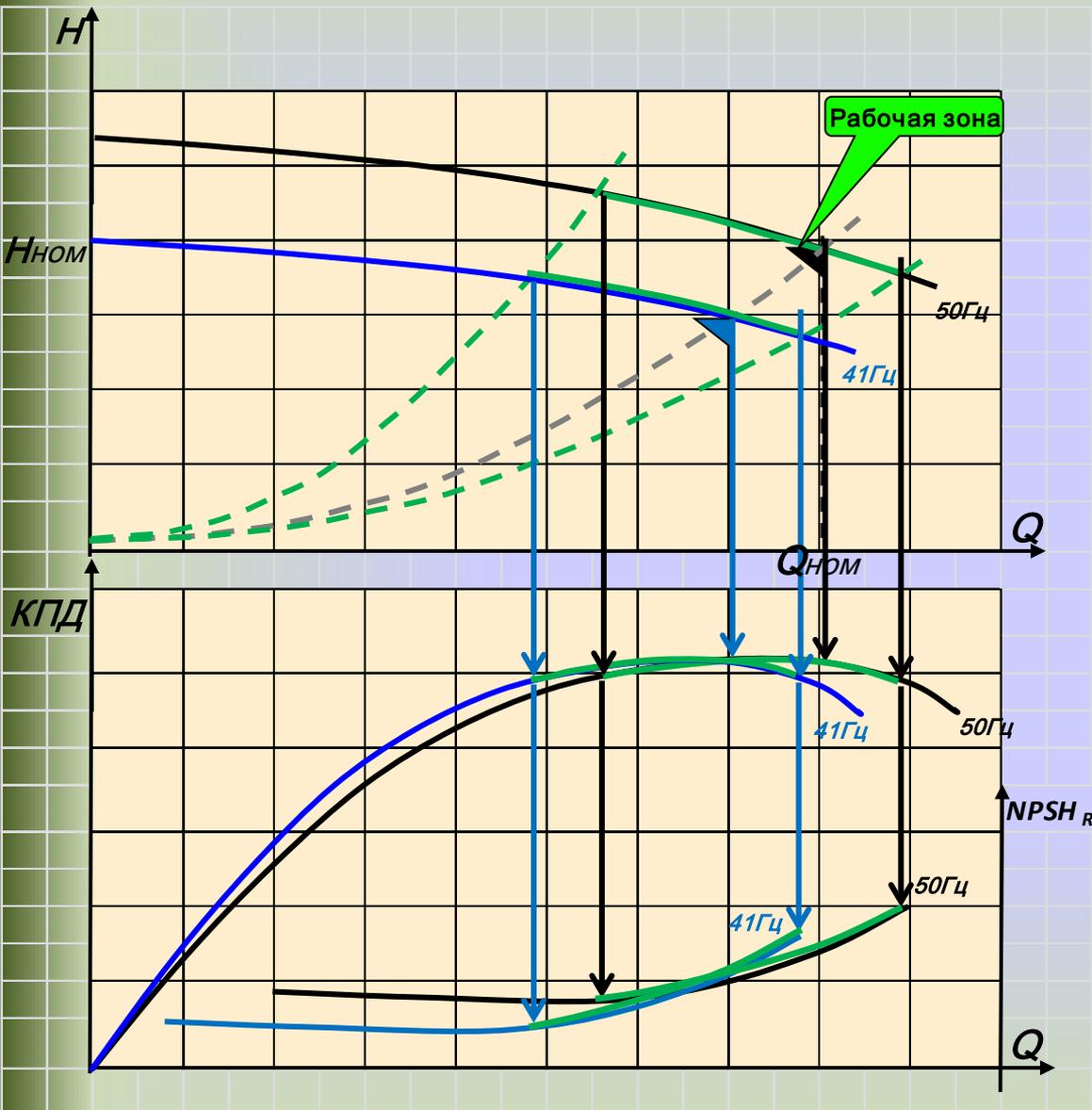
Характеристики частотного регулирования



$$H = H_{\phi} \frac{n^2}{n_{ном}^2} - S_{\phi} Q^2$$

$$\frac{NPSH_{Rном}}{NPSH_{Rvar}} = \left( \frac{n_{ном}}{n_{var}} \right)^2$$

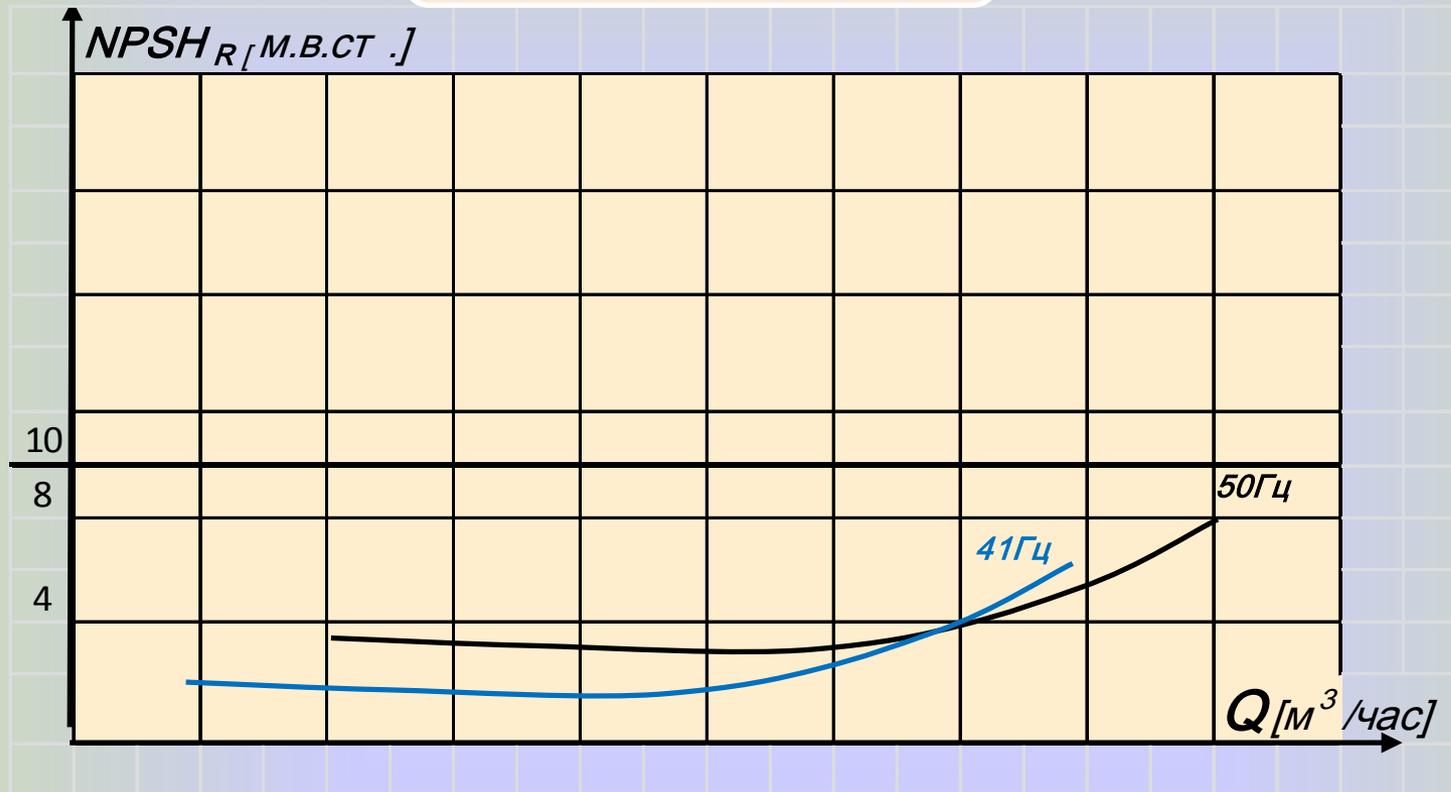
## Рабочая зона



В соответствии с уравнениями подобия все точки рабочей зоны смещаются по параболам подобия (**рабочая зона смещается влево и сжимается**).

Рабочая зона характеризуется:

- Несущественное изменение КПД относительно максимального значения;
- Нарушением режима работы насоса левее рабочей зоны – эффект обратного всасывания (дребезг корпуса, вибрация, повреждение рабочего колеса – похоже на кавитацию), вероятность помпажа;
- Нарушением режима работы насоса правее рабочей зоны (резкое снижение КПД, вероятность возникновения кавитации).

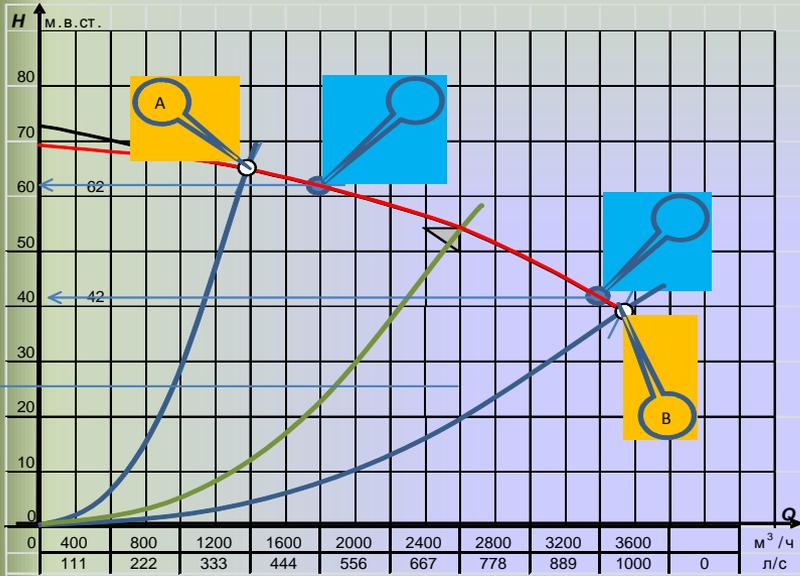
$NPSH_R$  насоса при ЧР

При снижении частоты вращения характеристика смещается вниз и влево.

$$\frac{NPSH_{Rном}}{NPSH_{Rvar}} = \left( \frac{n_{ном}}{n_{var}} \right)^2$$

**аппроксимация**

**Насос: VENUS-V1-400.650C**

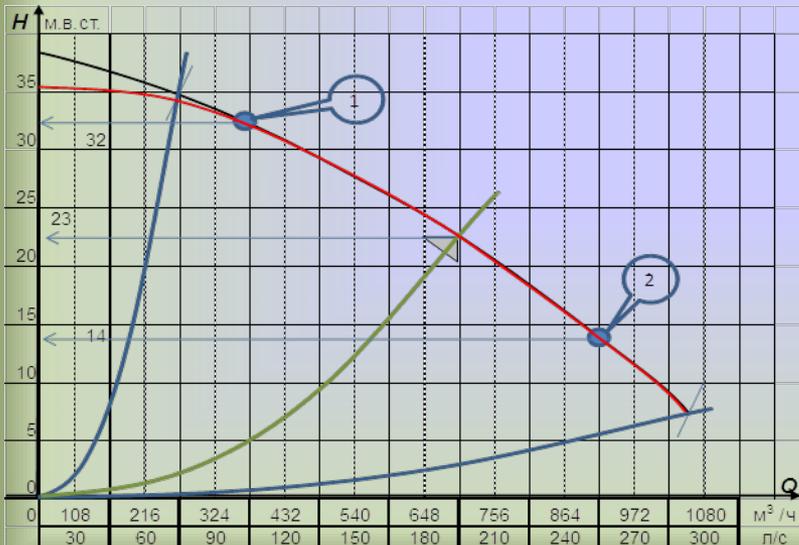


**Насос: 7100NC, модель 1620335V**

(КНС-5а г.Хабаровск)



**Насос: Грундфос (КНС5 г.Томск)**



**Черным – паспортная характеристика;**  
**красным – аппроксимация по полиному:**

$$H = H_{\Phi} \frac{n^2}{n_{\text{НОМ}}^2} - S_{\Phi} Q^2$$

**Речь идет о, казалось бы, простом вопросе:  
- как изменяются характеристики насоса при частотном  
регулировании ?**

**Конечно же, ответ дают всем известные уравнения подобия**

*Однако, вольность использования их в практике поражает. Кроме того, у некоторых уважаемых авторов есть высказывание о неприменимости уравнений подобия для систем с противодавлением, коими являются практически все реальные объекты.*

Уравнения подобия имеют простой и потому очень привлекательный для использования вид:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

$$H_2 = H_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

$$N_2 = N_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

$$\eta_2 = \eta_1$$

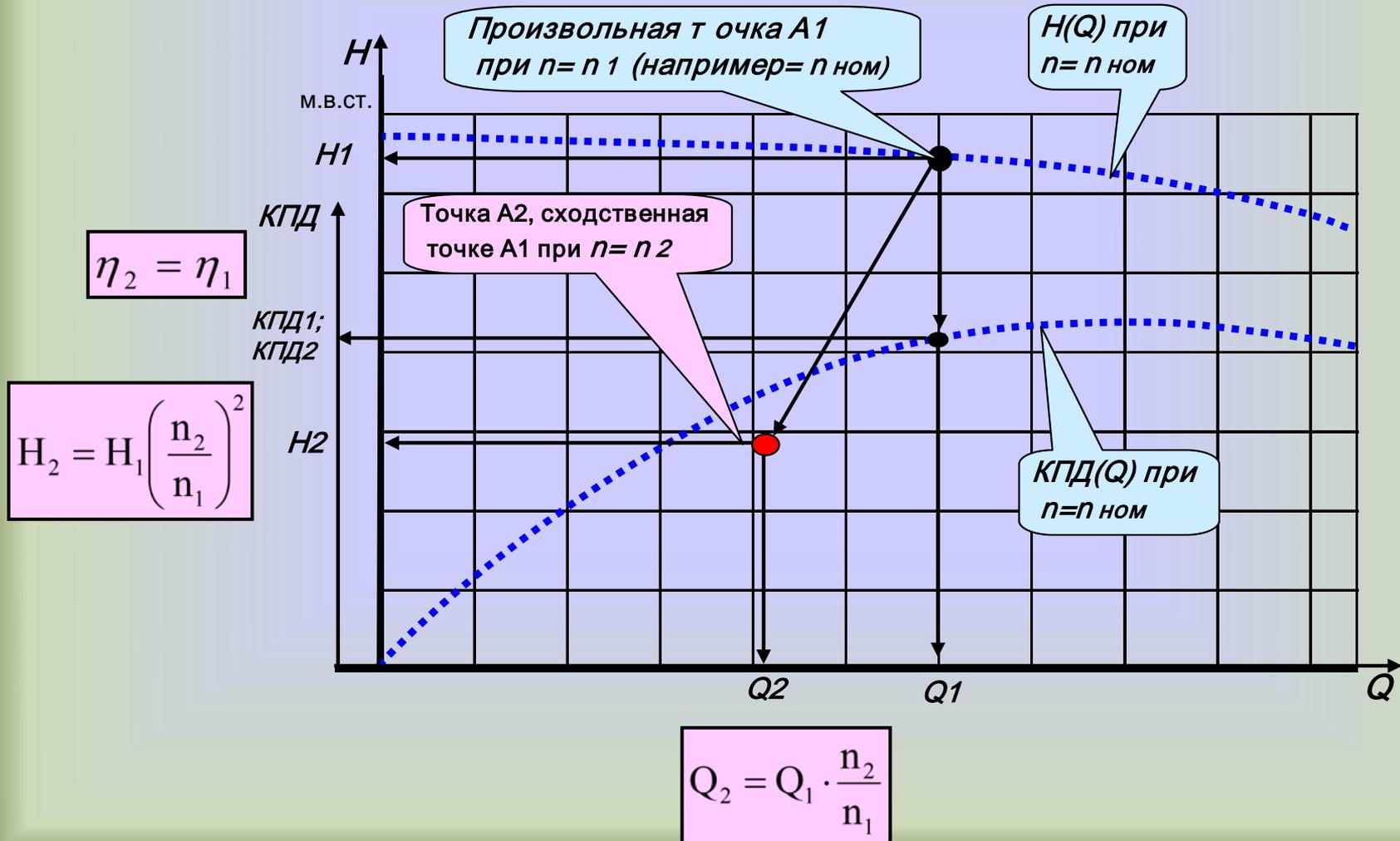
рабочая точка насоса «1»  
с параметрами (  $H_1, Q_1, \eta_1$  )  
при  $n = n_1$

$n_1 \rightarrow n_2$

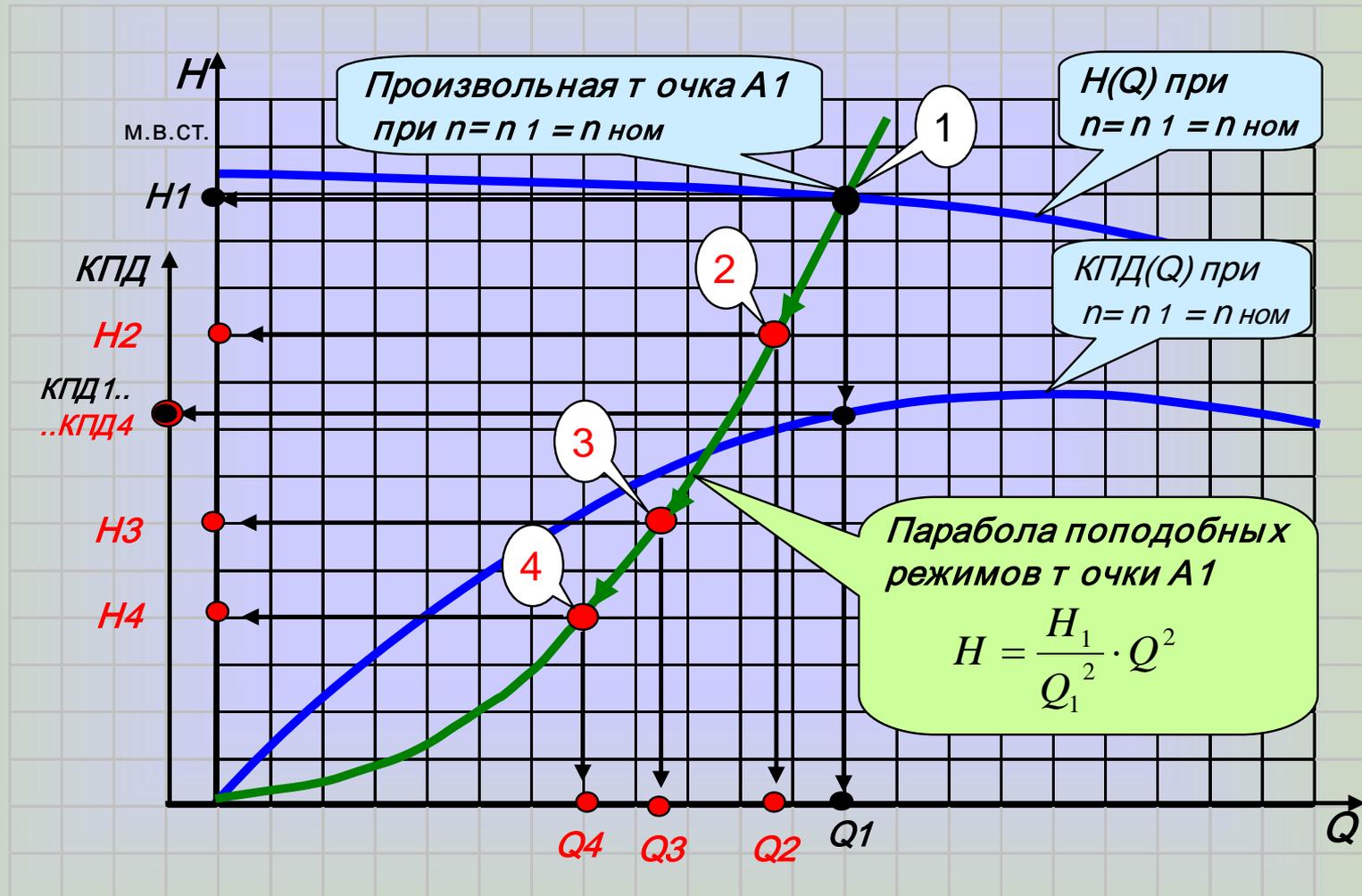
рабочая точка насоса «2»  
с параметрами (  $H_2, Q_2, \eta_2$  )  
при  $n = n_2$

**Данные соотношения определяют изменение параметров рабочей точки при изменении частоты вращения рабочего колеса насоса со значения  $n_1$  на значение  $n_2$  (и не более того)**

Изменение параметров рабочей точки A1 (  $H_1, Q_1$  )  
при изменении частоты вращения с  $n = n_1$  на  $n = n_2$  (точка A2 (  $H_2, Q_2$  ) )



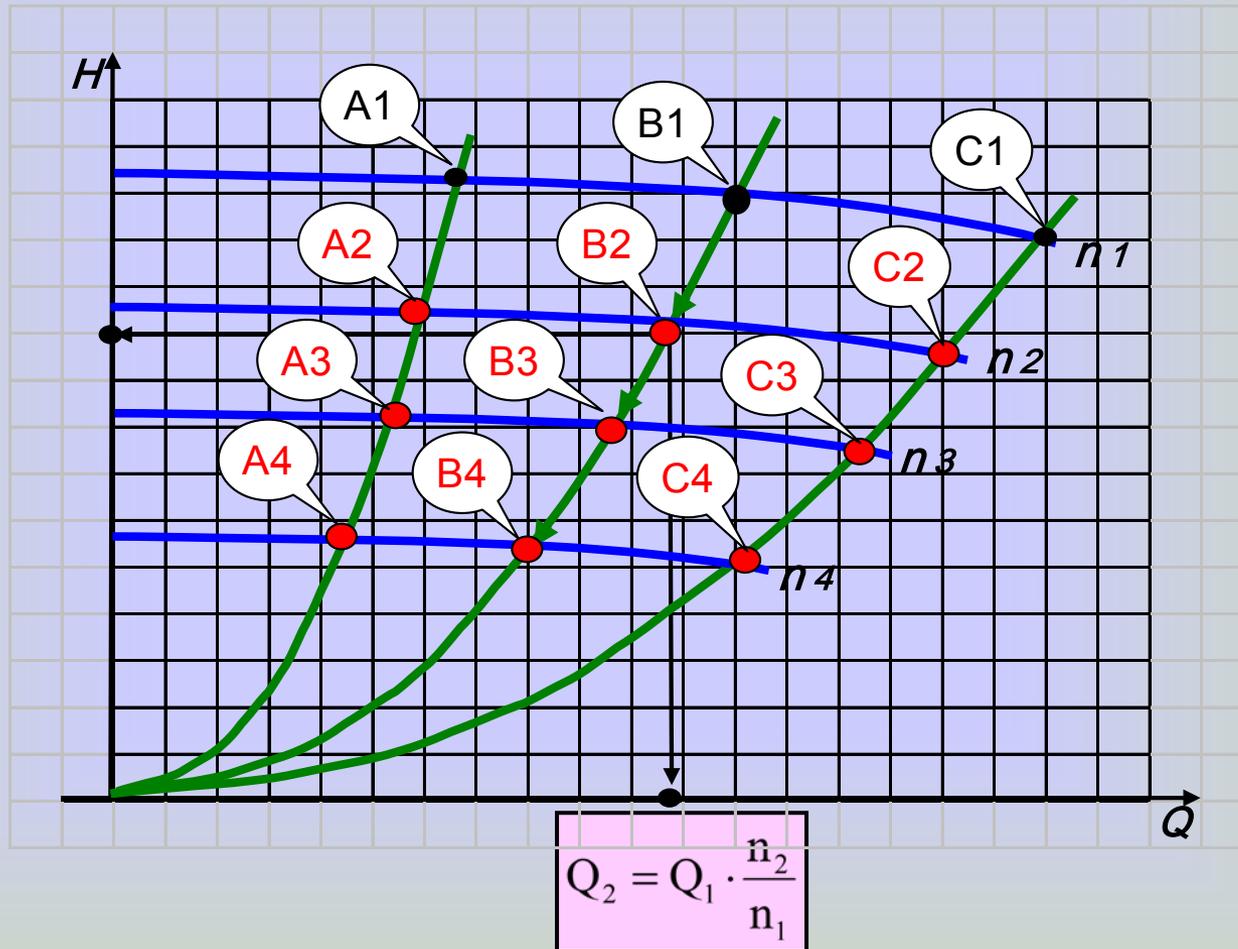
## Парабола подобных режимов (линия постоянного КПД)



1 2 3 4 сходственные точки по частоте

Пересчет напорных характеристик при изменении частоты вращения по уравнениям подобных режимов.

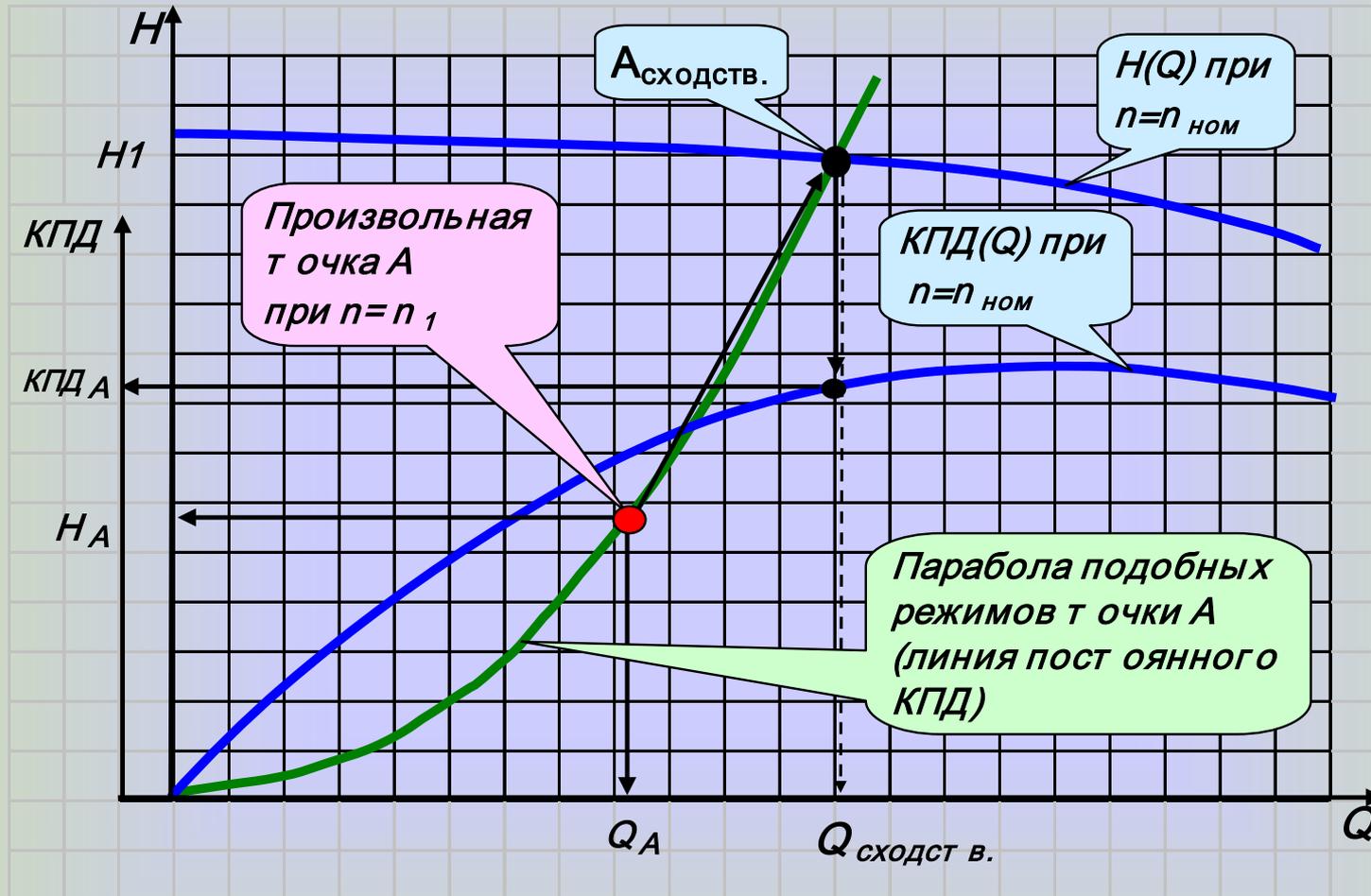
$$H_2 = H_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2$$



$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

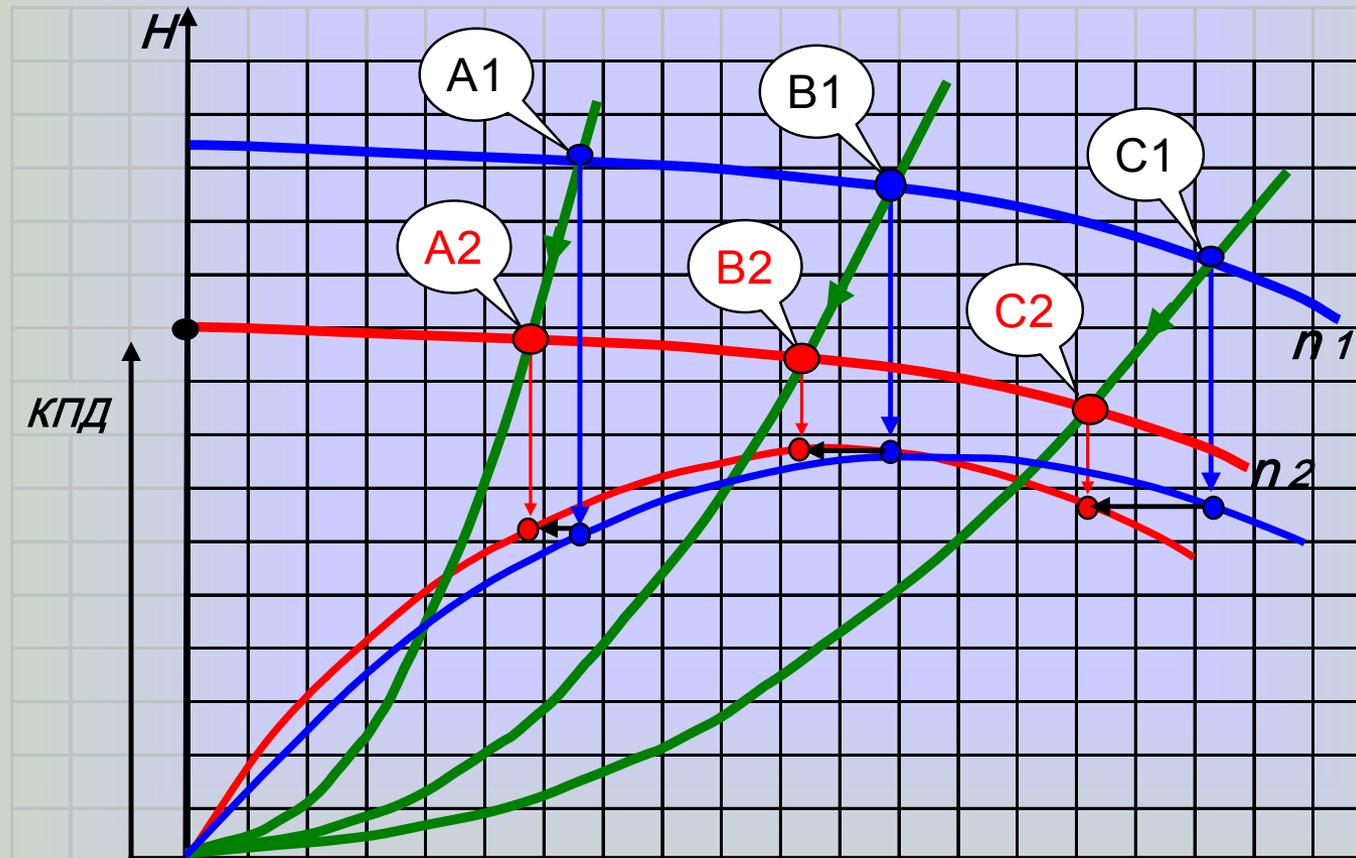
**Напорная характеристика насоса при снижении частоты вращения смещается вниз параллельно естественной характеристике.**

## Определение КПД произвольной точки А при $n = n_1$

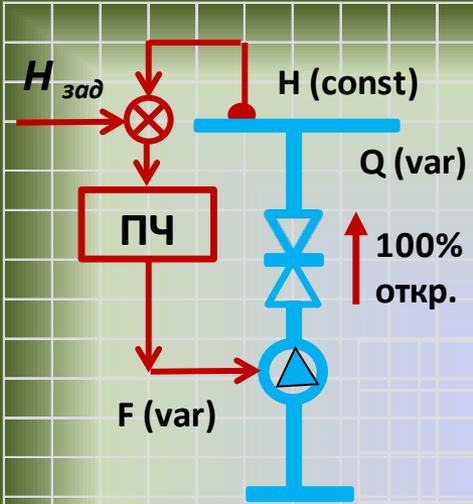


**Парабола подобия – является линией постоянного КПД.**

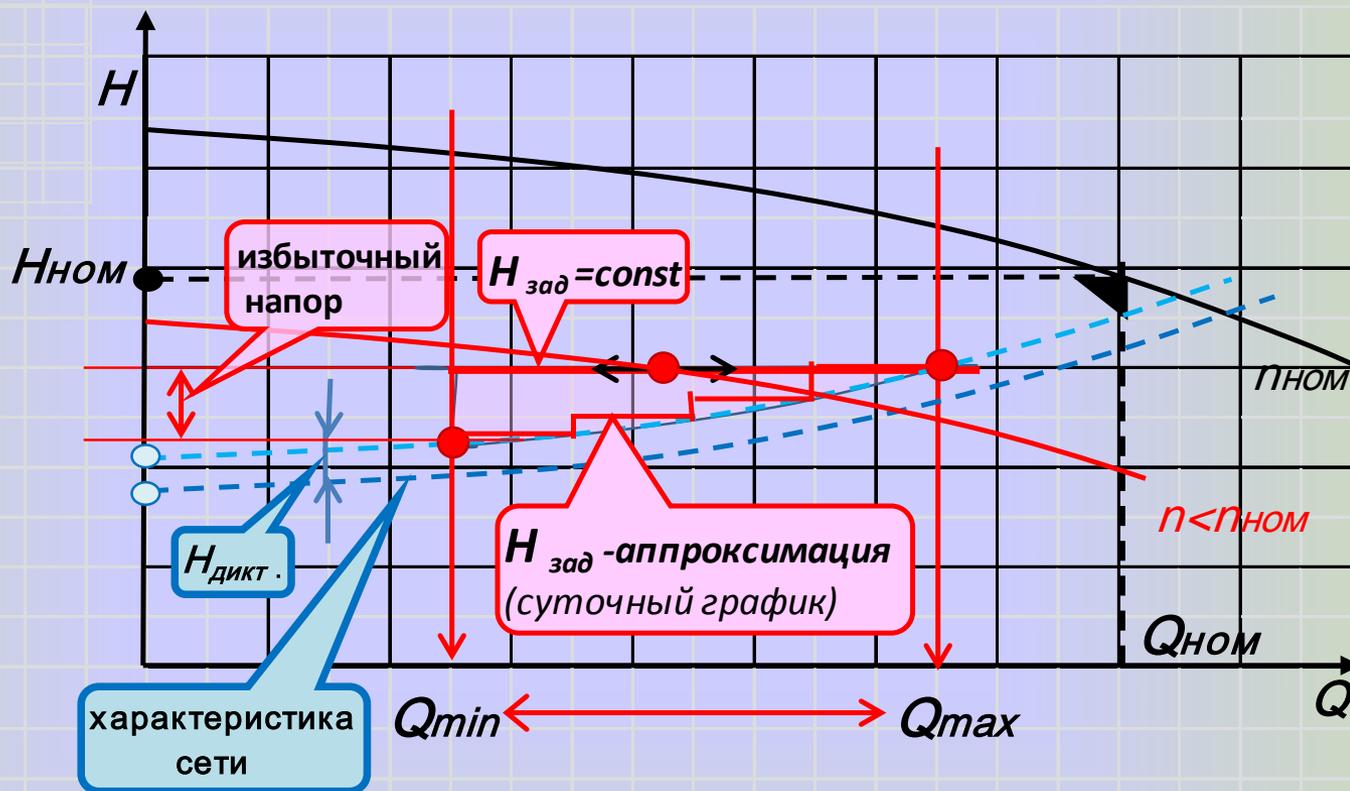
Построение зависимости КПД при изменении частоты вращения с использованием уравнений подобных режимов.



**КПД при снижении частоты вращения смещается влево.**

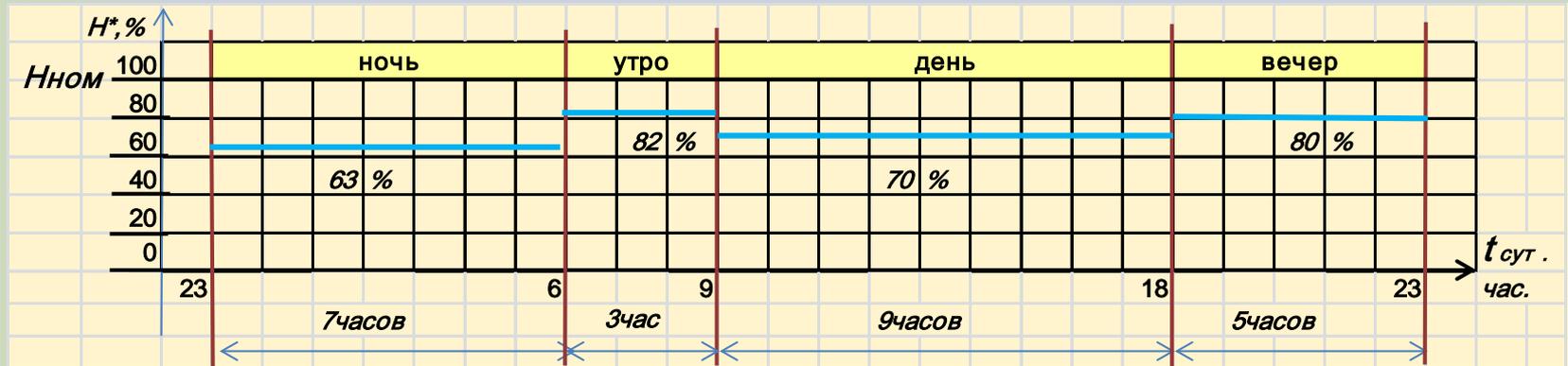


**Рабочая точка замкнутой системы по давлению ВНС**  
(напорная задвижка открыта)



**При работе системы с постоянным заданием давления в напорном коллекторе, имеется избыточный напор.**

Пример №1. Суточный режим давления (квартальная подкачка)



Пример №2. Среднесуточный режим давления НС-2 НФС-3 (18НДС (Д2500-62)).



**КПД насоса Д2500-62 (18НДс)  
в замкнутой системе по давлению с ЧР**

