



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.

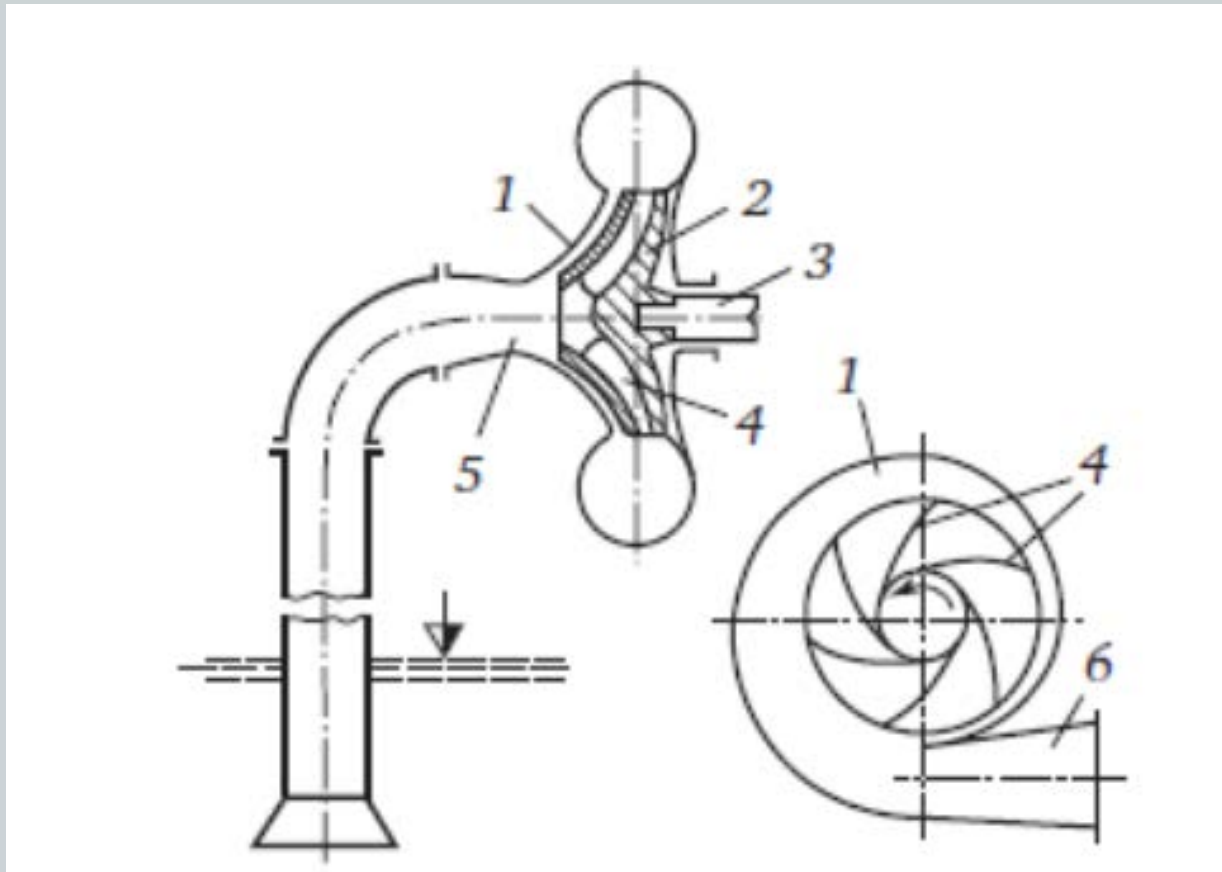
Часть 2. Частотное управление насосом.

Часть 3. Эффективность частотного управления.

Часть 4. Проблема перегрузки насосных агрегатов при частотном управлении.

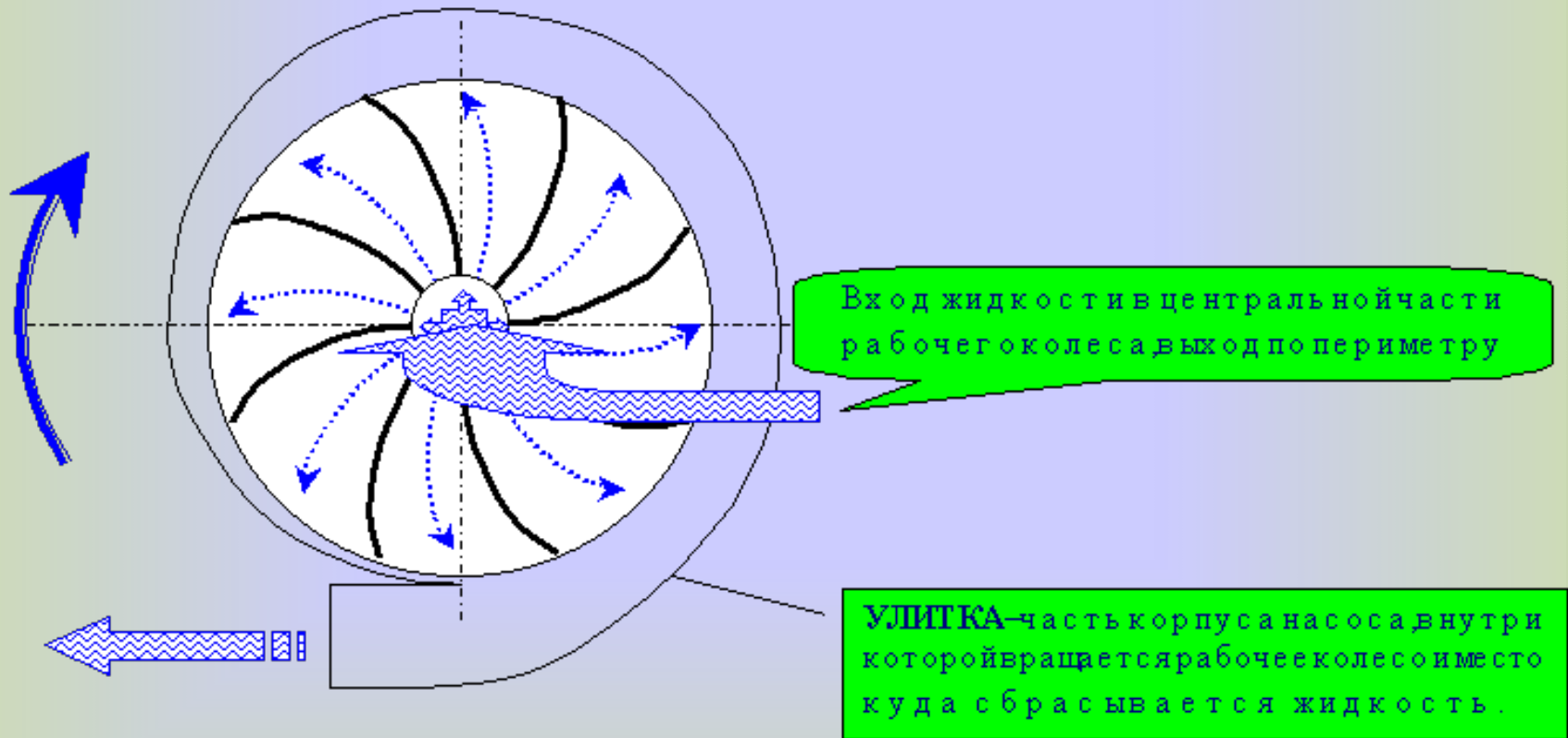
Часть 5. Проблема рабочей зоны насоса при частотном управлении.

Центробежный насос

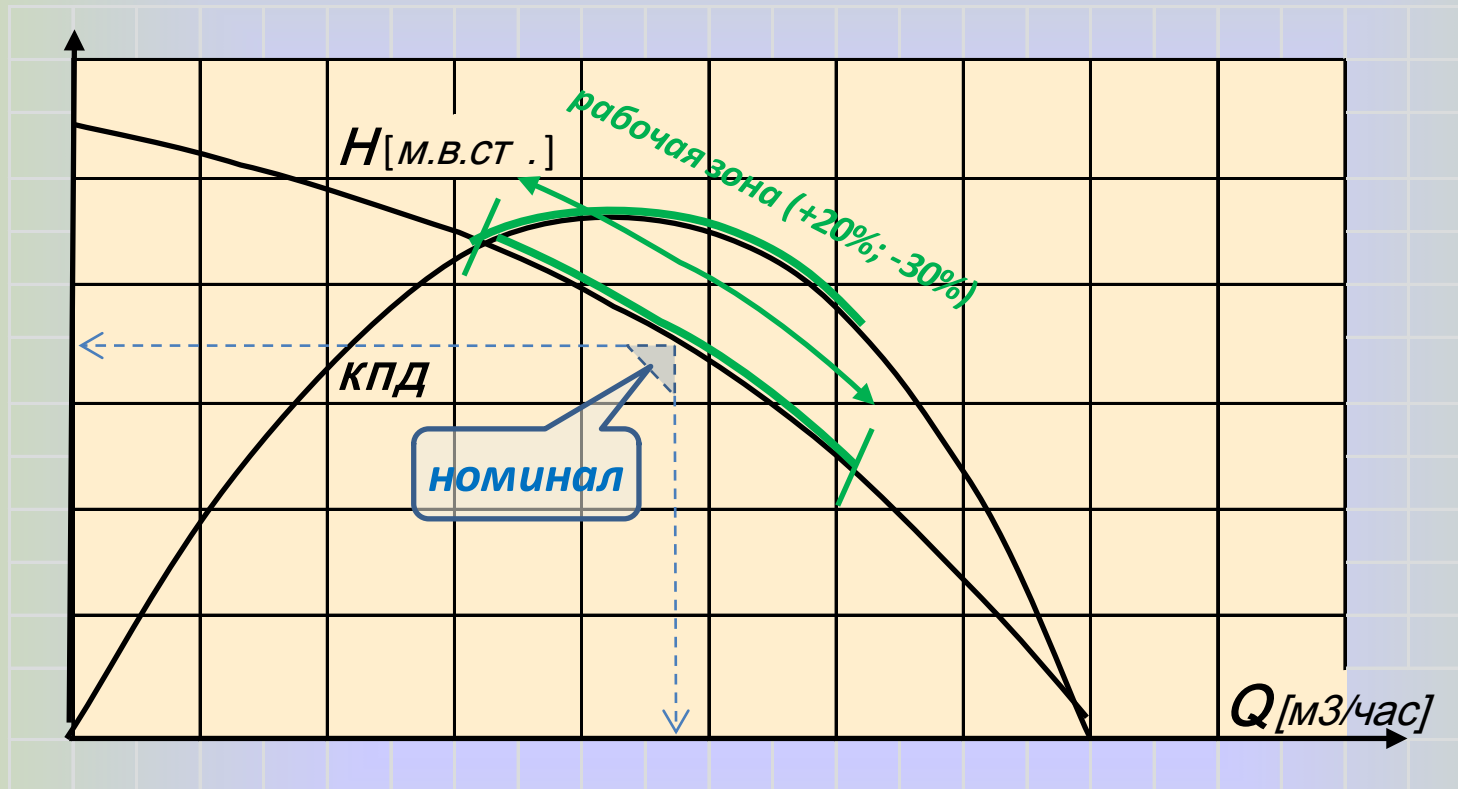


1 – корпус; 2 – вал; 3 – рабочее колесо (задние и передние диски, между ними – лопасти); 4 – лопасти; 5 – всасывающий трубопровод; 6 – напорный трубопровод.

Центробежный насос, принцип действия



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА



$$N_{\text{гидр}} = \frac{H \times Q}{367}$$

$$N_{\text{нас}} = \frac{H \times Q}{367 \times \zeta_{\text{нас}}}$$

H — м. в. ст.; Q — м³/час; N — кВт;

КАВИТАЦИЯ (НАСОС «ПОД ЗАЛИВОМ»)

диаграмма баланса давлений на всасе

$$H_{\text{залива}} + H_{\text{внешнее}} + H_{\text{атм}} = NPSH_R + H_{\text{труб}} + H_{\text{пар}} + H_{\text{прочн}} + H_{\text{макс}}$$

$H_{\text{атм}}$ - атмосферное давление (теоретически максимальная высота всасывания)

$H_{\text{прочн}}$ - запас прочности

$H_{\text{пар}}$ - давление насыщенного пара

$H_{\text{труб}}$ - потери давления на всасывающей трубе

$NPSH_R$ - потери давления в насосе

$H_{\text{макс}} > 0$
(кавитационный запас насоса)

$H_{\text{внешнее}}$

$H_{\text{залива}}$ - давление столба жидкости над всасом насоса

насос

1. Насос, как объект управления.

- Кавитация (насос «под заливом») -

$NPSH_R$ - это потери давления в насосе (абсолютное);

$NPSH_A = H_{\text{залива}} + H_{\text{внешнее}} + H_{\text{атм}} - H_{\text{пар}} - H_{\text{труб}}$ - это существующее давление (абсолютное) системы на всасе.

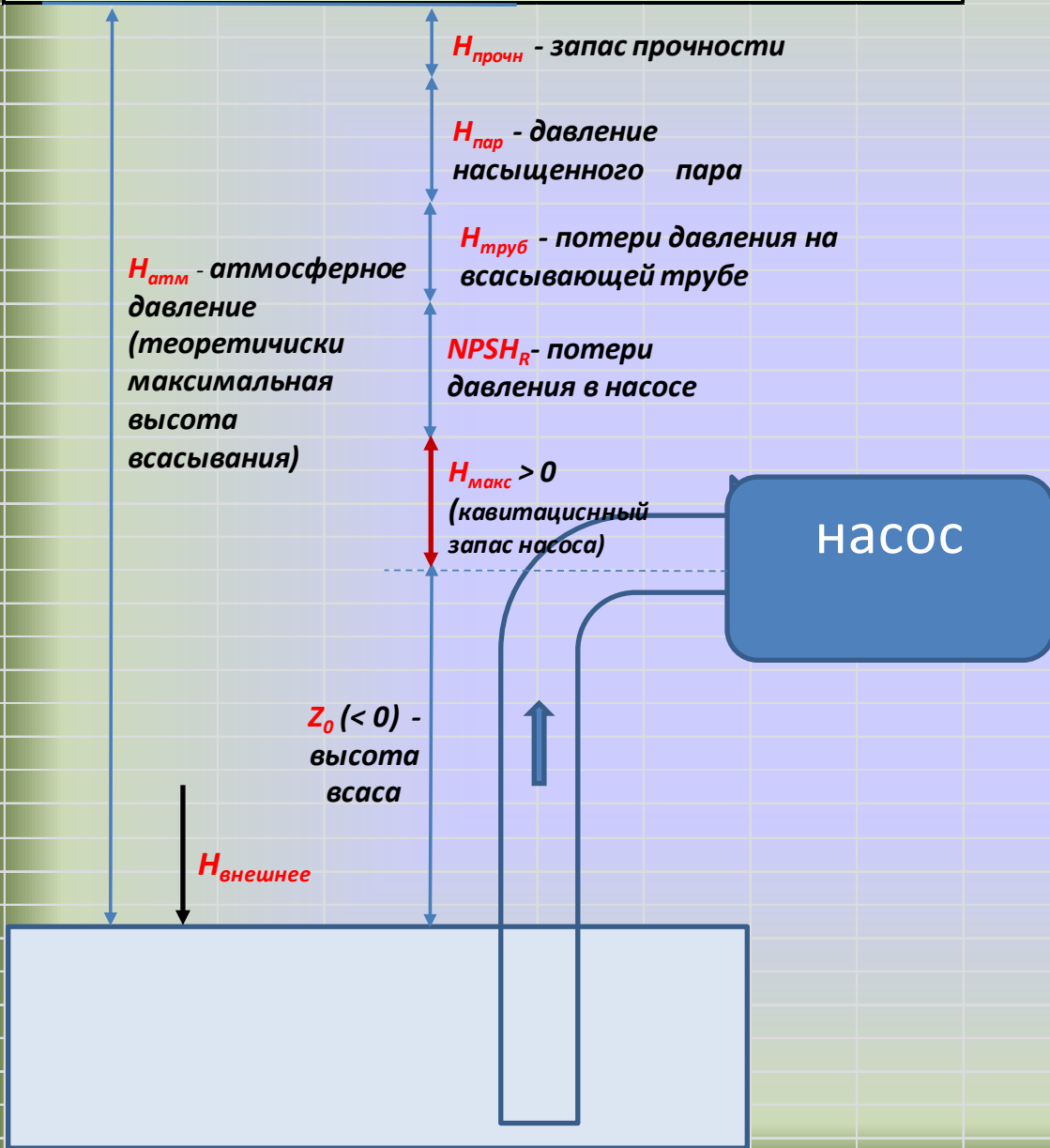
Всегда должно обеспечиваться условие:

$NPSH_A > NPSH_R$ (на величину $H_{\text{макс}} + H_{\text{прочн}}$).

КАВИТАЦИЯ (НАСОС «САМОВСАСЫВАЮЩИЙ»)

диаграмма баланса давлений на всасе

$$H_{\text{внешнее}} + H_{\text{атм}} = Z_0 + NPSH_R + H_{\text{труб}} + H_{\text{пар}} + H_{\text{прочн}} + H_{\text{макс}}$$



1. Насос, как объект управления.

- Кавитация (насос «самовсасывающий»)

$NPSH_R$ - это потери давления в насосе (абсолютное);

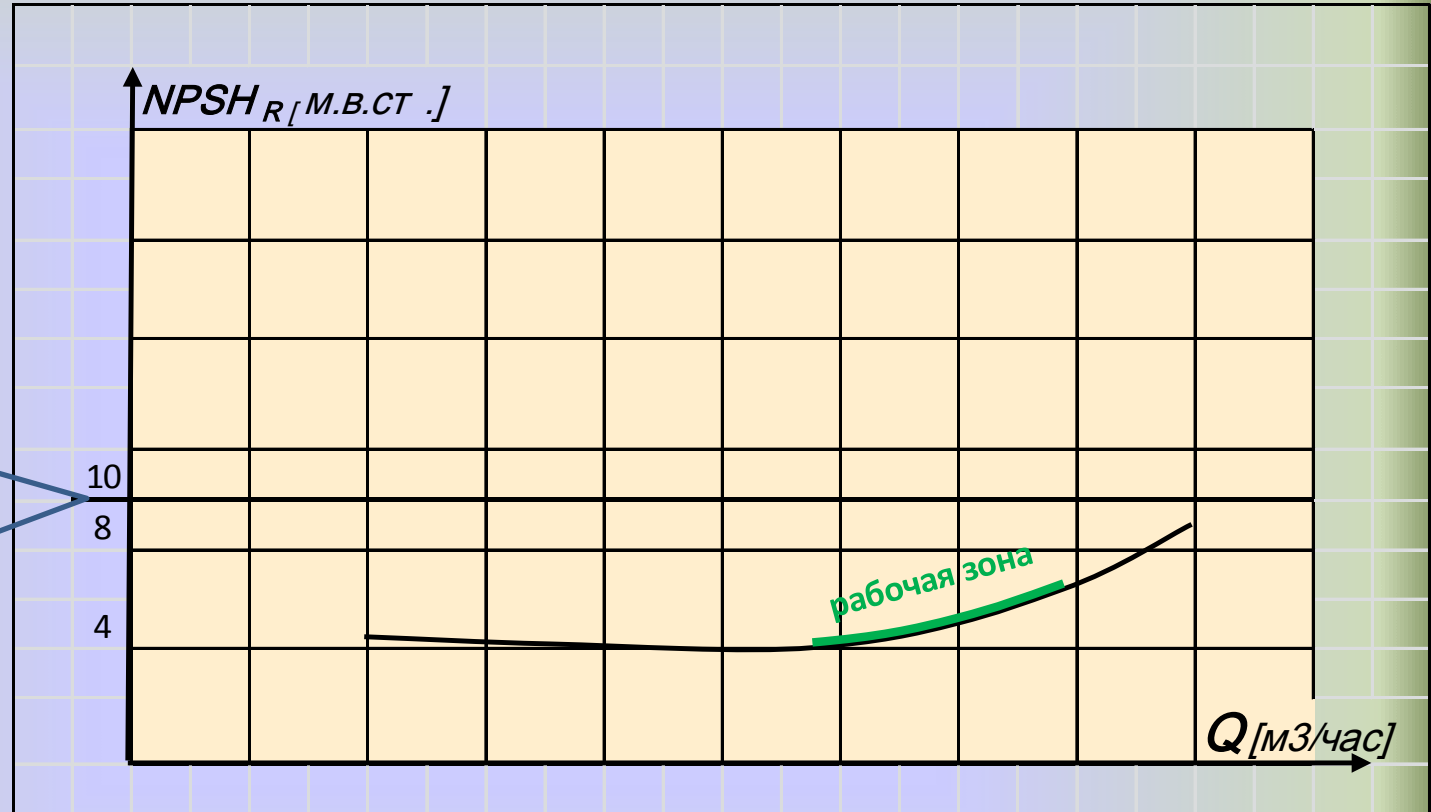
$NPSH_A = H_{\text{внешнее}} + H_{\text{атм}} - H_{\text{пар}} - H_{\text{труб}} - Z_0$ - это существующее давление (абсолютное) системы на всасе.

Всегда должно обеспечиваться условие:

$NPSH_A > NPSH_R$ (на величину $H_{\text{макс}} + H_{\text{прочн}}$).

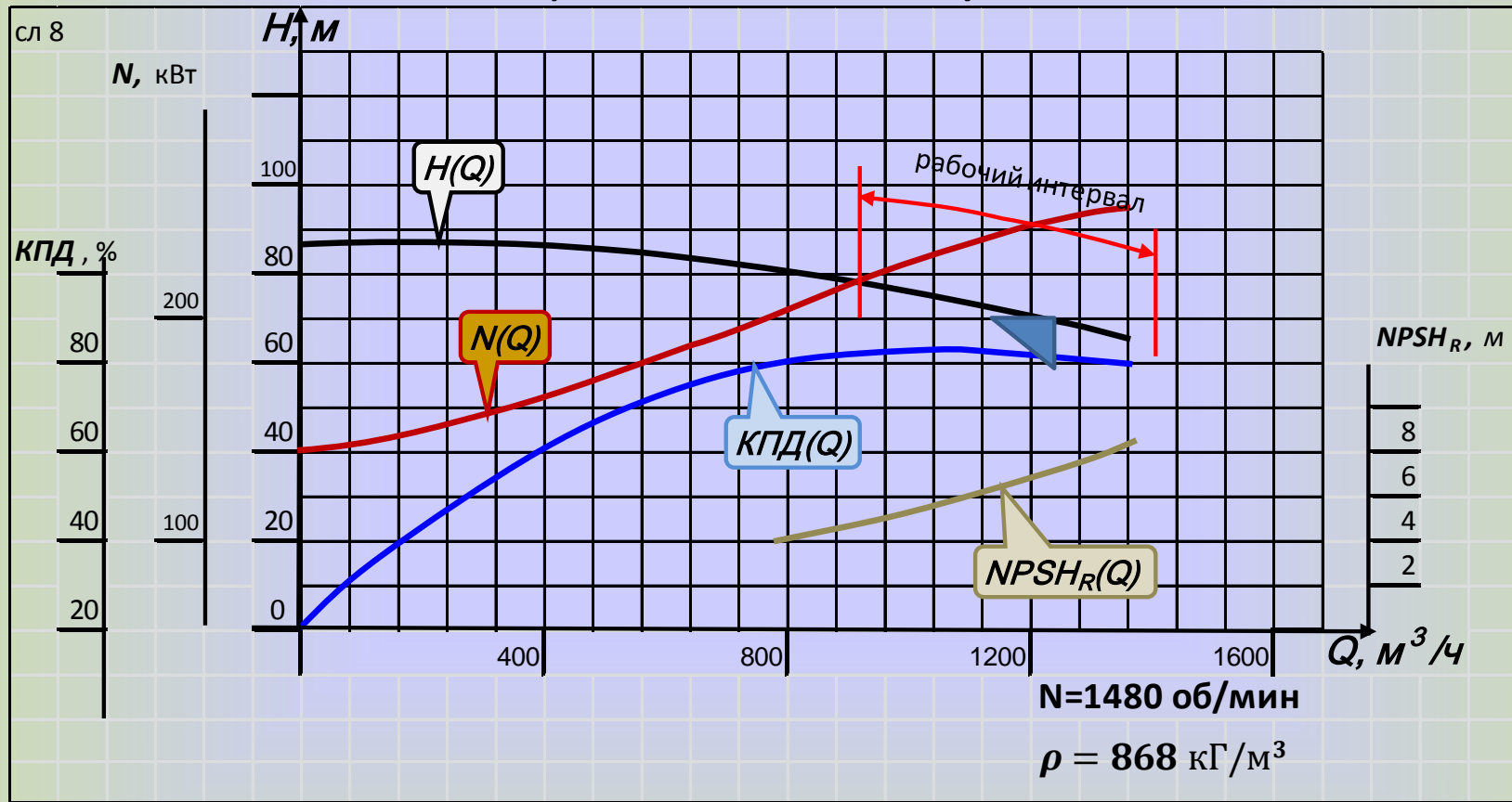
Зависимость $NPSH_R$ от Q

$H_{атм}$ -
атмосферное
давление
(теоретически
максимальная
высота
всасывания)



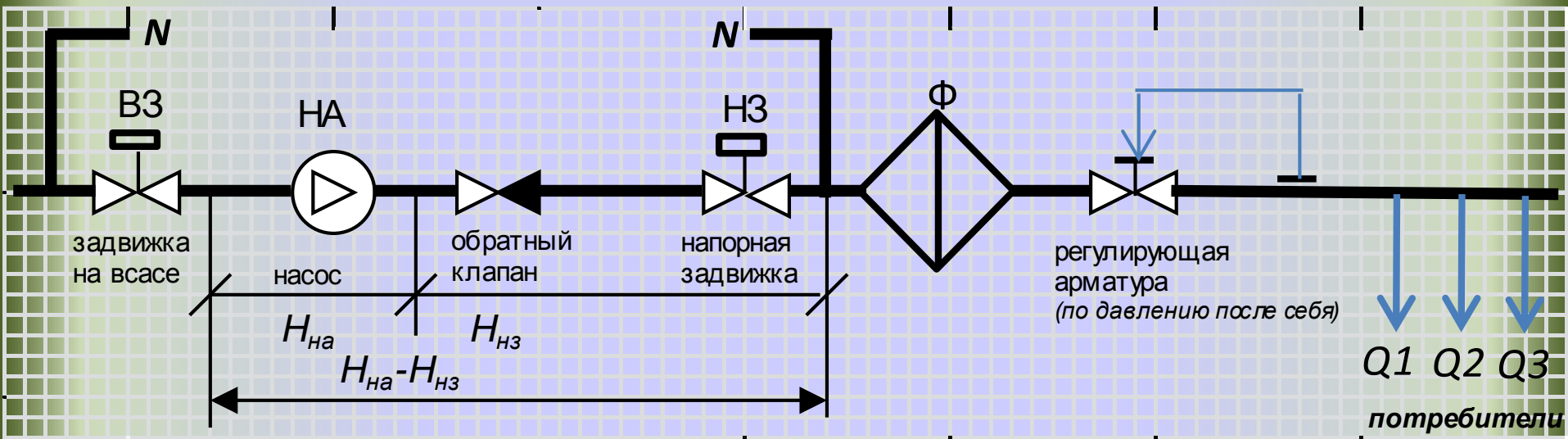
$NPSH_R$ - **требуемый** напор на всасывающем патрубке - это потери давления в насосе (абсолютное давление) (предоставляет изготовитель насоса).

ПАСПОРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА (НАСОС СЗ 1250-70-11)



$$N_{\text{нас}} = \frac{H \times Q}{367 \times \zeta_{\text{нас}}}$$

Пример технологической схемы с насосом

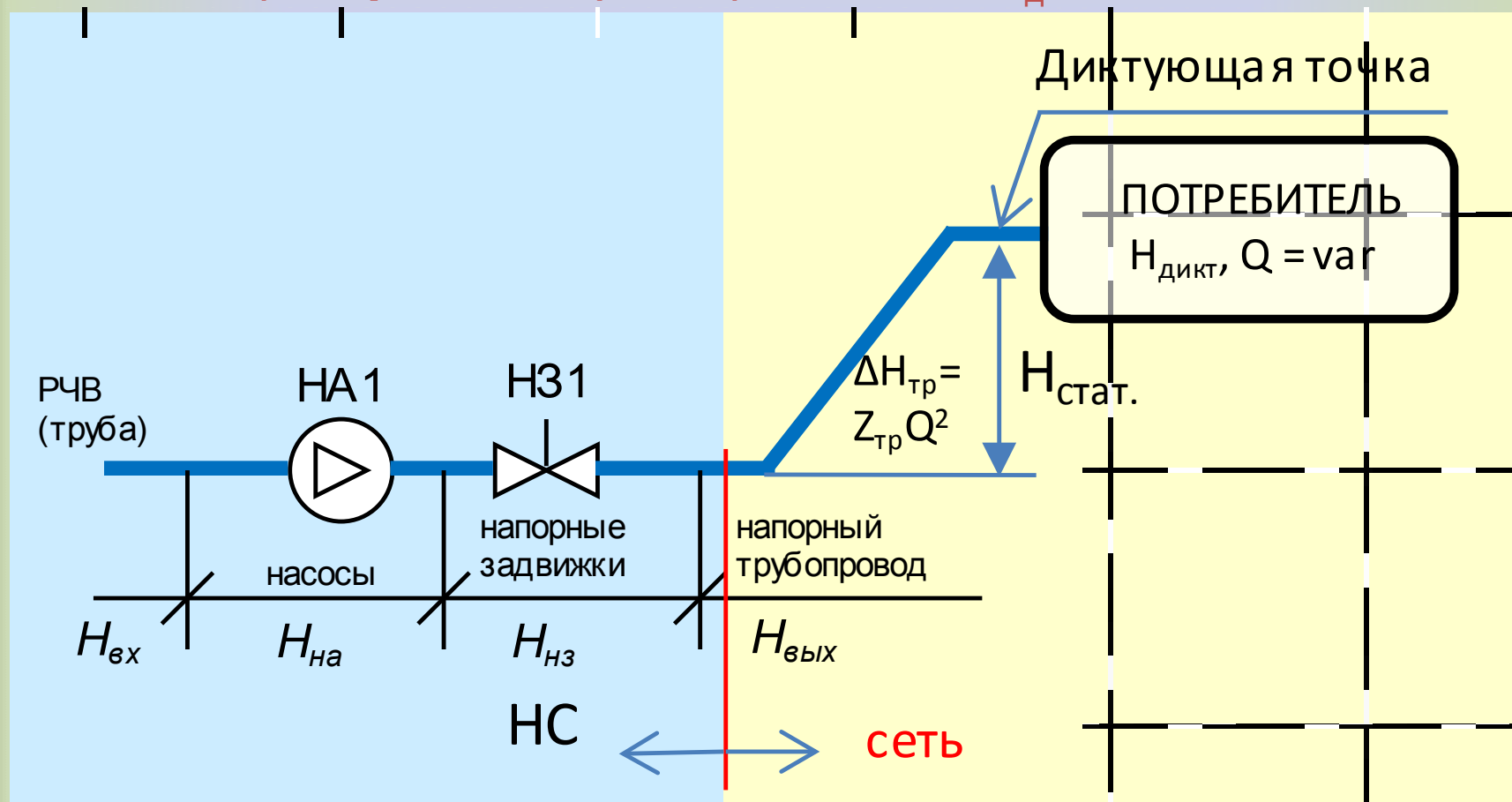


Насосная станция водоснабжения по давлению.

1. Насос, как объект управления.

- ВНС -

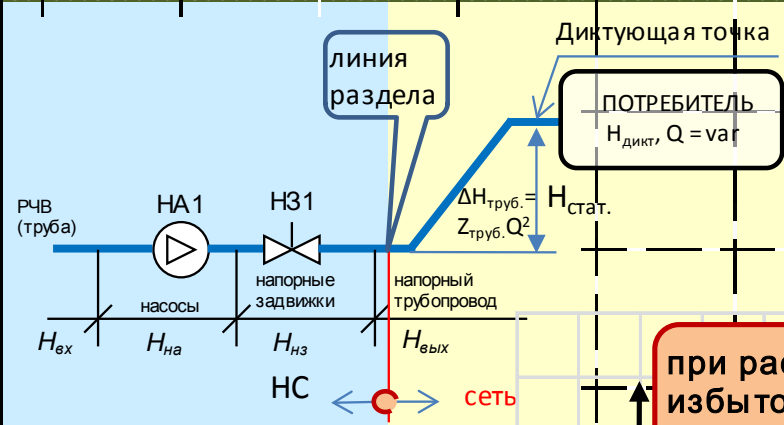
Основной задачей управления является обеспечение требуемого давления у потребителя (в диктующей точке H_D).



Технологической особенностью данных НС является то, что расход (т.е. требуемая производительность) **определяется потребителем**.

1. Насос, как объект управления.

- ВНС -



Рабочая точка ВНС

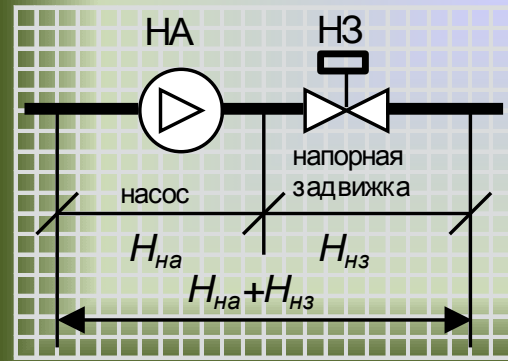
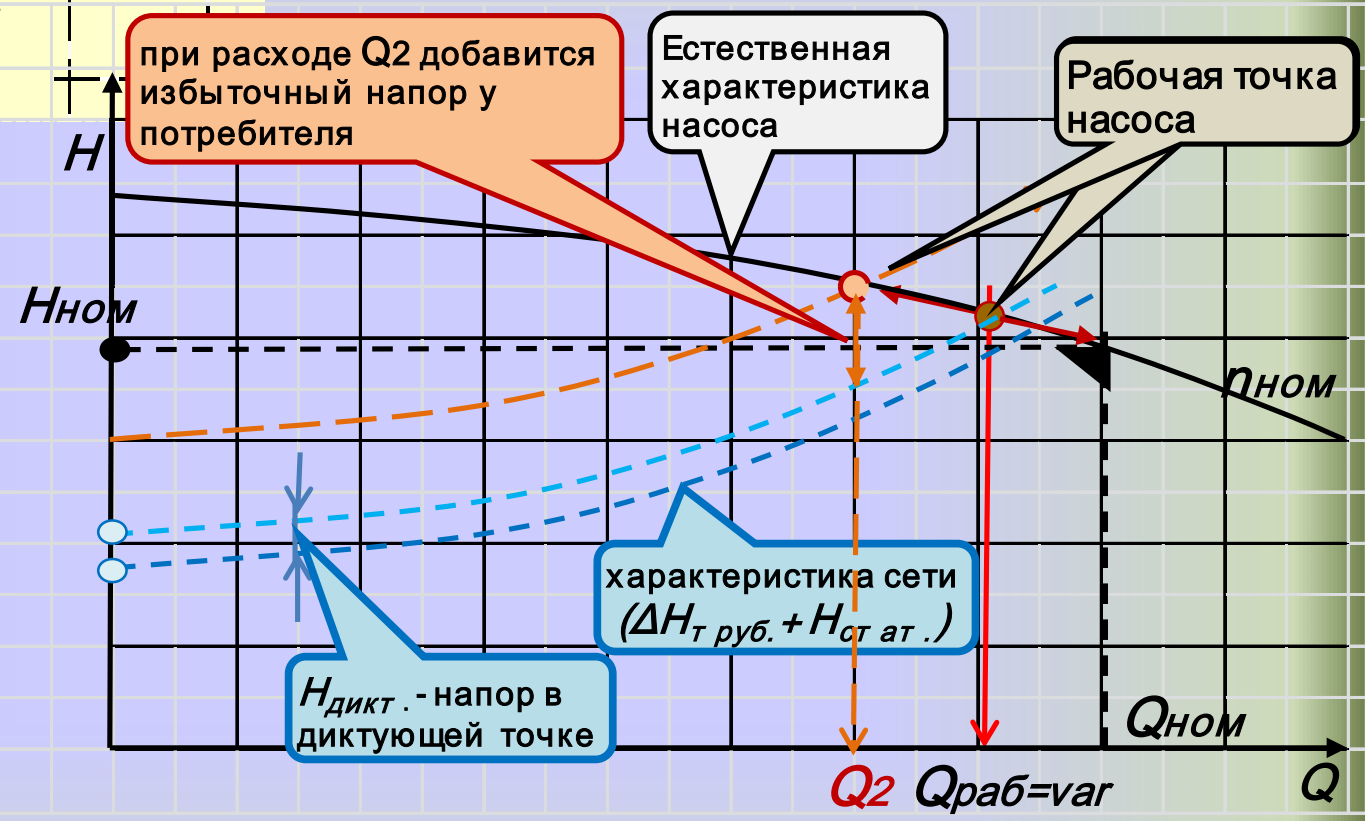
(напорная задвижка открыта $H_{НЗ}=0$ и $H_{вх}=0$)

баланс напоров в точке раздела:

$$H_{вх} + H_{нас} - H_{нз} = \Delta H_{труб.} + H_{стат.} + H_{дикт.}$$

откуда

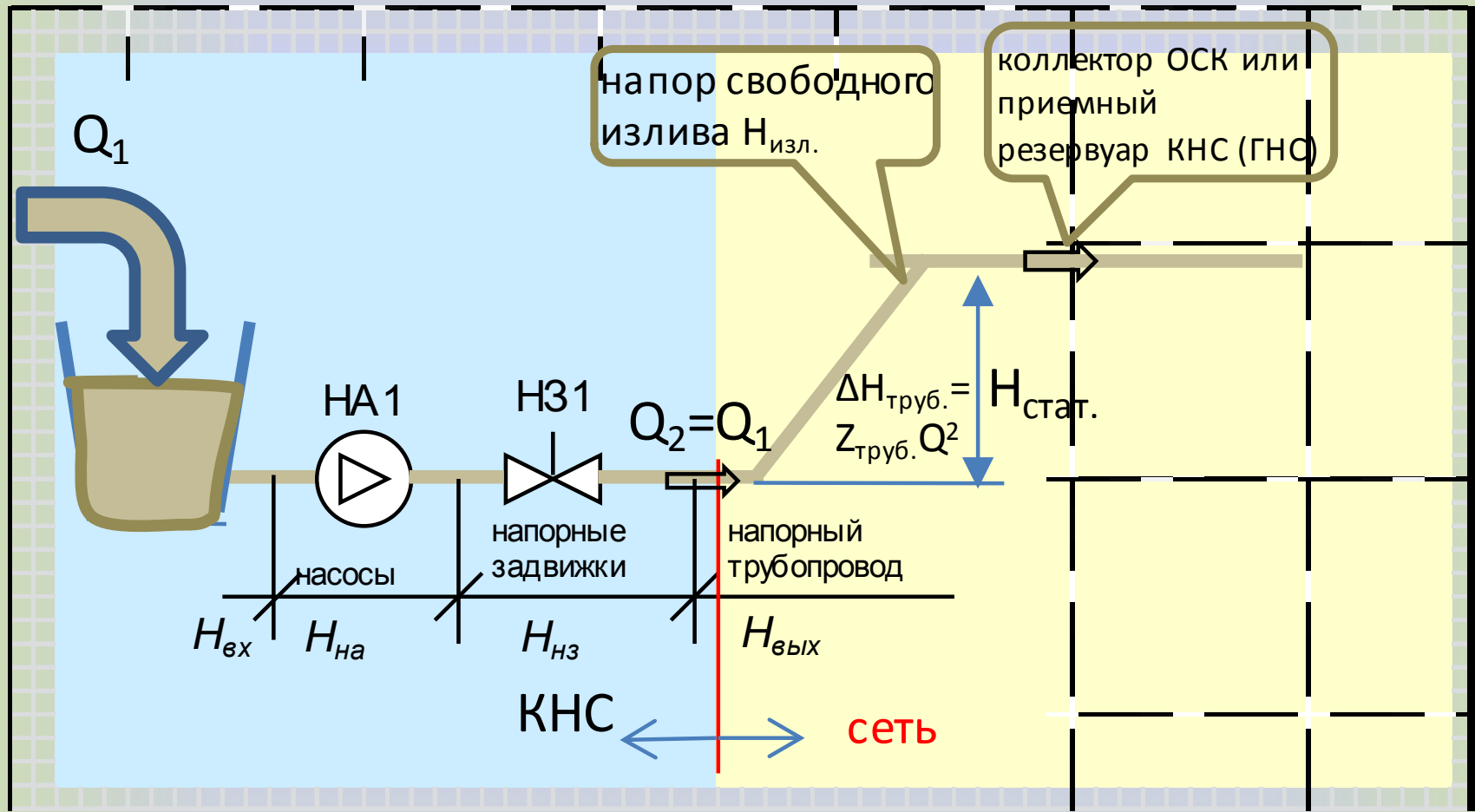
$$H_{нас} = \Delta H_{труб.} + H_{стат.} + H_{дикт.} - H_{вх} + H_{нз}$$



При изменении расхода и постоянстве напора в диктующей точке рабочая точка насоса должна перемещаться по характеристике

$$(H_{труб.} + H_{стат.} + H_{дикт.})$$

Основной задачей управления является обеспечение производительности насосной Q_2 равной притоку стоков Q_1

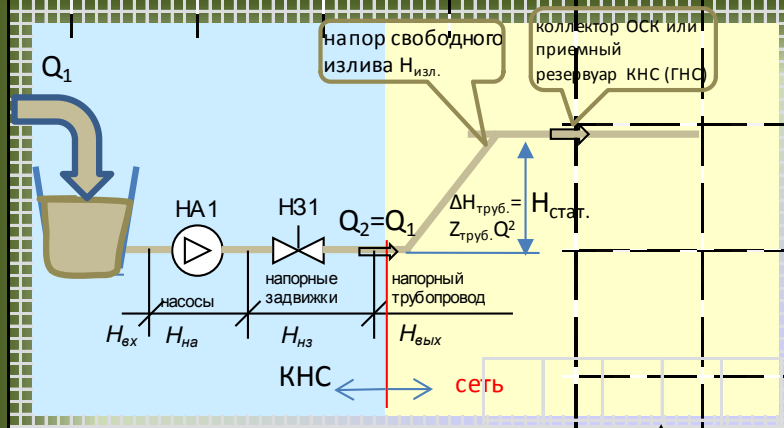


Особенности объекта:

- Регулирование производительности осуществляется путем перемещением рабочей точки по характеристике сети.

1. Насос, как объект управления - КНС -

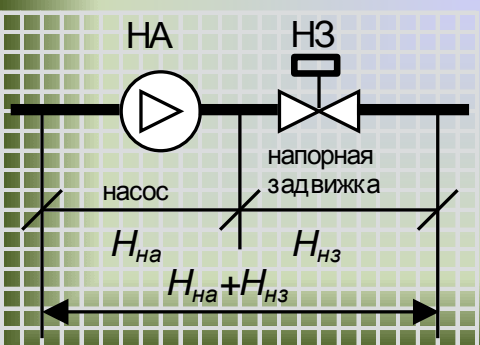
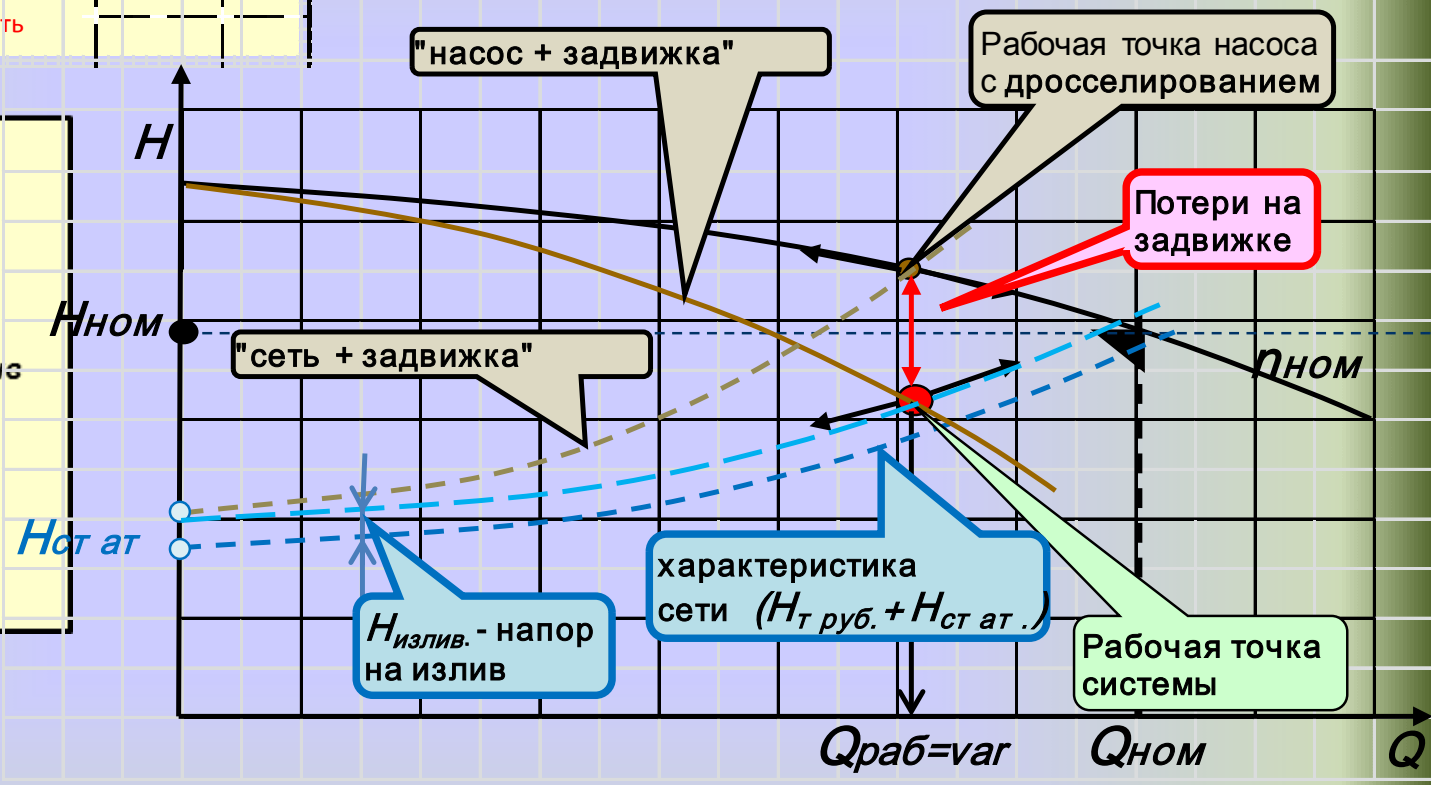
Рабочая точка КНС (дресселирование)



баланс напоров в точке раздела:

$$H_{вх.} + H_{нас} - H_{нз} = H_{труб.} + H_{стат.} + H_{излив}$$

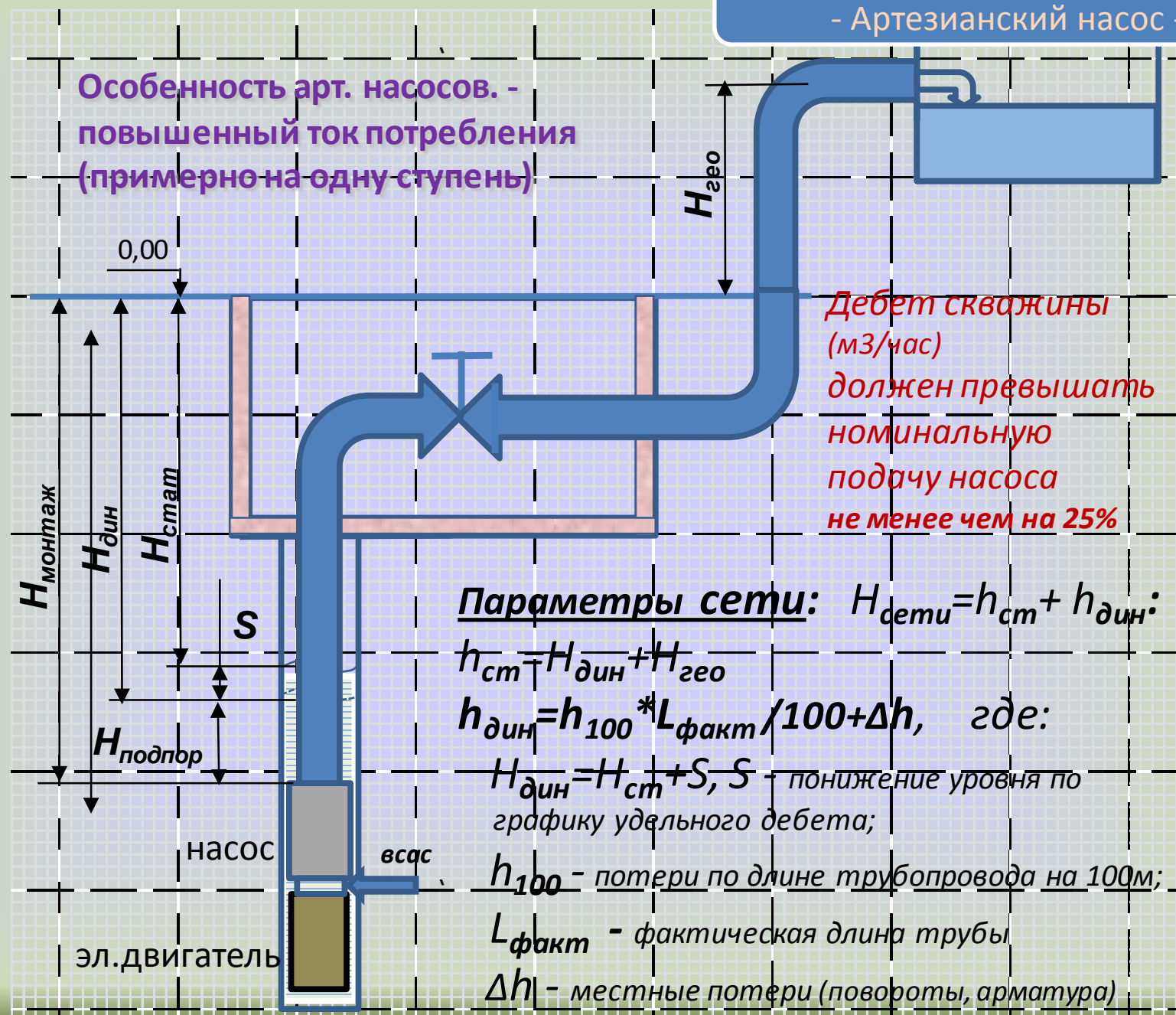
откуда

$$H_{нас} = H_{труб.} + H_{стат.} + H_{излив} - H_{вх.} + H_{нз}$$


Рабочая точка перемещается по характеристике сети.

Налив в бак (в башню) со свободным изливом

1. Насос, как объект управления.
- Артезианский насос -



Особенность арт. насосов. -
повышенный ток потребления
(примерно на одну ступень)

Дебет скважины
(м3/час)
должен превышать
номинальную
подачу насоса
не менее чем на 25%

Параметры сети: $H_{сети} = h_{ст} + h_{дин}$:

$$h_{ст} = H_{дин} + H_{гео}$$

$$h_{дин} = h_{100} * L_{факт} / 100 + \Delta h, \text{ где:}$$

$H_{дин} = H_{ст} + S$, S - понижение уровня по
графику удельного дебета;

h_{100} - потери по длине трубопровода на 100м;

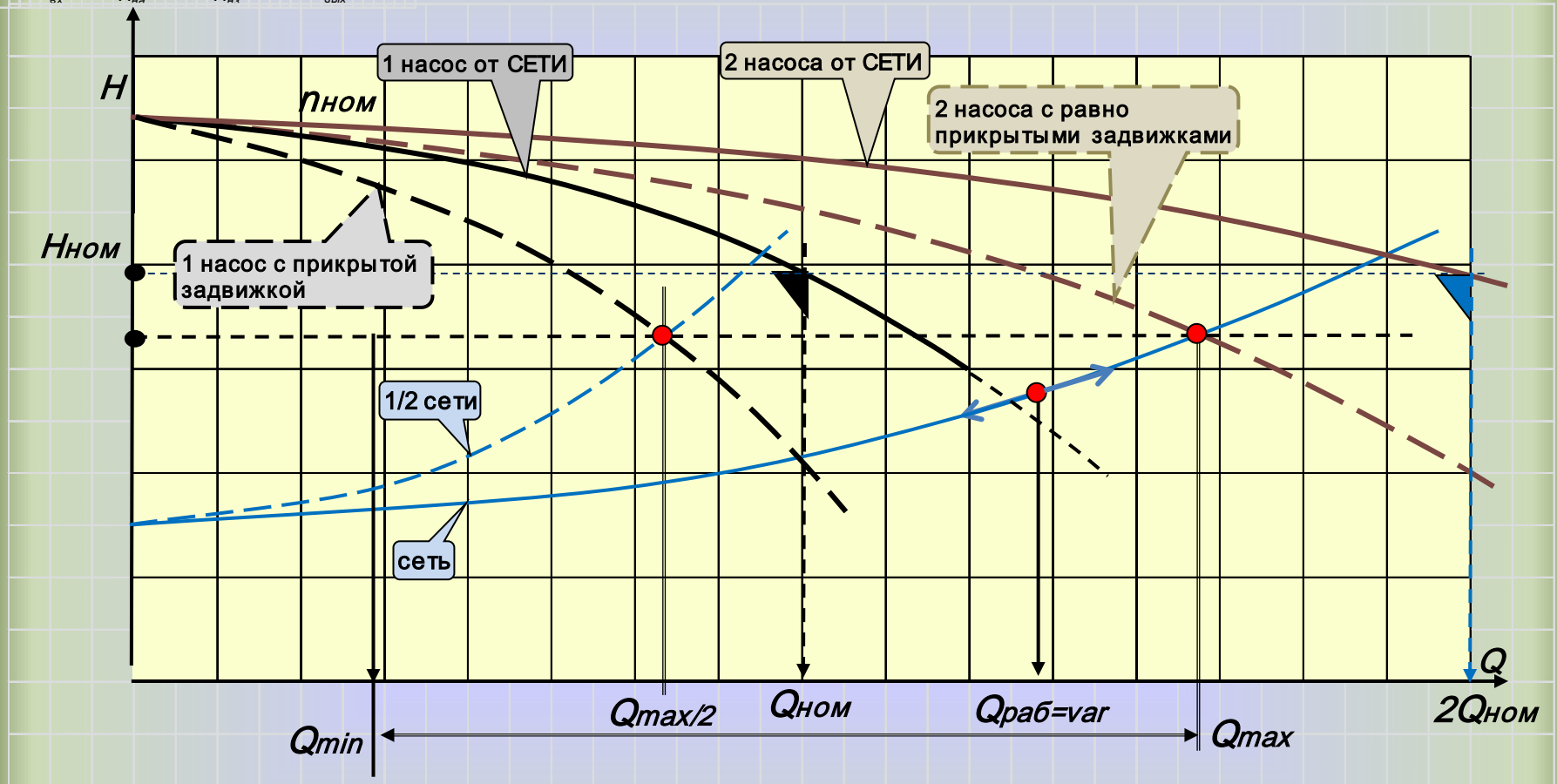
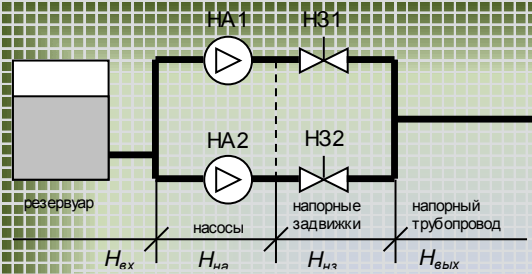
$L_{факт}$ - фактическая длина трубы

Δh - местные потери (повороты, арматура)

1. Насос, как объект управления.

- Параллельная работа насосов -

параллельная работа насосов на общий коллектор (КНС, дросселирование)



При параллельной работе насосов на общий коллектор **напорные характеристики насосов суммируются по линии напора** (напор - общий, производительность равна сумме). Регулирование осуществляется прикрытием напорных задвижек у обоих насосов (так, чтобы была одинаковая нагрузка насосов).