

УДК 622.271.3

Д. А. Поклонов, Ю. И. Литвин, С. И. Протасов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ДИАМЕТРОВ НАСАДОК ГИДРОМОНИТОРОВ С УЧЕТОМ РЕЖИМА РАБОТЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

В настоящее время на стадии выбора основного оборудования гидромониторно-землесосного комплекса производится только ориентировочный расчет необходимых диаметров насадок гидромониторов.

При этом задаются необходимыми значениями расхода и напора воды перед насадкой и ее диаметр определяют по известным формулам гидравлики [1].

Однако действительные режимы работы оборудования насосно-гидромониторных установок обычно значительно отличаются от расчетных, поэтому после выбора типоразмера и количества насосов и трубопроводов требуется уточнить диаметры насадок с учетом напорных характеристик насосной станции водоснабжения гидромониторов и системы трубопроводов.

Система трубопроводов водоснабжения может быть неразветвленной (один рабочий гидромонитор) и разветвленной (несколько рабочих гидромониторов, водоснабжение которых осуществляется одной насосной станцией).

В первом случае расчетная схема насосно-гидромониторной установки имеет вид, показанный на рис. 1.

Напорная характеристика внешней сети такой насосно-гидромониторной установки будет определяться уравнением [2]

$$H_c = H_T + (R_{см} + R_{сз})Q^2 + R_{гм}Q^2, \quad (1)$$

где H_c – суммарное сопротивление всей внешней сети, м;

H_T – геодезическая высота подъема воды, м;

$R_{см}$ – обобщенный коэффициент сопротивления магистрального трубопровода

$$R_{см} = \left(\lambda_m \frac{L_m}{D_m} + \sum \xi_m \right) \frac{0,81}{gD_m^4}; \quad (2)$$

где λ_m – коэффициент линейных гидравлических сопротивлений магистрального трубопровода

$$\lambda_m = \frac{0,0147}{D_m^{0,312}}; \quad (3)$$

L_m – длина магистрального трубопровода, м;

D_m – внутренний диаметр магистрального трубопровода, м;

$\sum \xi_m$ – сумма коэффициентов местных гидравлических сопротивлений магистрального трубопровода;

$R_{сз}$ – обобщенный коэффициент сопротивления забойного трубопровода

$$R_{сз} = \left(\lambda_z \frac{L_z}{D_z} + \sum \xi_z \right) \frac{0,81}{gD_z^4}; \quad (4)$$

где λ_z – коэффициент линейных гидравлических сопротивлений забойного трубопровода, определяемый по формуле (3) для труб диаметром D_z ;

L_z , D_z и $\sum \xi_z$ – соответственно длина (м), диаметр (м) и сумма коэффициентов местных гидравлических сопротивлений забойного трубопровода;

$R_{гм}$ – обобщенный коэффициент сопротивления гидромонитора

$$R_{гм} = 0,0827 \frac{(1 + \xi_{нс})}{d_{нс}^4} + \kappa_T; \quad (5)$$

где $\xi_{нс}$ – коэффициент гидравлического сопротивления насадки;

$d_{нс}$ – диаметр насадки, м;

κ_T – коэффициент потерь напора в гидромониторе;

Q – расход воды, м³/с.

В соответствии с законом сохранения энергии установившееся движение потока воды ($Q = \text{const}$) в системе насосная станция – внешняя сеть будет иметь место при равенстве напора насосов H сопротивлению внешней сети H_c , то есть при $H = H_c$. Поэтому при заданной расчетной (необходимой) подаче Q_p (м³/с) напор насосов также бу-



Рис. 1. Неразветвленная схема насосно-гидромониторной установки: НС – насосная станция; МТ – магистральный трубопровод; ЗТ – забойный трубопровод; ГМ – гидромонитор

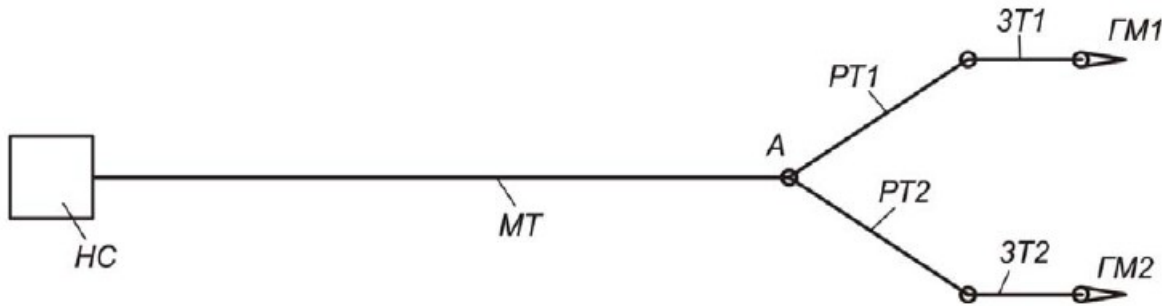


Рис.3. Разветвленная схема насосно-гидромониторной установки: НС – насосная станция; МТ – магистральный трубопровод; РТ1 и РТ2 – разводящие трубопроводы соответственно первого и второго гидромониторов; ЗТ1 и ЗТ2 – забойные трубопроводы первого и второго гидромониторов; ГМ1 и ГМ2 – гидромониторы №1 и №2

дет равен расчетному, то есть $H = H_p$ и $H_c = H_p$, (H_c и H_p – соответственно сопротивление внешней сети и расчетный напор при расчетной подаче насосной станции Q_p).

Таким образом, расчетные подача и напор будут определять расчетный режим работы насосной станции и, следовательно, при известной расчетной подаче Q_p насосной станции, которая равна необходимому расходу воды через гидромонитор, расчетный напор H_p будут определяться координатой точки М на напорной характеристике $H_{НС}$ насосной станции, рис. 2.

Для ее построения на оси подач надо отложить величину Q_p и соответствующими построениями, как это показано на рисунке стрелками, определить местоположение точки М и расчетный напор H_p .

Анализируя уравнение (1) можно отметить, что величины H_z , $R_{сж}$ и $R_{сз}$ для конкретной внешней сети являются константами. Поэтому сумма первых двух членов уравнения (1) тоже

является константой. Обозначим ее буквой «А», то есть

$$H_z + (R_{сж} + R_{сз})Q_p^2 = A = const \quad (6)$$

С учетом (6), уравнение (1) преобразуется к виду

$$H_p = A + (0,0827 \frac{1 + \xi_{НС}}{d_{НС,р}^4} + k_r) Q_p^2, \quad (7)$$

где $d_{НС,р}$ – расчетный диаметр насадки, м.

Решая уравнение (7) относительно $d_{НС,р}$, получаем

$$d_{НС,р} = \sqrt[4]{\frac{0,0827(1 + \xi_{НС})Q_p^2}{H_p - A - k_r Q_p^2}}. \quad (8)$$

В случае работы двух гидромониторов, водоснабжение которых осуществляется одной насосной станцией, расчетная схема насосно-гидромониторной установки имеет вид, показанный на рис. 3.

В общем случае гидромониторы могут быть

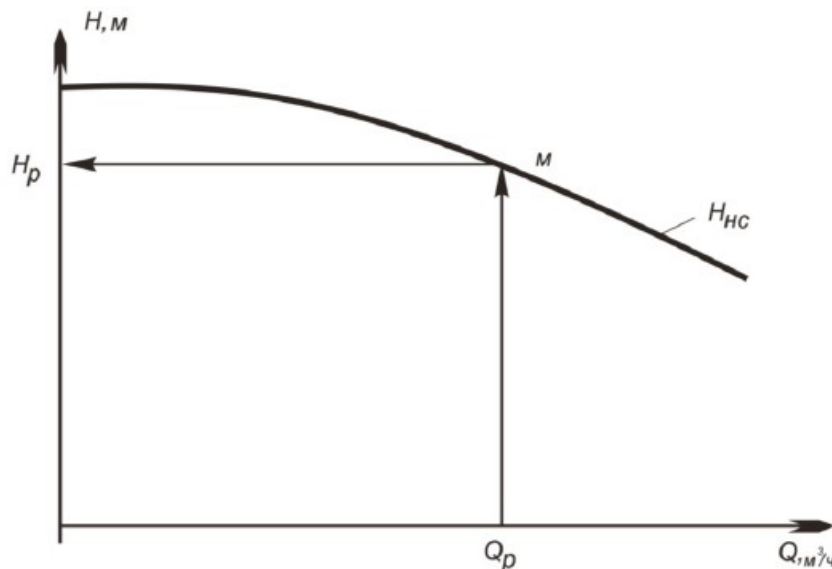


Рис.2. Определение расчетного напора насосной станции

различными и, следовательно, расходы $Q_{гм1}$ и $Q_{гм2}$ также будут различны. Поэтому расчетная подача насосной станции $Q_p = Q_{гм1} + Q_{гм2}$. При этом и параметры, характеризующие разводящие и забойные водоводы, длины разводящего L_p и забойного L_z трубопроводов, их диаметры D_p и D_z и геодезические высоты подъема воды на участках H_{zp} и $H_{zз}$, также будут различны.

Целью расчета в этом случае является определение диаметров насадок $d_{нс.1}$ и $d_{нс.2}$, обеспечивающих расходы $Q_{гм1}$ и $Q_{гм2}$. Для этого сначала необходимо привести напорную характеристику насосной станции в точку А разветвления трубопроводов (рис. 3). С этой целью из напорной характеристики $H_{нс}$ насосной станции надо вычесть по оси напоров напорную характеристику $H_{см}$ магистрального водовода (рис. 4). Приведенная

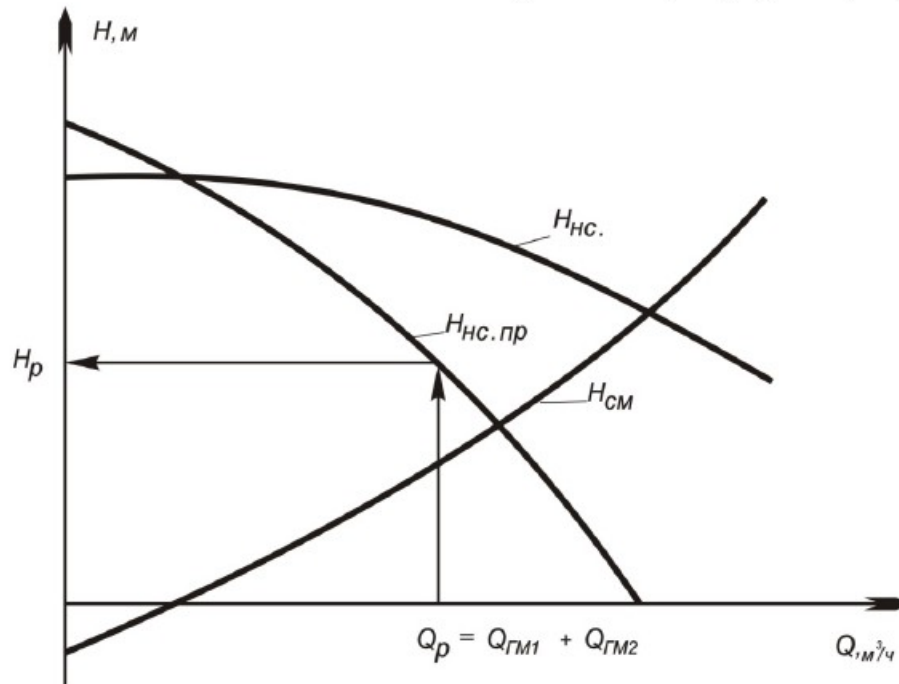


Рис. 4. Порядок приведения напорной характеристики насосной станции в точку разветвления трубопроводов: $H_{нс}$ – напорная характеристика насосной станции; $H_{см}$ – напорная характеристика магистрального трубопровода; $H_{нс.пр}$ – приведенная в т. А напорная характеристика насоса

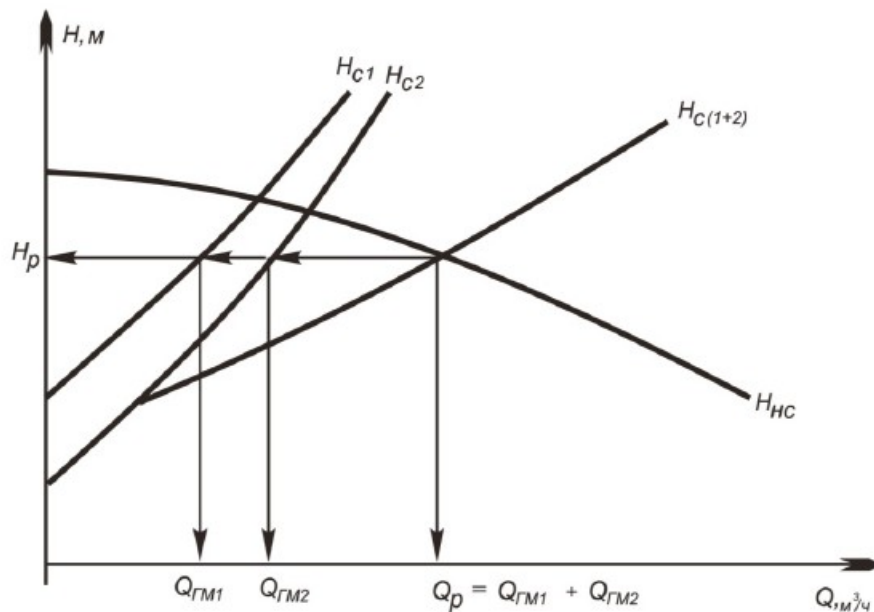


Рис. 5. Определение расчетного напора насосной станции при работе на два параллельных трубопровода

напорная характеристика будет иметь вид $H_{нс.гр.}$.

При этом напорная характеристика магистрального трубопровода рассчитывается по уравнению

$$H_{см} = H_{гдм} + R_{см} Q^2, \quad (9)$$

где $H_{гдм}$ – геодезическая высота подъема воды на участке магистрального трубопровода, м.

Сопротивление H_{ci} каждой из двух ветвей внешней сети от точки А до гидромониторов включительно определяется зависимостью

$$H_{ci} = H_{гри} + R_{сри} Q^2 + H_{гзи} + R_{сзи} Q^2 + R_{гми} Q^2 \quad (10)$$

где $H_{гри}$ – геодезическая высота подъема воды на участке i -го разводящего трубопровода, м,

$R_{сри}$ – обобщенный коэффициент сопротивления i -го разводящего трубопровода

$$R_{сри} = \left(\lambda_{ри} \frac{L_{ри}}{D_{ри}} + \sum \xi_{ри} \right) \frac{0,81}{g D_{ри}^4}; \quad (11)$$

где $\lambda_{ри}$ – коэффициент линейных гидравлических сопротивлений i -го разводящего трубопровода. Определяется по формуле (3) для труб диаметром $D_{ри}$;

$L_{ри}$, $D_{ри}$ и $\sum \xi_{ри}$ – соответственно длина (м), диаметр (м) и сумма коэффициентов местных гидравлических сопротивлений i -го разводящего трубопровода;

$H_{гзи}$ – геодезическая высота подъема воды на участке i -го забойного трубопровода, м,

$R_{сзи}$ – обобщенный коэффициент сопротивления i -го забойного трубопровода, определяемый по формуле (4) для параметров рассматриваемого забойного трубопровода;

$R_{гми}$ – обобщенный коэффициент сопротивления, определяемый для каждого i -го гидромонитора по формуле (5).

Для заданной внешней сети сумма первых четырех членов уравнения (10) является константой. Обозначим ее индексом «В», то есть

$$H_{гр} + H_{гзи} + (R_{сри} + R_{сзи}) Q^2 = B_i = const. \quad (12)$$

С учетом (12) уравнение (10) преобразуется к

виду

$$H_{ci} = B_i + (0,0827 \frac{1 + \xi_{нси}}{d_{нс.ри}^4} + k_{ги}) Q_{гми}^2. \quad (13)$$

Решая уравнение (13) относительно $d_{нс.ри}$, получим

$$d_{нс.ри} = \sqrt[4]{\frac{0,0827(1 + \xi_{нси}) Q_{гми}^2}{H_{ci} - B_i - k_{ги} Q_{гми}^2}}. \quad (14)$$

В зависимости (14) неизвестной является величина H_{ci} . Для ее определения рассмотрим работу насосной станции, имеющей суммарную напорную характеристику $H_{нс}$ (рис. 5), на два параллельно работающих трубопровода.

Суммарная напорная характеристика $H_{c(1+2)}$ двух параллельно соединенных трубопроводов строится путем графического сложения напорных характеристик H_{c1} и H_{c2} каждого трубопровода по оси подач.

Как видно из построений, расчетный режим насосной станции определяется расчетной подачей $Q_p = Q_{гм1} + Q_{гм2}$, поэтому сопротивление каждого из разветвляющихся трубопроводов будет равно расчетному напору H_p насосной станции при подаче Q_p . Для его определения необходимо на оси подач (рис. 4) отложить величину Q_p и соответствующим построением, показанными линиями со стрелками, определить H_p .

Тогда зависимость (14) приобретает вид

$$d_{нс.ри} = \sqrt[4]{\frac{0,0827(1 + \xi_{нси}) Q_{гми}^2}{H_p - B_i - k_{ги} Q_{гми}^2}}. \quad (15)$$

Пользуясь зависимостью (15), можно определить диаметры насадок любого количества гидромониторов, разводящие трубопроводы которых начинаются в одной точке. При этом расчетный напор H_p определяется для подачи $Q_p = \sum Q_{гми}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нурок, Г.А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. – М.: Недра, 1985.
2. Шелоганов, В. И. Насосные установки гидромеханизации. Учебное пособие / В. И. Шелоганов, Е. А. Кононенко. – М.: МГТУ, 1999.

□ Авторы статьи:

Поклонов
Даниил Александрович
- аспирант каф. «Открытые
горные работы» КузГТУ,
тел. (3842) 39-68-69

Литвин
Юрий Иванович
- соискатель каф. «Открытые
горные работы» КузГТУ,
тел. (3842) 39-68-69

Протасов
Сергей Иванович
- канд. техн. наук, зав. каф.
«Открытые горные
работы» КузГТУ,
e-mail: psi.rmpio@kuzstu.ru