



РГУ нефти и газа
имени И.М. Губкина
(НИУ)

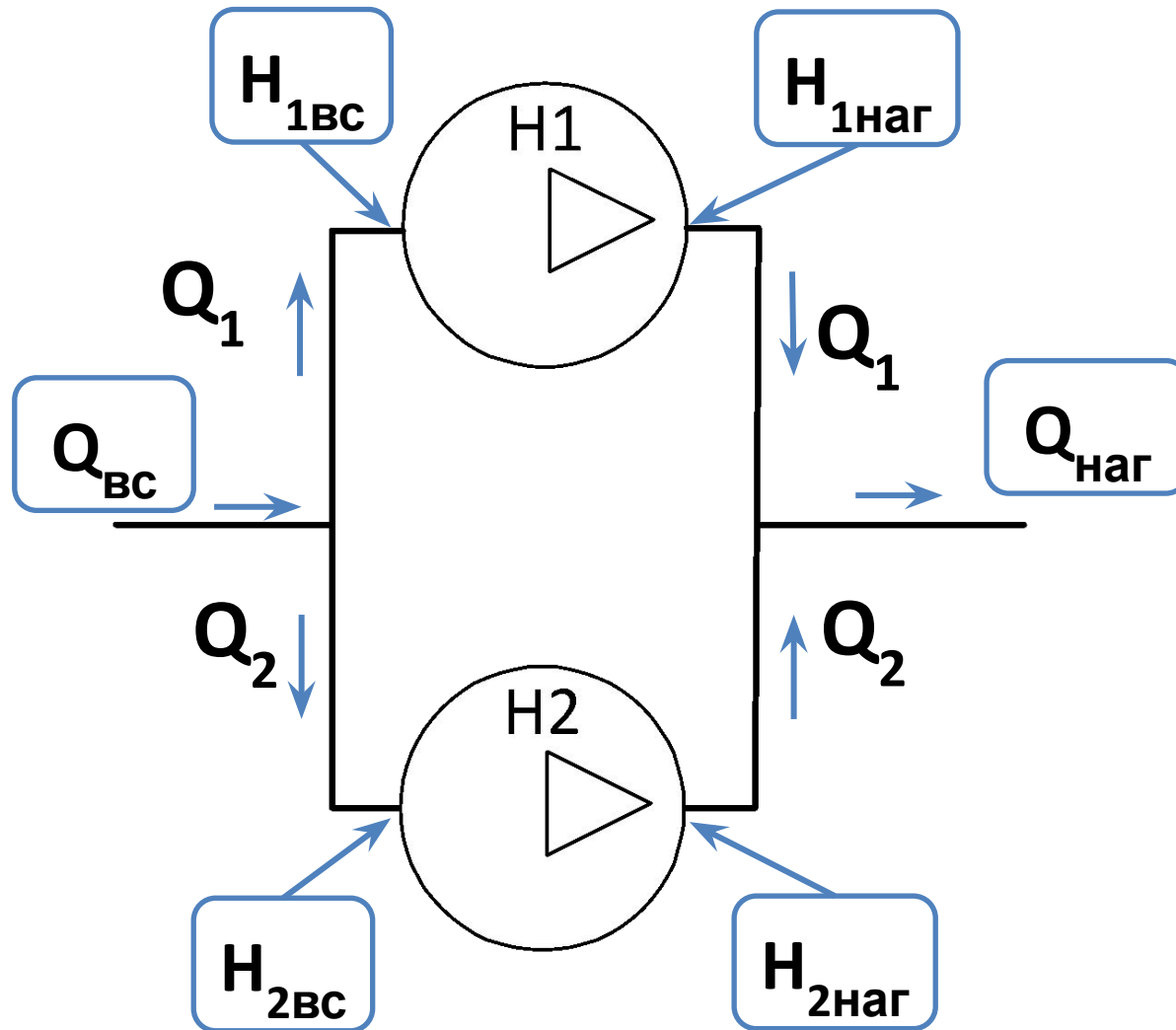
Факультет Проектирования, сооружения и
эксплуатации систем трубопроводного
транспорта.

Эксплуатация насосных станций.

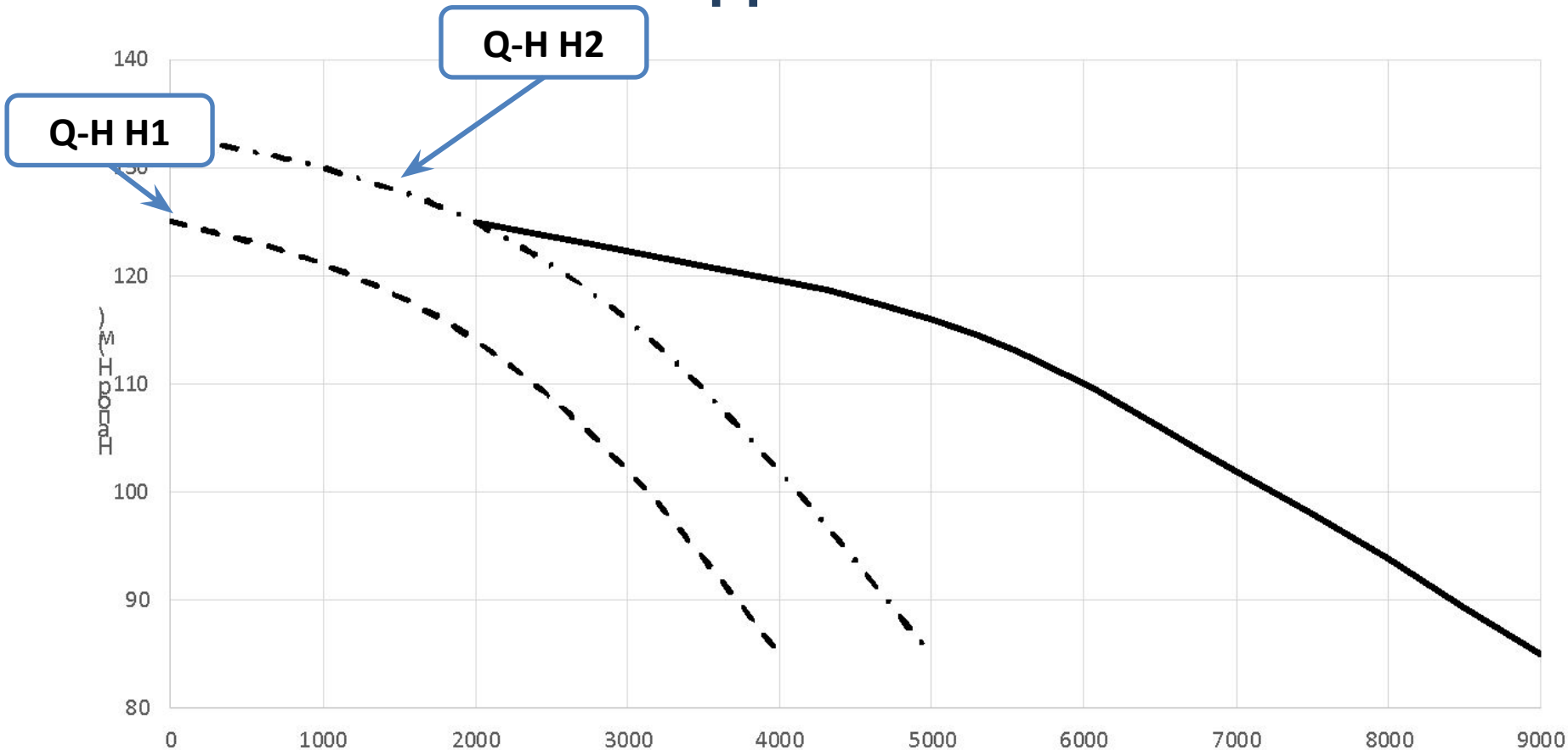
**Расчет напорной характеристики
головной НПС.**

Преподаватель:
ассистент кафедры проектирования и
эксплуатации газонефтепроводов.
Пригода Александр Александрович

Параллельное соединение центробежных насосов



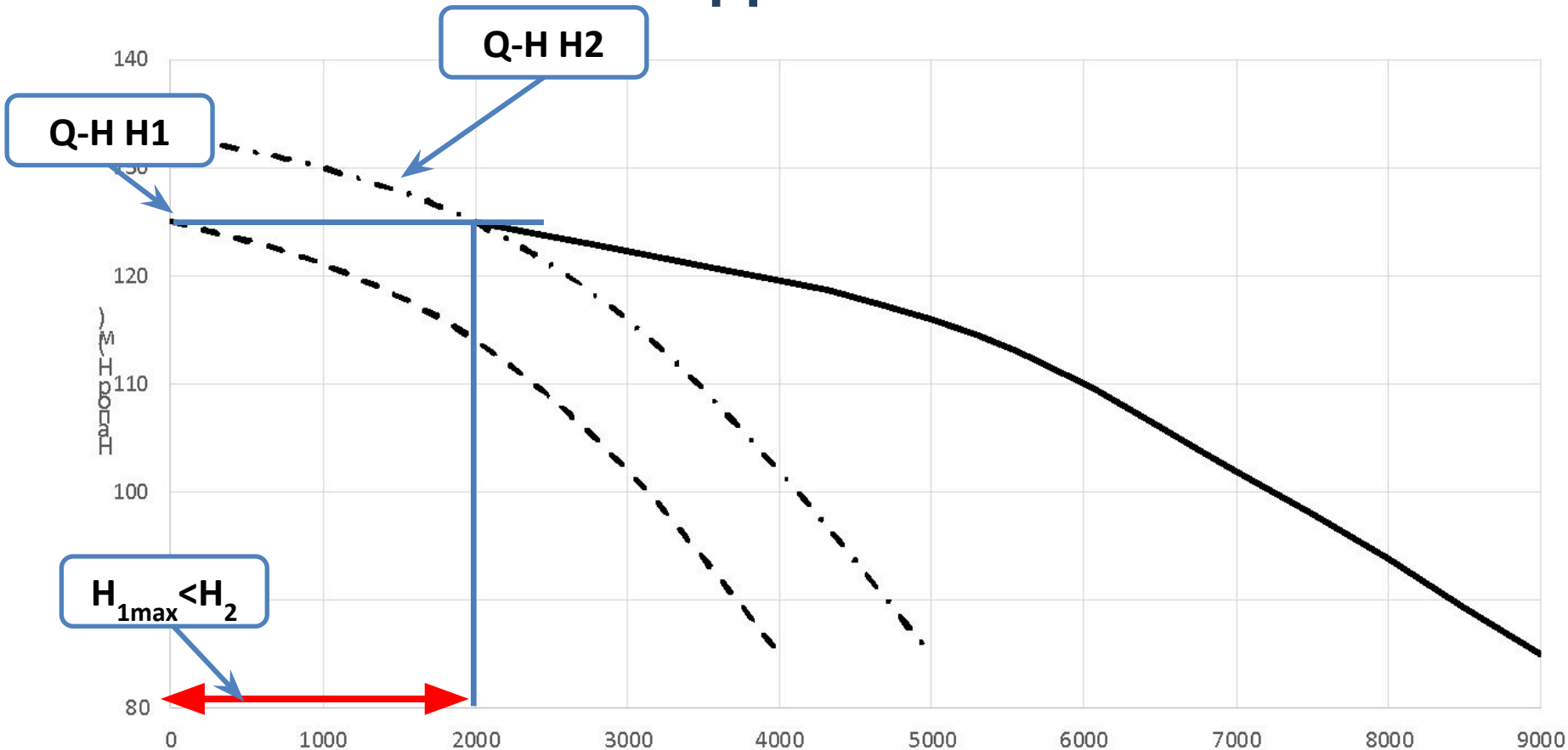
Q-H характеристика центробежных насосов при параллельном соединении



Q-H N1 – напорная характеристика насоса N1

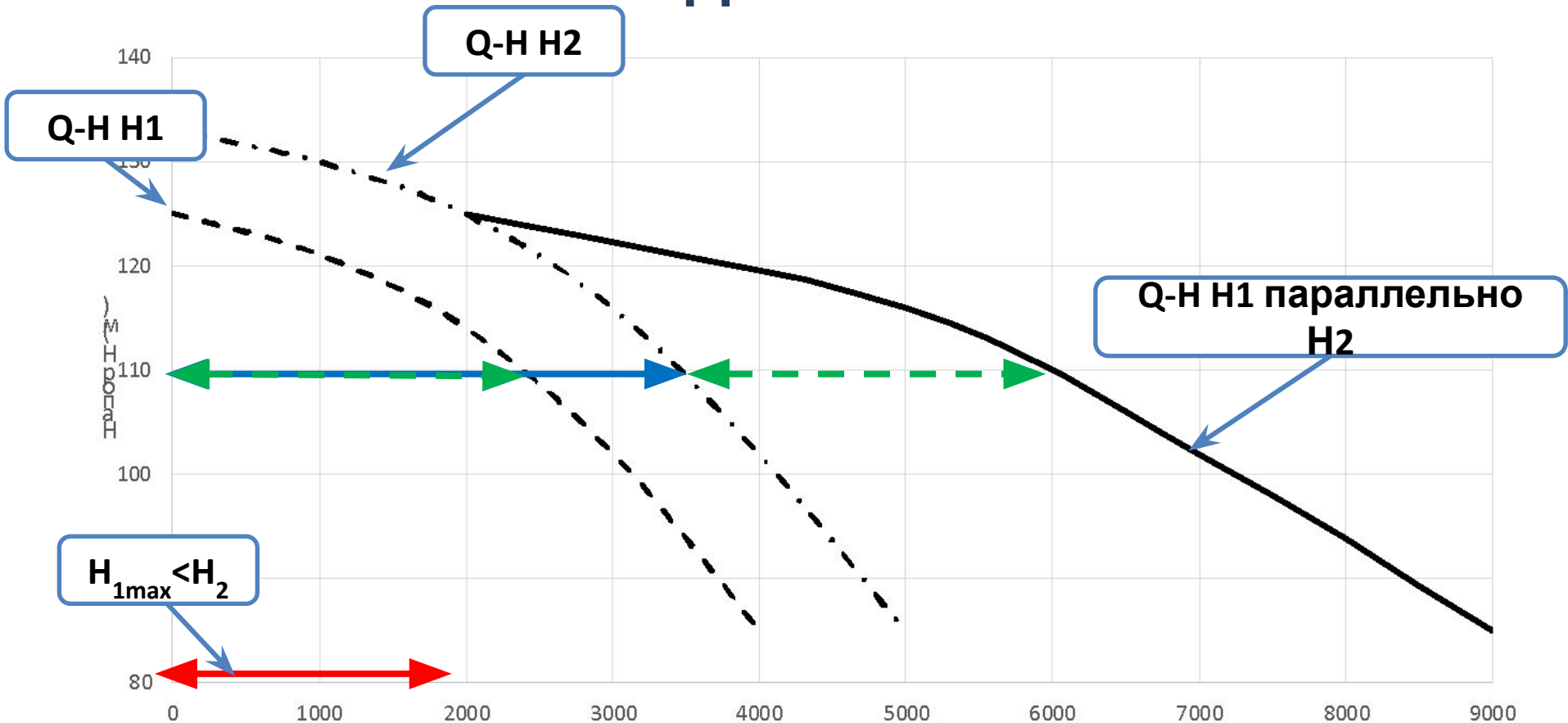
Q-H N2 – напорная характеристика насоса N2

Q-H характеристика центробежных насосов при параллельном соединении



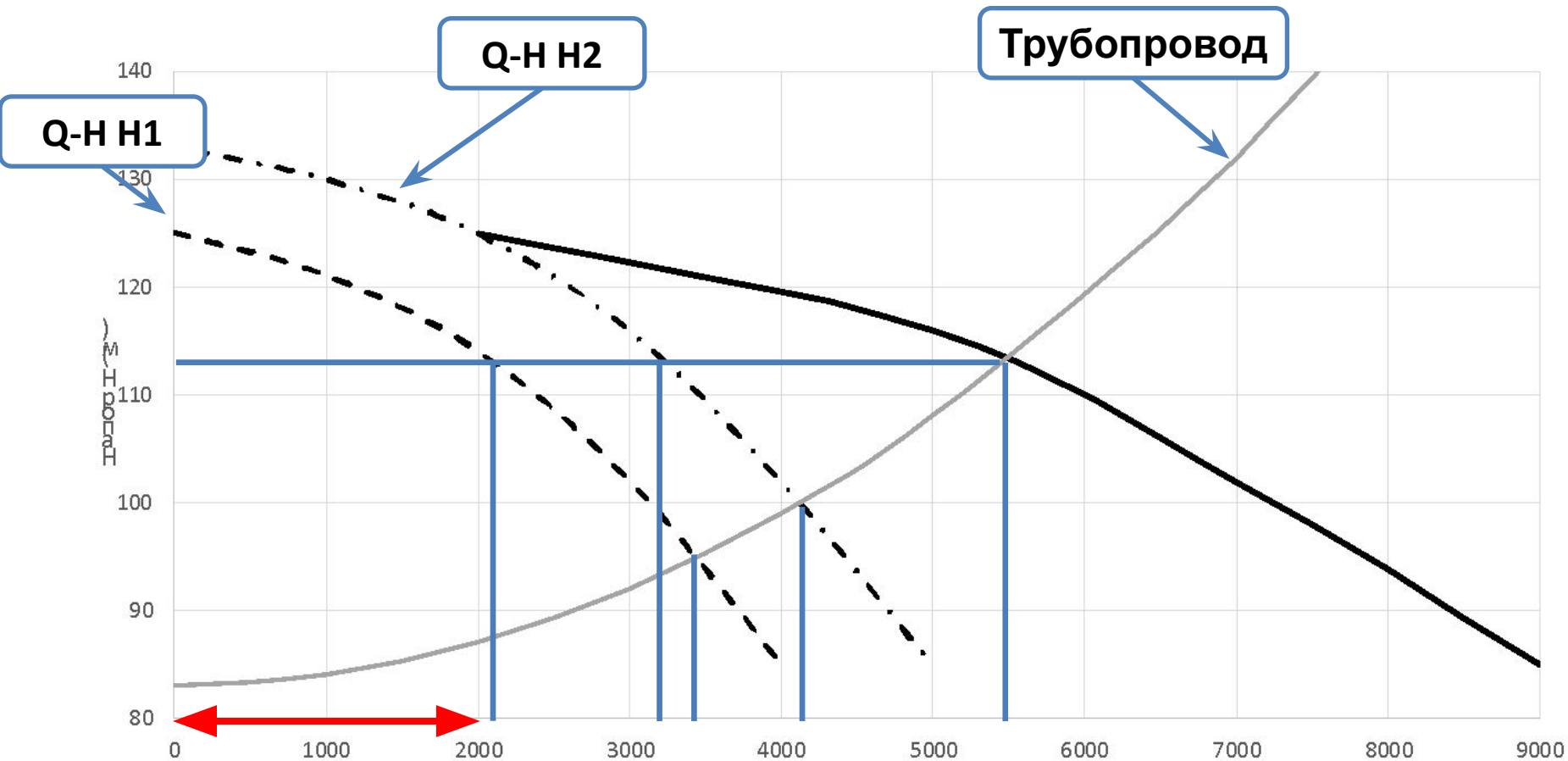
В диапазоне подач, при которых $H_{1max} < H_2$ насосы параллельно работать не могут

Q-N характеристика центробежных насосов при параллельном соединении



Суммарная Q-N характеристика при параллельном соединении насосов строится по правилу сложения подач

Работа параллельно соединенных насосов на трубопровод



Q-N Н1 – напорная характеристика насоса Н1

Аналитическая форма Q-H характеристики при параллельном

соединении насосов

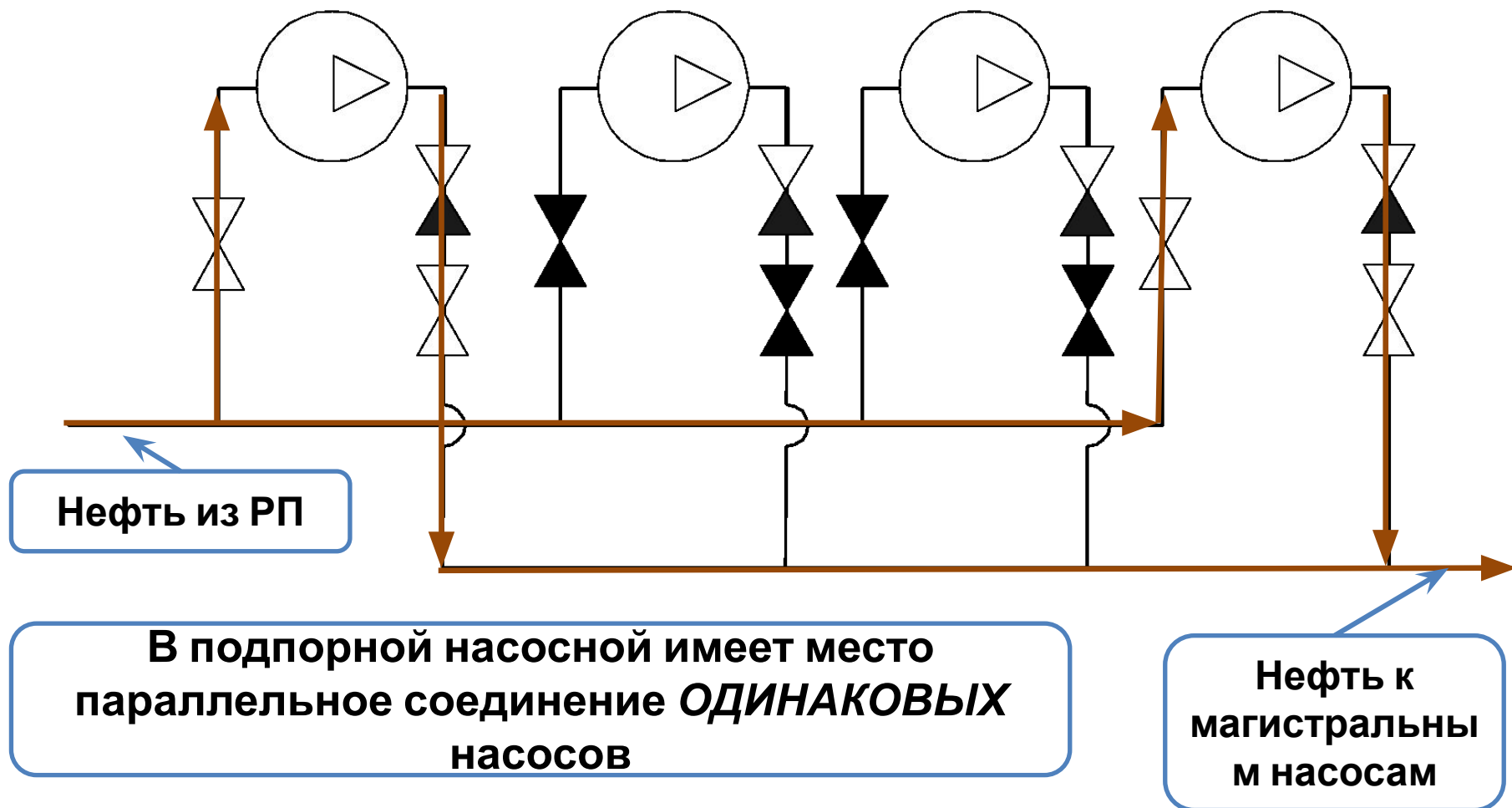
Коэффициенты аппроксимации
Q-H характеристики насоса

$$\begin{cases} H(Q_1) = a_1 - b_1 \cdot Q_1^2 \\ H(Q_2) = a_2 - b_2 \cdot Q_2^2 \\ Q = Q_1 + Q_2 \end{cases}$$

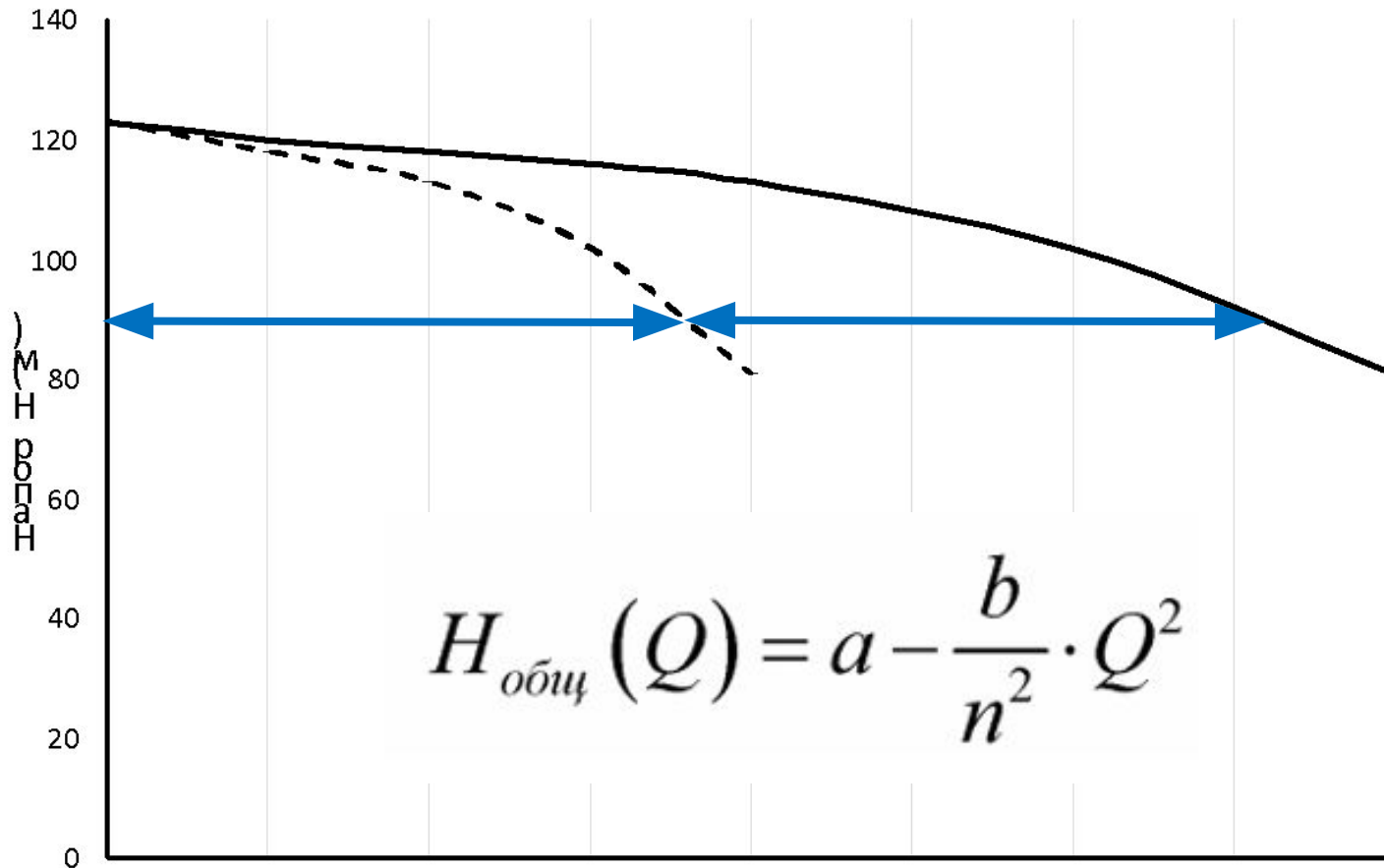
$$Q = \sqrt{\frac{a_1 - H}{b_1}} + \sqrt{\frac{a_2 - H}{b_2}}$$

Прямой аналитической зависимости
нет Требуется решение системы
уравнений

Обвязка подпорной насосной

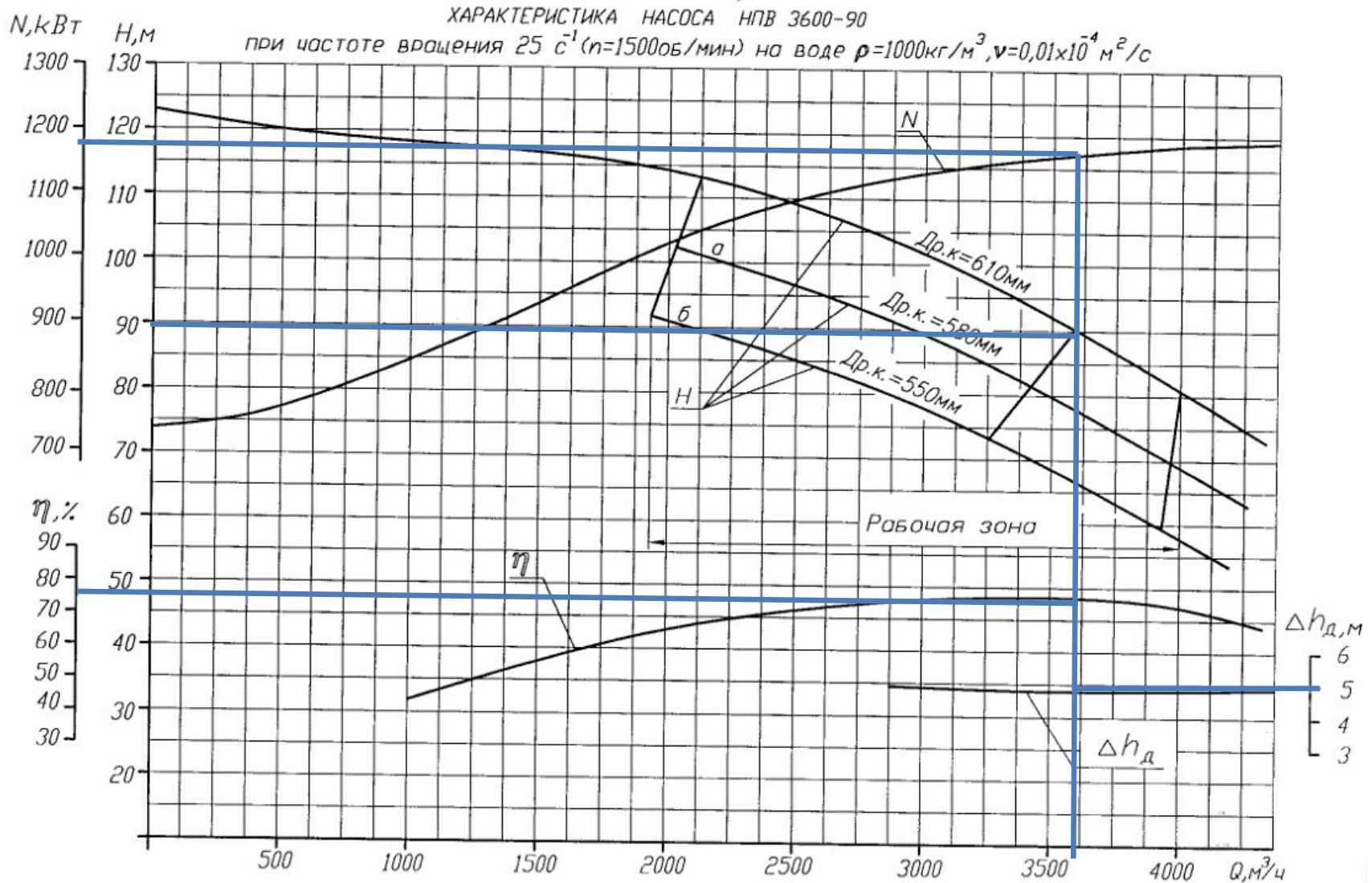


Q-H характеристика подпорной насосной



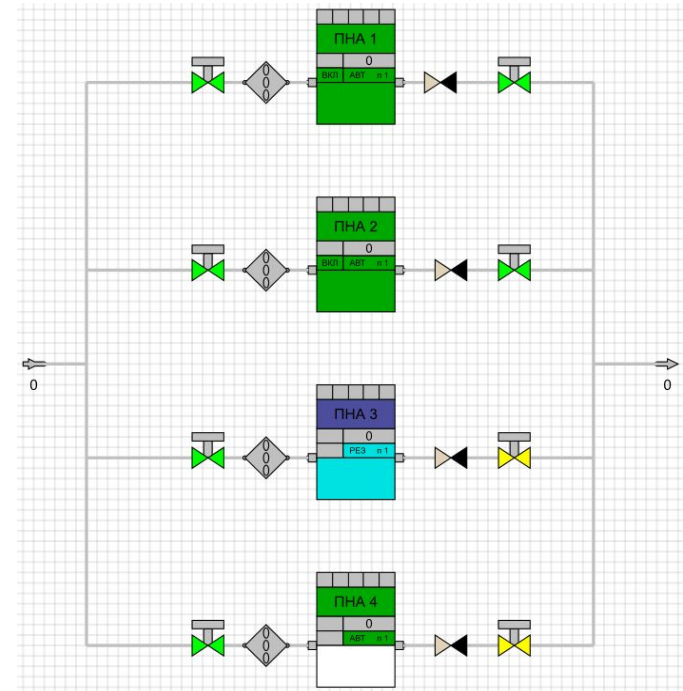
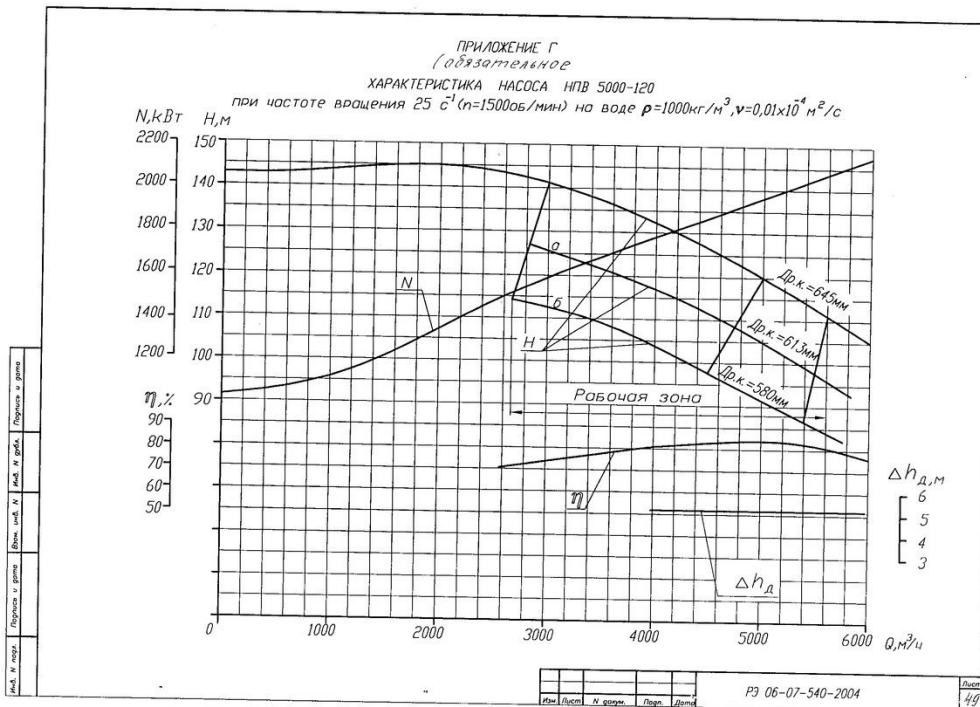
Суммарная Q-H характеристика подпорной насосной строится по правилу сложения подач
Поскольку насосы одинаковые, есть аналитическое выражение

Характеристики подпорного насоса



Параллельное соединение насосов

Параллельное соединение насосов применяют для увеличения подачи. Насосы, работающие параллельно на один длинный трубопровод, обычно устанавливают близко один от другого, в пределах одного машинного зала.



Параллельное соединение насосов

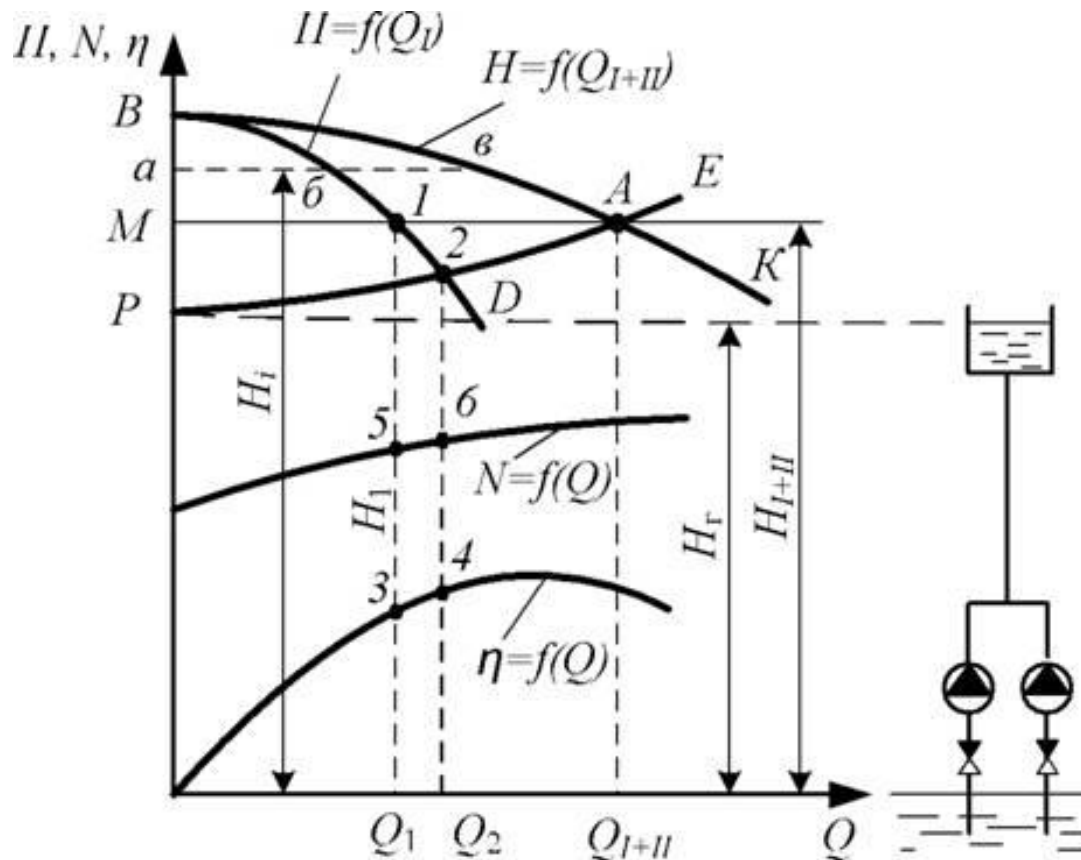
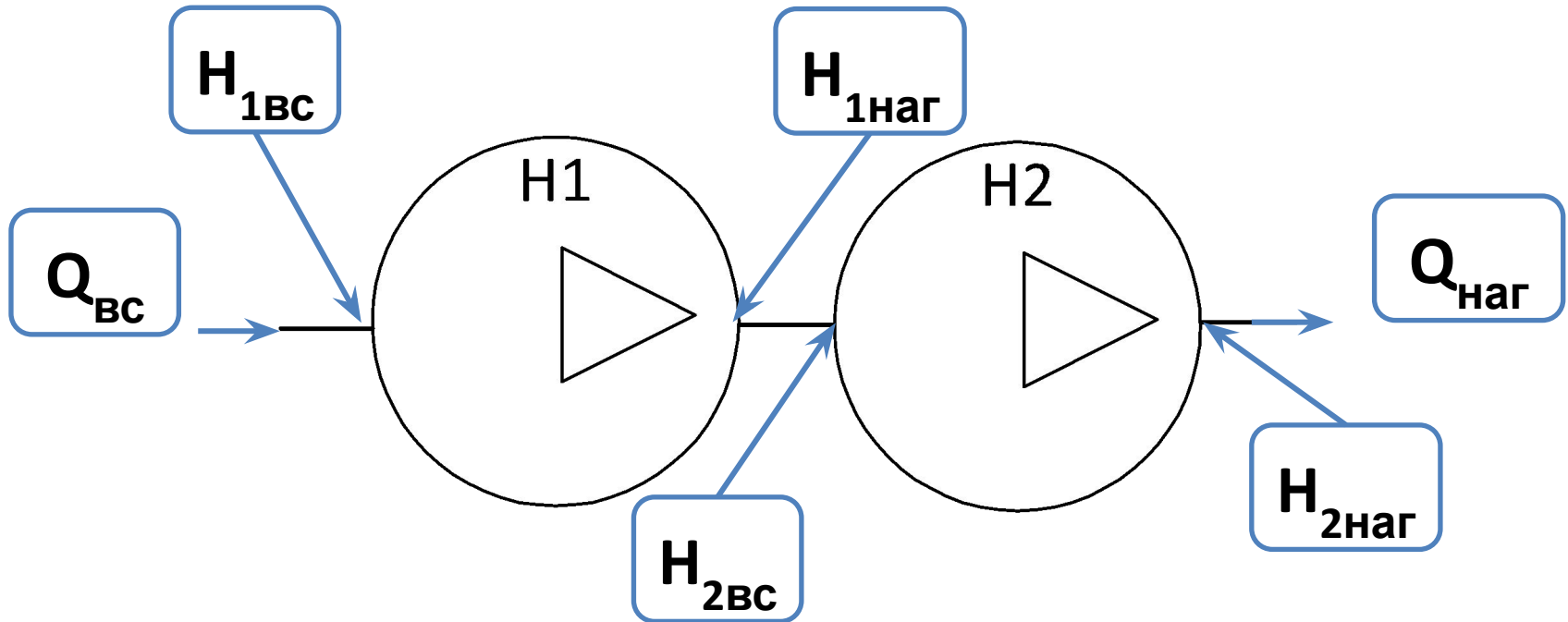


Рис. Характеристики параллельной работы двух одинаковых насосов на одну систему

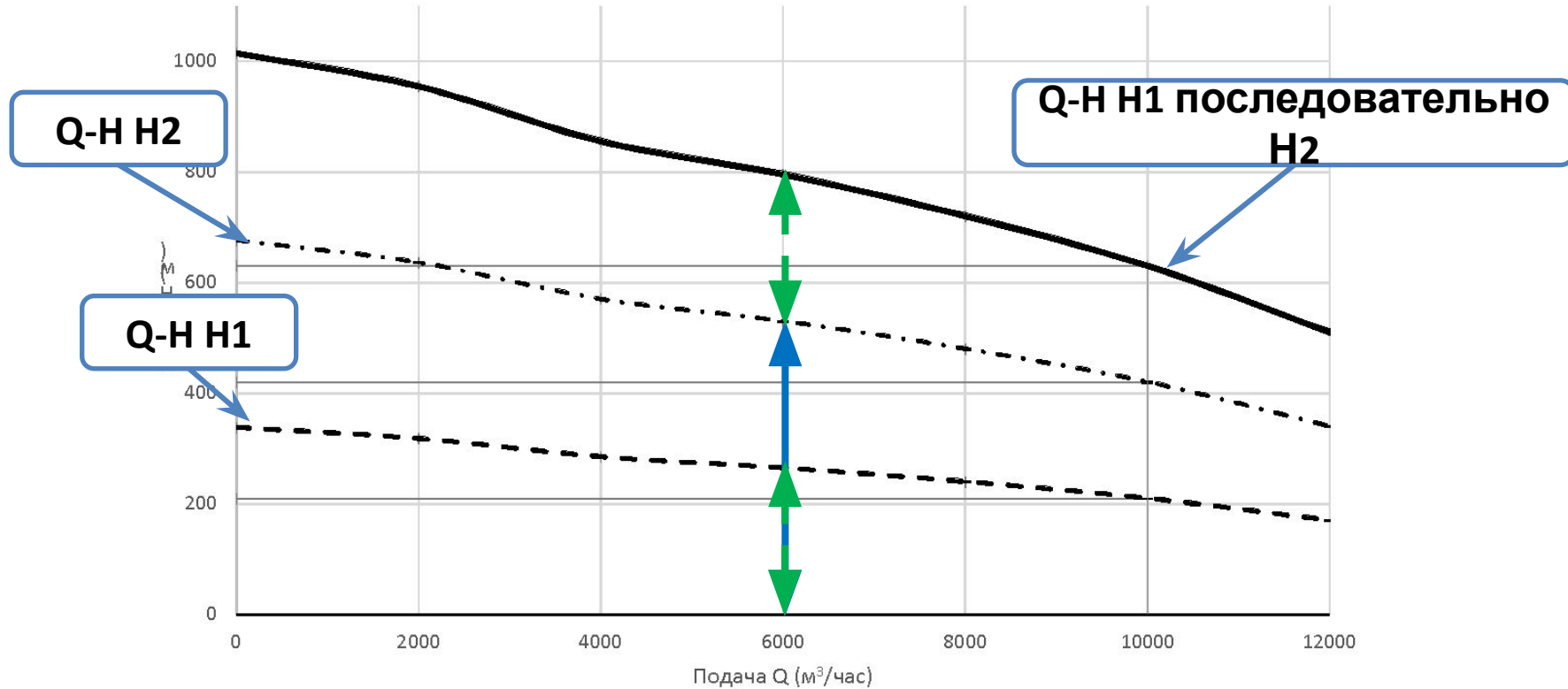
Последовательное соединение центробежных насосов



$$H_1(Q) = a_1 - b_1 \cdot Q^2; H_2(Q) = a_2 - b_2 \cdot Q^2;$$

$$H_{общ}(Q) = H_1(Q) + H_2(Q) = (a_1 + a_2) - (b_1 + b_2) \cdot Q^2$$

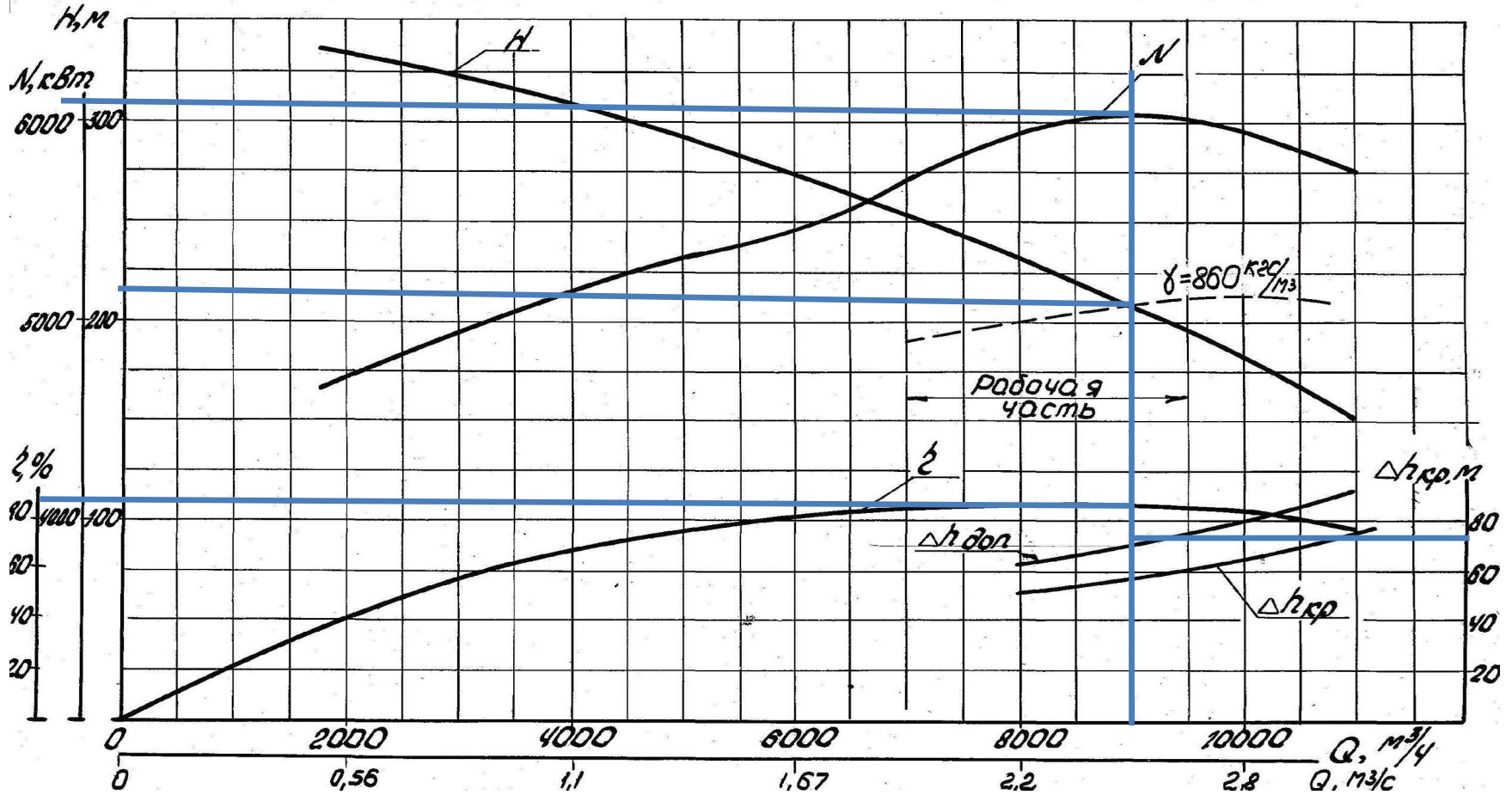
Последовательное соединение центробежных насосов



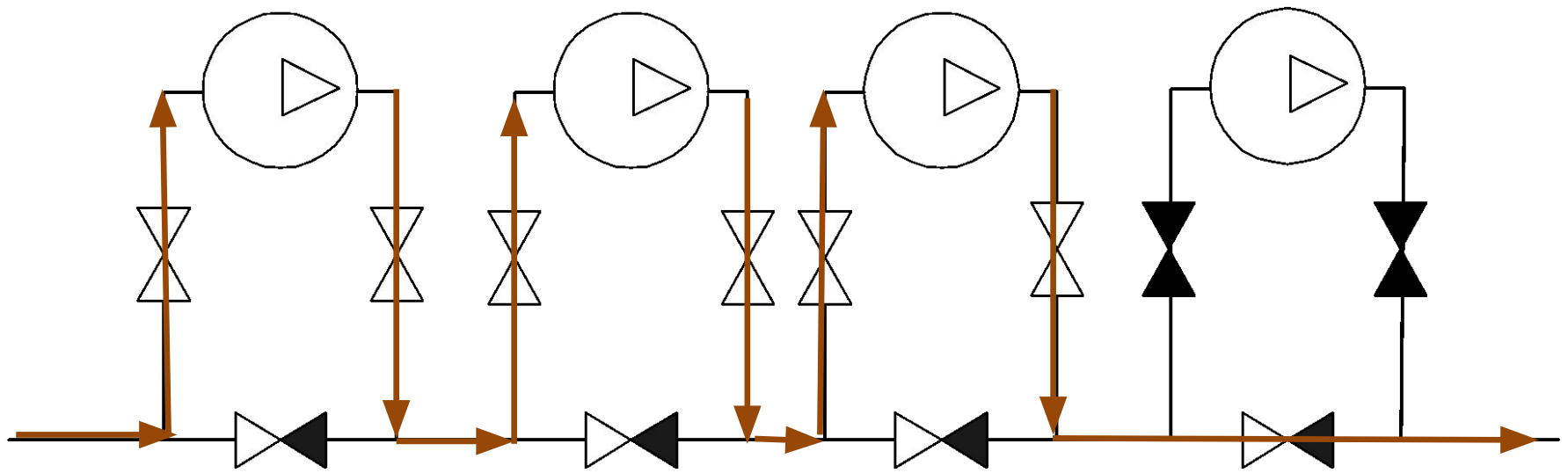
Суммарная Q-N характеристика при последовательном соединении насосов строится по правилу сложения напоров

Характеристики магистрального насоса НМ 7000-230 с ротором на повышенную полачу

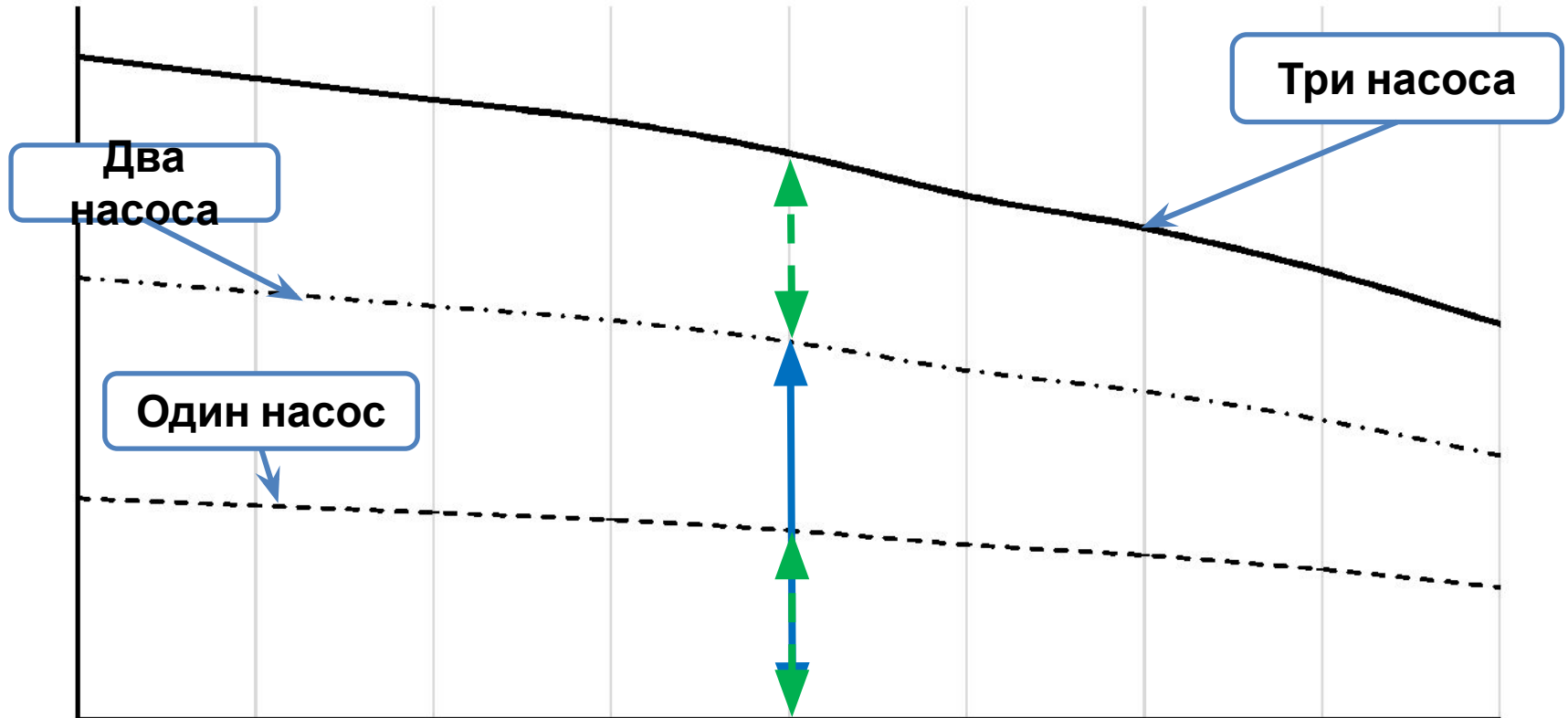
$D_2 = 490 \text{ мм}, n = 3000 \text{ об/мин.}$



Обвязка магистральной насосной



Q-N характеристика магистральной насосной

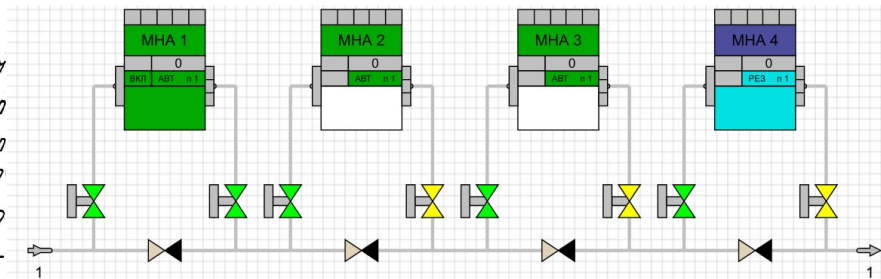
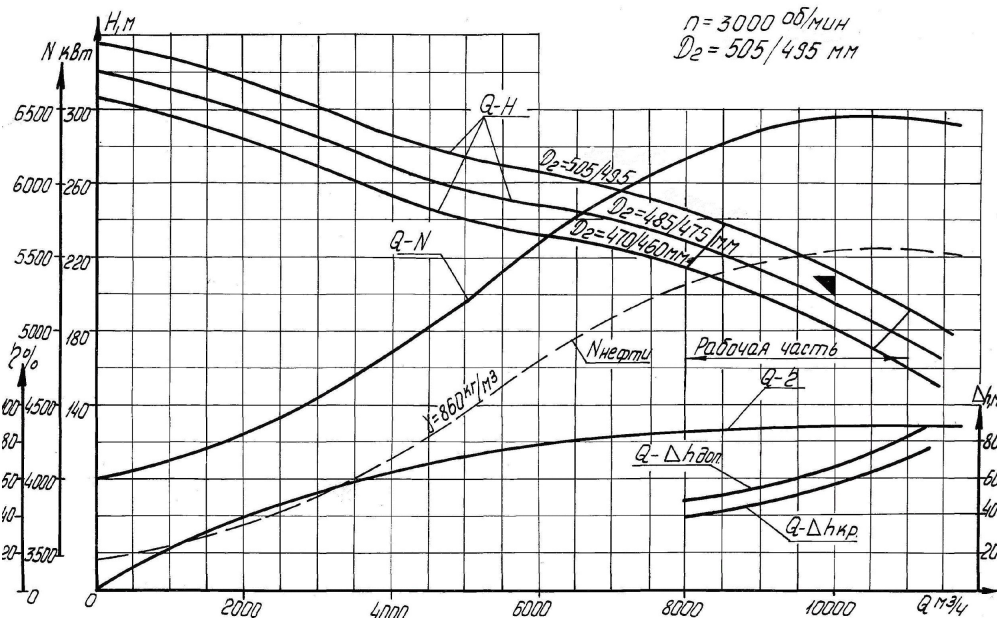


Суммарная Q-N характеристика магистральной насосной строится по правилу сложения напоров

Последовательное соединение насосов

насосов

Последовательное соединение насосов обычно применяется для увеличения напора в тех случаях, когда один насос не может создать требуемого напора. При этом подача насосов одинакова, а общий напор равен сумме напоров обоих насосов, взятых при одной и той же подаче.



Последовательное соединение насосов

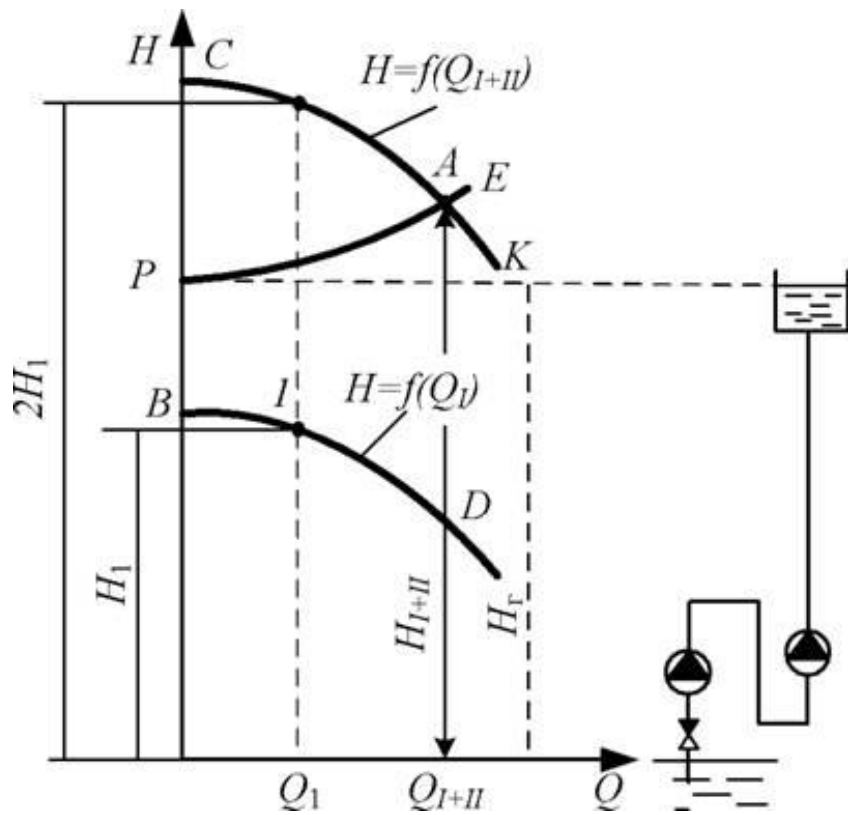


Рис. Каждый насос в отдельности не может поднять воду на заданную высоту H_{Γ} .

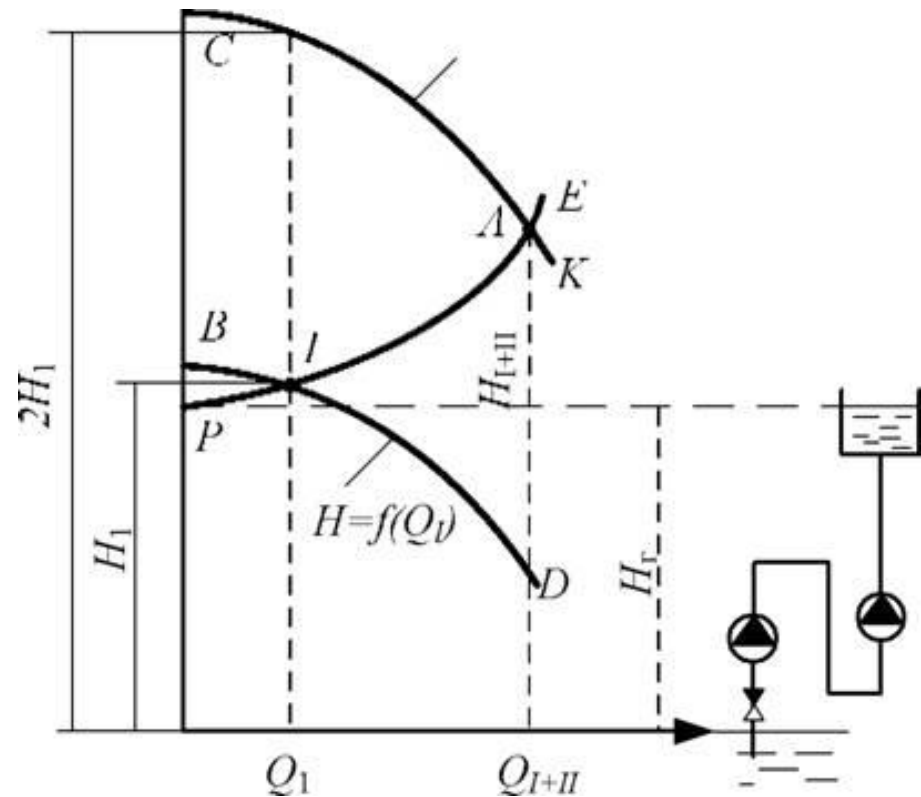


Рис. Один насос в состоянии подать воду в систему, но не обеспечивает заданного расхода

Задача №1(55)

Два центробежных насоса НМ 1250-260,
один с характеристикой $H = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} Q^2$,
другой - с характеристикой $H = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} Q^2$,
соединены *последовательно*.

Какую характеристику будет иметь система этих
двух насосов?

Задача №1(55)

Два центробежных насоса НМ 1250-260,
один с характеристикой $H = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} Q^2$,
другой - с характеристикой $H = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} Q^2$,
соединены *последовательно*.

Какую характеристику будет иметь система этих
двух насосов?

$$H = (a_1 + a_2) - (b_1 + b_2) \cdot Q^2$$

Задача №1(55)

Два центробежных насоса НМ 1250-260,
один с характеристикой $H = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} Q^2$,
другой - с характеристикой $H = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} Q^2$,
соединены *последовательно*.

Какую характеристику будет иметь система этих
двух насосов?

$$H = (a_1 + a_2) - (b_1 + b_2) \cdot Q^2$$

$$\begin{aligned} H &= (331 + 301) - (0,451 + 0,387) \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 = \\ &= 632 - 0,838 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2. \end{aligned}$$

Задача №1(55)

Два центробежных насоса НМ 1250-260,
один с характеристикой $H = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} Q^2$,
другой - с характеристикой $H = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} Q^2$,
соединены *последовательно*.

Какую характеристику будет иметь система этих
двух насосов?

$$H = (a_1 + a_2) - (b_1 + b_2) \cdot Q^2$$

$$\begin{aligned} H &= (331 + 301) - (0,451 + 0,387) \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 = \\ &= 632 - 0,838 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2. \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } 632 - 0,838 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$$

Задача №2(56)

Два центробежных насоса
НМ 5000-210 с характеристиками
 $H = 272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$ (H - в [м], Q - в [м³/ч]),
соединенные *последовательно*,
развивают совместно напор *420 [м]*.
Определить расход перекачки.

Задача №2(56)

Два центробежных насоса

***НМ 5000-210* с характеристиками**

$H = 272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$ (H - в [м], Q - в [м³/ч]),

соединенные *последовательно*,

развивают совместно напор 420 [м].

Определить расход перекачки.

Последовательно соединенные насосы имеют одинаковую подачу, а развиваемые ими напоры суммируются.

Задача №2(56)

Два центробежных насоса

НМ 5000-210 с характеристиками

$H = 272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$ (H - в [м], Q - в [м³/ч]),

соединенные *последовательно*,

развивают совместно напор 420 [м].

Определить расход перекачки.

Последовательно соединенные насосы имеют одинаковую подачу, а развиваемые ими напоры суммируются.

Отсюда имеем уравнение: $420/2 = 272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$

,

Задача №2(56)

Два центробежных насоса

НМ 5000-210 с характеристиками

$$H = 272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2 \quad (H - \text{в } [м], Q - \text{в } [м^3/ч]),$$

соединенные *последовательно*,

развивают совместно напор *420 [м]*.

Определить расход перекачки.

Последовательно соединенные насосы имеют одинаковую подачу, а развиваемые ими напоры суммируются.

Отсюда имеем уравнение: $420/2 = 272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$

, из которого находим: $Q \cong 4883 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Задача №3(57)

Два центробежных насоса *НМ 1250-260*, один с характеристикой $H = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} Q^2$, другой - с характеристикой $H = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} Q^2$, соединены параллельно.

Какую характеристику будет иметь система этих двух насосов?

Задача №3(57)

Два центробежных насоса *НМ 1250-260*, один с характеристикой $H = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} Q^2$, другой - с характеристикой $H = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} Q^2$, соединены параллельно.

Какую характеристику будет иметь система этих двух насосов?

Обозначим подачи первого и второго насосов через q_1 и q_2 , соответственно.

Задача №3(57)

Два центробежных насоса *НМ 1250-260*, один с характеристикой $H = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} Q^2$, другой - с характеристикой $H = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} Q^2$, соединены параллельно.

Какую характеристику будет иметь система этих двух насосов?

Обозначим подачи первого и второго насосов через q_1 и q_2 , соответственно.

Тогда $H_1 = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} q_1$ и $H_2 = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} \cdot q_2^2$

Задача №3(57)

Два центробежных насоса *НМ 1250-260*, один с характеристикой $H = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} Q^2$, другой - с характеристикой $H = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} Q^2$, соединены параллельно.

Какую характеристику будет иметь система этих двух насосов?

Обозначим подачи первого и второго насосов через q_1 и q_2 , соответственно.

Тогда $H_1 = 331 - 0,451 \cdot 10^{-4} q_1$ и $H_2 = 301 - 0,387 \cdot 10^{-4} \cdot q_2^2$.

Поскольку при параллельном соединении насосов

$H_1 = H_2 = H$, а $q_1 + q_2 = Q$, имеем:

$$\sqrt{\frac{H-331}{0,451 \cdot 10^{-4}}} + \sqrt{\frac{H-301}{0,387 \cdot 10^{-4}}} = Q.$$

Задача №4(58)

Определить подачу системы двух параллельно соединенных центробежных насосов, характеристики которых заданы уравнениями:

$$H = 270 - 0,465 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \text{ и } H = 260 - 0,430 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2,$$

если известно, что развиваемый ими напор составляет 240 [м].

Задача №4(58)

Определить подачу системы двух параллельно соединенных центробежных насосов, характеристики которых заданы уравнениями:

$$H = 270 - 0,465 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \text{ и } H = 260 - 0,430 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2,$$

если известно, что развиваемый ими напор составляет 240 [м].

При параллельном соединении насосов развиваемый ими напор одинаков, а подачи суммируются

Задача №4(58)

Определить подачу системы двух параллельно соединенных центробежных насосов, характеристики которых заданы уравнениями:

$H = 270 - 0,465 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$ и $H = 260 - 0,430 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$,
если известно, что развиваемый ими напор составляет 240 [м].

При параллельном соединении насосов развиваемый ими напор одинаков, а подачи суммируются, поэтому имеем:

$$240 = 270 - 0,465 \cdot 10^{-4} \cdot q_1^2 \Rightarrow q_1 \cong 803 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$240 = 260 - 0,430 \cdot 10^{-4} \cdot q_2^2 \Rightarrow q_2 \cong 682 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q = q_1 + q_2 = 803 + 682 = 1485 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Ответ. 1485 м³/ч.

Задача №5(59)

Два центробежных насоса, один с характеристикой $H = 330 - 0,415 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, другой - с характеристикой $H = 280 - 0,315 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$ (H – в [м], Q – в [$\text{м}^3/\text{ч}$]), соединенные параллельно, перекачивают вместе $2000 \text{ [м}^3/\text{ч]}$.

Определить напор, развиваемый системой этих двух насосов.

Задача №5(59)

Два центробежных насоса, один с характеристикой $H = 330 - 0,415 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$, другой - с характеристикой $H = 280 - 0,315 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$ (H – в [м], Q – в [$\text{м}^3/\text{ч}$]), соединенные параллельно, перекачивают вместе $2000 [\text{м}^3/\text{ч}]$.

Определить напор, развиваемый системой этих двух насосов.

При параллельном соединении насосов общая подача Q складывается из подач q_1 и q_2 отдельных насосов, а **напоры, развиваемые насосами, одинаковы:**

Задача №5(59)

При параллельном соединении насосов общая подача Q складывается из подач q_1 и q_2 отдельных насосов, а **напоры, развиваемые насосами, одинаковы:**

$$H = 330 - 0,415 \cdot 10^{-4} \cdot q_1^2 = 280 - 0,315 \cdot 10^{-4} \cdot q_2^2 .$$

Поскольку $q_2 = Q - q_1 = 2000 - q_1$, получаем квадратное уравнение

$$330 - 0,415 \cdot 10^{-4} \cdot q_1^2 = 280 - 0,315 \cdot 10^{-4} \cdot (2000 - q_1)^2$$

для определения подачи q_1 первого насоса. Далее имеем:

$$0,1 \cdot q_1^2 + 1260 \cdot q_1 - 1760000 = 0$$

или

$$q_1^2 + 12600 \cdot q_1 - 17600000 = 0 ,$$

Задача №5(59)

откуда находим: $q_1 \cong 1269$ [м³/ч]. После этого вычисляем подачу второго насоса: $q_2 = 2000 - 1269 = 731$ [м³/ч]. Напор, развиваемый системой насосов, можно найти, подставив либо q_1 в выражение характеристики 1-го насоса, либо q_2 – в характеристику 2-го насоса. Имеем: $H = 330 - 0,415 \cdot 10^{-4} \cdot 1269^2 \cong 263,2$ [м].

Ответ. 263,2 м.

Задача №6(60)

Определить напор, развиваемый системой двух параллельно соединенных насосов НМ 5000-210, характеристики которых заданы уравнениями:

$$H = 272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2 \text{ и } H = 250 - 0,203 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2,$$

если известно, что они перекачивают сырую нефть с расходом $8000 \text{ м}^3 / \text{ч}$.

Задача №6(60)

Определить напор, развиваемый системой двух параллельно соединенных насосов НМ 5000-210, характеристики которых заданы уравнениями:

$$H = 272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2 \text{ и } H = 250 - 0,203 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2,$$

если известно, что они перекачивают сырую нефть с расходом $8000 \text{ м}^3 / \text{ч}$.

Решается аналогично предыдущей задаче.

Задача №6(60)

Определить напор, развиваемый системой двух параллельно соединенных насосов НМ 5000-210, характеристики которых заданы уравнениями:

$$H = 272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2 \text{ и } H = 250 - 0,203 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2,$$

если известно, что они перекачивают сырую нефть с расходом $8000 \text{ м}^3 / \text{ч}$.

Решается аналогично предыдущей задаче.

Обозначая подачи насосов соответственно через q_1 и $q_2 = 8000 - q_1$, получаем уравнение для определения подачи q_1 первого насоса. :

$$272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot q_1^2 = 250 - 0,203 \cdot 10^{-5} \cdot (8000 - q_1)^2 \quad 11$$

Задача №6(60)

Преобразуя это уравнение, получаем:

$$0,057 \cdot q_1^2 + 3248 \cdot q_1 - 15192000 = 0,$$

откуда находим: $q_1 \cong 4346 \text{ м}^3/\text{ч}$. После этого вычисляем подачу второго насоса: $q_2 = 8000 - 4346 = 3654 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Напор, развиваемый системой насосов, можно найти, подставив либо q_1 в выражение характеристики 1-го насоса, либо q_2 – в характеристику 2-го насоса. Имеем:

$$H = 272 - 0,260 \cdot 10^{-5} \cdot 4346^2 \cong 222,9 \text{ м.}$$