

Л.В. Петровых

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ШАХТНЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК ОТ ИЗБЫТОЧНОЙ НАПОРНОСТИ НАСОСОВ

Условием стабильной работы центробежных насосов шахтных установок является наличие избыточной напорности. С ее изменением меняется количество энергии, затрачиваемое на откачивание воды. В связи с этим рассматриваются энергетические зависимости в функции избыточной напорности.

Ключевые слова: шахтные водоотливные установки, избыточная напорность, удельная энергоемкость, зависимости.

Наличие избыточной напорности $H_{изб}$ – это одно из условий стабильной работы центробежных насосов. Избыточная напорность расходуется на перемещение воды по сети трубопровода и преодоление сопротивления. Необходимость поддержания запаса избыточной напорности продиктована возможным колебанием частоты питающей сети и частоты вращения приводного двигателя, разъемлением концов лопаток рабочих колес, их гидрообразивного износа и др.

Численно избыточная напорность $H_{изб}$ определяется как разность фактического манометрического напора насоса и геодезической высоты нагнетания [1]:

$$H_{изб} = H_m - H_g, \quad (1)$$

где H_m – фактический манометрический напор насоса, м; H_g – геодезическая высота нагнетания, м.

С увеличением избыточной напорности $H_{изб}$ увеличивается значение удельной мощности q , т.е. количество энергии, затрачиваемой на откачивание воды. В общем случае

$$q = \frac{N_H}{Q_H}, \quad (2)$$

где q – удельная мощность, кВт·ч/м³; N_H – мощность насоса, кВт; Q_H – производительность насоса, м³/ч.

В соответствии с (2) удельная избыточная мощность (обусловленная избыточной напорностью)

$$q_{изб.i} = \frac{\rho \cdot g \cdot H_{изб.i}}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_i}, \quad (3)$$

где ρ – плотность шахтной воды; η_i – текущее значение к.п.д. насоса, соответствующее $H_{изб.i}$.

Избыточная напорность насоса может быть записана следующим образом

$$H_{изб.i} = R_{тр} \cdot Q_i^2, \quad (4)$$

где $R_{тр}$ – постоянная трубопровода; Q_i – текущее значение подачи насоса.

Из уравнения (4) следует:

$$Q_i = \sqrt{H_{изб.i} / R_{тр}}. \quad (5)$$

Аналитическое выражение характеристик $\eta_i = f(Q_i)$ может быть представлено в виде квадратичной функции [2]:

$$\eta_i = Q_i (C_1 - C_2 Q_i), \quad (6)$$

где C_1, C_2 – опытные коэффициенты для каждого типа насоса.

С учетом (5) запишем аналитическое выражение характеристик $\eta_i = f(H_{изб.i})$:

$$\eta_i = \left(\frac{H_{изб.i}}{R_{тр}} \right)^{0,5} \left[C_1 - C_2 \left(\frac{H_{изб.i}}{R_{тр}} \right)^{0,5} \right]. \quad (7)$$

Подставив выражение (7) в (3), получим зависимость удельной избыточной мощности насоса от его избыточной напорности:

$$q_{изб.i} = \frac{\rho \cdot g \cdot (H_{изб.i} \cdot R_{тр})^{0,5}}{1000 \cdot 3600 \cdot \left(C_1 - C_2 \left(H_{изб.i} / R_{тр} \right)^{0,5} \right)}. \quad (8)$$

Заменив выражение $\frac{\rho \cdot g}{1000 \cdot 3600} = K_{НА}$ (постоянной насосного агрегата), получим:

$$q_{изб.i} = K_{НА} \cdot \frac{(H_{изб.i} \cdot R_{тр})^{0,5}}{C_1 - C_2 (H_{изб.i} / R_{тр})^{0,5}}. \quad (9)$$

Или в другом виде записи:

$$q_{изб.i} = K_{НА} \cdot \frac{\sqrt{H_{изб.i} \cdot R_{тр}}}{C_1 - C_2 \sqrt{H_{изб.i} / R_{тр}}}. \quad (10)$$

Расчетные зависимости $q_{изб} = f(H_{изб})$, построенные согласно выражений (9;10) приведены на рис. 1 (для насосов типа ЦНС). Исходные данные для этих расчетов приведены в таблице.

Экспериментальное установление зависимостей удельной энергоемкости насосных агрегатов $q_{изб} = f(H_{изб})$ выполнялось на трех насосных установках рудника «Чебачий» ОАО «Верхнеуральская руда» с насосами ЦНСК 300–480.

Исходные данные для построения зависимостей $q_{изб} = f(H_{изб})$

Насос	Формула КПД $\eta = Q(C1-C2 Q)$	Подача, м ³ /ч	$R_{тр}$
ЦНС 38-44 – ЦНС 38-220	$\eta = Q(0,03887-0,00059Q)$	$0 \leq Q \leq 50$	0,01300
ЦНС 60-198 – ЦНС 60-330	$\eta = Q(0,0207-0,00016Q)$	$0 \leq Q \leq 80$	0,00550
ЦНС 105-98 – ЦНС 105-490	$\eta = Q(0,01106-0,00004276Q)$	$0 \leq Q \leq 170$	0,00180
ЦНС 180-85 – ЦНС 180-425	$\eta = Q(0,008821-0,00002677Q)$	$0 \leq Q \leq 215$	0,00061
ЦНС 300-120 – ЦНС 300-600	$\eta = Q(0,004243-0,000006119Q)$	$0 \leq Q \leq 400$	0,00022

Центробежный секционные насосы типа ЦНСК 300-480 предназначены для перекачивания в стационарных условиях воды, содержащей механические примеси не более 0,2% по весу, температурой до 40 °С. Насосы могут использоваться для откачки воды на водоотливе в шахтах с показателем кислотности pH 3,5–8,5. Экспериментальные данные по определению производительности трех насосов главного водоотлива ЦНСК 300-480 были получены при помощи расходомера «ВЗЛЕТ ПР», предназначенного для оперативного измерения расхода и объема жидкости с помощью накладных датчиков без вскрытия трубопровода. Расходомер-счетчик ультразвуковой портативный «ВЗЛЕТ ПР» устанавливался при замерах на напорный трубопровод насосных агрегатов. Расходомер обеспечивал измерение среднего объемного расхода при скорости потока до 13 м/с, что соответствует расходу, определяемому по формуле:

$$Q_H = 2,83 \cdot 10^{-3} \cdot V \cdot D_y^2, (11)$$

где Q_H – измеряемый средний расход, м³/ч; V – скорость потока, м/с; D_y – диаметр условного прохода трубопровода, мм.

Напор каждого насоса H_M измерялся манометром ДМ2010С.У2, установленным на нагнетательной линии насосной установки.

На рис. 2 представлены зависимости удельной энергоёмкости трех насосов (q) в функции избыточной напорности в реальных условиях эксплуатации. Зависимости получены путем математической обработки результатов экспери-

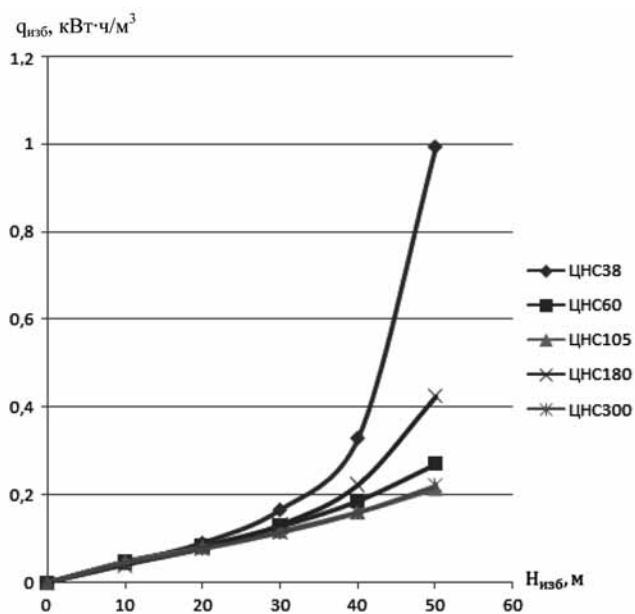


Рис. 1. Зависимости удельной избыточной энергоёмкости насосов в функции избыточной напорности насосного агрегата $q_{изб} = f(H_{изб})$

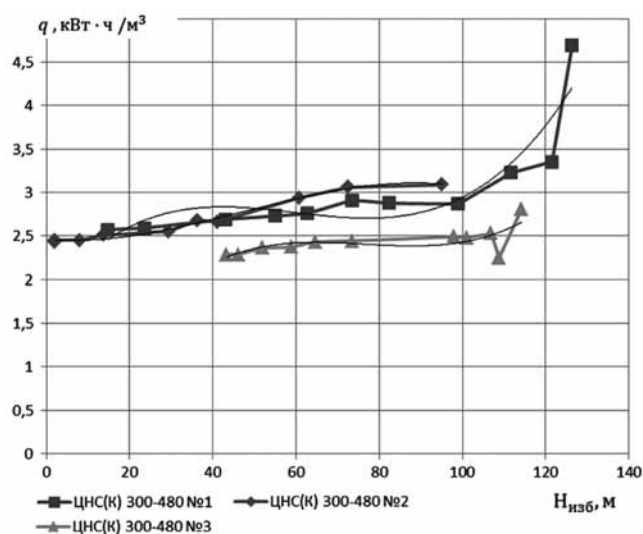


Рис. 2. Зависимости удельной энергоёмкости насосов в функции избыточной напорности насосного агрегата $q = f(H_{изб})$

мента с использованием метода наименьших квадратов и представляют собой полиномиальные функции третьей степени с корреляционным отношением для насоса № 1 $R^2 = 0,83$; для насоса № 2 $R^2 = 0,99$; для насоса № 3 $R^2 = 0,51$ [3].

Полученные соотношения свидетельствуют о существенной зависимости удельной энергоемкости насосных агрегатов от избыточной напорности насосов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимухин С.А., Петровых Л.В. Оценка энергозатратности избыточной напорности водоотливных установок // Известия вузов. Горный журнал. – 2011. – № 5. – С. 82–86.
2. Попов В.М. Рудничные водоотливные установки. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1983. – 304 с.
3. Петровых Л.В. Количественная оценка удельной энергоемкости в функции избыточной напорности насосов ЦНСК 300–480 / Уральская горно-промышленная декада (УГПД-2012). Сборник докладов. – Екатеринбург, 2012. – С. 396–397. **ПЛАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Петровых Л.В. – аспирант, старший преподаватель,
Уральский государственный горный университет,
e-mail: smileitoff13@gmail.com.

UDC 622.532

ESTIMATE OF THE ENERGY DEPENDENCE OF THE MINE PUMPING SYSTEMS FROM EXCESS OF PRESSURE

Petrovykh L.V., Graduate Student, Senior Lecturer,
Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia,
e-mail: smileitoff13@gmail.com.

The presence of excess of pressure is important condition of stable operation of centrifugal pumps. With changing of excess of pressure the amount of energy, which spends on water pumping, changes. The dependences of the energy costs of mine dewatering installation of excess pressure shaft section pumps of various sizes were stated.

Key words: mine dewatering installations pumps of mines, excess of pressure, power density, dependence.

REFERENCES

1. Timukhin S.A., Petrovykh L.V. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*. 2011, no 5, pp. 82–86.
2. Popov V.M. *Rudnichnye vodootlivnye ustanovki*, 2-e izd. (Mine dewatering plants. 2nd edition), Moscow, Nedra, 1983, 304 p.
3. Petrovykh L.V. *Ural'skaya gorno-promyshlennaya dekada (UGPD-2012)*. Sbornik dokladov (Ural Mine Industry Decade (UMID-2012) Proceedings), Ekaterinburg, 2012, pp. 396–397.

