

П.А. ГРАБОВСКИЙ, доктор технических наук
Г.М. ЛАРКИНА, кандидат технических наук
В.И. ПРОГУЛЬНЫЙ, доктор технических наук
И. П. КАРПОВ, кандидат технических наук
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ

Розглянуто найбільш вагомі витрати в структурі собівартості води – зарплата і електроенергія. Показано, що значної економії зарплати можна домогтися шляхом поліпшення організації ремонтних робіт, а також автоматизації основних технологічних процесів. Проаналізовано найбільш перспективні способи управління роботою насосів – частотне регулювання і використання гідрогенераторів.

Ключові слова: собівартість, зарплата, надмірний натиск, частотне регулювання, гідротурбіна.

Рассмотрены наиболее весомые затраты в структуре себестоимости воды – зарплата и электроэнергия. Показано, что значительной экономии зарплати можно добиться путем улучшения организации ремонтных работ, а также автоматизации основных технологических процессов. Проанализированы наиболее перспективные способы управления работой насосов – частотное регулирование и использование гидрогенераторов.

Ключевые слова: себестоимость, зарплата, избыточный напор, частотное регулирование, гидротурбина.

It is considered the most significant costs in the structure of water cost - wages and electricity. It is shown that significant savings can be achieved by improving salaries organization of repair work, as well as automation of key processes. Analyzed the most promising ways to manage work pumps – frequency regulation and the use of hydro-generators.

Key words: costs, salaries, excess pressure, frequency regulation, turbine.

Анализ структуры тарифов на водоснабжение и водоотведение, по данным национальной комиссии, устанавливающей эти тарифы в Украине, показал, что наибольшие составляющие себестоимости – это зарплата и электроэнергия (рис. 1). Аналогичная картина наблюдается и в других странах СНГ.



Рис.1. Составляющие себестоимости воды в Украине (данные НКРЕКП)

Из многочисленных способов снижения численности работников Водоканалов и, следовательно, зарплаты, рассмотрим лишь те, которые на наш взгляд, наиболее сильно влияют на себестоимость.

К ним следует отнести, во-первых, организацию труда. Яркий пример. Когда устраняется авария на сети, в месте аварии обычно находится несколько автомашин: одна, которая привезла ремонтную бригаду, вторая со сварочным агрегатом, третья с насосом, четвертая с начальством и, кроме того, бульдозер. Численность людей вокруг места аварии – 10-15 человек. При этом водители, как правило, в ремонтных работах не участвуют. В Европе или в США на место аварии приезжает один автомобиль, в кузове которого находится вся необходимая техника, а число ремонтников – 2-3 человека.

Второй эффективный способ сокращения численности обслуживающего персонала – это автоматизация оборудования. Например, если насосные станции оборудованы необходимыми датчиками и средствами управления, то постоянно присутствующий персонал в насосной станции не нужен. Контроль и управление насосами осуществляется автоматически, либо диспетчером, который может руководить работой нескольких насосных станций. Этот способ, помимо сокращения суммарных затрат на зарплату (при одновременном увеличении окладов обслуживающему персоналу), повышает технический уровень Водоканалов.

Разумеется, для реализации этих способов снижения затрат на зарплату потребуются капиталовложения (переоборудование или приобретение новой ремонтной техники, приобретение и монтаж средств автоматизации и т.п.). Кроме того возникает проблема трудоустройства высвободившегося персонала. Однако, судя по опыту западных стран, эта задача вполне решаема.

Предприятия водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) являются одним из самых крупных потребителей электроэнергии в городах (например, одесский Водоканал – второй в городе). И здесь имеются серьезные резервы для ее экономии. Наибольшее количество энергии потребляется насосными станциями. И наибольший перерасход тоже здесь. Причинами перерасхода являются сложные условия эксплуатации систем ВКХ. Эта сложность обусловлена в первую очередь изменением подачи воды в город, как в течение года, так и в пределах суток. Диапазон колебаний суточных расходов (отношение максимального расхода к минимальному) – около 2,0, а в пределах суток доходит до 4,0 (при численности населения около 100 тыс. чел.). Наиболее распространенным в СНГ способом регулирования работой насосов является дросселирование задвижкой на напорном патрубке насоса (рис.2).

Этот, наиболее простой метод, одновременно является и наиболее затратным, хотя некоторую экономию он дает. Экономия связана со снижением напора в городской сети, а по данным [1,52] снижение напора на 10 м обеспечивает уменьшение водопотребления на 5...8%.

Рассмотрим работу насоса на водопроводную сеть (рис.2).

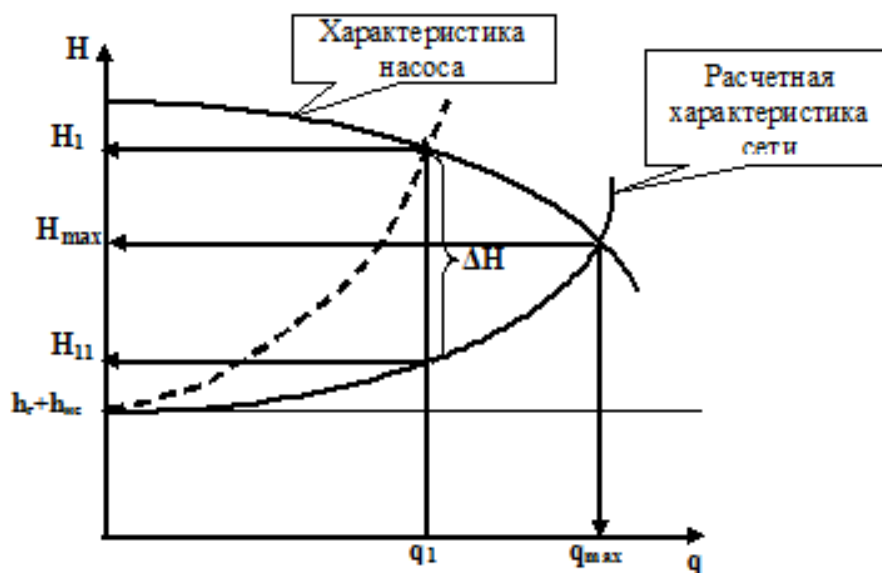


Рис.2. Совместная характеристика насоса и сети

Предположим, насос подобран на режим максимального водопотребления. При этом подбор идеален – точка пересечения характеристик насоса и сети точно соответствует потребным параметрам ($q = q_{\max}$, $H = H_{\max}$)¹.

Проанализируем работу системы «насос – сеть» при расходе $q_1 < q_{\max}$. Снижение подачи произойдет за счет увеличения сопротивления сети (потребитель прикроет часть кранов), характеристика сети станет более крутой (пунктир на рис. 1).

Напор насоса при этом станет равным H_1 . Однако, как видно из рисунка 1, сеть может пропустить нужный расход при напоре H_{11} . Таким образом, насос будет создавать избыточный напор

$$\Delta H = H_1 - H_{11},$$

а избыточная потребляемая мощность –

$$\Delta N = q_1 \Delta H / 102 \eta_a,$$

где η_a – коэффициент полезного действия агрегата (насос и электродвигатель), равный произведению КПД насоса и двигателя

$$\eta_a = \eta_n \cdot \eta_d.$$

Одновременно, в этом случае на величину ΔH возрастает напор в сети, что приводит к увеличению расхода (это и утечки, и нерациональное использование воды потребителем). Отсюда следует целесообразность регулирования насосов. Известно много способов регулирования. Ниже рассмотрена лишь часть из них, представляющаяся наиболее перспективной. К ним, в первую очередь, относятся системы с частотным регулированием [2,15]. Вопрос об оптимальном регулировании группы насосов рассматривался еще в 30-е годы. В работе [3, 358] показано, что минимальный расход энергии будет при регулировании одного из группы параллельно работающих центробежных насосов. Одним из наиболее простых и распространенных способов управления насосной станцией является автоматизация работы насосов путем поддержания заданного давления на выходе из насосной станции. Этот способ часто используют для сравнительно небольших подкачивающих насосных станций с использованием импортного оборудования (например, фирм *Wilo* или *Grundfos*). Для управления многонасосными установками фирма *Wilo* использует следующую технологию. Контроль и управление работой установки осуществляется с помощью датчиков давления на выходе из насосной станции: в зависимости от этого давления в пределах заданного диапазона включаются или выключаются один за другим насосы установки (рис. 3). Последний же из группы насос снабжен системой частотного регулирования.

¹По сложившимся в практике проектирования традициям, подбор насосов всегда производится с некоторым запасом, т.е. создаваемый напор больше необходимого – $H > H_{\max}$.

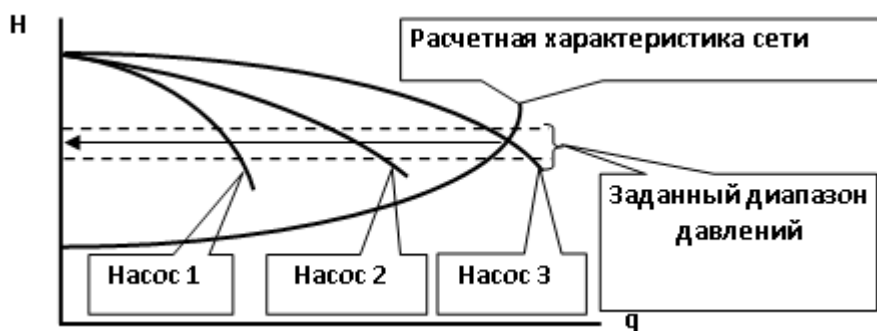


Рис.3. Работа насосной установки с управлением по заданному давлению с частотным преобразователем

Такая схема управления, безусловно, намного эффективнее, чем регулирование дросселированием – здесь значительно могут быть снижены и избыточные напоры насосов и давления в сети. Однако и в этой схеме будет перерасход энергии. Диапазон напоров, поддерживаемых на выходе из НС, выше, чем потребные давления, определяемые характеристикой сети (эта характеристика проходит ниже, чем полоса заданных давлений – см. рис.3).

Наилучшие результаты с точки зрения энергосбережения дает управление по давлениям в контрольных точках сети. Этот метод управления рекомендован и в нормах проектирования [4,20]. Капитальные затраты здесь несколько увеличиваются за счет затрат на установку датчиков давления на сети и передачу сигналов от датчиков в пункт управления.

При размещении датчиков следует иметь в виду, что положение диктующей точки на сети может измениться при изменении подачи. Поэтому ограничиться одной контрольной точкой не всегда удастся. Вместе с тем, при достаточном числе точек контроля давления в сети диспетчер имеет возможность оперативно устанавливать предполагаемые места аварий.

Серьезным недостатком систем частотного регулирования является их сравнительно высокая стоимость. Ориентировочная цена преобразователей мощностью от 160 до 450 кВт – 84...95 долларов США за 1 кВт мощности.

Возможно использование одного преобразователя частоты для нескольких насосов. В этом случае нужна дополнительная станция группового управления стоимостью от 400 до 900 долларов США. Относительно высокие затраты на приобретение насосов с электронным управлением, как утверждают фирмы производители, как правило, окупаются очень быстро. Существует еще один способ экономии электроэнергии в насосных станциях. Суть его в использовании избыточных напоров перед резервуарами и после насосных станций. Избыточные напоры перед резервуарами появляются при снижении водопотребления. Эта тенденция характерна в первую очередь в больших городах [5]. Для этого необходимы гидротурбины с генераторами, преобразующие избыточные напоры в электроэнергию (рис.4).

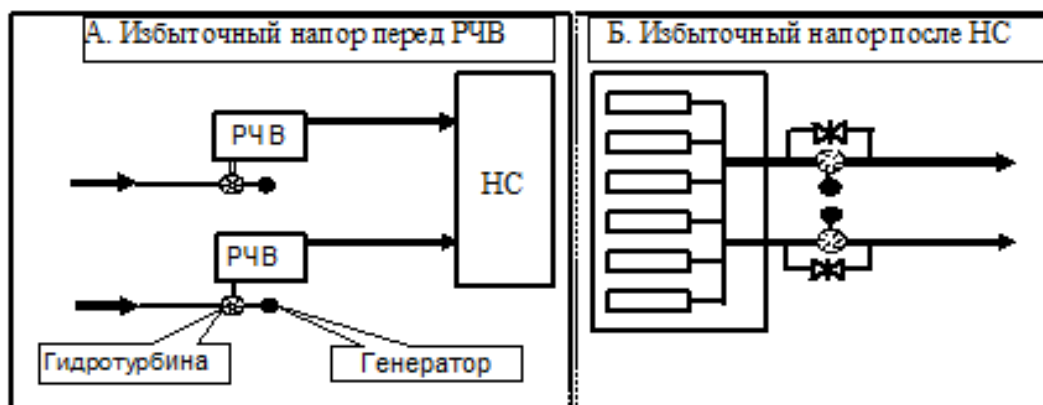


Рис.4. Схемы насосных станций с гидрогенераторами

Избыточный напор после насосов почти всегда появляется большую часть суток на всех насосных станциях. Электроэнергия, вырабатываемая генераторами, может быть использована как автономно, т.е. независимо от централизованной системы электроснабжения (например, для питания электролизеров для получения гипохлорита натрия), так и вместе с централизованной системой. В последнем случае потребуются надежная автоматика, синхронизирующая оба источника.

Установка байпасов на напорных водоводах после насосной станции (рис.4 Б) дает возможность плавно регулировать подачу насосной станции.

Гидротурбины могут быть применены и в системах канализации, например, в перепадных колодцах.

Вопрос о выборе оптимального варианта энергосбережения должен решаться на основе технико-экономического сравнения вариантов.

Список литературы

1. *Кожин И.В. и др.* Наладка и интенсификация работы городских систем подачи и распределения воды. М.: Стройиздат, 1978. 112 с.
2. *Лезнов Б.С.* Экономия электроэнергии в насосных установках. М.: Энергоатомиздат, 1991. 144 с.
3. *Толстолес Ф.П.* Гидравлика и насосы. Ч.3. Насосы. М.Л.: Госэнергоиздат, 1938. 400 с.
4. *ДБН В.2.5-74:2013.* Водопостачання. Основні положення проектування.
5. *Грабовский П.А., Ларкина Г.М., Прогульный В.И.* Пути решения проблем обеззараживания и энергосбережения из-за снижения водопотребления городов. Сборник докладов Международной конференции «Водоснабжение и водоотведение населенных мест. [электронный ресурс]. М. ЗАО «Компания Экватэк», 2014.

Надійшло до редакції 3.11.2016