

Реальные характеристики центробежных насосов существенно отличаются от теоретических из-за ряда факторов (рис.17).

В реальных колесах ограниченное число лопастей, поэтому траектории не всех частиц совпадают с формой лопаток, за счет этого теоретическая характеристика понижается (кривая 1 рис.17).

В колесе происходят гидравлические потери за счет трения h_z , пропорциональные квадрату скорости (и квадрату расхода), что выражается кривой 2. Конструкция рабочего колеса рассчитывается на определенный расход Q_p и скорость V_p , при отклонении от которых возникают так называемые потери на удар h_y ,

пропорциональные величине $V_p^2 - V^2$ (кривая 3). Кроме того, в насосе из-за зазоров и неплотностей часть жидкости перетекает из выходной полости во входную и подача насоса уменьшается. В результате всех этих потерь реальная характеристика 4 проходит существенно ниже теоретической.



Рис. 17. Отклонение фактической характеристики центробежного насоса от теоретической:

1 - 4 - кривые, учитывающие понижение характеристики за счет: отклонения траектории частиц от формы лопаток (1), гидравлических потерь (2), потерь "на удар" (3), неплотностей в насосе (4)

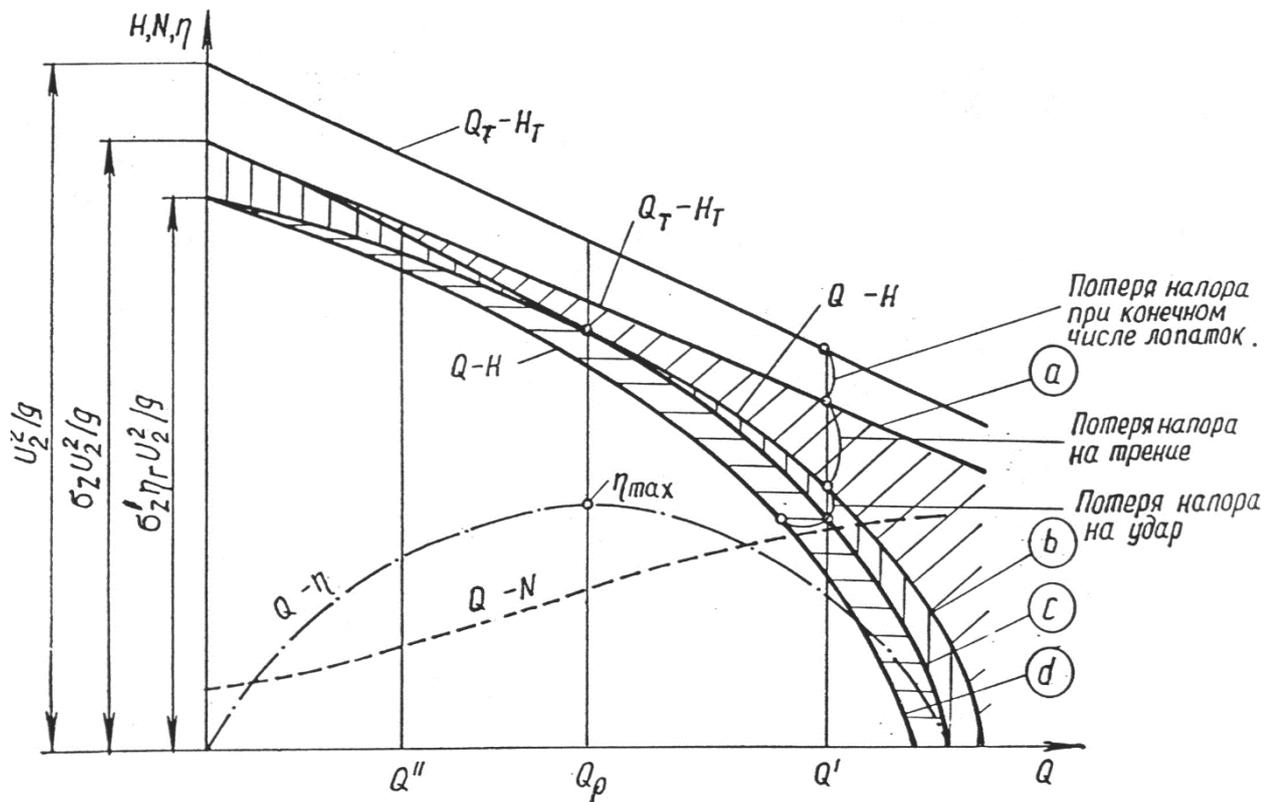
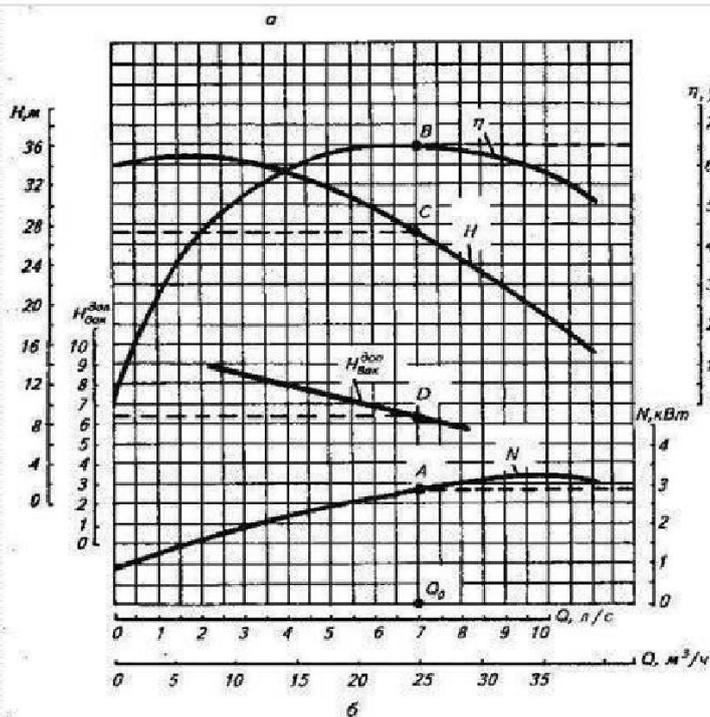


Рис. Теоретические характеристики центробежного насоса.

Рабочие характеристики центробежных насосов

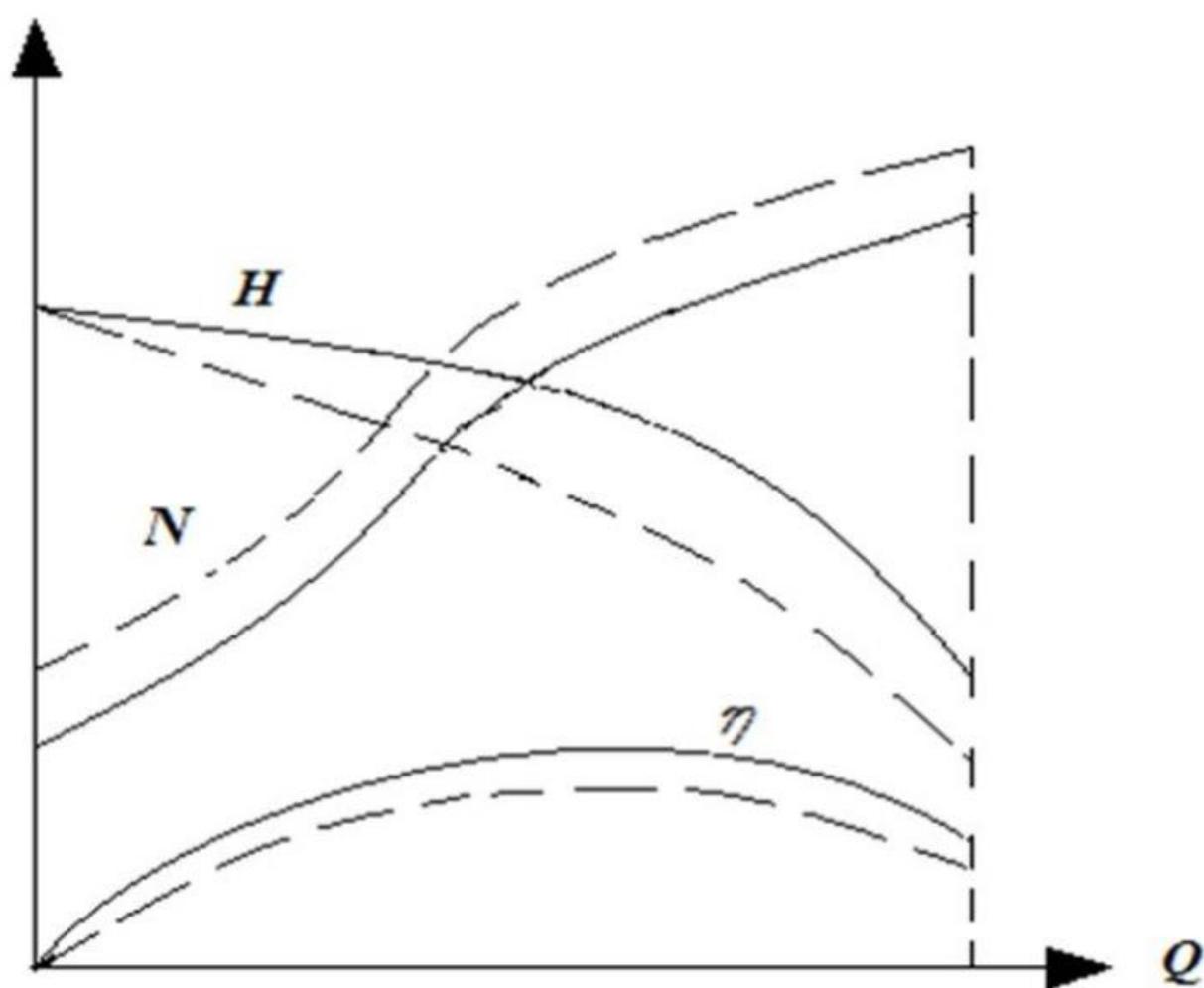


Рабочие характеристики центробежных насосов – это графические зависимости основных параметров насосов, таких как напор, мощность, КПД и допустимая вакуумметрическая высота всасывания, от подачи:

$H = f(Q); N = f(Q); \eta = f(Q); H_{\text{вак. доп}} = f(Q)$

Характеристики центробежных насосов строят на основании испытаний насосов и приводят в каталогах насосов. Характеристики наглядно показывают эффективность работы насосов при различных режимах и позволяют точно подобрать наиболее экономичный насос для заданных условий работы.

H, N, η



— вода
- - - нефть

Для анализа работы центробежного насоса, выбора оптимального режима его работы используют его универсальную характеристику (рис.8-20), которая получается при снятии характеристик насоса, но при различных числах оборотов рабочего колеса.

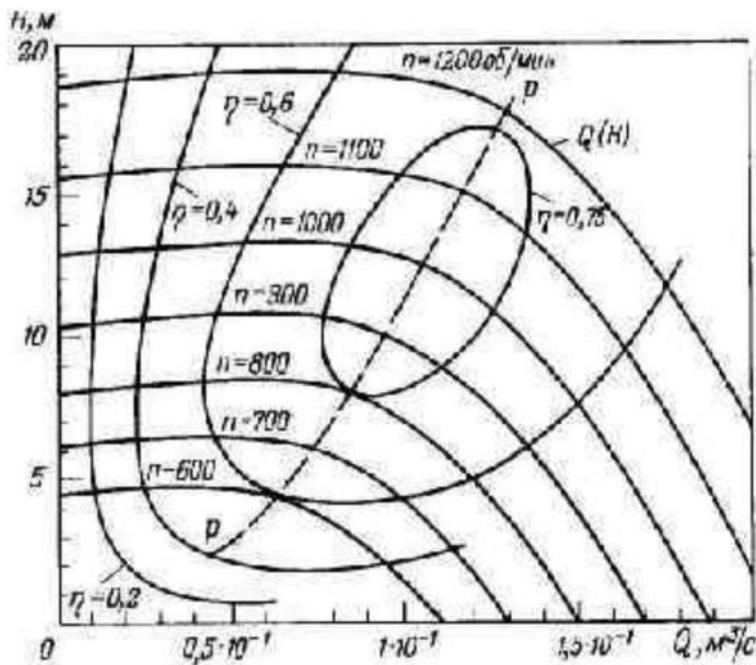
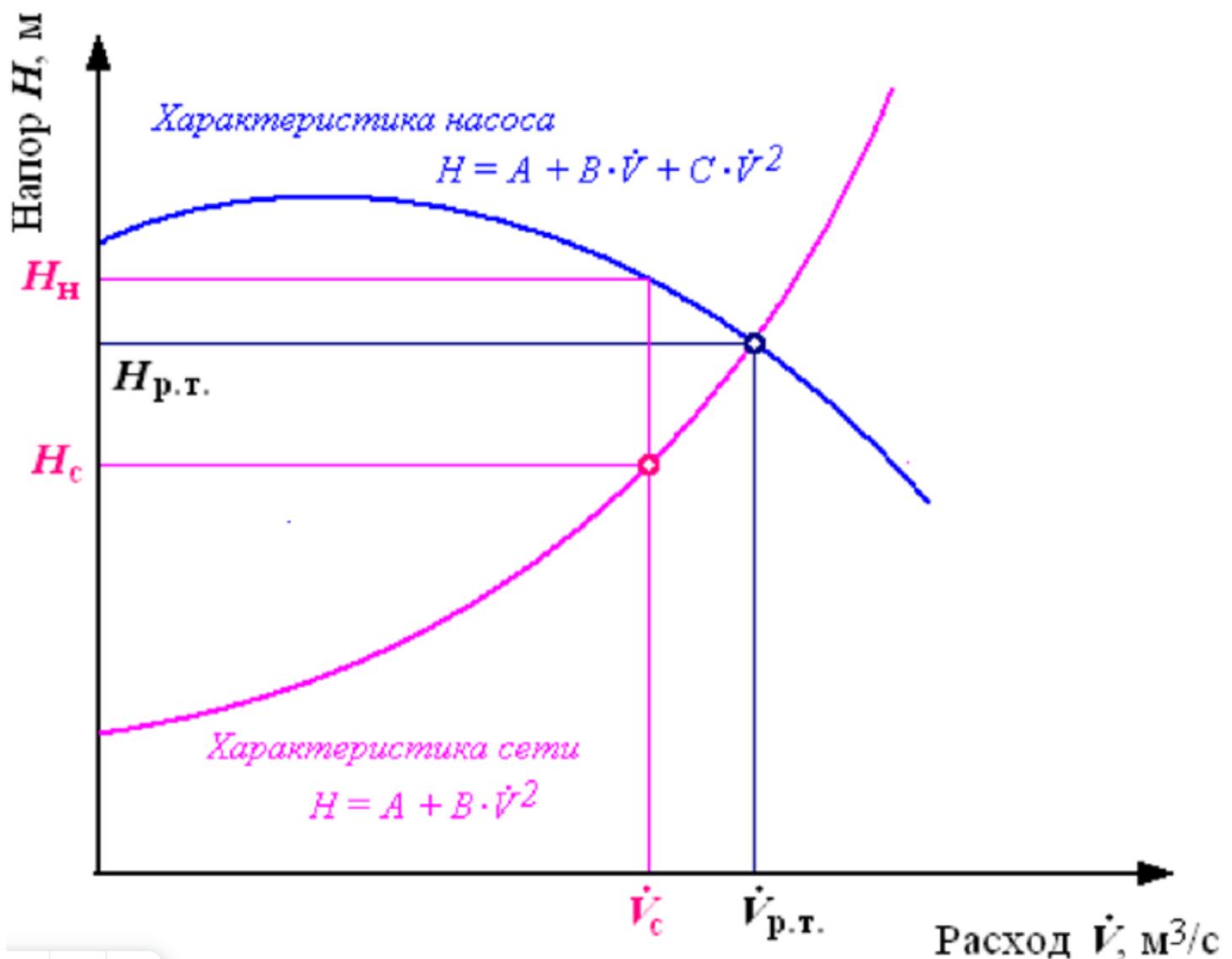


Рис. 8-20. Универсальная характеристика центробежного насоса: *p-p*-линия оптимальных условий работы насоса

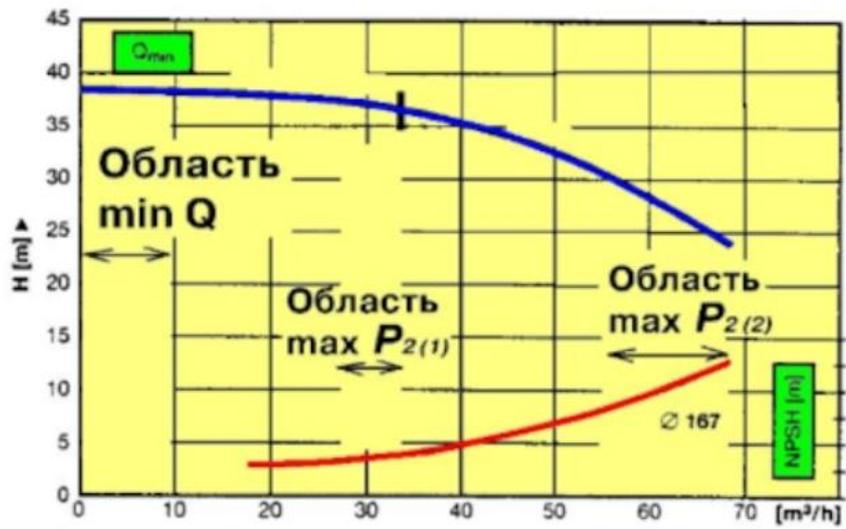
Условные обозначения

- $Q, \text{ м}^3/\text{сек}$ - производительность насоса
- $H, \text{ м}$ - напор
- n - число оборотов рабочего колеса
- η - КПД насоса

Линия *p-p* соответствует максимальным значениям к.п.д. насоса при данных числах оборотов рабочего колеса. Универсальная характеристика позволяет наиболее полно провести анализ работы центробежного насоса и выбрать ее оптимальный режим.



Рабочие характеристики центробежного насоса



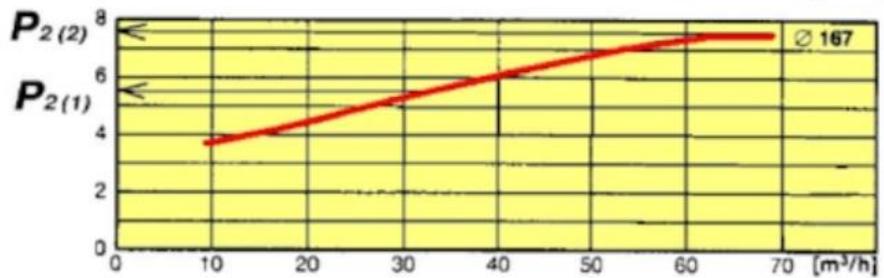
Зависимость напора от расхода

$$H = f(Q)$$

Зависимость кавитационного запаса от расхода

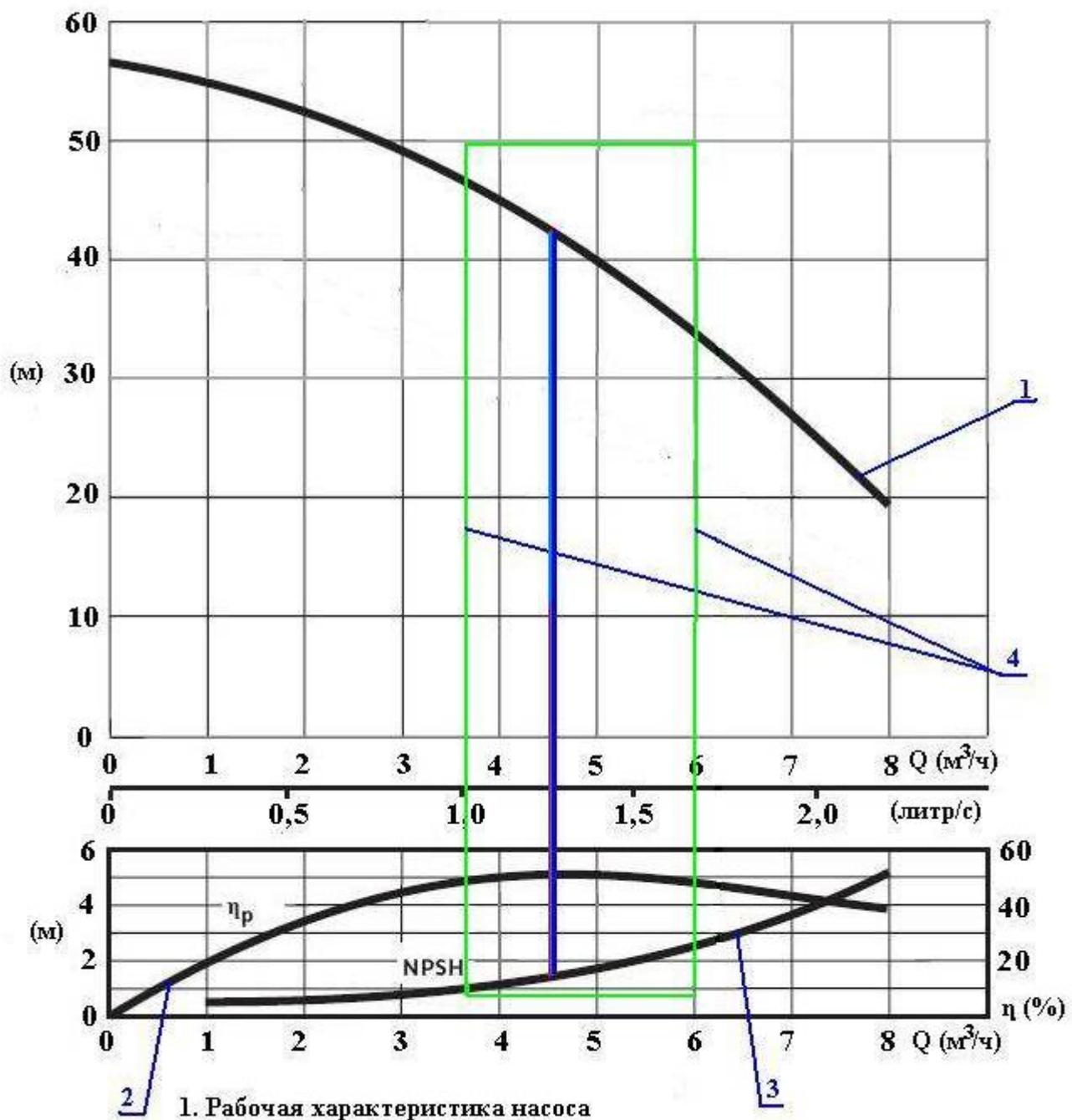
$$NPSH = f(Q)$$

NPSH (net positive suction head)



Зависимость потребляемой насосом мощности от расхода

$$P_2 = f(Q)$$



1. Рабочая характеристика насоса
2. Характеристика КПД насоса
3. Характеристика NPSH насоса
4. Оптимальная область для подбора насоса

Рис. 1

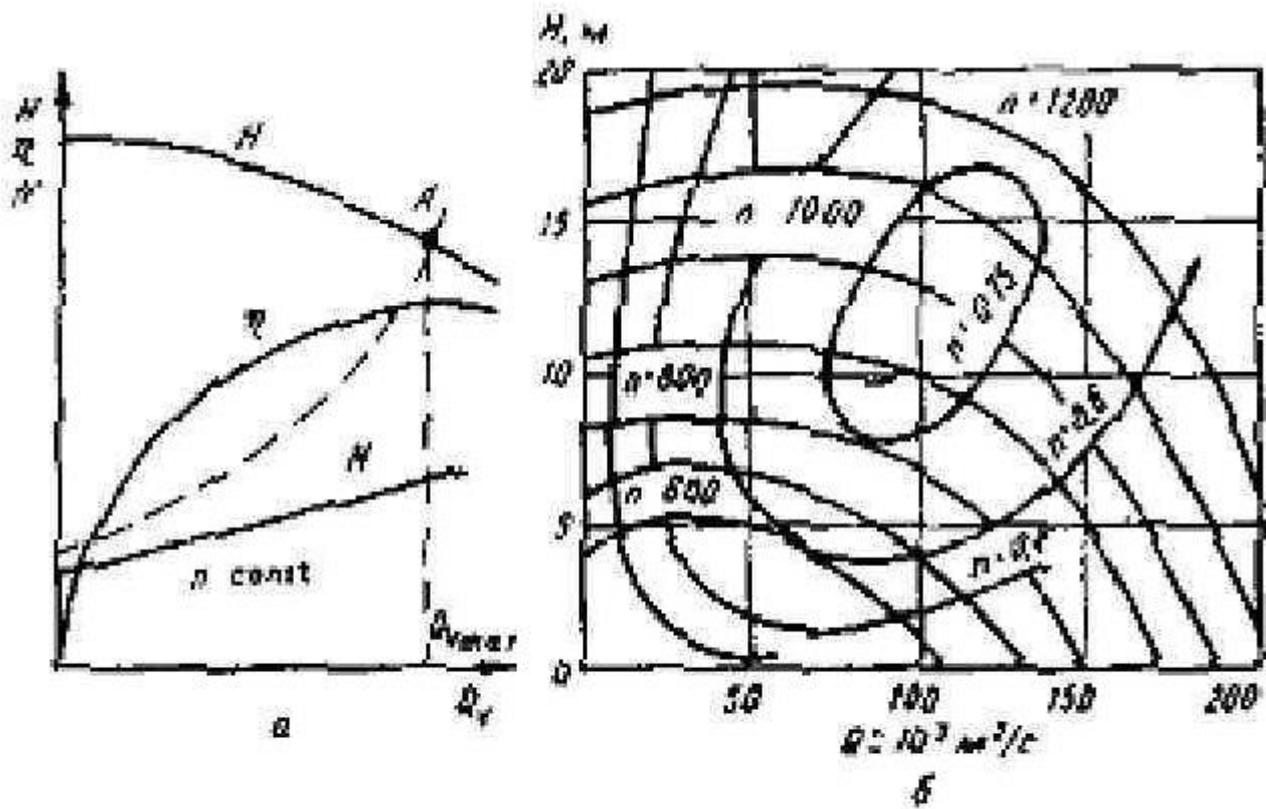
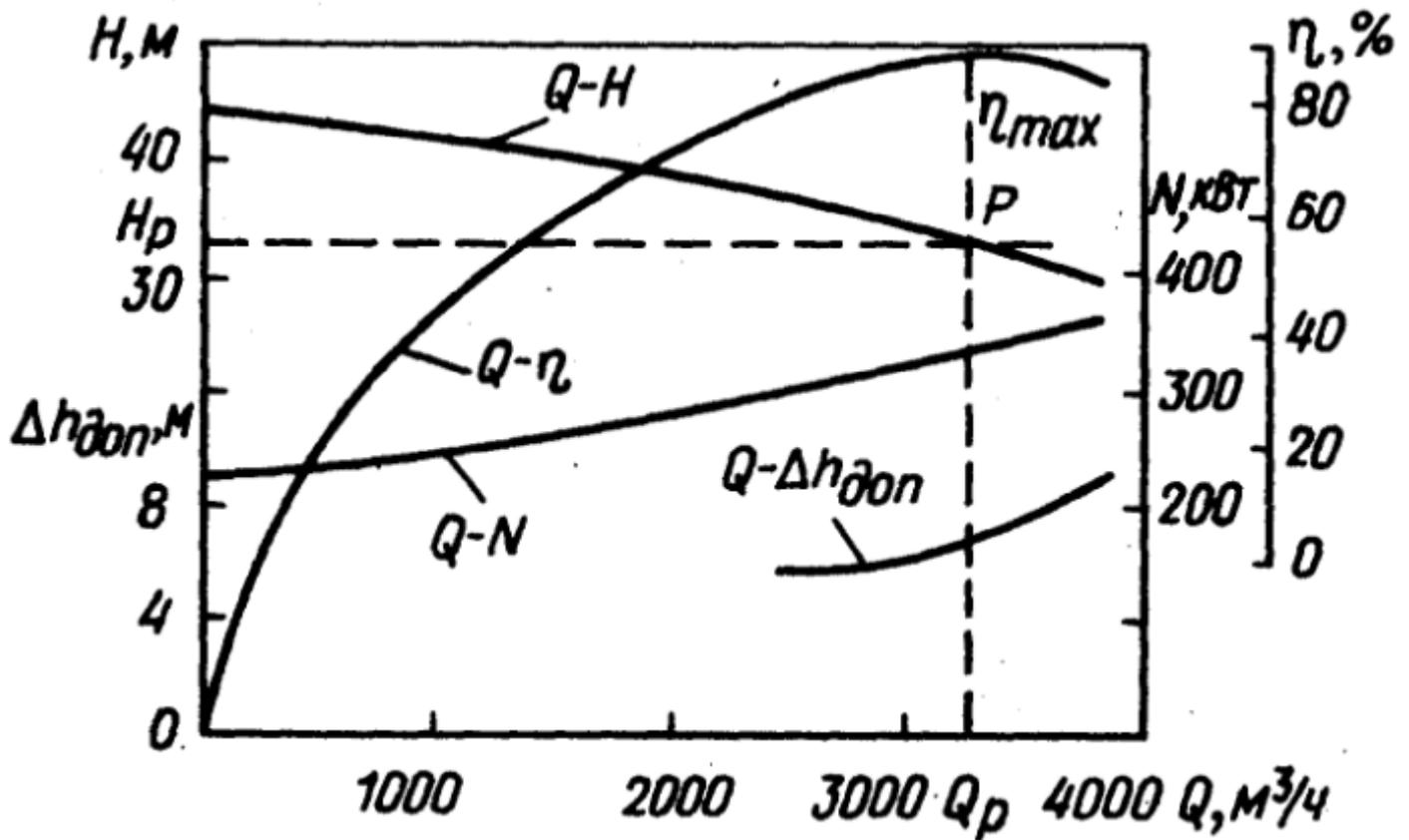
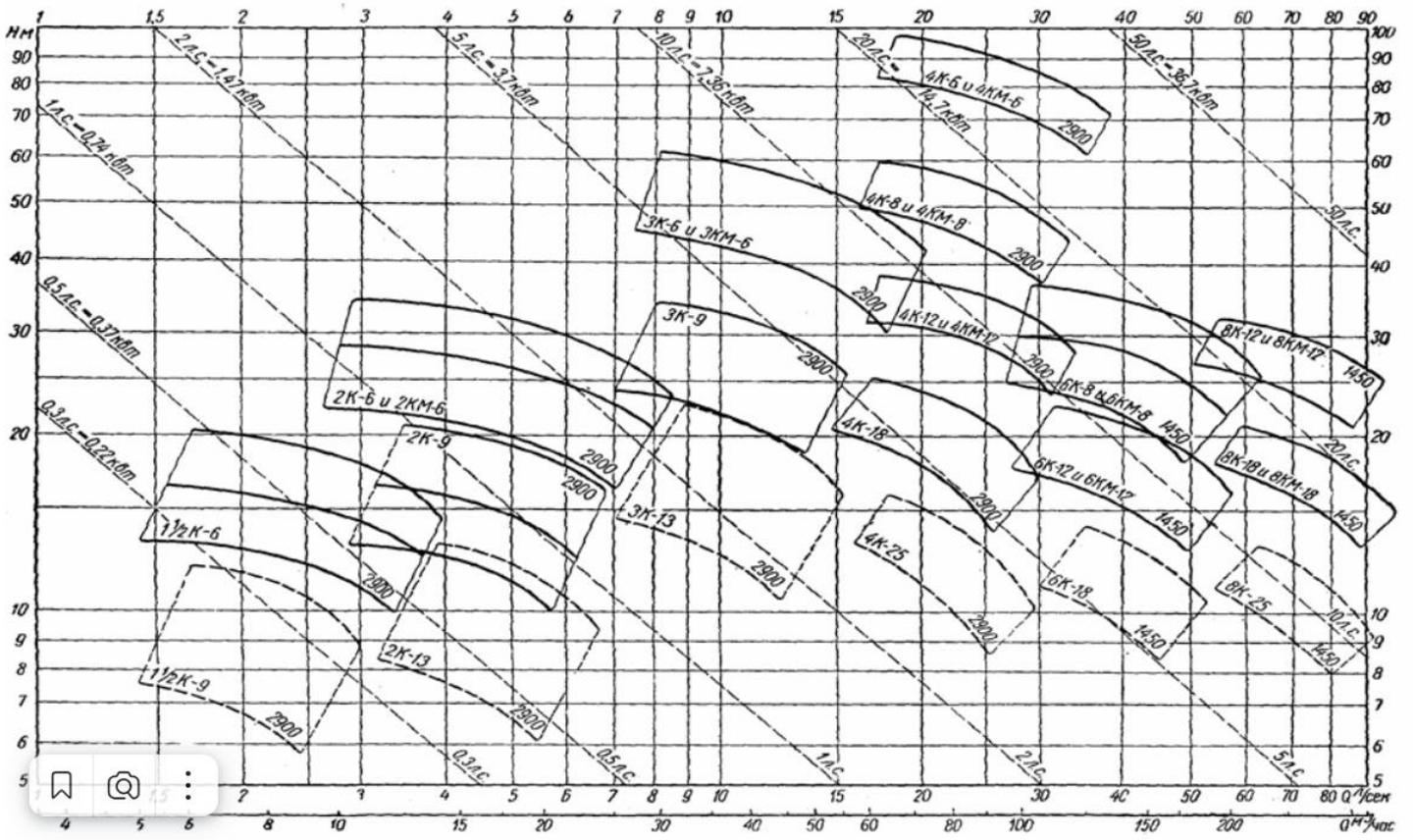
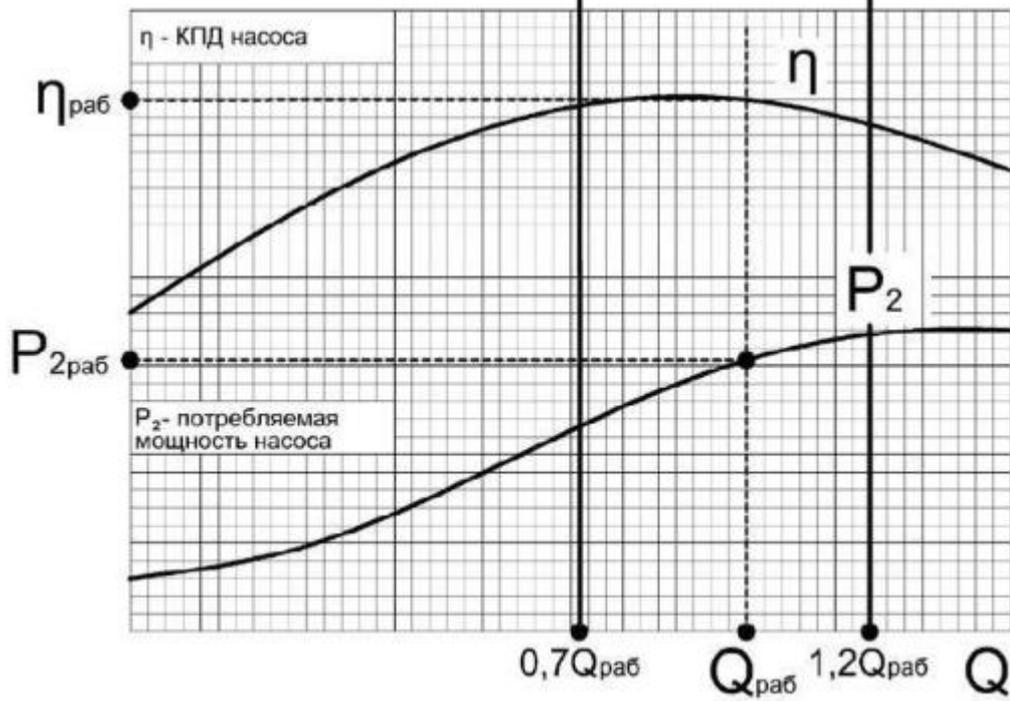
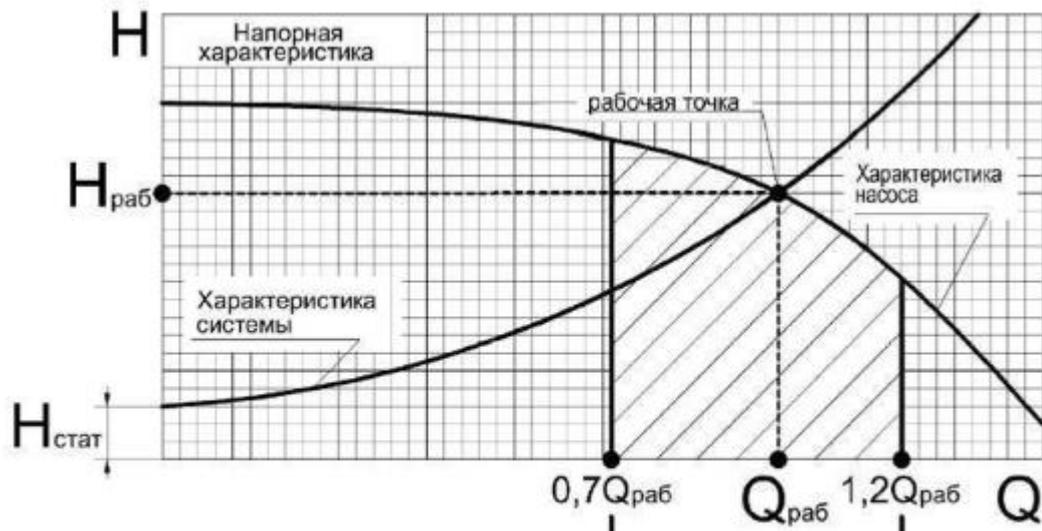


Рисунок 9- Характеристика центробежного насоса:
 а — рабочая, б — универсальная;







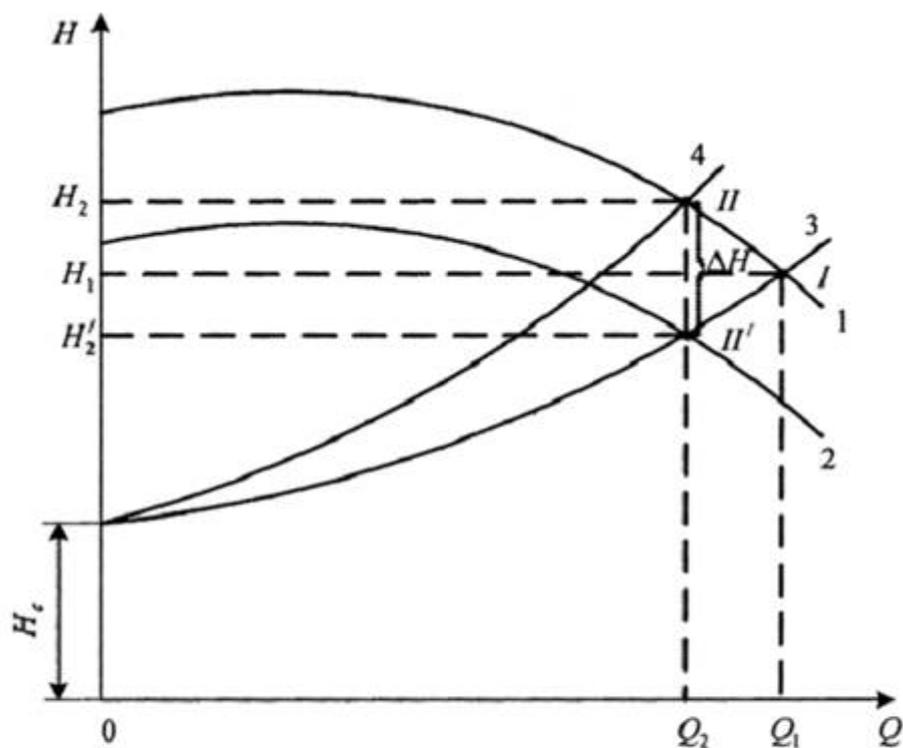
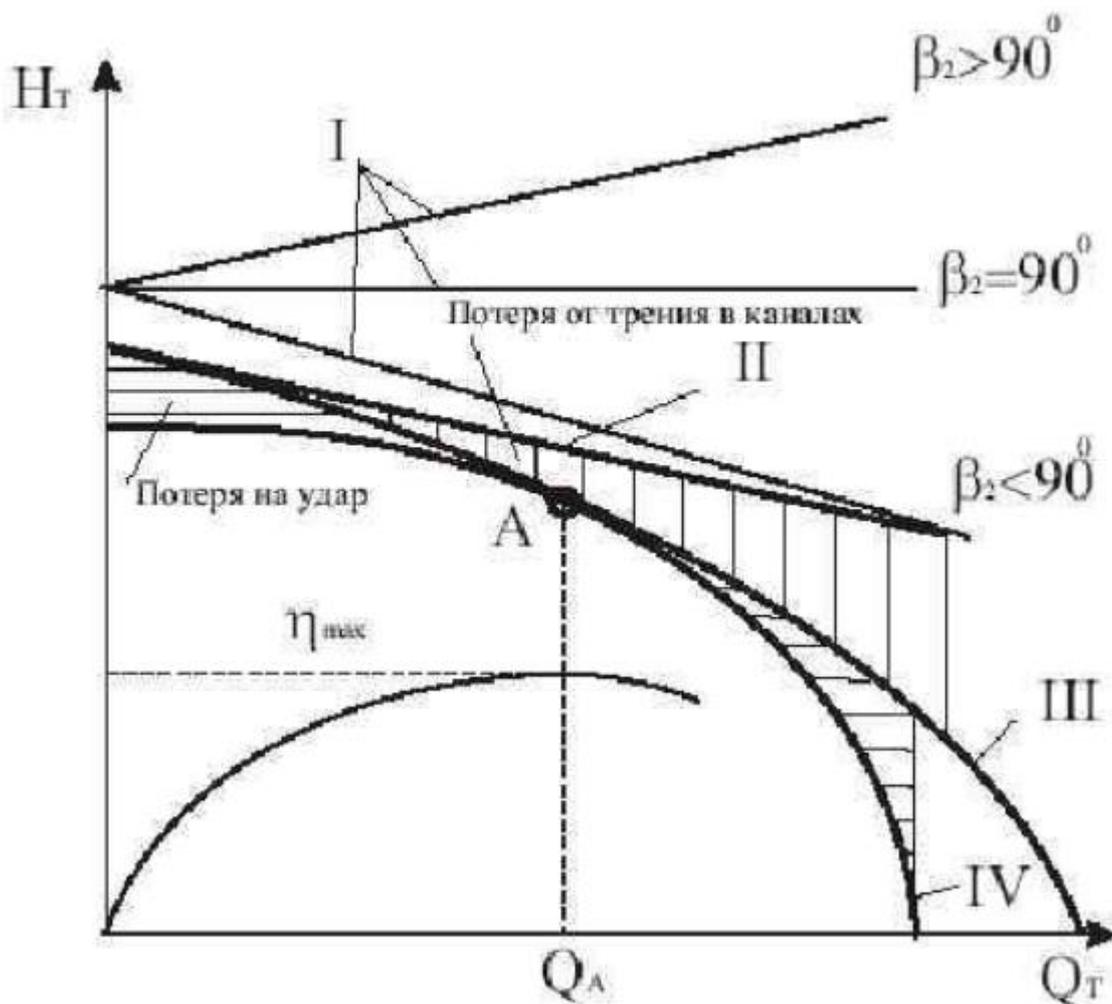


Рис. 1.3. Регулирование режима работы центробежного насоса:

1 — характеристика насоса при номинальной частоте вращения; 2 — то же при уменьшении частоты вращения; 3 — характеристика трубопровода при полном открытии задвижки; 4 — то же при уменьшении степени открытия затвора

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА



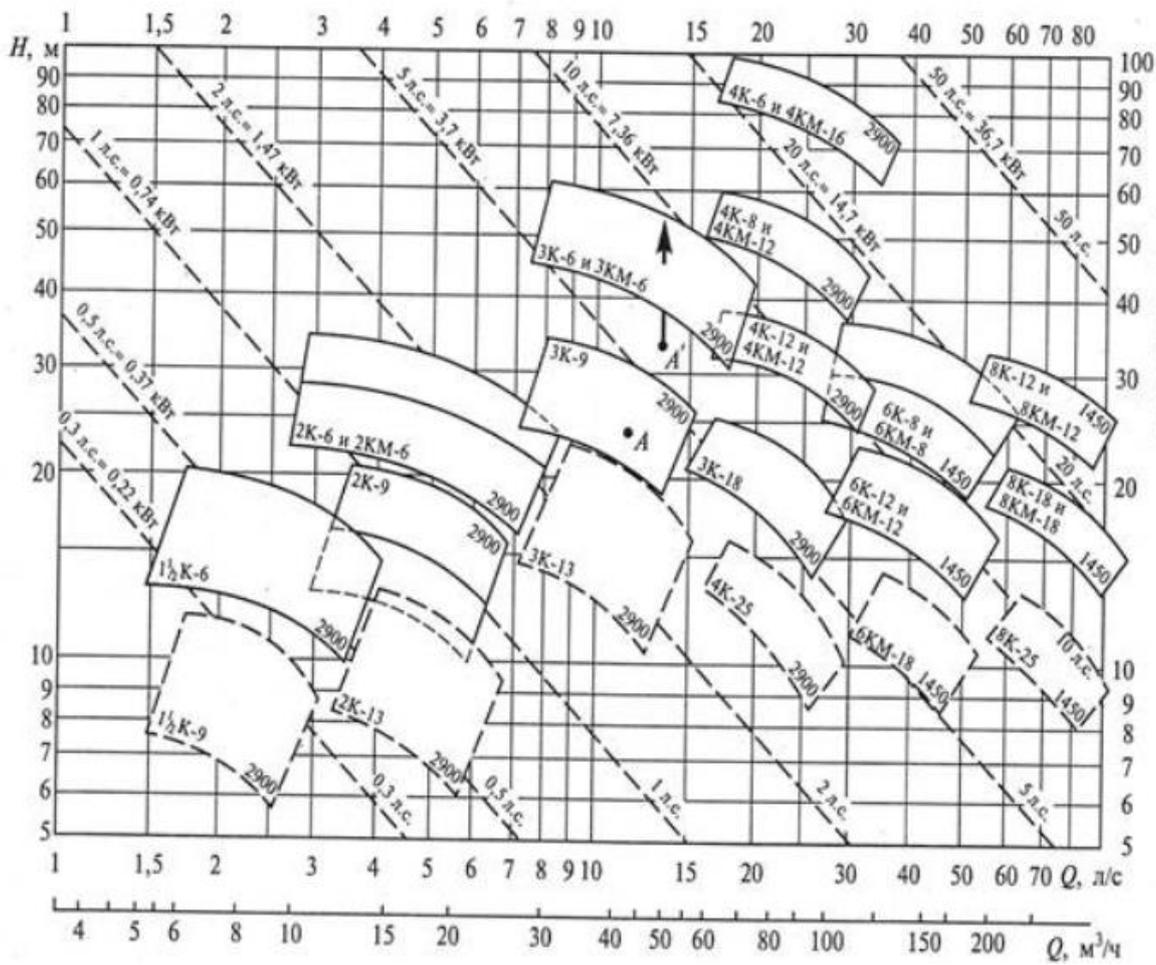
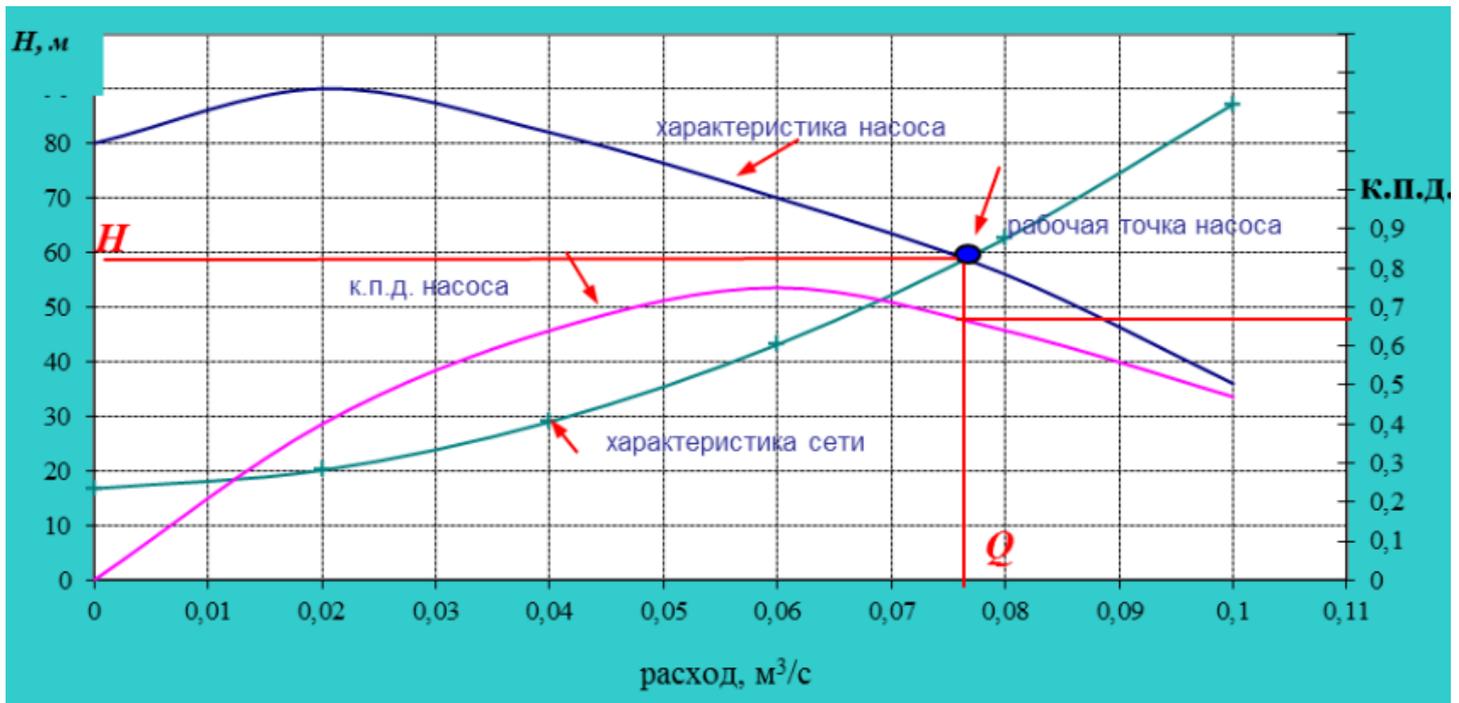
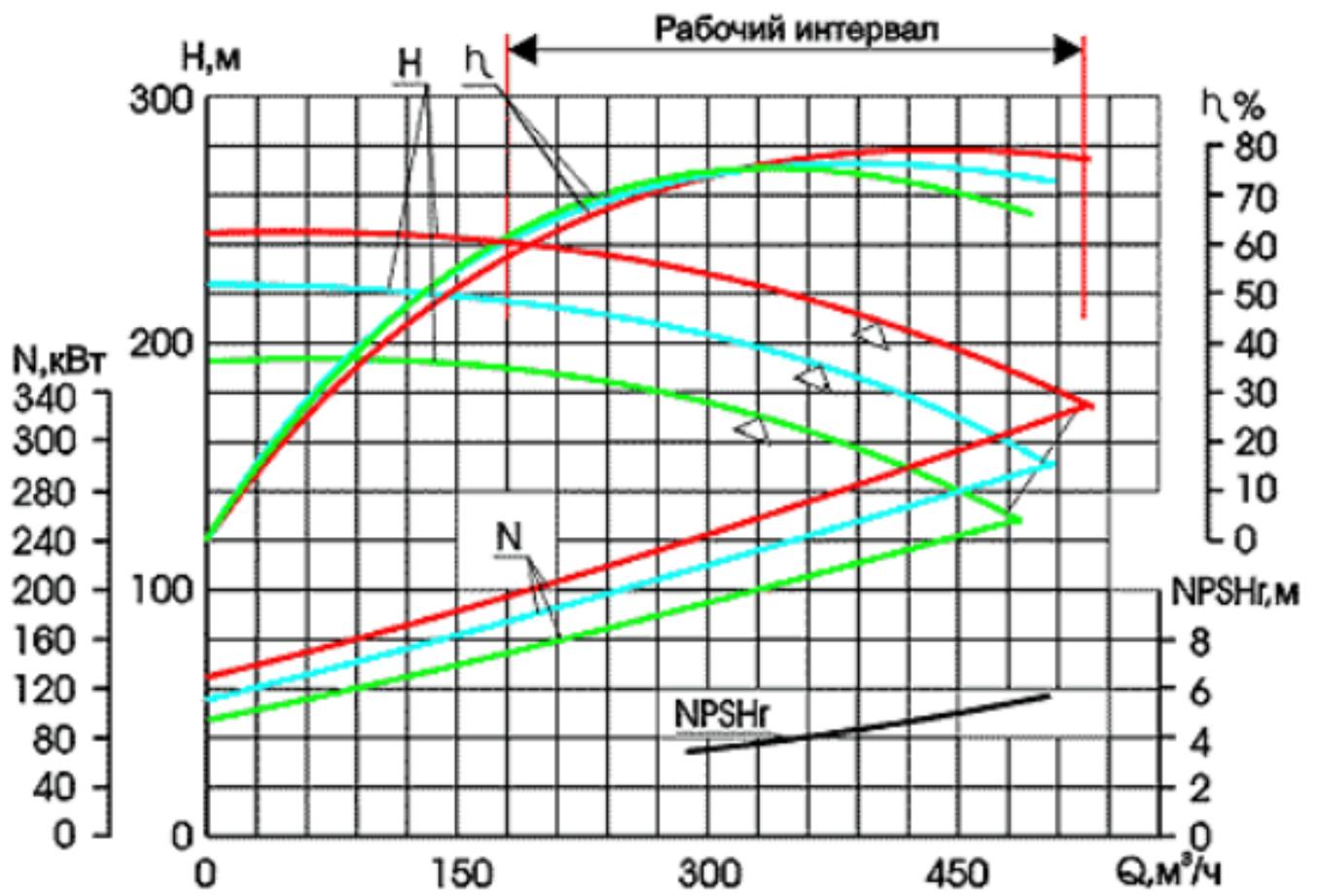


Рис. 2.8. Сводный график рабочих полей центробежных насосов типа К и КМ:
 К — насос консольного типа; КМ — насос консольного типа без редуктора; первая цифра — входной патрубок; вторая цифра — коэффициент быстроходности; цифры в правом углу рабочего поля — частота вращения насоса



Характеристики насоса ЦН 400-210-С

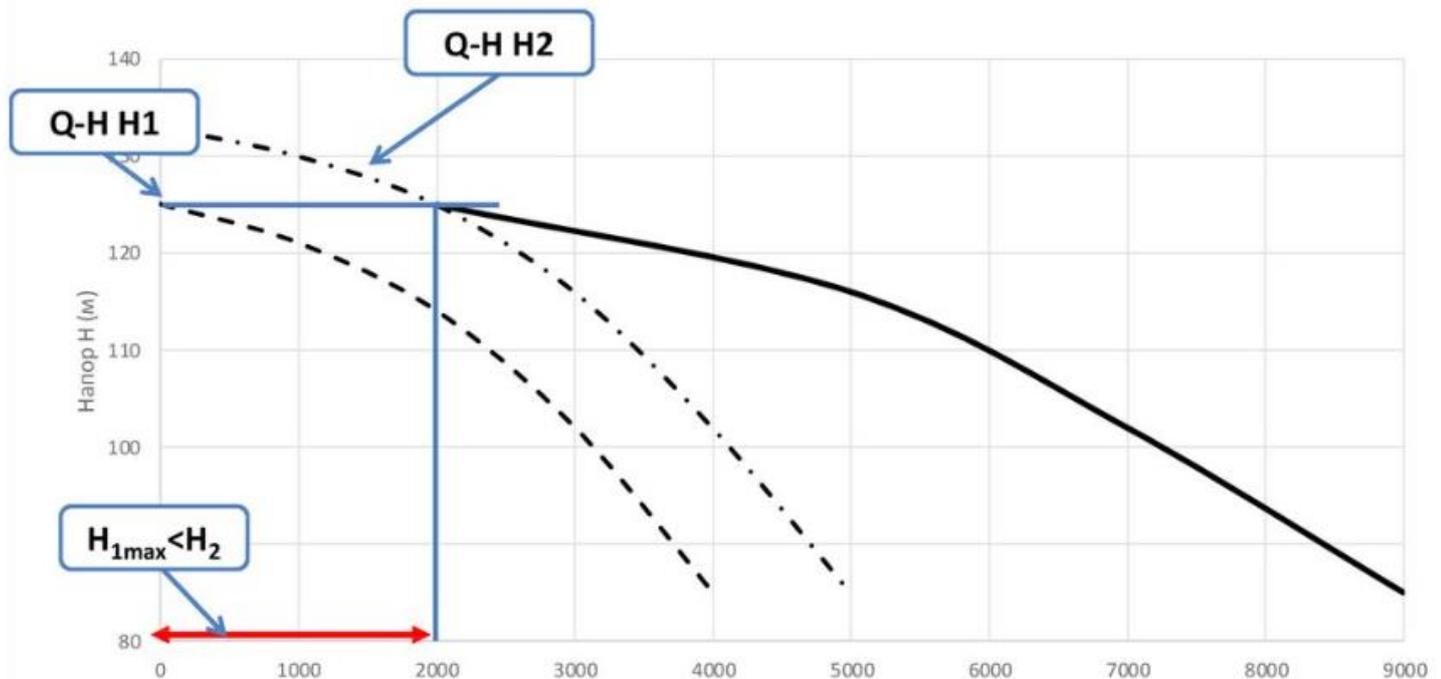


$\rho = 998 \text{ кг/м}^3$
 $n = 1480 \text{ об/мин}$



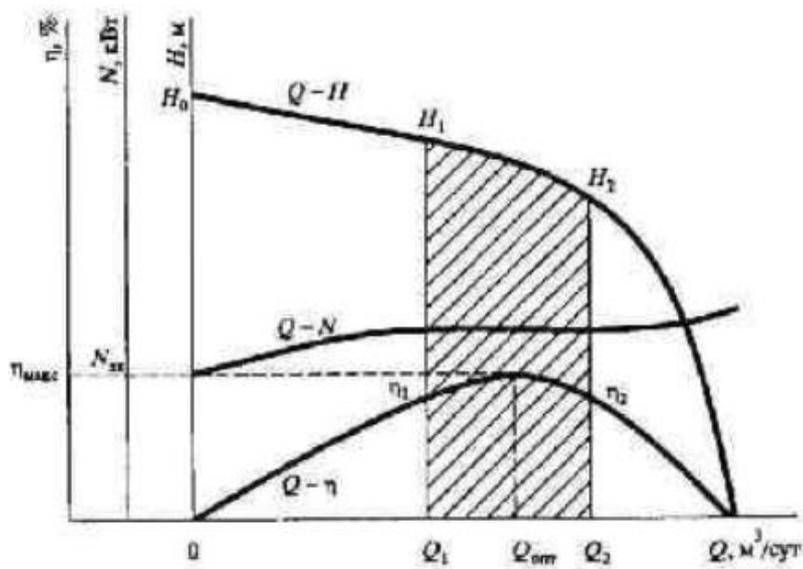
ис. 2. Характеристики насосов с требуемым и избыточным напором.

Q-H характеристика центробежных насосов при параллельном соединении



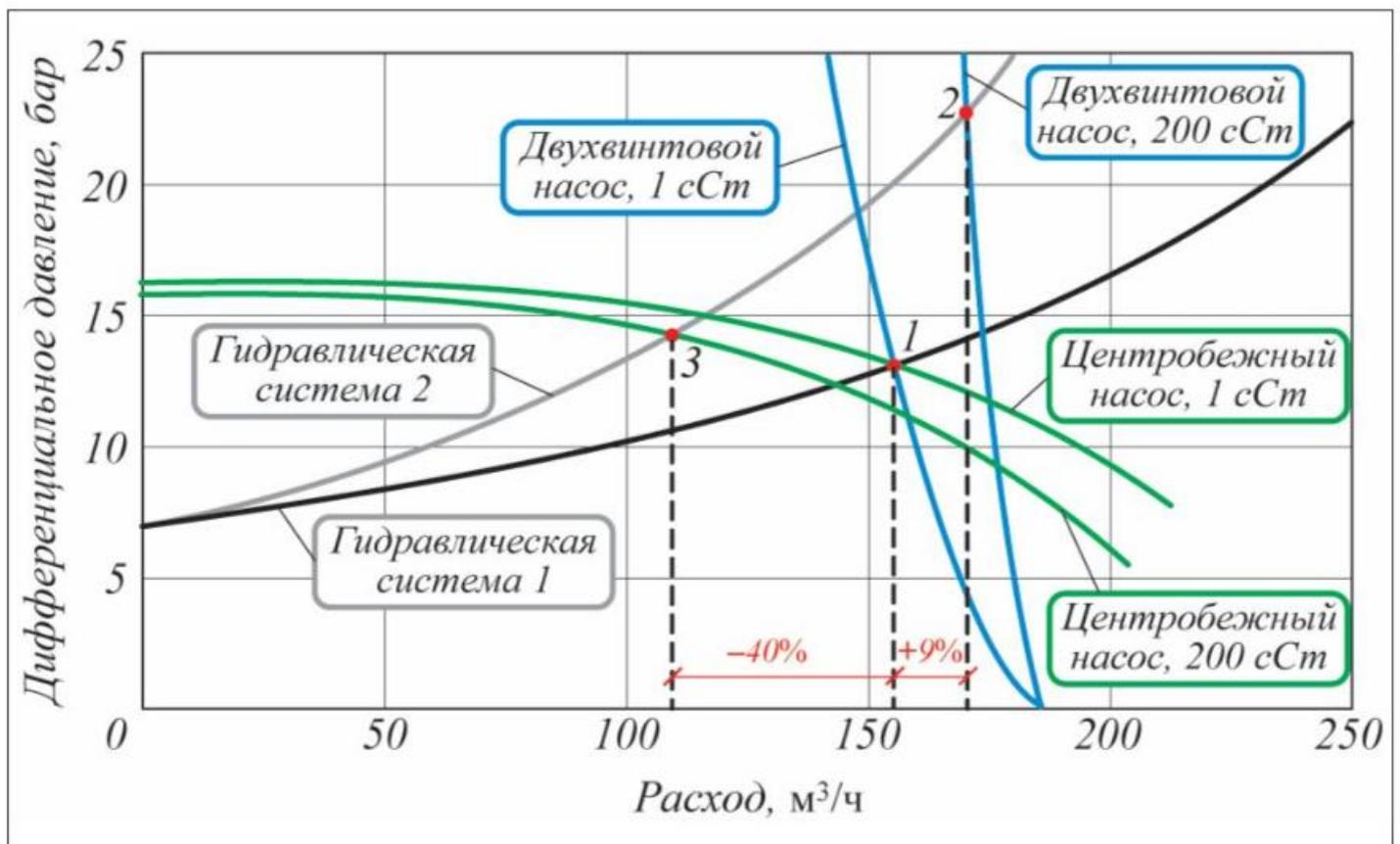
В диапазоне подач, при которых $H_{1max} < H_2$ насосы параллельно работать не могут

Характеристики ЭЦН



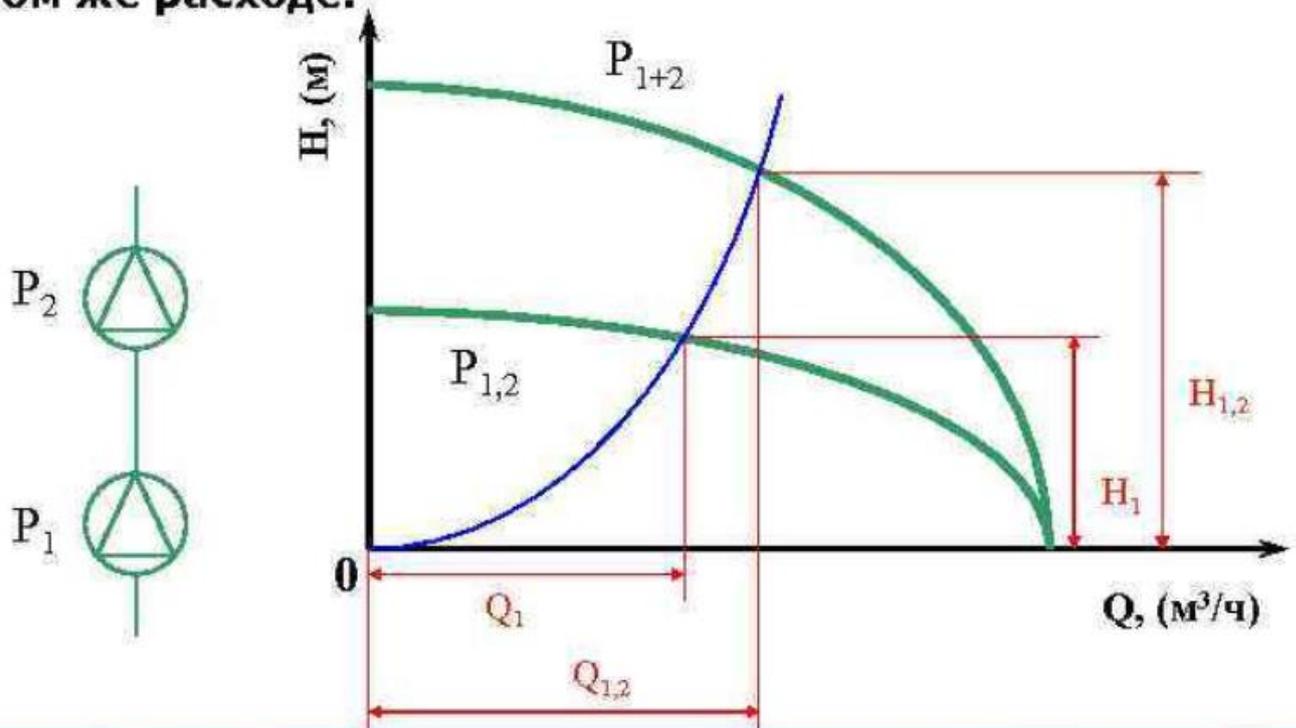
Q_{opt} — подача насоса на оптимальном режиме работы, м³/сут;
 Q_1 — Q_2 — рациональная область работы насоса, м³/сут;
 Q_0 — режим нулевой подачи;
 H_{opt} — напор на режиме оптимальной подачи, м;
 H_1 — H_2 — напоры в рациональной области подачи, м;
 H_0 — напор на режиме нулевой подачи, м;
 $N_{хх}$ — мощность холостого хода (при $Q = 0$), кВт;
 η_{max} — максимальный КПД насоса при Q , %;
 $\eta_1 = \eta_2$ — минимальный КПД насоса в рациональной области, %.

Рис. 9.26. Характеристики погружного центробежного насоса

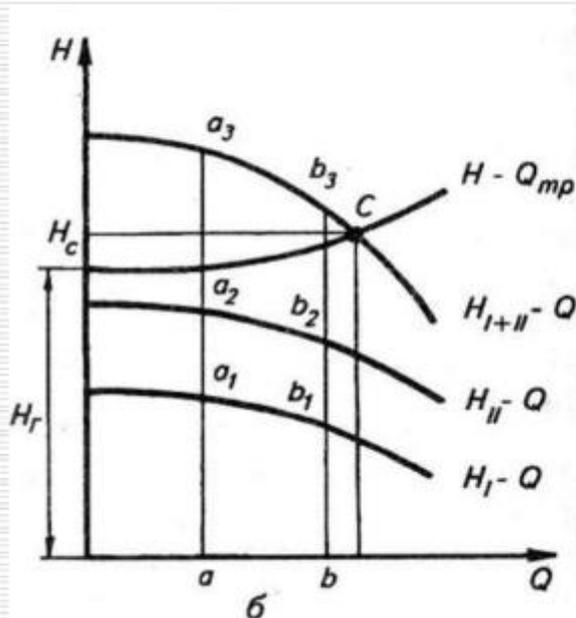


Правило совместной работы насосов:

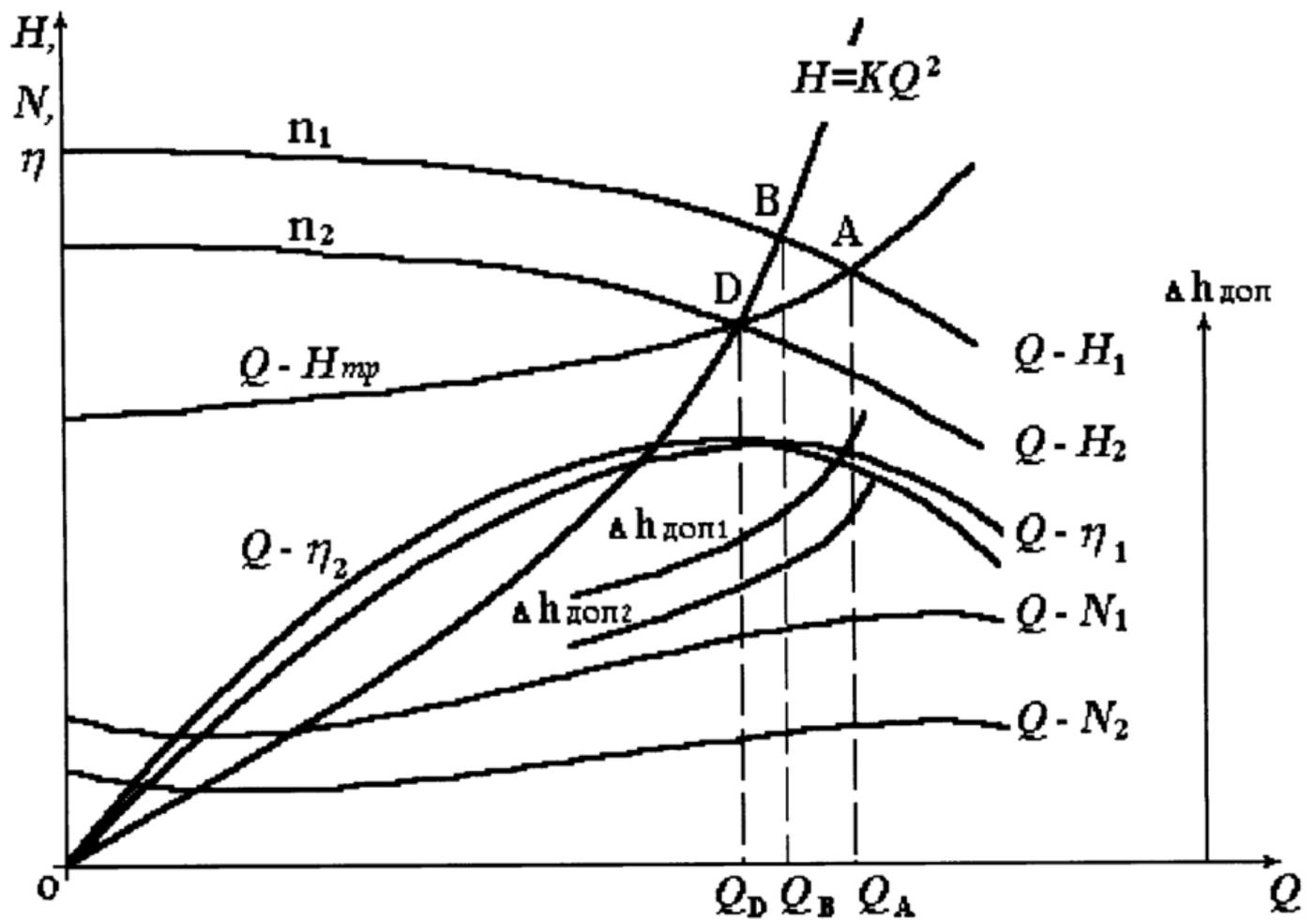
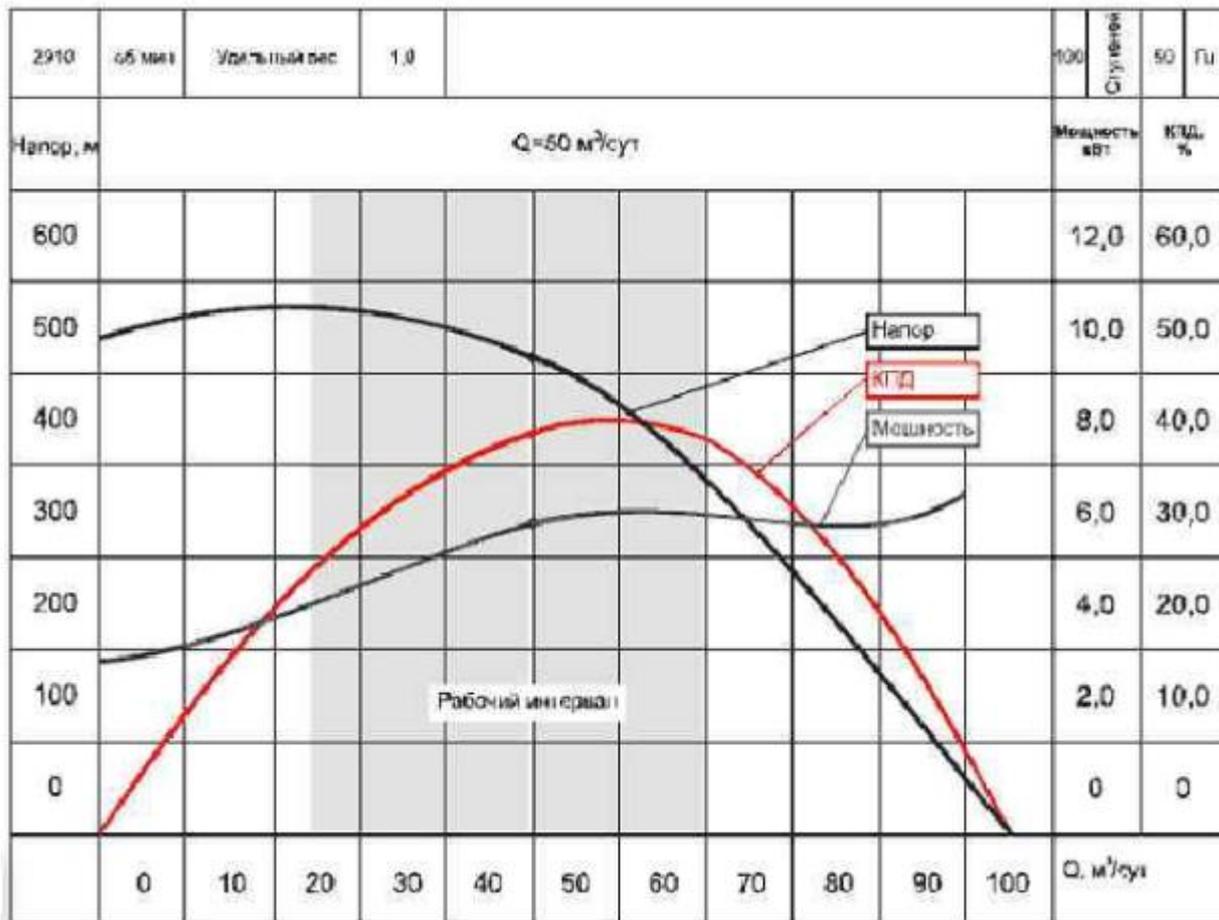
для получения общей характеристики двух насосов следует сложить напоры каждого из двух насосов взятых при одном и том же расходе.



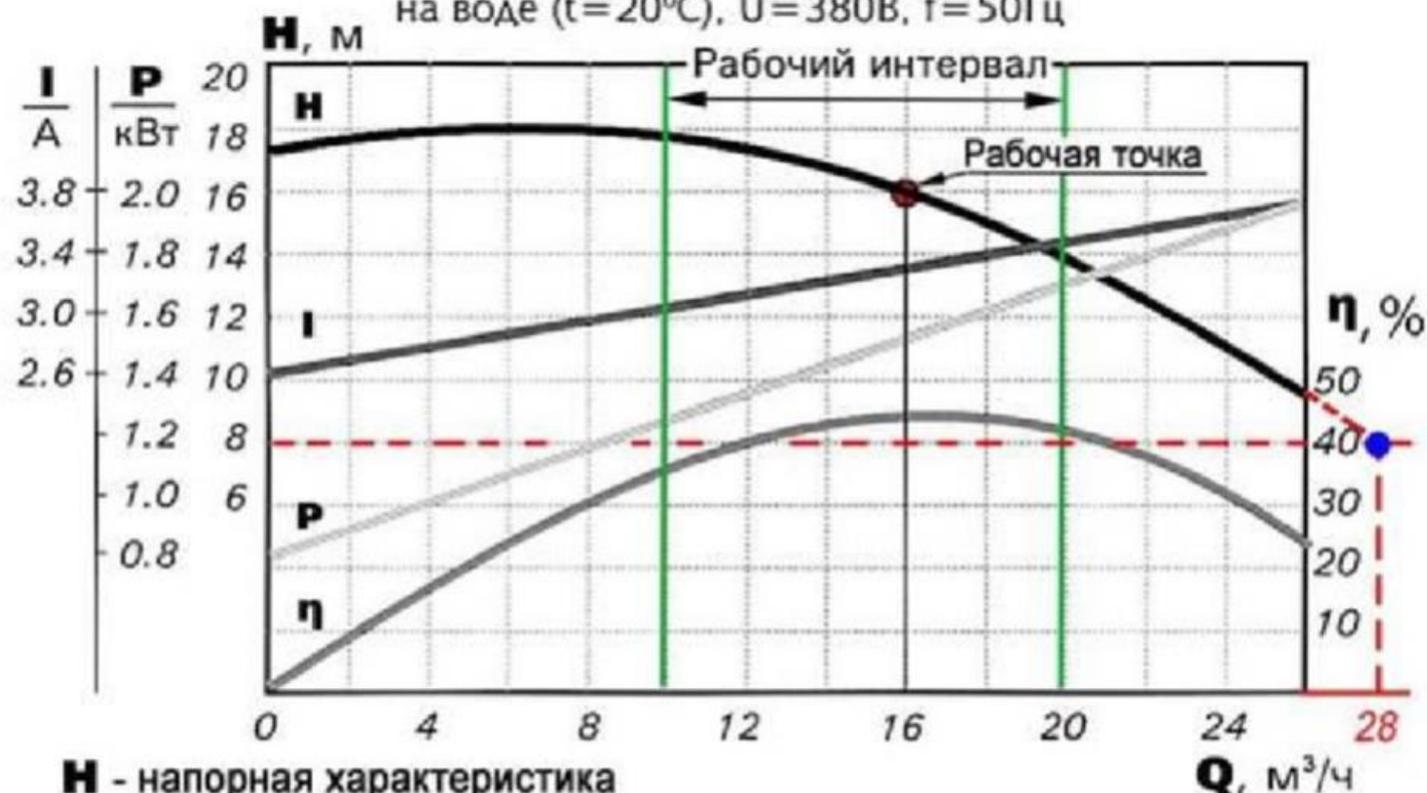
Последовательная работа насосов



- **Последовательная работа насосов** – это подача воды от первого насоса по напорному трубопроводу во всасывающий патрубок второго насоса.
- Последовательное соединение насосов используют для увеличения напора воды в системе водоподачи.
- Обычно в пределах одной насосной станции последовательно соединяют не более двух насосов.
- Условие работы насосов – равенство подач последовательно работающих насосов: $Q_1 = Q_2 = Q$. Общий напор в трубопроводе равен сумме напоров насосов: $H = H_1 + H_2$.
- Суммарную характеристику двух последовательно работающих насосов с одинаковыми характеристиками строят, удваивая для одинаковых значений подач напор одного из насосов.



Характеристики электронасоса ГНОМ 16-16, испытанного на воде ($t=20^{\circ}\text{C}$), $U=380\text{В}$, $f=50\text{Гц}$



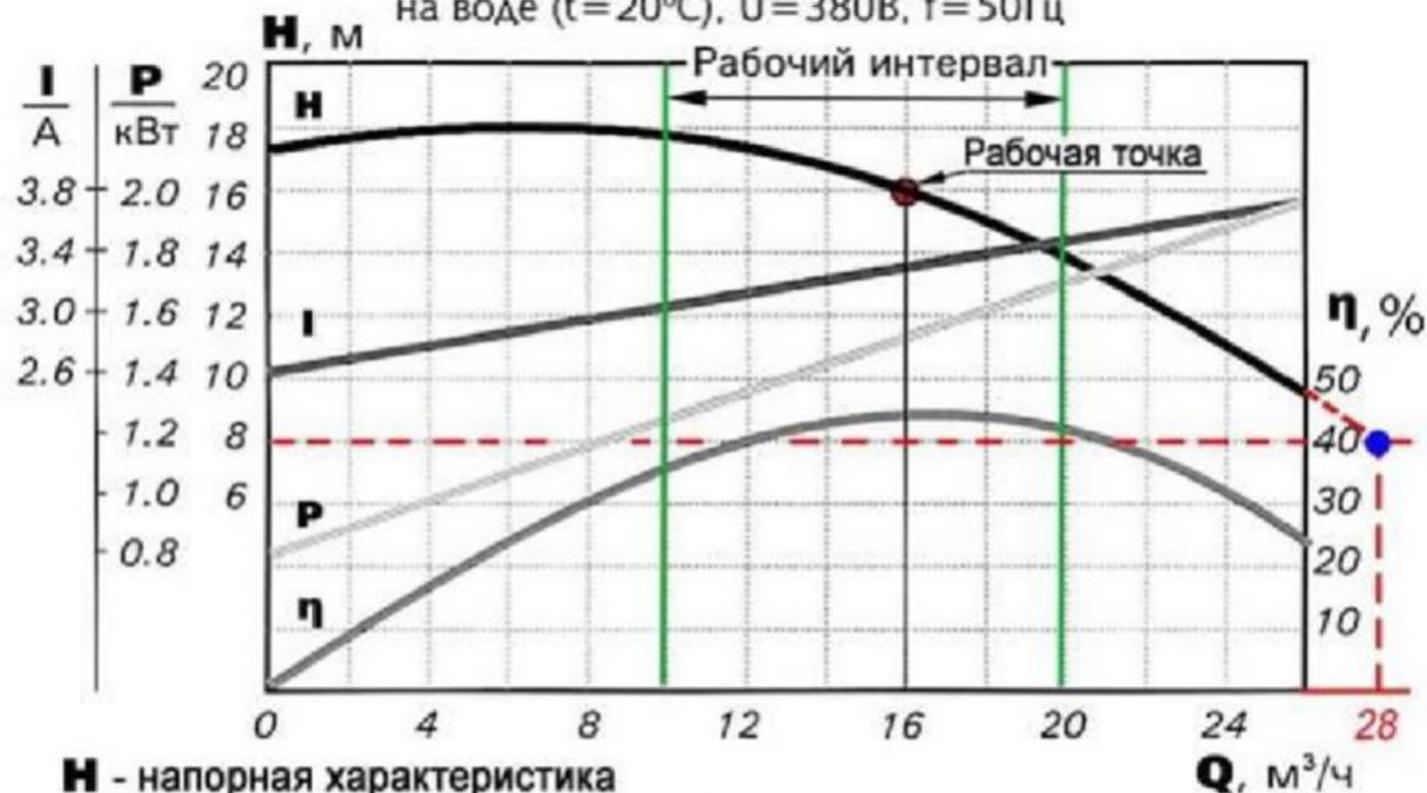
H - напорная характеристика

P - характеристика потребляемой мощности

I - характеристика тока нагрузки электродвигателя

η - характеристика КПД насоса

Характеристики электронасоса ГНОМ 16-16, испытанного на воде ($t=20^{\circ}\text{C}$), $U=380\text{В}$, $f=50\text{Гц}$



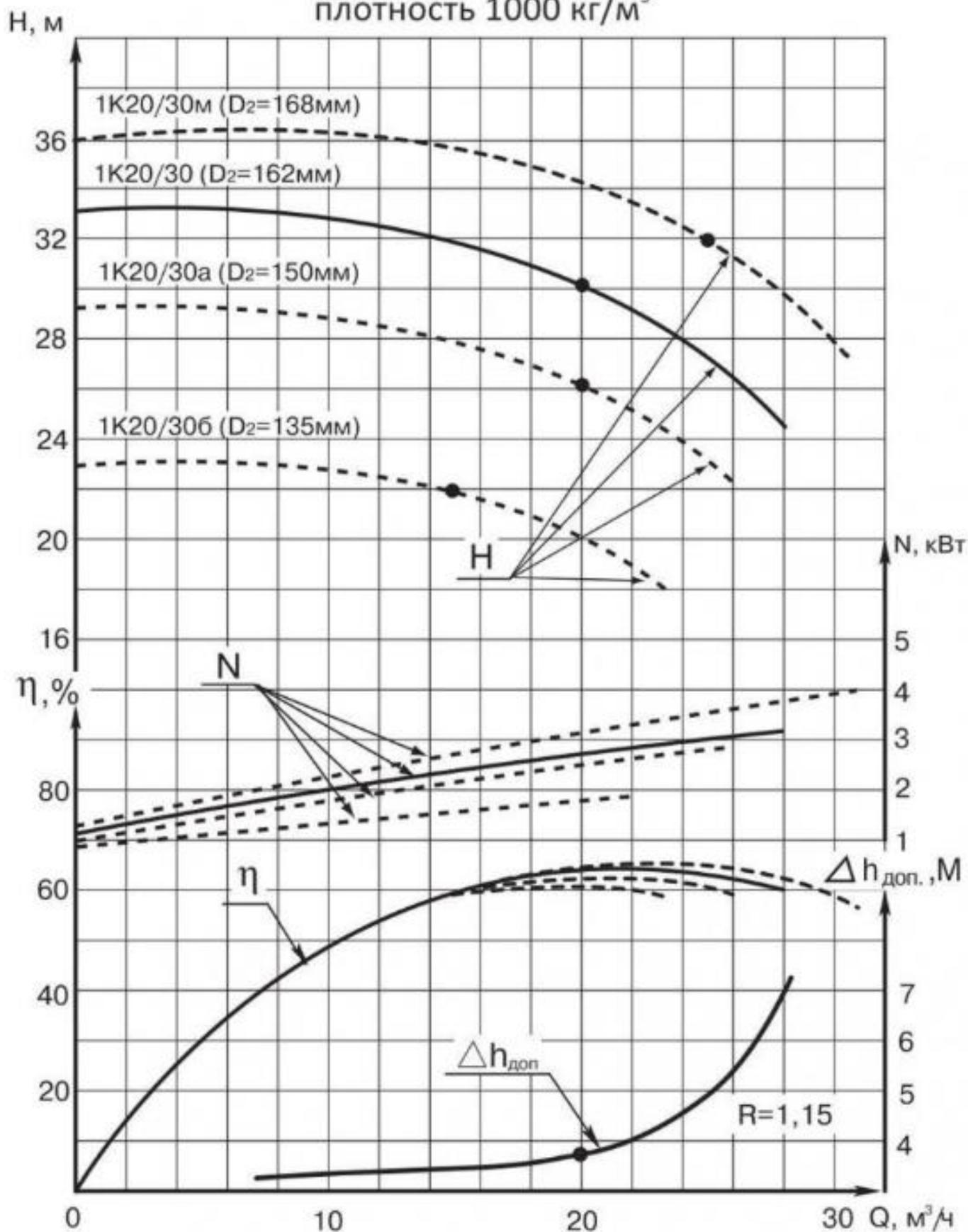
H - напорная характеристика

P - характеристика потребляемой мощности

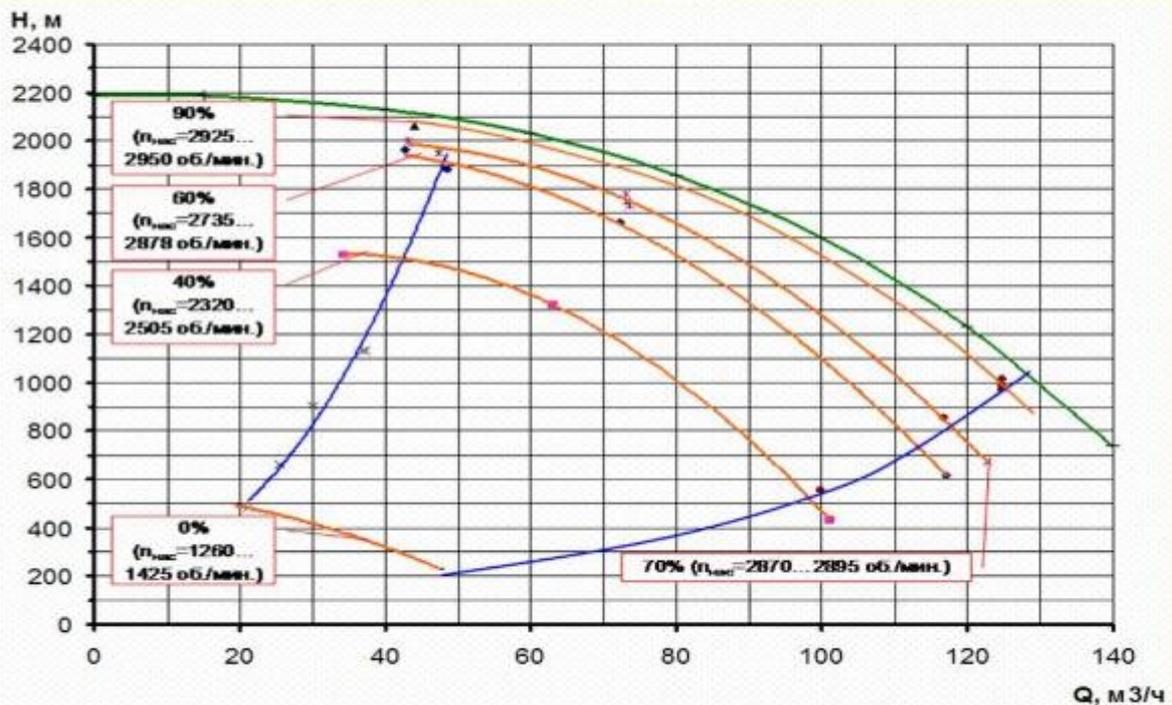
I - характеристика тока нагрузки электродвигателя

η - характеристика КПД насоса

Характеристика насоса 1K20/30 при частоте вращения 48с^{-1} (2900 об/мин) на воде –
плотность 1000 кг/м^3

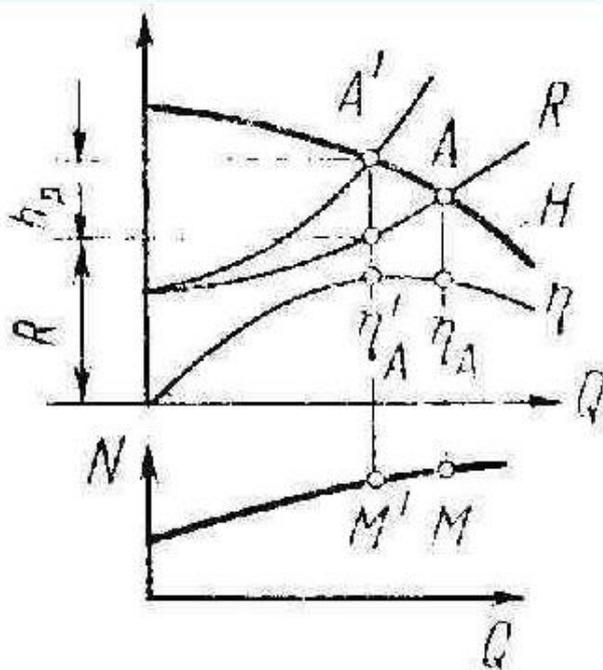


Экспериментальные напорные характеристики насоса ЦНС 80-1800 на стенде при регулировании частоты вращения с помощью гидромуфты МГР-1250



- характеристика насоса ЦНС 80-1800 при частоте вращения 2990 об./мин.,
- характеристики насоса при различных положениях (в %) регулятора гидромуфты,
- характеристики сопротивления трубопроводной сети

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАСОСОВ

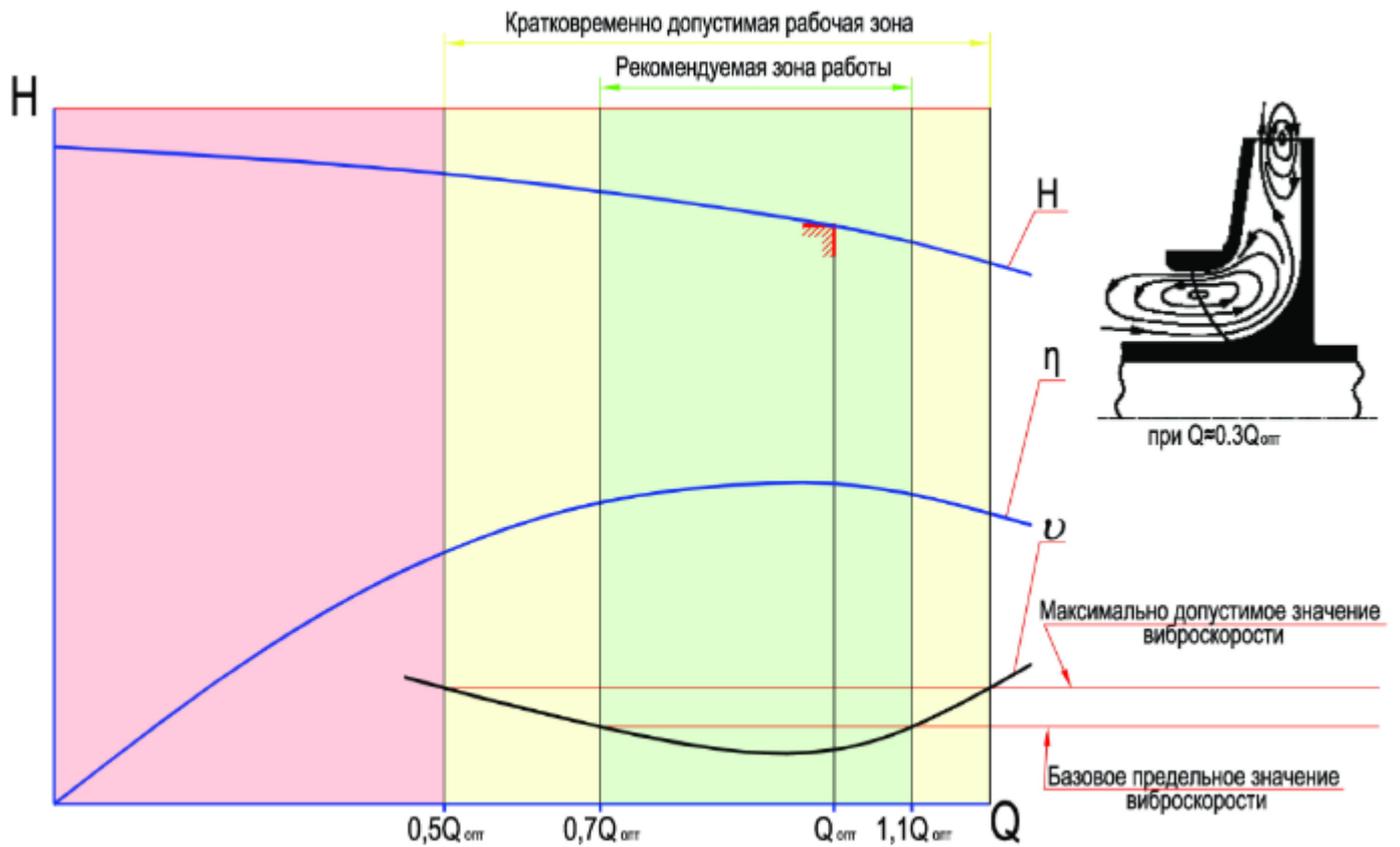
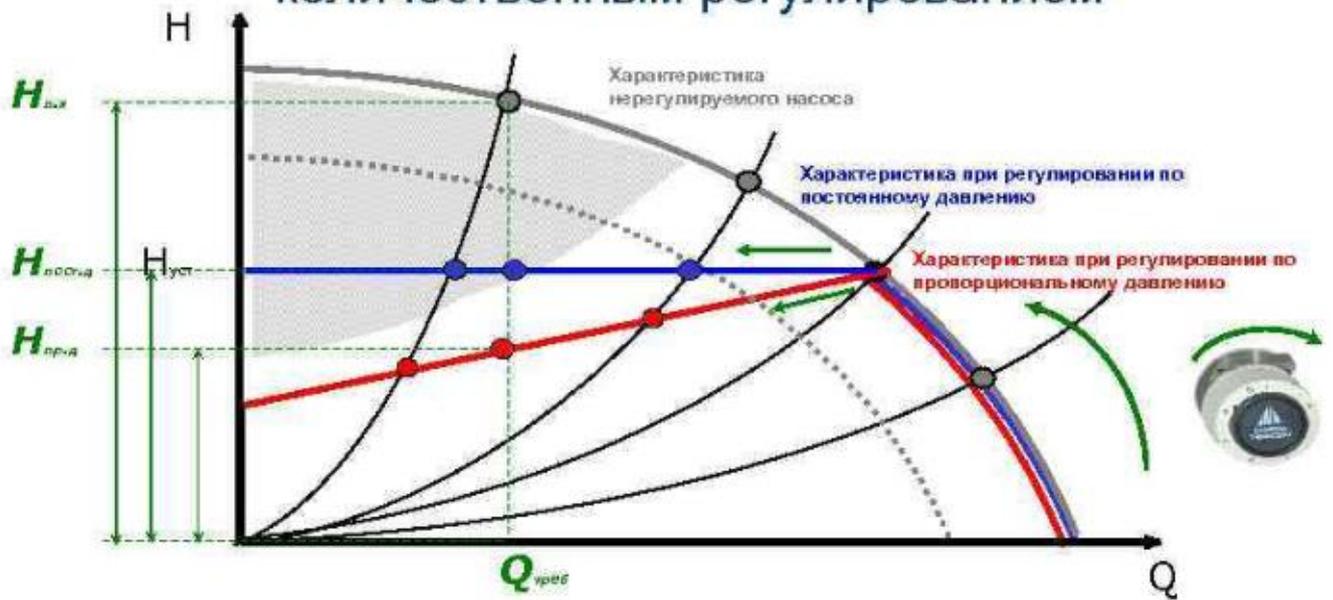


Предположим, что насос работает в гидравлической системе, имеющей линию характеристики R , с подачей Q при нормальной частоте вращения вала, и что необходимо изменить эту подачу до Q' . Это можно достичь в общем случае изменением сопротивления системы или напорной характеристики насоса.

1. Дросселирование. Подачу центробежного насоса можно снизить введением добавочного сопротивления h_d в нагнетательную линию (прикрытием задвижки или любым другим способом). Поскольку при этом кривая сопротивления гидравлической системы становится круче.

Более благоприятно дросселирование у насосов с низким η_s , поскольку с уменьшением подачи потребляемая мощность таких насосов также снижается.

Частотное регулирование насосов в системах с количественным регулированием



Центробежные насосы

Основные характеристики насосов:

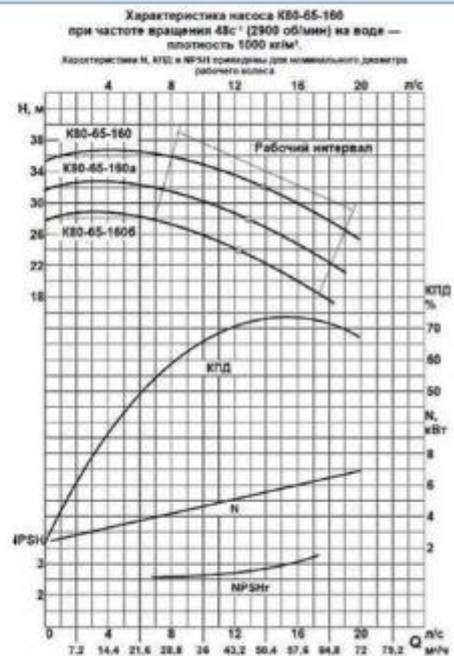
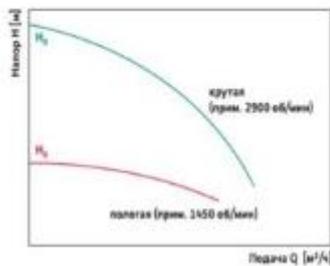
Производительность Q , м³/ч, л/с;

Напор, м.в.ст, кгс/см² H ;

Кавитационный запас $NPSH$, м.в.ст;

КПД, %;

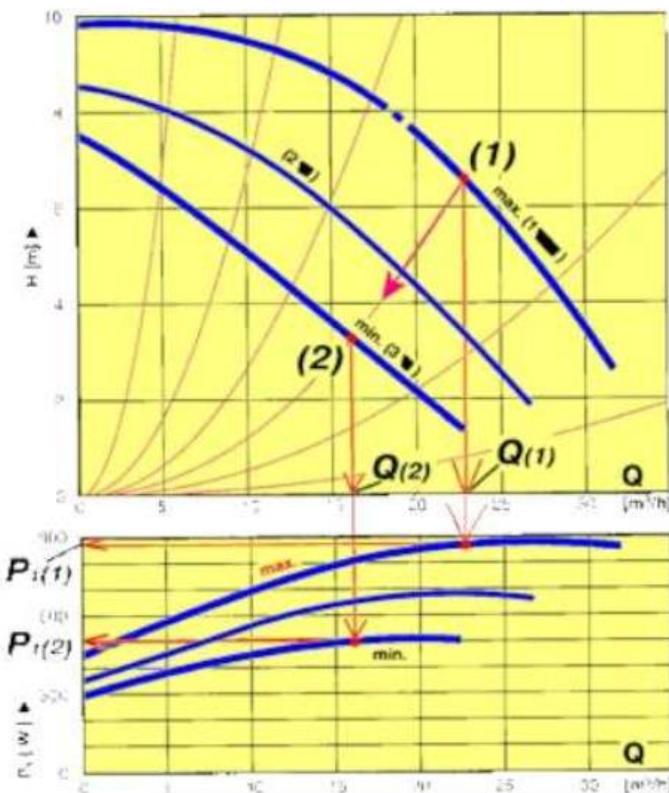
Потребляемая мощность N , кВт.



Регулирование режима работы насоса

продолжение

Регулирование изменением характеристики насоса за счет изменения чисел оборотов мотора



При изменении чисел оборотов изменяется характеристика насоса.

Изменяя числа оборотов напор насоса пропорционально квадрату чисел оборотов n_2 , а его расход пропорционально числу оборотов в первой степени.

Точка 1: $n=2700$ об/мин; напор 6,5 м; расход 23 м³/час

Точка 2: $n=2000$ об/мин; напор 3,6 м; расход 17 м³/час

Напорная характеристика насоса смещается вниз.

Потребляемая мощность:

$P_1(1)=880$ Вт \rightarrow $P_1(2)=500$ Вт

Экономически более оправдано!