

К ВОПРОСУ ОБ УЧЕТЕ ВЛИЯНИЯ ВЯЗКОСТИ ПЕРЕКАЧИВАЕМОЙ СРЕДЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ ДИНАМИЧЕСКОГО НАСОСА

С. С. Антоненко, канд. техн. наук, доцент;

А. А. Евтушенко, канд. техн. наук, профессор;

Халаджадех Сзед Мохаммад, аспирант,

Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина

В данной работе авторами рассматривается вопрос об усовершенствовании методик пересчета рабочих характеристик динамических насосов с воды на высоковязкую жидкость. Акцентируется внимание на задаче определения числа Рейнольдса с учетом особенности реологических свойств перекачиваемых сред.

Ключевые слова: *рабочая характеристика насоса, высоковязкие среды, число Рейнольдса, нефть.*

У даній роботі розглядається питання удосконалення методик перерахунку робочих характеристик динамічних насосів з води на високов'язку рідину. Акцентується увага на задачі визначення числа Рейнольдса з урахуванням особливості реологічних властивостей середовищ, що перекачуються.

Ключові слова: *робоча характеристика насоса, високов'язкі середовища, число Рейнольдса, нафта.*

Согласно выводам специалистов Егоримр путем улучшения качества выбора динамического насоса для работы в заданной сети можно сэкономить до 4% энергии, потребляемой насосом.

Одним из проблемных вопросов при выборе динамического насоса является вопрос качества учета влияния состава и свойств перекачиваемой среды на характеристики динамического насоса.

В настоящее время основным является метод пересчета характеристик насоса с воды на реальные рабочие среды. Для перекачивания сред разных составов и свойств накоплены разные поправки для пересчета характеристик насосов. Одной из наиболее противоречивых групп таких поправок является группа поправок для пересчета характеристик насоса с воды на вязкую жидкость. Противоречивость этой группы поправок обусловлена как неоднозначностью выбора ряда параметров при использовании имеющихся поправок, так и большим расхождением в результатах расчетов (расхождение до 30-40% [1]) характеристик динамических насосов, пересчитанных по различным рекомендуемым методикам пересчета в специализированной литературе. С учетом последнего вопрос дальнейшего поиска решения задачи имеющихся данных о способах пересчета характеристик динамических насосов с воды на вязкую жидкость остается актуальным и практически значимым. В данной работе авторы излагают свой взгляд на пути улучшения качества решения указанной выше задачи.

В одной из первых работ [2] по рассматриваемому вопросу отмечен интересный факт – постоянство коэффициента быстроходности (n_s) при изменении вязкости (ν) перекачиваемой среды, т.е. $n_s = \text{const}$ при $\nu = \text{var}$, при этом n_s – известная величина быстроходности [3]:

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}}, \quad (1)$$

где n – частота вращения ротора насоса, мин^{-1} ; Q – подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$; H – напор насоса, м.

Применительно к центробежным насосам этот результат был подтвержден и другими исследованиями [4, 5]. Учитывая, что коэффициент быстроходности является комбинацией законов подобия

$$\frac{Q}{n \cdot D^3} = \text{const}, \quad \frac{H}{n^2 \cdot D^2} = \text{const}, \quad (2)$$

которые являются не чем иным, как критериями подобия Струхала и Эйлера соответственно, то полученный результат $n_s = \text{const}$ при $\nu = \text{var}$ означает одно – изменение характеристики динамического насоса при изменении вязкости перекачиваемой среды происходит только в следствие изменения числа Re – отсутствие подобия по числу Рейнольдса.

Отдельно отметим, что в последней работе [6] по этому вопросу сообщаются другие сведения – в осевых и диагональных насосах условие $n_s = \text{const}$ при $\nu = \text{var}$ не соблюдается. Последнее является отдельным вопросом и поэтому изложенное ниже распространяется только на центробежные насосы.

На сегодня существует достаточно много методик пересчета характеристик насосов с воды на вязкую жидкость. Все они содержат сведения о поправках на отдельные параметры насоса (H – напор, Q – подача, N – мощность, η – коэффициент полезного действия), при этом указанные поправки представлены либо в графическом, либо в виде разных статистических зависимостей.

Нам представляется, что наиболее удобная форма представления этих поправок предложена в работе [7], имеющая вид

$$\begin{cases} k_Q = \alpha^{-1} \\ k_H = \alpha^{-2/3} \\ k_N = k_p \cdot \alpha \\ k_\eta = \alpha^{-8/3} \end{cases}, \quad (3)$$

где $k = \rho_{ж} / \rho_{в}$ – отношение плотностей вязкой жидкости и воды; $\alpha = b + a/Re$ – структурный параметр, при этом a и b – некоторые эмпирические коэффициенты; Re – некоторое (по способу представления) число Рейнольдса.

С учетом сказанного выше, естественно, что во всех имеющихся поправках фигурирует величина числа Re . Соответственно качество получаемых результатов по этим поправкам определяется точностью определения величины числа Re . Авторы всех поправок рассматривали вопрос о способе вычисления числа Рейнольдса, и здесь существуют значительные расхождения во мнениях, наличие которых, возможно, и является причиной указанных выше расхождений в результатах пересчета характеристик динамических насосов с воды на вязкую жидкость.

Остановимся более подробно на вопросе о способе вычисления величины Re в данном случае. По определению число Рейнольдса вычисляется с использованием зависимости

$$Re = \frac{v \cdot l}{\nu}, \quad (4)$$

где v и l – соответственно характерная скорость и линейный размер; ν – кинематический коэффициент вязкости.

Неопределенность существует в части выбора величин ν и l . В качестве характерной скорости чаще всего [3] для динамических насосов выбирается – угловая скорость вращения ротора насоса. Аналогично чаще всего для динамических насосов в качестве характерного линейного размера принимается D_2 – наружный диаметр рабочего колеса. Так, в работе [5], являющейся одной из наиболее часто используемых, для определения числа Рейнольдса предложены выражения

$$Re_0 = \frac{\omega \cdot R_2^2}{\gamma}, \quad (5)$$

где $R_2 = D_2/2$.

Широко известным и используемым по рассматриваемому вопросу являются также работы [4, 5], но в них используется иной подход к определению числа Рейнольдса. Так, в работе [4] в качестве характерного геометрического параметра предлагается некая условная величина – эквивалентный диаметр

$$D_{экр} = 4 \cdot D_2 \cdot b_2 \cdot \psi_2, \quad (6)$$

где b_2 – ширина рабочего колеса на выходе; ψ_2 – коэффициент стеснения потока лопастями на выходе рабочего колеса.

Учитывая разнообразие рекомендаций по определению величины Re , в работе [7] сделана попытка свести его определение, по рекомендациям работ [2, 4, 6], к одной зависимости

$$Re = r_g \cdot Re_0, \quad (7)$$

где r_g – геометрический коэффициент, учитывающий основные геометрические параметры выхода рабочего колеса.

Но с учетом последнего выраженная ситуация с использованием имеющихся поправок для пересчета характеристики динамического насоса с воды на вязкую жидкость остается неудовлетворительной по двум причинам. Первая – совершенно не ясна физическая природа указанной сложной зависимости между геометрией рабочего колеса и способом определения критерия Рейнольдса. Вторая – использование имеющихся поправок становится сложным и неудобным при выборе динамического насоса для работы в заданной сети. Такой выбор обычно делается по каталогам фирм-изготовителей, в которых отсутствуют полные сведения и геометрии рабочего колеса насоса.

Нам представляется, что причина имеющихся расхождений во взглядах на определение поправок для пересчета характеристик динамических насосов с воды на вязкую жидкость кроется в том, что при определении числа Рейнольдса принимается условие $\mu = \text{const}$. Последнее верно по отношению к ньютоновским жидкостям. Все рассмотренные нами выше рекомендации, за исключением работы [7], получены в части экспериментальных зависимостей на нефти и нефтепродуктах. В этом случае остается не учтенным, что нефть является сложной жидкостью, которая не всегда относится к классу неньютоновских жидкостей и может обладать разными реологическими свойствами. Подтверждение последнему мы нашли в работе [8] относительно нефти республики Иран. Так, согласно [8] нефть с месторождений Ирана Бангестан и Асмари обладает разными реологическими свойствами. Соответственно при выборе динамического насоса для работы в заданной сети на заданной перекачиваемой среде необходимо учитывать реологические свойства последней. Способ данного учета нуждается в дополнительных данных и

выводит нас на проблему создания технических средств для перекачивания неньютоновских сред. Соответственно поиск ответов на поставленные вопросы является необходимым условием для улучшения качества решения задачи выбора динамического насоса для работы в заданной сети, для решения проблемы, актуальность которой освещена выше.

ВЫВОДЫ

1. При выборе динамического насоса для работы в заданной сети необходимо учитывать реологические свойства перекачиваемой среды.

2. Наличие имеющихся значительных расхождений в результатах пересчета характеристик динамических насосов с воды на вязкую жидкость может быть объяснено тем, что используемые экспериментальные данные в рекомендуемых методиках пересчета указанных характеристик получены без учета реологических свойств перекачиваемых сред.

3. Из сред, традиционно перекачиваемых динамическими насосами, наиболее часто свойствами неньютоновских жидкостей обладает нефть.

4. Особенности рабочего процесса осевых и диагональных насосов на высоковязких жидкостях являются самостоятельным вопросом теории рабочего процесса динамических насосов.

5. В практике насосостроения самостоятельным вопросом является создание насосного оборудования для перекачивания неньютоновских жидкостей.

SUMMARY

TO THE QUESTION ON THE ACCOUNT OF INFLUENCE OF VISCOSITY OF THE PUMPED OVER ENVIRONMENT ON THE CHARACTERISTIC OF THE DYNAMIC PUMP

Antonenko S. S., Evtushenko A. O., Halajzadeh Seyed Mohammad
2, R. Korsakov str., 40007, Sumy, Ukraine,

In the given work as authors the question on improvement of methods of recalculation of performance data of dynamic pumps from water on a high-viscosity liquid is considered. The attention is focused on a problem of definition of number of Reynolds taking into account feature of rheological properties of pumped over environments.

Key words: Pump performance data, high viscosity liquids, Reynolds's number, oil.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антоненко С. С., Твердохлеб И. Б. Влияние вязкости жидкости на параметры турбонасосного агрегата // Вестник НТУУ «КПИ»: Машиностроение. – 1999. – Вып. 35. – С. 84-88.
2. Степанов В. И. Центробежные и осевые насосы. – М.: Машгиз, 1960. - 464 с.
3. Михайлов А. К. Конструкции и расчет насосов высокого давления / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко. – М: Машиностроение, 1971. – 304с.
4. Айзенштейн М. Д. Центробежные насосы для нефтяной промышленности / М. Д. Айзенштейн. – М.: Гостопиздат, 1957. – 363 с.
5. Суханов Д. Я. Работа лопастных насосов на вязких жидкостях. – М.: Машгиз, 1952. – 34 с.
6. Валюхов С. Г. Высокооборотные лопастные оседиагональные насосы. Теория, расчет характеристик, проектирование и изготовление / С. Г. Валюхов, Ю. В. Демьяненко, В. И. Петров. – Воронеж: Изд-во Воронежского госуниверситета, 1996. – 264 с.
7. Антоненко С. С. Изменение напорной и энергетической характеристик высокооборотного динамического насоса под влиянием вязкости перекачиваемой среды: дисс.... канд. техн. наук. – Сумы, 2004. -167 с.
8. Коваль А. Д. Реологические свойства иранских нефтей / А. Д. Коваль, Савархеилу Хоссейн // Вестник НТУУ «КПИ». Машиностроение. – К.: НТУУ «КПИ», 2007. – Вып. 53 – С. 128-133.

Поступила в редакцию 12 января 2012 г.