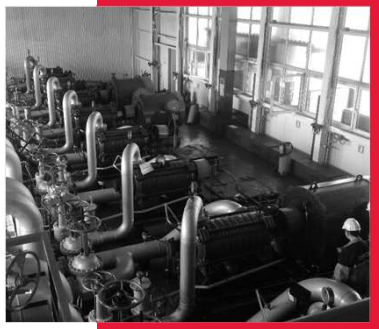
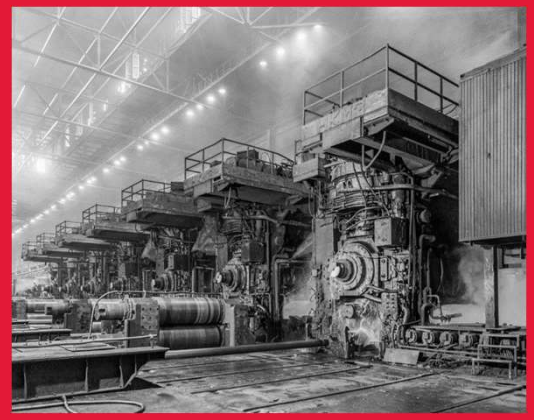
ГМС ГРУППА

Дивизион «Промышленные насосы»

Характеристики насосов. Характеристики насосной системы. Подбор насосов.





Обучающий семинар

Москва, 2020

Цель обучения.

1. Основные сведения о характеристиках насосов и систем.
2. Способы регулирования насосов.
3. Умение подобрать насос в соответствии с Опросным Листом.
4. Знание основных преимуществ насосов ЛГМ в сравнении с основными конкурентами.
5. Умение доказать преимущества насосов ЛГМ.
6. Правила подбора насосного оборудования.

Стоимость Жизненного Цикла Насосных систем

Насосы потребляют около 20% всей вырабатываемой электроэнергии

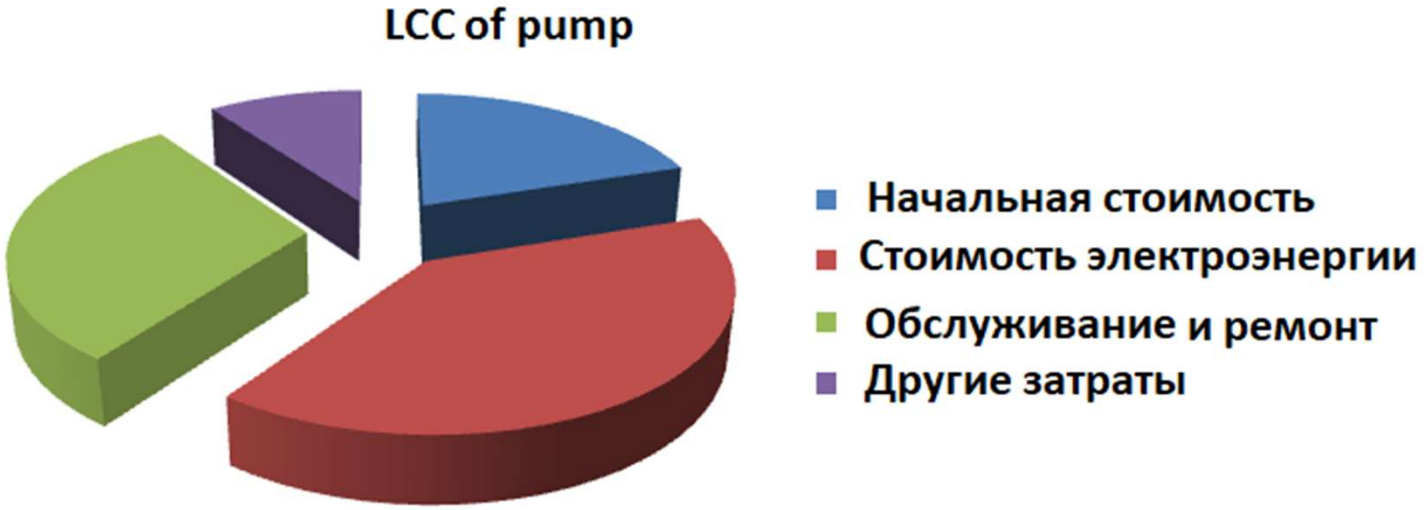
В некоторых отраслях эта доля составляет 25-50% и более

Водоснабжение и водоотведение 50%	**Нефтяная промышленность 59%**
Химическая промышленность 31%	**Целлюлозно-бумажная промышленность 26%**

Вопрос эффективности подобных отраслей напрямую зависит от эффективной эксплуатации насосного оборудования

Снижение затрат на электроэнергию, обслуживание и ремонт – основная задача

Стоимость жизненного цикла (LCC) насосного оборудования



10..25%

капитальные и прочие затраты

75..90%

эксплуатационные затраты

Снижение затрат на электроэнергию, обслуживание и ремонт – основная задача

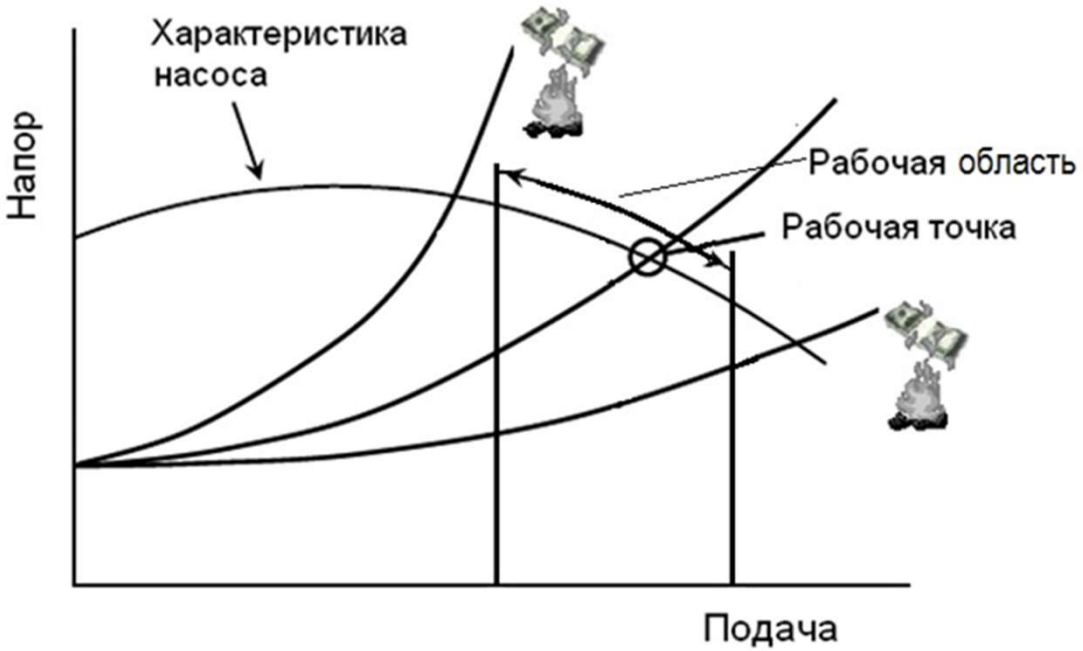
Основные требования заказчиков к насосному оборудованию:

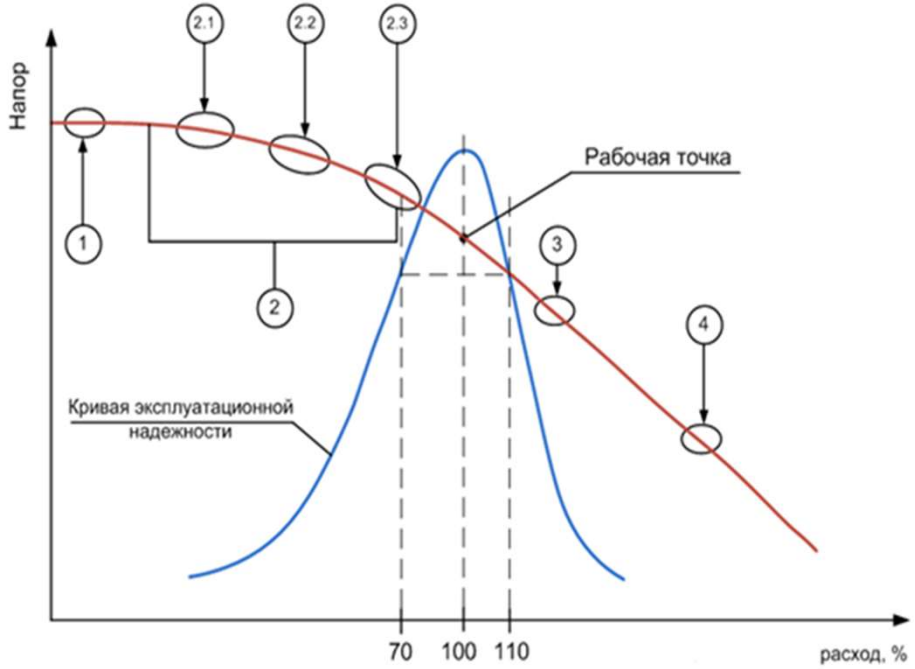
1. НАДЕЖНОСТЬ.

2. ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

3. ЦЕНА

Основное условие эффективной и надежной работы насосов





Причины низкой эффективности и низкой надежности одинаковые.

Финский Научно-исследовательский центр провел обследование 1 690 насосов на 20 предприятиях Финляндии.
Результаты этого исследования показали, что средний к.п.д. насосов составил в среднем 40 %, а 10% насосов работали с к.п.д. ниже 10%!!!
К.П.Д. установленных насосов более 60 %.

Основными причинами неэффективного использования насосного оборудования были признаны:

1. Переразмеривание насосов (выбор насосов с большей подачей и напором).
2. Регулирование режимов работы насосов при помощи задвижек.

1. Значительное повышение температуры.
2. Снижение ресурса работы подшипников и уплотнений из-за вибрации, вследствие:

2.1 Возможной кавитации.

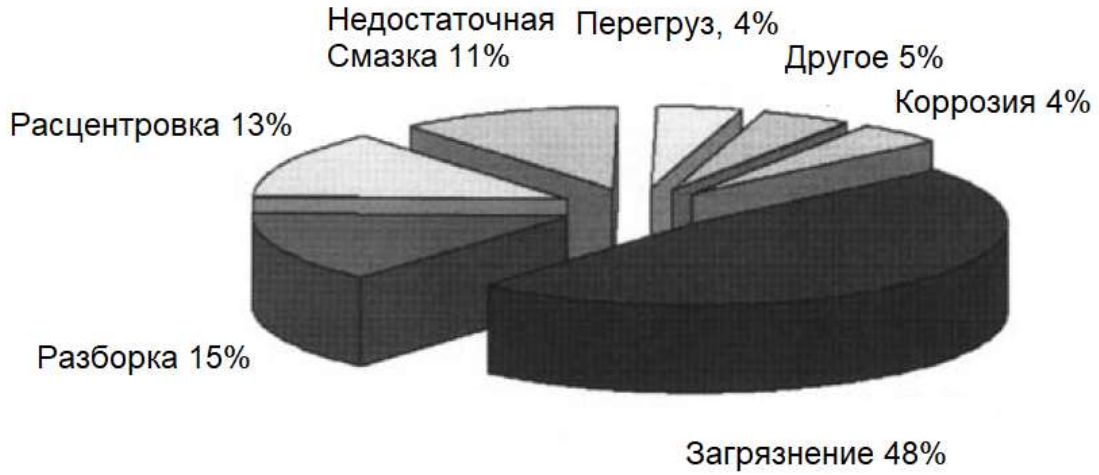
2.2 - 2.3 Возникновения рециркуляции потока на входе и выходе рабочего колеса.

3. Снижение ресурса работы подшипников и уплотнений из-за вибрации, вызванной отрывом потока в проточной части.
4. Кавитация, перегрузка электродвигателя.

Характеристика насосов

Основные причины выхода из строя насосов

Основные причины выхода из строя подшипников насосов



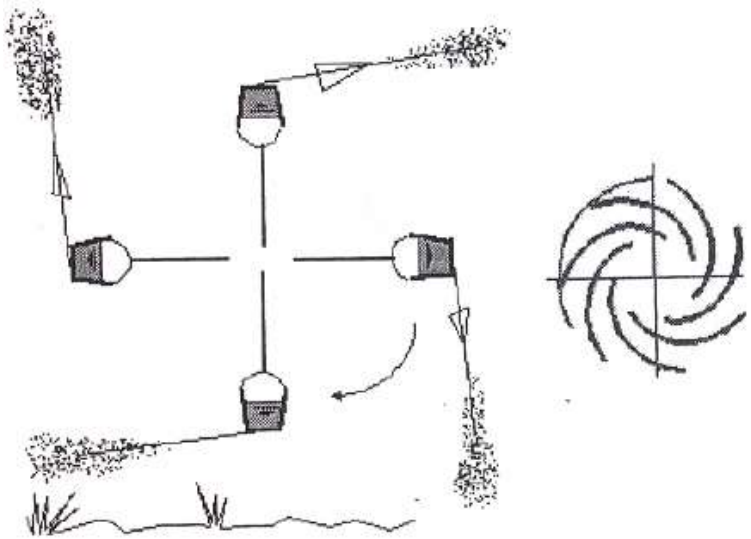
Характеристика насосов

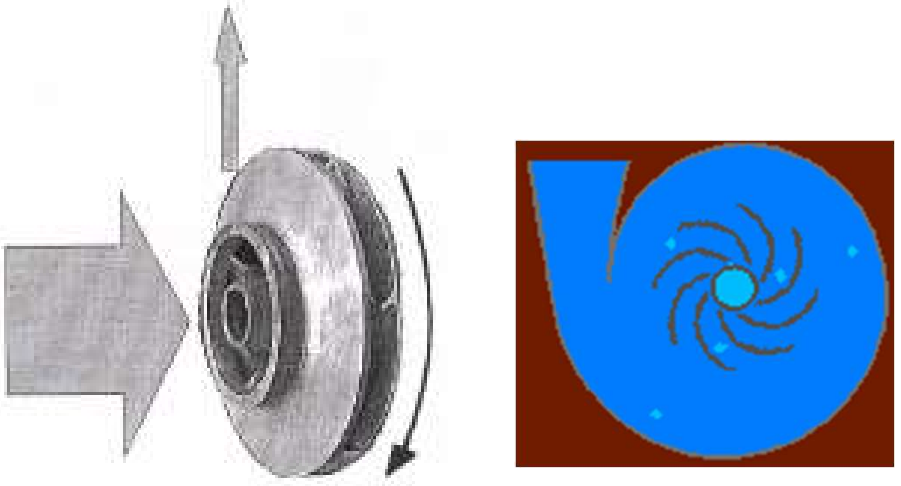
ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСОВ

Характеристика насосов

НАСОС:
машина, которая **сообщает** протекающей через них **жидкости** механическую **энергию**

**Пример, демонстрирующий идею,
на которой основывается принцип работы
центробежного насоса**





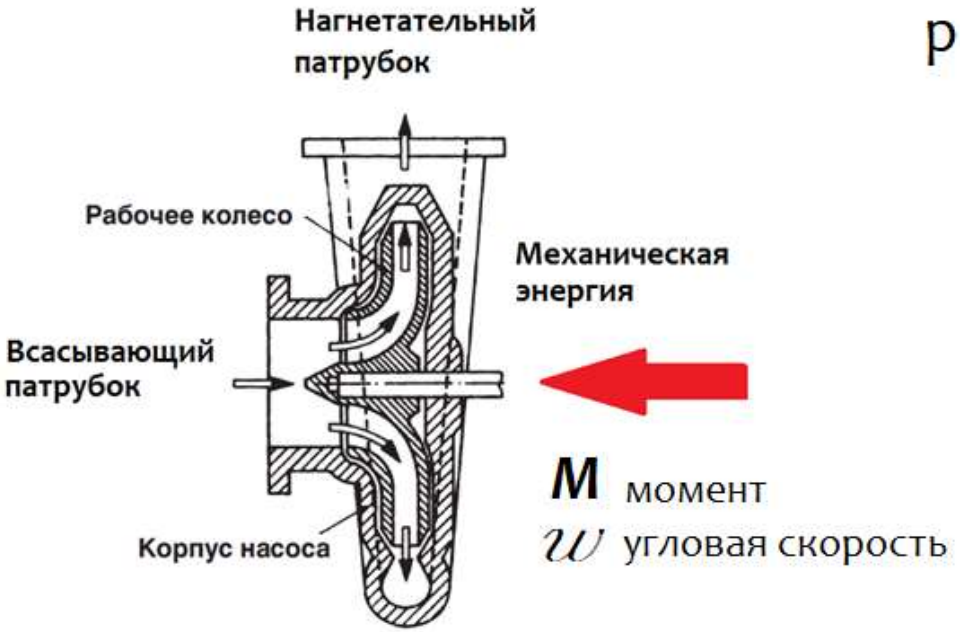
Рабочее колесо → **передает**
жидкости **энергию** от двигателя.

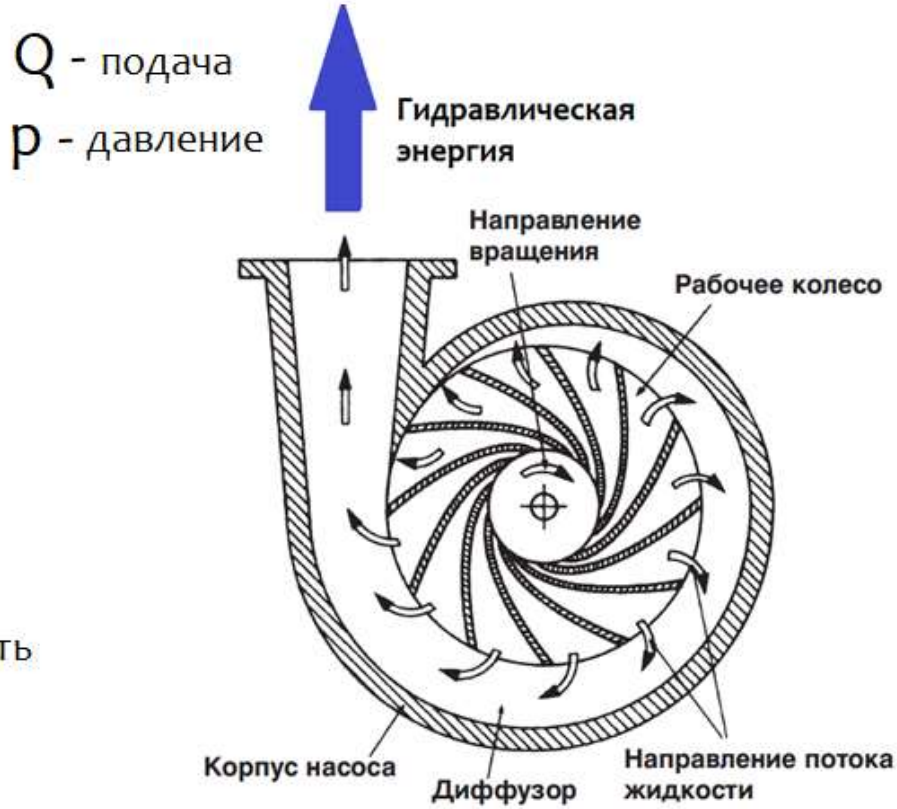
В днище ведра проделано отверстие. При вращении центробежные силы постоянно выдавливают воду из ведра. Каждая частица отбрасывается по касательной, подобно частице воды вылетающей с мокрого вращающегося велосипедного колеса.

9

Характеристика насосов

Преобразование энергии в насосе

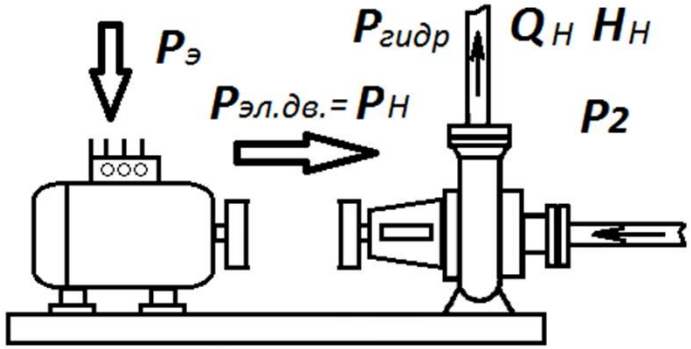




Характеристика насосов

Подача: Q [куб.м/час, литры в секунду.]
объем жидкости, проходящий через любое сечение проточной части насоса в **единицу времени.**

Напор: H [м]
удельная энергия, сообщаемая **единице веса** жидкости
Мощность потока жидкости, Вт



Ргид = Q ρ g H – полезная мощность насоса

Мощность насоса, мощность на валу насоса (потребляемая): P_2 [Вт]
энергия, подводимая к насосу от двигателя, за **единицу времени**

Коэффициент полезного действия (**КПД**): η

$$\eta = Ргид/P_2$$

Характеристика насосов

Коэффициент быстроходности

ФАКТОРЫ ВЛЯЮЩИЕ НА КПД НАСОСА

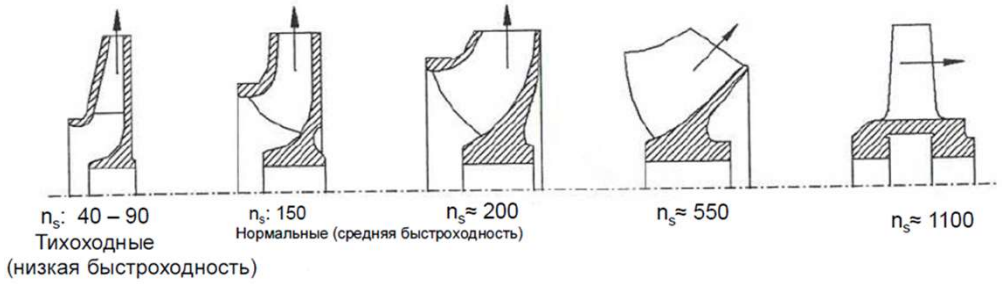
Q, $м^3/с$
ПОДАЧА

H, **м**
НАПОР

n, **об/мин**
частота вращения

КОЭФФИЦИЕНТ ПОДОБИЯ

$$n_s = \frac{3{,}65 \times n \times \sqrt{Q_{\text{насоса}}}}{(H_{\text{насоса}})^{0{,}75}}$$



МАЛАЯ ПОДАЧА
БОЛЬШОЙ НАПОР

БОЛЬШАЯ ПОДАЧА
МАЛЫЙ НАПОР

12

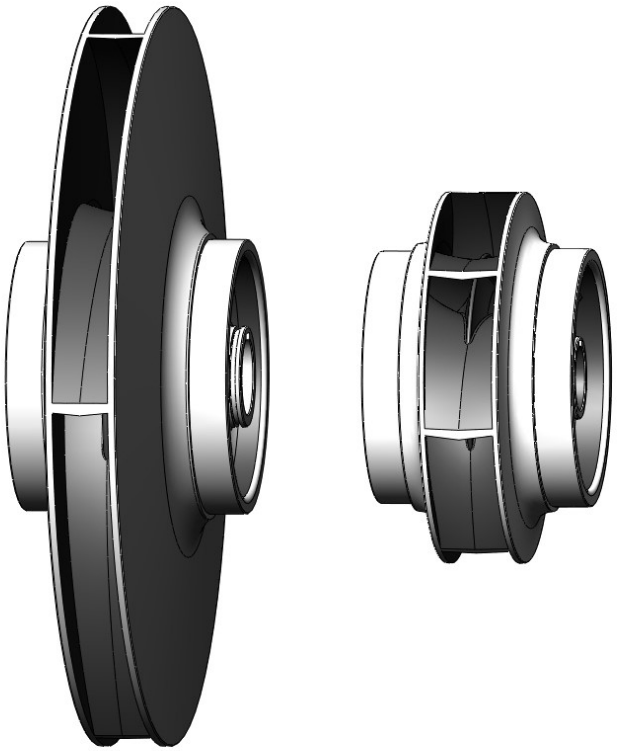
Характеристика насосов

Коэффициент быстроходности

ФАКТОРЫ ВЛЯЮЩИЕ НА КПД НАСОСА

Рабочее колесо

Подача – 720 м3/ч
Напор – 135 м
Диаметр – 655 мм
ns = 42



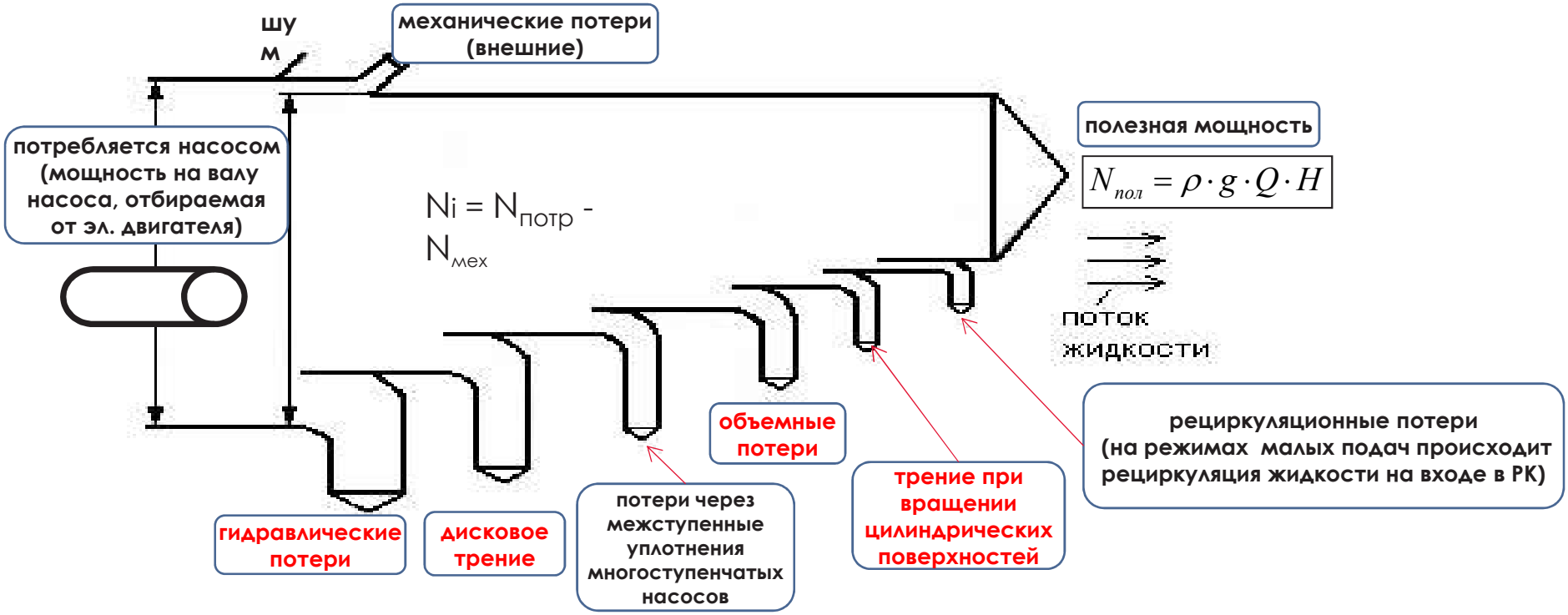
Рабочее колесо

Подача – 720 м3/ч
Напор – 38 м
Диаметр – 338 мм
ns= 109

НАПОР ↑ → **Диаметр рабочего колеса** ↑

Характеристика насосов

Коэффициент быстроходности



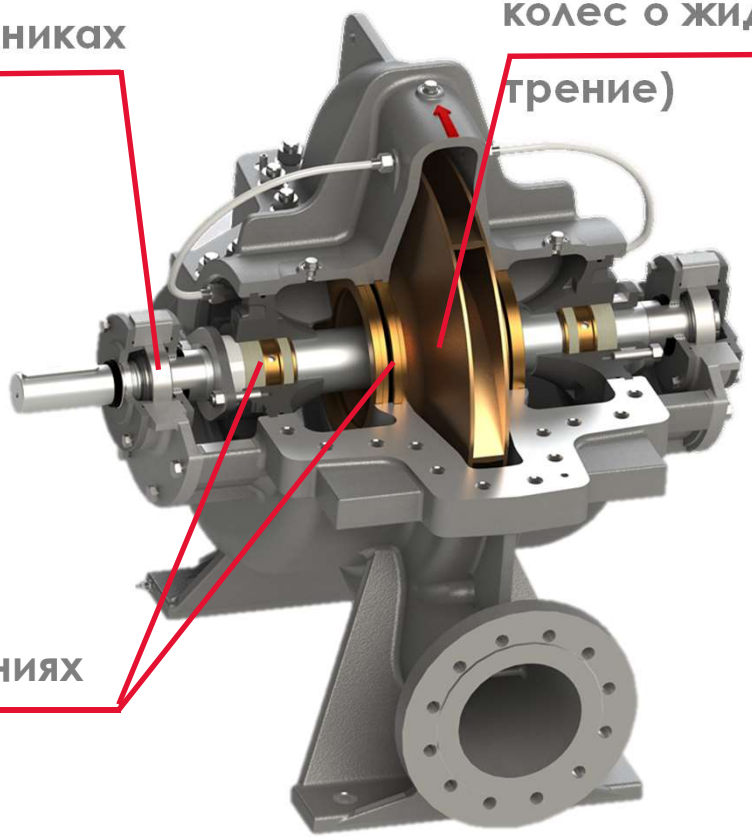
Гидравлические потери:
-потери на **трение** и **вихреобразование жидкости** в подводе, рабочем колесе и отводе насоса.

Механические потери: трение
- в **подшипниках** (внешние),
- в **уплотнениях** вала (внешние);
- наружной поверхности рабочего колеса и др. **вращающихся деталей** о **жидкость** (внутренние).

Объемные потери:
-**утечки** жидкости, выходящей из рабочего колеса и возвращающейся **в подвод**;
- **утечки** через **уплотнения вала**.

Характеристика насосов

Механические потери

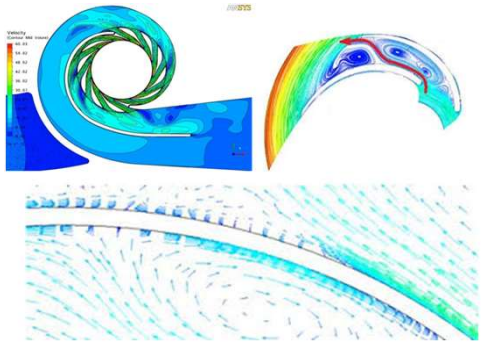


Зависит от типа насоса (ns) и типа колеса (ns)

Характеристика насосов

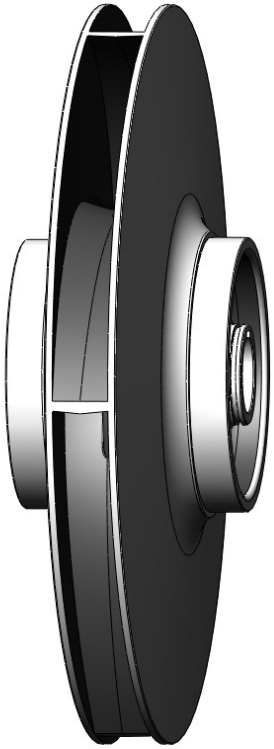
ФАКТОРЫ ВЛЯЮЩИЕ НА КПД НАСОСА

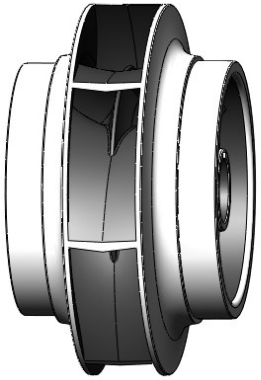
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КПД.



Гидравлический КПД= 96%

Подача – 720 м^3/ч
Напор – 135 м
Диаметр – 655 мм





Гидравлический КПД= 96%

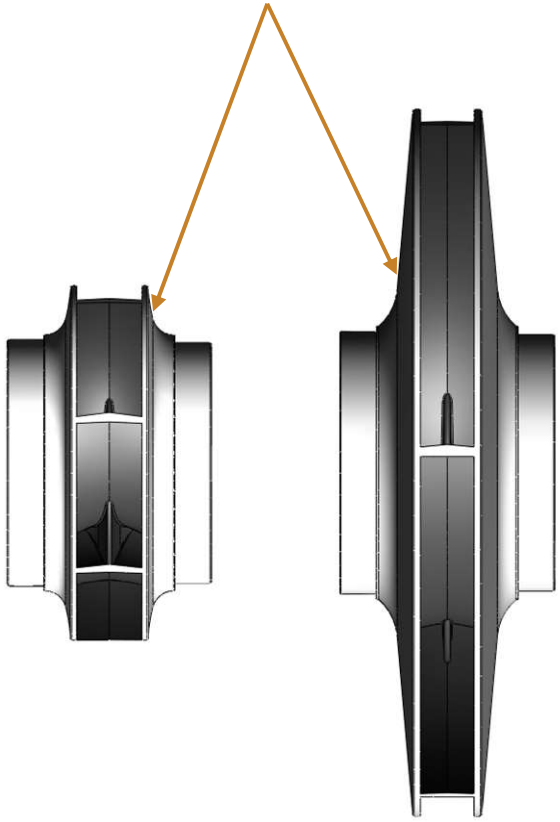
Подача – 720 м^3/ч
Напор – 38 м
Диаметр – 338 мм

Гидравлический КПД, учитывает качество профилирования геометрии. Для колес на разные параметры практически равен.

Характеристика насосов

ФАКТОРЫ ВЛЯЮЩИЕ НА КПД НАСОСА

ДИСКОВЫЕ ПОТЕРИ (ТРЕНИЕ ЖИДКОСТИ О РАБОЧЕЕ КОЛЕСО)

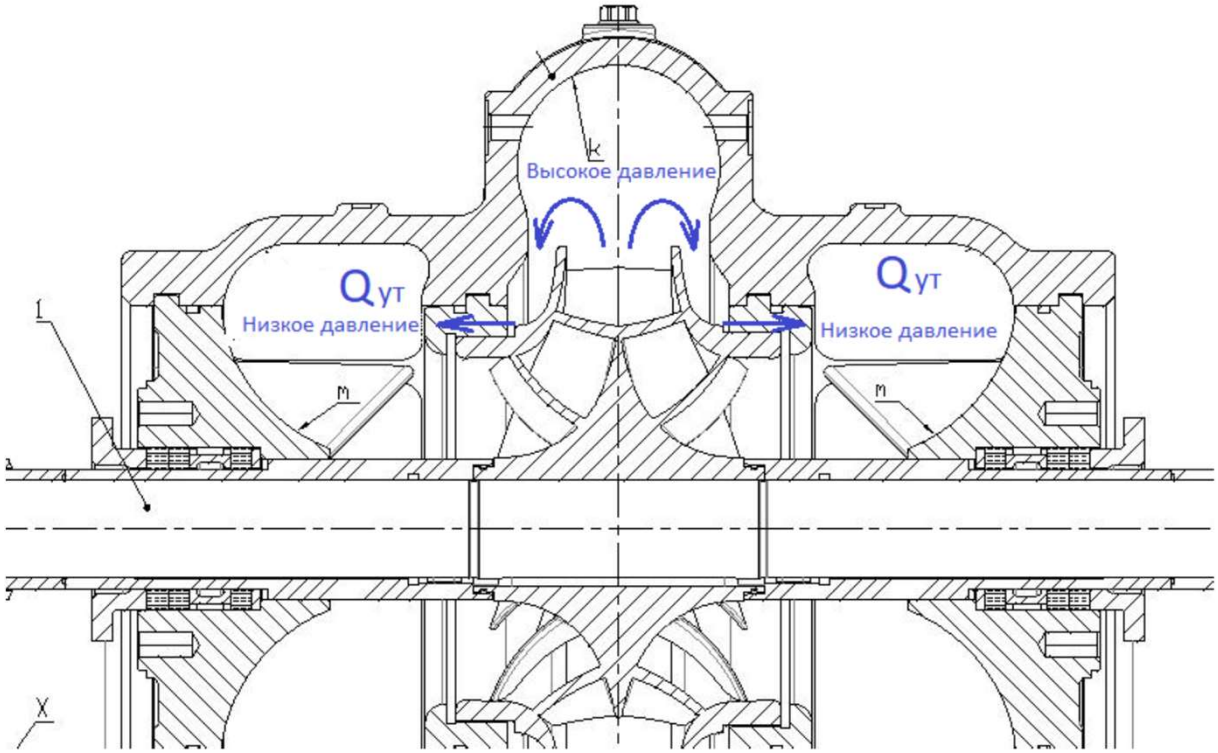


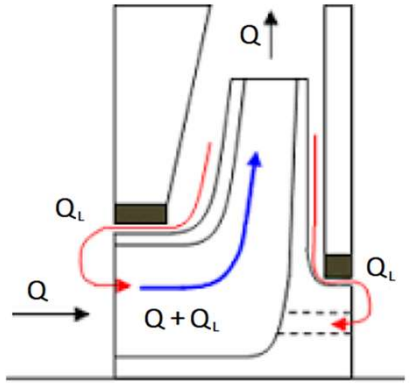
Больше поверхность дисков

Больше потери на трение

Характеристика насосов

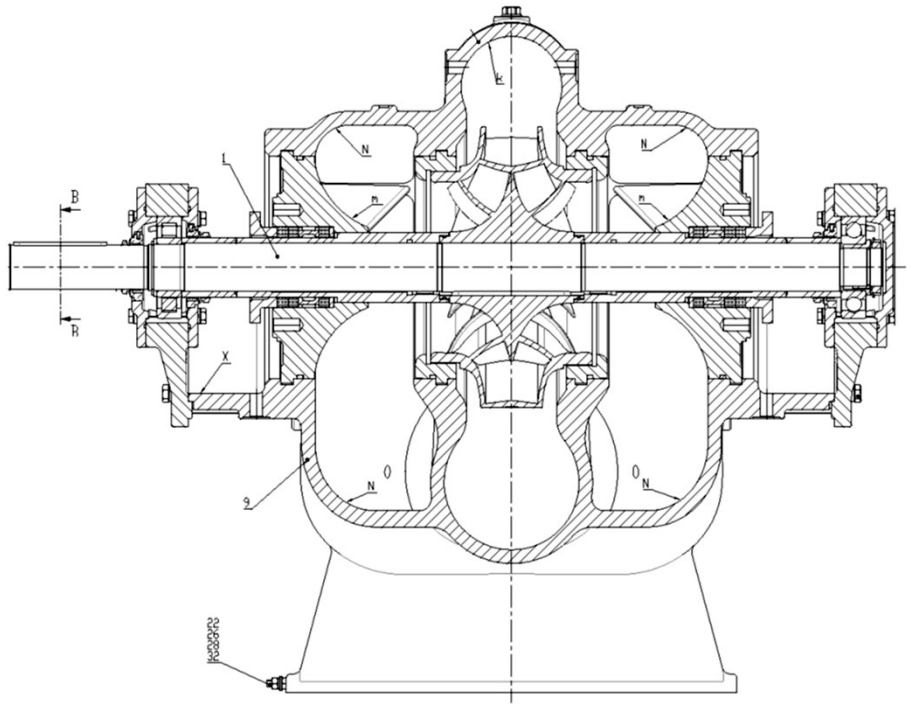
ОБЪЕМНЫЕ ПОТЕРИ



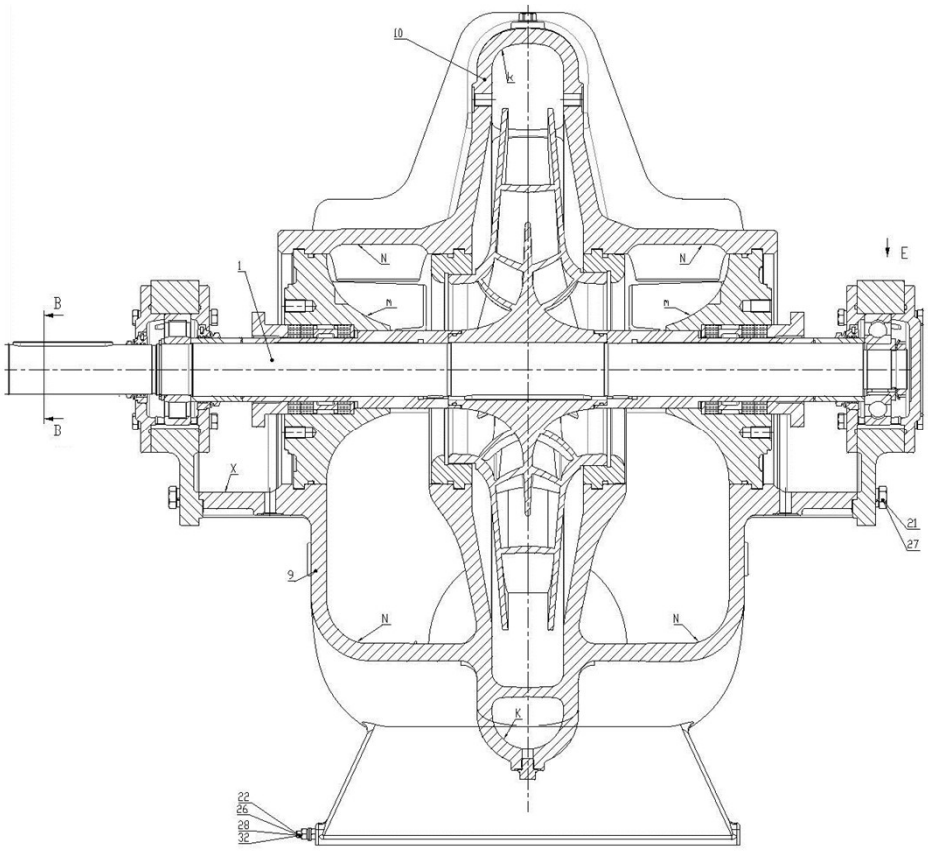


Величина перетечек зависит от размера зазора и от разности напоров на входе и выходе из насоса.
Чем выше напор тем больше перетеки ниже КПД насоса.

Характеристика насосов

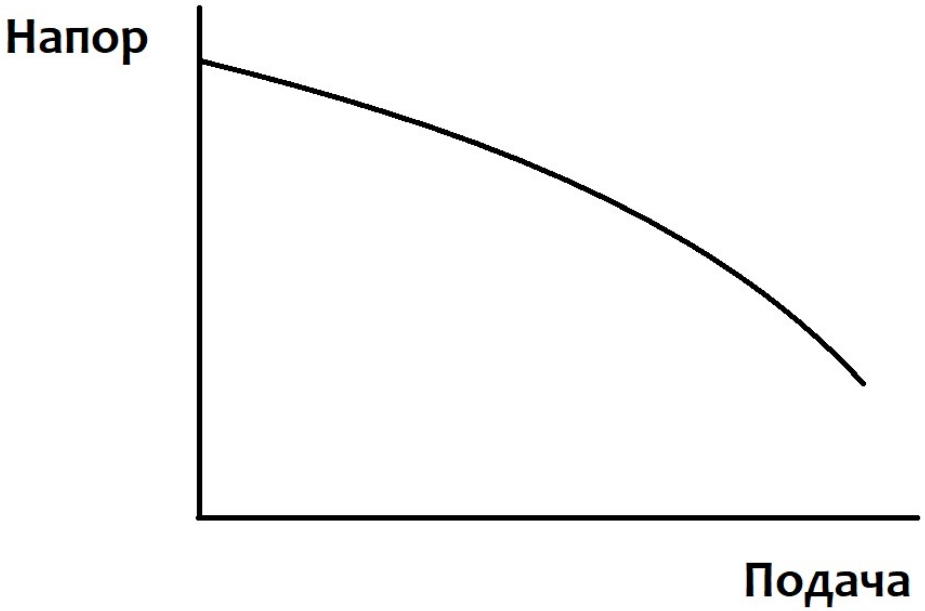


Подача – 720 м^3/ч
Напор – 38 м
Диаметр – 338 мм



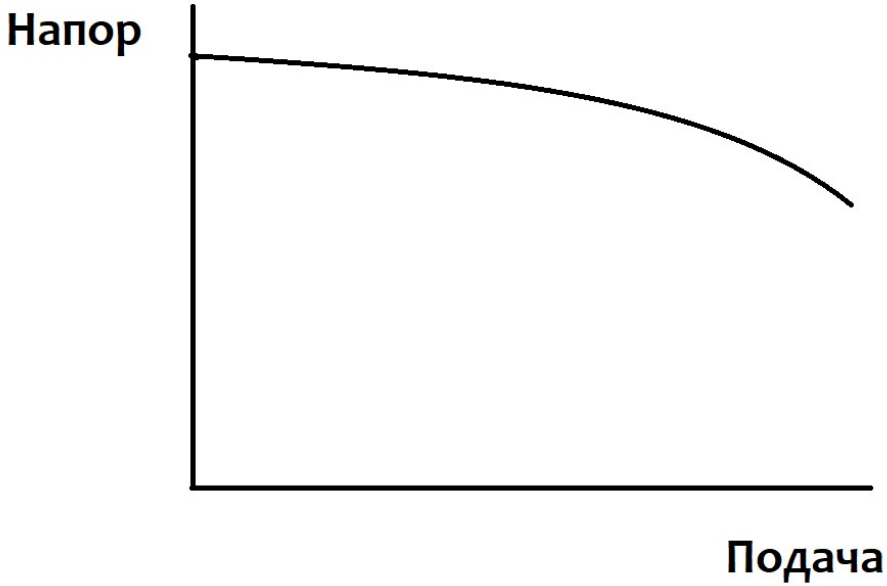
Подача – 720 м^3/ч
Напор – 135 м
Диаметр – 655 мм

Характеристики насосов



Пологопадающая характеристика

Насосы с пологопадающей напорной характеристикой лучше подходят для частотного регулирования и параллельной работы.

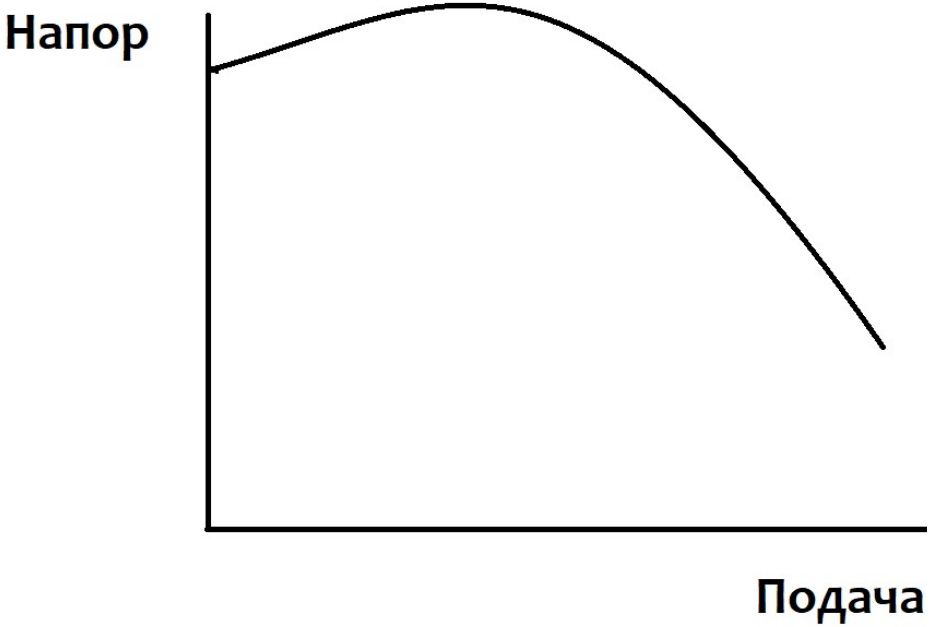


Плоская характеристика

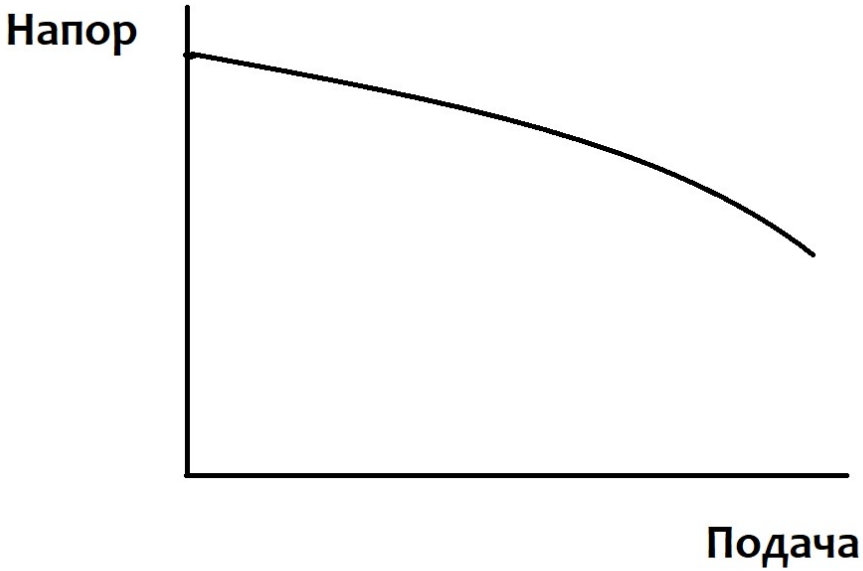
Насосы с «плоской» напорной характеристикой лучше подходят для дроссельного регулирования.

20

Характеристики насосов



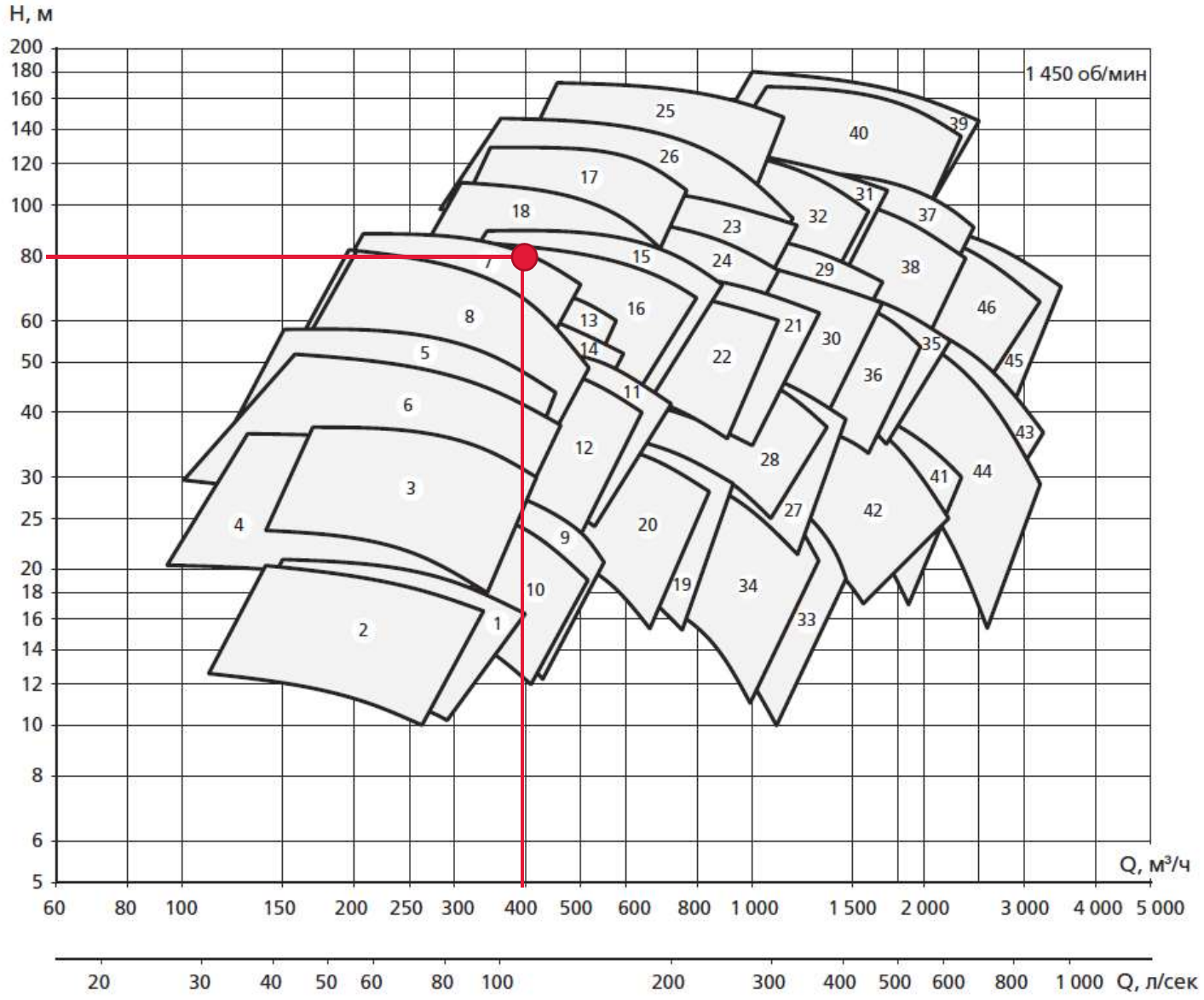
Нестабильная или «горбатая» характеристика



Крутопадающая характеристика

Характеристика системы

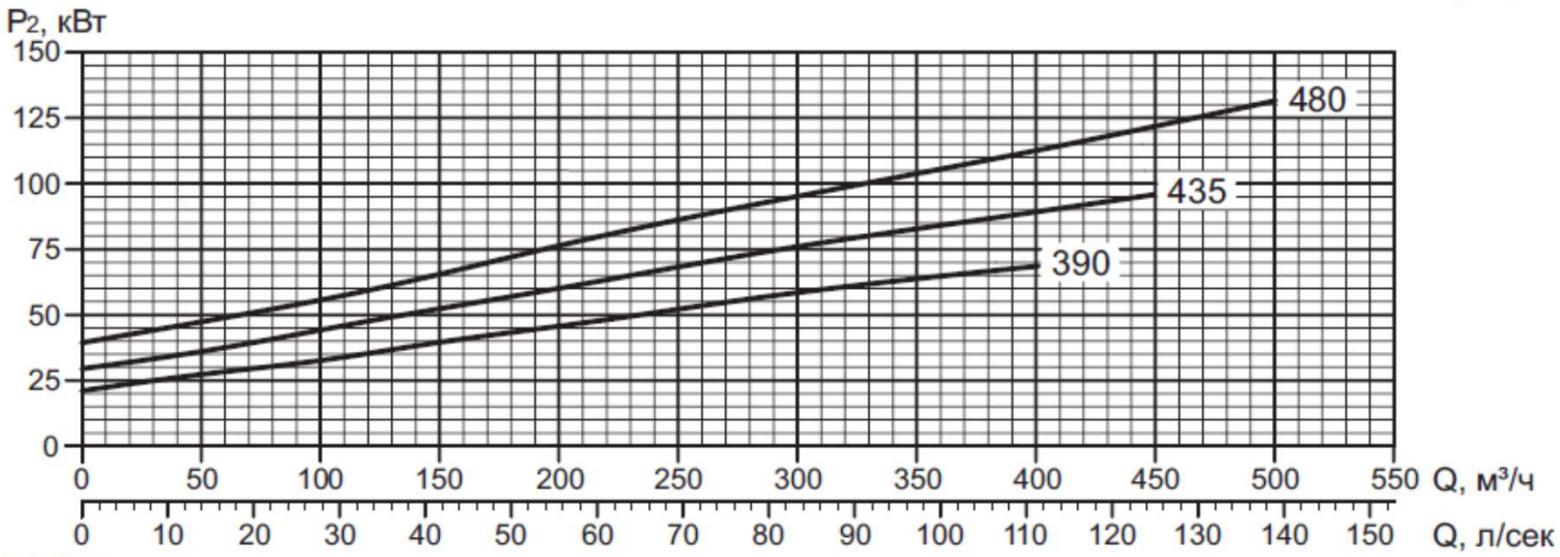
Рабочее поле характеристик



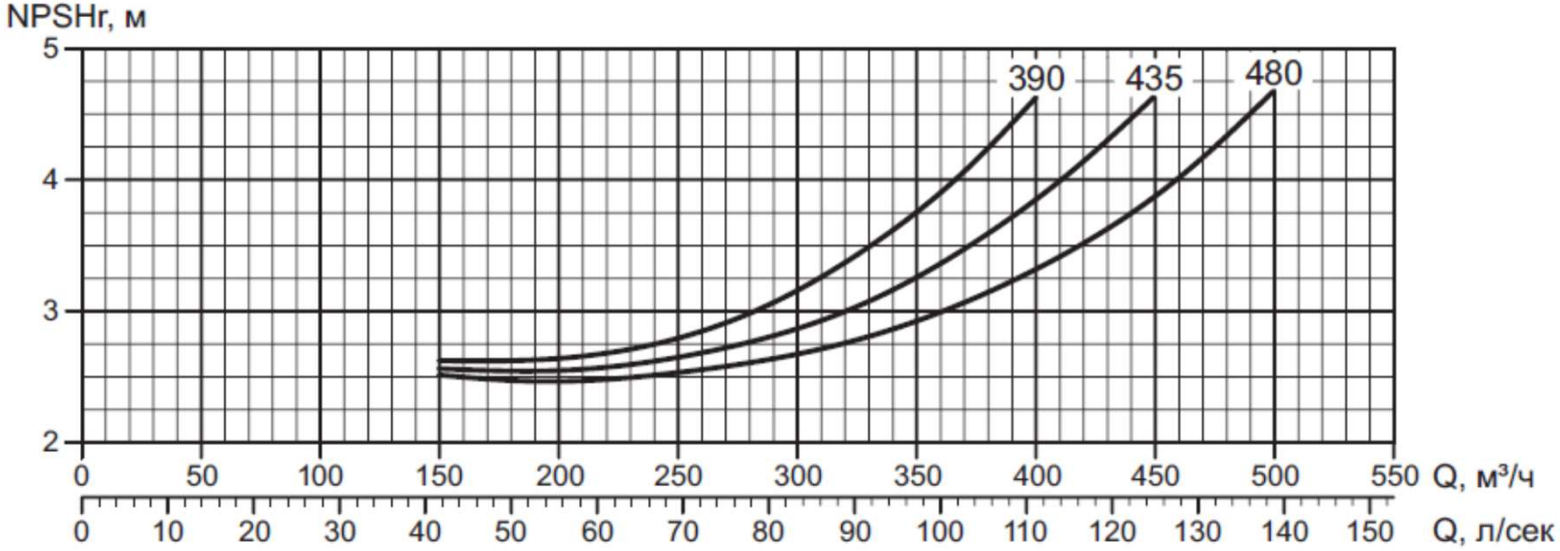
Характеристика системы

Характеристика системы

Мощностная характеристика



Кавитационная характеристика



Основное условие эффективной и надежной работы насосов

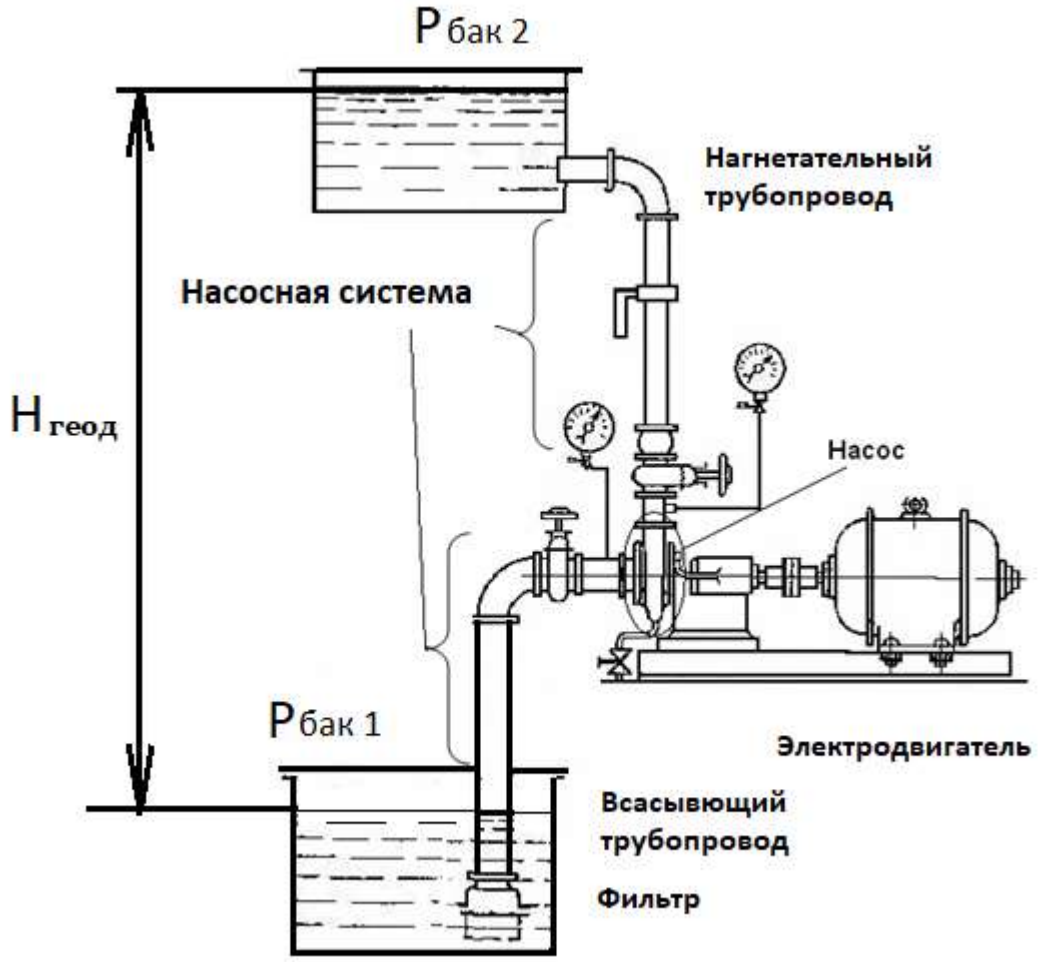
ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ

РАБОЧАЯ ТОЧКА НАСОСА

Характеристики насосов

Насос совершает следующую работу:

1. Подъему жидкости на высоту $H_{геом}$
2. Преодолении разницы давлений $p_{бак\ 1}$ и $p_{бак\ 2}$ в баках. Если баки открыты в атмосферу разница не учитывается.
3. Преодоления сопротивления в трубопроводах, задвижках поворотах и т.п.



Общий вид насосной системы

Учёт режимов – основа правильного подбора насоса

ХАРАКТЕРСИТИКА СИСТЕМЫ

$$H_{систем} = H_{стат} + H_{трен}$$

$H_{трен}$ – динамические потери или потери на трение (потери по длине трубопроводов и арматуре).

$H_{стат}$ – статический напор (геометрический напор и разница давлений).

Характеристика системы

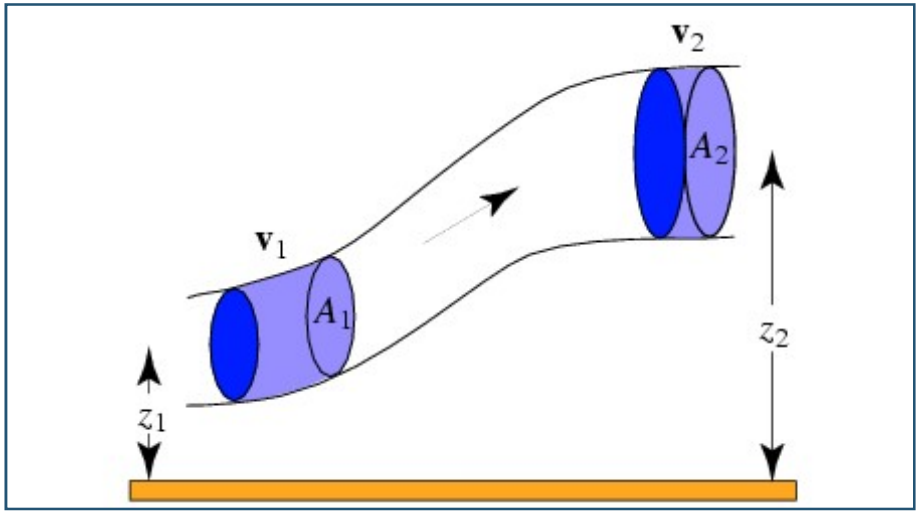
ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ (ПОТЕРИ НА ТРЕНИЕ)

Уравнение Бернулли

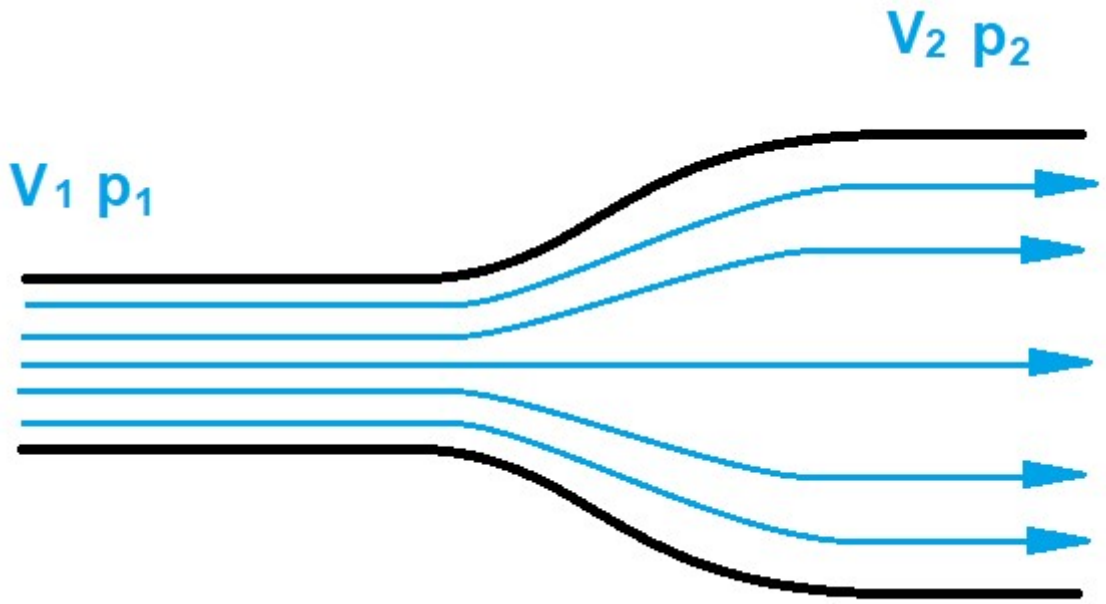
$$\left(\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + Z_1 \right) = \left(\frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + Z_2 \right)$$

Уравнение Бернулли - закон сохранения энергии для потока жидкости.
При движении потока жидкости кинетическая энергия (энергия движения преобразуется в потенциальную энергию (давление и поднятого тела).

p - давление
V - скорость
ρ - плотность жидкости
g – ускорение свободного падения
Z – геометрическая высота



Уравнение Бернулли



$$\left(\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + Z_1 \right) = \left(\frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + Z_2 \right)$$

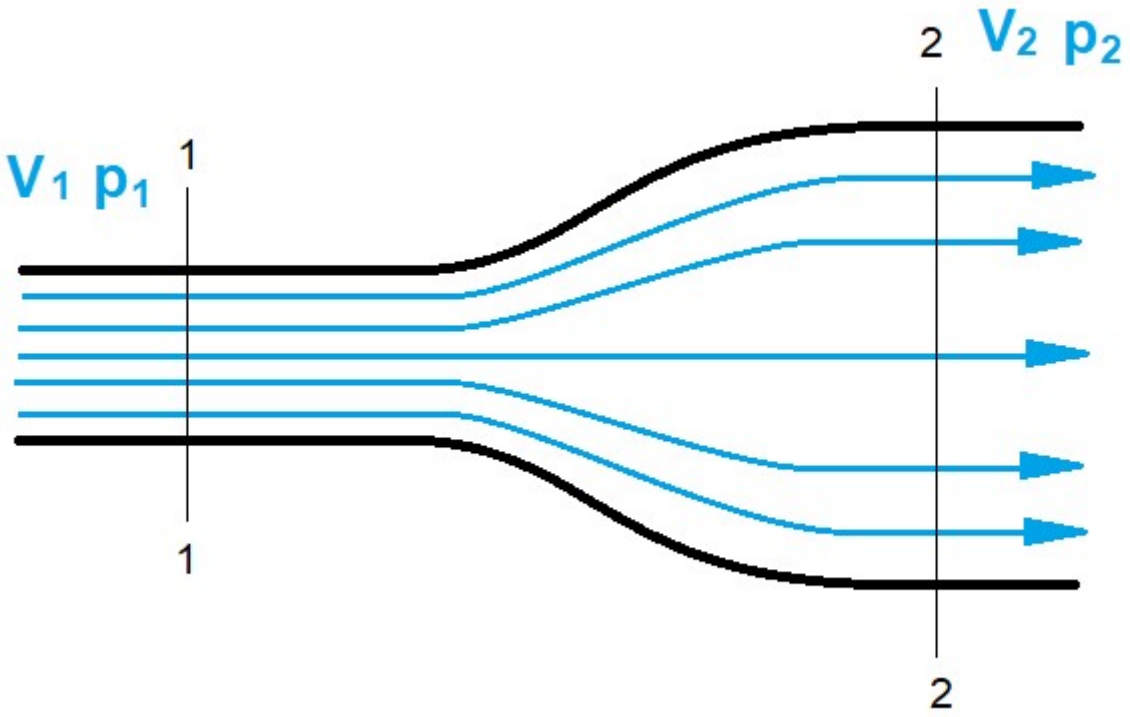
Полная энергия остается постоянной при один вид энергии переходит в другой сумма остается постоянной.

Уравнение Бернулли

$V_2 < V_1$

$p_2 > p_1$

Скорость растет давление уменьшается
Скорость уменьшается давление растет



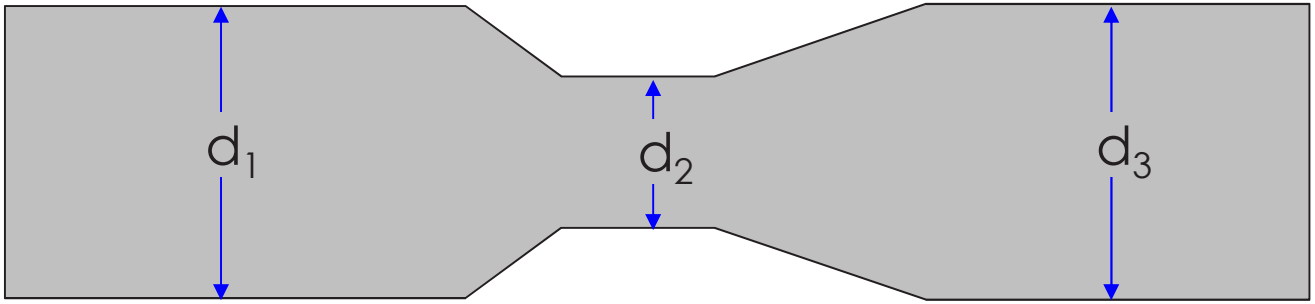
$V = Q/A$

Уравнение Бернулли

Скорость жидкости изменяется с изменением диаметра

$Q_1 = Q_2 = Q_3$

$V_1A_1 = V_2A_2 = V_3A_3$



$$A_1 = \pi \times \left(\frac{d_1}{2}\right)^2 \qquad A_2 = \pi \times \left(\frac{d_2}{2}\right)^2$$

$$V_1 = V_2\left(\frac{A_2}{A_1}\right) = V_2\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

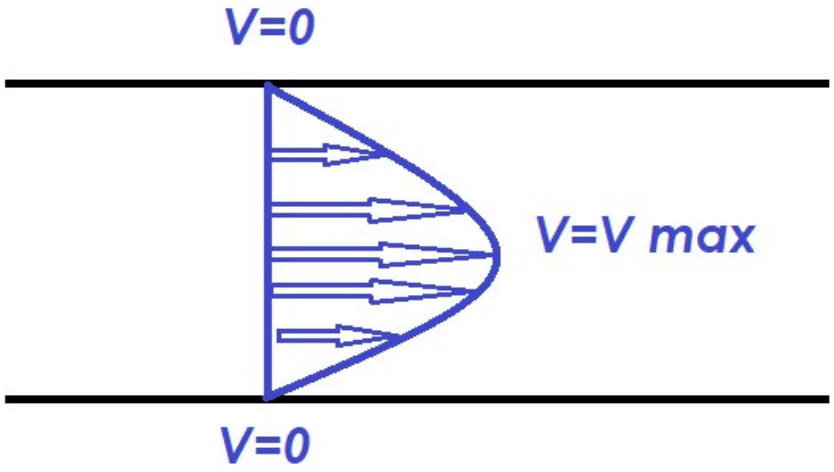
Если $d_1 = 2 \times d_2$, тогда V_2 будет $4 \times V_1$

Уравнение Бернулли

Уравнение Бернулли для реальной жидкости. В правой части присутствую потери - H_f.

$$\left(\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + Z_1 \right) = \left(\frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + Z_2 \right) + H_{\text{потерь}}$$

Потери на трение по длине трубопровода зависят от шероховатости стенок трубы и вязкости жидкости и скорости движения.
Потери связанные с изменение формы потока – местные потери



Характеристика системы

Потери по длине трубопровода.

Формула Дарси Вейсбаха

$$H_{трен} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$H_{трен}$ – потери на трение, м
L – длина трубопровода, м
d – внутренний диаметр трубопровода, м
V – скорость жидкости в трубопроводе, м/с
g – ускорение свободного падения м/с^2
f – коэффициент потерь на трение, зависти от вязкости , шероховатости стенок трубы.

$\frac{V^2}{2g}$ - скоростной напор, м

$$H_{тр} = f \cdot \frac{L}{d^5} \cdot \frac{Q^2}{\pi^2 \cdot 2 \cdot g}$$

Характеристика системы

Потери на трение $H_{трен}$.

1. Потери на трение по длине трубопровода зависят от шероховатости стенок трубы, вязкости жидкости и скорости движения.
2. Потери на местных сопротивлениях - колена, расширения, сужения, арматура. Везде, где поток жидкости меняет свою форму.

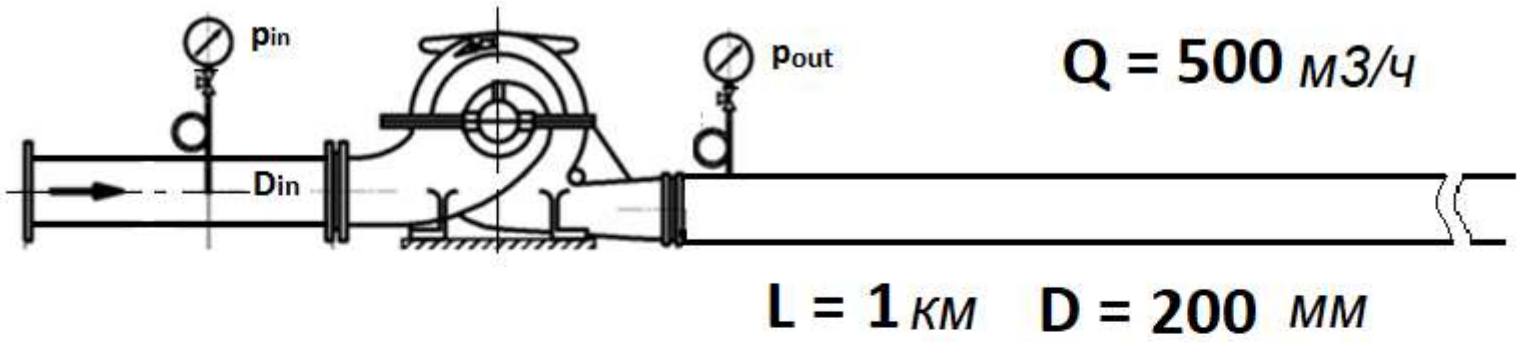
$$H_{трен}=kQ^2$$

K – коэффициент потерь на трение. Зависит от шероховатости, режима течения жидкости (ламинарный, турбулентный).

Q – расход жидкости через трубопровод.

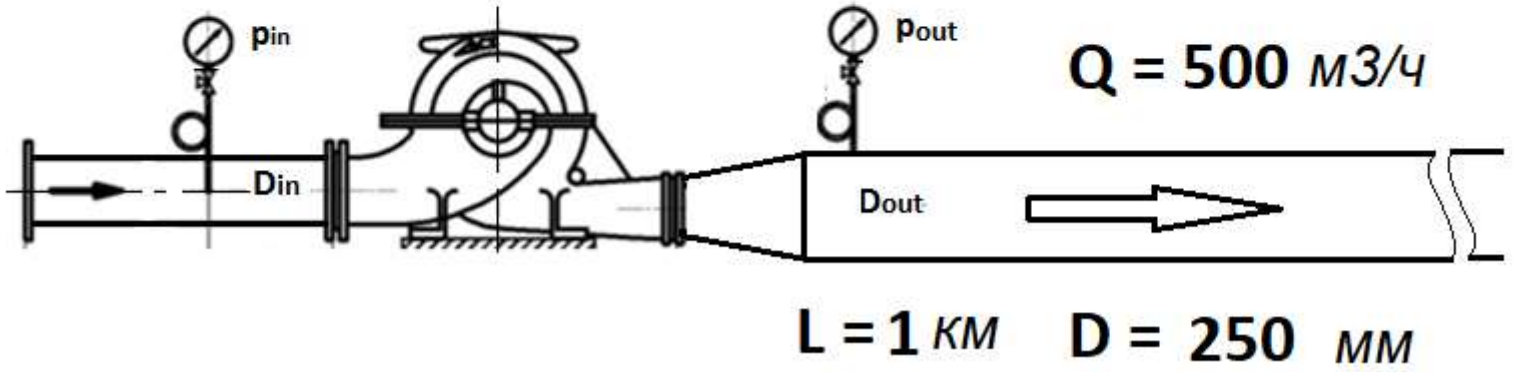
Увлечение скорости жидкости в два раза приводит к увеличению сопротивления в четыре раза.

Характеристика системы



$p_{наг}$ = 7 бар

$P_{потерь}$ = 95.4 кВт

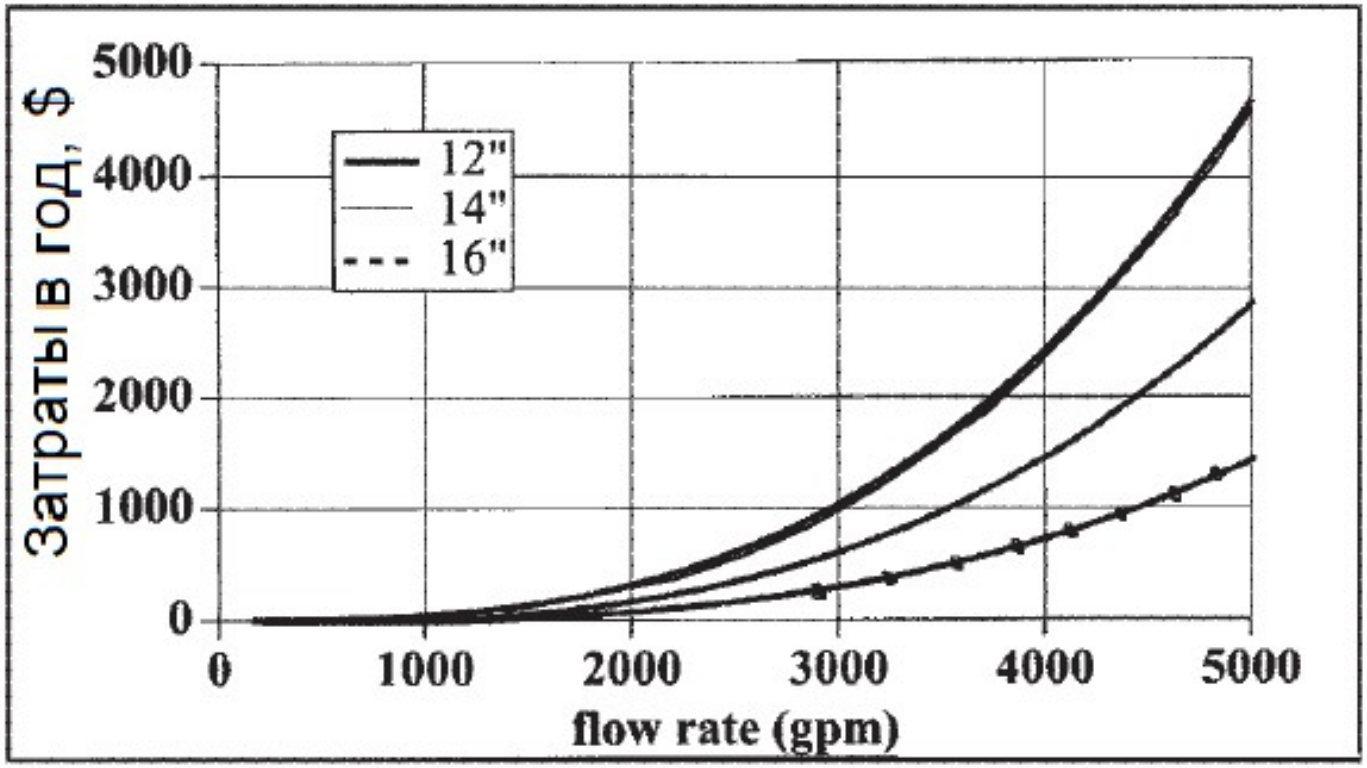


p_{out} = 2.66 бар

$P_{потерь}$ = 35 кВт

Увлечение скорости жидкости в два раза приводит к увеличению сопротивления в четыре раза.

Характеристика системы



Стоимость потерь на трение в трубопроводе в денежном выражении на 100 футов длины.

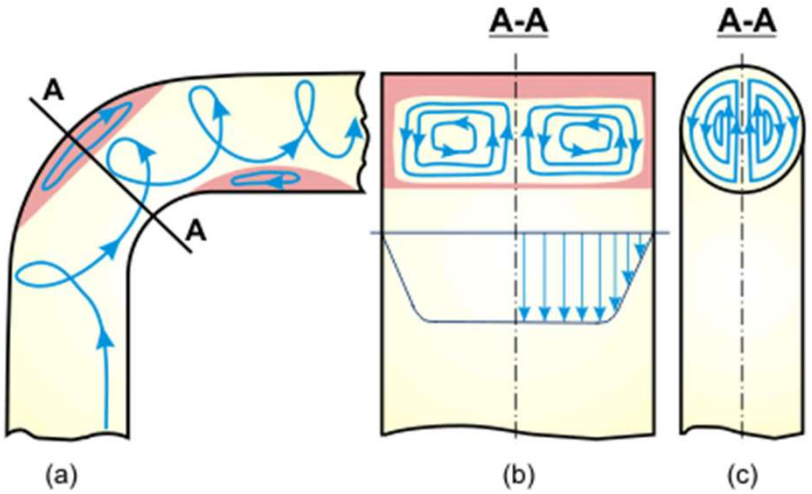
Характеристика системы

МЕСТНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Характеристика системы

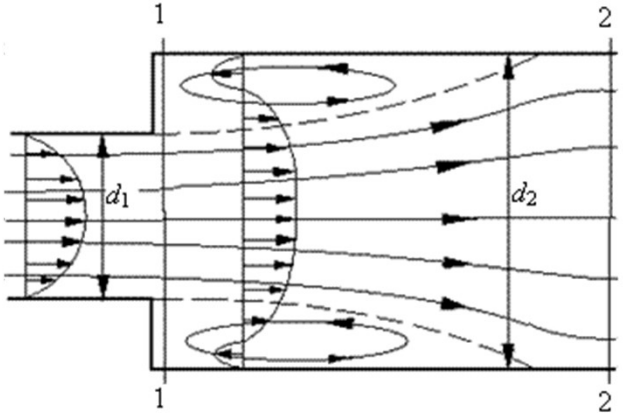
Местные гидравлические сопротивления - это элементы гидравлической системы, в которых поток меняет форму - колена, конфузоры диффузоры, задвижки, фильтры и т.п.

При изменении потока происходит завихрения противотоки, что приводит к потерям энергии.

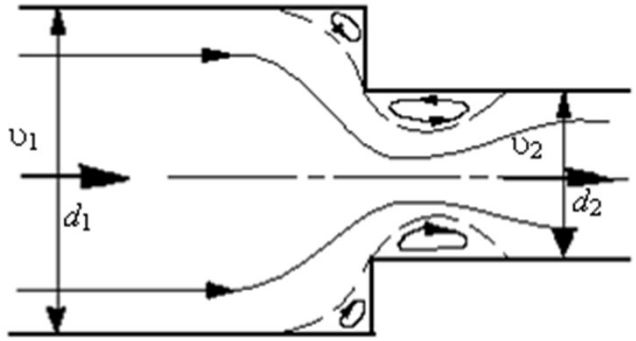


Характеристика системы

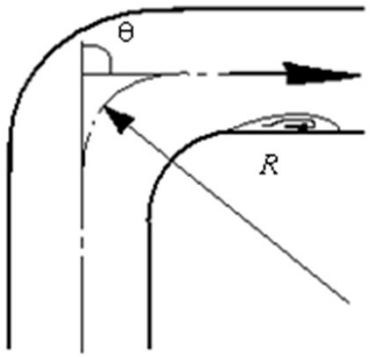
Примеры местных сопротивлений



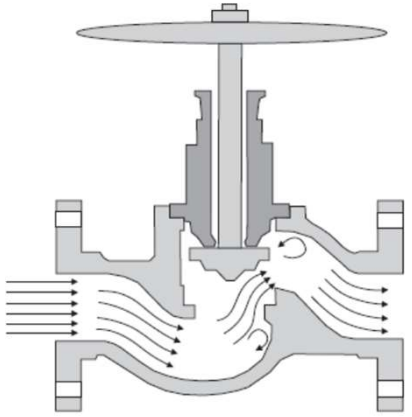
Внезапное расширение



Внезапное сужение



Поворот



Вентиль

Характеристика системы

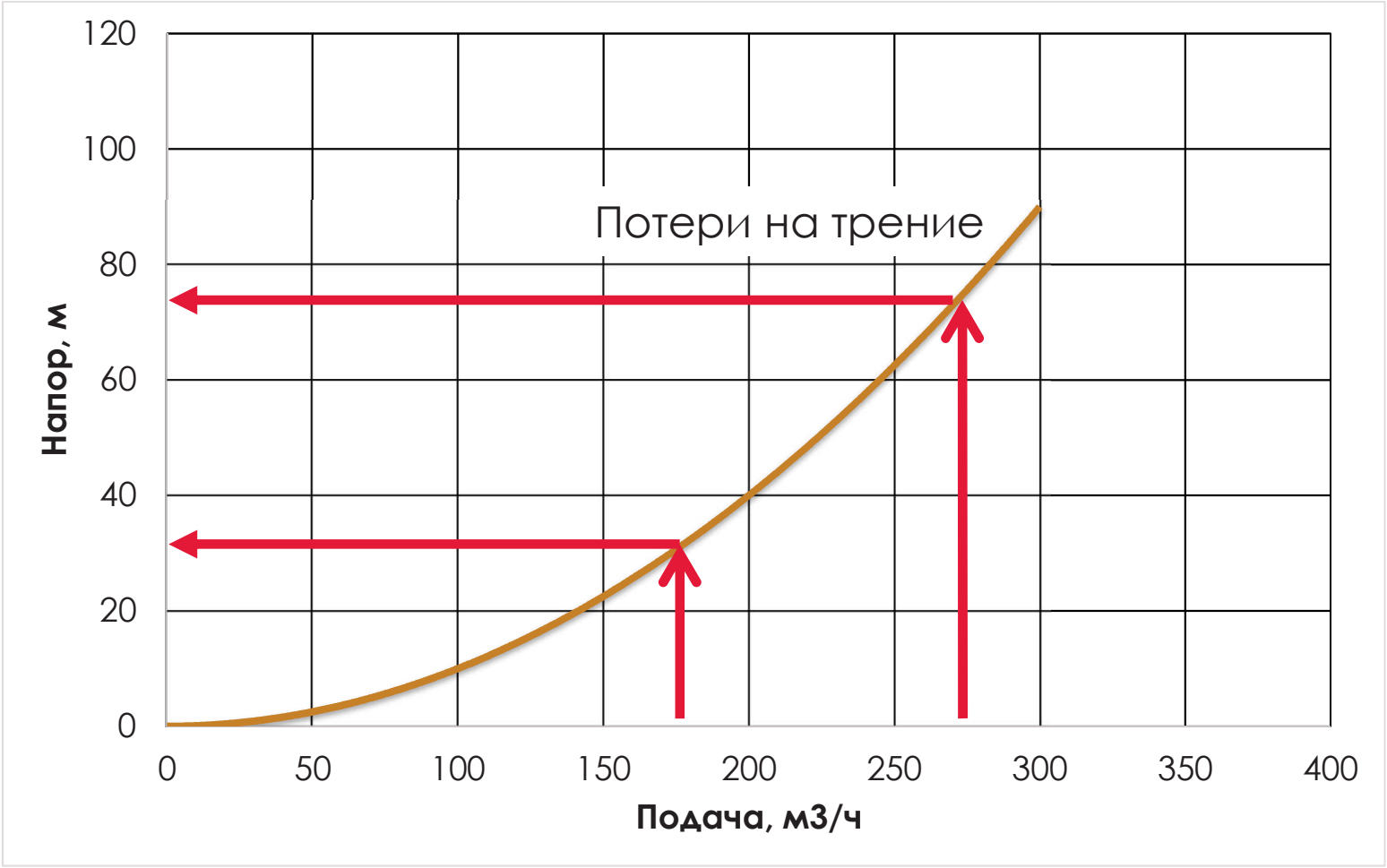
Характеристики местных сопротивлений.

$$h_м = \xi_м \frac{V^2}{2g}$$

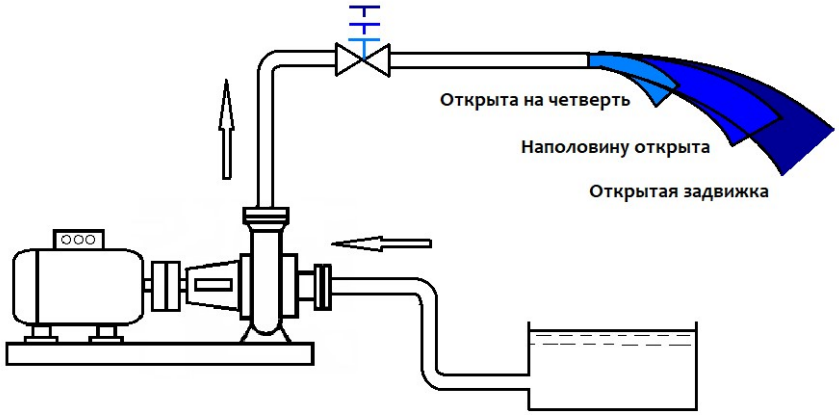
V – скорость жидкости в трубопроводе.
g – ускорение свободного падения.
$\xi_м$ - коэффициент потерь местного сопротивления. Зависит от типа сопротивления его размеров и т.д. Значения для различных сопротивлений приведены в справочниках.

Паспорт на задвижку содержит характеристику задвижки. Коэффициент сопротивления задвижки в зависимости от степени открытия.
Степень открытия позволяет определить потери давления на задвижке.

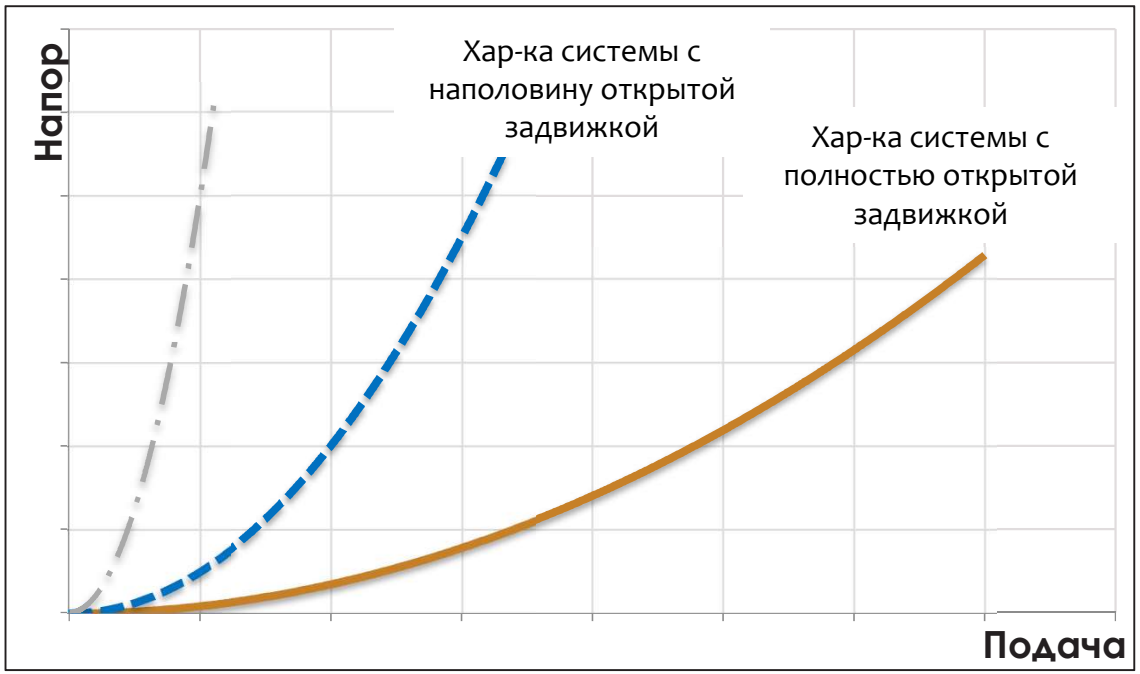
Характеристика системы



Характеристика системы



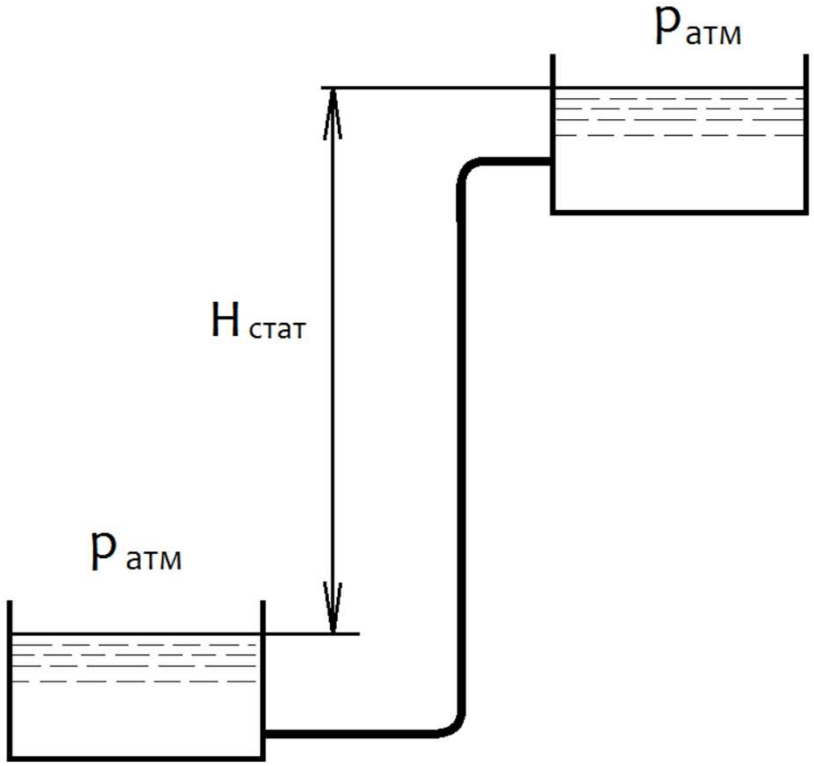
Хар-ка системы с начетверть открытой задвижкой

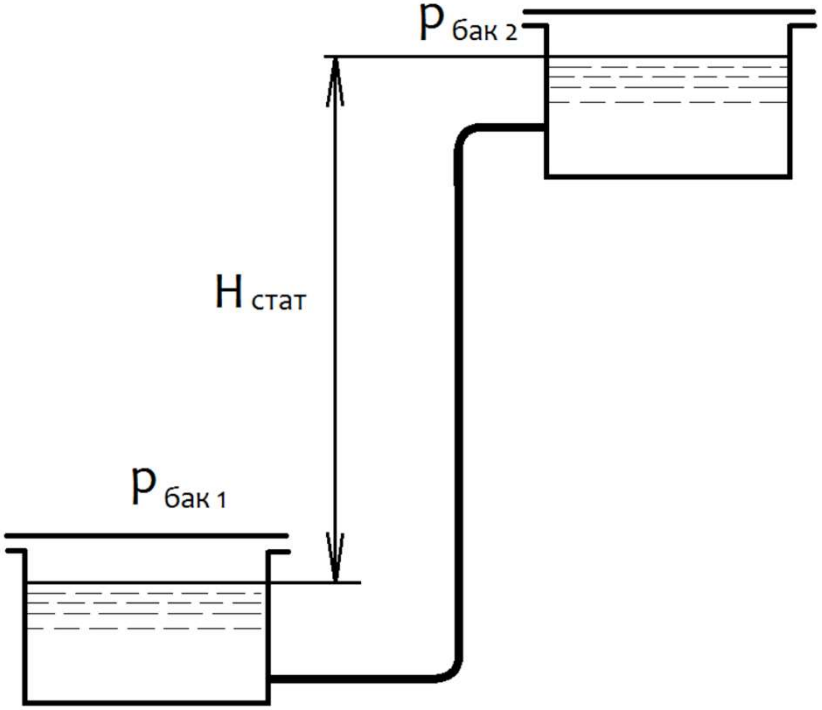


Характеристика системы

СТАТИЧЕСКИЙ НАПОР СИСТЕМЫ

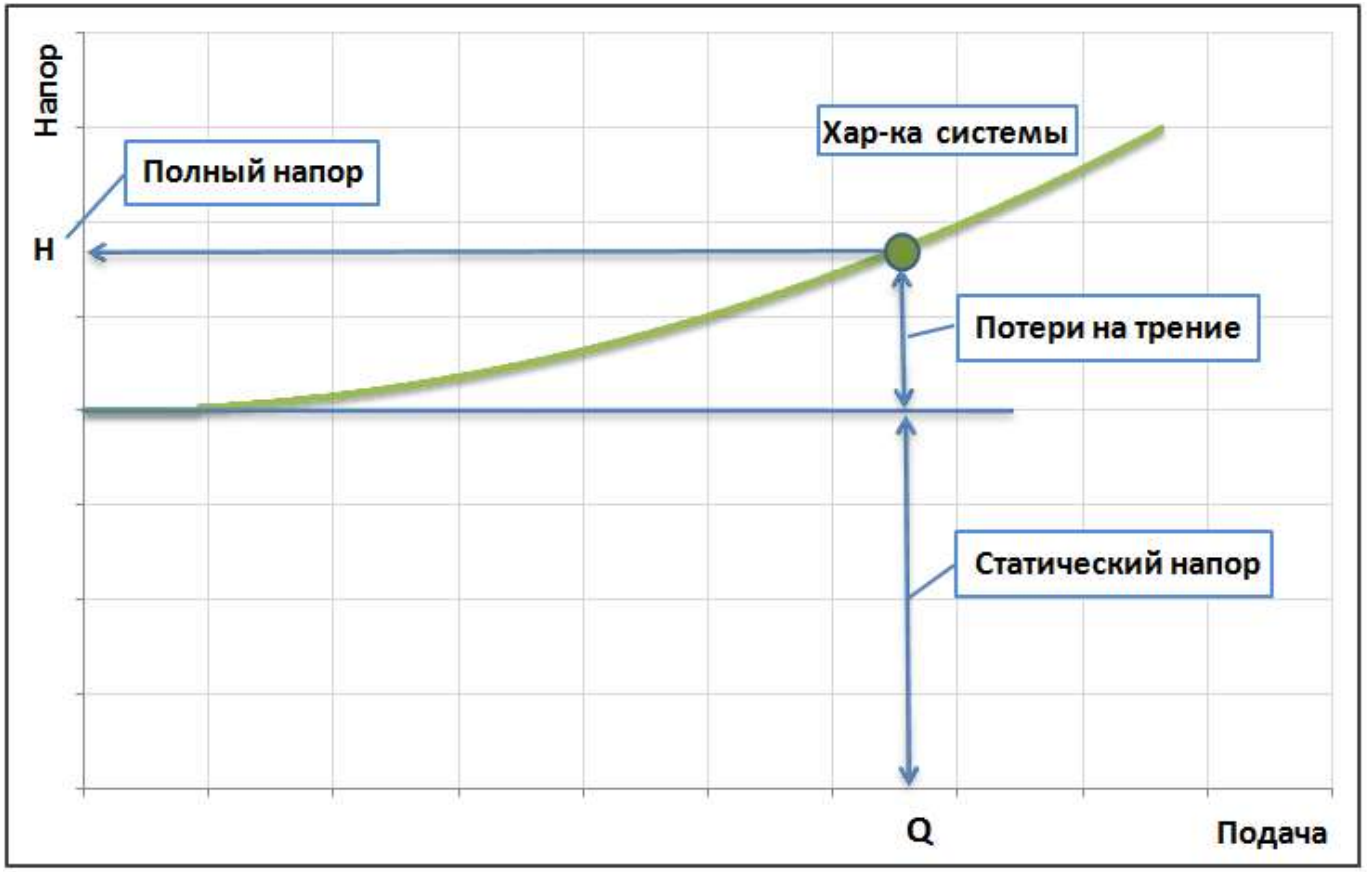
Характеристика системы





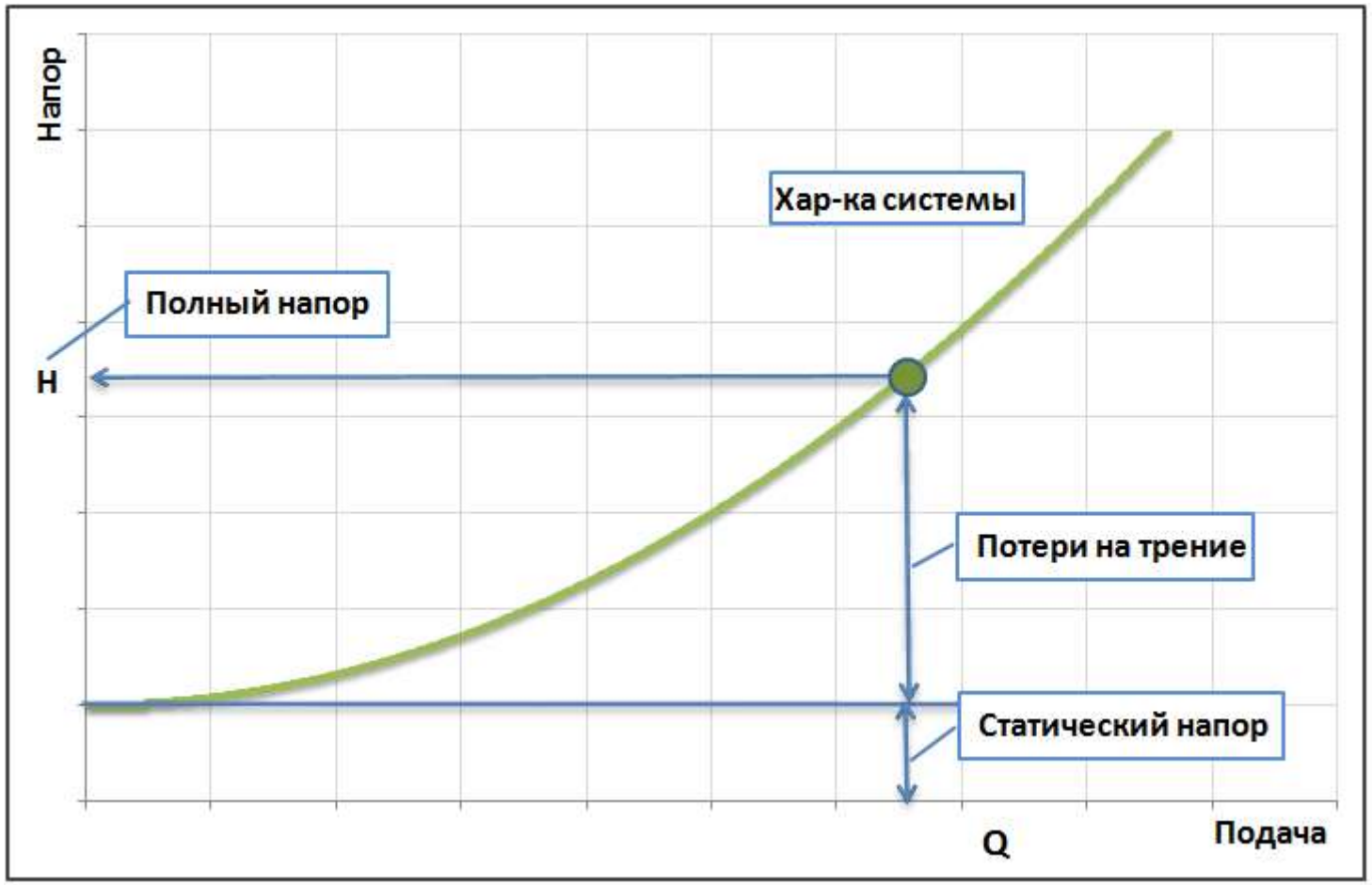
Характеристика системы

Система с большой статической составляющей

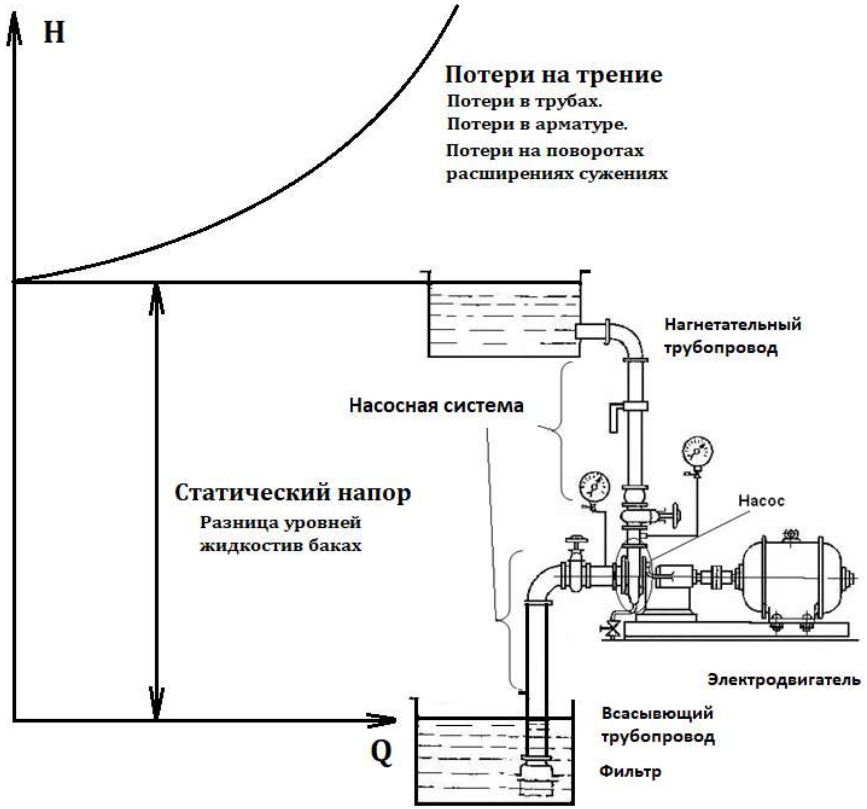


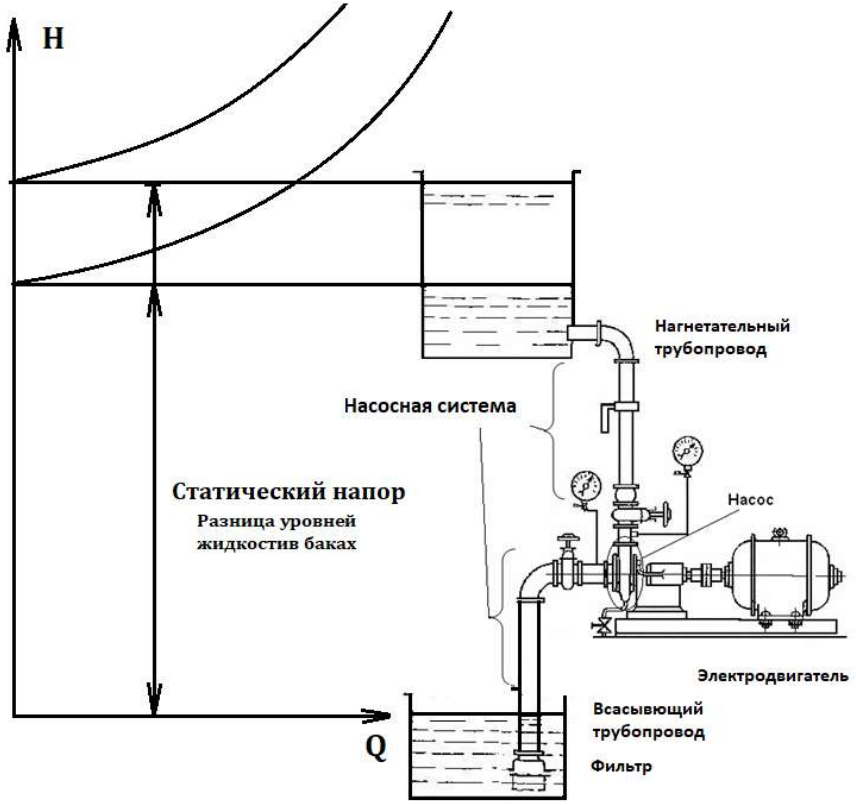
Характеристика системы

Система с малой статической составляющей



Характеристика системы

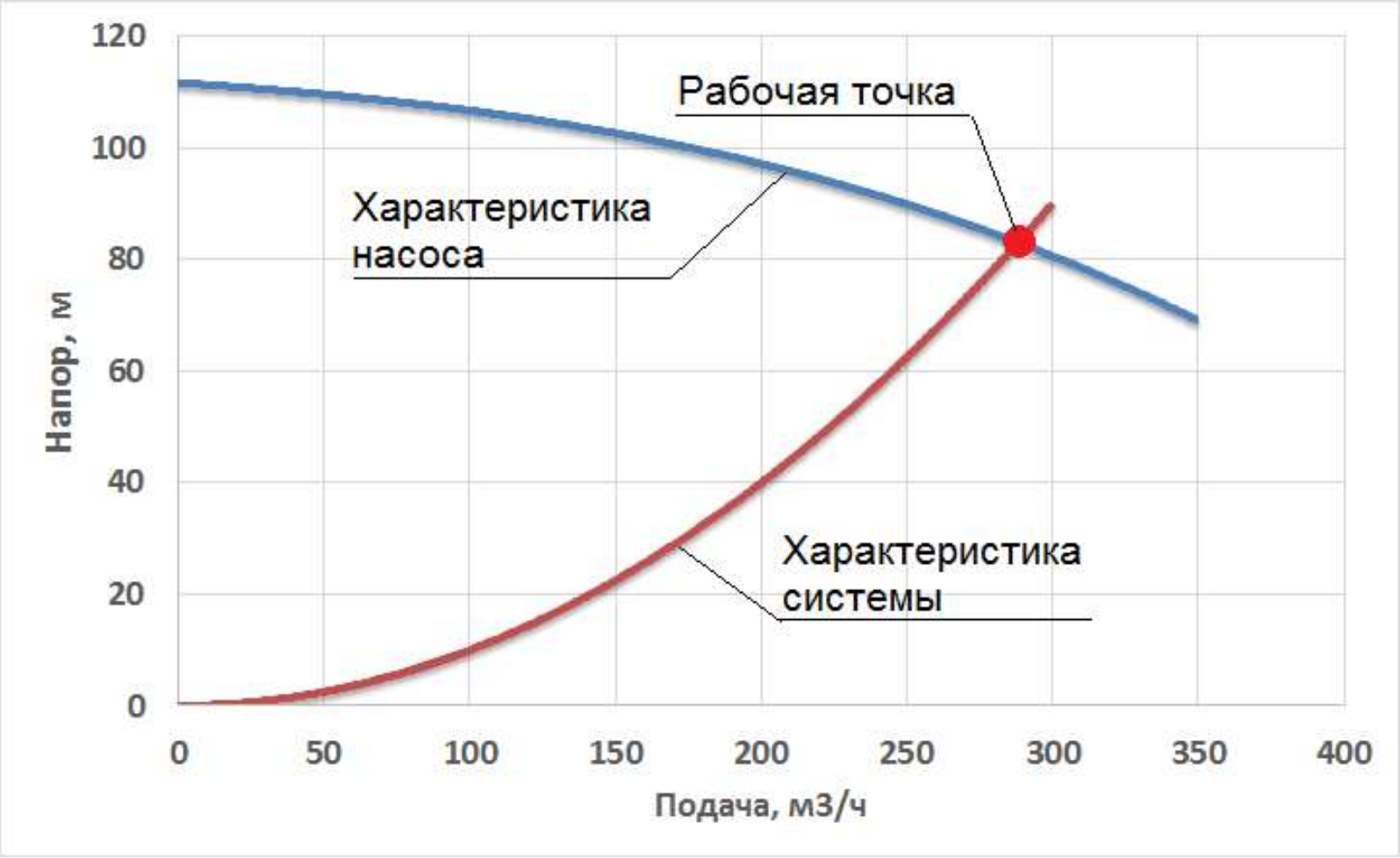




Характеристика системы

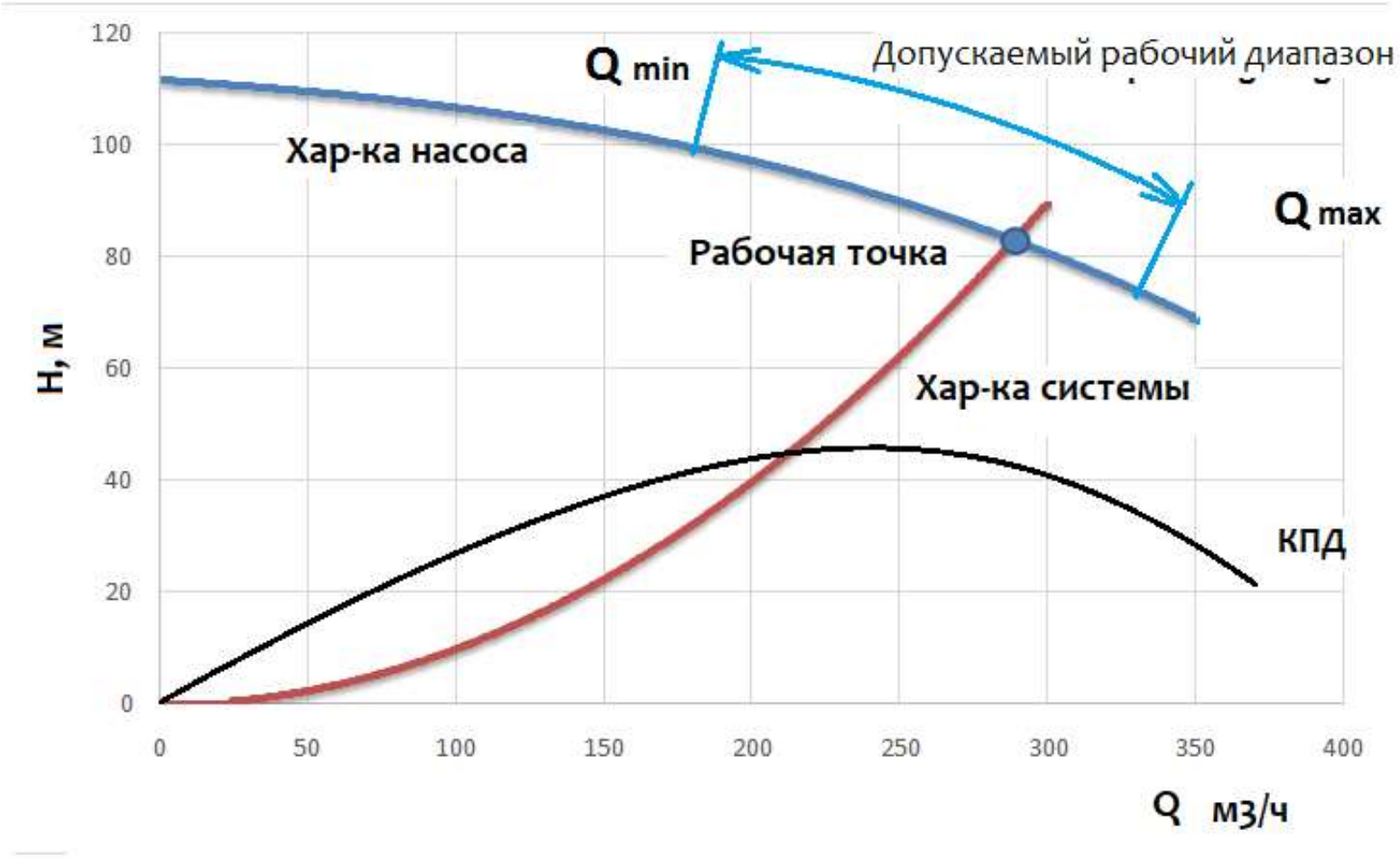
РАБОЧАЯ ТОЧКА НАСОСА

Характеристика системы



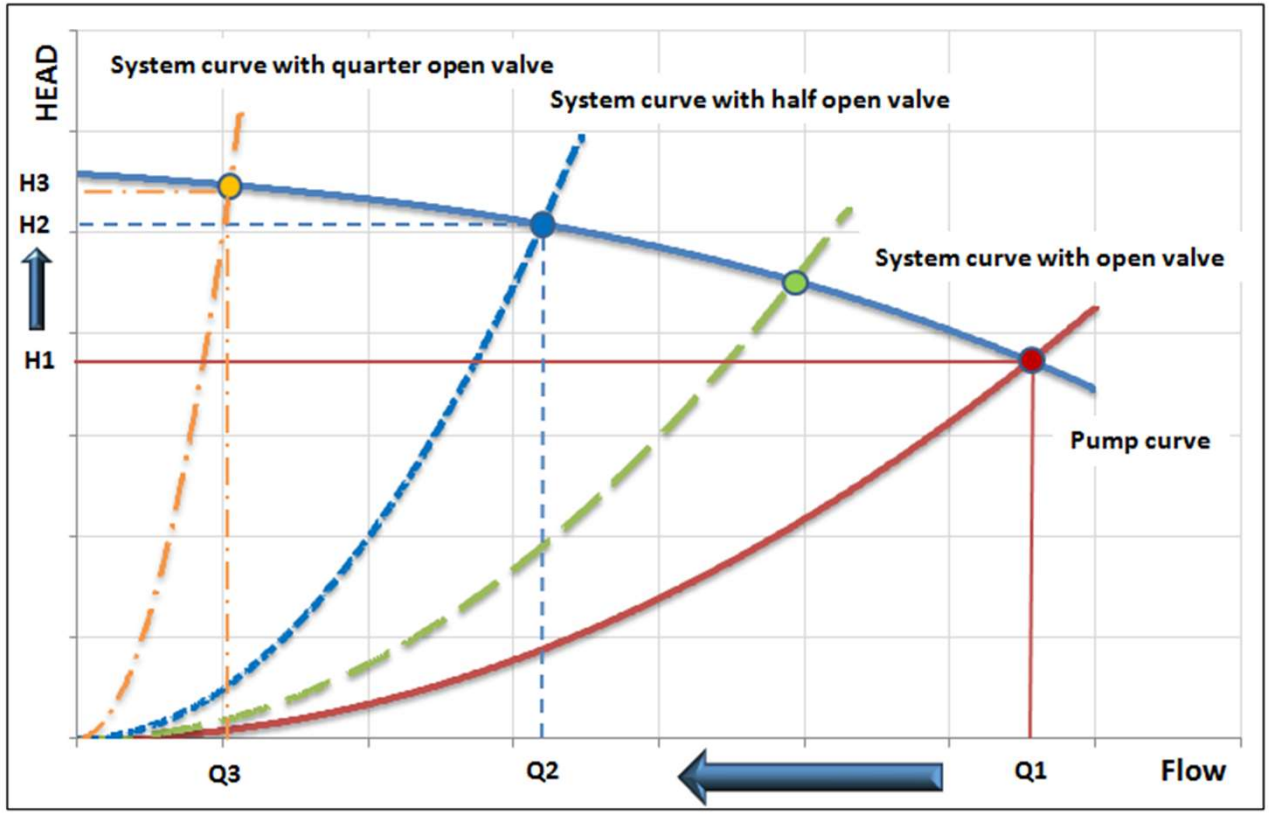
Характеристика насоса лежит на пересечении характеристик насоса и системы

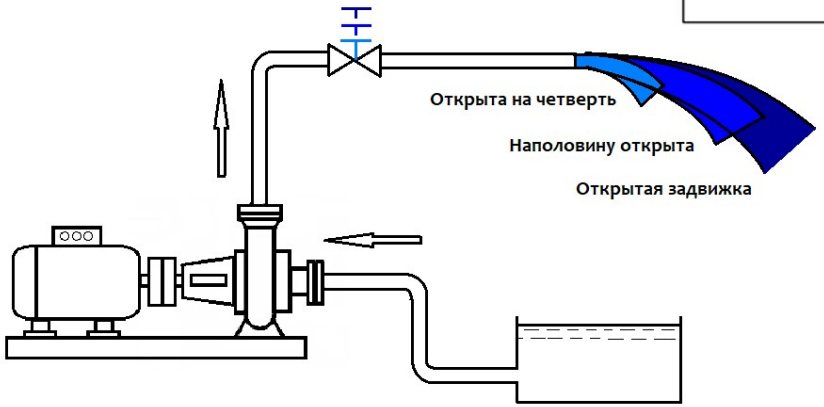
Характеристика системы



Допускаемый рабочий диапазон – диапазон подач насоса, в котором производитель допускает работу насоса с заявленными показателями надежности. Выбирается Q_{min} =0,7 $Q_{ном}$ Q_{max} =1,2 $Q_{ном}$

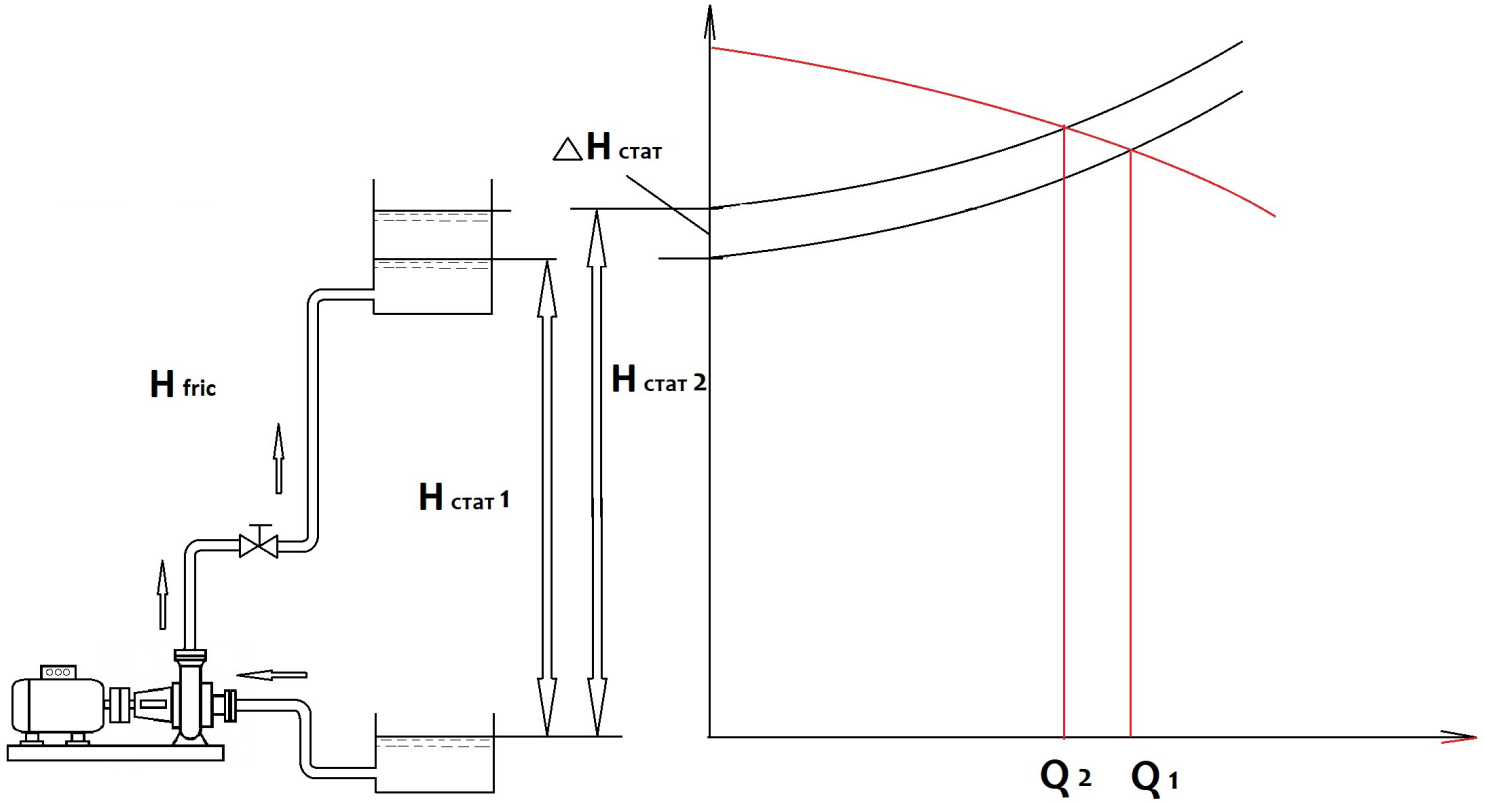
Характеристика системы





Характеристика системы

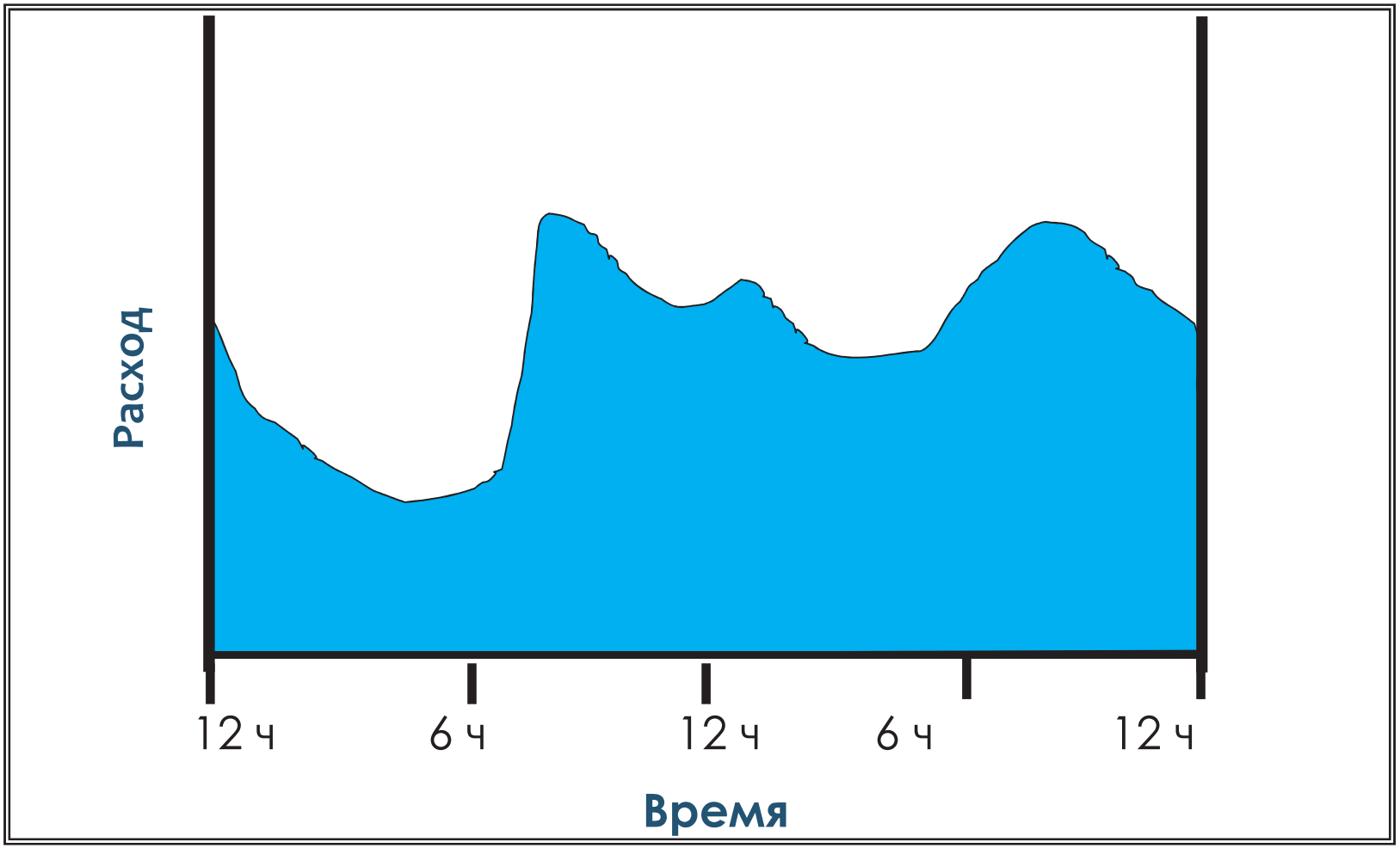
Как меняется режим работы насоса при изменении статической составляющей системы. Изменение уровня жидкости в резервуаре.



Способы регулирования насосов

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАСОСОВ

Способы регулирования насосов



Пример дневного изменения расхода. Меняющийся профиль нагрузки

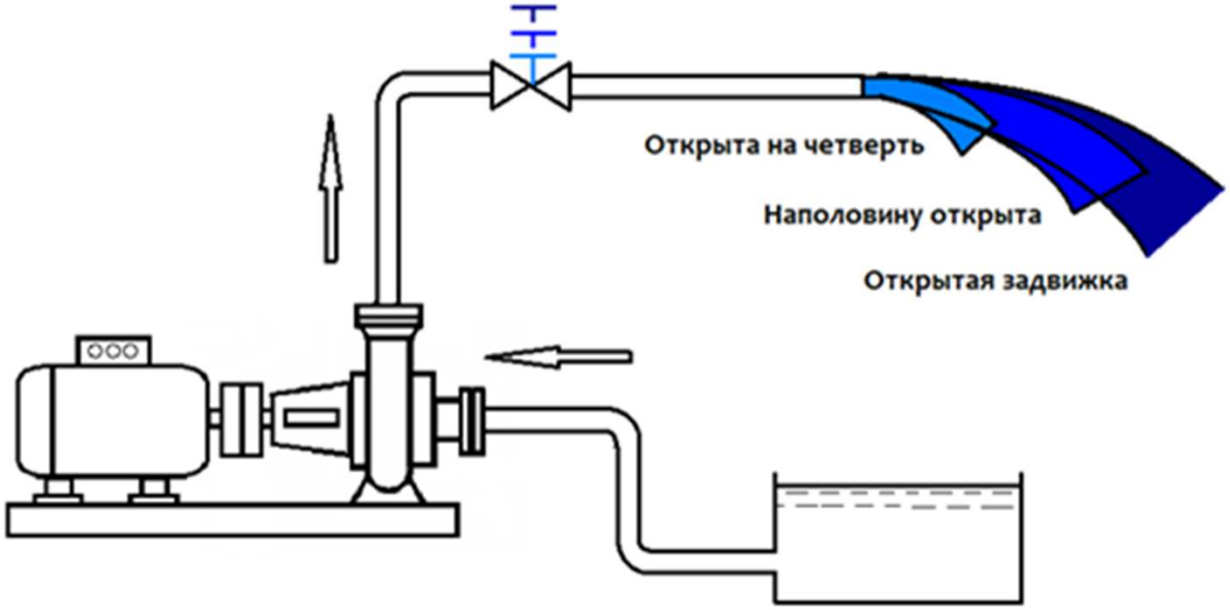
55

Способы регулирования насосов

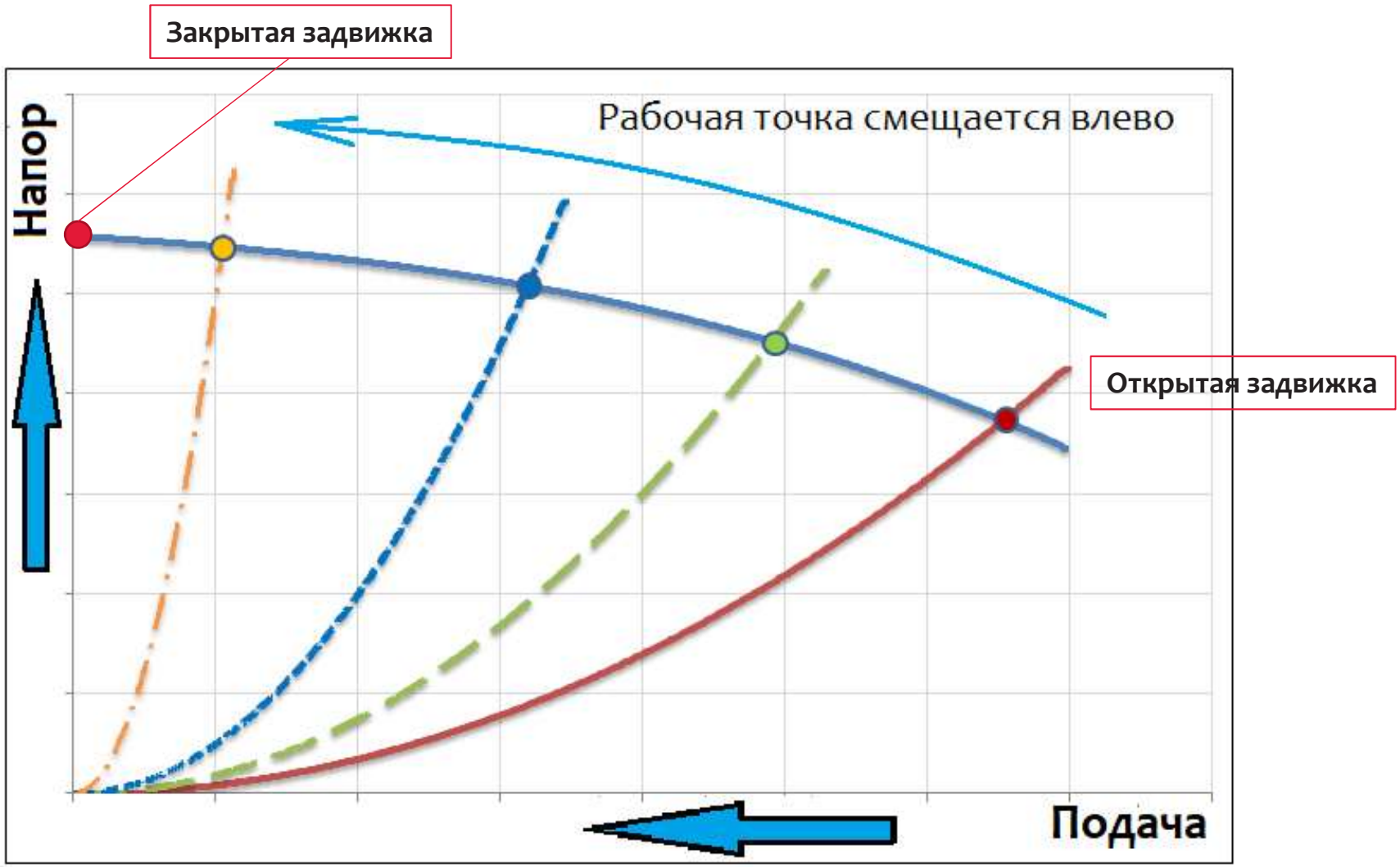
1. ДРОССЕЛЬНОЕ РУГУЛИРОВАНИЕ. РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАДВИЖКОЙ.
2. БАЙПАСС. ПЕРКПУСК ЧАСТИ ПОТОКА НА ВХОД НАСОСОВ.
3. ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ. ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ НАСОСА.
4. ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА НАСОСОВ.
5. КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАСОСОВ.

Способы регулирования насосов

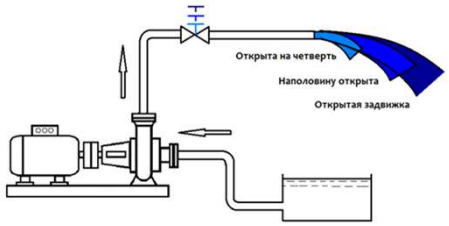
ДРОССЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
(РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАДВИЖКОЙ)



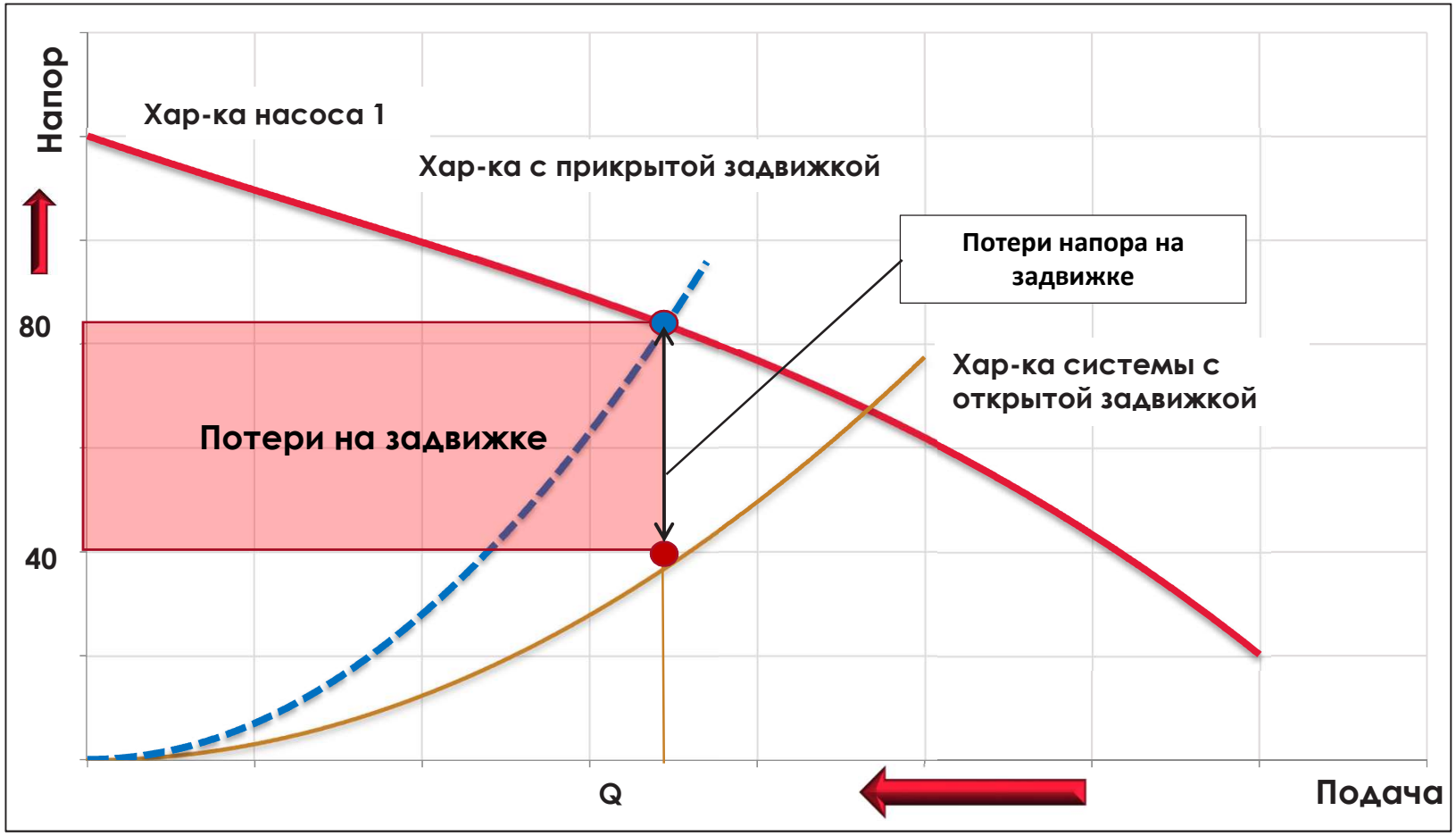
Способы регулирования насосов



Подача насоса уменьшается, Напор растет



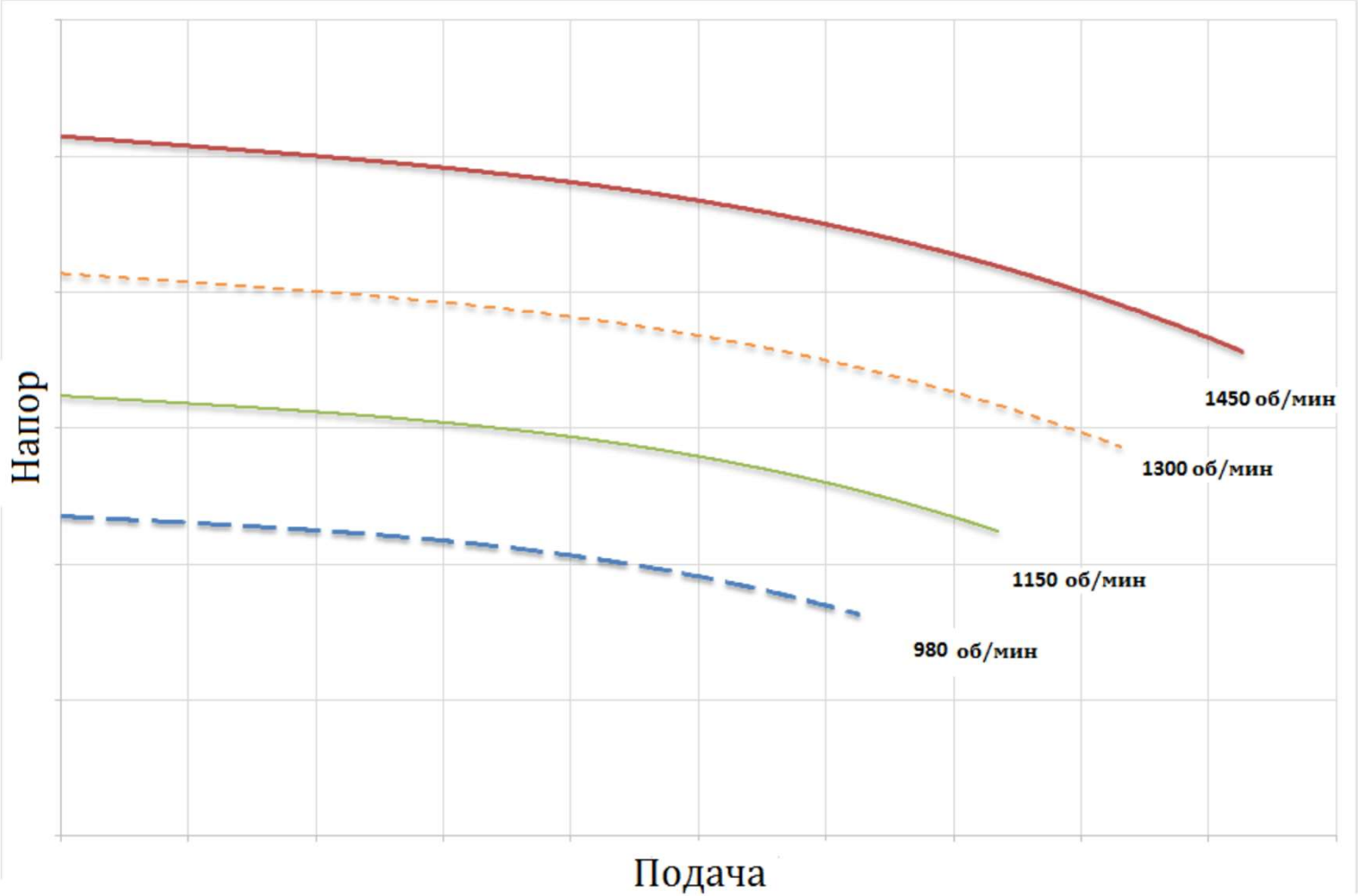
Способы регулирования насосов



Способы регулирования насосов

РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ НАСОСА (ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ)

Способы регулирования насосов



Способы регулирования насосов

ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ. ИЗМЕНЕНИЕ ЧАТОТЫ ВРАЩЕНИЯ НАСОСА.

ФОРМУЛЫ ПОДОБИЯ.

Определяют зависимость параметров насосов от частоты вращения.

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right) = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^1$$

При снижении частоты вращения в 2 раза, напор уменьшается в **2 раза.**

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

При снижении частоты вращения в 2 раза, напор уменьшается в **4 раза.**

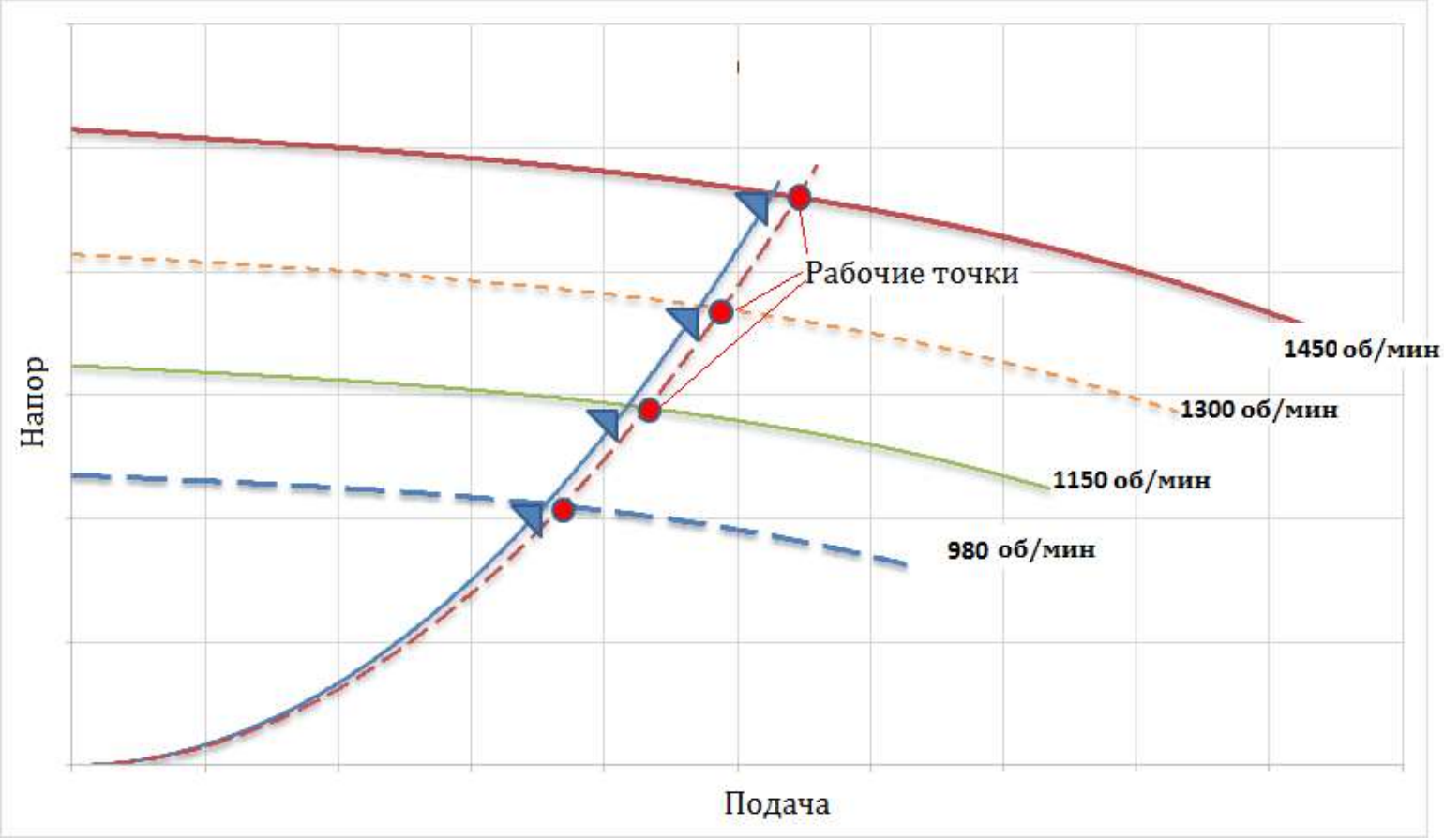
$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

При снижении частоты вращения в 2 раза, потребляемая мощность уменьшается в **8 раз**.

$$\left(\frac{NPSH_1}{NPSH_2}\right) = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

Способы регулирования насосов

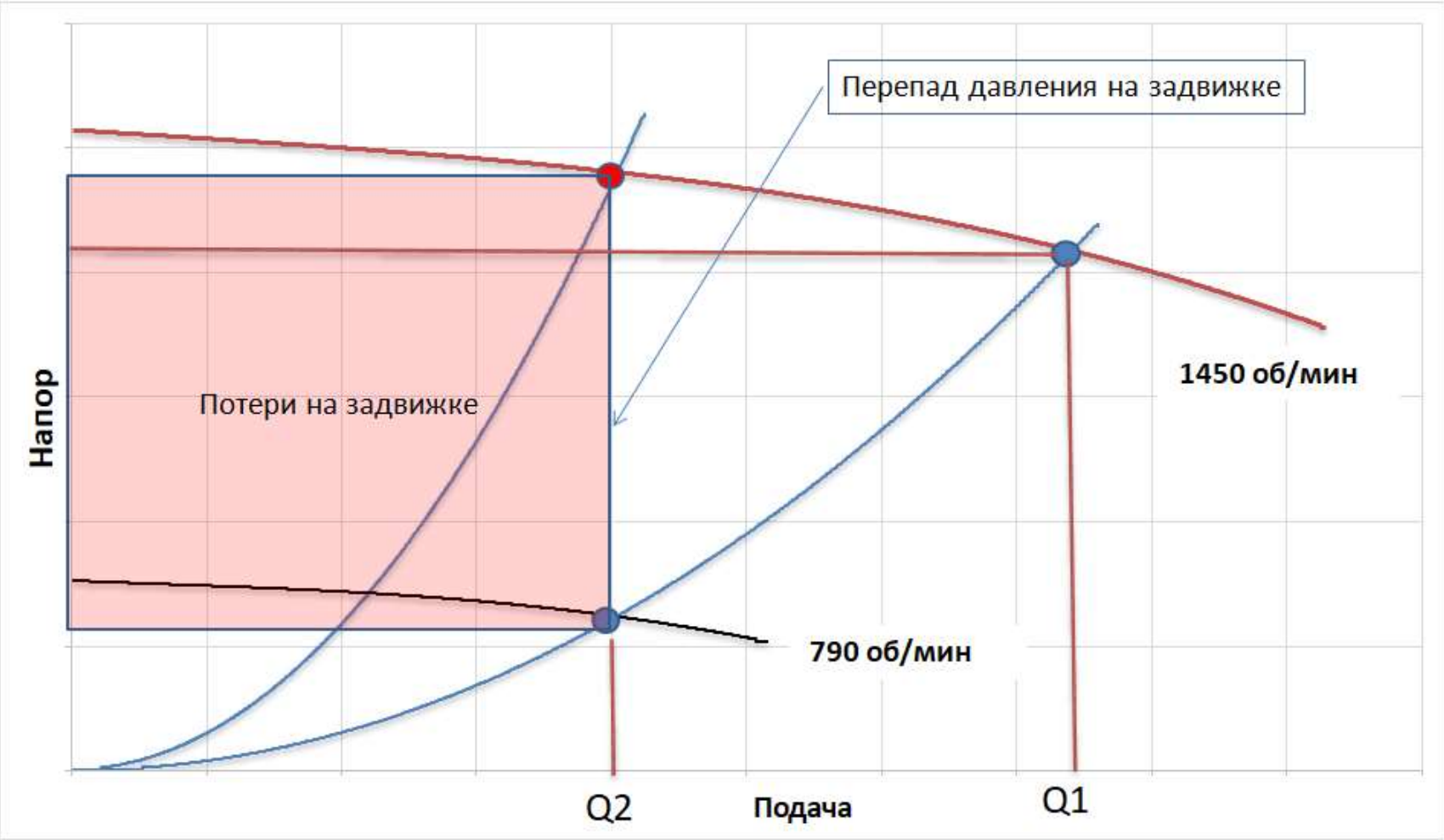
Регулирование частоты вращения насоса в системе с потерями на трение



КПД при изменении частоты вращения не меняется !!!

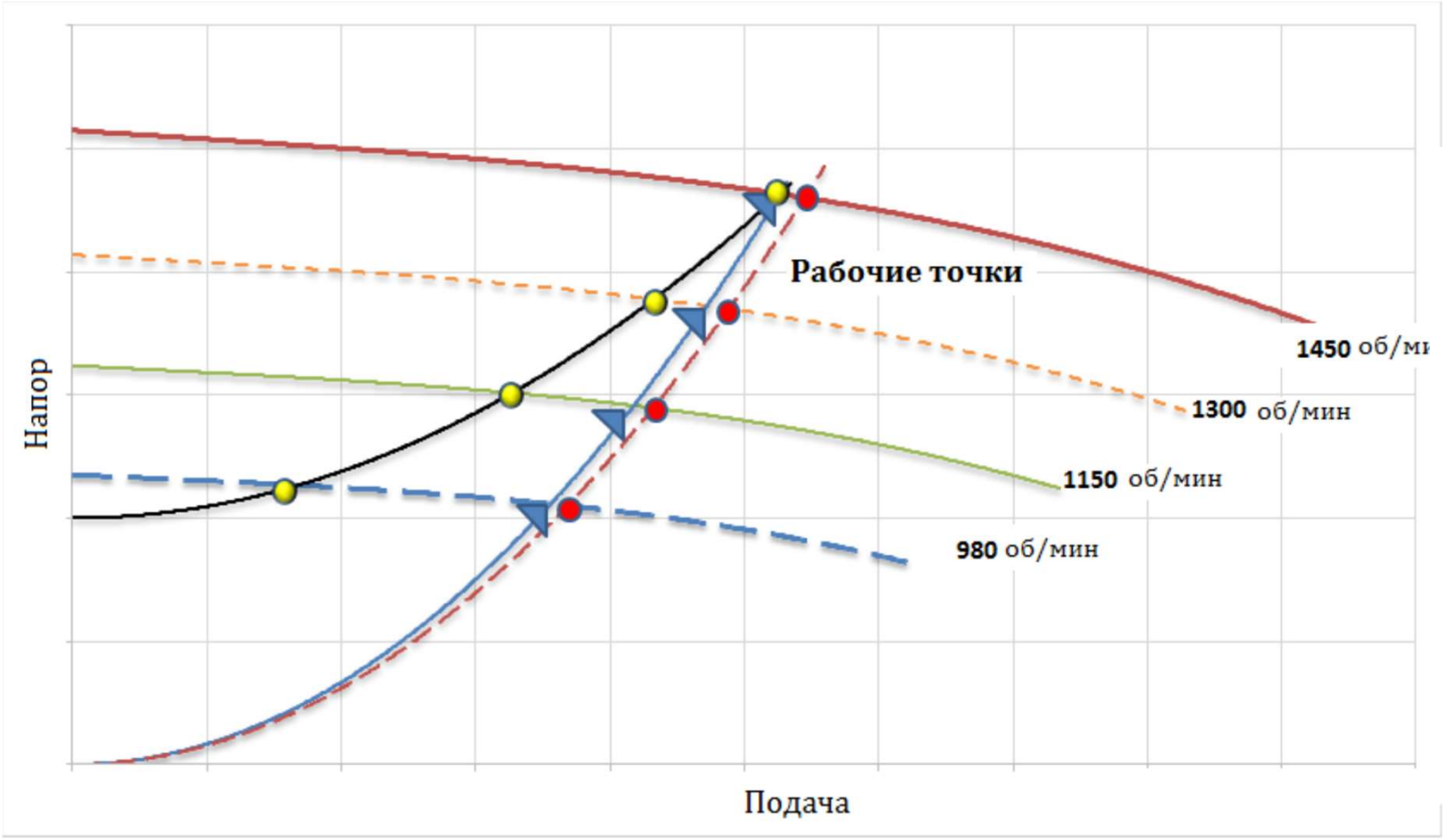
Способы регулирования насосов

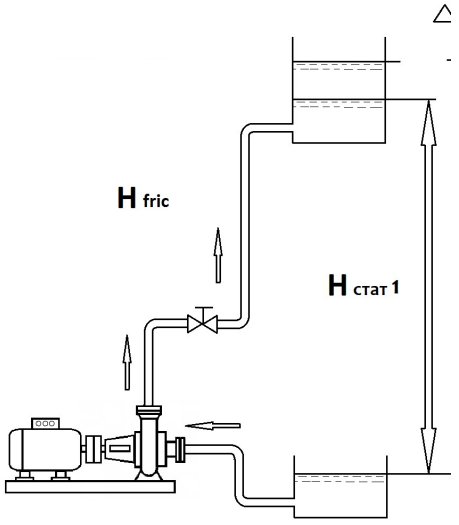
СРАВНЕНИЕ ДРОССЕЛЬНОГО ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ



Способы регулирования насосов

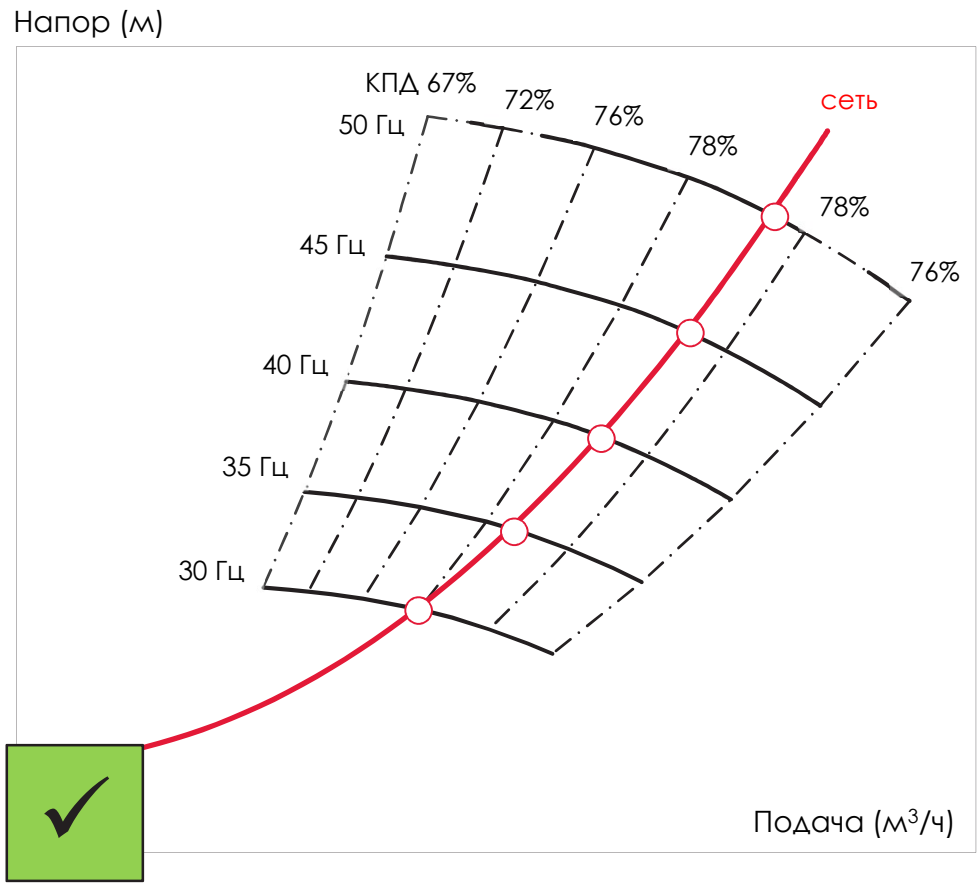
Частотное регулирование в системах с преимущественной статической составляющей

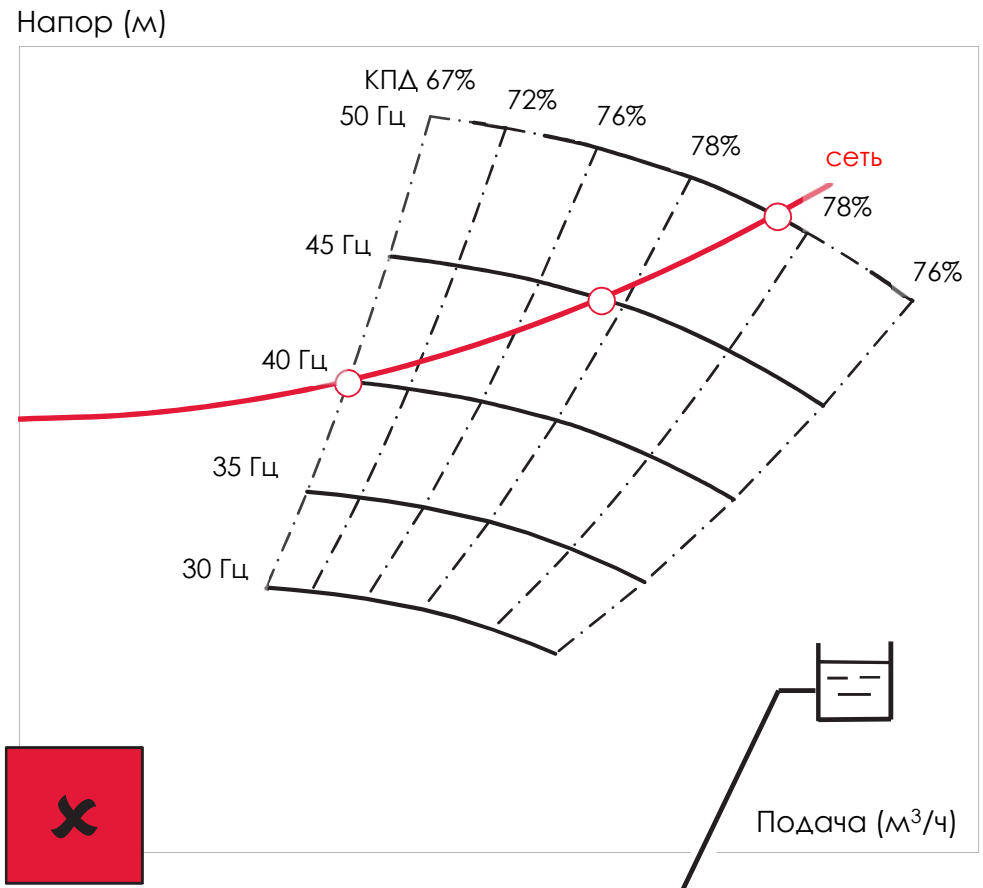


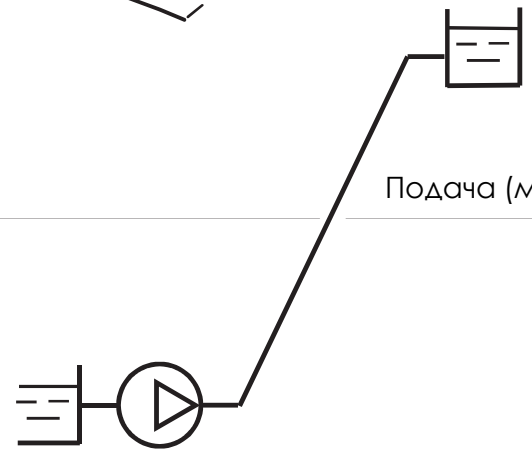


Рабочая точка смещается влево в сторону меньшего К.П.Д. !!!

Частотное регулирование эффективно в системах с малой статической составляющей



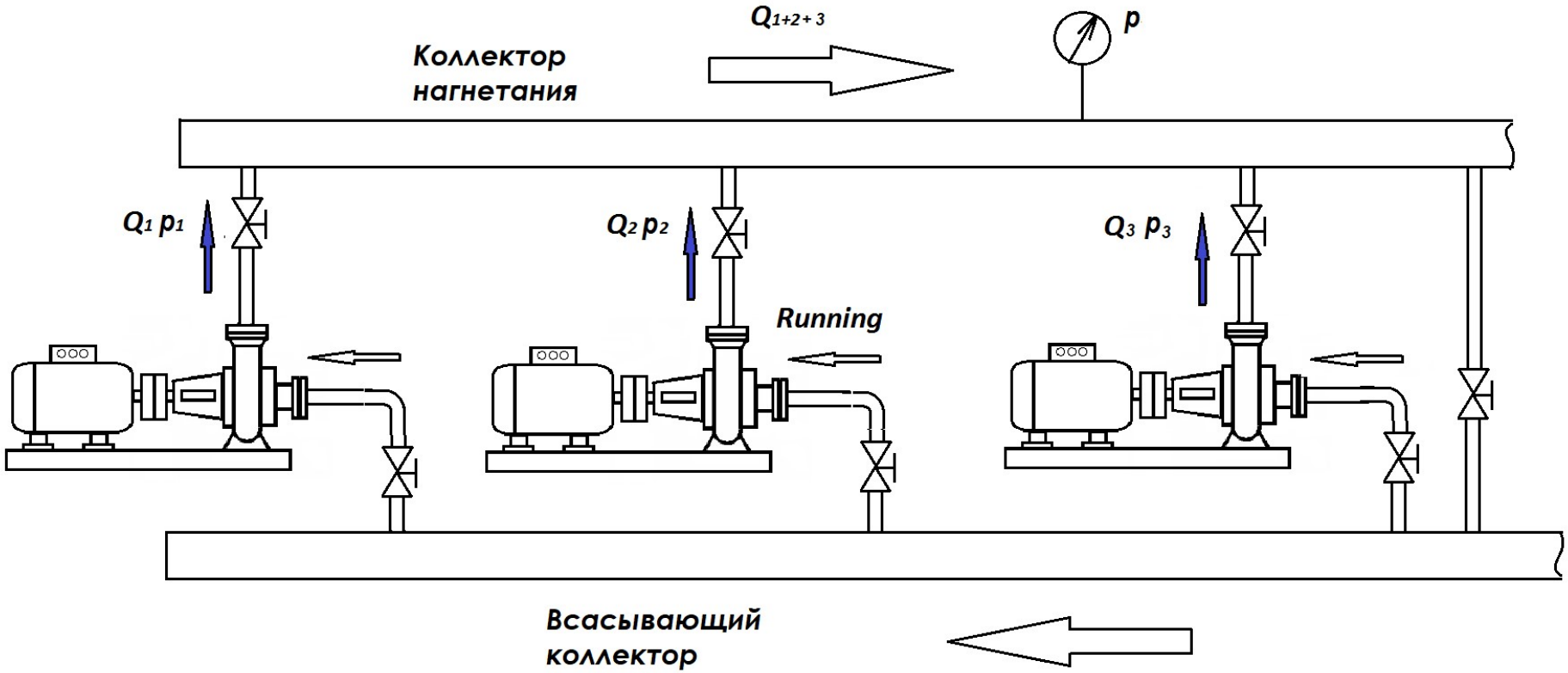




Способы регулирования насосов

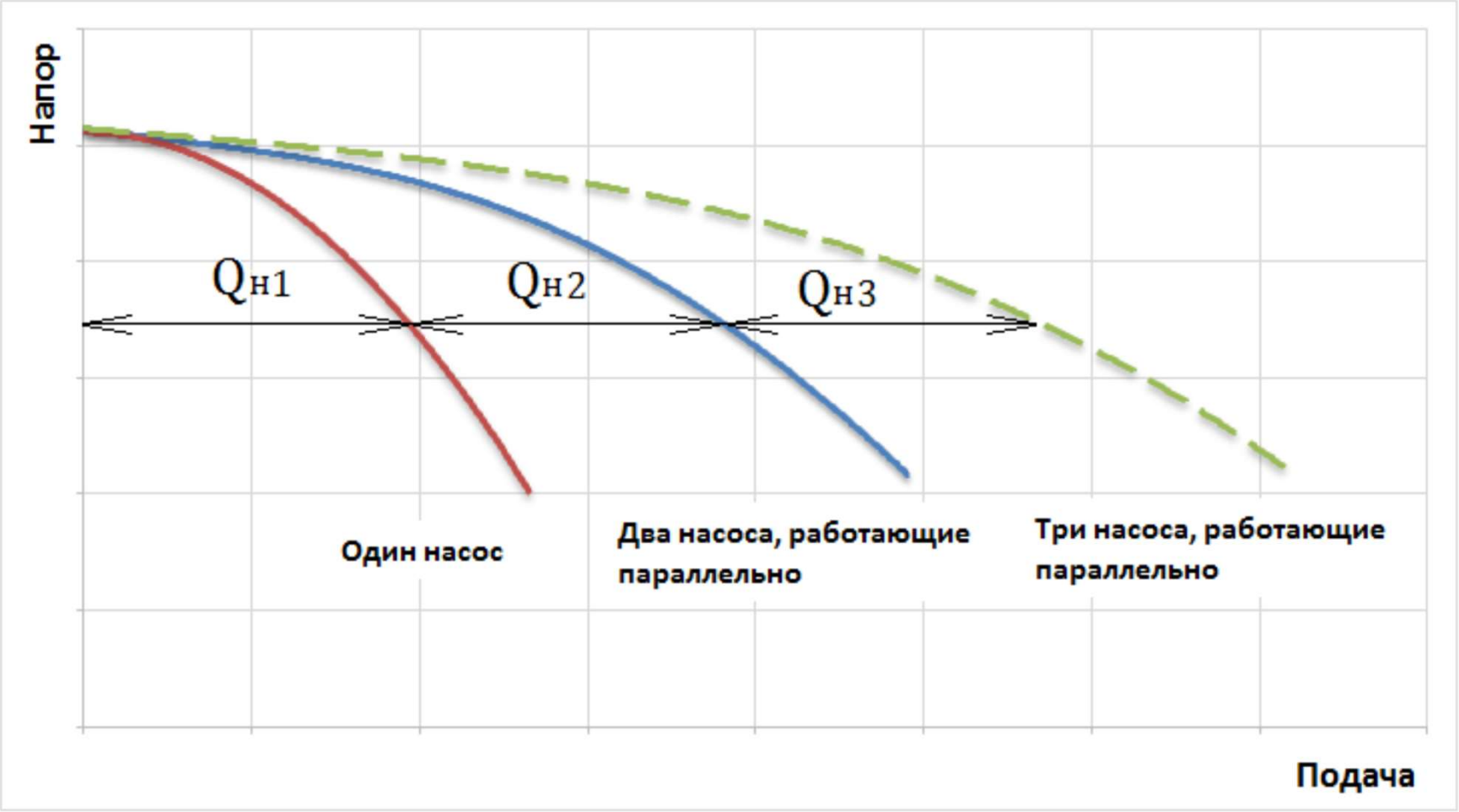
ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА НАСОСОВ

Параллельная работа насосов

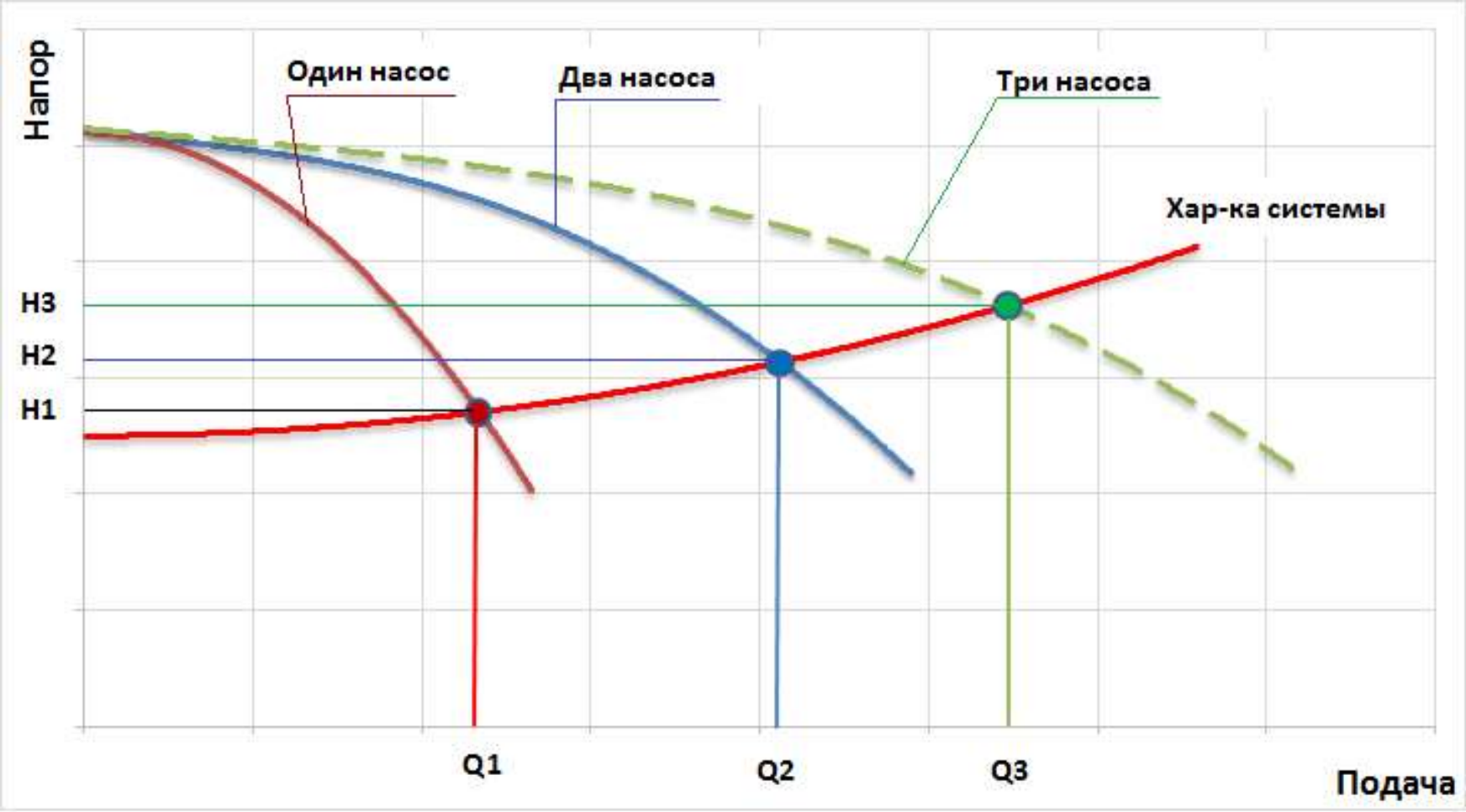


Способы регулирования насосов

Как построить характеристику параллельно работающих насосов.
При одном значении напора сложить значения подач насосов.

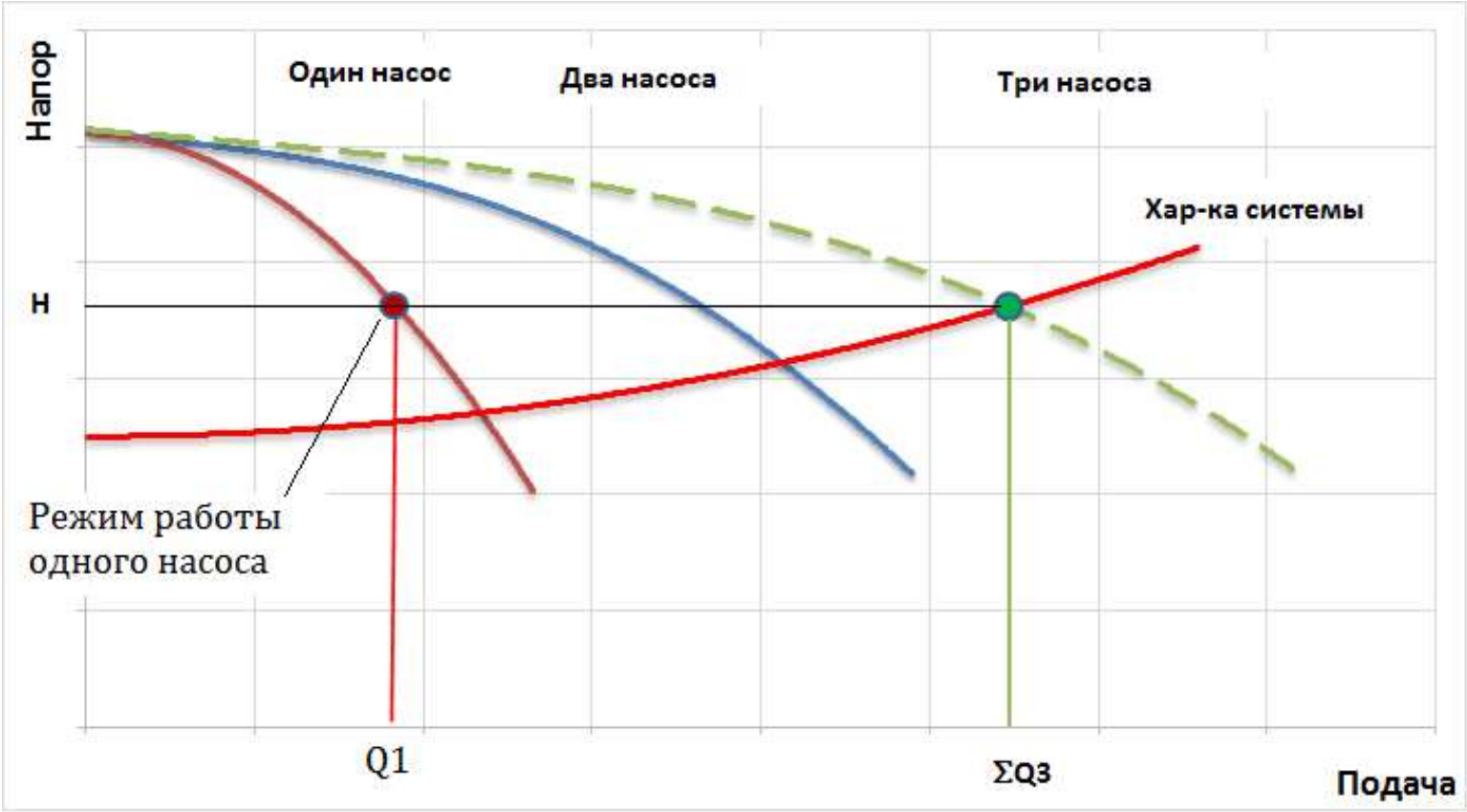


Способы регулирования насосов



Способы регулирования насосов

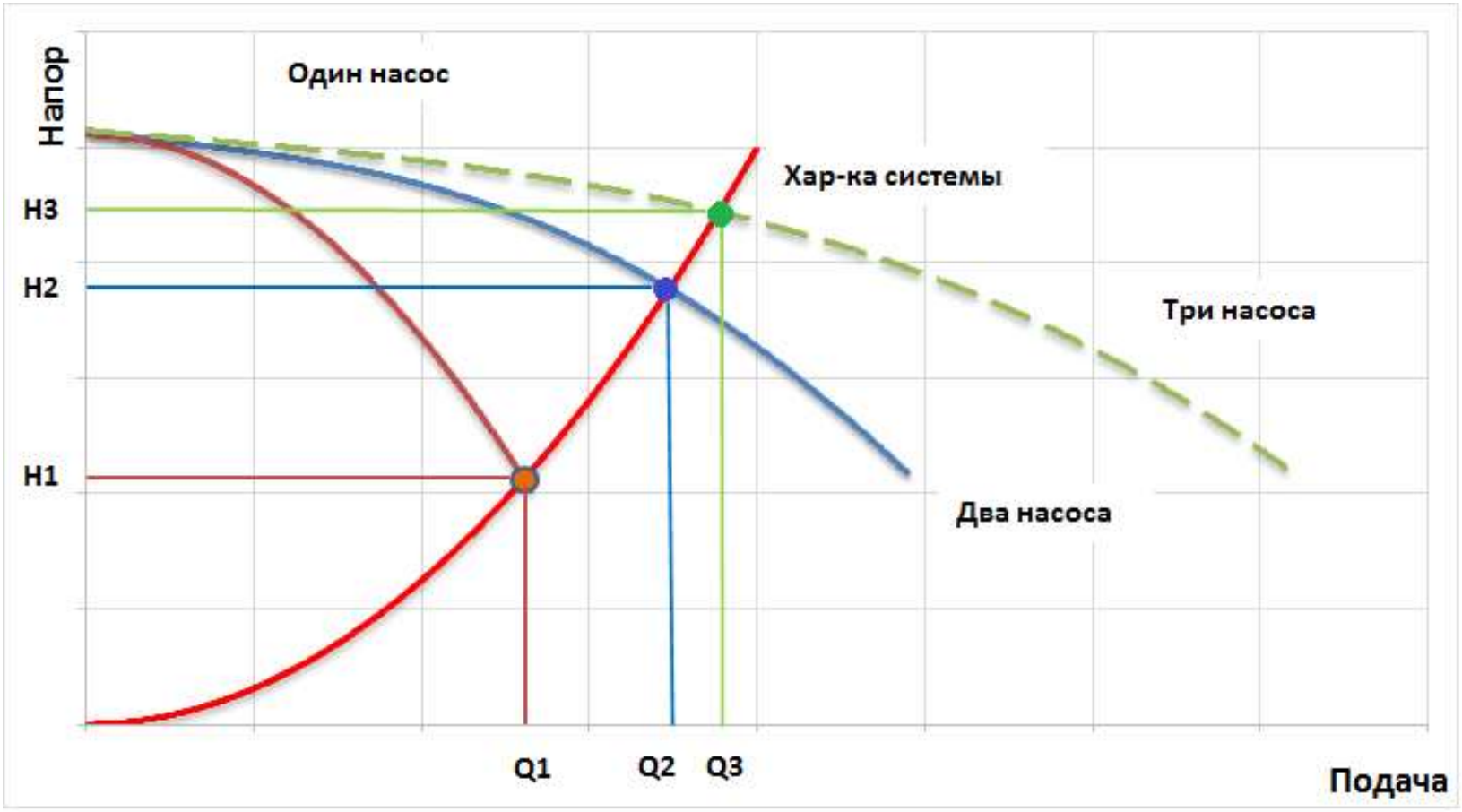
ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА НАСОСОВ В СИТЕМЕ С БОЛЬШОЙ СТАТИКОЙ.



Рабочая точка остается в зоне высокого К.П.Д. !!!

Способы регулирования насосов

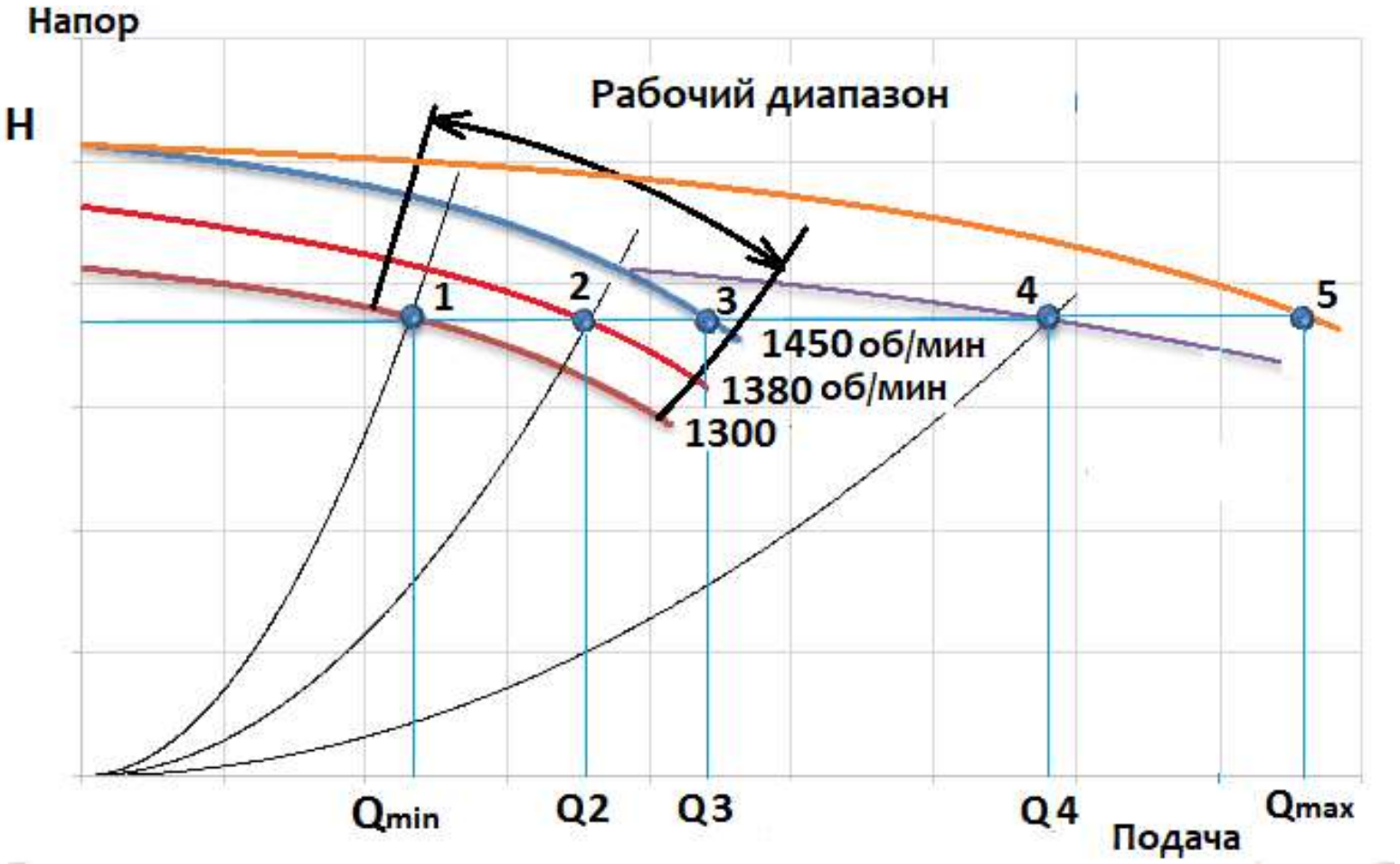
ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА НАСОСОВ В СИТЕМЕ С ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ДИНАМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ



Подключение третьего насоса не приводит к увеличению суммарной подачи

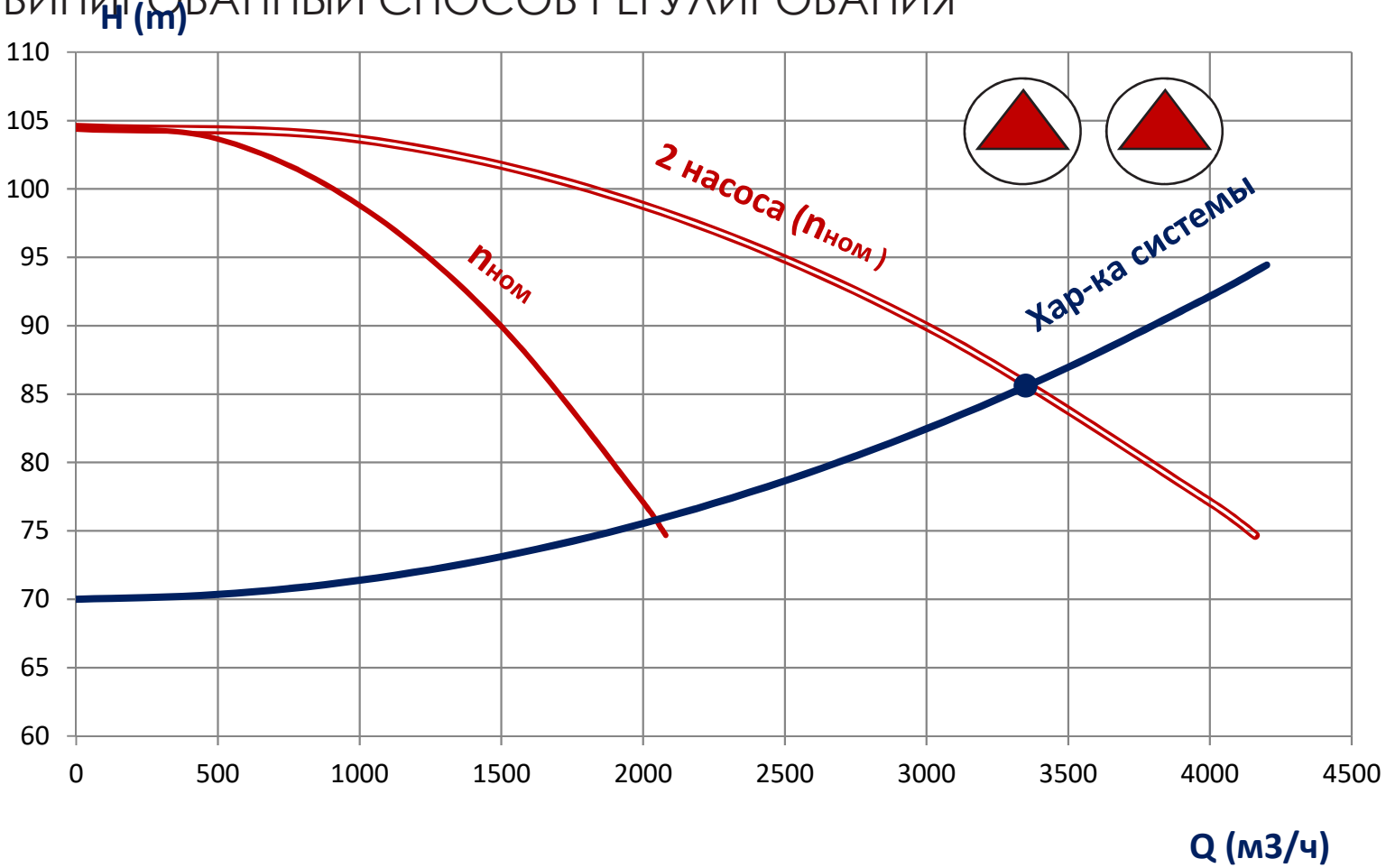
Способы регулирования насосов

КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ

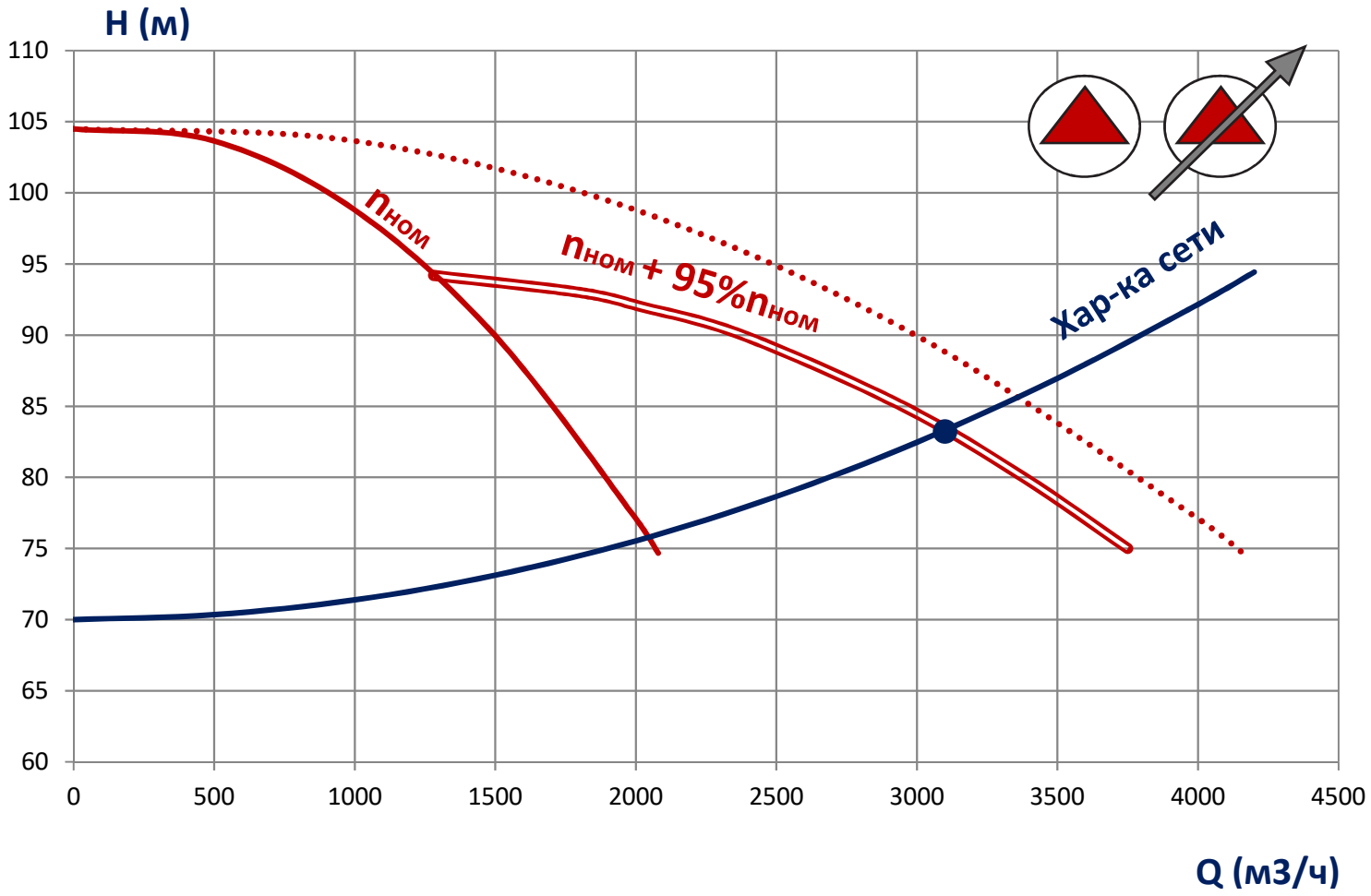


Способы регулирования насосов

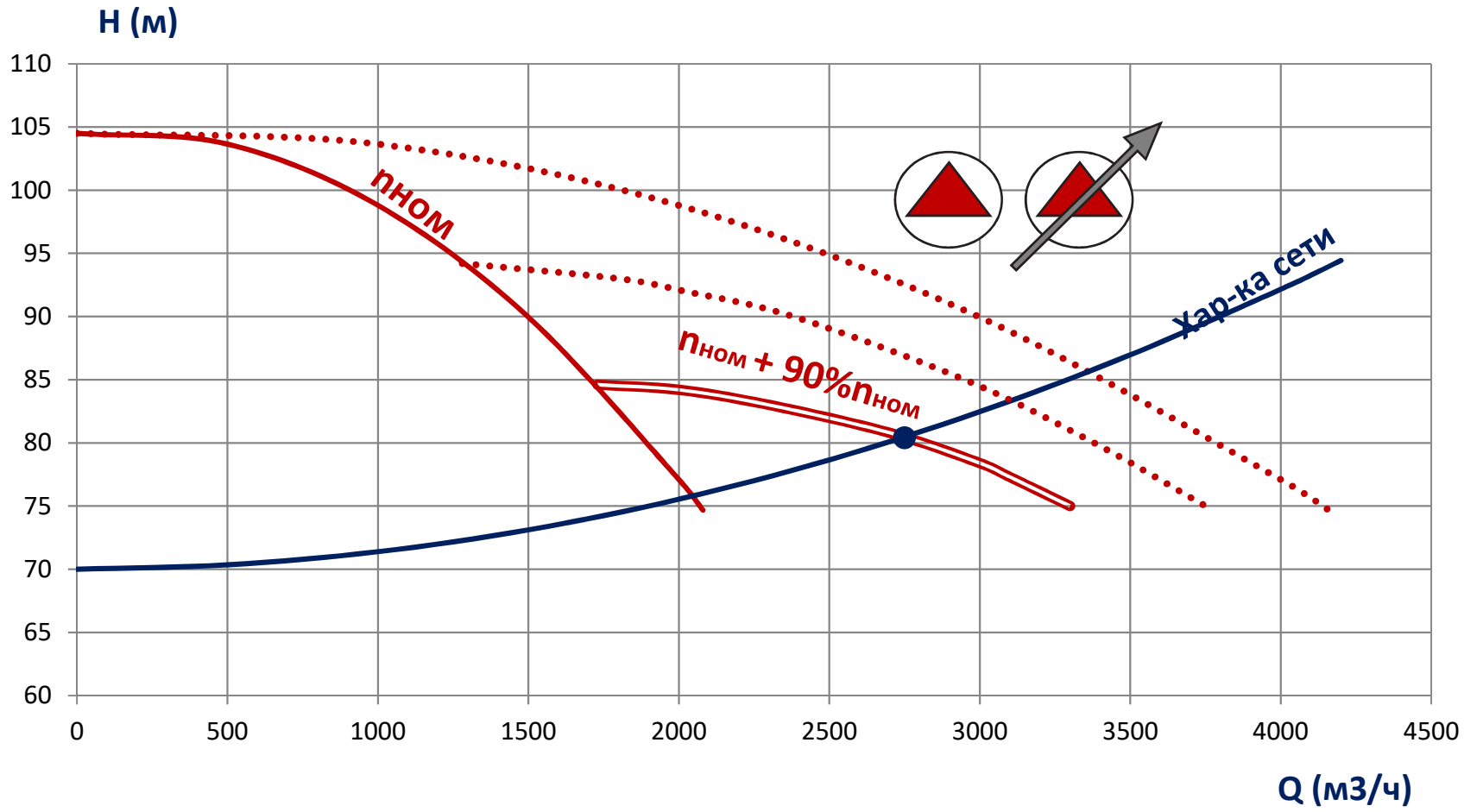
КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ



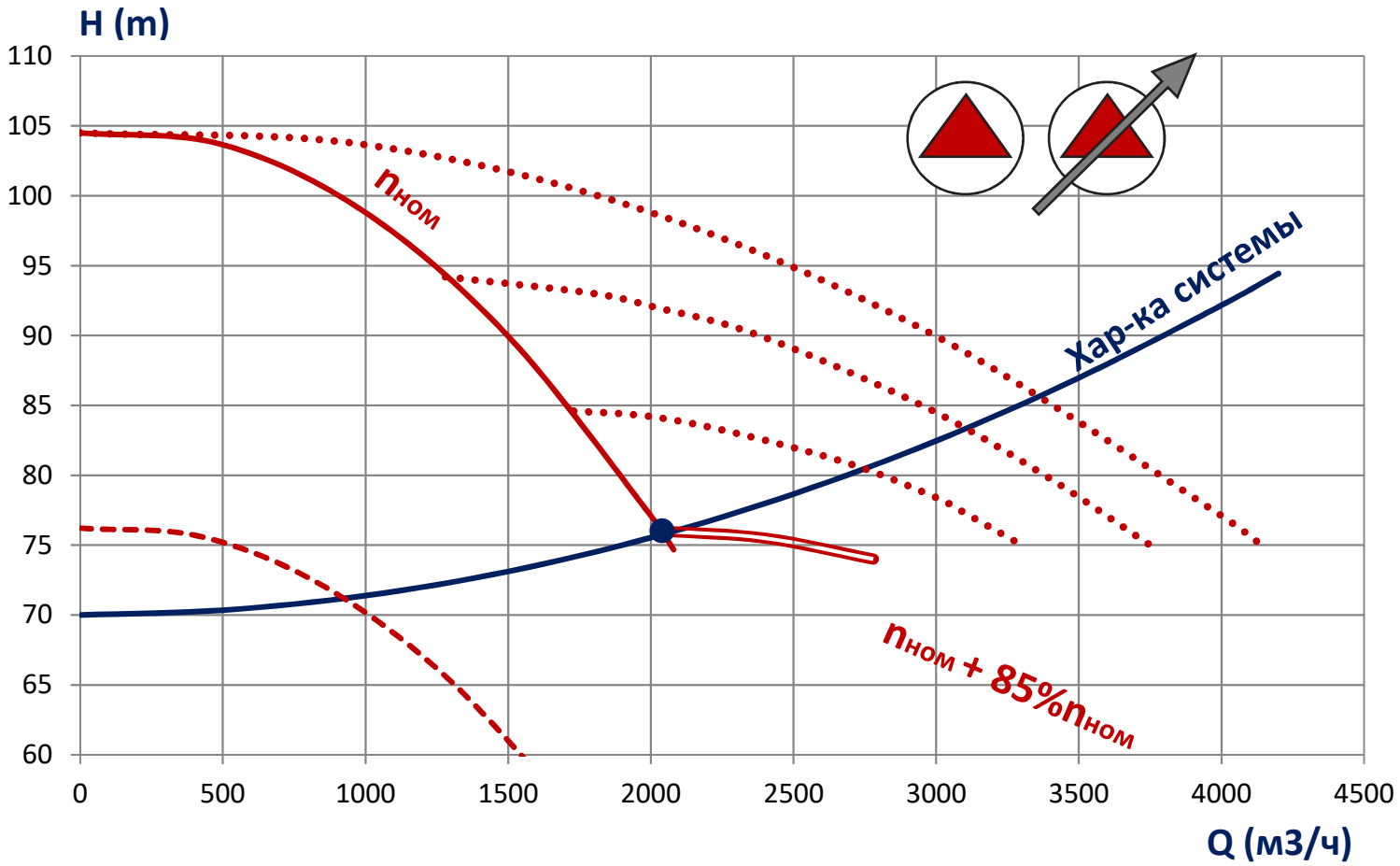
Способы регулирования насосов



Способы регулирования насосов



Способы регулирования насосов



Способы регулирования насосов

Выводы:

1. Частотное регулирование применяется в системах с преимущественно динамической составляющей и малой статической составляющей.
2. Параллельная работа насосов рекомендована для применения в системах с преимущественно статической составляющей.

Способы повышения эффективности НС

КАВИТАЦИЯ

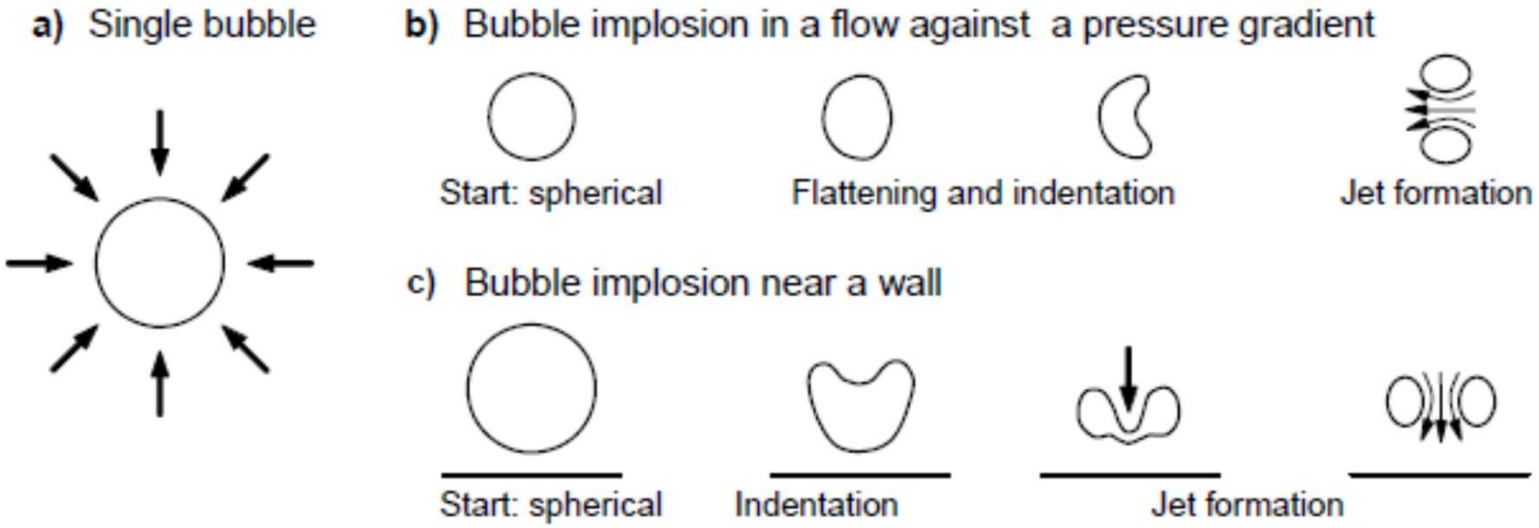
КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ

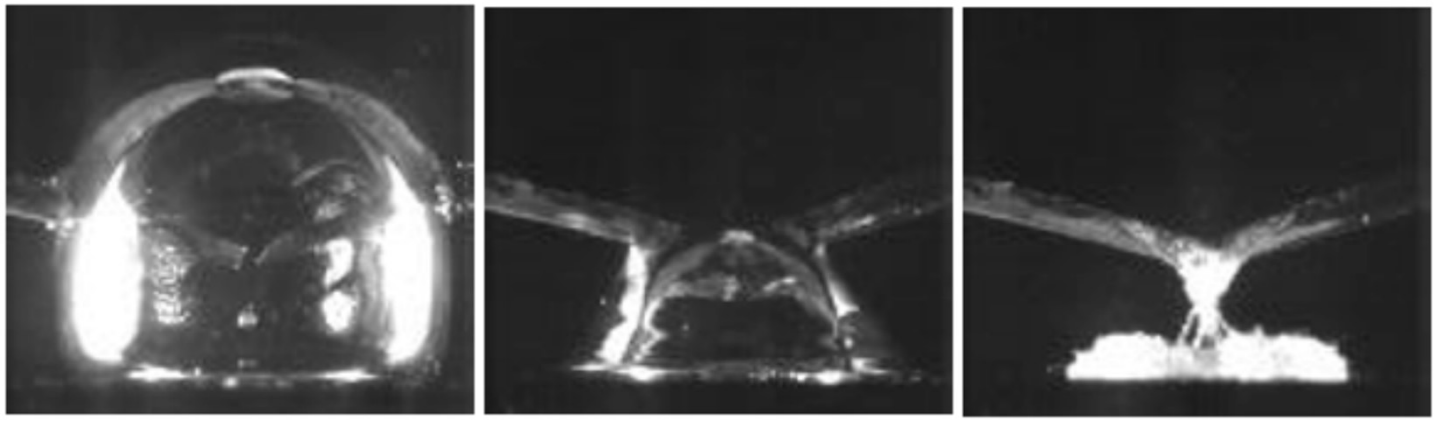
Кавитация – нарушение сплошности потока жидкости, обусловленное появлением в ней пузырьков или полостей, заполненных паром или газом.

Кавитационная каверна на входе в рабочее колесо.

КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ

Кавитация – нарушение сплошности потока жидкости, обусловленное появлением в ней пузырьков или полостей, заполненных паром или газом.

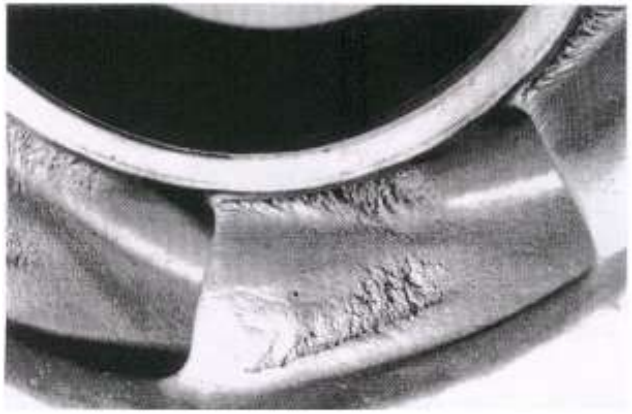




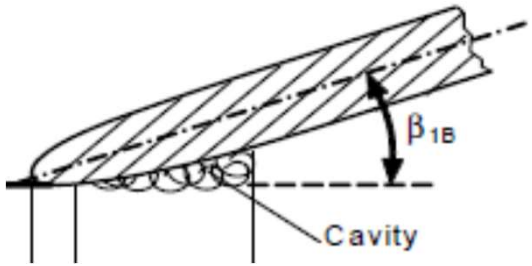
КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ

Колесо с двусторонним входом. Повреждение входных кромок лопатки рабочего колеса

В данном случае повреждение менее тяжелые



Кавитация - одна из главных причин падения характеристик насоса.
Кавитация может быть бесшумной и незаметной.

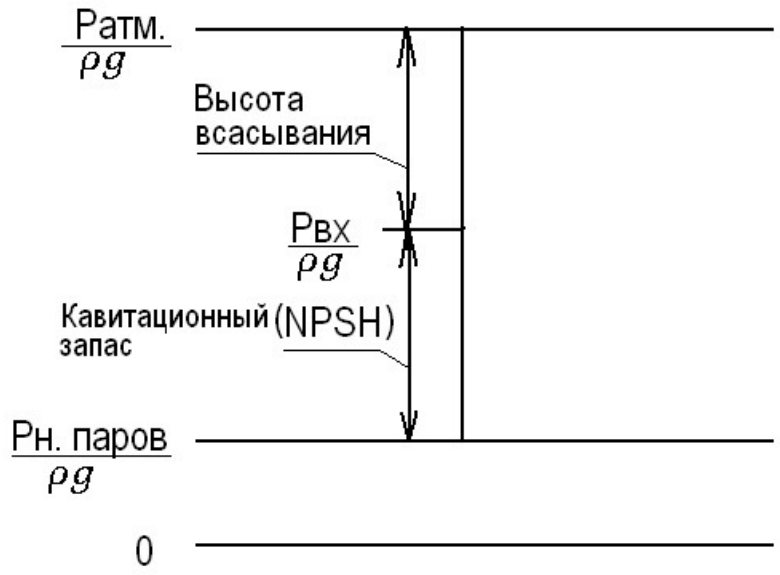


КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ

Кавитация – Свойства жидкости

- Температура кипения жидкости пропорциональна температуре и давлению.
- При нормальном атмосферном давлении (на уровне моря) вода кипит при температуре 100 С.
- При падении давления так же снижается температурой кипения.
- Область пониженного давления всегда присутствует на входе в рабочее колесо.
- Если давление достаточно низкое вода закипит при комнатной температуре.
- Если давление на входе в РК достаточно низкое то это приводит к возникновению пузырьков пара в жидкости.

КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ



Кавитационный запас насоса Δh или NPSH (надкавитационный напор) – это превышение полного напора жидкости во входном патрубке насоса над давлением ее насыщенного пара.

КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ

$\Delta h_{кр}$ **Критический кавитационный запас.**

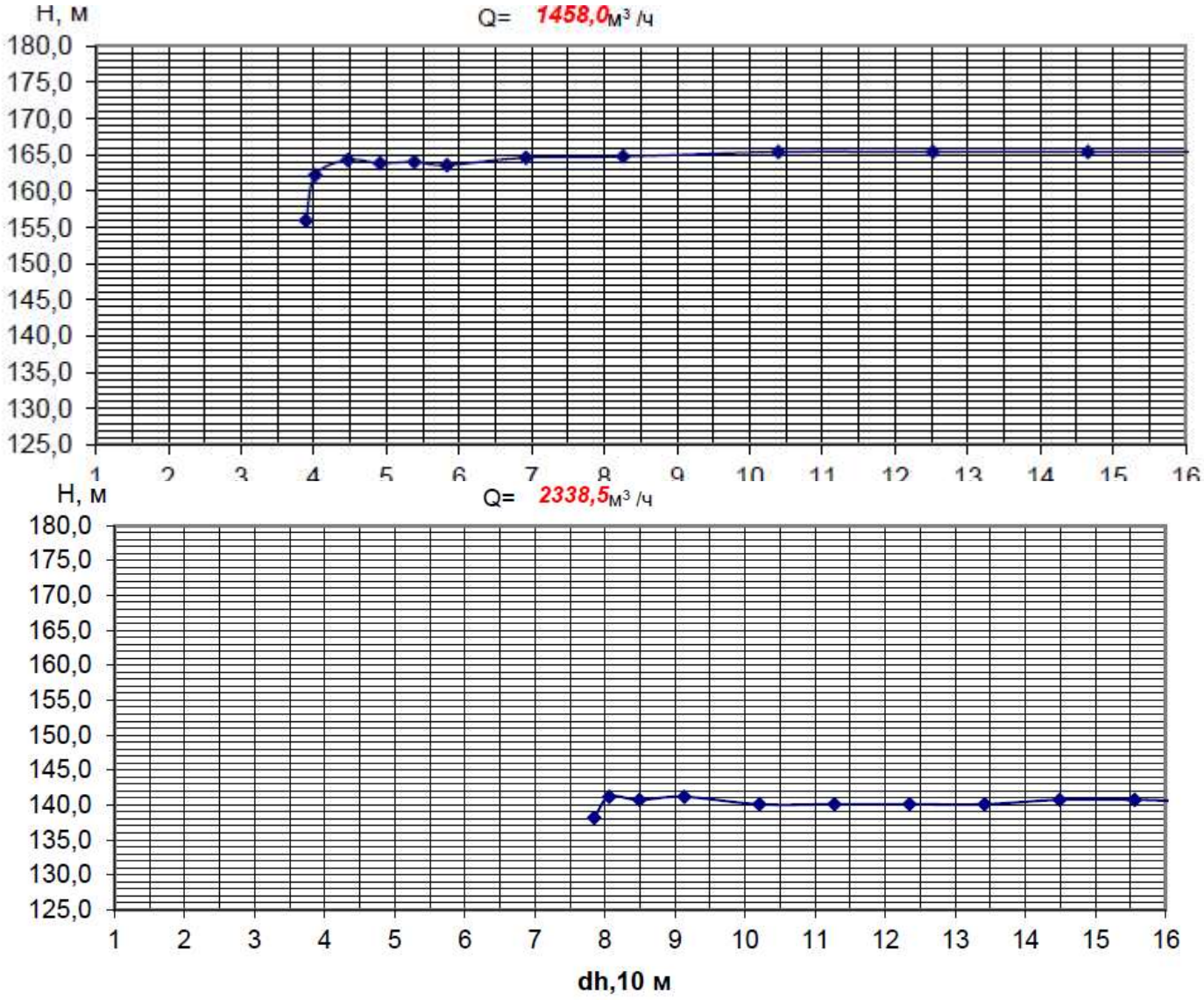
NPSH3 **3х процентный кавитационный запас**

Критический кавитационный запас
кавитационный запас при котором происходит снижение напора насоса на 3 %

КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ

$\Delta h_{кр}$ **Критический кавитационный запас.**

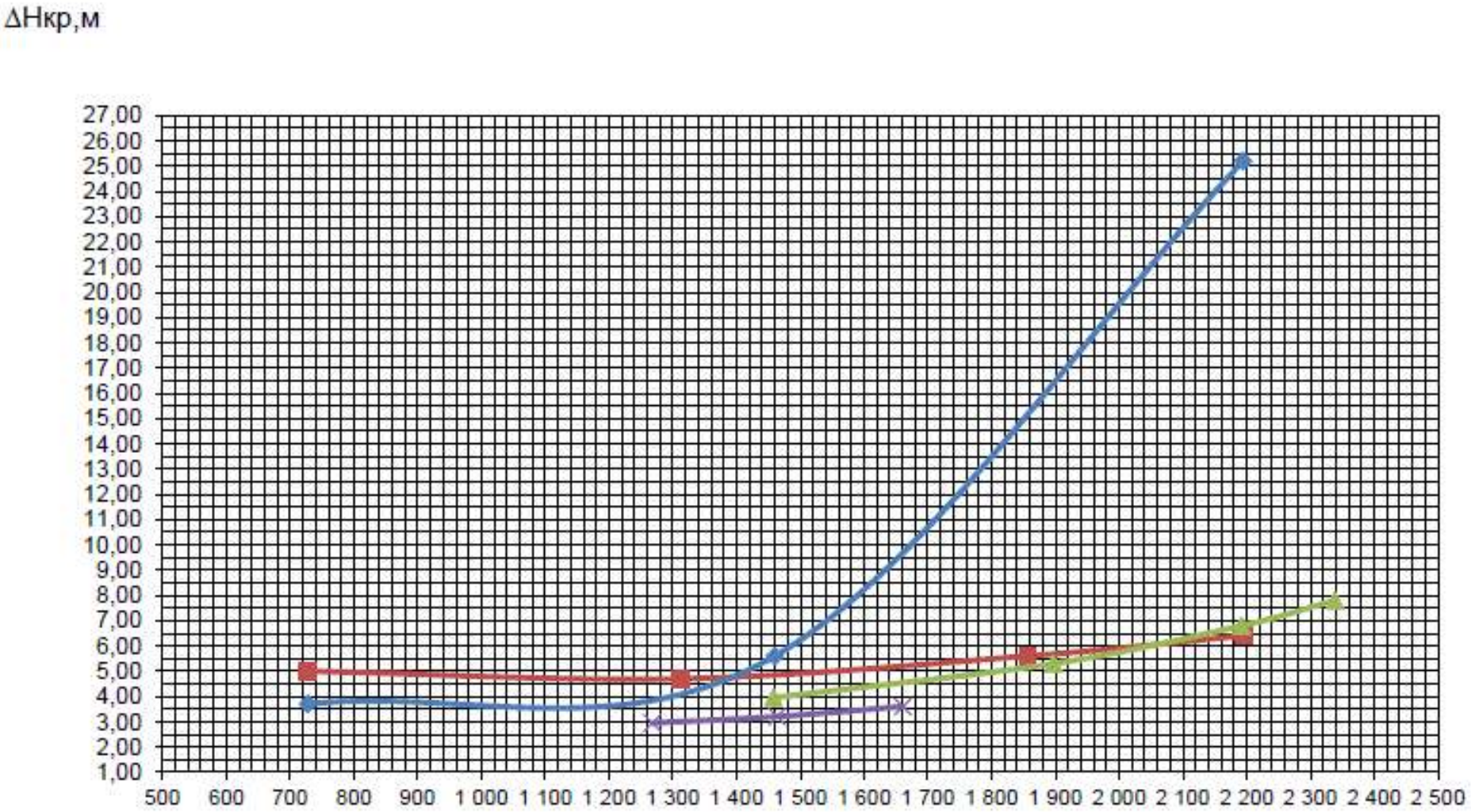
NPSH3 **3х процентный кавитационный запас**



КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ

$\Delta h_{кр}$ **Критический кавитационный запас.**

NPSH3 **3х процентный кавитационный запас**



КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ

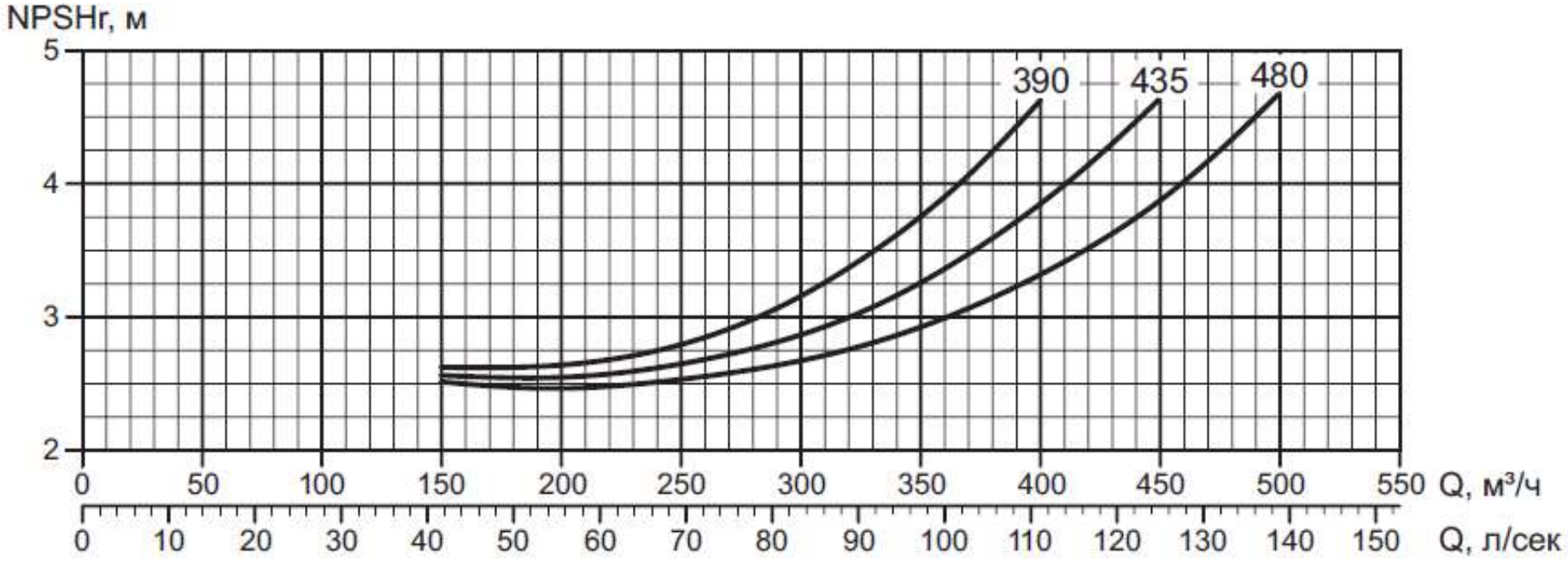
$\Delta h_{\text{доп}}$ **Допускаемый кавитационный запас.**

NPSHR **Требуемый кавитационный запас**

В соответствии с ГОСТ 6134-2007 «Насосы динамические. Методы испытаний».

$$\Delta h_{\text{доп}} = (1..1{,}3) \cdot \Delta\, h_{\text{кр}}$$

Кавитационная характеристика



1. Кавитационный запас растет при увеличении подачи.
2. Кавитационный запас увеличивается при подрезке рабочего колеса.
3. Кавитационный запас зависит от частоты вращения в квадрате.

Располагаемый кавитационный запас

Возможные варианты

Располагаемый Кавитационный запас (системы) NPSHA

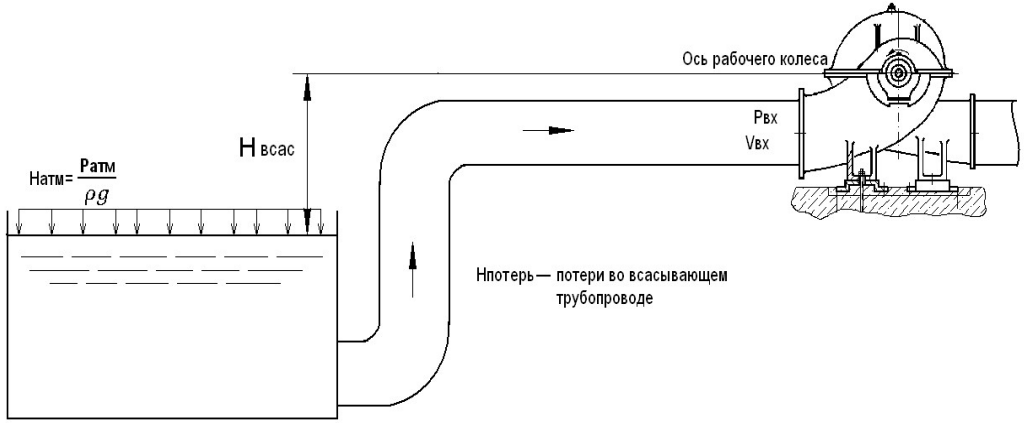


Схема установки насоса. Ось насоса выше уровня воды.

$$NPSHA=H_{атм}-H_{всас}-H_{н.паров}-h_{потерь},$$

$$NPSHA=10-H_{всас}-H_{н.паров}-h_{потерь}$$

10 м – высота водяного столба соответствующая нормальному атмосферному давлению

$H_{всас}$- высота всасывания от свободной поверхности до оси насоса (рабочего колеса)

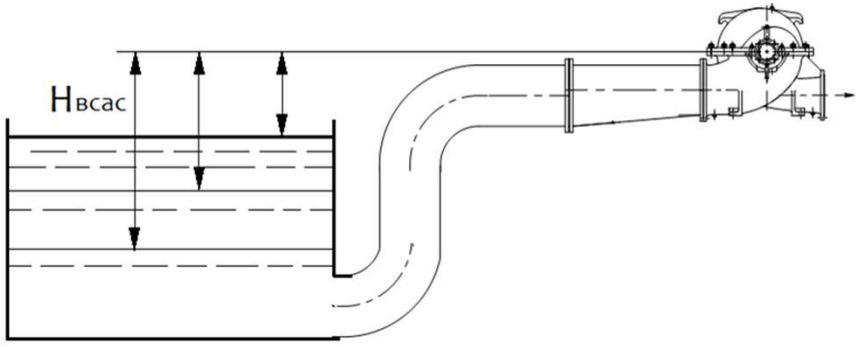
$H_{н.паров}$- напор соответствующий давлению насыщенных паров жидкости для воды при t=20 С равен 0,23 м.

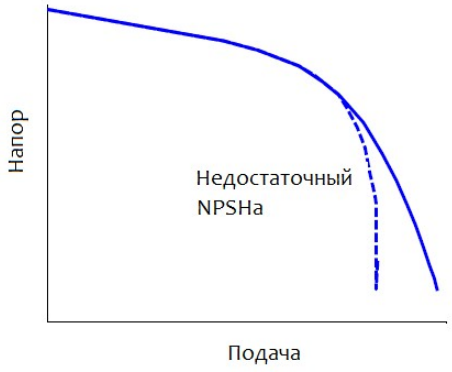
Условие безкавитационной работы насоса NPSHA (Δh)> $\Delta h_{доп}$

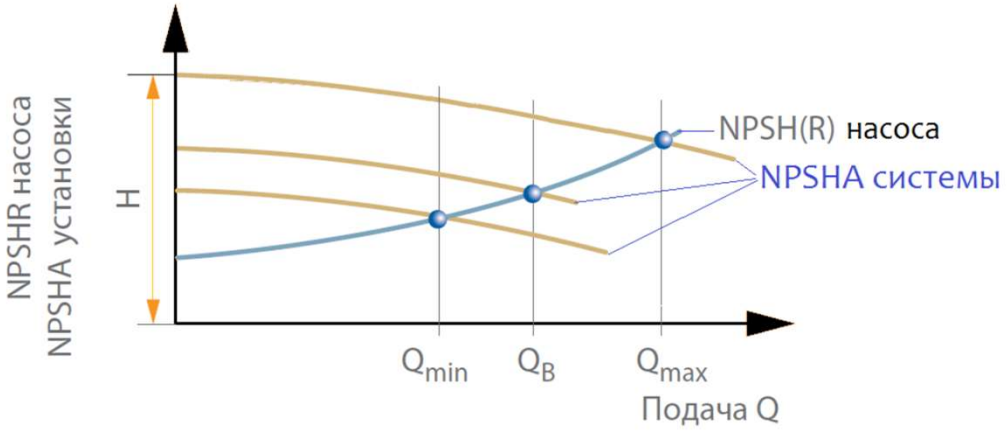
Выбор мощности электродвигателя.

Возможные варианты

Изменение режима работы насосы при появлении кавитации







Условие работы насоса

$NPSH_A$ должен быть > $NPSH_R$

- Центробежный насос не может «всасать» жидкость
- Для центробежных насосов требуется положительное давление на всасе.

Это называется требуемым надкавитацинным напором
При этом давлении кавитация уже присутствует.
Располагаемый кавитационный запас NPSHA должен быть больше чем требуемый NPSHR(Δhдоп).

Условие работы насоса

УСЛОВИЕ БЕЗКАВИТАЦИОННОЙ РАБОТЫ НАСОСА

NPSHA > NPSHR

NPSHR ол > NPSHR насоса

КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ

Подбор насоса по критерию кавитационного запаса

Данные опросного листа

1.4	Кавитационный запас (не более)	м	

Допускаемый кавитационный запас (NPSHR или $h_{доп}$), приведенный на характеристике насоса при данной подаче должен быть меньше требуемого значения.

В опросном листе указан располагаемый кавитационный запас (кавитационный запас системы) NPSHA

NPSHA> NPSHR

Кавитационный запас насоса должен быть меньше указанного значения при данной подаче

КАВИТАЦИЯ

Кавитационная характеристики приведенные в каталоге

ПРИЗНАКИ КАВИТАЦИИ В НАСОСЕ.

1. Шум в насосе похожий на шум перекатывающего гравия.
2. Ускоренный износ рабочих колес. Как показано на фотографиях.
3. Низкое давление на входе в насос .Показания мановакуумметра на входе в насос.
4. Работа насоса в зоне недогруза или перегруза.

СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ КАВИТАЦИИ.

Увеличение располагаемого кав. запаса NPSHA (системы).

1. Снизить сопротивление всасывающего трубопровода.
2. Очистка фильтров на всасывающем трубопроводе.
3. Увеличение диаметра всасывающего трубопровода. Рекомендуемая скорость жидкости во всасывающем трубопроводе – 1 м/с.
4. Открыть задвижки на всасе. Возможно задвижки неисправны.
5. Снизить подачу при помощи задвижки в линии нагнетания.
6. Поднять уровень жидкости или понизить уровень установки насоса
7. Установить насос ближе к резервуару.
8. Установить бустерный (повысительны) насос. На входе в основной.

КАВИТАЦИЯ

Кавитационная характеристики приведенные в каталоге

СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ КАВИТАЦИИ.

Уменьшение требуемого кав. запаса (NPSHR) насоса

1. Сместить рабочую точку влево по характеристике
2. Применить насос большего типоразмера
3. Эксплуатировать насос на меньшей частоте
4. Применить насос с РК двойного всасывания типа Д
5. Использовать РК с расширенным входом (РК с большим кав. коэф-том быстроходности). Меньшая скорость жидкости за счет большей площади.
6. Применить шнек (рабочее колесо специальной формы) перед входом в основное рабочее колесо.

Условие работы насоса

Если при подборе насос не удовлетворяет требованию по кавитации?

Рассмотреть насос другой модели. Возможно с меньшим кпд

Рассмотреть насос другого типа. Вместо насоса типа К насос типа Д

Рассмотреть насос с меньшей частотой вращения.

Сместить рабочую точку влево по характеристике.

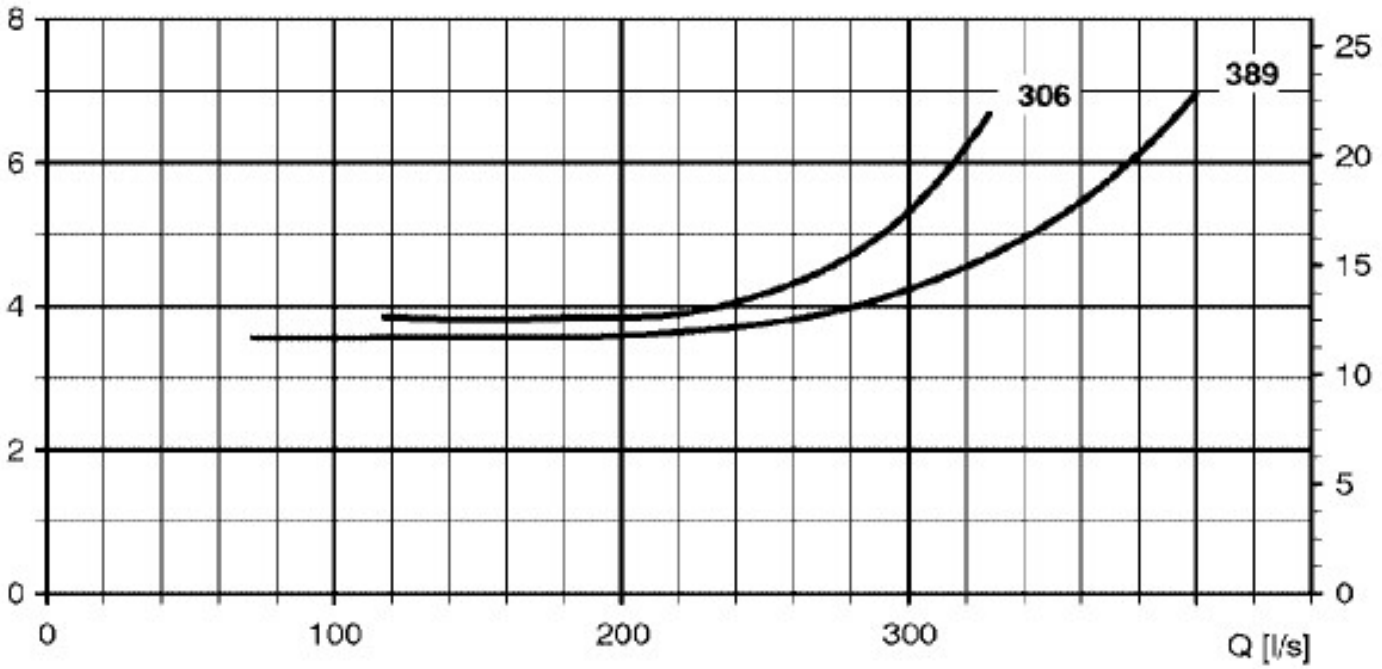
При сравнении с конкурентами определить какой NPSH привел конкурент.

КАВИТАЦИЯ

Отличия в представлении о кавитационном запасе других компаний

Приводят критический кавитационный запас.

$NPSH_A$ - Anlage - available - installation - impianto - instalacion	
$Q \geq Q_{opt.}$: $NPSH_A \geq NPSH + S$	
$Q < Q_{opt}$: $NPSH_A \geq NPSH_{opt} + S$	
Laufrad Impeller Roue Girante Rodete	S [m]
G-CuSn10	0,7
9.4460	0,5
JL 1040	2,8



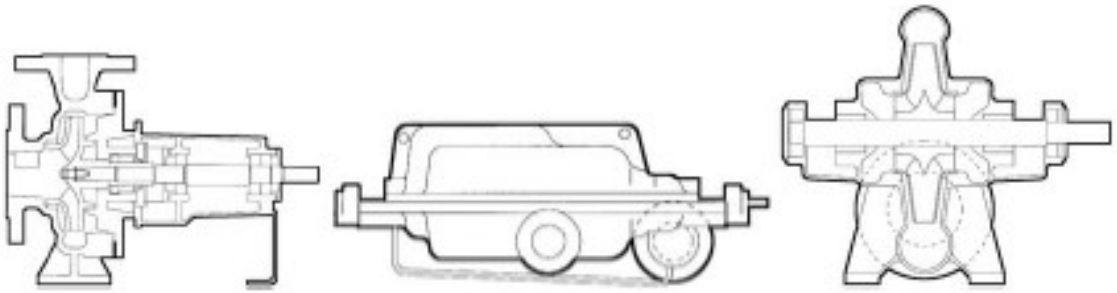
$$NPSHR = 4 + 2{,}8 = 6{,}8 \text{ м}$$ Для чугунного рабочего колеса

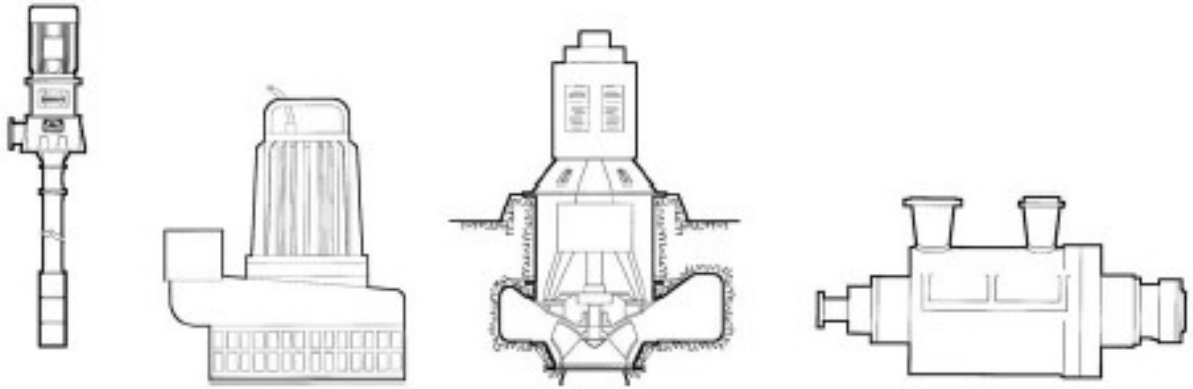
Подбор насосов

ПОДБОР НАСОСОВ

Подбор насосов

Основные шаги по подбору насосов





Подбор насосов

1 Подбор насосов по рабочим параметрам.

2. Подбор аналога другого производителя.

Подбор насосов

1. Тип перекачиваемой жидкости. Холодная вода. Горячая вода. Количество механических примесей. Нефтепродукты, химически активные жидкости.
2. Тип установки насоса – горизонтальный, вертикальный, погружной полупогружной.
3. Гидравлические параметры. (подача напор, кавитационный запас, мощность). Одна точка указана или несколько. (номинальная, максимальная, минимальная).
4. Тип насоса. Зависит от параметров – малая подача большой напор, большая подача малый напор. Тип может быть задан заказчиком. (типа К, Д, многоступенчатый)
5. Материалы. Определяются химическим составом жидкости и присутствием механических примесей.
6. Необходимость регулирования. Частотное регулирование. Либо параллельная работа.
7. Условия эксплуатации. Климатическое исполнение.
8. Требования специализированных стандартов.
9. Требования к подшипникам. Смазка – консистентная, в масляной ванне (картерная).
10. Требования к автоматике – датчики температуры вибрации и т.д.
11. Требования к приводу.

Подбор насосов

Исходные данные для подбора насосов

Факторы влияющие на выбор типа насоса

Подача — Большая подача требует большего насоса.

Напор — чем больше напор больше диаметр рабочего колеса, большая частота вращения или потребуется много ступенчатый насос.

Давление в системе, давление на входе в насос – рабочее давление насоса.

NPSHA (располагаемый кавитационный запас)

NPSHR ($\Delta h_{доп}$) Допускаемый кавитационный запас - Насос с меньшей частотой вращения, насос двойного всасывания, шнек на входе в насос.

Тип жидкости – материалы насоса должны быть стойкими к коррозии или эрозии.

Температура жидкости – выбор типа уплотнения, типа смазки подшипников охлаждение подшипников и торцовых уплотнений.

Вязкость жидкости – корректировка характеристик или применение объемного насоса.

Давление паров жидкости – влияет на располагаемый кав. запас NPSHA.

Содержание мех примесей в жидкости – при превышении значений требуется применение специальных насосов с незасоряемыми рабочими органами, применение материалов высокой твердости.

Плотность жидкости – влияет на мощность привода.

Тип установки - погружной, поверхностный, полупогружной, вертикальный, горизонтальный.

Соответствие стандартам —ANSI, API, ASME,

Подбор насосов

№	Наименование параметра (характеристики)	Размерность	Требования заказчика
1	ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ		
1.1	Подача	$м^3/ч$	
1.2	Напор	м	
1.3	Давление на входе / выходе (не более)	$кгс/см^2$	
1.4	Кавитационный запас (не более)	м	
1.5	Для полупогружных (погружных) насосов:		
1.5.1	Глубина погружения (расстояние от поверхности жидкости до всасывающего патрубка)	м	
2	ПЕРЕКАЧИВАЕМАЯ СРЕДА		
2.1	Наименование перекачиваемой среды		
2.2	Содержание твердых частиц:		
2.2.1	Объемная концентрация	%	
2.2.2	Размеры частиц (абразивных/неабразивных)	мм	
2.3	Рабочая температура ,tp	^0C	
2.4	Вязкость (кинематическая) при tp	сСт ($мм^2/с$)	
2.5	Плотность при tp	$кг/м^3$	
3	МАТЕРИАЛЫ СТОЙКИЕ В ПЕРЕКАЧИВАЕМОЙ СРЕДЕ		
	- СТАЛЬ 20Х13Л, 12Х18Н9Т, 35Л или другие - оловянистая бронза - СЧ20 - резина ИРП 1225, ИРП 1314		
4	УПЛОТНЕНИЕ ВАЛА		
4.1	Сальниковое одинарное/двойное (С/СД)		
4.2	Торцовое одинарное/двойное (5/55)		
5	УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ (УСТАНОВКИ)		
5.1	Климатическое исполнение и категория размещения при эксплуатации по ГОСТ 15150-69		
5.2	Класс взрывоопасности и пожарной зоны размещения по ПУЭ		
5.3	Необходимость подвода охлаждающей/обогревающей среды	да/нет	
6	ПРИВОД		
6.1	Напряжение, количество фаз		
6.2	Частота сети		
7	ПРИЛОЖЕНИЕ: схема установки, другие требования		

Подбор насосов

Параметры насоса. Определиться с типом насоса.

1. Указывает заказчик.
2. Диапазон подач напоров для определённых серий насосов.

Консольные насосы Kordis
10 м3/ч до 1600 м3/ч

Насосы двойного входа Delium
Подача от 200 м3/ч до 12 000 м3/ч.

Вертикальные многоступенчатые насосы Boosta
Небольшие подачи большие напоры
От 1 м3/ч до 160 м3/ч
Напор от 10 до 270 м.

Подбор насосов

Параметры насоса. Определиться с типом насоса.

1. Указывает заказчик.
2. Диапазон подач напоров для определённых серий насосов.

Консольные насосы Kordis
10 м3/ч до 1600 м3/ч

Насосы двойного входа Delium
Подача от 200 м3/ч до 12 000 м3/ч.

Вертикальные многоступенчатые насосы Boosta
Небольшие подачи большие напоры
От 1 м3/ч до 160 м3/ч
Напор от 10 до 270 м.

Подбор насосов

Типа насоса и способ его установки

Погружной
Поверхностный

Горизонтальный
Вертикальный

Тип насоса.
Динамический (центробежный)
Объемный

Подбор насосов

Перекачиваемая среда

Название жидкости

Вода

Температура жидкости:
- Отрицательная температура.
- 0-105 С
- 105 -120 С.

Содержание механических примесей

Delium до 0,2% (2 г/литр) , размером не более 0,2 мм

CIRIS – 100 мг/л (0,1 г/л)

Boosta – до 0,1 % (1 г/л)

Подбор насосов

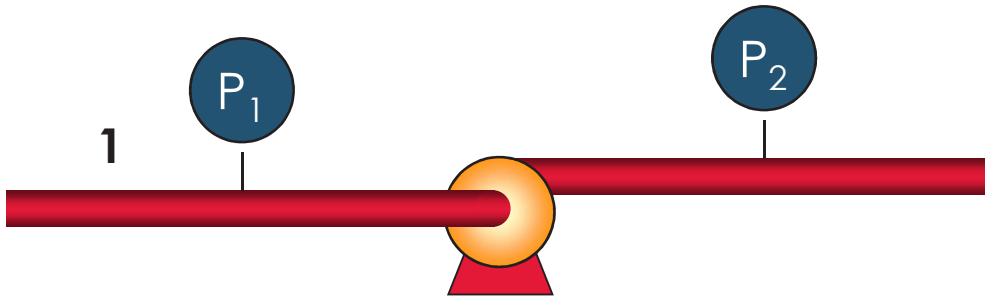
Параметры насоса

Q - подача.

H – напор, м.

NPSHR - кавитационный запас

- Давление на выходе в насос
- Давление на выходе из насоса
- Дифференциальный напор



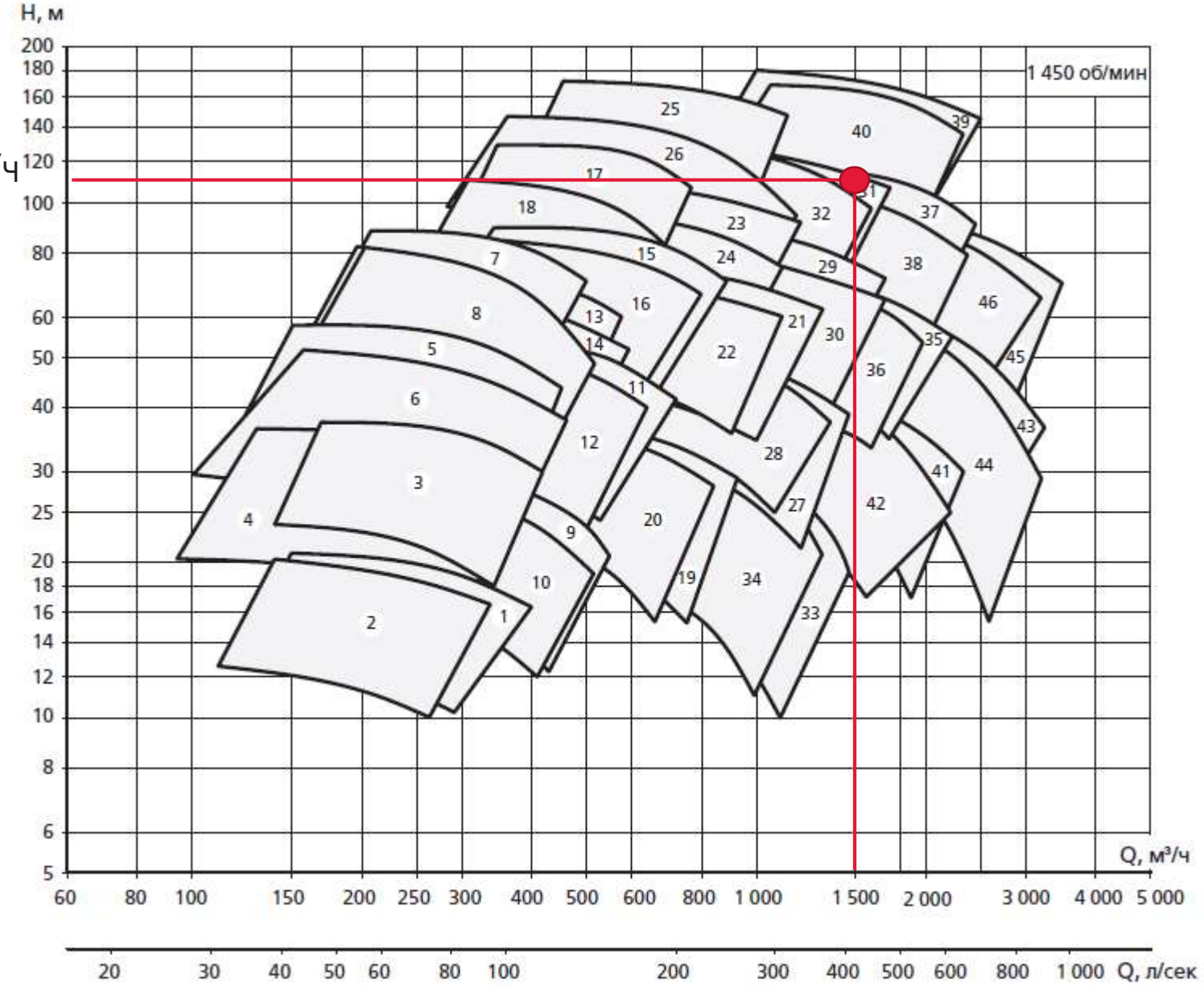
$$[\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1] + H_{pump} = [\frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2]$$

Насосы двустороннего входа ДеЛиум

Подбор насосов Delium

Q=1500 м3/ч

H=110 м



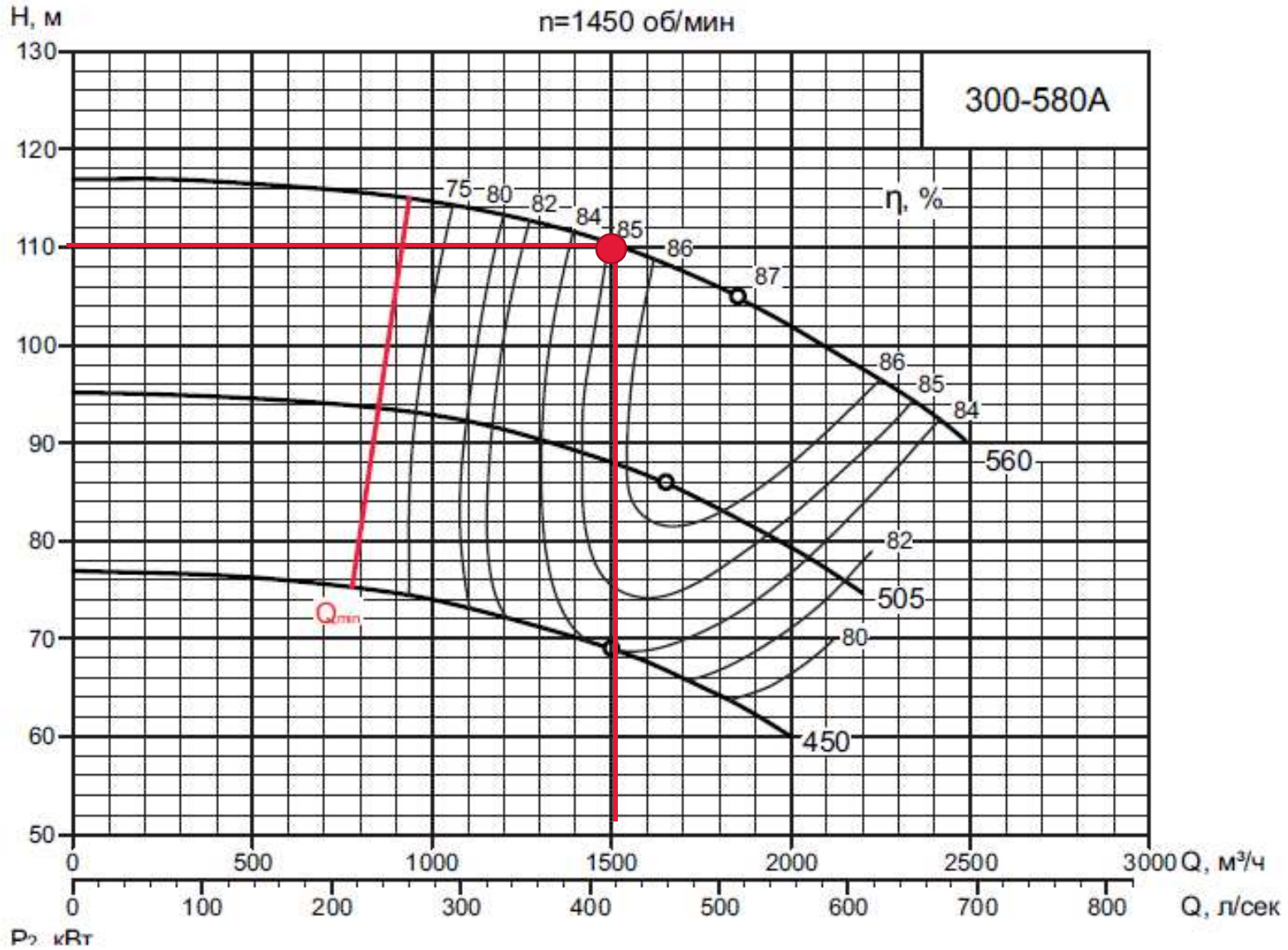
Насосы двустороннего входа ДеЛиум

Подбор насосов Delium

1 - D125-250A
2 - D125-250B
3 - D125-320A
4 - D125-320B
5 - D125-400A
6 - D125-400B
7 - D125-480A
8 - D125-480B
9 - D150-290A
10 - D150-290B
11 - D150-380A
12 - D150-380B
13 - D150-450A
14 - D150-450B
15 - D200-500A
16 - D200-500B
17 - D150-560A
18 - D150-560B
19 - D200-340A
20 - D200-340B
21 - D200-450A
22 - D200-450B
23 - D200-560A
24 - D200-560B
25 - D200-660A
26 - D200-660B
27 - D250-400A
28 - D250-400B
29 - D250-510A
30 - D250-510B
31 - D250-630A
32 - D250-630B
33 - D300-340A
34 - D300-340B
35 - D300-460A
36 - D300-460B
37 - D300-580A
38 - D300-580B
39 - D300-720A
40 - D300-720B
41 - D350-390A
42 - D350-390B
43 - D350-450A
44 - D350-450B
45 - D350-530A
46 - D350-530B

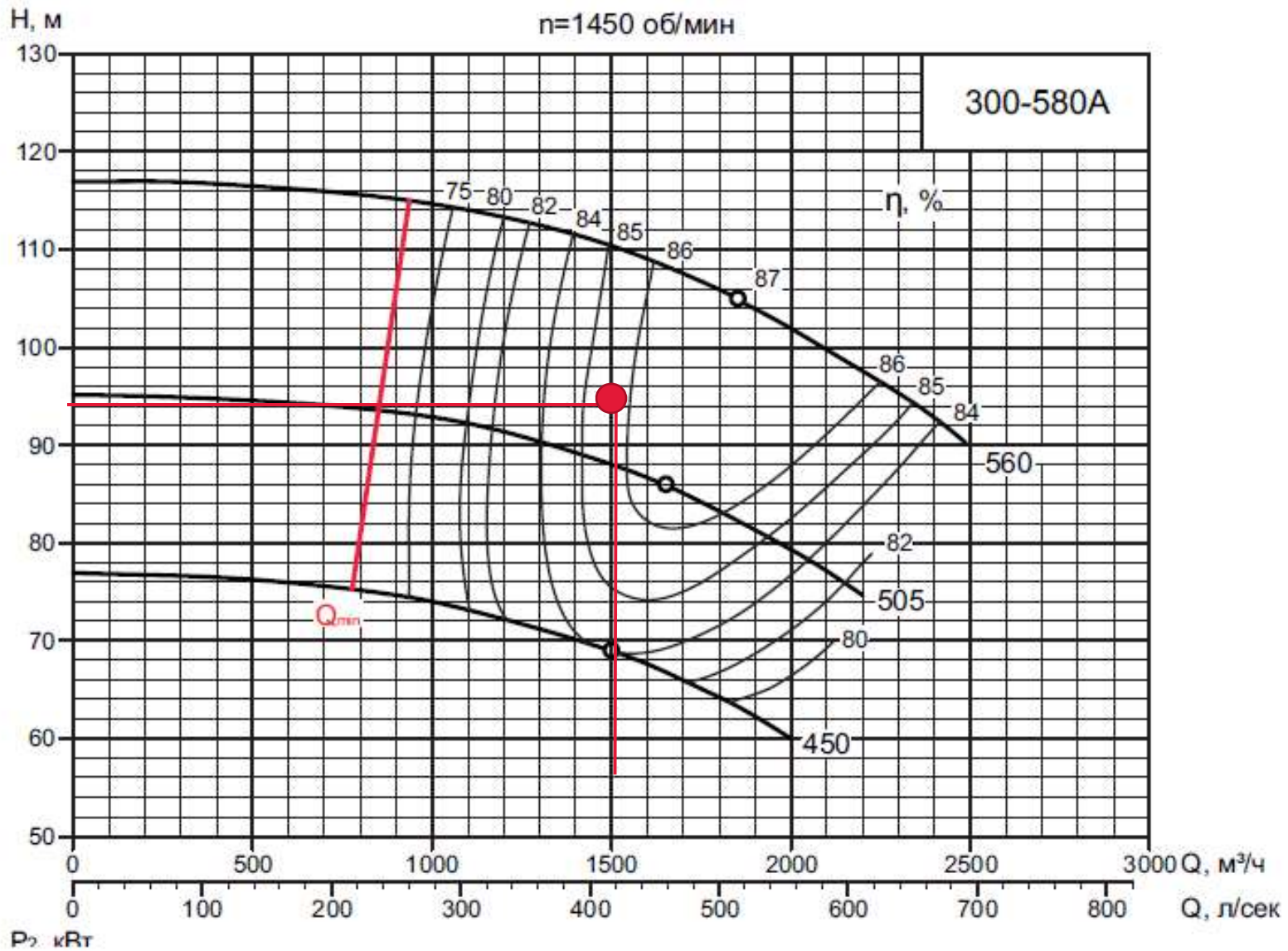
Подбор насосов

Рабочая точка совпадает с характеристикой



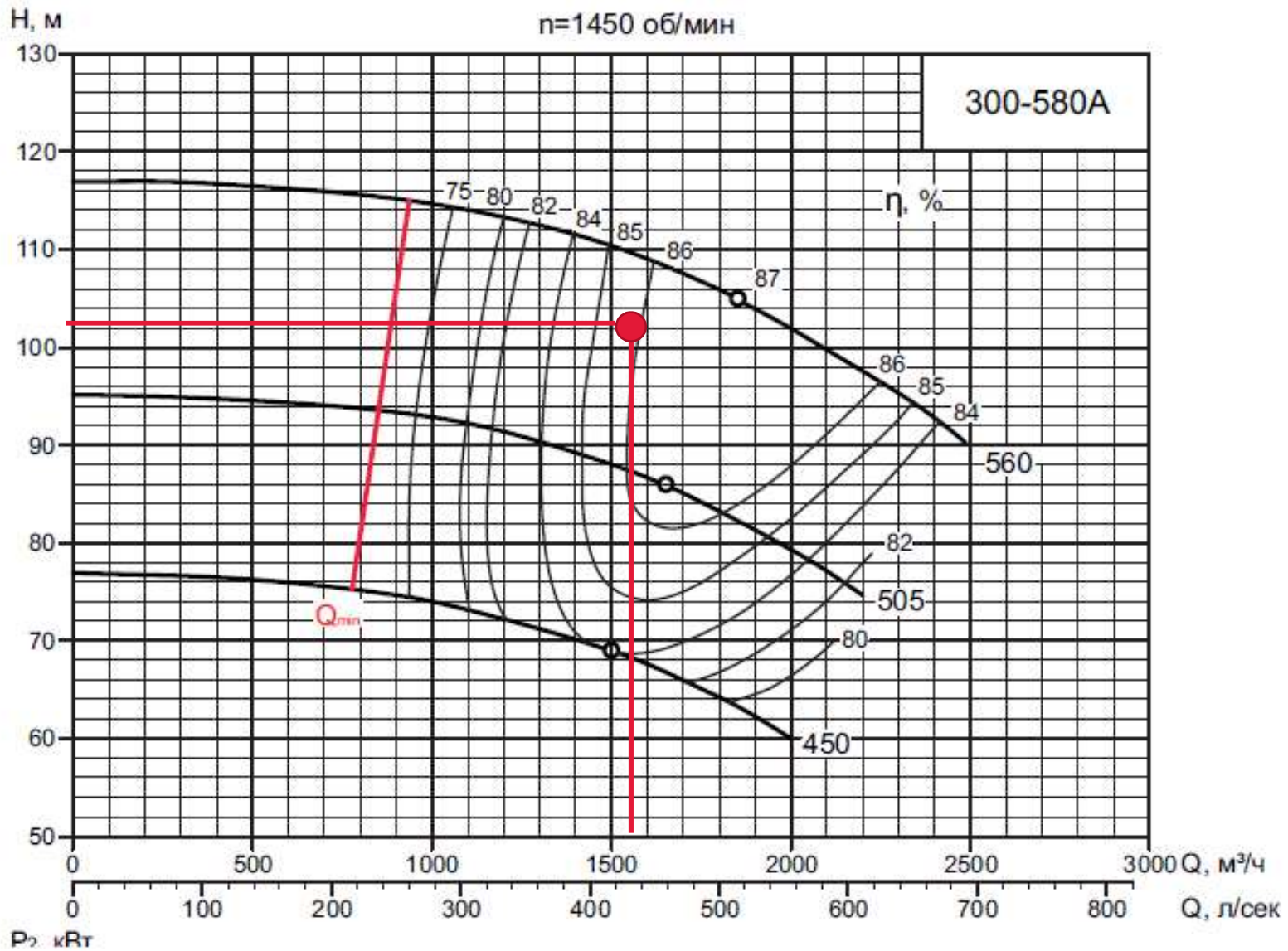
Программа Spaix

Рабочая точка совпадает с характеристикой



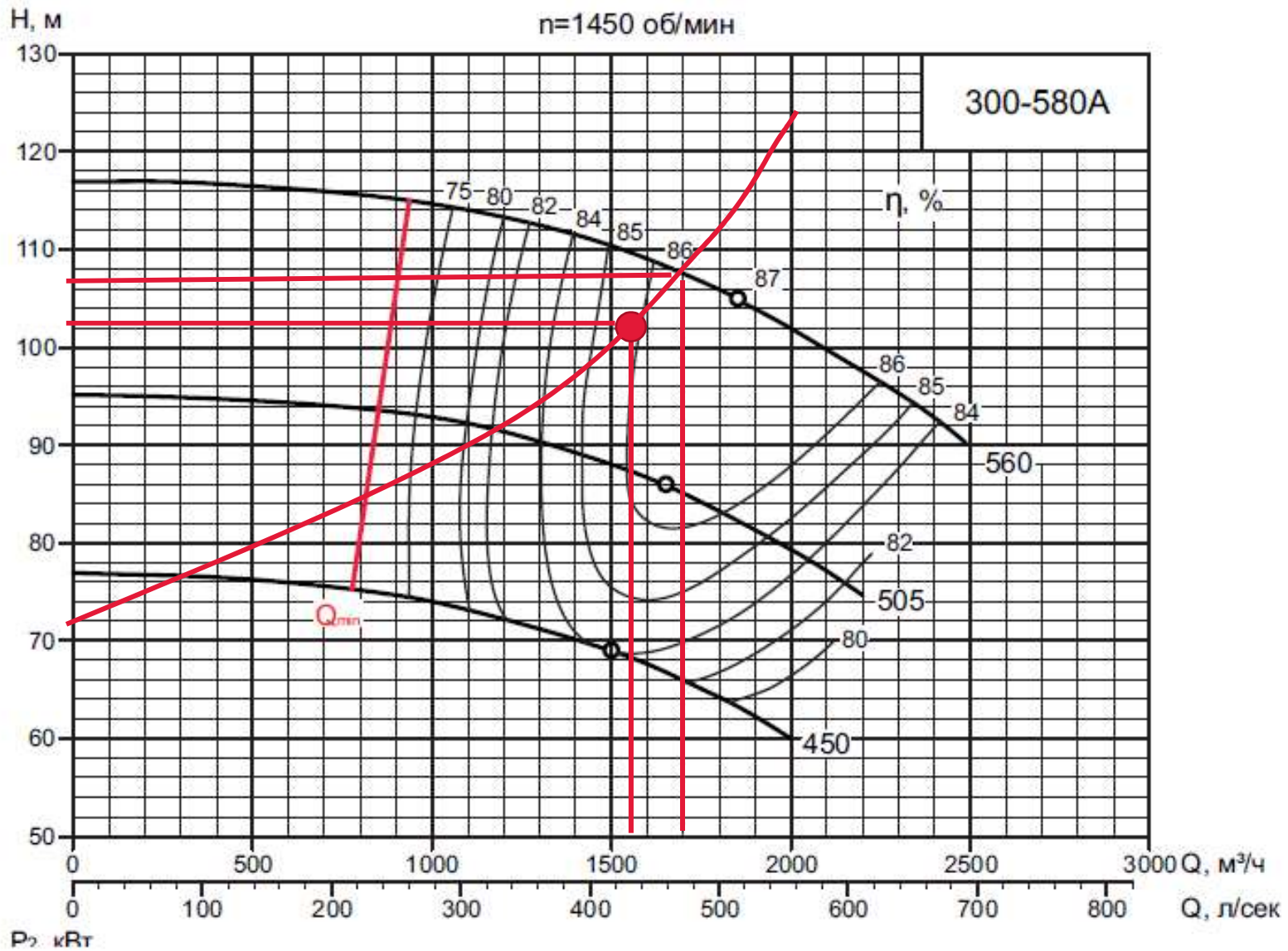
Программа Spaix

Рабочая точка совпадает с характеристикой



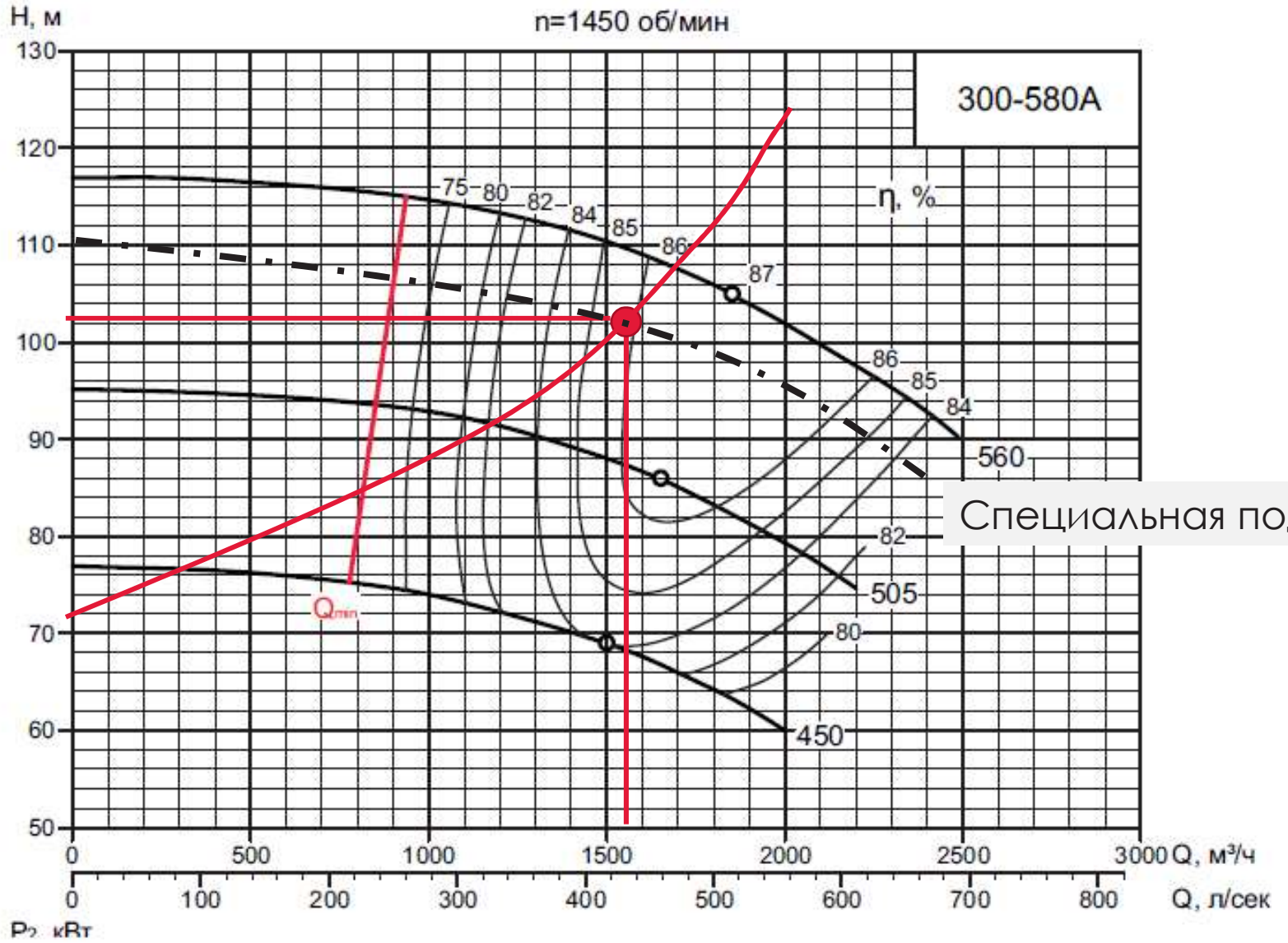
Программа Spaix

Рабочая точка совпадает с характеристикой



Программа Spaix

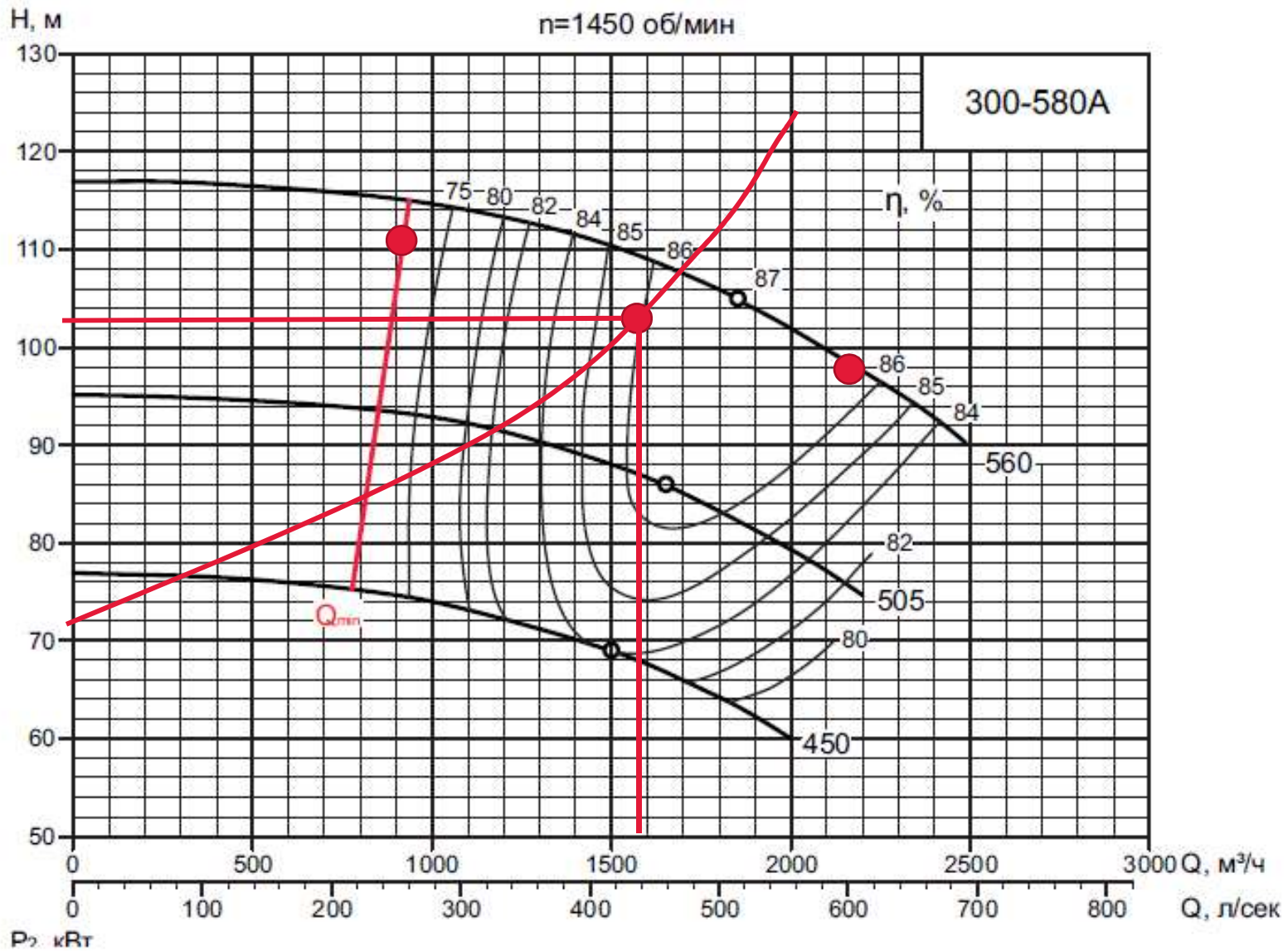
Рабочая точка совпадает с характеристикой



Специальная подрезка

Программа Spaix

Рабочая точка совпадает с характеристикой



Подбор насосов

Количество агрегатов в работе	Заполняется Заказчиком				Заполняется Участником									
	Характеристика эквивалентной системы		Распределение режимов работы		Агрегат №1									
	Суммарная подача, м3/час	Напор, м	%	часов в год	Подача насоса, м3/час	Частота питающей сети, Гц	Частота вращения, об/мин	КПД насоса, %	Мощность, потребляемая на валу насоса, кВт	КПД электродвигателя, %	КПД ПЧ, %	КПД трансформатора, %	Энергия, потребляемая из сети, кВт·ч	NPSHr, м
1 агрегат	600	40,0	4,20%	367,9	600	35,2	1020	81,0%	80,7	94,5%	98,0%	97,0%	89,9	2,4
	800	43,0	8,30%	727,1	800	37,2	1078	85,9%	109,1				121,5	2,6
	900	44,0	45,80%	4012,1	900	38,0	1102	87,4%	123,5				137,4	2,7
	1000	46,0	8,30%	727,1	1000	39,2	1138	87,9%	142,6				158,7	2,8
	1100	47,0	12,50%	1095,0	1100	40,1	1164	87,7%	160,6				178,8	2,9
	1200	49,0	4,20%	367,9	1200	41,4	1200	86,8%	184,6				205,5	3,1
	1300	51,0	4,20%	367,9	1300	42,6	1236	85,3%	211,8				235,8	3,2
	1400	53,0	4,20%	367,9	1400	43,9	1273	83,1%	243,3				270,9	3,5
	1500	55,0	4,20%	367,9	1500	45,2	1310	80,4%	279,6				311,3	3,8
	1540	56,0	4,10%	359,2	1540	45,8	1327	79,3%	296,3				329,9	3,9
ИТОГО			100%	8 760	Стоимость 1 кВт·ч э/э (руб. с НДС) =									

Параметры работы оборудования (два насоса в паре)																
Количество агрегатов в работе	Заполняется Заказчиком				Заполняется Участником											
	Характеристика эквивалентной системы		Распределение режимов работы		Агрегат №1						Агрегат №2					
	Суммарная подача, м3/час	Напор, м	%	часов в год	Подача насоса, м3/час	Частота питающей сети, Гц	Частота вращения, об/мин	КПД насоса, %	Мощность, потребляемая на валу насоса, кВт	Энергия, потребляемая из сети, кВт·ч	Подача насоса, м3/час	Частота питающей сети, Гц	Частота вращения, об/мин	КПД насоса, %	Мощность, потребляемая на валу насоса, кВт	Энергия, потребляемая из сети, кВт·ч
2 агрегата	600	40,0	4,20%	367,9	300	40,1	1164	65,7%	49,8	54,9	300	40,1	1164	65,7%	49,8	54,9
	800	43,0	8,30%	727,1	400	42,0	1217	75,4%	62,2	68,6	400	42,0	1217	75,4%	62,2	68,6
	900	44,0	45,80%	4012,1	450	42,7	1238	79,0%	68,3	75,4	450	42,7	1238	79,0%	68,3	75,4
	1000	46,0	8,30%	727,1	500	43,9	1272	81,6%	76,8	84,8	500	43,9	1272	81,6%	76,8	84,8
	1100	47,0	12,50%	1095,0	550	44,6	1293	83,8%	84,1	92,8	550	44,6	1293	83,8%	84,1	92,8
	1200	49,0	4,20%	367,9	600	45,8	1328	85,2%	94,0	103,8	600	45,8	1328	85,2%	94,0	103,8
	1300	51,0	4,20%	367,9	650	47,0	1363	86,1%	104,9	115,8	650	47,0	1363	86,1%	104,9	115,8
	1400	53,0	4,20%	367,9	700	48,2	1398	86,7%	116,6	128,7	700	48,2	1398	86,7%	116,6	128,7
	1500	55,0	4,20%	367,9	750	49,8	1445	86,9%	129,4	142,8	750	49,8	1445	86,9%	129,4	142,8
	1540	56,0	4,10%	359,2	770	50,0	1450	87,0%	135,1	149,1	770	50,0	1450	87,0%	135,1	149,1

Подбор аналогов других производителей

ПОДБОР АНАЛОГОВ ДРУГИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Подбор аналогов других производителей

Аналоги насосов других производителей.

Основные моменты на которые следует обратить внимание

- Тип насоса;
- Рабочая точка/номинальная точка;
- Соответствие NPSHR если критично в особых случаях;
- Мощность комплектуемого электродвигателя.
- Материальное исполнение корпуса и рабочего колеса;
- Тип уплотнения. (торцевое или сальниковое).
- Диаметры патрубков.

Подбор аналогов других производителей

Ссылки на программы подбора

KSB - https://www.ksb.com/ksb-ru/KSB-EasySelect/

Wilo - https://www.wilo-select.com/Region.aspx

Grundfos - https://product-selection.grundfos.com/front-page.html

Xylem - https://www.xylect.com/bin/Xylect.dll

Подбор аналогов других производителей

Ссылки на программы подбора

Таблица соответствия серий насосов разных производителей.

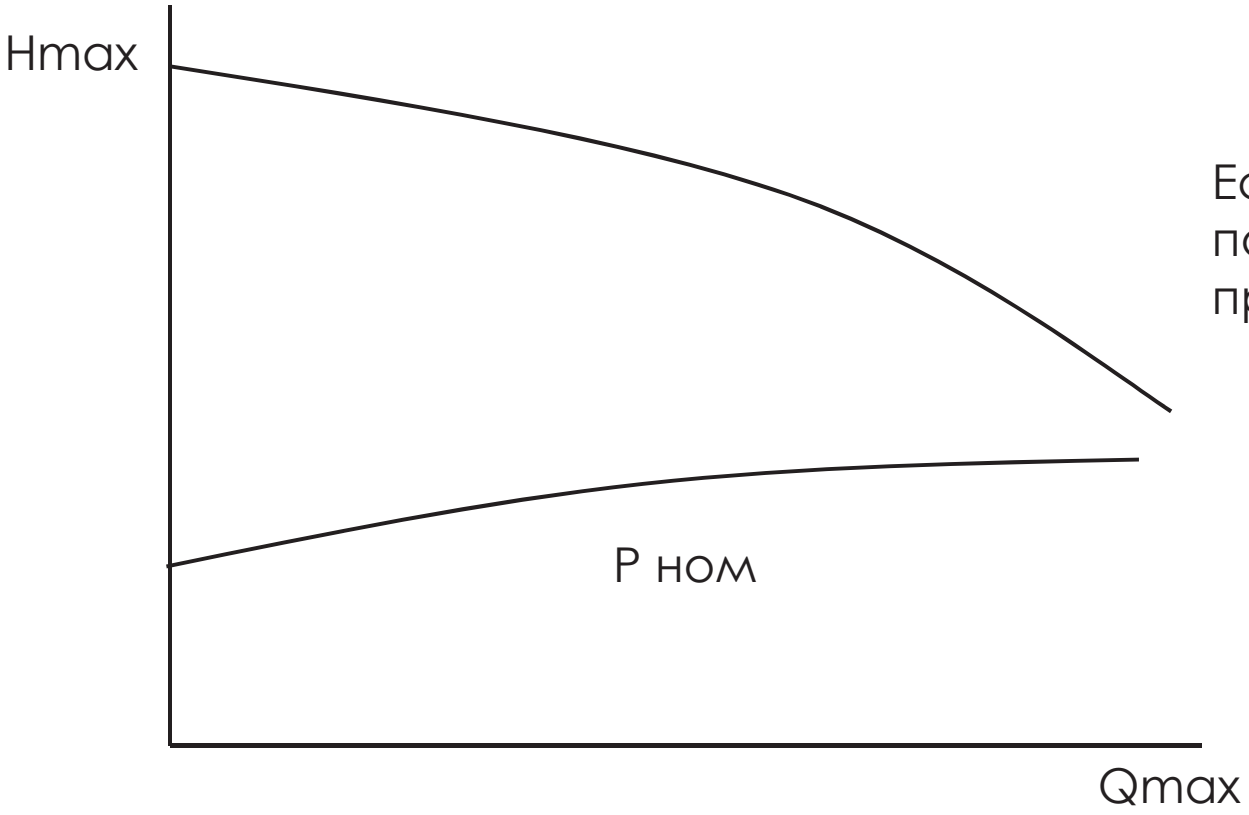
ГМС	ВИЛО	Грундфос	КСБ	Lowara	Flygt	CNP	Даб
DeLium	SCP	HS	Omega	WLS, WS (Flygt)	WLS, WS		
Ciris	TWI, Zetos	SP	UPA	Z			SMC, SS
Boosta	Helix V, Helix First V, MVI, MVIL	CR	Movitec	SV			KV, NKV, KVC, KVCX,
APD	COR, Siboost	Hydro MPC-E, Hydro Multi-E	Delta Basic, Delta Primo, Delta Macro	GHV, GHC, GV			KVC-AD, KV-AD, NKV-AD, NKVE MCE, NKVE ADAC,
Kordis KRL	IL	TP	Etaline	LNEE, LNES		TD	CP, CP-G, CM, CM-G, KLM, KLP
Kordis KRM	BL	NB	Etabloc	NSCE, NSCS		NIS	NKM-G, NKP-G, K
Kordis KR	NL, Atmos GIGA-N	NK	Etanorm	NSCF, NSCC		NISO	KDN,
Sidus	FA, Rexa, TP	SL, SL1, SLV, SE	Amarex	DOMO, DL, Lowara 1300	D3000, D8000, F3000, R3000, N3000 ?		

Подбор аналогов других производителей

Указан параметры
Максимальная подача

Максимальный напор.
Номинальная мощность электродвигателя.

Мощность подобранного насоса выше
В сравнении с аналогом.



Если указана модель аналога
посмотреть в каталоге
программе подбора

Подбор аналогов других производителей

Подбор аналогов насосов других производителей.

Необходимо подобрать аналог на параметры.

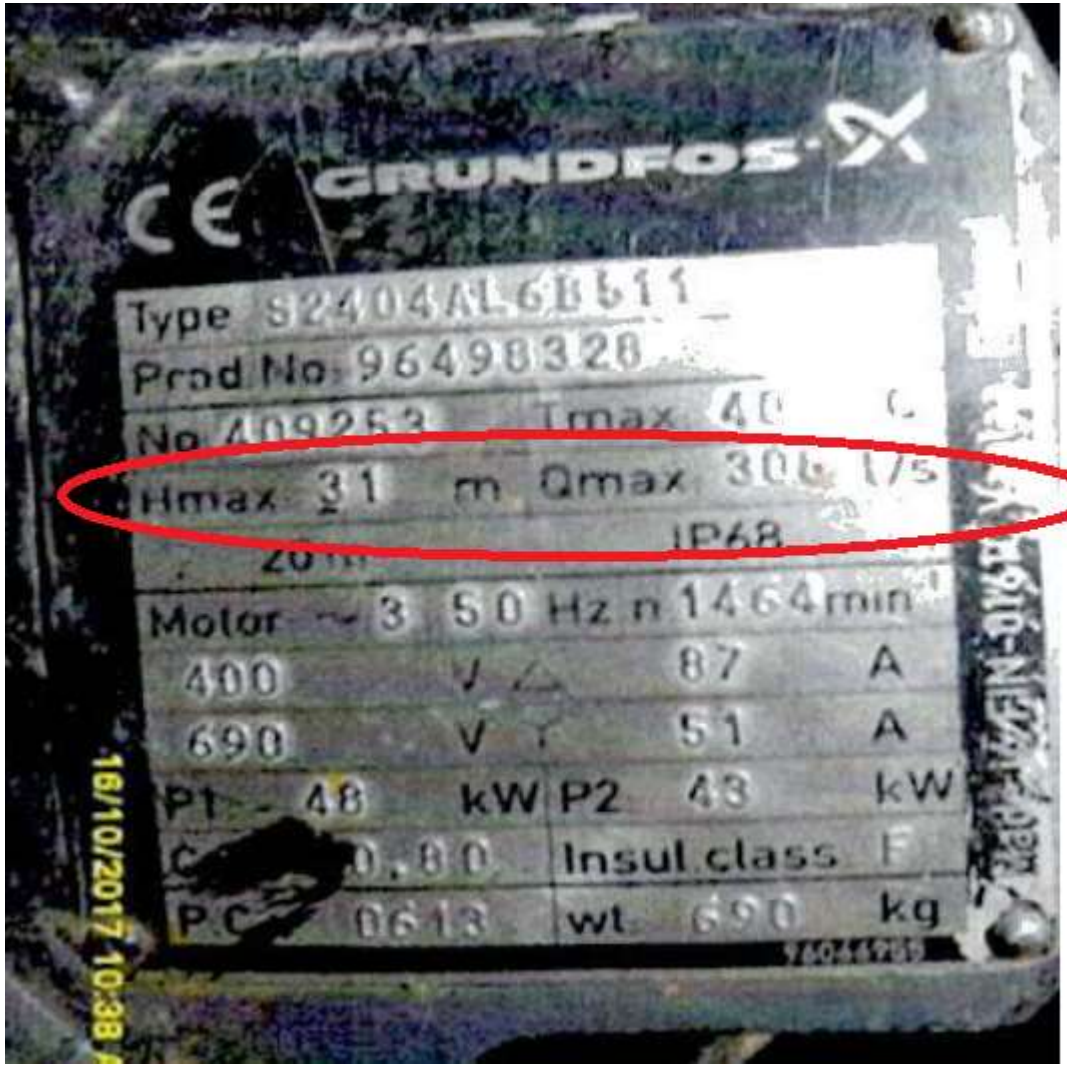
Найти модель. Определить характеристики.

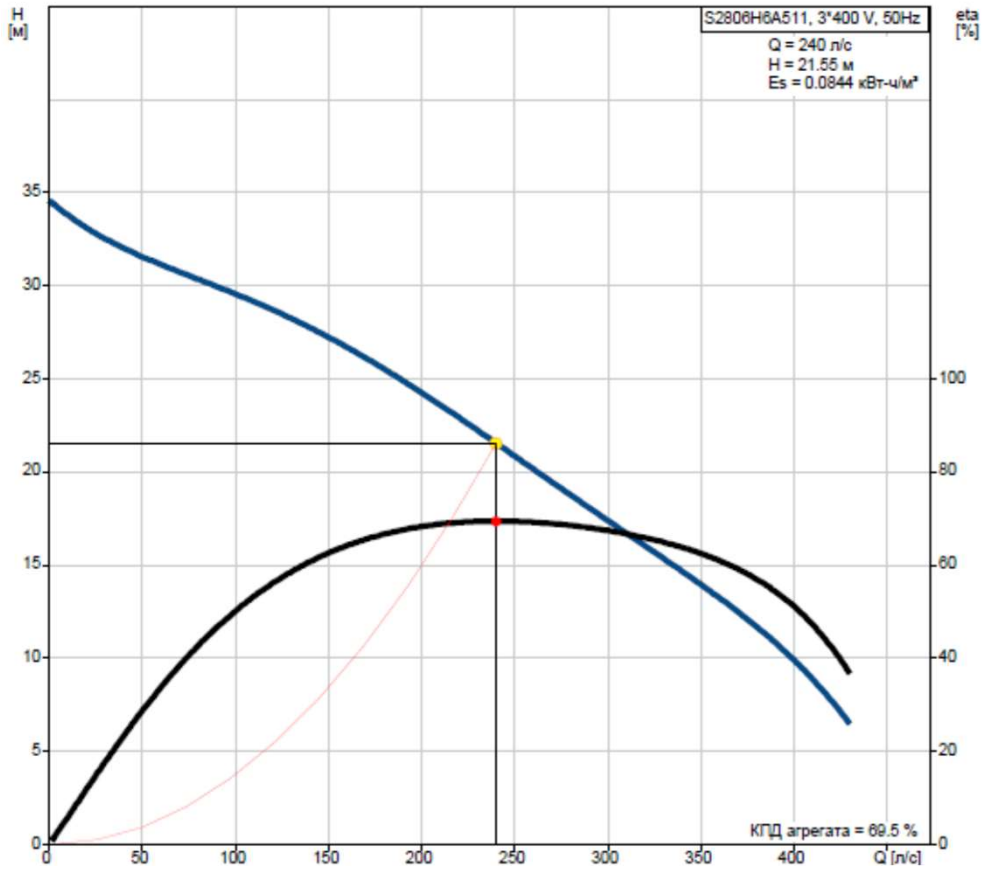
Основные условия.

Точно по параметрам подобрать не всегда удается

Мощность двигателя не больше чем у аналога. Обратить внимание на рабочий диапазон аналога.
Часто мощность двигателя выбирается от рабочей точки а не от рабочего диапазона меньшей мощности.

Программа Spaix





96065958 S2806H6A511 50 Гц

Программа Spaix

Основное меню.
Стартовая страница.
Основной функционал.
Примеры.

Спасибо за внимание!

Аудит насосного оборудования и систем

К ф-м.н. Костюк Александр Викторович
АО «ГМС Ливгидромаш», Филиал в г. Москве – АО «Группа ГМС»
+7 (495) 664-81-71 доб. 5602
kav@hms.ru