
Особенности энергоаудита на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства

Б.С. Лезнов, д-р техн. наук, ООО «Ягорба»
Н.Б. Лезнов, инженер ООО «Ягорба»

Повышение энергоэффективности – одна из главных задач модернизации российской экономики. В связи с этим наблюдается значительный рост интереса к сокращению издержек, энергосбережению и внедрению энергосберегающих технологий. Однако прежде чем принимать решения, направленные на повышение энергоэффективности, необходимо понять истинное состояние энергохозяйства компании, его эффективность. Для этого нужен взгляд со стороны: объективное независимое мнение экспертов или энергоаудит.

Предприятия водопроводно-канализационного хозяйства, в соответствии с п. 4 ст. 16 закона № 261-ФЗ, как организации, осуществляющие производство и транспортировку воды, подлежат обязательному энергетическому обследованию (энергоаудиту).

Энергетическое обследование проводится в целях получения информации о количестве используемых на предприятии энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможности снижения затрат энергии и повышения эффективности использования энергетических ресурсов.

Для достижения этих целей должны быть решены следующие основные задачи:

- получены объективные данные о количестве используемых предприятием энергетических ресурсов (электроэнергии, тепловой энергии, топлива);
- определены основные показатели энергетической эффективности;
- определена потенциальная возможность сокращения затрат энергии предприятием и возможность более эффективного использования энергетических ресурсов;
- разработан перечень доступных для предприятия мероприятий по энергосбережению и повышению эффективности использования энергетических ресурсов.

При этом должна быть выполнена стоимостная оценка этих мероприятий и определена их окупаемость.

Перечень мероприятий, энергосберегающих ресурсов и повышающих эффективность их использования может содержать не только типовые общепринятые мероприятия, предусмотренные инструкциями и правилами технической эксплуатации, но также специальные мероприятия, характерные для конкретных объектов.

Такие мероприятия могут сочетаться с реконструкцией объектов и модернизацией технологических процессов, принятых на данном предприятии.

В результате энергетического обследования и разработанных на этой основе рекомендаций должны быть:

- повышена надежность энергоснабжения;
- повышены надежность и безопасность энергетических установок;
- повышена эффективность использования энергетических ресурсов;
- снижены затраты энергетических ресурсов;
- дано технико-экономическое обоснование рекомендуемым мероприятиям.

По результатам энергетического обследования составляется энергетический паспорт, в котором приводятся сведения:

- об оснащении предприятия приборами учета используемых энергетических ресурсов;
- о количестве используемых на предприятии энергетических ресурсов и о том, как оно изменяется по годам и в течение отчетного периода (года);
- о показателях энергетической эффективности, в том числе об удельных расходах энергии на единицу продукции, выпускаемой предприятием;
- о потерях энергетических ресурсов при их передаче с места на место;
- о потенциале энергосбережения, в том числе о прогнозировании возможной экономии энергии;
- о перечне рекомендуемых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности на предприятии.

Для предприятий, вводимых в эксплуатацию после строительства, реконструкции, капитального ремонта, энергетический паспорт может составляться на основании проектной документации.

Требования к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного обследования и на основании проектной документации, определены приказом Минэнерго РФ от 19.04.2010 № 182.

В то же время закон № 261-ФЗ п. 8 ст. 15 предусматривает возможность корректировки требований к энергетическому паспорту в зависимости от вида предприятия, назначения оборудования, особенностей технологического процесса и других критериев.

В связи с этим целесообразно рассмотреть специфику объектов водопроводно-канализационного хозяйства.

Это тем более необходимо, поскольку в настоящее время энергетическим обследованием занимаются преимущественно неспециализированные организации. В результате многие обследования выполняются формально.

Незнание энергоаудиторами технологии подачи воды и перекачки сточных вод ведет к тому, что в отчетах и энергетических паспортах отсутствуют рекомендации по совершенствованию систем подачи и распределения воды (СПРВ) в части схемных и конструктивных решений.

Как правило, не анализируются совместные режимы работы СПРВ, насосных станций и резервуаров.

Рекомендации носят общий характер: заменить лампы накаливания энергосберегающими, использовать частотные преобразователи. При этом отсутствуют даже принципиальные решения, как например: сколько агрегатов оборудовать частотным преобразователем, какие именно агрегаты использовать в качестве регулируемых, по каким параметрам осуществлять регулирование режимов работы установки и т.д.

Очень часто формально сопоставляются удельные расходы энергии на подачу чистой воды и перекачку воды насосных установок без учета расположения системы водоснабжения или водоотведения на местности, в частности не учитывается ее рельеф.

Ниже рассматриваются основные особенности объектов водоснабжения и водоотведения, существенно влияющие на их энергетические характеристики и показатели.

Прежде всего, следует указать, что наиболее энергоемкими объектами водопроводно-канализационного хозяйства являются насосные и воздушные установки. Например, на перекачку чистых и сточных вод в России ежегодно расходуется 120–150 млрд кВт·ч электроэнергии. Однако энергетическая эффективность насосных и воздушных установок определяется не только состоянием их оборудования, но в значительной мере зависит от структуры, состояния и режимов работы смежных технологических сооружений: систем подачи воды и водоотведения, водопроводных и канализационных очистных сооружений и т.д.

Основная доля энергетических затрат предприятий водопроводно-канализационного хозяйства приходится на технологические нужды.

В качестве примера в табл. 1 приводится баланс энергетических затрат для водопроводных и канализационных насосных установок.

Таблица 1
Баланс энергетических затрат насосных станций,
% от общего энергопотребления

Энергетические затраты	Производительность насосных станций, млн м³/год			
	до 50	50–100	100–150	150–200
Перекачка воды и стоков	50–85	85–94	94–95	95–96
Отопление	25–6	6–3	3–2	2–1
Вспомогательные механизмы и системы	8–5	5–3	3–2	2–1
Вентиляция	6–3	3–2	2–1,5	1,5–1
Освещение	5–3	3–2	2–1,5	1,5–1
Оперативные цепи, релейная защита и т. п.	1–0,5	0,5–0,3	0,3–0,2	0,2–0,1

Для наглядности зависимость энергопотребления насосных станций по отдельным видам затрат от их годовой подачи представлена на рис. 1 в виде диаграммы.

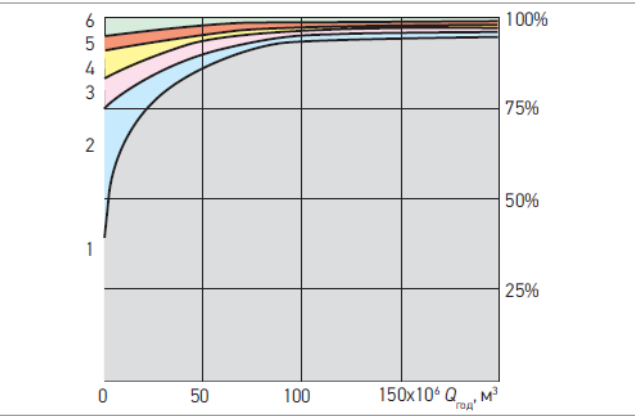


Рисунок 1.
Диаграмма энергопотребления насосных станций в зависимости от подачи, Q_{год}
1 – перекачка воды и стоков; 2 – отопление; 3 – вспомогательные механизмы и системы;
4 – вентиляция; 5 – электроосвещение; 6 – оперативные цепи

Из диаграммы и данных табл. 1 видно, что с увеличением производительности насосных станций возрастает доля энергии, расходуемой на подачу чистой воды и перекачку стоков, т.е. на основные технологические нужды. Одновременно снижается доля энергии, расходуемой на отопление, вентиляцию, освещение, на работу вспомогательных механизмов.

Отсюда следует, что при проведении энергетического обследования наибольшее внимание следует уделять анализу работы основных агрегатов, перекачивающих чистую воду и стоки. Это не значит, что не надо обращать внимание на вспомогательные системы и механизмы, но главное – обеспечить экономичные режимы работы основных насосных агрегатов.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что экономичная работа насосных агрегатов обеспечивается, главным образом, соответствием режимов работы насосных агрегатов и системы трубопроводов, по которым чистая вода подается потребителю или сточные воды перекачиваются на очистные сооружения.

Следовательно, в ходе энергетического обследования насосных установок, подающих воду потребителям (станции II-го, III-го подъёмов), должен быть выполнен анализ совместной работы водопроводных насосных установок и систем подачи и распределения воды (СПРВ).

В ходе энергетического обследования насосных установок, подающих воду на очистные сооружения (станции I-го подъема), должен быть выполнен анализ совместной работы насосных установок, водоводов I-го подъема, очистных сооружений и резервуаров питьевой воды.

Для канализационных насосных станций, соответственно, должны быть рассмотрены совместные режимы работы насосных установок и трубопроводной системы водоотведения (СВО).

Для тех и других насосных установок необходимо учитывать наличие в СПРВ и СВО резервуаров. Наличие достаточного количества резервуаров соответствующего объема, правильно расположенных с учетом рельефа местности, обеспечивает более равномерный и экономичный режим работы насосных установок.

Необходимо обращать внимание на соответствие гидравлических схем насосных станций и структуры СПРВ, в которую они подают воду. Очень часто вода подается с общего коллектора одной и той же группой насосов в районы города, расположенные на различных высотных отметках. В результате весь поток воды, поступающей на низкие отметки города, приходится дросселировать задвижками и затворами. При такой схеме СПРВ никакая энергосберегающая система автоматизированного управления (CAU), оснащенная регулируемым электроприводом, не сможет обеспечить энергосберегающий режим работы насосной станции и СПРВ в целом.

В таких насосных установках и системах подачи воды необходимо, прежде всего, по результатам гидравлических расчетов СПРВ и эксплуатационных наблюдений выделить соответствующие группы насосов для подачи воды в эти районы. При этом параметры насосов, входящих в группу, должны соответствовать характеристикам водопроводной сети. Только после этого могут быть даны рекомендации о создании энергосберегающих систем на основе применения регулируемого частотного электропривода.

При определении норм расходования энергии на подачу воды следует обязательно учитывать рельеф местности. Всегда удельный расход энергии ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$) насосной установки, подающей воду на высокие отметки, при прочих равных условиях, будет выше, чем установки, подающей воду на низкие геодезические отметки. Поэтому даже в одном и том же водоканале, не говоря о водоканалах, расположенных в различных регионах страны, научно-обоснованные удельные нормы расходования энергии будут отличаться друг от друга.

Очень сильно влияет на энергопотребление насосных установок состояние трубопроводов СПРВ. В настоящее время примерно 50% всей воды подается с коррозионными отложениями, которые уменьшают живое сечение труб до 20% и увеличивают гидравлическое сопротивление труб в 2–3 раза.

Износ труб может быть выявлен сопоставлением расчетных значений характеристик водоводов с результатами эксплуатационных наблюдений и испытаний наиболее важных и ответственных участков СПРВ.

Наряду с потерями энергии плохое состояние трубопроводов влечет за собой потери чистой воды, на подготовку и транспорт которой тратятся реагенты и та же электрическая энергия.

Аналогичный подход должен иметь место при энергетическом обследовании очистных канализационных сооружений. Наиболее крупными потребителями энергии на канализационных очистных сооружениях являются воздушные агрегаты. Их мощность достигает 1250 кВт. Количество воздушных агрегатов на крупных станциях аэрации достигает 10–12 единиц.

Экономичность их работы обеспечивается, прежде всего, эффективной системой аэрации сточной жидкости, т.е. правильным выбором аэраторов и качеством воздушных вводов.

Следует обратить внимание на некоторые особенности характеристик систем аэрации и воздушных вводов по сравнению с водоводами и насосными агрегатами.

Как правило, статическая составляющая напора системы аэрации, обусловленная уровнем сточных вод в аэротенке, достигает достаточно высоких значений (90–95% общего напора). При этих условиях применение частотно-регулируемого электропривода для воздушных агрегатов экономически неоправданно, поскольку небольшая экономия энергии (5–6%) не окупает расходы на оснащение воздушных вводов регулируемым приводом.

Кроме того, следует иметь в виду, что масло в систему смазки крупных воздушных вводов подается главным масляным насосом, приводимым во вращение от коробки отбора мощности редуктора воздушного агрегата. Следовательно, при снижении частоты вращения агрегата подача масла к подшипникам и другим узлам смазки может быть нарушена. По этим причинам к использованию регулируемого электропривода в воздушных вводах следует подходить крайне осторожно.

Из приведенных примеров видно, что предприятия водопроводно-канализационного хозяйства имеют ряд таких особенностей, которые необходимо учитывать при их энергетическом обследовании. Как правило, организации, выполняющие энергетическое обследование общепромышленных объектов, жилых и административных зданий, не знакомы с этими особенностями.

ООО «Ягорба» было обследовано более 200 предприятий ВКХ.

Обследование объектов проводилось по специальным методикам (методика обследования по месту, методика принятия принципиальных технических решений, методика технико-экономического обоснования (ТЭО) рекомендуемых энергосберегающих мероприятий).

При выполнении ТЭО учитывались разнообразные факторы:

- экономия энергии и чистой воды;
- уменьшение сброса сточных вод в канализацию;
- снижение капитальных вложений, связанных с использованием регулируемого электропривода (РЭП) в системах автоматизированного управления (CAU) режимами работы насосных и воздушных установок и др.

Методики апробированы более чем на 50 средних и крупных объектах водопроводно-канализационного хозяйства. Они позволяют с достаточно высокой точностью ($\pm 10\%$) прогнозировать экономию энергии и воды, которая может быть получена при создании энергосберегающих систем и технологий.

В ходе энергетического обследования тщательно изучались технологические режимы работы объекта. По результатам обследования принимались основные технические решения, которым давалось ТЭО, подтверждающее техническую возможность и экономическую целесообразность создания энергосберегающих систем и технологий на рассматриваемом объекте. Результаты обследования позволяли дать ответы на следующие вопросы:

- какие способы и средства регулирования режимов работы насосов и других механизмов целесообразно применять на рассматриваемом объекте;
- на каких установках выгодно применение РЭП и какие виды РЭП следует использовать в данной установке;
- какое количество агрегатов из устанавливаемых на объекте следует оснащать регулируемым электроприводом;
- какие изменения следует внести в технологическую схему объекта и в состав его насосного и гидромеханического оборудования;
- какие изменения следует внести в схему энергоснабжения объекта и в состав его электрооборудования;
- каким образом скомпоновать устанавливаемое оборудование (на существующих производственных площадях или в дополнительных помещениях);
- по каким технологическим и электрическим параметрам надлежит регулировать режимы работы объекта;
- какая экономия энергии, чистой воды и других ресурсов будет получена в результате создания энергосберегающих систем и технологий;
- как снизятся эксплуатационные затраты при выполнении энергосберегающих мероприятий;
- какие потребуются инвестиции для реализации энергосберегающих мероприятий;
- каков срок окупаемости энергосберегающих мероприятий.

Решение названных задач обеспечивалось проведением натурного обследования объектов, изучением проектной и эксплуатационной документации, анализом режимов работы насосных и воздушных установок в увязке с режимами работы водопроводных и канализационных сетей, систем подачи воздуха, очистных сооружений и резервуаров. В частности:

- энергетическое обследование водопроводных насосных установок II-го подъема выполнялось в комплексе с системой подачи и распределения воды, в том числе с регулирующими узлами и станциями подкачки;
- энергетическое обследование водопроводных насосных установок I-го подъема выполнялось в комплексе с водоводами I-го подъема, сооружениями водоподготовки и резервуарами питьевой воды;
- энергетическое обследование воздушных установок выполнялось в комплексе с системой воздухопроводов, азотенками и другими сооружениями биологической очистки.

Кроме того, проводились соответствующие гидравлические расчеты систем трубопроводов и энергетические расчеты режимов работы насосных и воздушных установок.

Разработанные методики гарантируют надежность ТЭО, исключают необоснованное применение регулируемого электропривода и другого энергосберегающего оборудования и, соответственно, напрасную трату денежных средств на его приобретение.

ТЭО служит основой для выявления объектов первоочередного внедрения, для подготовки предложений по корректировке проектной документации вновь сооружаемых объектов, для подготовки технологических требований (ТТ) и технических заданий (ТЗ) на разработку и проектирование энергосберегающих систем и технологий.

Разработка энергосберегающих мероприятий предполагает системный подход к решению задач и проблем, возникающих при их реализации. Такой подход характеризуется согласованным решением задач автоматизации и энергетических проблем при сохранении на всех этапах разработки приоритетного значения технологических требований к энергосберегающим мероприятиям.

Реализация технических решений осуществляется комплексно, затрагивая все составные части установки: гидравлическую схему и схему энергоснабжения, состав насосного, гидромеханического и электроэнергетического оборудования.

При использовании РЭП в энергосберегающих системах приходится корректировать компоновочные решения, поскольку применение РЭП позволяет укрупнить единичную мощность насосных агрегатов и других механизмов и уменьшить их количество. Благодаря этому можно упростить гидравлическую схему установки, сократить количество затворов, задвижек, клапанов. Кроме того, появляется возможность уменьшить строительные габариты зданий вновь сооружаемых объектов. При модернизации действующих объектов возможно размещение более мощного оборудования на существующих производственных площадях. В том и другом случае уменьшаются капитальные затраты, связанные с применением РЭП в насосных и воздушных установках.

При разработке и проектировании САУ на основе РЭП особое внимание уделено взаимодействию регулируемых и нерегулируемых насосных агрегатов одной установки, а также взаимодействию нескольких насосных станций, подающих воду в общую сеть. В противном случае внедрение РЭП на одном из агрегатов или на одной из станций создает для этого агрегата (этой станции) благоприятные условия работы за счет ухудшения режима работы других агрегатов (других станций).

Специалистами ООО «Ягорба» разработаны алгоритмы и технические решения, обеспечивающие оптимальное распределение нагрузок между параллельно работающими агрегатами и насосными установками. Благодаря этому автоматически минимизируются суммарные затраты энергии совместно работающих агрегатов и установок.

Изложенный выше подход к проведению энергетического обследования и к разработке энергосберегающих мероприятий оправдал себя на нескольких десятках объектов.

В разработанных энергосберегающих системах применены разнообразные высоковольтные (6–10 кВ) и низковольтные (0,4 кВ) РЭП мощностью от 40 до 1600 кВт отечественного и зарубежного производства. Системы построены с использованием микропроцессорных контроллеров, компьютеров и надежных каналов передачи информации, в том числе оптоволоконной связи.

Более подробно проблемы энергосбережения и энергоэффективности в насосных и воздушных установках систем водоснабжения и водоотведения освещены в технической литературе [1–4].

Выводы

1. Энергетическое обследование предприятий водопроводно-канализационного хозяйства должно включать в себя достаточно глубокое изучение основных технологических процессов очистки и транспорта воды.
2. Энергетическое обследование объектов водопроводно-канализационного хозяйства должно проводиться специализированными организациями, имеющими опыт работы на такого рода объектах и располагающих соответствующими методиками.
3. Для предприятий водопроводно-канализационного хозяйства целесообразно разработать специальную форму энергетического паспорта, отражающего их технологические особенности, влияющие на энергопотребление.

Литература

1. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. МДК 3–02.2001. М. Союзводоканалпроект, 2000.
2. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках. М.: Энергоатомиздат, 1991.
3. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздушодувных установках. М.: Энергоатомиздат, 2006.
4. Лезнов Б.С. Методика оценки эффективности применения регулируемого электропривода в водопроводных и канализационных насосных установках. М.: Машиностроение, 2011.