

НОВЫЕ КРИТЕРИАЛЬНЫЕ МОДУЛИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСОСОВ

О.Я. Гловацкий, Р.Р. Эргашев, Ш.Р. Рустамов
(НИИИВП при ТИИМ)

The Considered improvement of the methods(principles;strategy;methodology) of the determination of the rates(norms) энергопотребления pumping station and development(design) of the computer program with(since) account of the diligence of the equipment(equipping).

Рассмотрено совершенствование методики определения норм энергопотребления насосных станций и разработка компьютерной программы с учётом старения оборудования.

НСларда энергия сарфи меёърларни аниқлаш усулларини такомиллаштириши ва насос станцияларида ускуналарни эскиришини ҳисобга олган ҳолда компьютер программасини ишлаб чиқишини кўриб чиқилган.

Настоящая статья подготовлена в результате выполнения работ по договору № 19/2012 «Совершенствование методики определения норм энергопотребления насосных станций с учётом старения оборудования».

Целью работы является апробация методики определения норм энергопотребления и разработка компьютерной программы с учётом старения оборудования[1, 2].

Техническое состояние насосных агрегатов (НА) определяется сравнением фактических параметров, получаемых путем натурных измерений, с расчетными, полученными из характеристик [1, 3].

Критериями оценки технического состояния осевых насосов являются предельные отклонения по напору и КПД от паспортного значения. В процессе эксплуатации допускаются отклонения по напору в пределах $\pm 3\%$ для насосов моделей 2, 3, 5, 10 и 11 и $+5\%$ для насосов моделей 6 и 16. При падении напора свыше 7% и снижении КПД более 3% техническое состояние насоса считается неудовлетворительным и дальнейшая эксплуатация запрещается.

Критериями оценки технического состояния центробежных насосов являются предельные отклонения по подаче и КПД от паспортного значения. При эксплуатации допускается отклонение подачи от расчетных величин не более $\pm 2\%$. Эксплуатация центробежного насоса прекращается при снижении подачи более 2% и снижении КПД более 3% .

Основные параметры насоса (напор, подача, мощность, КПД) определяются расчетным путем на основании предварительных измерений необходимых величин [2, 3].

КПД насоса определяется как отношение полезной мощности N_i насоса к мощности N , потребляемой насосом:

$$\eta_n = N_i / N$$

КПД НА:

$$\eta_{n.уст.} = a \eta_{пер} \eta_{дв.} \eta_n$$

где $\eta_{пер}$ - КПД передачи от двигателя к насосу;

$\eta_{дв.}$ - КПД двигателя;

η_n - КПД насоса;

a - коэффициент, учитывающий особые условия установки.

Полезная (гидравлическая) мощность насоса рассчитывается по формуле:

$$N_i = (\gamma Q H) / 102 (\text{кВт})$$

с учетом того, что для воды: $\gamma = 9806,65 \text{ н/м}^3$

$$N_i = 9,81 Q H (\text{кВт})$$

где Q - подача насоса ($\text{м}^3/\text{с}$)

$H = \text{УВВБ} - \text{УВНБ}$ - напор насоса (м)

Мощность, потребляемая НА, может быть определена одним из следующих способов [3]:

- штатным ваттметром,
- по показаниям вольтметра и амперметра,
- методом подключения двух ваттметров,
- комплектом приборов типа К-51.

Потребляемая мощность вычисляется по формуле:

$$N_{\text{дв.}} = K_{mm} K_{mn} C_w W 10^{-3}$$

где K_{mm} - коэффициент трансформации тока

K_{mn} - коэффициент трансформации напряжения

C_w - постоянная прибора, Вт/дел.

W - показания прибора, дел.

По следующей формуле рассчитывается электроэнергия, потребляемая каждым агрегатом:

$$E_i = (p_i^k - p_i^n) * 20000$$

где p_i^k - показания счетчика в конце расчетного периода

p_i^n - показания счетчика в начале расчетного периода

Следующим шагом мы можем просчитать КПД i-го блока:

$$\eta_i = (9,81 * q_i * (h + dH_i) * T_i) / E_i$$

где T_i - число часов работы агрегата за расчетный период

Из формулы $\eta_i = a \eta_{\text{пер}} \eta_{\text{дв.}} \eta_n$ можно определить η_n . (КПД насоса). Показатель технического состояния насоса является функцией от уровня КПД насоса и диагностических параметров

$$dTS = f(\psi, \eta_n)$$

где ψ - диагностические параметры (Q, H берутся из оперативной суточной ведомости).

Эксплуатация НС при установившемся режиме (H_r , $Q_{\text{нс}}$, $\eta_{\text{нс}} = \text{const}$) требует на каждые 1000 м^3 подаваемой воды энергетические затраты в количестве,

$$e = \frac{2,72 \cdot H_r}{\eta_{\text{нс}}}, \text{ кВт ч/тыс. м}^3 \quad (1)$$

где e- удельные затраты электроэнергии на НС на каждые 1000 м^3 подаваемой воды при геометрической высоте подъема H_r .

За период времени t НС подает W (тыс м^3) воды и затратит электроэнергии непосредственно на водоподъем

$$\text{ЭВ} = e W, \text{ кВт ч}; \quad (2)$$

где Эв- потребление электроэнергии НС за период t, рассчитанное по воде.

Обычно современными проектами предусмотрены индивидуальные счетчики потребления электроэнергии и расходомеры на каждом НА, тогда для вышерассмотренной ситуации за период времени t НС непосредственно на водоподъем затрачивает электроэнергию:

$$\text{Эсч} = \text{Эсч1} + \text{Эсч2} + \dots + \text{Эсчn}; \quad (3)$$

$\text{Эсч1}, \text{Эсч2}, \dots, \text{Эсчn}$ - электроэнергия потребленная агрегатами №1, 2 и т.д., вычисленная по показателям индивидуальных счетчиков электроэнергии;

Эсчn - потребление электроэнергии НС, за период t, рассчитанное по показателям электросчетчиков и других приборов на НА (рис. 1).

За период времени t НА работают в установившемся режиме при постоянной мощности (мощности на крайних и средних агрегатах могут различаться), тогда энергозатраты агрегата и, соответственно, НС вычисляются

$$\begin{aligned} \text{Эi} &= N_i t \\ \text{ЭN} &= \text{Э1} + \text{Э2} + \dots + \text{Эn}; \end{aligned} \quad (4)$$

где N_i - показания прибора (ваттметра) на соответствующем агрегате НА;

$\mathcal{E}_N$ - потребление электроэнергии НС за период t , по показаниям ваттметра.

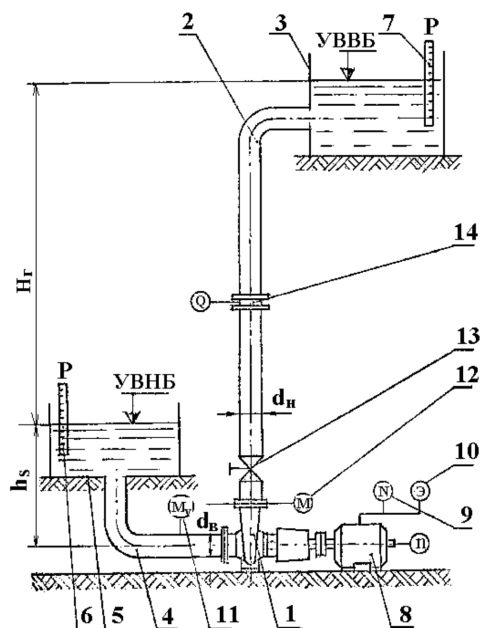


Рис.1 - Схема определения параметров НА

1. Насос; 2. Напорный трубопровод; 3. Напорный бассейн (водовыпуск); 4. Всасывающий трубопровод; 5. Водоприёмник; 6. Рейка нижнего бьефа; 7. Рейка верхнего бьефа; 8. Электродвигатель; 9. Прибор измерения мощности НА (Ваттметр); 10. Приборы измерения параметров тока (Вольтметр, амперметр, счетчики потребления электроэнергии); 11. Мановакуумметр; 12. Манометр; 13. Задвижка; 14. Расходомер.

В условиях близким к идеальным, т.е. когда достоверны величины рассматриваемых параметров, имеются расходомеры и другие приборы, а также постоянство режима работы НС в период t и т.д., электрозатраты, полученные тремя вышеуказанными способами, должны иметь одну и ту же величину, т.е.

$$\mathcal{E}_B = \mathcal{E}_{сч} = \mathcal{E}_n$$

Обычная практика эксплуатации НС имеет ситуации, отличные от идеальных, вышеприведенных. В этих случаях становится трудно получить вышеуказанное равенство $\mathcal{E}_B$, но это не уменьшает его большой практической ценности. Например, на НА отсутствуют индивидуальные расходомеры (наиболее распространенная ситуация), расход измеряется на гидроступе в канале за НС. Имеет место равенство, $\mathcal{E}_N = \mathcal{E}_{сч}$, тогда $Q_i = Q_{ср} N$, где Q_i - подача i -го НА НС; $Q_{ср} = \frac{Q_{НС}}{n_a}$ - подача НС; n_a - число агрегатов

Основным критерием технического состояния НС также считаем ее КПД. В рамках общей схемы оптимизации эксплуатационных параметров автоматизированной системы контроля и диагностики для НС специалистами лаборатории НСиЭЭ НИИИВП усовершенствована имитационная математическая модель блока НС и программа для расчета КПД НА для одной НС за определенный период работы.

Целью программы является расчет КПД насосного блока и других показателей работы одной НС при заданной подаче НС за определенный период времени. Это облегчает планирование оптимальной продолжительности работы станции и энергетических затрат, особенно при достижении предельного срока службы.

Апробация алгоритма программы расчета КПД на НС проводилась при обследовании технического состояния каскада НС «Бабатаг» в январе и сентябре 2012 г. Ниже приводятся основные шаги алгоритма программы расчета КПД насоса на одной НС за определенный период работы, которая может быть использована в качестве типовой для всех мелиоративных НС Узбекистана.

1^й шаг: Считываются входные оперативные данные за выбранный период времени (обычно месяц) и нормативно-справочные данные.

2^й шаг: Рассчитывается средняя отметка в УВНБ по всем введенным наблюдениям нижнего бьефа (данные за выбранный период времени): $SrUrovenNB$;

3^й шаг: Рассчитывается также средняя отметка в УВВБ: $SrUrovenVB$;

4^й шаг: Рассчитывается геометрическая высота подъема:

$HightAscent = SrUrovenVB - SrUrovenNB$;

5^й шаг: Рассчитывается средняя активная мощность для каждого агрегата НС по всему введенному массиву показаний станционных приборов: $Nsr(i)$; $i = 1 \dots KA$

где: i - текущий рабочий агрегат; KA - количество рабочих агрегатов;

6^й шаг: Рассчитывается средняя активная мощность за расчетный период, при $KA = const$, для всей НС: $SumNsr = [Nsr(1) + Nsr(2) + \dots + Nsr(KA)] / KA$;

7^й шаг: Рассчитывается средняя подача каждого агрегата: $QS = QNS / KA$

где: QNS - подача всей НС;

8^й шаг: КПД всех электродвигателей взяты из паспортных данных:

$KPD_{эл.двигателя} = f(МОЩНОСТЬ_{эл.двигателя})$

$EL(i) = f(Nsr[i])$

где: $Nsr[i]$ - определено в п. 5;

9^й шаг: Рассчитывается относительная мощность каждого агрегата:

$NOA(i) = Nsr(i) / SumNsr$

где: $SumNsr$ - определено в п. 6;

10^й шаг: Рассчитывается подача i -го насосного агрегата: $Q(i) = QS * NOA(i)$;

11^й шаг: Рассчитываются потери i -го трубопровода: $DH(i) = 0,00078 * Q^2(i)$;

12^й шаг: Рассчитывается полный напор насоса для i -го агрегата:

$H(i) = HightAscent + DH(i)$;

13^й шаг: КПД i -го трубопровода: $TR(i) = HightAscent / H(i)$;

14^й шаг: Рассчитывается электроэнергия, потребляемая каждым агрегатом:

$E(i) = [PK(i) - PN(i)] * 20000$

где: 20000 - коэффициент пересчета,

$PK(i)$ - показания счетчика в конце периода,

$PN(i)$ - показания счетчика в начале периода;

15^й шаг: КПД i -го блока: $BL(i) = [9,81 * Q(i) * H(i) * T(i)] / E(i)$

где: $T(i)$ - число часов работы i -го агрегата за расчетный период;

16^й шаг: КПД i -го насоса: $EN(i) = BL(i) / [TR(i) * EL(i)]$;

17^й шаг: Расчет показателя технического состояния насоса:

Строятся линейные уравнения зависимости между сроком службы i -го агрегата и минимальным допустимым значением КПД агрегата, взятым из паспортных данных насоса и проверенным по фактическим мощности и энергопотреблению $N_{ов.}, E_i$;

18^й шаг: Заключение о техническом состоянии насоса:

Техническое состояние i -го насоса считается удовлетворительным, если полученное на 16^м шаге значение КПД насоса равно или превышает значение КПД насоса, полученное на 17^м шаге;

19^й шаг: Заключение о динамике технического состояния насоса:

Если КПД i -го насоса падает более чем на 2 % по сравнению с предыдущим месяцем, то, как и в 18^м шаге, на пульт и диспетчеру подается предупредительный сигнал.

Приведенный алгоритм программы расчета КПД работы насосных агрегатов на НС является типовым и может быть применен на любой НС с минимальными изменениями или дополнениями.

Внедрение системы оценки технического состояния на крупных НС позволит оперативному персоналу анализировать и прогнозировать динамику изменения всех основных параметров агрегатов, а также предупреждать развитие аварийных ситуаций.

В условиях истощения ресурса на основных системах машинного водоподъема резкого удорожания ресурсов новые программные модули позволят значительно повысить надежность и экономичность эксплуатации НС.

Расчет общепроизводственной технологической нормы расхода электроэнергии на НС и Минсельводхоза РУз проводится на основании обработки данных за 2010-2012 гг. по согласованным формам с руководством УНС, Э и С Минсельводхоза РУз.

Изменение общепроизводственной технологической нормы расхода электроэнергии с учетом срока эксплуатации НА и напорного трубопровода учитывается по зависимостям и коэффициентам увеличения абсолютной шероховатости, зависящим от физико-химических

свойств перекачиваемой воды [1].

Принято в качестве допустимых отклонений от максимального значения нормы расхода электроэнергии НС с учётом ресурса НА для насосов значения [2]:

Для $\eta_o \geq 0,7$, 0,1

Эксплуатационный допуск на отклонение характеристик от паспортных данных должен определяться технико-экономическими расчетами с учётом старения оборудования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р. Разработка новых критериев качества перекачиваемой воды на системах машинного водоподъема // Agro ilm.– 2008. - № 3(7)
2. Гловацкий О.Я., Исаков Х.Х., Шарипов Ш.М. Некоторые проблемы энергосбережения в системах машинного водоподъёма Республики Узбекистан // Проблемы энерго и ресурсосбережения. - 2011. –с.128-131.
3. Бегимов И., Касымбеков А.С., Ходжаниязов А.Д., Очилов Р.А. Экспериментальные натурные исследования динамических процессов на участках Каршинского магистрального канала // Формирование, охрана и управление водными ресурсами в речных бассейнах Средней Азии: Труды / САНИИРИ. – Ташкент, 1989. – С. 103-114.