



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.

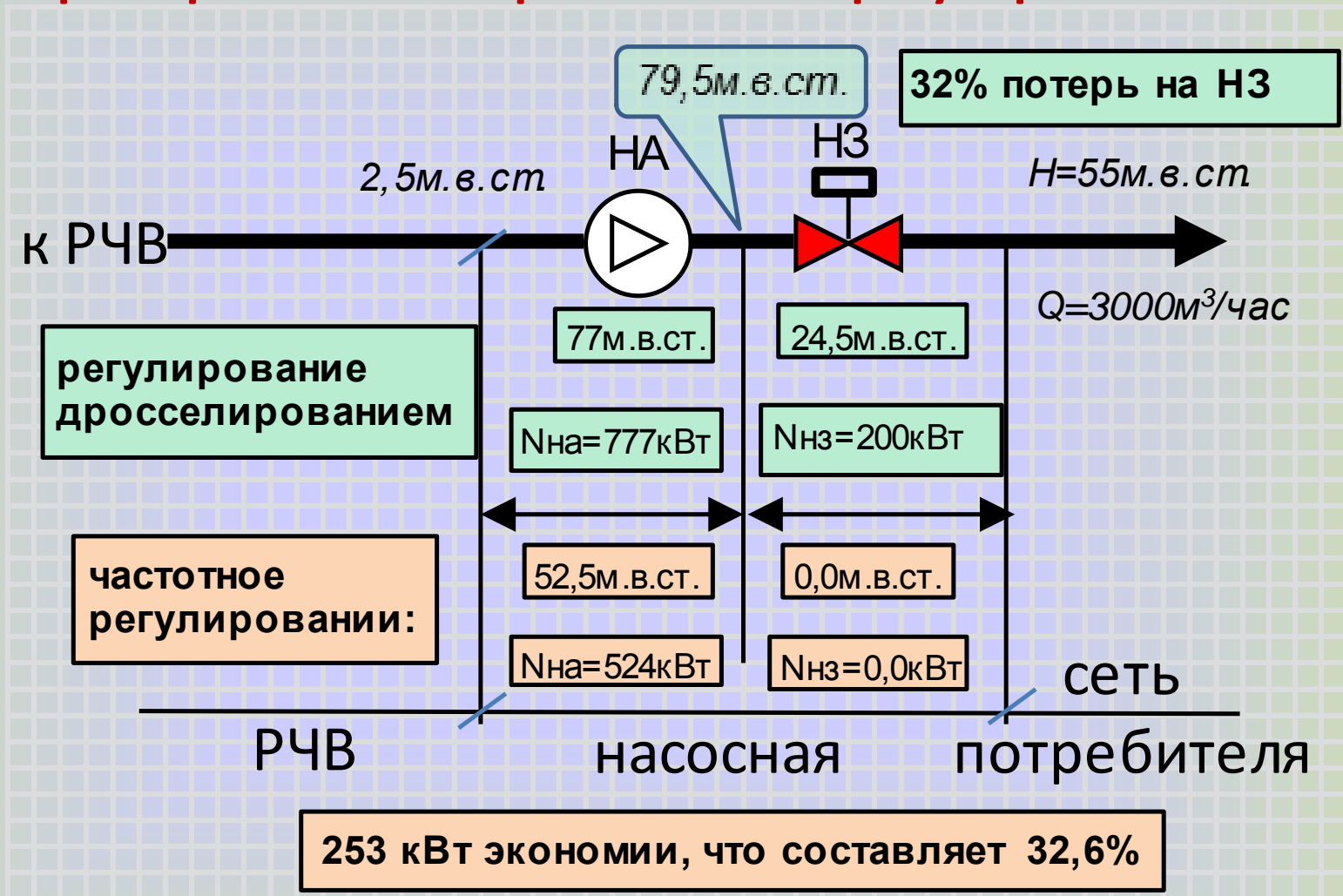
Основы технико-экономических расчетов при частотном регулировании насосными агрегатами
(об использовании уравнений подобия)

$$P_{\text{СЕТЬ}} = \frac{H_{\text{НА}} \cdot Q_{\text{НА}}}{367 \cdot \eta_{\text{НА}} \cdot \eta_{\text{ДВ}} \cdot \eta_{\text{ПЧ}}}$$

$H_{\text{НА}}$, $Q_{\text{НА}}$, и $\eta_{\text{НА}}$ - есть параметры рабочей точки насоса

Основная задача сводится к определению этих параметров, как без частотного регулирования, так и с частотным регулированием и их сравнение

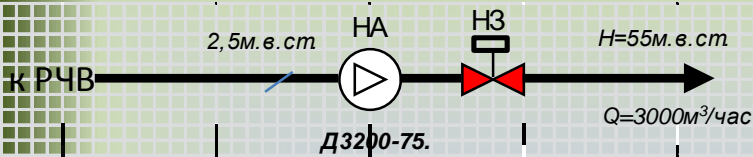
Пример экономии при частотном регулировании



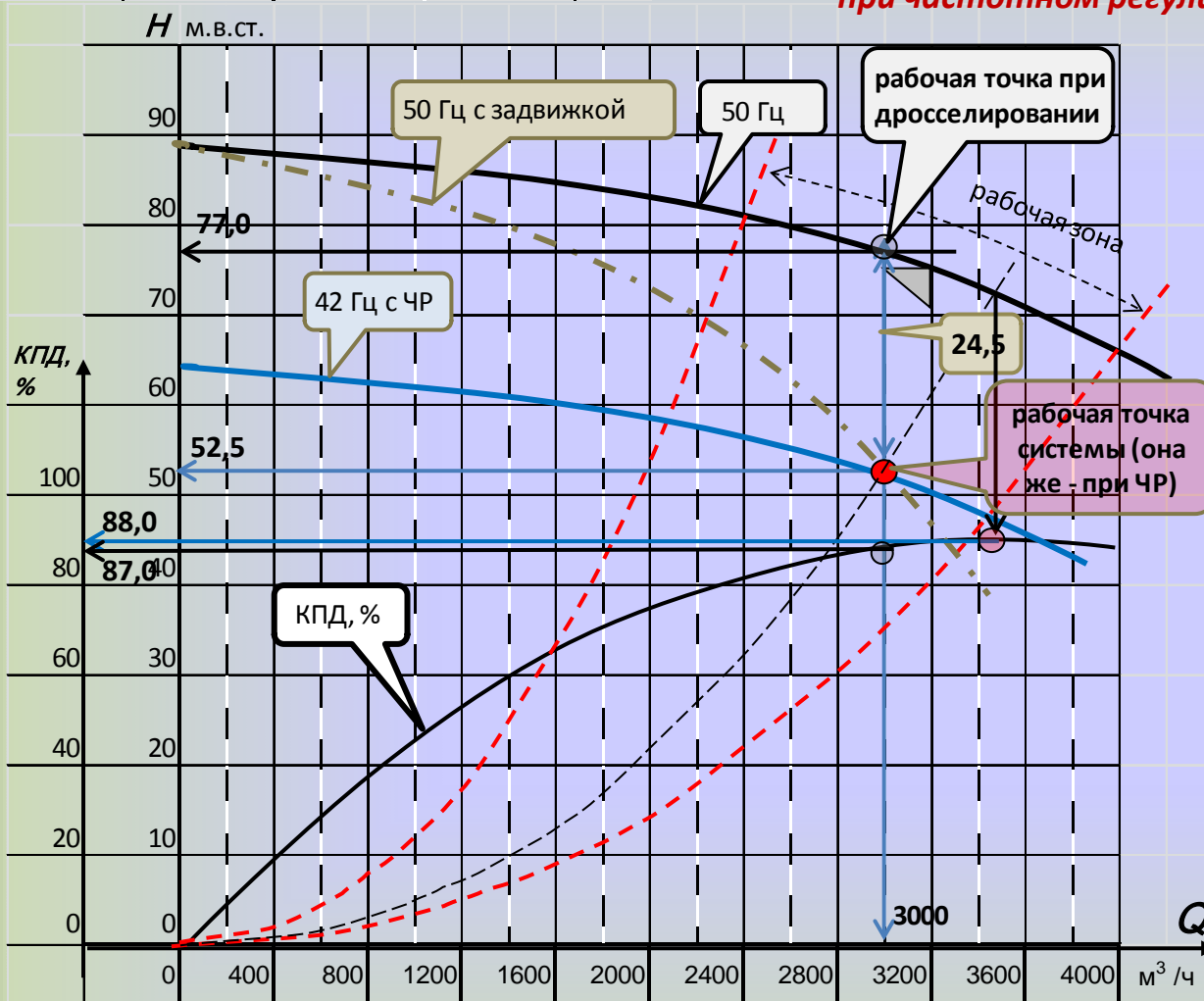
Среднестатистический показатель экономии электроэнергии составляет 26%.

3. Эффективность частотного управления.

- Расчет экономии примера по методике-



Расчет параметров рабочей точки насоса при дросселировании и при частотном регулировании ($H_{НА}$, $Q_{НА}$, и $\eta_{НА}$)



параметры рабочей точки насоса при дросселировании:
 $Q=3000 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H=77 \text{ м.в.ст.}$;
 $\eta=0,87$.
 При этом
 $N_{др}=776,9 \text{ кВт}$

параметры рабочей точки насоса при частотном регулировании:
 $Q=3000 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H=52,5 \text{ м.в.ст.}$;
 $\eta=0,88$.
 При этом
 $N_{чр}=523,7 \text{ кВт}$

где $\eta_{дв}=0,96$; $\eta_{пч}=0,97$

Основы методики расчета

1. Выделение режимов работы НС, (с указанием параметров режимов).

| | № режима | продолжительность в году, час | производительность станции, м ³ /час | количество насосов, находящихся в работе, номера | напор на всасе, м.в.ст. | напор на напорном коллекторе, м.в.ст. | напор после насосов, м.в.ст. |
|---------------|------------------------|---|---|--|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| ПРИМЕР | №1 (ночь, зимой) | 1440 час (8 месяцев по 6 часов в сутки) | 1250 | №3 и №5 | 2,5м.в.ст. | 32м.в.ст. | №3_56м.в.ст. №5_60м.в.ст. |
| | №1 (____, _____) | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | №5 (____, _____) | | | | | | |

Критерии к определению режимов:

- 1) постоянное число насосов, находящихся в работе;
- 2) относительная производительность в режиме (по напору и подаче)

2. Данные насосных агрегатов

| | № насосного агрегата (НА) | НА №__1__ | НА №__2__ | НА №__3__ | НА №__4__ | НА №__5__ |
|------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Насос | Тип насоса. | | | | | |
| | Производительность, м ³ /ч. | | | | | |
| | Напор, м вод. ст. | | | | | |
| | Частота вращения, об/мин. | | | | | |
| | Коэффициент полезного действия, %. | | | | | |
| | Диаметр рабочего колеса (фактический), мм. | | | | | |
| | Год выпуска | | | | | |
| Электродвигатель | Тип электродвигателя | | | | | |
| | Мощность, кВт. | | | | | |
| | Напряжение, кВ. | | | | | |
| | Ток статора, А. | | | | | |
| | Частота вращения, об/мин. | | | | | |
| | Коэффициент полезного действия, %. | | | | | |
| | Коэффициент мощности (cosφ). | | | | | |
| | Год выпуска | | | | | |

Тип насоса нужен для построения напорной характеристики насоса (по каталогу)

3. Действующие тарифы на электроэнергию, руб./кВт*час.(с НДС)

4. Стоимость внедрения СЧУ (под ключ)

5. КПД преобразователя частоты

6. Построение напорной характеристики насоса и его К.П.Д. (по данным каталога)

7. Определение параметров рабочей точки насоса каждого режима при дросселировании и при частотном регулировании ($H_{НА}$, $Q_{НА}$, и $\eta_{НА}$)

| параметры рабочей точки 1 насоса (режим ПНС $Q=(1100*2) \text{ м}^3/\text{ч}$, $H=61,5\text{м.в.ст.}$) | | | |
|--|---------------------------|----------------------|-------|
| параметр | $Q, \text{ м}^3/\text{ч}$ | $H, \text{ м.в.ст.}$ | КПД |
| существующий режим с дросселированием | 1100 | 67 | 0,875 |
| режим с частотным регулированием | 1100 | 61,5 | 0,885 |

8. Потребление мощности из сети при регулировании дросселированием.

$$N_{\text{СЕТЬ_ДР}} = \frac{H_{\text{НА}} \cdot Q_{\text{НА}}}{367 \cdot \eta_{\text{НА}} \cdot k \cdot \eta_{\text{ДВ}}}$$

9. Потребление мощности из сети в режиме частотного регулирования.

$$N_{\text{СЕТЬ_ПЧ}} = \frac{H_{\text{НА}} \cdot Q_{\text{НА}}}{367 \cdot \eta_{\text{НА}} \cdot k \cdot \eta_{\text{ДВ}} \cdot \eta_{\text{ПЧ}}}$$

Здесь: H – в м.в.ст.; Q – в м³/час; k – коэффициент, учитывающий износ насосов;

$\eta_{\text{ПЧ}}$ – кпд преобразователя частоты ($\eta_{\text{ПЧ}}=0,96-0,975$);

$\eta_{\text{ДВ.}}$ – кпд двигателя ($\eta_{\text{ДВ.}}=0,92-0,95$);

$\eta_{\text{НА}}$ – кпд насоса в новой рабочей точке при новой частоте вращения $n_{\text{ПЧ}}$.

10. Снижение потребления мощности.

$$\Delta N_1 = N_{\text{СЕТЬ_Др}} - N_{\text{СЕТЬ_ПЧ}}$$

11. Экономия электроэнергии за год (с учетом времени работы в режиме в году)

$$\Delta E_{\text{год1}} = \Delta N_1 \cdot \Delta T_{\text{год1}}$$

12. Суммарная экономия электроэнергии за год

$$\Delta E_{\text{год}} = \Delta E_{\text{год1}} + \Delta E_{\text{год2}} + \dots$$

13. Цена годовой экономии электроэнергии

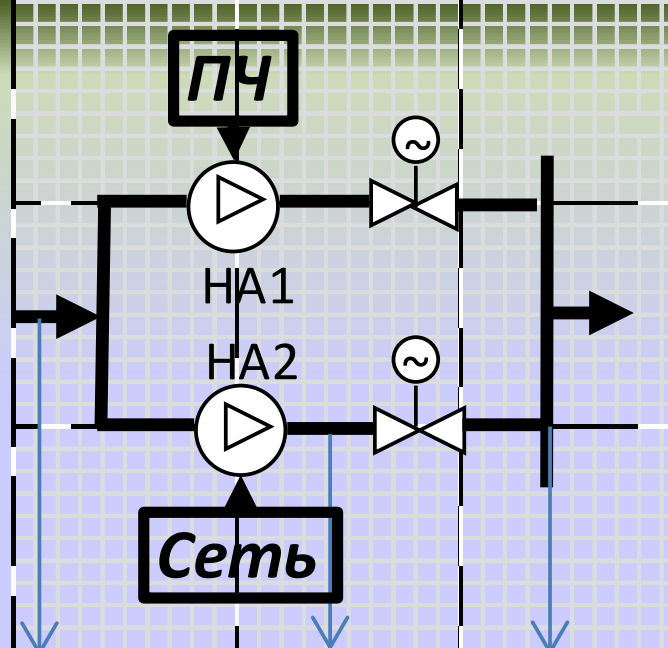
$$Ц_{\Delta E \text{ год}} = \Delta E_{\text{год}} [\text{кВт*ч}] * T_{\text{эл.эн.}} [\text{руб}]$$

14. Срок окупаемости:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{C_{\text{реконстр.}}}{\Delta Ц}, \text{ лет}$$

3. Эффективность частотного управления.

- НА «ПЧ» + НА «Сеть» -



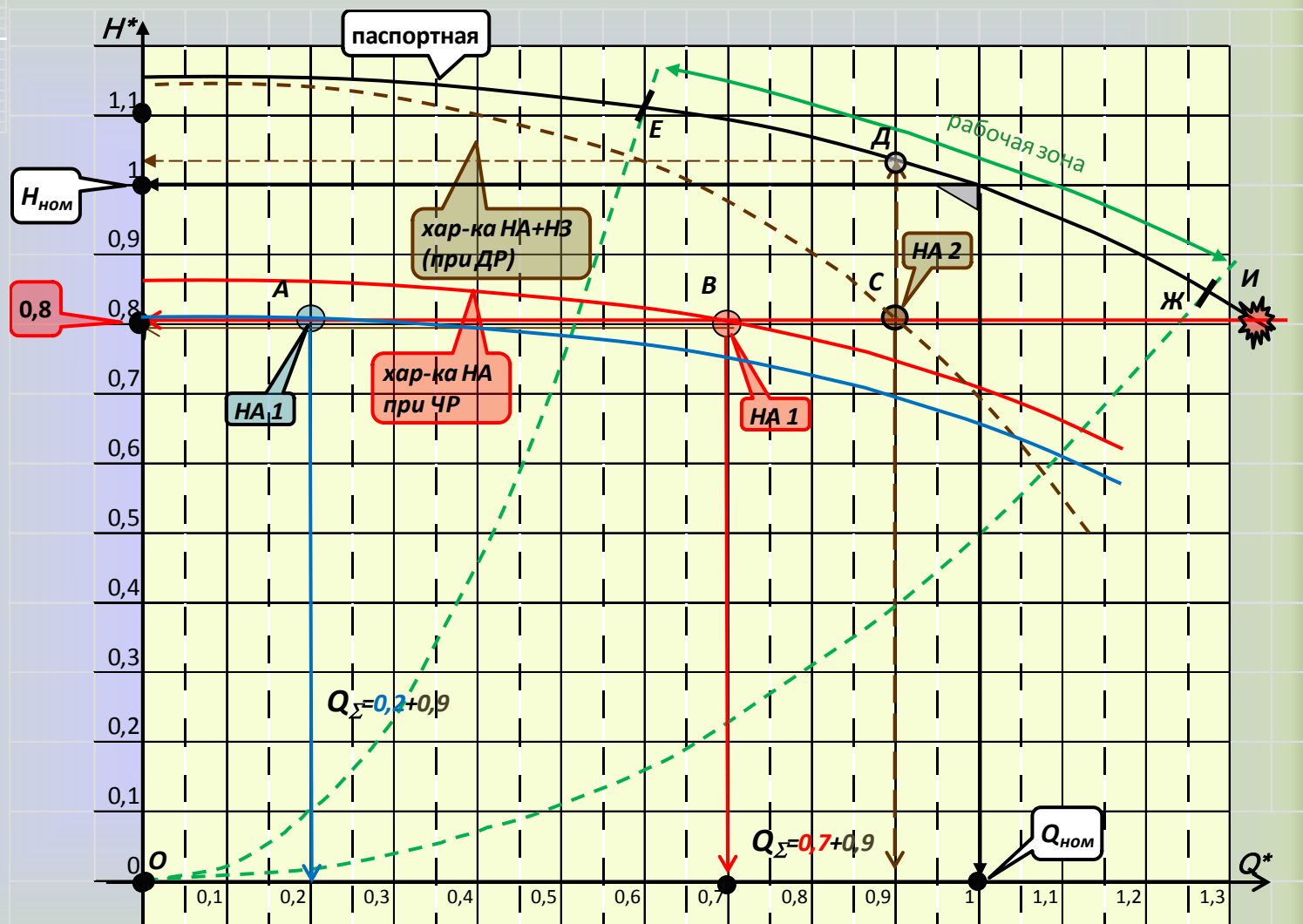
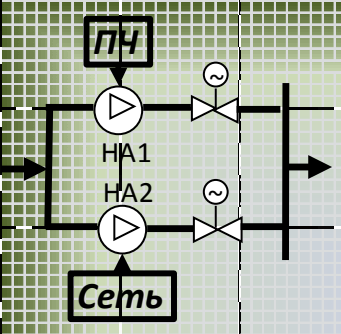
| | | $H^*_{вх}$ * | $\Delta H^*_{нас}$ | $H^*_{нас}$ | $\Delta H^*_{нз}$ | $H^*_{кол}$ * | Q^* * |
|-----|--|--------------|--------------------|-------------|-------------------|---------------|---------|
| Др. | Регулирование дросселированием НА1 | 0,05 | 1,1 | 1,15 | 0,3 | 0,85 | 0,7 |
| | Регулирование дросселированием НА2 | 0,05 | 1,1 | 1,15 | 0,3 | 0,85 | 0,7 |
| ЧР | НА1 - Частотное регулирование | 0,05 | 0,8 | 0,85 | 0 | 0,85 | 0,4 |
| | Регулирование дросселированием НА2 (с помощью СР200) | 0,05 | 1 | 1,05 | 0,2 | 0,85 | 1 |

$H_{вх}$ - напор на всасе; $\Delta H_{нас}$ - напор, создаваемый насосом; $H_{нас}$ - напор на выходе насоса; $\Delta H_{нз}$ - потери напора на напорной задвижке; $H_{кол}$ - напор в общем коллекторе; Q - производительность.

* - заданные значения (остальные - расчетные)

3. Эффективность частотного управления.

- НА «ПЧ» + НА «Сеть», общие рассуждения -



Увеличение производительности с $Q_{\Sigma}^* = 1,1$ до $Q_{\Sigma}^* = 1,6$ при стабилизации загрузки НА2 на уровне 0,9.