

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА $\eta - Q$

Д.П. Ким, Ш.И. Рахматуллин

При проектировании и эксплуатации насосных станций магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов возникает необходимость в информации о математической модели характеристик центробежных насосов, в том числе характеристики зависимости коэффициента полезного действия от подачи. Такая потребность может возникать как на стадии конструирования новых типов насосов, так и на стадии эксплуатации действующих объектов (например, разработки компьютерных программ расчета режимов работы системы "насосные станции - магистральный трубопровод").

Известные аналитические зависимости к.п.д. от подачи насоса имеют существенные ограничения, сужающие область их применения. Так, например, в работе [1] характеристику $\eta - Q$ предлагается представить в виде

$$\eta = k \cdot Q - k_1 \cdot Q^2, \quad (1)$$

где k_1 и k_2 - коэффициенты, значения которых приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Насос	$k, \text{с/м}^3$	$k_1, \text{с}^2/\text{м}^6$	Насос	$k, \text{с/м}^3$	$k_1, \text{с}^2/\text{м}^6$
8МБ-9х2	12,25	55,70	12Н-10х4	7,31	17,67
8НД-10х5	16,32	98,20	12НД-11х2	5,69	9,31
10Н-8х4	10,35	37,50	14Н-12х2	4,97	8,12
10НД-10х2	7,75	17,55	14НД-13х2	3,87	4,35

Однако, возможность применения выражения (1) ограничена лишь теми насосами, которые приведены в таблице 1.

Известна модель коэффициента полезного действия центробежных насосов двойного всасывания в виде зависимости

$$\frac{\eta}{\eta_{\max}} = 2 \cdot \frac{Q}{Q_{\text{ном}}} - \left(\frac{Q}{Q_{\text{ном}}}\right)^2, \quad (2)$$

где Q - подача насоса;

$Q_{ном}$ - номинальная подача насоса;

η_{max} - значение к.п.д. при номинальной подаче.

Сопоставление формул (1) и (2) приводит к следующим значениям коэффициентов

$$k = \frac{2\eta_{max}}{Q_{ном}}; k_1 = \frac{\eta_{max}}{Q_{ном}^2}$$

По модели (1) расчет характеристики насоса возможен при условии известных значений η_{max} и $Q_{ном}$, т.е. эта модель не носит универсального характера даже для одного типа насоса - центробежного двойного всасывания.

Ниже предлагается обобщенная модель $\eta - Q$, лишенная указанных ограничений, позволяющая прогнозировать характеристику центробежного насоса двойного всасывания $\eta - Q$ в зависимости от коэффициента быстроходности

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{n \cdot \sqrt{Q_{ном}}}{H_{ном}^{0,75}},$$

где n - число оборотов насоса;

$H_{ном}$ - напор при номинальной подаче.

Для построения такой обобщенной модели воспользуемся известными характеристиками $\eta - Q$ для магистральных насосов различных типоразмеров (НМ 2500-230, НМ 5000-210, НМ 7000-210, НМ 10000-210).

Принимая характеристику насоса $\eta - Q$ в виде (1) произведем расчет коэффициентов k_1 и k_2 для каждого насоса по пяти точкам методом наименьших квадратов, пользуясь системой двух линейных уравнений:

$$k \cdot \left(\sum_i Q_i^2 \right) - k_1 \cdot \left(\sum_i Q_i^3 \right) = \sum_i \eta_i \cdot Q_i \quad (3)$$

$$k \cdot \left(\sum_i Q_i^3 \right) - k_1 \cdot \left(\sum_i Q_i^4 \right) = \sum_i \eta_i \cdot Q_i^2 \quad (4)$$

В результате расчетов по уравнениям (3) и (4) были получены коэффициенты k_1 и k_2 для каждого типоразмера магистральных насосов. На основании указанных расчетов были построены зависимости $k = k(n_s)$ и $k_1 = k_1(n_s)$, представ-

ленные на рисунке 1. Аппроксимация данных зависимостей привела к следующим выражениям:

$$k = 31,735 \cdot n_s^{-1,222} \quad (5)$$

$$k_1 = 15,568 \cdot n_s^{-2,824} \quad (6)$$

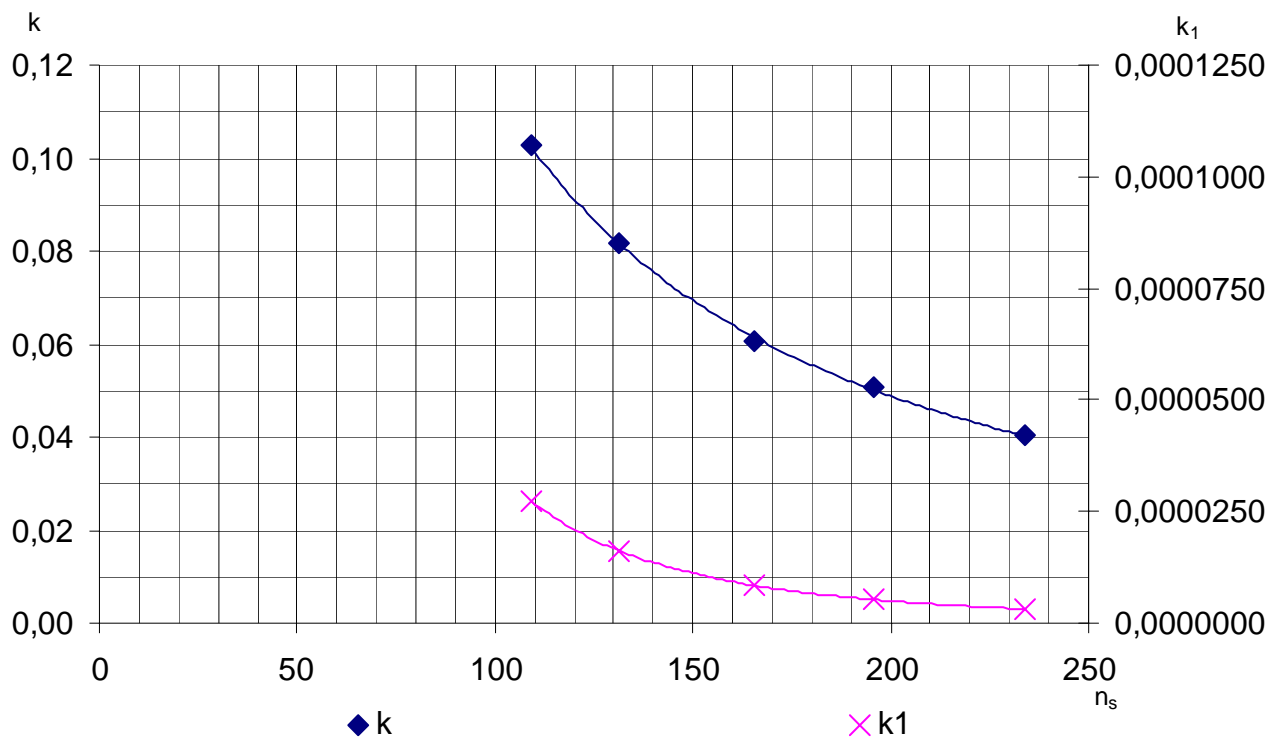


Рисунок 1 - Зависимость k_1 и k_2 от коэффициента быстроходности

С учетом выражений (5) и (6) модель характеристики насоса $\eta - Q$ может быть представлена в виде

$$\eta = 31,739 \cdot n_s^{-1,222} \cdot Q - 15,568 \cdot n_s^{-2,824} \cdot Q^2 \quad (7)$$

Данный метод расчета обеспечивает достаточную точность определения зависимости коэффициента полезного действия центробежного насоса с рабочим колесом двухстороннего входа от его коэффициента быстроходности.

Литература

1. Галеев В. Б. и др. Магистральные нефтепродуктопроводы. М., "Недра", 1976, 358 с.