

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА

Аннотация: Насосным агрегатом называют насос, двигатель и устройство для передачи мощности от двигателя к насосу, собранные в единый узел. В основу классификации по принципу действия положены различия между насосами в механизме передачи подводимой извне энергии потоку жидкости, протекающей через них. По принципу действия насосы можно условно разделить на две группы: динамические и объемные. В динамических насосах жидкость приобретает энергию в результате силового воздействия на нее рабочего органа в рабочей камере. Объемные насосы принцип действия основан на попеременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении её из рабочей камеры.

Ключевые слова: Насосный агрегат, трубопровод, скорость перекачки, подача насоса, КПД насоса.

Abstract: A pumping unit is a pump, an engine and a device for transferring power from the engine to the pump, assembled into a single unit. The classification based on the principle of operation is based on the differences between pumps in the mechanism of transferring energy supplied from the outside to the flow of liquid flowing through them. According to the principle of operation, pumps can be divided into two groups: dynamic and volumetric. In dynamic pumps, the liquid acquires energy as a result of the force action of the working body in the working chamber on it. Volumetric pumps the principle of operation is based on alternately filling the working chamber with liquid and displacing it from the working chamber.

Keywords: Pumping unit, pipeline, pumping speed, pump supply, pump efficiency.

Расчетная часть:

Оценка технического состояния насосного агрегата по эксплуатационным данным.

- Марка – НМ 500-300*;
- $D_H = 300$ мм;
- $n_H = 3000$ об/мин;
- $N_{НОМ} = 500$ кВт;
- $n_s = 56,6$;
- двигатель – 2АРМП1-400/6000У4 ;
- $\eta_{НОМ \text{ э.д}} = 80$ %;
- $\rho_H = 998,2$ кг/м³.

Определим коэффициент быстроходности:

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{\sqrt{\frac{Q}{3600}}}{H^{\frac{3}{4}}} = 3,65 \cdot 3000 \cdot \frac{\sqrt{\frac{500}{3600}}}{300^{\frac{3}{4}}} = 56,6118$$

Таблица 1 – Исходные данные для оценки технического состояния насосного агрегата

№ варианта	Q, м ³ /с	p _{вх} , Па	p _{вых} , Па	N, кВт	n, об/мин	ρ , кг/м ³
I режим						
5	$0,95 \cdot Q_c$	$13,83 \cdot 10^5$	$32,93 \cdot 10^5$	$0,95 \cdot N_{НОМ}$	$0,95 \cdot n_H$	ρ_t
II режим						
5	$0,73 \cdot Q_c$	$14,76 \cdot 10^5$	$31,27 \cdot 10^5$	$0,73 \cdot N_{НОМ}$	$0,73 \cdot n_H$	ρ_t

I режим

$$Q = 0,95 \cdot Q_c = 0,95 \cdot 0,12 = 0,114 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$N = 0,95 \cdot N_{НОМ} = 0,95 \cdot 500 = 475 \text{ кВт}$$

$$n = 0,95 \cdot n_H = 0,95 \cdot 3000 = 2850 \text{ об/мин}$$

$$\rho = 759,412 \text{ кг/м}^3$$

II режим

$$Q = 0,73 \cdot Q_c = 0,73 \cdot 0,12 = 0,0876 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$N = 0,73 \cdot N_{\text{ном}} = 0,73 \cdot 500 = 365 \text{ кВт}$$

$$n = 0,73 \cdot n_H = 0,73 \cdot 3000 = 2190 \text{ об/мин}$$

$$\rho = 759,412 \text{ кг/м}^3$$

Определим среднее значение развиваемого насосом напора для двух режимов по формуле:

$$\bar{H}_i = \frac{\bar{p}_{\text{вых},i} - \bar{p}_{\text{вх},i}}{\rho \cdot g} \quad (1)$$

$$\bar{H}_1 = \frac{32,93 \cdot 10^5 - 13,83 \cdot 10^5}{759,412 \cdot 9,81} = 256,38 \text{ м}$$

$$\bar{H}_2 = \frac{31,27 \cdot 10^5 - 14,76 \cdot 10^5}{759,412 \cdot 9,81} = 221,62 \text{ м}$$

Определим среднее значения КПД насоса (в %) для i-го режима:

$$\bar{\eta}_i = \frac{\bar{\rho} \bar{Q}_i \bar{H}_i}{102 \bar{N}_i \eta_{\text{Э,Д}}} \cdot 10^4 \quad (2)$$

$$\bar{\eta}_1 = \frac{759,412 \cdot 0,114 \cdot 256,38}{102 \cdot 475 \cdot 80} \cdot 10^4 = 57,26\%$$

$$\bar{\eta}_2 = \frac{759,412 \cdot 0,0876 \cdot 221,62}{102 \cdot 365 \cdot 80} \cdot 10^4 = 49,5\%$$

Считая, что напор и КПД насосного агрегата не зависят от вязкости, приведем параметры насоса к номинальному диаметру рабочего колеса.

Так как $n_s = 56,61$, принимаем $r = 2$ и $L = 1$

В процессе эксплуатации напорная и энергетические характеристики насоса пересчитываются по формулам:

$$H_{(\text{ПЕР}2)_i} = H_{(\text{ПЕР}1)_i} \left(\frac{D_{\text{ОБТ}}}{D} \right)^r \quad (3)$$

$$Q_{(\text{ПЕР}2)_i} = Q_{(\text{ПЕР}1)_i} \left(\frac{D_{\text{ОБТ}}}{D} \right)^L \quad (4)$$

$$N_{(\text{ПЕР}2)_i} = \frac{\bar{\rho} \cdot Q_{(\text{ПЕР}2)_i} H_{(\text{ПЕР}2)_i} \cdot 10^2}{102 \eta_{(\text{ПЕР}2)_i}} \quad (5)$$

где, D – первоначальный (без обточки) наружный диаметр РК;

$D_{\text{обт}}$ – изменённый наружный диаметр РК.

КПД насоса $\eta_{(\text{пер}2)_i}$ при изменении наружного диаметра РК определяется в соответствии с таблицей 10.

Таблица 2 – Изменение КПД насоса при обточке РК

Коэффициент быст- роходности n_s	Допустимая обточка РК от номинального диаметра, %	Снижение КПД насоса на каждые 10 % обточки РК, %
70 - 125	20 - 15	1,0 – 1,5

Примем обточку РК от номинального диаметра равной 15 %.

Рассмотрим I режим:

$$H_{(\text{ПЕР}2)_1} = 256,38 \cdot \left(\frac{0,3}{0,255} \right)^2 = 354,85 \text{ м}$$

$$Q_{(\text{ПЕР}2)_1} = 0,114 \cdot \left(\frac{0,3}{0,255} \right)^1 = 0,13 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$N_{(\text{ПЕР}2)_1} = \frac{759,412 \cdot 0,13 \cdot 354,85 \cdot 10^2}{102 \cdot 57,26} = 599,8 \text{ кВт}$$

Рассмотрим II режим:

$$H_{(\text{ПЕР}2)_2} = 221,62 \cdot \left(\frac{0,3}{0,255} \right)^2 = 306,74 \text{ м}$$

$$Q_{(\text{ПЕР}2)_2} = 0,0876 \cdot \left(\frac{0,3}{0,255} \right)^1 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$N_{(\text{ПЕР}2)_2} = \frac{759,412 \cdot 0,1 \cdot 306,74 \cdot 10^2}{102 \cdot 49,5} = 461,36 \text{ кВт}$$

Приведение параметров насоса к номинальной частоте вращения и номинальной плотности перекачиваемой жидкости производится по формулам:

$$Q_{\text{ПР}_i} = Q_{(\text{ПЕР}2)_i} \left(\frac{n_H}{\bar{n}_i} \right) \quad (6)$$

$$H_{\text{ПР}_i} = H_{(\text{ПЕР}2)_i} \left(\frac{n_H}{\bar{n}_i} \right)^2 \quad (7)$$

$$N_{\text{ПР}_i} = N_{(\text{ПЕР}2)_i} \left(\frac{n_H}{\bar{n}_i} \right)^3 \frac{\rho_{\text{БАЗ}}}{\rho_i} \quad (8)$$

В качестве $\rho_{\text{БАЗ}}$ принимаем $\rho_{\text{ВОДЫ}} = 998,2 \text{ кг/м}^3$

I режим:

$$Q_{\text{ПР}_1} = 0,13 \cdot \left(\frac{3000}{2850} \right) = 0,14 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$H_{\text{ПР}_1} = 354,85 \left(\frac{3000}{2850} \right)^2 = 393,19 \text{ м}$$

$$N_{\text{ПР}_1} = 599,8 \left(\frac{3000}{2850} \right)^3 \frac{998,2}{759,412} = 919,55 \text{ кВт}$$

II режим:

$$Q_{\text{ПР}_2} = 0,1 \cdot \left(\frac{3000}{2190} \right) = 0,14 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$H_{\text{ПР}_2} = 306,74 \left(\frac{3000}{2190} \right)^2 = 575,6 \text{ м}$$

$$N_{\text{ПР}_2} = 461,26 \left(\frac{3000}{2190} \right)^3 \frac{998,2}{759,412} = 1558,54 \text{ кВт}$$

Определим мощность на валу насоса по формуле:

$$N_{\text{ПР}_i \text{ НАС}} = \frac{N_{\text{ПР}_i} \eta_{\text{Э.Д}}}{100} \quad (9)$$

$$N_{\text{ПР 1 НАС}} = \frac{919,15 \cdot 80}{100} = 735,32 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ПР 2 НАС}} = \frac{1558,54 \cdot 80}{100} = 1246,832 \text{ кВт}$$

Так как базовые характеристики насосного агрегата отсутствуют, параметры, характеризующие данный режим, будем сравнивать с паспортными.

$$H = a_0 + a_1 Q + a_2 Q^2 + a_3 Q^3 \quad (10)$$

$$N_{\text{НАС}} = c_0 + c_1 Q + c_2 Q^2 + c_3 Q^3 \quad (11)$$

$$\eta = \frac{\rho_{\text{воды}} Q_c H \cdot 10^4}{102 N_{\text{НАС}} \eta_{\text{Э.Д.}}} \quad (12)$$

где, Q – подача насоса, м³/ч

Для подачи $Q_{\text{пр}}$ для обоих режимов определим паспортные значения напора, мощности и КПД.

$$Q_1 = 0,114 \cdot 3600 = 410,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_2 = 0,0876 \cdot 3600 = 315,36 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Поправочные коэффициенты равны:

$$a_0 = 323,328671; a_1 = 0,008578; a_2 = -0,000055; a_3 = 2,331002 \cdot 10^{-9}$$

$$c_0 = 430,335664; c_1 = 0,325959; c_2 = 0,000341; c_3 = -1,206294 \cdot 10^{-7}$$

I режим:

$$H_1 = 323,328671 + 0,008578 \cdot 410,4 + (-0,000055 \cdot 410,4^2) + 2,331002 \cdot 10^{-9} \cdot 410,4^3 = 317,75 \text{ м}$$

$$N_{\text{НАС1}} = 430,335664 + 0,325959 \cdot 410,4 + 0,000341 \cdot 410,4^2 + (-1,206294 \cdot 10^{-7} \cdot 410,4^3) = 613,2 \text{ кВт}$$

$$\eta_1 = \frac{998,2 \cdot 0,114 \cdot 317,75 \cdot 10^4}{102 \cdot 613,2 \cdot 80} = 72,26\%$$

II режим:

$$H_2 = 323,328671 + 0,008578 \cdot 315,36 + (-0,000055 \cdot 315,36^2) + 2,331002 \cdot 10^{-9} \cdot 315,36^3 = 320,56 \text{ м}$$

$$N_{\text{НАС2}} = 430,335664 + 0,325959 \cdot 315,36 + 0,000341 \cdot 315,36^2 + (-1,206294 \cdot 10^{-7} \cdot 315,36^3) = 563,26 \text{ кВт}$$

$$\eta_2 = \frac{998,2 \cdot 0,0876 \cdot 320,56 \cdot 10^4}{102 \cdot 563,26 \cdot 80} = 60,99\%$$

Выполним оценку без учёта погрешностей:

I режим:

$$Q = 410,4 \text{ м}^3/\text{ч} (0,114 \text{ м}^3/\text{с});$$

$$H > H_{\text{пасп}}$$

$$N > N_{\text{пасп}}$$

$$\eta < \eta_{\text{пасп}}$$

II режим:

$$Q = 315,36 \text{ м}^3/\text{ч} (0,0878 \text{ м}^3/\text{с});$$

$$H > H_{\text{пасп}}$$

$$N > N_{\text{пасп}}$$

$$\eta < \eta_{\text{пасп}}$$

Вывод: Выполнив оценку без учёта погрешностей, мы видим, что полученные фактические характеристики напора и мощности выше, чем паспортные в обоих режимах, это может быть связано с увеличенным наружным диаметром рабочего колеса.

Библиографический список:

1. Карелин В. Я., Минаев А. В. Насосы и насосные станции: Учеб. для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Стройиздат, 1986.- 320 с : ил.
2. Аникин, Ю. В. Насосы и насосные станции : учеб. пособие / Ю.В. Аникин, Н.С. Царев, Л.И. Ушакова ; [науч. ред. В.И.Аксенов] ; М-во образования и науки Рос. Федерации; Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 138 с.

3. Трубопроводный транспорт нефти и газа: Учебное пособие для вузов / Р. А. Алиев, В. Д. Белоусов, А. Г. Немудров и др. – 2-е изд., перераб. И доп. – М. : Недра, 1988. – 368 с.: ил.

4. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов. М: изд. РГУ Нефти и газа им. Е.М. Губкина; 1999