

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ ПАРАМЕТРАМИ

А.А. Протопопов

В.И. Виговский

proforg6@yandex.ru

vigovskivi@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Исследован насос, входящий в систему водоснабжения бака, предназначенного для коммунально-хозяйственных нужд. Постоянное изменение условий, в частности статической составляющей напора насоса, приводит к изменению режима его работы, вследствие чего большую часть времени насос функционирует в нерасчетном режиме. Разработана методика определения фактического коэффициента полезного действия насоса за цикл заполнения–осушения бака при двух переменных параметрах: расстоянии от уровня воды в колодце до дна бака (до включающего поплавка) и высоте бака (или расстоянии между включающим и выключающим поплавками).

Ключевые слова

Насос, водоснабжение, КПД насоса, расход, циклически работающая система, напор насоса

Поступила в редакцию 11.09.2017

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

В загородных домах очень часто устанавливают автономные системы водоснабжения. При этом задача расчета таких систем крайне непростая, так как насосы в них практически всегда работают в нестационарных условиях. Вопросы, связанные с расчетом насосов таких систем широко освещены в научных трудах [1–6], однако в них нет методики оценки фактического коэффициента полезного действия (КПД) системы за цикл работы.

Для создания методики определения фактического КПД насоса за цикл рассмотрим принципиальную схему системы водоснабжения (рис. 1).

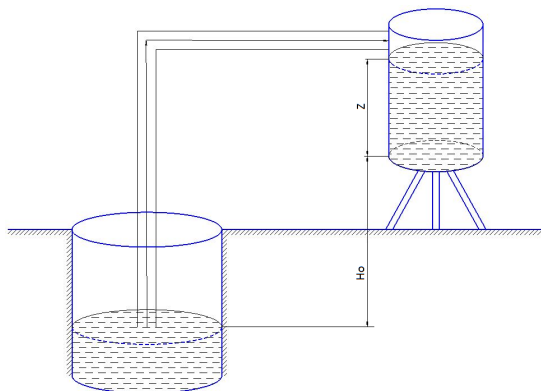


Рис. 1. Принципиальная схема системы водоснабжения

В этой системе варьируемыми параметрами являются: z — расстояние от дна бака до его вершины (или расстояние между включающим и выключающим поплавками) и H_0 — расстояние от уровня жидкости в колодце до дна бака (до включающего поплавка).

При работе насоса по заполнению такого резервуара статический напор будет непрерывно изменяться в пределах $H_0 \dots H_0 + z$. Для определения фактического КПД насоса за цикл рассмотрим его прогнозную напорную характеристику и зависимость КПД насоса от его подачи (рис. 2).

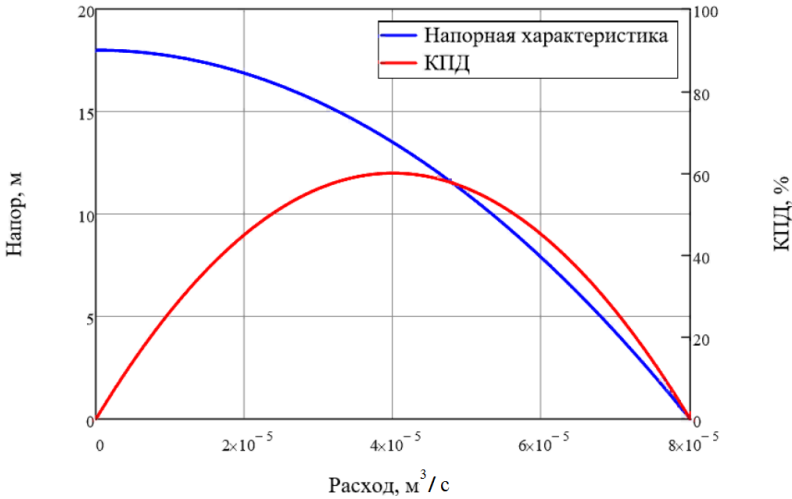


Рис. 2. Прогнозная напорная характеристика насоса и зависимость КПД насоса от его расхода

Чтобы решить поставленную задачу проведем аппроксимацию этих двух графиков параболой второго порядка (рис. 3).

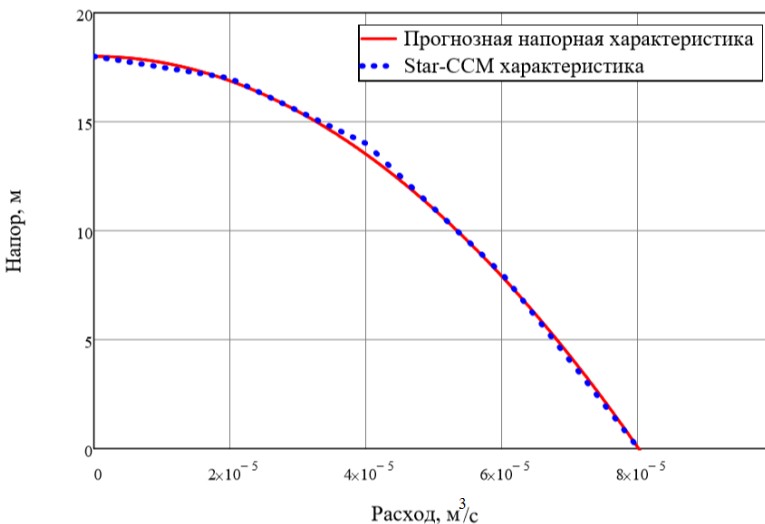


Рис. 3. Аппроксимация прогнозной напорной характеристики

Тогда напорную характеристику можно представить в виде

$$H(Q) = a_1 + a_2Q + a_3Q^2,$$

где $H(Q)$ — прогнозный напор; a_1, a_2, a_3 — аппроксимационные коэффициенты; Q — расход насоса.

Аналогично для КПД получим выражение

$$\eta(Q) = b_1 + b_2Q + b_3Q^2,$$

где $\eta(Q)$ — текущий КПД (соответствующий данному моменту времени); b_1, b_2, b_3 — аппроксимационные коэффициенты.

Тогда фактический КПД за цикл вычисляется как

$$\eta_{\Phi} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} Q(a_1 + a_2Q + a_3Q^2) dt}{\int_{t_1}^{t_2} (b_1 + b_2Q + b_3Q^2) dt}, \quad (1)$$

где t_1 и t_2 — время начала и конца процесса заполнения бака.

Для определения t_1 и t_2 используем следующие уравнения [7]:

$$-Fdz = Qdt; \quad (2)$$

$$a_1 + a_2Q + a_3Q^2 = H_0 + z + K_{\text{тр}}Q^2, \quad (3)$$

где F — площадь сечения бака (которая в данной работе принята за известную константу); $K_{\text{тр}}$ — коэффициент сопротивления трубы, приведенный к подаче в квадрате.

Объединим уравнения (1)–(3) в систему

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta_{\Phi} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} Q(a_1 + a_2Q + a_3Q^2) dt}{\int_{t_1}^{t_2} (b_1 + b_2Q + b_3Q^2) dt}; \\ -Fdz = Qdt; \\ a_1 + a_2Q + a_3Q^2 = H_0 + z + K_{\text{тр}}Q^2. \end{array} \right. \quad (4)$$

Система уравнений (4) позволяет найти фактический КПД насоса за цикл.

Таким образом, создана методика определения фактического КПД насоса за цикл для циклически работающей системы при условии постоянства сечения бака.

Работа выполнена при частичной поддержке грантами РФФИ 16-01-00521.

Литература

- [1] Ломакин В.О., Петров А.И., Кулешова М.С. Исследование двухфазного течения в осецентрированном колесе методами гидродинамического моделирования. *Наука и образование: научное издание*, 2014, № 9. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/725724.html>.
- [2] Черкасский В.М. *Насосы, вентиляторы, компрессоры*. Москва, Энергоатомиздат, 1984, 416 с.
- [3] Ломакин А.А. *Центробежные и осевые насосы*. Москва, Машиностроение, 1966, 354 с.
- [4] Ломакин В.О., Артемов А.В., Петров А.И. Определение влияния основных геометрических параметров отвода насоса НМ 10000-210 на его характеристики. *Наука и образование: научное издание*, 2012, № 8. URL: <http://old.technomag.edu.ru/doc/445666.html>.
- [5] Пфлейдерер К. *Лопаточные машины для жидкостей и газов*. Москва, Машиностроение, 1960, 683 с.
- [6] Ломакин В.О., Петров А.И., Щербачев П.С. Разработка бокового полуспирального подвода с увеличенным моментом скорости на входе в рабочее колесо. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2012, № 8, с. 3–5.
- [7] Башта Т.М., ред. *Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы*. Москва, Машиностроение, 1970, 503 с.

Протопопов Александр Андреевич — ассистент кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Виговский Валерий Игоревич — студент кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — В.О. Ломакин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

ANALYSING OPERATION OF A CENTRIFUGAL PUMP FORMING PART OF A SYSTEM WITH VARIABLE PARAMETERS

A.A. Protopopov

proforg6@yandex.ru

V.I. Vigovskiy

vigovskivi@gmail.com

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The study deals with a pump forming part of a water supply system of a tank for public utility needs. Continual variation in operating conditions, the static head in particular, leads to changes in the operation mode of the pump, which means that most of the time it functions in an off-design mode. We developed a method for determining actual pump efficiency over a tank fill and drain cycle when two parameters are variable: the distance between the water level in the well and the tank bottom (to the floating switch that turns the device on), and the tank height (or, the distance between floating switches that turn the device on and off respectively).

Keywords

Pump, water supply, pump efficiency, discharge, cyclically operating system, hydraulic head

© Bauman Moscow State Technical University, 2017

References

- [1] Lomakin V.O., Petrov A.I., Kuleshova M.S. Investigation of two-phase flow in axial-centrifugal impeller by hydrodynamic modeling methods. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie* [Science and Education: Scientific Publication], 2014, no. 9. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/725724.html>.
- [2] Cherkasskiy V.M. *Nasosy, ventilyatory, kompressory* [Pumps, ventilators, compressors]. Moscow, Energoatomizdat publ., 1984, 416 p.
- [3] Lomakin A.A. *Tsentrobeznyye i osevye nasosy* [Impeller and propeller pumps]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1966, 364 p.
- [4] Lomakin V.O., Artemov A.V., Petrov A.I. Determining the impact of basic geometric parameters drain pump NM 10000-210 on its performance. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie* [Science and Education: Scientific Publication], 2012, no. 8. Available at: <http://old.technomag.edu.ru/doc/445666.html>.
- [5] Pfliederer C. *Die Kreiselpumpen für Flüssigkeiten und Gase*. Berlin, Springer, 1932, 454 p. (Russ. ed.: *Lopatochnyye mashiny dlya zhidkostey i gazov*. Moscow, Mashinostroenie publ., 1960, 683 p.).
- [6] Lomakin V.O., Petrov A.I., Shcherbachev P.S. Development of a side semi spiral inlet unit with increased fluid velocity at the impeller entry. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building], 2012, no. 5, pp. 3–5.
- [7] Bashta T.M., ed. *Gidravlika, gidravlicheskie mashiny i gidravlicheskie privody* [Hydraulics, hydro-machines and hydraulic drives]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1970, 503 p.

Protopopov A.A. — Assistant Lecturer, Department of Fluid Mechanics, Hydraulic Machines and Hydraulic and Pneumatic Automation, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Vigovskiy V.I. — student, Department of Aerospace Composite Structures, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — V.O. Lomakin, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Fluid Mechanics, Hydraulic Machines and Hydraulic and Pneumatic Automation, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.