

УДК 628.27

Технические решения повышения энергоэффективности насосного оборудования в коммунальном хозяйстве

© А.Н. Панькин¹, Н.Д. Пельменёва²Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация

Дан краткий обзор методов повышения энергоэффективности насосного оборудования систем коммунального хозяйства. Отмечены достижения и инновации в данной отрасли. Представлены конструкторские решения повышения эффективности работы насосных станций.

Ключевые слова: насос, рабочее колесо, системы с фиксированным и нефиксированным отбором, расход, напор, КПД, потребляемая мощность

Engineering solution to improve energy efficiency of pumping equipment in public services

© Alexey N. Pankin, Natalya D. Pelmenyova

Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation

The article provides an overview of methods for improving the energy efficiency of pumping equipment for public utilities; it notes the achievements and innovations in the given branch. The article presents design solutions for improving the efficiency of pumping stations.

Keywords: pump, working wheel, fixed and non-fixed flow systems, consumption, pressure head, efficiency factor, power consumption

Насосные станции и установленные в них насосные агрегаты предназначены для подачи воды в трубопроводные сети различного назначения и, как следствие, являются наиболее ответственными элементами объектов ЖКХ. К насосным станциям предъявляются требования надежности по обеспечению потребителей водой в соответствии с разделами 5, 10 Свода правил 31.13330.2012 [1].

Однако расход воды в трубопроводной сети является величиной непостоянной и изменяется в течение суток в зависимости от потребности в воде, что представлено разнообразными режимами работы сети. Эти режимы продиктованы часовой неравномерностью и характером водопотребления различными абонентами сети.

Для снижения неравномерности расхода воды на питающем участке от насосной станции до сети устанавливаются напорно-регулирующие сооружения – водонапорные башни (контррезервуары), аккумулирующие емкости.

Для снижения неравномерности расхода воды на питающем участке от насосной станции до сети устанавливаются напорно-регулирующие сооружения – водонапорные башни (контррезервуары), аккумулирующие емкости. Эти сооружения, работая совместно с насосной станцией, предназначены для регулирования расходов на участке трубопровода от насосной станции до питаемой им сети и поддержания постоянного гарантированного напора в водопроводной сети, однако, эти сооружения не предназначены для обеспечения пожарных расходов.

Таким образом, чтобы обеспечить максимальный потребный расход воды в сети, подбор и расчет производительности насосной станции необходимо производить согласно требованиям [1] и с учетом минимального гарантированного напора у диктующего потребителя, а также с учетом всех возможных комбинаций режимов совместной работы насосной станции с питаемой им сетью и регулирующих сооружений. Недостаточное соответствие

¹ Панькин Алексей Николаевич, магистрант гр. ВВм-18-1, e-mail: alexeupankin@gmail.com

Alexey N. Pankin, a Master's Degree student, e-mail: alexeupankin@gmail.com

² Пельменёва Наталья Дмитриевна, декан факультета среднего профессионального образования, e-mail: pel@istu.edu

Natalya D. Pelmenyova, Associate Professor, Dean of Vocational Education Faculty, e-mail: pel@istu.edu

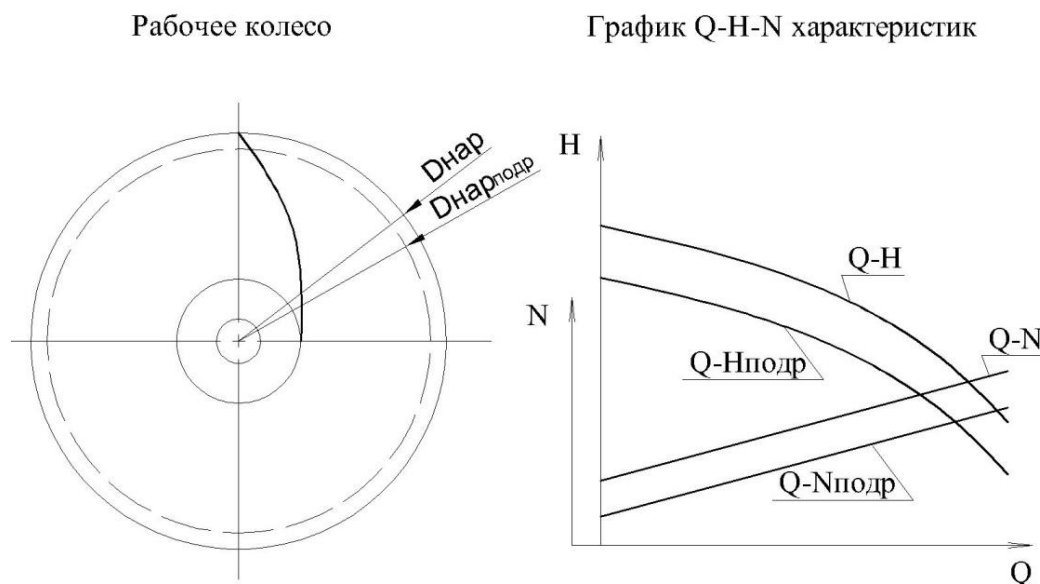
ступенчатой работы насосной станции фактическим расходам сети, отличающимся от расчетных, в совокупности с невозможностью изменения технических характеристик эксплуатируемых насосных агрегатов в процессе работы является причиной, приводящей к необходимости регулировать производительность насосной станции.

Для режима работы насосной станции при расходе менее расчетного должны приниматься меры по оптимизации ее работы путем выбора числа параллельно работающих агрегатов, выбора оптимальных марок насосных агрегатов и технических решений, позволяющих изменять число оборотов приводного вала насоса или же рассматривать применение различных по принципу работы насосов.

Недостатком существующих центробежных насосов является невозможность регулирования работы насосной установки, т.е. изменение подачи Q и напора H при неизменном числе оборотов и узкий диапазон высоких значений КПД, что обусловлено гидродинамическим принципом работы. Отладка совместной работы насосов и трубопроводной системы достигается, как правило, путем изменения гидравлических характеристик самого трубопровода, но наиболее экономичный и целесообразный путь – изменение характеристик насоса. Это может быть получено за счет изменения частоты вращения рабочего колеса или его геометрических параметров.

Одним из возможных вариантов изменения характеристик центробежного насоса при уточнении значений положения рабочей точки совместной работы с трубопроводной системой является подрезка рабочего колеса, достигаемая уменьшением наружного диаметра рабочего колеса и, как следствие, снижением параметров подачи, напора и потребляемой мощности. На рисунке схематично показано изменение основных характеристик центробежного насоса при уменьшении наружного диаметра рабочего колеса ($D_{нар}$, $D_{нарподр}$). Эти изменения связаны зависимостью, именуемой как закон подобия центробежных насосов [2, 3]. Для постоянного значения частоты вращения параметрическая зависимость описывается уравнением

$$H_{подр}/H = Q_{подр}/Q = (D_{подр}/D)^2. \quad (1)$$



Графики изменения основных характеристик насоса при подрезке рабочего колеса

Изменение характеристик центробежного насоса, описанное выше, является необратимым, и в случае необходимости увеличения производительности насоса потребуются замена рабочего колеса.

Другой возможностью изменения характеристик центробежного насоса является уменьшение частоты вращения приводного вала рабочего колеса. Зависимость основных параметров насосного агрегата в данном случае будет описываться уравнением

$$n_1/n_2 = Q_1/Q_2 = (H_1/H_2)^{0.5} = (N_1/N_2)^{0.33}. \quad (2)$$

Анализируя уравнение (1), можно понять, что изменение напора и расхода происходит пропорционально, а из уравнения (2) видно, что при уменьшении частоты вращения скорость изменения напорной характеристики в два раза превышает скорость изменения расходной, что делает применение привода с частотным регулированием неэффективным. Следовательно, для достижения пропорционального соответствия подачи насоса изменению расхода в питаемой им трубопроводной сети необходимо обеспечить возможность изменения геометрических характеристик рабочего колеса центробежного насоса непосредственно в процессе его работы.

Вопросам изучения возможности изменения показателей «подача насоса – расход в сети» в работе насосного агрегата посвящено большое количество технических разработок. Известны выпускаемые промышленностью насосы с механизмом поворота лопастей для крупных осевых и диагональных насосов, однако, для часто используемых в коммунальном хозяйстве центробежных насосов данных о применении подобных механизмов нет [2].

Известны центробежные насосы, в которых изменение производительности обеспечивается за счет изменения геометрических параметров лопаток и проточной части рабочего колеса [4–6]. В насосах, оборудованных такими рабочими колесами, изменение расхода перекачиваемой жидкости обеспечивается за счет изменения размеров каналов. Однако для обеспечения эффективной подачи для прохода жидкости между лопатками требуется иметь достаточно широкие каналы. Сужение этих каналов приводит к уменьшению КПД работы насоса за счет увеличения гидравлических потерь из-за сопротивления потоку жидкости.

Полезная модель свободновихревого насоса с механизмом поворота лопаток рабочего колеса, предлагаемая в патенте № 179501 [6], позволяет снизить потребляемую мощность за счет изменения положения лопаток в зависимости от температуры перекачиваемой жидкости. Недостатком такого устройства является то, что температура перекачиваемой среды не связана параметрически с положением рабочей точки и значением потребляемой мощности.

Для снижения энергопотребления насоса в работе [7] предложено оснастить рабочее колесо лопатками такой формы, чтобы кривая $Q-H$ -характеристики имела восходящий характер на участке от нулевого расхода до точки с номинальным значением расхода. Но применение таких насосов ограничено: они могут быть использованы только для циркуляции жидкостей в гидравлических системах. В системах коммунального хозяйства для недопущения возникновения помпажных режимов подобные насосы не находят применения, так как не обеспечивают устойчивую и надежную работу системы «насос – трубопроводная сеть» [3].

Наибольшей совокупностью описанных полезных свойств работы насосного агрегата обладает модель центробежного насоса с изменяемой формой рабочего колеса в крайних значениях расхода перекачиваемой жидкости (патент [8]). Это обеспечивается особой конструкцией проточной части, снабженной промежуточным диском, разделяющим потоки в различных режимах работы насосной установки. В патенте отмечено, что предлагаемый насос может работать в двух режимах: первый обеспечивает относительно небольшой напор перекачиваемой жидкости и соответствует рабочему положению насоса, при котором работает участок с малым диаметром лопаток, а второй – повышенный напор перекачиваемой жидкости и соответствует рабочему положению насоса, при котором работает участок с большим диаметром лопаток.

Авторы статьи [9] для решения проблемы повышения эффективности работы насосных станций предлагают применять принципиально иные по типу воздействия на перекачиваемую среду насосные агрегаты. К ним относятся насосы с объемным принципом действия, где процесс нагнетания осуществляется путем изменения объема рабочей камеры перемещающимся рабочим органом. Данные насосы имеют ряд преимуществ перед динамическими: высокий КПД, более пологий характер графика зависимости расхода и напора, больший развиваемый максимальный напор. Однако конструкция данных агрегатов накладывает ограничения на качество перекачиваемой среды, так как в данном типе насосов особое значение имеет зазор между рабочими плоскостями внутренней камеры и рабочего органа. Незначительные включения песка, взвешенных частиц, частиц окалина, неизбежно попадаю-

щих в поток жидкости, увеличат допустимые зазоры между подвижными частями и приведут к раннему снижению заявленных производителем характеристик и выходу насоса из строя.

Таким образом, для повышения энергоэффективности насосного оборудования внимание необходимо сосредоточить на создании таких рабочих колес насосных агрегатов, которые бы наиболее эффективно преобразовывали энергию вращения ротора в энергию потока жидкости в максимально широком диапазоне ее расхода. Такой конструкторский подход к решению данной проблемы сможет обеспечить наибольшую экономическую эффективность с сохранением гарантированных напоров в различных режимах работы коммунальных систем.

Библиографический список

1. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 (с Изменениями № 1, 2, 3); утв. приказом Минрегион России от 29.12.2011 г. № 635/14, введен в действие с 01.01.2013 г.
2. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции: учебник для техникумов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1990. 192 с.
3. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1986. 320 с.
4. Pat. no. 6,074,167, United States. Variable geometry centrifugal pump / Fyodor N. Olifirov, Vladimir I. Petrov, Alexander A. Mikhailov. Filed: 05.02.1999. Date of Patent: Jun. 13, 2000.
5. Pat. no. 3,482,523, United States. Centrifugal pump with flow control by pressure feedback / J.A. Morando. Filed: March 6, 1968. Date of Patent: Dec. 9, 1969.
6. Пат. № 179 501, Российская Федерация. Механизм поворота лопаток рабочего колеса свободновихревого насоса / М.Н. Покусаев, А.В. Трифонов, Н.В. Калашников; патентообладатель: ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Заявл. 18.07.2017; опублик. 16.05.2018. Бюл. № 14. Дата начала отсчета срока действия патента: 18.07.2017.
7. Пат. № 2 556 153, Российская Федерация. Циркуляционный насос центробежного типа / Расмуссен Свенн, Йепсен Троэльс, Стенхольт Лаурсен Пиа, Енсен Финн; патентообладатель: Грундфос Менеджмент А/С (Дания). Дата начала отсчета срока действия патента: 11.07.2011.
8. Пат. № 2 187 708, Российская Федерация. Центробежный насос / Ф.Н. Олифилов, В.И. Петров, В.В. Буковский, А.А. Михайлов, М. Гласс, М. Гэрри, Д.В. Барышников; патентообладатель(ли): Центр внедрения новых технологий Центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова (Россия), Вудвард Гавернер Компани (США). Заявл. 13.07.2001; опублик. 20.08.2002. Дата начала действия патента: 13.07.2001.
9. Николенко И.В., Толстой М.Ю. Пути повышения энергетической эффективности способов регулирования насосов в системах водоснабжения // Вестник ИрГТУ. 2015. № 10 (105). С. 150–162.