



# Вопросы энергоаудита коммунальных предприятий (на примере водоканалов)

*О. А. Штейнмиллер, к.т.н., генеральный директор ЗАО «Промэнерго»*

**Возросшее значение энергоэффективности коммунальных предприятий учтено Федеральным законом РФ от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», определяющим государственное регулирование «путем установления: ...3) обязанности по учету используемых энергоресурсов; 4) требований энергоэффективности зданий, строений, сооружений; 5) обязанности проведения обязательного энергетического обследования; ...10) требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государства или муниципального образования и организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности...» (ст. 9).**

Принимая во внимание определения Закона касательно организаций с участием государства или муниципального образования и регулируемых видов деятельности, а также требование применения установленных в отношении энергетических ресурсов положений Закона «в отношении воды, подаваемой, передаваемой, потребляемой с использованием систем централизованного водоснабжения» (ст. 5 п. 2), следует сделать вывод о прямом регулирующем воздействии Закона на деятельность коммунальных предприятий, основную сферу деятельности которых составляют услуги водоснабжения и водоотведения (канализования), и которые ранее, как правило, именовались водоканалами.

Положения ст. 16 Закона устанавливают предельный срок первого энергетического обследования водоканалов (31.12.2012 г.), в результате которого должен быть составлен энергетический паспорт. Следует отметить прямое указание ст. 25 (п. 7) на учет при установлении цен (тарифов) на услуги таких организаций (в т.ч. при установлении долгосрочных тарифов) расходов «на проведение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, обеспечивающих достижение утвержденных целевых показателей...», а также на проведение мероприятий, обязательных для включения в программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности...». Именно к таким мероприятиям относится энергетическое обследование, и поэтому отказ

включения в тариф затрат на проведение такого энергоаудита, по нашему мнению, является незаконным.

Положения п. 1 ст. 24 определяют для бюджетного учреждения обязательное «снижение в сопоставимых условиях объема потребленных им воды, ... тепловой энергии, электрической энергии, угля в течение пяти лет не менее чем на пятнадцать процентов... с ежегодным снижением такого объема не менее чем на три процента». Не вдаваясь в спор об отнесении к бюджетным учреждениям дотационных городских систем и предполагая дальнейшую возможность распространения этого положения на коммунальные предприятия (водоканалы), рассмотрим возможные резервы для достижения такого требования.

В ходе участия в разработке одного из разделов программы энергосбережения МУП «Водоканал» г. Архангельска перед автором встал вопрос о способах достижения 3%-ного ежегодного снижения энергопотребления. После краткого предварительного рассмотрения стало очевидно: заменой лампочек и снижением теплопотерь в зданиях, строениях и сооружениях обойтись не удастся. На коммунальных предприятиях водоснабжения и водоотведения основные резервы энергосбережения лежат в технологии, поэтому львиная доля энергоаудита водоканала должна приходиться на технологическую часть (трубопроводы и сооружения), а не на офисно-складскую.

Оставляя за пределами прямого рассмотрения трубопроводные сети, отметим важность обнаружения значительных утечек. Следует сказать



Олег Адольфович Штейнмиллер

Родился 29 декабря 1961 года в г. Карпинске. В 1979 году после окончания Московского суворовского училища поступил в Ленинградский кораблестроительный институт.

В 1985 году получил диплом по специальности «Прикладная и вычислительная математика».

С 1983-го по 1993 год работал в головном отраслевом институте ЦНИИ «Румб», где занимался оценкой эффективности судов и кораблей.

С 1994-го по 1995 год руководил инвестиционной компанией, а в 1996 году перешел на работу на предприятие, входящее в группу «Промбурвод», где прошел путь до заместителя генерального директора. В том же году возглавил ЗАО «Промэнерго», бессменным руководителем которого является и в настоящее время.

Трудовая деятельность Олега Адольфовича в ЗАО «Промэнерго» связана с разработкой и реализацией различных проектов водоснабжения и водоотведения, в том числе для портовых сооружений. Среди них можно отметить строительство систем противопожарного водоснабжения в портах Новороссийска (2000–2001 гг.), Приморска (2001 г.), Санкт-Петербурга, Усть-Луги, Туапсе и др.

С 2003-го по 2007 год Олег Штейнмиллер принимал участие в реализации адресной программы ГУП «Водоканал СПб» по оснащению повысительными насосными станциями домов повышенной этажности, а с 2008-го по 2011 год – в разработке и реализации проектов реконструкции системы дезинфекции водозаборных сооружений



и ряда КНС в г. Архангельске (тендеры ЕБРР).

В 2010 году О.А. Штейнмиллер защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «Оптимизация насосных станций систем водоснабжения на уровне районных, квартальных и внутридомовых сетей» в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете.

После перехода строительной отрасли на саморегулирование Олег Адольфович принял активное участие в процессе формирования СПО и вошел в состав органов управления СПО НП «Инженерные системы – проект» и СПО НП «Инженерные системы – монтаж». В 2010 году О.А. Штейнмиллер был избран на пост председателя Совета СПО НП «Инженерные системы – аудит».

о принципиальной возможности выборочными ремонтами установленных приборным обследованием сегментов (на уровне 2–3% протяженности сети) сократить потери на 10–1% (при сочетании с методами снижения давления в сетях), т.е. снизить объемы подачи воды и, соответственно, стоков с пропорциональным снижением энергопотребления насосами и нагрузки на очистные сооружения. При этом оказываемый потребителям объем услуги следует признать неизменным.

Рассмотрение энергосберегающего потенциала технологических сооружений водоканалов можно начать с различных очистных сооружений, из которых следует особо отметить резервы повторного использования промывных вод при внедрении современных технологий обезжелезивания осадка, что позволяет сократить объемы перекачки сырой воды на первом подъеме на 15–20% с соответствующим снижением энергозатрат.

Основные резервы энергосбережения для водоканалов лежат в области реконструкции насосных станций (далее – НС) систем подачи и распределения воды, а также канализационных НС. Затраты на электроэнергию могут быть существенно снижены в силу оптимального подбора насосов с высоким КПД системы в рабочих точках, сохраняющимся в течение длительных периодов эксплуатации. Накопленный опыт позволяет определить очередность работ, с тем чтобы, например, ежегодные результаты реконструкции части повысительных НС, на каждой из которых реально сокращение энергозатрат на 25–50%, приводили к снижению общего энергопотребления всех повысительных НС не менее чем на 3%. По оценкам автора, реальные резервы снижения энергопотребления на от-

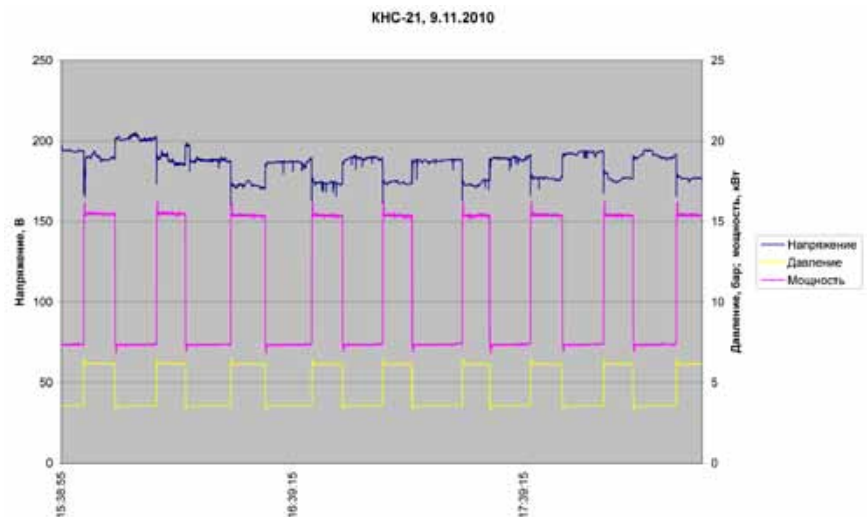


Рис. 1

дельных канализационных НС могут колебаться от 15 до 30% от имеющегося уровня. Приведенные оценки скорее всего несколько занижены.

За последние годы произошли изменения в подходах к подбору насосного оборудования (в т.ч. в плане исключения избыточности параметров) и в техническом уровне оборудования. Разработка решений при подготовке реконструкции НС требует наличия **методического и технического (диагностического) обеспечения**. Реальная программа модернизации всех НС может быть разработана только на основе приборного параметрического обследования режимов работы станций, что должно являться составной частью энергоаудита.

Наиболее действенным для проведения обследований является разработанный и запатентованный с участием автора мобильный измерительный комплекс (МИК). Использование МИК для параметрических обследований НС в ходе энергоаудита позволяет получить информацию как об энергоэффективности работы существующего насосного оборудования, так и в целом о состоянии арматуры и трубопроводов НС. С помощью входящего в состав МИК программного обеспечения (разработка ЗАО «Промэнерго») на основе полученных измерительных данных можно не только оценить состояние существующей НС, но и провести подбор оборудования для реконструкции. ПО также позволяет смоделировать работу станции при условии установки подобранного оборудования как при сохранении режимов водопотребления, так и с учетом прогнозируемого изменения. Имеется возможность рассмотреть различные варианты реконструкции и выбрать наиболее эффективный из них как с точки зрения

энергоэффективности, так и по срокам окупаемости.

Для иллюстрации изложенного выше приведем несколько примеров.

#### МУП «Сыктывкарский ВК»

Работы проводились в ноябре-декабре 2010 года в рамках договора на параметрическое обследование. По договору было обследовано по три канализационные и водопроводные станции, а также насосное оборудование водозабора.

**КНС № 21** построена по стационарному горизонтальному варианту, с приемным колодцем, на базе насосов сухой установки. Насосы разделены на три группы агрегатов. Первая группа – соединенные гидравлически последовательно насосы № 1 и № 2, вторая группа – соединенные гидравлически последовательно насосы № 3 и № 4, третья группа – один резервный. Установленная мощность электродвигателей насосов – 22 кВт. Алгоритм работы традиционный – по уровням. При низком уровне работает один (основной) насос, при превышении установленного значения подключается второй насос, который работает до необходимого снижения уровня. При обследовании канализационной станции были получены результаты, приведенные на диаграмме рис. 1.

Анализ диаграммы позволил сделать **следующие выводы:**

- основной насос, работающий в непрерывном режиме, развивает недостаточный напор, что приводит к низкой производительности. В этом режиме КПД работы агрегата составляет 28% при потребляемой активной мощности 7,5 кВт. Данный режим является неэффективным;
- при совместной работе насосов развивается напор 63 м. С учетом

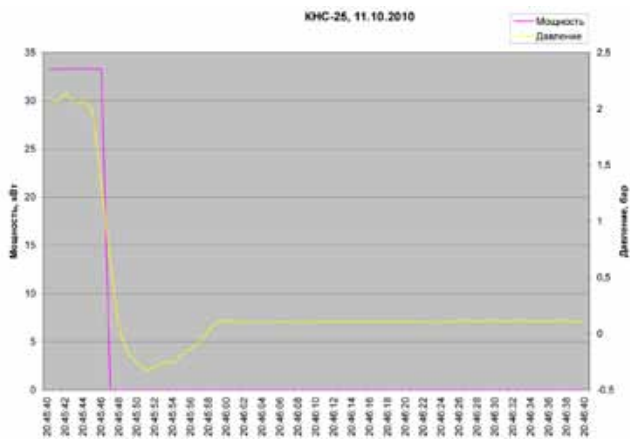
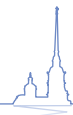


Рис. 2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ							МОДЕЛЬ				
Дата	Время	Давление вход. бар	Давление выход. бар	Расход, м³/час	Мощность, кВт	КПД, %	Исходный расход, м³/час	Среднее давление, бар	Максимальное давление, бар	Минимальное давление, бар	Мин. ст. расход, м³/час
24.11.2010	12:57	1.7	3.03	22.52	10.0	20.8	27.97	30.03	3	4.41	25.4
24.11.2010	12:58	1.73	3.04	21.53	10.0	20.7	27.98	30.25	3.0	4.41	25.2
24.11.2010	12:59	1.66	3.23	20.43	10.0	20.1	27.97	30.45	3.0	4.41	25.0
24.11.2010	13:00	1.57	3.02	20.28	10.0	20.0	27.91	30.70	3.0	4.41	24.7
24.11.2010	13:01	1.66	3.04	21.18	10.0	20.5	27.91	30.70	3.0	4.41	24.6
24.11.2010	13:02	1.67	3.31	20.42	10.0	20.2	27.97	30.42	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:03	1.67	3.34	19.18	10.0	20.7	27.91	30.38	3.0	4.41	25.2
24.11.2010	13:04	1.66	3.26	18.52	10.0	20.5	27.72	30.82	3.0	4.41	24.8
24.11.2010	13:05	1.7	3.08	17.52	10.0	20.7	27.91	30.82	3.0	4.41	24.3
24.11.2010	13:06	1.65	3.04	16.8	10.0	20.3	27.91	30.81	3.0	4.41	24.6
24.11.2010	13:07	1.64	3.23	15.77	10.0	20.2	28.20	30.90	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:08	1.67	3.02	14.71	10.0	20.6	28.50	30.71	3.0	4.41	24.6
24.11.2010	13:09	1.6	3.21	13.54	10.0	20.7	28.80	30.56	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:10	1.62	3.03	12.53	10.0	20.7	29.10	30.40	3.0	4.41	24.7
24.11.2010	13:11	1.61	3.21	11.79	10.0	20.9	29.40	30.25	3.0	4.41	24.7
24.11.2010	13:12	1.6	3.23	11.21	10.0	20.7	29.80	30.03	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:13	1.6	3.02	10.78	10.0	20.2	30.00	29.73	3.0	4.41	24.6
24.11.2010	13:14	1.6	3.06	10.47	10.0	20.6	30.30	29.47	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:15	1.71	3.03	9.53	10.0	21.0	30.60	29.20	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:16	1.67	3.04	8.81	10.0	20.9	30.90	28.93	3.0	4.41	24.6
24.11.2010	13:17	1.67	3.06	8.34	10.0	20.4	31.20	28.66	3.0	4.41	24.7
24.11.2010	13:18	1.67	3.08	7.87	10.0	20.7	31.50	28.40	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:19	1.66	3.07	7.21	10.0	20.7	31.80	28.14	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:20	1.66	3.07	6.54	10.0	20.7	32.10	27.88	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:21	1.66	3.07	5.87	10.0	20.7	32.40	27.62	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:22	1.68	3.08	5.41	10.0	20.7	32.70	27.36	3.0	4.41	24.9
24.11.2010	13:24	1.67	3.0	5.00	10.0	20.7	33.00	27.10	3.0	4.41	24.9

Рис. 3

производительности (около 110 м³/ч) КПД совместной работы агрегатов составляет 59...64% при потребляемой активной мощности 31 кВт на 2 насоса;

**и рекомендовать:**

- на существующем оборудовании исключить режим, при котором работает один насос, заменив его одновременным (возможно, с задержкой) включением пары насосов. Для сохранения частоты включений необходимо установить датчики уровня в новые положения (при максимальном поступлении сточных вод 65 м³/ч для сохранения частоты включений уровни включения-отключения должны отличаться не менее чем на 1 м).

Интересный результат был получен при обследовании **КНС № 25**. По своей конструкции и логике работы это сооружение аналогично КНС-21 с тем только отличием, что перекачка осуществляется одиночными насосами. Измерениями было установлено, что насос имеет чрезвычайно низкую производительность (Q = 31 м³/ч, H = 21 м) при потребляемой мощности порядка 32 кВт.

Возможность записи параметров с секундным интервалом позволила определить причины низкой эффективности работы насоса. При детальном анализе диаграмм параметров выяснилось (см. диаграмму рис. 2), что после отключения насоса в напорном коллекторе наблюдается провал давления, причем давление падало «ниже нуля». При сравнении диаграмм разных КНС было определено, что данное явление наблюдается только на данной КНС. Таким образом, удалось установить и возможную причину – засор впускного коллектора.

**ОАО «Кингисеппский водоканал»**

В качестве примера работ по водопроводным (повысительным) станциям приведем результаты работ,

выполненных по заказу водоканала г. Кингисеппа в конце 2010 – начале 2011 года. По данным энергообследования существующих повысительных **НС (№ 2 и № 10)**, было подобрано (при помощи моделирования) новое, наиболее энергоэффективное оборудование (комплектные 5-насосные установки МАНС производства ЗАО «Промэнерго» на базе насосов CR Grundfos), и затем выполнена модернизация – поставка, монтаж и пусконаладка. Пример работы программы моделирования (для ПНС

№ 10) приведен на рис. 3.

Для работы программы используются первичные данные, полученные с помощью МИК, задаются тип насоса и желаемый уровень выходного давления. Программа работает исходя из требования сохранения расхода и уровня входного давления. По модели станции рассчитываются параметры энергоэффективности ее работы по каждому набору параметров.

Таким образом, методическое определение наиболее энергоэффективного

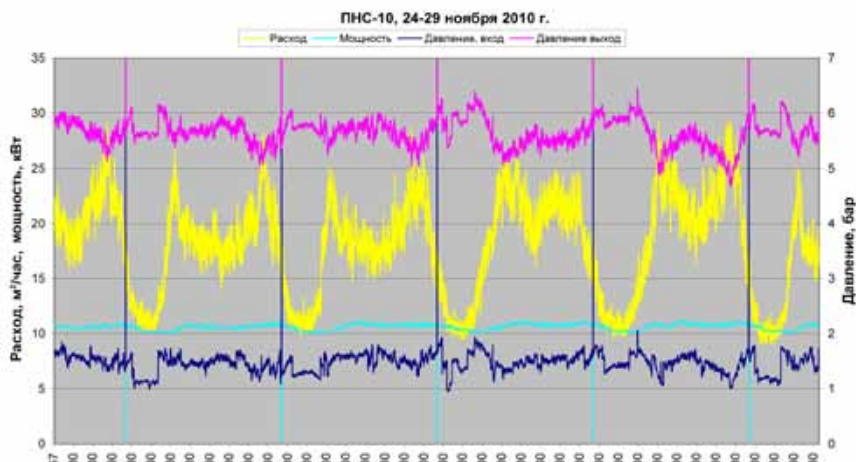


Рис. 4

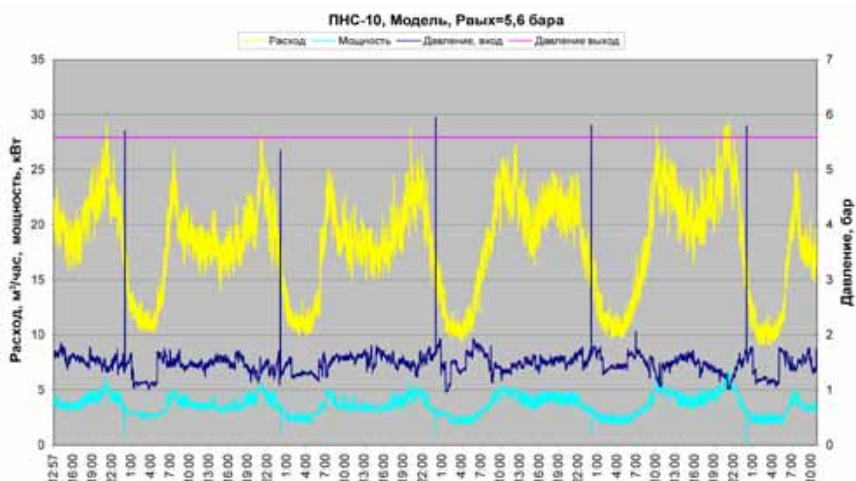
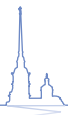


Рис. 5





варианта замены насосного оборудования состоит из трех этапов: параметрического обследования, подбора возможных вариантов оборудования и моделирования с выбором оптимального варианта с учетом стоимости жизненного цикла.

### ПНС-10. Результаты обследования и моделирования

На станции установлено два повысительных насоса. Насосы разделены на основной и резервный, работа поочередная, переключение ручное. Установленная мощность электродвигателей обоих насосов – 15,5 кВт. Обвязка и арматура находятся в рабочем состоянии.

Ввод электропитания осуществляется по двум вводам, автоматический ввод резерва отсутствует, переключение ручное.

Обследование станции проводилось в период с 11:57 24 ноября по 10:47 29 ноября 2010 года на рабочем насосе, переключение насосов не проводилось.

При проведении обследования фиксировались следующие параметры – потребляемая мощность рабочего насоса, давление в подводящем и напорном коллекторах, расход.

Результаты представлены на диаграмме рис. 4.

За время наблюдений установлено:

- в зависимости от времени суток расход изменяется в пределах (9,39...29,3) м<sup>3</sup>/час при изменении потребляемой мощности (11,5...12,4) кВт;
- пиковое значение расхода 29,3 м<sup>3</sup>/час при напоре 3,9 бара, мощности 12,4 кВт;
- максимальный напор насоса составил 4,53 бара при расходе 10,3 м<sup>3</sup>/час;
- кратность по расходу составляет 2,64 раза – (11,1...29,3) м<sup>3</sup>/час;
- входное давление изменяется в диапазоне (0,95...1,87) бара;
- выходное давление изменяется в диапазоне (5,02...6,36) бара;
- среднесуточная потребляемая мощность по рабочим дням – 11,79 кВт;
- среднесуточная потребляемая мощность по выходным дням – 11,9 кВт.

По результатам обследования принято решение о замене насосного оборудования на малогабаритную автоматическую насосную станцию «МАНС МультиПро 5CR10-5» («Промэнерго»), состоящую из пяти насосов CR10-5 (Grundfos) с системой управления, которая обеспечивает частотное управление насосами по уровню выходного давления. Аппаратура также включает в себя модуль диспетчеризации (МАНС View), что позволит дистанционно проводить контроль параметров и управление работой станции.

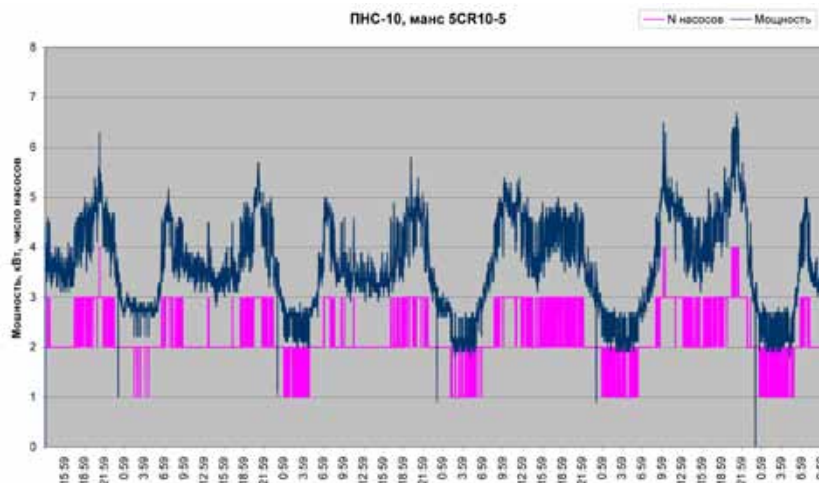


Рис. 6

Работа выбранной станции была промоделирована с помощью специализированного программного обеспечения. Моделирование проводилось при условии поддержания выходного давления на уровне 57 м вод. ст. (5,6 бара), в качестве исходных брались измеренное входное давление и требуемый расход. Результаты моделирования представлены на рис. 5 и 6.

Моделированием установлено:

- выбранная насосная станция обеспечивает поддержание требуемого давления в напорном трубопроводе при всех режимах водопотребления;
- основное водопотребление обеспечивается работой трех насосов (два в сетевом режиме, один – под управлением частотного преобразователя). Максимальное водопотребление обеспечивается работой четырех насосов;
- среднесуточная потребляемая мощность по рабочим дням – 3,53 кВт;
- среднесуточная потребляемая мощность по выходным дням – 3,74 кВт.

### Энергоаудит

Полагая, что в году 120 выходных

и 245 рабочих дней, получаем следующее годовое снижение расхода электроэнергии:  $[(11,9-3,74)*120 + (11,79-3,53)*245]*24 = 72069,6 \text{ кВт*час}$ .

При едином суточном тарифе 2,85 руб./кВт\*час экономия составит 205 398 руб./год.

Таким образом, без учета снижения эксплуатационных затрат срок окупаемости реконструкции составит:  $717\,600/205\,398 = 3,49$  года (примерно 3 года 6 месяцев).

По завершении работ проведено контрольное параметрическое обследование модернизированных НС, которое показало крайне интересные результаты в части резервов энергосбережения (см. таблицу).

**Вывод.** Разработка программ энергосбережения для коммунальных предприятий должна опираться на результаты полноценного энергоаудита, в ходе которого, в свою очередь, следует обеспечить получение реальных данных путем инструментальных (приборных) обследований технологических процессов как основных потребителей электроэнергии.

Таблица.

### Результаты модернизации ПНС (г. Кингисепп) на основании данных энергоаудита

Контрольный параметр повысительной НС	ПНС № 2		ПНС № 10	
	до модернизации	после модернизации	до модернизации	после модернизации
Входное давление, бар	1,08–1,70	0,96–1,75	1,30–2,20	1,20–2,20
Выходное давление, бар	5,10–6,10	4,36–4,62	4,90–5,80	4,49–4,53
Минимальный расход, м <sup>3</sup> /ч	9,9	6,0	5,1	5,9
Максимальный расход, м <sup>3</sup> /ч	28,1	24,6	33,0	32,3
Общий расход за сутки, м <sup>3</sup>	435,0	329,0	443,6	391,0
Минимальная мощность, кВт	10,1	1,0	6,7	0,6
Максимальная мощность, кВт	10,7	4,4	8,7	5,3
Среднесуточная мощность, кВт	~10,67	~2,29	7,58	2,35
Расход электроэнергии за сутки, кВт*ч	256,0	54,9	182,0	56,5