

ки (аэротенков) с обеспечением нормативного качества очистки сточных вод (Рис. 5).

В воздуходувной станции установлены современные воздуходувки с диапазоном регулирования 40–100%. Регулирование производительности воздуходувок осуществляется по сигналам датчиков растворенного кислорода, установленные в аэротенках. Также сооружения оснащены датчиками концентрации аммонийно-

го азота, а также анализаторами концентрации нитратов, по показаниям которых осуществляется управление внутренним нитратным рециклом иловой смеси. Завершение работ по данному проекту планируется в 3 квартале 2012 г.

ВЫВОДЫ

Современные нормы потребления электроэнергии ставят перед отечественными сооружениями очистки сточных вод зада-

ние комплексного технического перевооружения, пересмотр существующей технологии работы, а также внедрение современных систем контроля и управления. Опыт компании «Экополимер» доказывает, что выполнение этих требований повышает энергоэффективность сооружений на 15–20% на каждом этапе. Выполнение всего комплекса энергоэффективных решений позволяет снизить энергопотребление до 40%.

Энергоэффективность насосного оборудования для водоснабжения

С. А. Соколов, А. В. Костюк, А. В. Афанасьев, О. В. Диброва, ООО «Управляющая компания «Группа ГМС», Москва

КРАТКИЙ ОБЗОР СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В КОНТЕКСТЕ ЕГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

По разным оценкам до 20–25% мирового потребления всей вырабатываемой электроэнергии приходится на насосное оборудование. В некоторых отраслях эта доля достигает 50% и выше. К таким отраслям, наряду с нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, целлюлозно-бумажной, относится и отрасль водоснабжения и водоотведения. До 85% затрат на эксплуатацию насосного оборудования составляют затраты на электроэнергию. При этом к.п.д. насосных систем часто не превышает 10–20%, в то время как к.п.д. насосов составляет 50–90%. Поэтому проблема повышения экономической эффективности водопроводно-канализационного хозяйства в целом напрямую связана с эффективным использованием насосного оборудования.

Особенно остро эта проблема стоит для систем, находящихся в эксплуата-

ции значительный промежуток времени. Не секрет, что большую долю здесь составляют морально и физически устаревшие насосные агрегаты, уже выработавшие свой ресурс. Износ оборудования предприятий водного хозяйства в РФ нередко составляет 70–80 и более процентов.

Кроме того, принятие федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении...» (1, ст. 16) требует обязательного проведения энергетических обследований для целого ряда хозяйствующих субъектов, в том числе организаций, осуществляющих производство и транспортировку воды.

В настоящее время на предприятиях водного хозяйства ведется активная деятельность по модернизации имеющегося оборудования с целью повышения его энергоэффективности и снижения стоимости эксплуатации.

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ НИЗКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ОШИБКИ ПРИ ПОДБОРЕ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Основной энергоэффективного использования насосного оборудования явля-

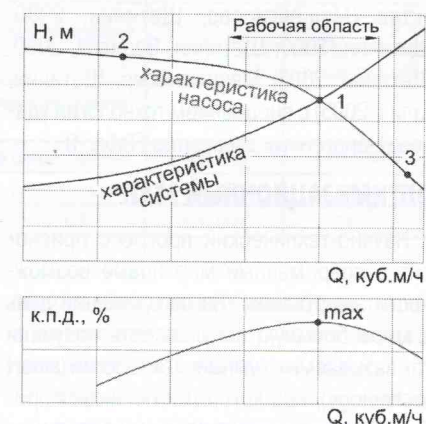


Рис. 1. Режимы работы

ется согласование характеристик насоса и сети. Рабочая точка должна находиться в рабочей области характеристики насоса — точка 1 на рис. 1.

Это не означает, что работа за пределами данной области невозможна. Некоторые производители насосного оборудования вовсе не указывают данный параметр в своей документации. Но нахождение рабочей точки в данном диапазоне обеспечивает работу насоса с максимальным КПД. Выполнение этого требования позволяет эксплуатировать насосы с высокой эффективностью и надежностью.

Рабочая точка определяется характеристиками насоса и системы, в которой установлен насос. На практике многие водоснабжающие организации сталкиваются с проблемой неэффективной эксплуатации насосного оборудования. Зачастую КПД насосной станции значительно ниже КПД установленных на ней насосов. В основном, это связано с переразмериванием, т.е. выбором насоса с большими значениями подачи и напора по сравнению

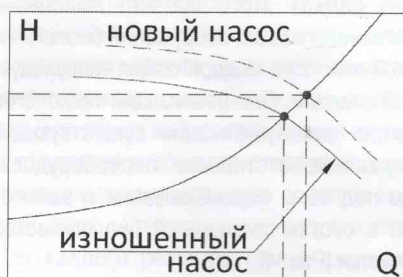


Рис. 2. Регулирование режима работы насоса при помощи задвижки.

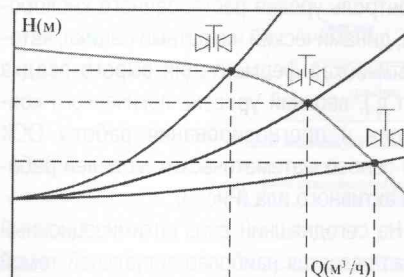


Рис. 3. Падение рабочих характеристик насоса вследствие износа.



ВОДЯНОЙ

С умом и сердцем...

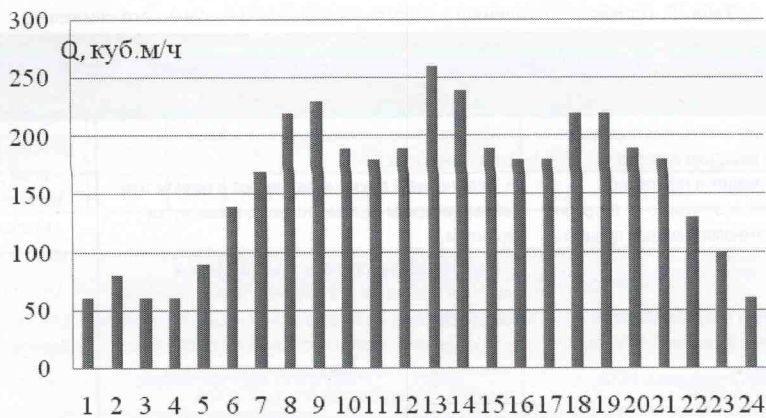


Рис. 4. Пример суточного графика водопотребления поселка.

Табл. 1. Методы снижения энергопотребления насосных систем.

Методы снижения энергопотребления насосных систем	Снижение энергопотребления
Замена регулирования подачи задвижкой на регулирование частотой вращения	10÷60%
Снижение частоты вращения насосов, при неизменных параметрах сети	5÷40%
Регулирование путем изменения количества параллельно работающих насосов	10÷30%
Подрезка рабочего колеса	до 20%, в среднем 10%
Использование дополнительных резервуаров для работы во время пиковых нагрузок	10÷20%
Замена электродвигателей на более эффективные	1÷3%
Замена насосов на более эффективные	1÷2%

с требуемыми для работы системы. Кроме того, на практике часто встречается регулирование режимов работы насосов при помощи дросселирования, т.е. задвижкой, а также падение рабочих характеристик насосного оборудования, связанное с износом его отдельных элементов.

Выбор насоса с рабочими параметрами, завышенными относительно требуемых, легко объясним желанием перекрыть с запасом существующие, а возможно и будущие потребности. Как правило, в системах водоснабжения график водопотребления в сильной степени меняется в зависимости от времени суток (рис. 4), дня недели, времени года. При этом станция должна обеспечить максимальное водопотребление, как в штатном режиме, так и во время пиковых нагрузок. Зачастую

к этому добавляется и необходимость подачи воды на нужды систем пожаротушения. При отсутствии регулирования насос не может эффективно работать во всем диапазоне изменения водопотребления.

Эксплуатация насосов в условиях изменения требуемых расходов в широком диапазоне приводит к тому, что оборудование большую часть времени работает за пределами рабочей области (точки 2 и 3 на рис. 1), с низкими значениями КПД и низким ресурсом. Иногда КПД насосных станций составляет 8–10% притом, что КПД установленных на них насосов в рабочем диапазоне составляет свыше 70%.

В результате такой эксплуатации у потребителей складывается ложное мнение о ненадежности и неэффективности насосного оборудования. А, учитывая тот

факт, что значительную его долю составляют насосы отечественного производства, возникает миф о ненадежности и неэффективности отечественных насосов. При этом практика показывает, что целый ряд отечественных насосов по показателям надежности и энергоэффективности не уступает лучшим мировым аналогам.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

Для снижения энергопотребления существует множество способов, основные из которых приведены в таблице 1.

Эффективность того или иного способа регулирования во многом определяется характеристикой системы и графиком ее изменения во времени. В каждом случае необходимо принимать решение в зависимости от конкретных особенностей условий эксплуатации.

Например, получившее в последнее время большое распространение регулирование насосов при помощи изменения частоты вращения электродвигателя не всегда может привести к снижению энергопотребления. Иногда это дает обратный эффект. Применение привода частотного регулирования (ПЧР) имеет наибольший эффект при работе насосов на сеть с преобладанием динамической составляющей характеристики, т.е. потерь трения в трубопроводах и запорно-регулирующей арматуре (рис. 5).

Применение каскадного регулирования путем поэтапного включения и отключения необходимого количества насосов, установленных параллельно, имеет наибольший эффект при работе в системах с преимущественной статической составляющей (рис. 6).

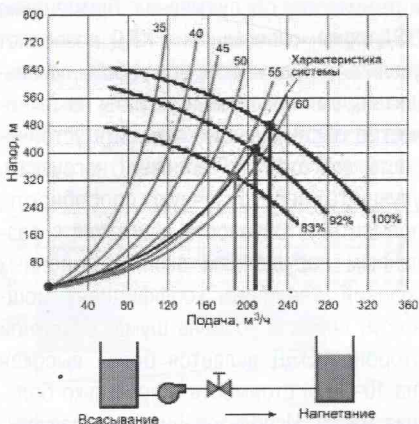


Рис. 5. Работа насоса на сеть с преимущественными потерями на трение при частотном регулировании.

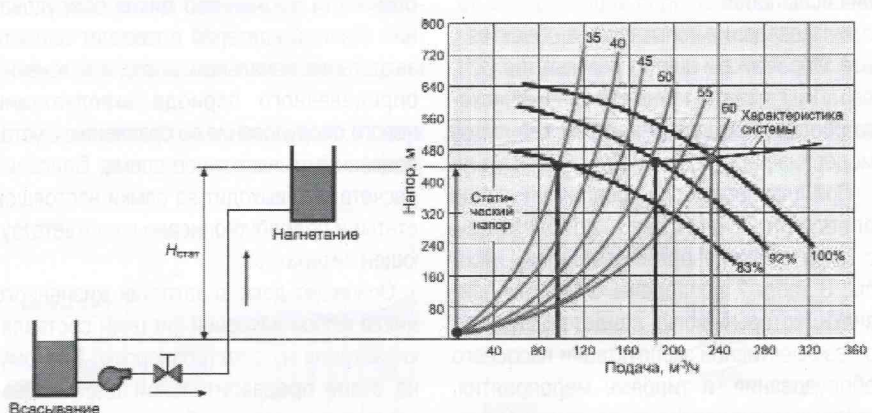


Рис. 6. Работа насоса на сеть с преимущественной статической составляющей при частотном регулировании.



Табл. 2. Причины повышенного энергопотребления и меры по его снижению.

Причины высокого энергопотребления	Рекомендуемые мероприятия по снижению энергопотребления	Ожидаемый срок окупаемости мероприятий
Наличие в системах периодического действия насосов, работающих в постоянном режиме независимо от потребностей технологического процесса	<ul style="list-style-type: none"> • Определение необходимости в постоянной работе насосов. • Включение и выключение насоса в ручном или автоматическом режиме только в промежутки времени 	От нескольких дней до нескольких месяцев
Системы с меняющейся во времени величиной требуемого расхода	<ul style="list-style-type: none"> • Использование привода с регулируемой частотой вращения для систем с преимущественными потерями на трение • Применение насосных станций с двумя и более параллельно установленными насосами для систем с преимущественно статической составляющей характеристики 	Месяцы, годы
Переразмеривание насоса и его работа за пределами рабочей области, связанные с этим большие затраты на ремонт (замена торцевых уплотнений, подшипников)	<ul style="list-style-type: none"> • Подрезка рабочего колеса • Замена рабочего колеса • Применение электродвигателей с меньшей частотой вращения или редукторов в тех случаях, когда параметры насоса значительно превосходят потребности системы • Замена насоса на насос меньшего типоразмера 	Недели - годы
Износ основных элементов насоса	Ремонт и замена элементов насоса в случае снижения его рабочих параметров	Недели
Засорение и коррозия труб	<ul style="list-style-type: none"> • Очистка трубопроводов • Применение фильтров, сепараторов и подобной арматуры для предотвращения засорения • Реконструкция с применением труб из современных полимерных материалов, труб с защитным покрытием 	Недели, месяцы
Работа в постоянном режиме нескольких параллельно установленных насосов	Установка системы управления или наладка существующей	Недели

Поэтому основным исходным требованием для проведения мероприятий по снижению энергопотребления является характеристика системы и ее изменение во времени.

Основная проблема при разработке энергосберегающих мероприятий связана с тем, что на действующих объектах реальные параметры сети часто неизвестны либо имеются не в полном объеме и сильно отличаются от проектных. Отличия, как правило, связаны с влиянием коррозии трубопроводов, изменением схем водоснабжения, объемов водопотребления и т.п. Для определения реальных режимов работы насосов и параметров сети возникает необходимость проведения замеров непосредственно на объекте с использованием специального контрольно-измерительного оборудования, т.е. проведения технического аудита гидравлической системы.

Для успешного проведения мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности установленного оборудования, необходимо располагать как можно более полной информацией о работе насосов и учитывать ее в дальнейшем. В целом можно выделить несколько определенных последовательных этапов аудита насосного оборудования.

1. Сбор предварительной информации о составе оборудования, установленного на объекте, в том числе сведений о технологическом процессе, в котором оно используется. Например, режимы работы насосов станций первого и второго подъемов, как правило, значительно отличаются.

2. Уточнение собранной информации и получение дополнительных данных, проверка наличия имеющихся на объекте средств проведения измерений, анализ системы управления и т.д. Предварительное планирование проведения испытаний.

3. Проведение испытаний на объекте.

4. Обработка и оценка результатов.

5. Подготовка технико-экономического обоснования для различных вариантов модернизации.

При планировании мероприятий можно определить наиболее «проблемные», с точки зрения энергопотребления, насосы. В табл. 2 приведены основные признаки, которые могут свидетельствовать о неэффективной эксплуатации насосного оборудования, и типовые мероприятия, которые могут исправить положение с указанием ожидаемого срока окупаемости мероприятий по энергосбережению.

По результатам проведения испытаний, располагая характеристикой системы, зная ее изменение с течением времени (часовой, суточный, недельный и т.п. графики), определив действительные рабочие характеристики насосов и режимы их работы для каждого из характерных видов нагрузки (наиболее продолжительный режим, максимальная, минимальная подача), можно разработать один или несколько вариантов модернизации насосного оборудования.

Оценка различных вариантов модернизации проводится на основании расчета величины LCC (от англ. LifeCycleCost) стоимости жизненного цикла оборудования. Данный критерий позволяет оценить затраты на начальном этапе и в течение определенного периода эксплуатации нового оборудования по сравнению с установленным в настоящее время. Описание расчета LCC выходит за рамки настоящей статьи и подробно описано в соответствующей литературе.

Основную долю в затратах жизненного цикла любой насосной системы составляют затраты на электроэнергию. Поэтому, на этапе предварительной оценки различных вариантов необходимо воспользоваться критерием удельной мощности, т.е. мощности, потребляемой насосным обо-

рудованием, отнесенной к единице расхода перекачиваемой жидкости.

Отдельное внимание необходимо уделить вопросу установки энергоэффективных электродвигателей (ЭЭД) т.е. электродвигателей, КПД которых на 1–10% выше стандартных для данного типоразмера. Для двигателей большой мощности разница составляет 1–2%, а в малых моторах она может достигать 7–10%. Стоимость самого двигателя составляет менее 2% от общих затрат на жизненный цикл (при работе 4000 часов ежегодно в течение 10 лет). На электроэнергию тратится примерно 97%. Около процента уходит на монтаж и техническое обслуживание. Применение ЭЭД помимо повышения КПД позволяет увеличить надежность его работы, уменьшить время простоев и затраты на техническое обслуживание, повысить устойчивость двигателя к тепловым нагрузкам, улучшить перегрузочную способность, повысить устойчивость двигателя к различным нарушениям эксплуатационных условий, увеличить коэффициент мощности, снизить уровень шума. Обратной стороной ЭЭД является более высокая (на 10–30%) стоимость и несколько большая масса. Использование энергоэффективного двигателя не является целесообразным, если двигатель эксплуатируется



ВОДЯНОЙ

С умом и сердцем...

Табл. 3.

Марка насоса	Q, м ³ /ч	H, м	P1, кВт	Уд. мощность, кВт/(м ³ /ч)	Суточное потребление эл.энергии, кВт ч	Годовое потребление эл.энергии, кВт ч	Годовая стоимость эл.энергии	Годовая экономия стоимости эл.энергии
ЭЦВ8-40-150	40	151	27,6	0,69	138,0	50 370	181 332 р.	
ЭЦВ8-40-120	40	120	22,0	0,55	110,0	40 150	144 540 р.	36 792р., 20,29%
ЗЭЦВ8-40-120	40	120	21,7	0,54	108,5	39 603	142 569 р.	38 763р., 21,38%

непродолжительное время (менее 1–2 тыс. часов в год), в режимах с частым запуском, при неполной нагрузке на протяжении длительного времени. ЭЭД, как правило, уступают обычным по динамическим показателям. Практика и расчеты показывают, что затраты окупаются за счет сэкономленной электроэнергии при эксплуатации в режиме S1 за один-полтора года (при годовой наработке 7000 часов).

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ПРОСТЫХ ПРИМЕРАХ

Пример 1. Погружной скважинный насос типа ЭЦВ. Подача воды с заданной величиной расхода.

Исходные данные для расчета: суточный расход: 200 м³, требуемая подача насоса: 40 м³/ч, длина стального трубопровода D_н80: 165 м, динамический уровень скважины H_{дин}=82 м, подъем воды от уровня земли H_{подъема}=20 м. Стоимость эл.энергии: 3,60 руб/кВт ч. Установлен насос типа ЭЦВ8–40–150 (выбран с «запасом») с регулировкой подачи при помощи задвижки.

Для упрощения задачи будем рассматривать только основные составляющие характеристики трубопроводов: $\Delta h_{\text{статич}} = H_{\text{дин}} + H_{\text{подъема}}$, $\Delta h_{\text{сопр}} = \Delta h_{\text{труб}} + H_{\text{задвигки}}$, принимая при этом сопротивление полностью открытой задвижки пренебрежимо малым.

Построив характеристики системы в рабочем режиме (рис. 7 точка 1) и в режиме с полностью открытой задвижкой (пунктирная кривая) определяем, что установленный насос является переразмеренным и может быть заменен на типоразмер 8–40–120 с незначительным прикрытием задвижки (точка 2). В табл. 3 приведено

сравнение основных эксплуатационных показателей данных насосов.

Как следует из этих простых расчетов точным подбором оборудования можно добиться годовой экономии электроэнергии более 20%, по стоимости сопоставимой со стоимостью самого насоса. С учетом стоимости монтажных работ по замене установленного насоса на ЭЦВ8–40–120 и ввода в эксплуатацию срок окупаемости составит 2–3 года, по истечении которых проведенные мероприятия приведут к экономии средств.

Из приведенных данных видно, что использование агрегата ЭЦВ дает большую экономию электроэнергии вследствие применения в нем электродвигателя с более высоким КПД. Несколько большая начальная стоимость агрегата компенсируется его повышенной надежностью, что, как показывает практика, в конечном счете, уменьшает стоимость его жизненного цикла.

Пример 2. Насосы для транспорта воды типа Д. Применение каскадного регулирования.

При значительном изменении по времени требуемой подачи, например на насосных станциях второго подъема водоснабжения населенных пунктов в течение суток, эффективным является применение каскадного регулирования, т.е. использование нескольких (в данном примере трех) насосов, запускаемых по мере необходимости.

Пример 3. Модернизация насосного оборудования и системы управления.

Замена регулирования задвижкой на регулирование при помощи ПЧР позволяет оставаться в области высокого КПД в широком диапазоне изменения подачи насоса (рис. 8)

В сложных системах, состоящих из двух и более насосов, наибольший эффект

может быть достигнут применением комплексного подхода, комбинирующего различные методы регулирования. Современные станции управления, такие как HMS Control ST, конфигурируются с учетом всех индивидуальных особенностей управляемого объекта и могут обеспечивать согласованную работу на сеть насосов, имеющих различные рабочие характеристики, обеспечивая точное поддержание технологических параметров, повышение КПД, увеличение срока службы и надежности насосной системы в целом.

ВЫВОДЫ

Задачи снижения энергопотребления насосного оборудования решаются, прежде всего, путем обеспечения согласованной работы насоса и системы. Проблема избыточного энергопотребления насосных систем, находящихся в эксплуатации, может быть успешно решена за счет модернизации, направленной на обеспечение этого требования.

В свою очередь, любые мероприятия по модернизации должны опираться на достоверные данные о работе насосного оборудования и характеристиках системы.

В каждом случае необходимо рассматривать несколько вариантов, а в качестве инструмента по выбору оптимального варианта использовать метод оценки стоимости жизненного цикла насосного оборудования.

Ожидаемый экономический эффект от модернизации определяется как техническими преимуществами поставляемого оборудования, так и, в не меньшей степени, его правильным подбором, проведенным с учетом всех особенностей технологического процесса.

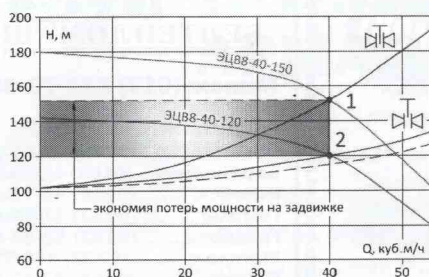


Рис. 7.

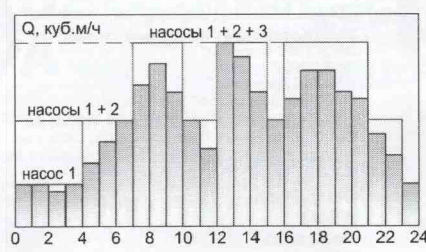


Рис. 8. Суточный график запуска насосов при каскадном регулировании.

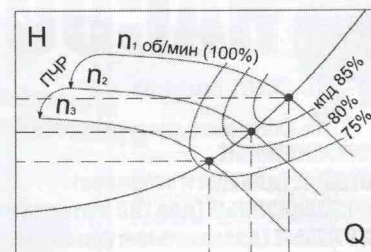


Рис. 9. Схема регулирования ПЧР.

