

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ РАБОТЫ ШАХТНЫХ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК

В. М. ВОРОНЧИХИН

(Представлена научным семинаром кафедры горных машин, рудничного транспорта и горной механики)

На главных водоотливных установках шахт Кузбасса, несмотря на различный среднесуточный приток воды, как правило, установлены насосы типа АЯПЗ-300 номинальной производительностью 300 м<sup>3</sup>/час. В связи с этим на многих водоотливных установках суммарное время работы насосов составляет 8 ÷ 12 часов, хотя по условиям безопасности работы шахты предусматривается откачка нормального суточного притока воды не более чем за 20 часов [1].

Завышенная производительность насосов вызывает в свою очередь установку более мощных двигателей и, следовательно, увеличение платы за установленную мощность.

Кроме того, большая часть насосов главного водоотлива развивает излишнее давление. Как известно [2], число рабочих колес центробежного насоса, работающего по откачке нормального суточного притока, принимается из условия обеспечения устойчивого режима работы и создания необходимой производительности.

Для обеспечения устойчивого режима работы насоса необходимо выполнить условие

$$H_r \leq (0,9 \div 0,95) H_0, \quad (1)$$

где  $H_r$  — геодезическая высота подачи воды;

$H_0$  — давление, развиваемое насосом при нулевой производительности (закрытой задвижке на нагнетательном трубопроводе).

Для центробежных секционных насосов

$$H_0 = H'_0 \cdot i, \quad (2)$$

где  $H'_0$  — давление, развиваемое одним рабочим колесом при нулевой производительности;

$i$  — число рабочих колес.

После подстановки выражения (2) в условие (1) получим

$$H_r \leq (0,9 \div 0,95) H'_0 \cdot i,$$

отсюда число рабочих колес

$$i \geq \frac{H_r}{(0,9 \div 0,95) H'_0}. \quad (3)$$

Число рабочих колес, требуемое для создания необходимой производительности,

$$i \geq \frac{H}{H'}, \quad (4)$$

где  $H$  — давление насоса при требуемой производительности;  $H'$  — то же, но одного рабочего колеса.

Насос принимается с числом рабочих колес, определенным из выражений (3) и (4) и округленным до ближайшего большего целого числа.

Однако на многих водоотливных установках шахт Кузбасса установлены насосы с числом рабочих колес на одно, а иногда на два — три колеса больше расчетного. В этом случае насос развивает более высокую производительность и работает по откачке воды меньшее число часов. Поэтому у некоторых работников шахт создается мнение, что экономичность работы водоотливной установки остается прежней или незначительно снижается за счет уменьшения к. п. д. насоса. Кроме того, в технической литературе [3, 4] встречаются указания на возможность регулирования производительности и повышения к. п. д. шахтных насосов за счет прикрытия задвижки на нагнетательном трубопроводе, но при этом не дается анализа изменения удельного расхода электроэнергии на один кубометр выдаваемой воды.

Мощность на валу насоса определяется по формуле

$$N = \frac{Q \cdot \gamma}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{н}}}, \quad \text{квт}, \quad (5)$$

где  $Q$  — производительность насоса,  $\text{м}^3/\text{час}$ ;

$H$  — давление насоса,  $\text{м вод. ст.}$ ;

$\gamma$  — удельный вес воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\eta_{\text{н}}$  — коэффициент полезного действия насоса.

Обозначим величины, не зависящие от режима работы насоса, через некоторую постоянную, приняв при этом  $\gamma = 1050 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,

$$c = \frac{\gamma}{3600 \cdot 102} = \frac{1050}{3600 \cdot 102} \approx 0,003,$$

тогда

$$N = 0,003 \frac{Q \cdot H}{\eta_{\text{н}}}, \quad \text{квт}.$$

Удельный расход электроэнергии без учета потерь в двигателе и кабельной сети

$$\omega_{\text{уд}} = \frac{N}{Q} = 0,003 \frac{Q \cdot H}{\eta_{\text{н}} \cdot Q} = 0,003 \frac{H}{\eta_{\text{н}}}, \quad \frac{\text{квт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}. \quad (6)$$

Как следует из выражения (6), удельный расход электроэнергии увеличивается при понижении к. п. д. насоса, поэтому область возможных режимов работы насоса ограничивается зоной промышленного использования или рабочей зоной насоса, при которой

$$\eta_{\text{н}} \geq (0,85 \div 0,90) \eta_{\text{макс}}. \quad (7)$$

Но вместе с тем из выражения (6) не видно, что с увеличением давления экономичность работы насоса снижается, так как в некоторых случаях, например, при переходе режима работы насоса из точки 1 в точку 2 (рис. 1) повышение давления сопровождается с уменьшением потребляемой мощности и повышением к. п. д. насоса. Кроме того, режим работы насоса в точке 1 расположен вне рабочей зоны, а прикрытием

задвижки можно перевести режим работы насоса в точку 2. Как в этом случае изменяется удельный расход электроэнергии?

Прикрытие задвижки увеличивает давление, создаваемое насосом, при неизменной высоте подачи воды (геодезической высоте  $H_r$ ). Отношение геодезической высоты к давлению, создаваемому насосом, принимается [2] за коэффициент полезного действия трубопровода

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{H_r}{H}; \quad (8)$$

отсюда

$$H = \frac{H_r}{\eta_{\text{тр}}}.$$

Подставляя последнее отношение в выражение (6), получим

$$\begin{aligned} \omega_{\text{уд}} &= 0,003 \frac{H_r}{\eta_{\text{ин}} \cdot \eta_{\text{тр}}} = \\ &= 0,003 \frac{H_r}{\eta_{\text{уст}}}, \end{aligned}$$

где  $\eta_{\text{уст}} = \eta_{\text{ин}} \cdot \eta_{\text{тр}}$  — к. п. д. водоотливной установки.

Как видно из рис. 1, к. п. д. водоотливной установки с увеличением производительности повышается и становится равным к. п. д. насоса при идеальном трубопроводе, при котором

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{H_r}{H} = 1.$$

Следовательно, прикрытие задвижки уменьшает производительность и снижает экономичность работы насоса ввиду увеличения сопротивления трубопровода, а поэтому этот способ регулирования допустим только как временное мероприятие, например, если установлен двигатель меньшей мощности и до смены его надо откачивать воду, не перегружая двигатель [2, 5].

На некоторых шахтах Кузбасса по указанию «Кузбассэнерго» в целях экономии электроэнергии каждый насос работает одновременно на два, иногда даже на три нагнетательных става [6]. Автор работы [6] указывает, что «на практике действительно имеет место некоторое увеличение производительности насосов, но при этом совершенно не обращается внимания на режим работы насоса, на зону экономичной эксплуатации<sup>1)</sup>» и «было установлено, что не во всех случаях работа на два става является целесообразной». Это заключение является ошибочным, так как при работе насоса одновременно на два става трубопроводов скорость движения воды понижается, гидравлические сопротивления трубопровода уменьшаются пропорционально квадрату изменения скорости, а при понижении сопротивления трубопровода увеличивается производительность и к. п. д. водоотливной установки (рис. 1). Увеличение удельного расхода электроэнергии при работе насоса одно-

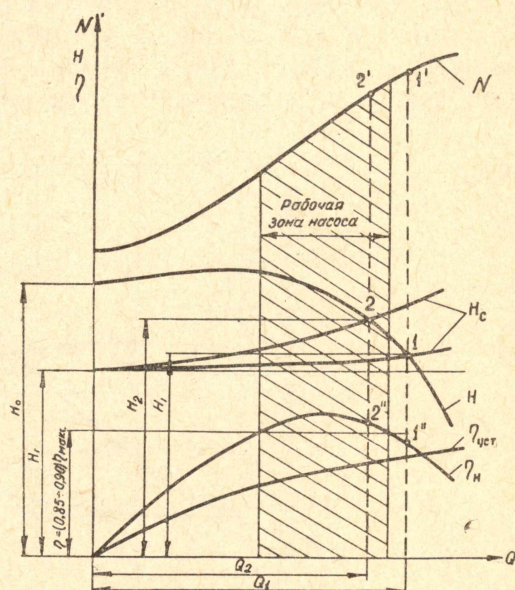


Рис. 1. Изменение режима работы насоса в зависимости от сопротивления трубопровода

<sup>1)</sup> Выделено Ворончихиным В. М.

временно на два става может произойти из-за других причин, например, за счет увеличения утечек воды через неисправные задвижки и обратные клапаны соседних насосов, которые при работе насоса на один став были отсечены от него исправной задвижкой.

Для сопоставления различных режимов насоса и оценки экономичности работы водоотливной установки на рис. 2 построены характеристики насоса АЯПЗ-300 с тремя и четырьмя рабочими колесами, работающими на трубопровод с высотой подачи воды  $H_r = 150$  м. Техничко-

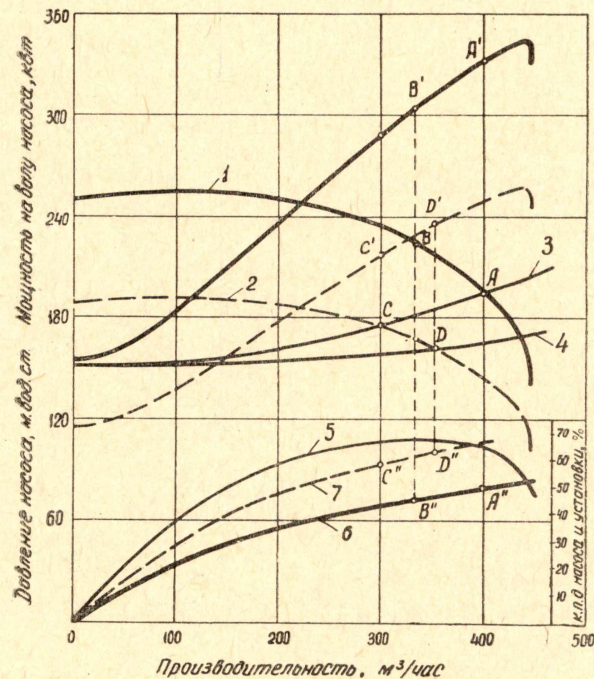


Рис. 2. Характеристика водоотливной установки с насосом типа АЯПЗ-300.

1 — характеристика насоса с четырьмя рабочими колесами; 2 — то же с тремя колесами; 3 — характеристика сети при включении в работу одного става трубопровода; 4 — то же при включении в работу одновременно двух ставов трубопровода; 5 — к. п. д. насоса; 6 — к. п. д. водоотливной установки при четырех колесах в насосе; 7 — то же при трех колесах

экономические показатели работы насосов на один и на два става трубопроводов приведены в табл. 1.

Как видно из рис. 2 и табл. 1, наиболее экономично работает насос с тремя рабочими колесами при включении его одновременно на два става трубопровода (точка  $D$ ). При работе насоса, имеющего четыре рабочих колеса, на один став трубопровода, прикрытый задвижкой, водоотливная установка имеет самую низкую экономичность (точка  $B$ ), хотя к. п. д. насоса на этом режиме максимальный.

Перерасход электроэнергии за год при притоке воды в шахту  $250 \text{ м}^3/\text{час}$  составит  $550000 \text{ кВт} \cdot \text{час}$ .

Таблица 1

Режим работы	Производительность насоса, $m^3/час$	Давление насоса, $m$ вод. ст.	К. п. д. насоса, %	К. п. д. водоотливной установки, %	Мощность на валу насоса, $квт$	Уд. расход эл. энергии, $квт. ч/m^3$	Превышение уд. расхода эл. энергии по сравнению с режимом точки $D$ , %
Точка $A$	400	195	64	49	331	0,83	125
Точка $B$	335	223	68	46	304	0,91	137
Точка $C$	300	175	67,5	58	216	0,72	108
Точка $D$	355	162	67,5	63	235	0,665	100

### Выводы

1. На водоотливных установках шахт необходимо устанавливать насосы, отвечающие правилам безопасности, не завышая значительно их по производительности.

2. Число рабочих колес насоса должно быть минимальным и определяться из условий устойчивого режима работы и создания необходимого давления для обеспечения требуемой производительности. Установка насоса с завышенным давлением увеличивает производительность водоотливной установки, но одновременно увеличивает удельный расход электроэнергии.

3. Регулирование производительности насоса прикрытием задвижки на нагнетательном трубопроводе можно применять только в установках, где необходим определенный расход воды. Дросселирование трубопровода даже в тех случаях, когда режим работы смещается в зону более высоких значений к. п. д. насоса, приводит к снижению экономичности работы водоотливной установки и для шахтного водоотлива, безусловно, не следует рекомендовать.

4. Одновременная работа насоса, находящегося в удовлетворительном состоянии, на два става трубопроводов с исправными задвижками и обратными клапанами повышает экономичность работы водоотливной установки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Госгортехиздат, 1964.
2. В. С. Пак и В. Г. Гейер. Рудничные вентиляторные водоотливные установки. Углетехиздат, 1955.
3. В. И. Киселев. Горная механика. Госгортехиздат, 1961.
4. Руководящие материалы по проведению ревизий, наладок и испытаний шахтных водоотливных установок. Углетехиздат, 1959.
5. А. И. Веселов. Рудничные турбомашини. Metallurgizdat, 1952.
6. М. П. Петров. Анализ работы главных водоотливных установок на шахтах Прокопьевско-Киселевского месторождения. Кемерово, 1959.