

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 уточнять 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]

$$H_c = H_\Gamma + (R_{cm} + R_{c3})Q^2 + R_{gm}Q^2, \quad (1)$$

где H_c – суммарное сопротивление всей внешней сети, м;

H_Γ – геодезическая высота подъема воды, м;

R_{cm} – обобщенный коэффициент сопротивления магистрального трубопровода

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

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_{c3} – обобщенный коэффициент сопротивления забойного трубопровода

$$R_{c3} = \left(\lambda_3 \frac{L_3}{D_3} + \sum \xi_3 \right) \frac{0,81}{gD_3^4}; \quad (4)$$

где λ_3 – коэффициент линейных гидравлических сопротивлений забойного трубопровода, определяемый по формуле (3) для труб диаметром D_3 ;

L_3 , D_3 и $\sum \xi_3$ – соответственно длина (м), диаметр (м) и сумма коэффициентов местных гидравлических сопротивлений забойного трубопровода;

R_{gm} – обобщенный коэффициент сопротивления гидромонитора

$$R_{gm} = 0,0827 \frac{(1 + \xi_{nc})}{d_{nc}^4} + \kappa_\Gamma; \quad (5)$$

где ξ_{nc} – коэффициент гидравлического сопротивления насадки;

d_{nc} – диаметр насадки, м;

κ_Γ – 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

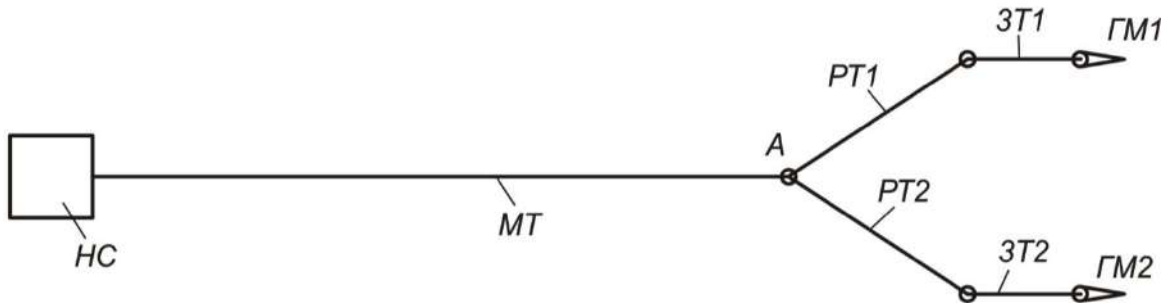


Рис.3. Разветвленная схема насосно-гидромониторной установки: НС – насосная станция; МТ – магистральный трубопровод; РТ1 и РТ2 – разводящие трубопроводы соответственно первого и второго гидромониторов; ЗТ1 и ЗТ2 – забойные трубопроводы первого и второго гидромониторов; ГМ1 и ГМ2 – гидромониторы №1 и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

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

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

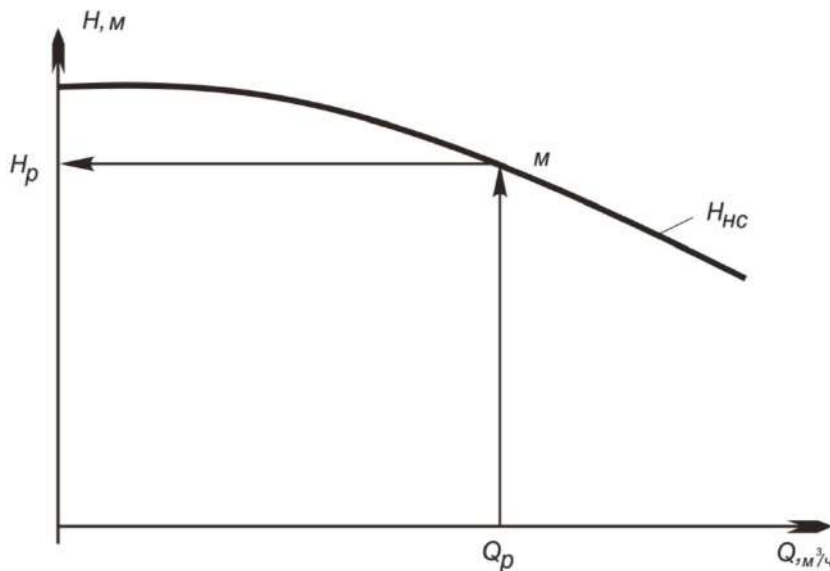


Рис.2. Определение расчетного напора насосной станции

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_3 трубопроводов, их диаметры D_p и D_3 и геодезические высоты подъема воды на участках $H_{Гр}$ и $H_{Гз}$, 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

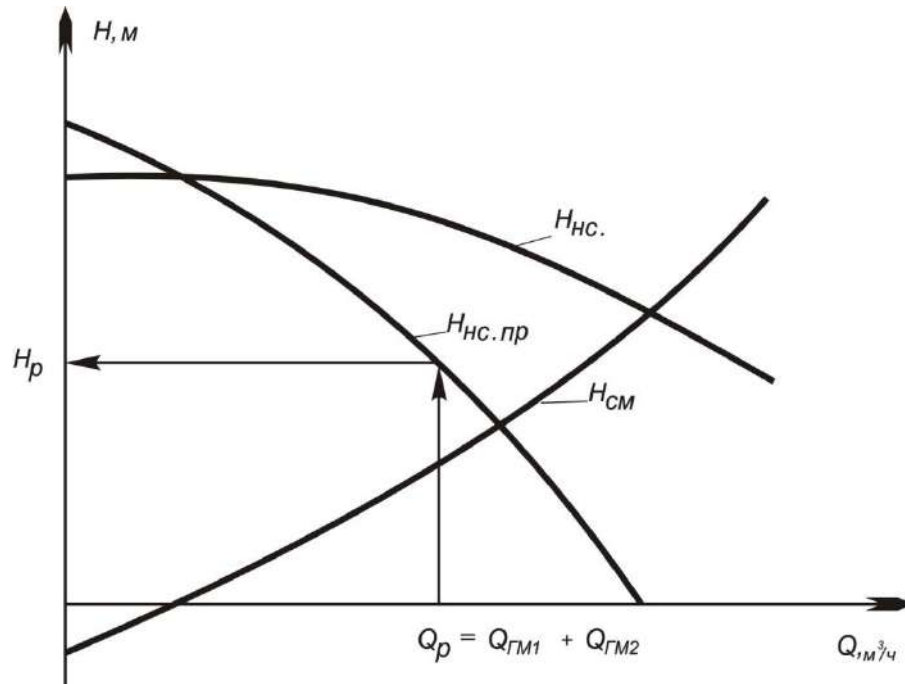


Рис. 4. Порядок приведения напорной характеристики насосной станции в точку разветвления трубопроводов: $H_{нс}$ – напорная характеристика насосной станции; $H_{см}$ – напорная характеристика магистрального трубопровода; $H_{нс.пр}$ – приведенная в т. А напорная характеристика насоса

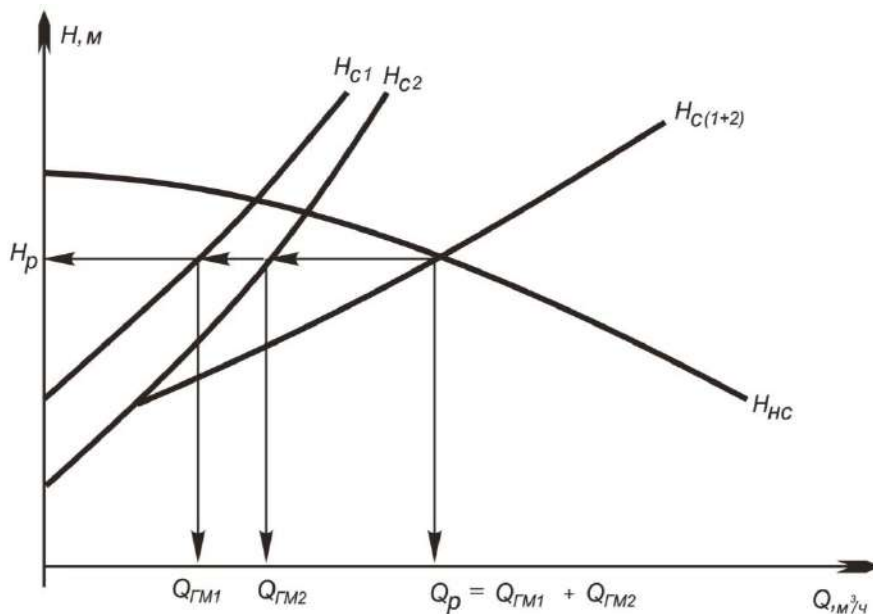


Рис. 5. Определение расчетного напора насосной станции при работе на два параллельных трубопровода

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

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

$$H_{ci} = H_{гpi} + R_{сpi} Q^2 + H_{гzi} + R_{сzi} Q^2 + R_{гmi} Q^2 \quad (10)$$

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

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

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

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

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

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

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

$R_{гmi}$ – 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

$$H_{гp} + H_{гzi} + (R_{сpi} + R_{сzi}) Q_{гmi}^2 = B_i = const. \quad (12)$$

С учетом (12) уравнение (10) преобразуется к виду

$$H_{ci} = B_i + (0,0827 \frac{1 + \xi_{нci}}{d_{нс.пи}^4} + k_{гi}) Q_{гmi}^2. \quad (13)$$

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

$$d_{нс.пи} = \sqrt[4]{\frac{0,0827(1 + \xi_{нci}) Q_{гmi}^2}{H_{ci} - B_i - k_{гi} Q_{гmi}^2}}. \quad (14)$$

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 $H_{с(1+2)}$ двух параллельно соединенных трубопроводов строится путем графического сложения напорных характеристик $H_{с1}$ и $H_{с2}$ каждого трубопровода по оси подач.

Как видно из построений, расчетный режим насосной станции определяется расчетной подачей $Q_p = Q_{гm1} + Q_{гm2}$, 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

$$d_{нс.пи} = \sqrt[4]{\frac{0,0827(1 + \xi_{нci}) Q_{гmi}^2}{H_p - B_i - k_{гi} Q_{гmi}^2}}. \quad (15)$$

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 $Q_p = \sum Q_{гmi}$.

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