

Комплексный подход к реконструкции повысительных насосных станций г. Самары

Д. С. РАКИЦКИЙ¹, Ю. А. ЕГОРОВА², С. Л. НАГОРНЫЙ³, А. С. ТАБУНКОВ⁴,
В. Н. ПОЛСТЬЯНОВ⁵, А. Г. ВОРОБЬЕВ⁶, М. Д. ЧЕРНОСВИТОВ⁷, В. В. ШМИГОЛЬ⁸

¹ Ракицкий Дмитрий Степанович, технический директор, ООО «Самарские коммунальные системы»

443056, Россия, г. Самара, ул. Луначарского, 56, тел.: (846) 336-32-42, e-mail: dRakitskiy@samcomsys.ru

² Егорова Юлия Анатольевна, заместитель технического директора, ООО «Самарские коммунальные системы»

443056, Россия, г. Самара, ул. Луначарского, 56, тел.: (846) 207-24-08, e-mail: yegorova@samcomsys.ru

³ Нагорный Станислав Леонидович, главный энергетик, ООО «Самарские коммунальные системы»

443056, Россия, г. Самара, ул. Луначарского, 56, тел.: (846) 334-76-22, e-mail: snagornyi@samcomsys.ru

⁴ Табунков Александр Сергеевич, инженер Управления главного энергетика, ООО «Самарские коммунальные системы»

443056, Россия, г. Самара, ул. Луначарского, 56, тел.: (846) 334-76-22, e-mail: aTabunkov@samcomsys.ru

⁵ Полстьянов Владимир Николаевич, начальник участка цеха насосных станций, ООО «Самарские коммунальные системы»

443016, Россия, г. Самара, ул. А. Матросова, 153Г, тел.: (846) 207-25-29, e-mail: info@samcomsys.ru

⁶ Воробьев Андрей Геннадьевич, руководитель отдела по продвижению продукции, ООО «Мицубиси Электрик (РУС)»

115054, Россия, Москва, Космодамианская набережная, 52, стр. 1, тел.: (495) 721-20-70, e-mail: automation@mer.mee.com

⁷ Черносвитов Михаил Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент, Самарский государственный архитектурно-строительный университет

443001, Россия, г. Самара, Молодогвардейская ул., 194, тел.: (846) 339-14-11, e-mail: mihail_che@mail.ru

⁸ Шмиголь Владислав Валентинович, кандидат технических наук, профессор, Самарский государственный архитектурно-строительный университет

443001, Россия, г. Самара, Молодогвардейская ул., 194, тел.: (846) 339-14-11, e-mail: vv-sqasu@rambler.ru

Обозначена актуальность повышения надежности и энергоэффективности работы системы водоснабжения г. Самары. Описаны основные методы и средства поэтапной реализации плана реконструкции повысительных насосных станций. Дано описание программно-аппаратного комплекса, выбранного для решения поставленной задачи. Приведены данные по снижению суммарного потребления электроэнергии на 37 насосных станциях. Снижение потребления электроэнергии за счет частотного регулирования работы насосных агрегатов составило 40%, за счет внедрения адаптивных алгоритмов регулирования для станций с параллельной работой нескольких насосных агрегатов – 27%. Расчетное снижение потребления электроэнергии при замене насосных агрегатов после внедрения адаптивных алгоритмов регулирования – 18%. Отмечено уменьшение аварийности на сетях на 8% благодаря среднему сниже-

нию давления в водопроводной сети, а также повышению оперативности управления объектами за счет получения полной достоверной информации о параметрах технологического процесса в режиме реального времени. Внедрение системы создало предпосылки для сокращения численности обслуживающего персонала и упрощения организационно-технических мероприятий при эксплуатации насосных станций. Указаны критерии, которые целесообразно использовать при оценке эффективности работы станций. Представлены графики параметров работы нескольких реконструированных насосных станций. Приведены рекомендации по дальнейшей реконструкции повысительных насосных станций на территории г. Самары.

Ключевые слова: система водоснабжения, насосная станция, регулирование работы насосов, удельный расход электроэнергии, энергоэффективность.

ООО «Самарские коммунальные системы» оказывает услуги холодного водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод на территории г. Самары. Первостепенной задачей предприятия является улучшение технико-экономи-

ческих показателей – повышение надежности работы системы водоснабжения и энергоэффективности. Это возможно прежде всего за счет замены устаревшего и изношенного оборудования современным и энергоэффективным, а также

оптимизации работы водопроводной сети с помощью программных решений, в том числе гидравлического моделирования работы системы водоснабжения, выявления и сокращения неучтенных потерь и расходов воды [1–3].

Опыт эксплуатации повысительных насосных станций (насосных станций подкачки – НСП), не оборудованных преобразователями частоты тока, показывает, что на подающем трубопроводе таких станций образуется давление, превышающее рекомендуемые значения. Это приводит к неоправданным затратам электроэнергии, к излишним непроизводительным расходам воды и утечкам [2; 4–6].

В настоящее время более 120 насосных станций подкачки уже оборудованы частотными преобразователями, что позволяет регулировать давление на выходе из этих станций.

В рамках реализации инвестиционной программы предприятия было принято решение об оснащении всех НСП частотно-регулируемыми электроприводами. В 2015 г. была поставлена и решена задача реконструкции 37 насосных станций на территории г. Самары.

Проект реконструкции предусматривал не только автоматизацию управления насосными станциями, но и оптимизацию работы части системы водоснабжения города. Для реализации данной задачи был выбран программно-аппаратный комплекс «Акватория», который предполагает комплексное управление водоснабжением от водозабора до потребителя и учитывает взаимное влияние работы насосных агрегатов и станций.

Оптимизация работы системы водоснабжения производится поэтапно. На первом этапе выполнялась установка новых шкафов управления с преобразователями частоты для изменения работы насосных агрегатов по суточному графику. На втором этапе осуществляется оптимизация давления, поддерживаемого у потребителя. Это позволило дополнительно снизить давление в системе и, как следствие, уменьшить возможные утечки, нерациональное потребление воды и расход электроэнергии.

Далее на насосных станциях с одновременно работающими насосными агрегатами реализуется алгоритм контроля эффективности работы насосов, оснащенных частотно-регулируемыми электроприводами, подверженных так называемому передавливанию со стороны нерегулируемых агрегатов. Это позволяет еще больше снизить потребление электроэнергии за счет исключения неэффективно работающих насосов. На завершающем этапе проводится оценка уста-

новленного насосного оборудования на соответствие полученным в результате оптимизации режимам водоснабжения.

Программный комплекс «Акватория» построен на базе SCADA-системы Mitsubishi Electric MAPS и в варианте для систем водоснабжения предусматривает следующие интегрированные программные модули:

ГЕО-модуль основан на интерактивной карте местности, позволяет располагать объекты управления и контроля, быстро ориентироваться диспетчеру при поступлении жалоб от потребителей;

модуль конфигурирования насосных станций позволяет добавлять новые и редактировать существующие насосные станции в части конфигурации установленного насосного оборудования, запорной арматуры, регулируемых приводов, датчиков и т. п. Использует метод параметрирования, что существенно снижает требования к квалификации обслуживающего персонала;

модуль графического анализа процессов используется с целью выявления неэффективных режимов работы оборудования и возможных аварийных и предаварийных ситуаций. Предполагает проведение обследования вручную квалифицированными сотрудниками водоканала;

модуль аналитических отчетов призван исключить необходимость непрерывного анализа процессных данных сотрудниками водоканала и ограничиться анализом процесса после получения предупреждающего сообщения от системы;

модуль подбора насосов позволяет оценить степень соответствия установленного насосного оборудования требуемым режимам водоснабжения и подобрать наиболее эффективный вариант из базы данных, содержащей большое количество наиболее часто используемых в России марок насосов различных производителей с точки зрения энергоэффективности и срока службы;

модуль интеллектуального регулирования предназначен для оптимизации давления в системе водоснабжения, исключения работы неэффективных насосных агрегатов, прогнозирования развития процессов и др. Эффективность работы данного модуля предопределяет уровень экономии электроэнергии;

модуль технического обслуживания и диагностирования каналов связи позволяет оценить причину низкого качества канала связи и некоторых других проблем передачи информации, а также выполняет автоматическое сохранение копий управляющих программ контроллерного оборудования и ведение их архива.

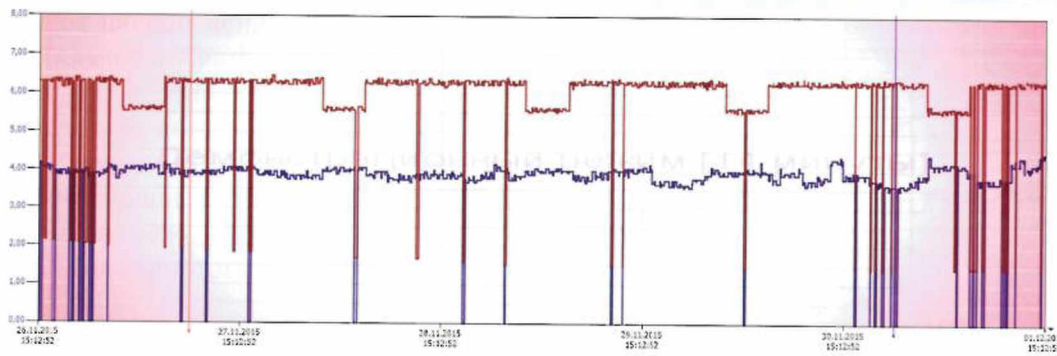


Рис. 1. Графики давления на входе и выходе НСП № 54

Комплект «Акватория» базируется на SCADA-системе Mitsubishi Electric, поэтому существует возможность реализации специфических требований водоканала, не прибегая к услугам разработчика, что благоприятно сказывается на стоимости эксплуатации системы и снижает зависимость водоканала от поставщика технического решения автоматизации.

На насосных станциях установлены контроллеры, позволяющие задавать два значения давления – дневное и ночное. На рис. 1 представлены графики давления на входе и выходе НСП № 54. Из графиков видно, что частотно-регулируемый электропривод справляется с поддержанием заданных параметров при изменении напора на входе. На графиках присутствуют провалы давления, которые обусловлены разрывом соединения с сервером. Это свидетельствует о том, что процесс получения и обработки актуальных и достоверных данных телеметрии должен дорабатываться. Следует отметить, что если принимается решение о связи со станцией не только для получения данных телеметрии, но и для управления, то необходимо выбрать канал связи, который способен обеспечить надежную, защищенную передачу данных [6].

Важной частью программного комплекса является специально разработанное телекоммуникационное оборудование. Это устройства сбора и передачи данных (УСПД), функционирующие в сетях GSM. С учетом возможных разрывов каналов связи, а также условий эксплуатации оборудования (подземное или подвальное расположение) в системах водоснабжения был реализован телеметрический протокол обмена данными с метками времени в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 «Устройства и системы телемеханики». Он обеспечивает целостность и достоверность передачи информации, обеспечивая логирование данных на период отсутствия связи. Предусмотрена также возможность получения прямого доступа к контроллерному оборудованию удаленно из любой точки VPN-сети для диагностирования работы насосных станций.

В качестве управляющих элементов были использованы программируемые логические контроллеры FX3U, преобразователи частоты, панели оператора и защитно-коммутационная аппаратура Mitsubishi Electric для промышленной автоматизации. Программируемый контроллер обеспечивает передачу данных в УСПД, которое в свою очередь выполняет конвертацию протокола контроллера FX3U в телеметрический протокол. Также предусмотрено обеспечение сквозного канала для удаленного подключения к контроллеру. Такая возможность позволяет обеспечить полное диагностирование работы насосной станции с помощью программного обеспечения GX Works, а также автоматическое сохранение копий управляющих программ контроллеров и ведение их архива в модуле технического обслуживания.

Поэтапное внедрение данной системы позволило снизить суммарное потребление электроэнергии на 37 насосных станциях (табл. 1).

Снижение потребления электроэнергии за счет частотного регулирования работы насосных агрегатов составило 40%, за счет внедрения адаптивных алгоритмов регулирования для станций с параллельной работой нескольких насосных агрегатов – 27%. Расчетное снижение потребления электроэнергии при замене насосных агре-

гатов – 27%. Расчетное снижение потребления электроэнергии при замене насосных агре-

Таблица 1

Месяц	Потребление электроэнергии, кВт·ч		Снижение потребления электроэнергии, кВт·ч
	2015 г.	2016 г.	
Январь	351 478	187 283	164 195
Февраль	297 274	160 493	136 781
Март	281 436	125 540	155 896
Апрель	289 336	114 548	174 788
Всего	1 219 524	587 864	631 660

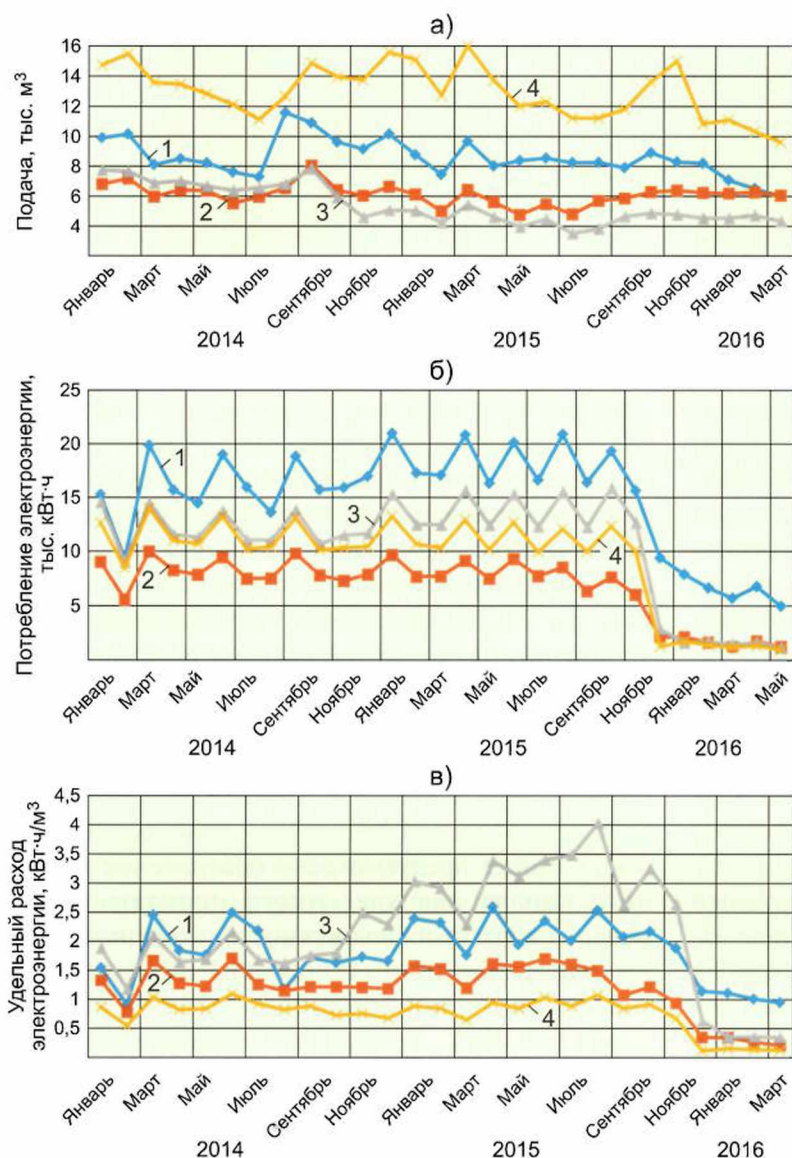


Рис. 2. Динамика изменения расхода воды (а), электроэнергии (б), удельных расходов электроэнергии (в) на насосных станциях

НСП: 1 – № 7; 2 – № 43; 3 – № 46; 4 – № 49

готов после внедрения адаптивных алгоритмов регулирования – 18%.

Отмечено также снижение аварийности на сетях на 8% благодаря среднему снижению давления в водопроводной сети, а также повышению оперативности управления объектами за счет получения полной достоверной информации о параметрах технологического процесса в режиме реального времени. Внедрение системы создало предпосылки для сокращения численности обслуживающего персонала и упрощения организационно-технических мероприятий при эксплуатации насосных станций.

Для оценки эффективности работы насосных станций помимо снижения суммарного расхода электроэнергии целесообразно использовать следующие критерии:

удельная подача воды на одного потребителя (человека). Этот показатель удобнее всего использовать с точки зрения оптимальности давления у потребителей; помимо обеспечения населения водой, он включает в себя возможные утечки, нерациональное потребление воды;

оценка энергоэффективности работы насосных станций. Ее необходимо выполнять по удельному расходу электроэнергии, затрачиваемой на перекачку воды, поскольку этот показатель позволяет сравнивать эффективность работы различных насосных станций, а также может использоваться для определения следующего критерия;

коэффициент полезного действия насосной станции, т. е. отношение затрачиваемой мощности на работу насосной станции к ее полезной мощности или отношение удельного расхода электроэнергии насосной станции к производству объемного веса жидкости на приращение ее напора. Критерий отражает электрическое и гидравлическое совершенство насосной станции.

Рассмотрим более подробно параметры работы нескольких реконструированных насосных станций, которые отличаются по числу потребителей и установленному оборудованию. Графики динамики изменения расхода воды, электроэнергии и удельных расходов электроэнергии

приведены на рис. 2.

Поскольку снятие показателей счетчиков воды и электроэнергии производится с периодичностью, кратной неделе, а не месяцу, сравнивать расходы разных месяцев не совсем корректно. Например, показания снимаются по средам, тогда от первой среды июня до первой среды июля 35 дней, а от первой среды июля до первой среды августа – 27 дней, т. е. разница почти 30%. В данном случае целесообразно сравнивать удельные расходы электроэнергии, затрачиваемой на перекачку воды (рис. 2, в).

Сравнение параметров работы насосных станций за три месяца после реконструкции с аналогичными периодами двух прошлых лет приведено в табл. 2 (снижение показателей в процентном отношении от предыдущих периодов).

Таблица 2

Насосная станция	Подача воды, %		Расход электроэнергии, %		Удельный расход электроэнергии, %	
	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.
№ 7	–30,4	–24,2	–54,5	–63,5	–37,3	–52,6
№ 43	–7,3	–5,3	–79,9	–80,3	–78,7	–81,3
№ 46	–38,8	–7,3	–87,3	–88	–79,5	–87,1
№ 49	–29	–29,1	–87,8	–87,6	–83,5	–83,1

Выводы

1. Повышение надежности и энергоэффективности работы системы водоснабжения города возможно прежде всего за счет внедрения расчетно-программных комплексов и современного оборудования.
2. Оптимизация работы насосных станций подкачки (повысительных насосных станций) как основных потребителей электроэнергии в системе водоснабжения производится поэтапно. Это внедрение преобразователей частоты тока для изменения работы насосных агрегатов по суточному графику; оптимизация давления, поддерживаемого у потребителя; контроль эффективности работы насосов, оснащенных частотно-регулируемыми электроприводами, на станциях с одновременно работающими насосными агрегатами; оценка установленного насосного оборудования на соответствие полученным в результате оптимизации режимам водоснабжения.
3. Модули, интегрированные в используемый программный комплекс, позволяют: быстро ориентироваться диспетчеру при поступлении жалоб от потребителей; снижать требования к квалификации обслуживающего персонала; проводить автоматический анализ работы системы и анализ «вручную» квалифицированными сотрудниками водоканала; исключить необходимость непрерывного анализа процессных данных сотрудниками водоканала и ограничиться анализом процесса после получения предупреждающего сообщения от системы; оценить степень соответствия установленного насосного оборудования требуемым режимам водоснабжения и подобрать оптимальный вариант из базы данных; оптимизировать давление в системе водоснабжения; оценить причину низкого качества канала связи и некоторых других проблем передачи информации с автоматическим сохранением копий управляющих программ контроллерного оборудования и ведением их архива.
4. Поэтапная реконструкция насосных станций с внедрением описанной системы позволила сни-

зить потребление электроэнергии за четыре месяца на 37 станциях на 631 660 кВт·ч (более чем в два раза).

5. При оценке эффективности работы насосных станций целесообразно использовать не снижение суммарного расхода электроэнергии, а удельную подачу воды на одного потребителя, удельный расход электроэнергии, затрачиваемой на перекачку воды, и коэффициент полезного действия насосной станции.
6. Анализ работы четырех реконструированных насосных станций показывает снижение подачи воды до 38,8%, расхода электроэнергии до 88% и удельного расхода электроэнергии до 87,1% за три месяца после реконструкции по сравнению с аналогичными периодами двух прошлых лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Храменков С. В., Примин О. Г. Проблемы и пути снижения потерь воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 11. С. 31–37.
2. Новицкая О. С., Ткачук А. А. Влияние избыточных напоров воды на величину общего водопотребления населения // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 12. С. 22–66.
3. Ракицкий Д. С., Егорова Ю. А., Табунков А. С., Полстянов С. Н., Черносвитов М. Д. Повышение энергоэффективности и надежности работы подкачивающих насосных станций / Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: Сборник статей. – Самара, 2016. С. 225–229.
4. Шмиголь В. В., Черносвитов М. Д. Частотное регулирование подачи квартальных насосных станций // Научное обозрение. 2015. № 15. С. 152–158.
5. Кирсанов А. А., Колчев В. Н., Шмиголь В. В., Черносвитов М. Д. Исследование работы внутриквартальных подкачивающих насосных станций // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 9, ч. 2. С. 30–33.
6. Шмиголь В. В., Черносвитов М. Д., Куколкин В. Н., Полстянов В. Н. Перспективы повышения энергоэффективности работы насосных станций подкачки // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 8. С. 72–76.