

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
ИННОВАЦИОННЫЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

***В.Ю. Мельников***

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ЭНЕРГИИ ОБЪЕКТАМИ ГОРОДСКОГО  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Павлодар  
2015

**УДК 697.34**  
**ББК 38.761.1**  
**М 48**

**Рекомендовано Ученым Советом  
Инновационного Евразийского университета**

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор Южно-Уральского государственного университета **Кирпичникова И.М.**,  
кандидат технических наук, профессор Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова **Марковский В.П.**

**М 48 Мельников В.Ю.**

Повышение эффективности использования электрической энергии объектами городского водоснабжения: Учебное пособие / В.Ю. Мельников. – Павлодар: Инновац. Евраз. ун-т, 2015. – 120 с.

**ISBN 978-601-7380-96-0**

В учебном пособии проведен анализ существующих и поиск новых, инновационных методик, способов, оборудования, технических и технологических решений, повышающих эффективное использование энергетических ресурсов возобновляемых источников энергии, применяемых для систем водоснабжения и водоотведения. Учебное пособие предназначено для магистрантов, специализирующихся в области энергетической эффективности, энергосбережения, энергетического менеджмента и энергетического аудита, а также студентов бакалавриата и специалистов технических и экономических направлений

**УДК697.34**  
**ББК 38.761.1**

**ISBN 978-601-7380-96-0**

© Инновационный Евразийский Университет, 2015  
© Мельников В.Ю., 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

Определения .....	5
Условные обозначения и сокращения .....	9
Введение .....	10
1 Системы водоснабжения и водоотведения .....	14
1.1 Проблемы энергоэффективности в системах водоснабжения и водоотведения .....	14
1.2 Определение расчетных потерь водопровода .....	22
1.3 Конструкции и работа центробежных электронасосов .....	23
1.4 Выбор и экономичная эксплуатация электронасосов .....	24
2 Энергопотребление электронасосных систем .....	30
2.1 Потребление энергии центробежными электронасосами .....	30
2.2 КПД и энергопотребление центробежных электронасосов .....	31
3 Возможности эффективного использования энергии в системах водоснабжения и водоотведения .....	34
3.1 Пути повышения энергоэффективности электронасосных систем .....	34
3.2 Повышение энергоэффективности электронасосных установок .....	40
3.3 Энергосберегающие методы выбора электронасосов систем водоснабжения.....	44
3.3.1 Плавный пуск электродвигателей насосных установок.....	48
3.3.2 Частотные преобразователи для электронасосных установок.....	50
3.4 Мировая практика оценки энергоэффективности .....	50
3.5 Риски при выборе сложной техники .....	51
4 Методы и средства учета и анализа энергии в системах водоснабжения и водоотведения .....	55
4.1 Методы сравнительного анализа потребленной энергии .....	
4.2 Способы организации учета и анализа потребленной энергии .....	58
4.3 Рекомендации относительно внедрения учета и анализа использования энергии.....	63
4.4 Использование программного обеспечения.....	65
5 Мероприятия, технологии и оборудование для повышения энергетической эффективности .....	76
5.1 Разработка мероприятий, технологии и оборудования для снижения затрат электроэнергии на привод эксплуатирующихся насосов в системах водоснабжения и водоотведения .....	76

5.2 Программы энергосбережения и повышения энерго- эффективности в системах водоснабжения и водоотведения» .....	79
5.3 Энергосервисные компании и перфоманс-контрактинг .....	86
5.4 Техническое задание на энергоаудит и энергосбережение предприятия водоснабжения и водоотведения .....	96
Заключение .....	113
Список использованных источников .....	114

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Вторичный энергетический ресурс** – энергетический ресурс, полученный в результате осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующего вида энергетического ресурса.

**Класс энергетической эффективности** – характеристика продукции, отражающая ее энергетическую эффективность;

**Коэффициент полезного использования энергии**– отношение всей полезно используемой на энергопотребляющей установке энергии к суммарному количеству израсходованной энергии в пересчете ее на первичную энергию.

**Коэффициент полезного действия, к.п.д.** – величина, характеризующая совершенство процессов превращения, преобразования или передачи энергии, являющаяся отношением полезной энергии к подведенной.

**Непроизводительный расход энергетических ресурсов** – расход энергетических ресурсов, обусловленный несоблюдением требований, установленных национальными стандартами, а также нарушением требований, установленных иными нормативными актами, техническими регламентами и паспортными данными для действующей энергопотребляющей продукции.

**Показатель энергосбережения** – качественная и (или) количественная характеристика проектируемых или реализуемых мер по энергосбережению.

**Показатель энергоэффективности** – абсолютная или удельная величина потребления или потери энергетических ресурсов для продукции любого назначения, установленная национальными стандартами, стандартами организаций, системами добровольной сертификации.

**Полезная энергия** – энергия, теоретически необходимая (в идеализированных условиях) для осуществления заданных операций, технологических процессов или выполнения работы и оказания услуг.

**Потери энергии** – разность между количеством подведенной (первичной) и потребляемой (полезной) энергии.

**Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов -ТЭР** – использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), обеспечивающее максимальное достижение эффективности при существующем уровне развития техники и технологии.

**Экономия ТЭР** – сравнительное в сопоставлении с базисным значением сокращение потребления ТЭР на производство продукции (работ) установленного качества. Относительное сокращение расходования топливно-энергетических ресурсов, выраженное в снижении их удельных расходов на производство продукции, выполнение работ и оказания услуг установленного качества.

**Электроёмкость** – отношение производственных затрат электроэнергии к объёму выработанной продукции, выполненной работы.

**Энергетическая безопасность** – это: а) обеспечение адекватных, надёжных поставок энергии по разумным ценам и таким образом, чтобы не подвергать опасности основные национальные ценности и цели; б) энергия, доступная там и тогда, когда это необходимо, по предсказуемой цене; в) состояние защищённости отдельных граждан, общества, экономики и государства от угроз надёжному топливно- и энергообеспечению.

**Энергетический паспорт** – документ, отражающий баланс потребления энергетических ресурсов, показатели эффективности их использования в процессе хозяйственной деятельности организации, потенциал энергосбережения, а также сведения об энергосберегающих мероприятиях.

**Энергетический ресурс** – носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии).

**Энергетическая эффективность** – это: а) характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю. Энергетическая эффективность (или повышение энергетической эффективности) — выявление и реализация мер и инструментов с целью обеспечения удовлетворения

потребностей в услугах и товарах при наименьших экономических и социальных затратах на необходимую энергию и при минимальных расходах, необходимых для сохранения природной среды в гармонии с устойчивым развитием на местном, национальном, региональном и мировом уровнях.

**Энергетическое обследование** – сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте. Энергетическое обследование – (энергетический аудит) - определение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и разработка рекомендаций по их улучшению.

**Энергоменеджмент** – это совокупность знаний, принципов, средств и форм управления энергосбережением в целях снижения затрат на энергетические ресурсы. Система управления, направленная на обеспечение рациональное использование потребителями топливно-энергетических ресурсов.

**Энергопотребление** – физическая величина, отражающая количество потребляемого хозяйственным субъектом энергоресурса определенного качества, которая используется для расчета показателей эффективности.

**Энергосбережение** – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг). Деятельность (организационная, научная, практическая, информационная), направленная на рациональное использование и экономное расходование первичной и преобразованной энергии и природных энергетических ресурсов в национальном хозяйстве и реализуемая с использованием технических, экономических и правовых методов.

**Энергосберегающее оборудование** – техническое устройство, обеспечивающее эффективное потребление топливно-энергетических ресурсов энергопотребляющей продукцией или составная часть

энергопотребляющей продукции, обеспечивающая применение энергосберегающих технологий при потреблении топливно-энергетических ресурсов.

**Энергосберегающие (энергоэффективные) мероприятия** – мероприятия, направленные на внедрение и производство энергоэффективных продукции, технологий и оборудования.

**Энергосберегающая технология** – новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования ТЭР.

**Энергосберегающая политика** – административно-правовое и финансово-экономическое регулирование процессов эффективного использования и экономного расходования топливно-энергетических ресурсов. Административно-правовое и финансово-экономическое регулирование процессов добычи, переработки, транспортирования, хранения, производства, распределения и использования топливно-энергетических ресурсов с целью их рационального использования и экономного расходования.

**Энергоэффективный проект** – проект, направленный на сокращение энергопотребления, а именно: реконструкция сетей и систем поставки, регулирование и учет потребления воды, газа, тепловой и электрической энергии, модернизация оградительных конструкций и технологий производственных процессов.

**Энергоэффективная продукция, технология, оборудование** – продукция или метод, способ ее производства, обеспечивающие рациональное использование топливно-энергетических ресурсов в сравнении с иными вариантами использования или производства продукции одинакового потребительского уровня или с аналогичными технико-экономическими показателями.

**Эффективное использование энергетических ресурсов** – достижение экономически оправданной эффективности использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении требований к охране окружающей природной среды.

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ:

АД – асинхронный двигатель;

АСКУЭ – автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии;

АСТУЭ – автоматизированная система технического учета электроэнергии;

ВЭР – вторичные энергоресурсы;

ГВС – горячее водоснабжение;

ГПП – главная понизительная подстанция;

КПД – коэффициент полезного действия;

КИП – контрольно-измерительные приборы;

ПС – подстанция;

РУ – распределительное устройство;

РЭК – распределительная электроэнергетическая компания;

САУ – система автоматического управления;

ТЭО – технико-экономическое обоснование;

ТЭР – топливно-энергетические ресурсы;

ТП – трансформаторная подстанция;

ЦН – центробежный насос;

ЧРП – частотно-регулируемый привод;

ЭДС – электродвижущая сила;

ЭП – электропривод.

В данном учебном пособии использованы традиционно применяемые в технической и справочной литературе по электроэнергетике, энергосбережению и энергетической эффективности, энергетическому аудиту и энергетическому менеджменту единицы измерения физических величин: ампер – А, вольт – В, ом – Ом, киловатт – кВт, мегаватт – МВт, герц – Гц, киловатт-час – кВт\*ч и другие.

## ВВЕДЕНИЕ

Нехватка качественной питьевой воды на сегодняшний день приобрела всемирную остроту из-за все нарастающих экологических, экономических и технических проблем.

Международная конференция экологов еще в 2008 году констатировала, что во многих странах на территории СНГ уже нет наземных источников воды 1-4 категорий, то есть пригодной для питья. Все чаще необходимую воду приходится либо добывать из километровых глубин, либо подвергать многоэтапной физико-химической очистке, доводя до требуемых стандартов качества жизнеобеспечения.

Если учесть масштабы расходования этого природного ресурса, экономия воды и энергии, затраченной на ее подготовку, остается важной, как никогда, проблемой, требующей серьезного изучения и технологически рациональных решений на основе подготовки инженерных и административно-управленческих кадров нового поколения.

Мероприятия, благодаря которым становится возможной существенная экономия воды и энергетических ресурсов, вырабатываются в ходе обследования предприятия и входят в общую программу повышения энергетической эффективности, .

Вода используется в любом промышленном производстве, причем в поистине гигантских масштабах. Поэтому задачи по экономии ресурсов относятся не только к экономии энергоносителей. Экономия воды как одного из основных жизнеобеспечивающих ресурсов также становится частью программы ресурсосбережения.

В число основных мер повышения энергетической эффективности могут входить: устранение течей и потерь воды во время ее транспортировки к потребителю; внедрение автоматизированных систем подачи воды; разделение систем водоснабжения для раздельной подачи питьевой воды и воды для технических нужд; оснащение предприятий, организаций, жилищно-коммунального сектора приборами учета расходования воды, использование двух- и трехставочных счетчиков для различных категорий производств в зависимости от их технологического цикла и организации производства; монтаж систем замкнутого цикла для повторного использования очищенной воды.

Основной упор в рамках задач повышения энергетической эффективности, в частности, энергетического аудита, делается на то, что экономия воды как производственного ресурса должна привести к снижению затрат энергоносителей на ее транспортировку к месту потребления.

В данном учебном пособии представлен анализ существующих, а также новых, инновационных методик, способов, технических и технологических решений и оборудования, направленных на повышение эффективности использования энергетических ресурсов, а также технологий возобновляемых источников энергии, применяемых для систем водоснабжения и водоотведения.

Представлены основные направления в изучении возможностей для повышения энергетической эффективности систем водоснабжения и водоотведения на основе применения и создания инновационных методов, средств и технологий.

В работе обобщены научно-технические и научно-методические основы создания и применения комплексного подхода, учитывающего в решении задач энергосбережения и повышения энергетической эффективности систем водоснабжения и водоотведения электрические, электромеханические и гидравлические факторы, а также технологические режимы водоснабжения и водоотведения.

Для теоретического изучения и практических исследований в данном учебном пособии приведены следующие инновационные научно-технические предложения и практические решения:

- Научно-обоснованные предложения по обеспечению параметров энергосбережения и энергетической эффективности систем водоснабжения и водоотведения на основе применений технологий перформанс-контрактинга;
- Предложена научно-обоснованная методика проведения энергетического обследования основного технологического и вспомогательного оборудования крупных городских систем водоснабжения и водоотведения;
- Разработана и повышена энергетической эффективности предприятий водоснабжения и водоотведения, основанная на лучших мировых практиках и применимая для систем водоснабжения и водоотведения крупных городов;

- Разработана и предложена научно-обоснованная методика создания гидравлической модели системы водоснабжения и водоотведения, использование которой, в частности, на примере предприятия, обеспечит снижение издержек, повышение надежности и безаварийной работы трубопроводной системы предприятия в целом, а также снизит уровень электропотребления.

Практическая ценность учебного пособия заключается в том, что полученные знания и навыки обеспечат более гармоничное и эффективное внедрение в эксплуатационную, проектную и исследовательскую практику результатов, направленных на повышение энергетической эффективности в системах водоснабжения и водоотведения.

Использованы аналитические и практические методы, научные и методические материалы, специализированные программные продукты, приборы и техническое оборудование различных известных фирм и организаций, а также научно-исследовательского института «Энергоресурсосберегающих технологий», учебно-исследовательской лаборатории «Возобновляемые источники энергии» Инновационного Евразийского университета и предприятия водоснабжения и водоотведения «Астана су арнасы».

Использованы методы теории научного познания, научно-техническое обобщение литературных источников и интернет ресурсов, а также методы: теории электрических цепей, теории моделирования; теории электрических машин и электромеханических систем; теории гидравлических и механических систем; теории оптимизации; экономико-математические методы; методы математического и компьютерного моделирования.

В данном учебном пособии представлены:

- Предложения по обеспечению параметров энергосбережения и – энергетической эффективности систем водоснабжения и водоотведения на основе применений технологий перформанс-контрактинга, обеспечивающие повышение устойчивости и качества выполнения внедренческих работ в области энергосбережения и энергетической эффективности, а также снижения нагрузки на бюджет путем привлечения инвестиций для выполнения работ по повышению энергетической эффективности в бюджетной сфере;

- Методика и программа проведения энергетического обследования основного технологического и вспомогательного оборудования, применимая для крупных городских систем водоснабжения и водоотведения;
- Методика создания и осуществления программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности предприятий водоснабжения и водоотведения, основанная на лучших мировых практиках и рекомендованная для систем водоснабжения и водоотведения крупных городов;
- Методика создания гидравлической модели системы водоснабжения и водоотведения, использование которой, обеспечит снижение издержек, повышение надежности и безаварийной работы трубопроводной системы предприятия в целом, а также снизит уровень электропотребления.

Основное содержание данного учебного пособия обсуждалось на: заседаниях научно-методического семинара кафедры «Электроэнергетика» и департамента «Энергетика и металлургия»; на заседаниях научно-технического совета НИИ «Энергоресурсосберегающих технологий» и научно-методического совета Инженерной Академии Инновационного Евразийского университета; на техническом совете предприятия «Астана су арнасы»; на заседаниях специализированных секций конференций, семинаров и совещаний по системам водоснабжения и водоотведения и по вопросам инвестиций энергосбережения.

Данная работа выполнялась в рамках плана по Программе энергосбережения и повышения энергетической эффективности НИИ «Энергоресурсосберегающих технологий» Инновационного Евразийского университета, плана энергосбережения и повышения энергетической эффективности систем водоснабжения и водоотведения предприятия «Астана су арнасы» г. Астана, а также в рамках сотрудничества с проектом «USAID – Казахстанская Программа противодействия изменению климата» (2014-2015 гг.).

# 1 СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

## 1.1 ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

В общем энергопотреблении в системах водоснабжения и водоотведения более 90% составляют электронасосные системы. В связи с быстро растущими ценами на энергоресурсы остро встают вопросы повышения энергетической эффективности систем водоснабжения и водоотведения.

Этим объясняются ужесточения требований международных и Европейских норм (ISO и EN) как к эффективности использования энергоносителей, так и к качеству электронасосного оборудования. Международная ассоциация европейских производителей насосов Euroump ввела новую одобренную схему маркировки насосов. Основанием необходимости такой маркировки явилось то, что существуют большие различия в уровнях энергопотребления и технологического развития Восточной и Западной Европы. При этом только чуть более двадцати процентов установленных в странах Европейского Союза насосных систем были оптимизированы по потребляемой энергии [1].

Схема энергетической маркировки ориентирована на потенциал энергосбережения, связанный с растущим мировым научно-техническим прогрессом. Она описана в добровольном соглашении "Промышленные обязательства", выработанном организацией Euroump. В настоящее время это соглашение подписали четыре европейских производителя насосов, лидирующие позиции среди которых принадлежит концерну Grundfos. Промышленные обязательства включают в себя унифицированную схему классификации и основаны на индексе энергетической эффективности EEI (Energy Efficiency Index), который формируется на основе годового профиля нагрузки и может распространяться на системы с примерно одинаковым профилем нагрузки. Подписанием соглашения по энергетической маркировке производители насосов обязуются маркировать все электронасосное оборудование.

Действующие на территории Российской Федерации и большинства стран СНГ Строительные нормы и правила (СНиП), стандарты, технические условия, иные нормативные и технические документы в области проектирования и строительства насосных

станций не отвечают современным требованиям в части энергоэффективности и требуют коренного изменения.

Например, в табл.4. ГОСТ 10428-89 указан электронасосный агрегат ЭЦВ 4 с производительностью  $Q = 6,5$  м<sup>3</sup>/ч с напором  $H = 4$  бар, к.п.д. = 38%, диаметр агрегата 95мм. С такими же параметрами по  $Q$  и  $H$  насос SQE имеет диаметр 74 мм, а к.п.д. = 44 %. Аналогичных сравнений можно привести и по другим насосным агрегатам. В пособии к СНиП 2.04.02-84 по проектированию автоматизации и диспетчеризации систем водоснабжения имеется указание, противоречащее основополагающему принципу энергосбережения любых насосных станций, что "... обычно системы автоматического регулирования с регулируемым электроприводом (ЭП) целесообразно применять в насосных установках сравнительно большой мощности (75-100 кВт и выше)". В настоящее время все производители насосов создают встроенные системы автоматизации для любых типоразмеров насосного оборудования. Таких примеров несоответствия можно привести достаточно много.

Использование высококачественных материалов (нержавеющая сталь, бронза, современные полимерные материалы), новые технологии производства позволили получить хорошие технические характеристики при высокой долговечности основных узлов и деталей насосов. Внедрение новейших достижений техники, контроль качества и сервисное обслуживание в процессе эксплуатации должно обеспечивать полное соответствие не только европейским стандартам: DIN-EN-ISO 9001:1994 и EN 60335, директивам по безопасности механизмов (89/392/СЕЕ), напряжению (73/23/СЕЕ), электромагнитной совместимости (89/336/СЕЕ), уровню звука (2000/14/СЕЕ), но и действующим в СНГ стандартам и нормативам.

Наряду с высоким качеством насосов, новыми технологическими возможностями насосов, включающими в себя регулирование производительности, встроенные системы автоматизации, модули управления и другое, применяемые новые методологии оптимального выбора насосов стали основой в разработке современных технических требований к электронасосному оборудованию и насосным станциям.

В основе методики расчета и выбора насосного оборудования, заложенной в старых технических нормативных документах, которые до сего времени используют проектировщики и эксплуатационники,

лежат устаревшие подходы. Они базируются, как правило, на выборе насосов из каталогов по предварительно заданным расходу (подаче -  $Q$ ) и давлению (напору -  $H$ ) и практически не рассматривают насосную систему как комплексную, единую и целостную систему водоснабжения и водоотведения с разнообразными технологическими связями, множеством технических и экономических показателей - критериев.

Экономические критерии: стоимость жизненного цикла, расход электроэнергии, длительность времени полезного использования, а также критерии надежности оборудования - срок службы, межремонтный период и другие показатели в большинстве своем не анализируются за прогнозный период работ. Но эти критерии определены в ряде международных нормативных документов, из которых следует выделить "Пособие по анализу стоимости жизненного цикла насосов", разработанного в 2001 г. институтом Гидравлики США, и ассоциацией Europump [2]. Количество энергии и материалов, используемых насосной системой, зависят от вида насоса, вида установки и способа эксплуатации системы. Эти факторы должны быть тщательно подобраны друг к другу, обеспечивая в течение своей работы наименьшее потребление энергии, наименьшие эксплуатационные затраты, другие преимущества.

Анализ стоимости жизненного цикла - это инструмент, позволяющий минимизировать величину затрат, максимизировать энергоэффективность насосных систем, снизить количество выбросов и способствовать сохранению природных ресурсов. Основными составляющими стоимости жизненного цикла обычно являются: первоначальная стоимость установки, затраты на электроэнергию, эксплуатационные расходы, стоимость ремонта и другое. Анализ стоимости жизненного цикла позволяет выявить наиболее эффективное проектное решение для электронасосных систем.

Анализ стоимости жизненного цикла показал, что, по сравнению с новыми современными электронасосными системами, длительно эксплуатирующиеся электронасосные системы предоставляют больше возможностей для сокращения непроизводительных энергозатрат.

Сохранение энергии путем совершенствования оборудования или систем управления насосами, может достигать более 30%. Для

большинства оборудования, стоимость энергии и эксплуатационные расходы в течение жизненного цикла превосходят остальные составляющие стоимости.

Поэтому, наряду с ожидаемой стоимостью технического обслуживания и материалов, важно точно определить текущую стоимость энергии, ожидаемый ежегодный рост цен на энергию в течение оцениваемого периода жизненного цикла электронасосной системы.

Для объективной оценки находящегося в эксплуатации электронасосного оборудования, должны быть проведено обследование электронасосных систем и собрана достоверная информация относительно особенностей ее эксплуатации. Использование недостоверной, неправильной или неточной информации приводит к получению неточных результатов.

Электронасосные системы, как правило, имеют срок использования от 15 до 20 и более лет. За этот период эксплуатационные затраты имеют различный характер; некоторые виды затрат имеют место на начальном этапе эксплуатации, другие - появляются в разное время в более поздний период эксплуатации.

Поэтому необходимо определять текущую или дисконтированную стоимость жизненного цикла, чтобы точно оценить различные варианты создания, проектирования и применения электронасосных систем.

Такой анализ связан с различными оценками, которые характеризуют элементы электронасосной системы, а именно - сравнение различных видов насосов, средств их контроля и управления. Необходимо также учитывать эксплуатационные затраты, в том числе, включая стоимость запасных частей и принадлежностей, которые поставляются при покупке оборудования.

Следует также определиться с технологической схемой электронасосной системы. Чем меньше диаметр труб, тем меньше их стоимость, тем меньше затраты на арматуру, строительство и монтаж. Меньшие диаметры требуют более мощных насосов и, соответственно, относительно больших эксплуатационных затрат. К тому же, меньшие размеры труб на входе насоса уменьшают кавитационный запас насоса, что, в свою очередь, потребует применения более мощного и более дорогого электронасоса.

Качество оборудования относительно материалов с характеристиками износостойкости, которые увеличивают срок службы электронасоса, может сказаться на более высоких первоначальных затратах, но снизит в итоге стоимость жизненного цикла.

В процессе проектирования наиболее сложной является сравнительная оценка стоимостных характеристик электронасосного агрегата (насос-электродвигатель), отнесенная к потребностям системы с переменными в большом диапазоне режимами работы по производительности и давлению. Кроме того, с течением времени эксплуатации могут существенно возрасти потери напора в трубах, как по причине увеличения их сопротивлений в связи с зарастанием, так и обусловленные увеличением требуемой производительности гидравлической системы.

Поэтому проектировщики с целью гарантированной работы насосной системы устанавливают насосное оборудование с вполне определенным запасом; параметры этого запаса по напору и производительности могут значительно превышать требования, установленные для работы электронасосного оборудования в нормальных условиях эксплуатации.

Это также приводит к дополнительному увеличению расходов на материалы, монтаж и эксплуатацию.

Количество потребляемой электрической энергии, материалов и оборудования систем водоснабжения и водоотведения зависят от типа электронасоса, вида технологической установки, режимов работы, способов и режимов эксплуатации. При этом должны обеспечиваться наименьшее потребление энергии и наименьшие эксплуатационные затраты.

Первоначальная цена приобретения электронасосного оборудования для большинства широко применяемых насосов составляет лишь малую часть стоимости затрат на обеспечение всего периода их жизненного цикла. Хотя требования по эксплуатации могут иногда перевесить решения относительно стоимости энергии, однако все еще можно найти оптимальное решение. Правильное проектирование электронасосной системы является наиболее важным элементом минимизации стоимости затрат жизненного цикла.

Все электронасосные системы состоят из насоса, электрического двигателя, системы трубопроводов определенной конфигурации,

средств контроля и управления. И все эти элементы должны рассматриваться с учетом индивидуальных особенностей для эффективной работы в едином комплексе.

Правильный проект учитывает взаимодействие насоса с остальной системой и рассчитывает точку работы. Должен быть произведен расчет характеристик системы трубопроводов для определения наиболее подходящего по параметрам электронасоса. Это применяется как для простых систем, так и для более сложных и разветвленных гидравлических систем. При проектировании новых насосных систем их оптимизации может обеспечить экономию стоимости и энергии в диапазоне от 20 до 50 и более процентов. Наибольший эффект может быть получен на новых электронасосных системах ввиду того, что в проектах насос может быть включен одной из переменных составляющих оптимизации.

К сожалению, в своем подавляющем большинстве проектировщики систем водоснабжения и водоотведения используют традиционный подход, при котором решаются задачи гидравлического расчета насосных систем с заданными параметрами (расходом и давлением) и не выполняют задач и условий по оптимизации потребляемых энергетических ресурсов.

Наличие огромного числа переменных в сложных электронасосных системах делает такую оптимизацию достаточно сложной процедурой, даже с использованием современных методов гидравлического анализа на основе применения компьютерных технологий.

При традиционном подходе проектировщик проводит технологический анализ электронасосных систем с применением формул и методов вычисления, после чего производятся соответствующие расчеты. Определяются размеры трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры и т.д., а затем производится подбор электронасосов. Технический анализ производится для исследования режимов работы электронасосной системы. Такой анализ наиболее приемлем для оценки эффективности работы существующей электронасосной системы или вновь проектируемого объекта водоснабжения.

Даже с помощью современного программного обеспечения гидравлического моделирования, когда имеется возможность подбора различных конфигураций труб и насосов на компьютере,

проектировщиками крайне редко делается сравнение их стоимостных показателей. Следует также отметить, что при проектировании традиционным подходом нет возможности тщательно анализировать особенности эксплуатационных режимов работы насосных систем.

В проблеме эффективного использования электроэнергии особое место занимают вопросы применения регулируемого электропривода - ЭП насосов посредством использования устройств, изменяющих частоту вращения насосного агрегата в зависимости от оптимального технологического режима их работы.

Обоснованность правильного выбора того или иного способа регулирования и конкретного оборудования должна определяться четкой методологией расчета экономических показателей эффективности путем сравнения различных вариантов. Упрощенный подход часто приводит к неоправданным техническим решениям и низкой эффективности применения установок регулируемых по производительности электронасосных агрегатов.

Известно, что сам по себе регулируемый ЭП не может дать значительной экономии электроэнергии. Здесь должен решаться целый комплекс вопросов, связанных в первую очередь с определением оптимальных технологических режимов работы соответствующего оборудования и внедрением систем автоматического управления - САУ с использованием регулируемого ЭП, который является основным элементом этой системы.

Для систем водоснабжения и водоотведения характерно наличие разнообразных технологических процессов забора, подготовки, хранения, подачи и распределения воды, а также сбора, отвода и очистки сточных вод, которые необходимо учитывать при разработке схемы управления [3].

Расход электрической энергии зависит от производительности очистных сооружений, использованной технологии, выбора сооружений особенно для аэрации и перемешивания сточных вод. Экономия электроэнергии во многом зависит от правильного технологического режима работы насосных агрегатов. Особенно это важно для систем биологической очистки сточных вод с биореакторами, где эффективная работа сооружений в целом зависит от насосов, обеспечивающих заполнение и опорожнение биореакторов [4].

На насосных станциях, как правило, основным регулируемым параметром управления является давление на напорном трубопроводе или в диктующей точке водопроводной сети; в отдельных случаях таким регулируемым параметром может стать уровень воды в резервуаре или расход воды в водоводе.

Основные задачи систем автоматического управления состоят в минимизации электропотребления, исключении избыточного давления, поддержании требуемого давления в контрольных точках, обеспечении защиты насосов от опасных режимов работы агрегатов, обеспечении плавных пусков и остановок электронасосов.

Соответственно, технологические и экономические расчеты должны все это учитывать. Для определения и выбора количества и мощности регулируемых и нерегулируемых электронасосов необходимо сделать технико-экономическое обоснование, как для вновь проектируемых, так и для модернизируемых объектов.

При реконструкции насосных станций за счет применения регулируемого электропривода возможно уменьшение общего количества насосных агрегатов за счет увеличения их мощности или применения насосов типа "инлайн", что позволяет снизить капитальные затраты на строительство зданий насосных станций.

Практическая реализация проектных решений возможна только в ограниченном числе альтернативных вариантов, характеризующихся определенными значениями искомых параметров. Именно среди этих реальных вариантов необходимо определить и принять лучший вариант по выбранному критерию. В настоящее время существует острая потребность в создании информационных оптимизационных технологий, которые бы с помощью компьютера автоматизировали процесс выбора электронасосных систем с минимальной стоимостью и минимальным потреблением электроэнергии.

Основная задача оптимизации электронасосных систем: минимизировать стоимость затрат, энергию или риски, или максимизировать производительность, безопасность или надежность.

Технология оптимизации состоит из алгоритмов математических процедур гидравлического расчета электронасосной системы, представленной многосвязным электро-, механо-, гидравлическим объектом. Этот алгоритм может объединять имеющиеся системы программного обеспечения. Например, программы для гидравлических расчетов систем водоснабжения: "WELLS" [3],

ГРСПВ [5], FluidFlow [6], "Гидросистема" [7], PIPE-FLO 2007 [8] и другие. Компьютерные программы для моделирования процессов очистки сточных вод: BioWin (канадской фирмы EnviroSim Associates Ltd.), GPS-X и SimWorks (канадской фирмы Hydromantis Inc.), SIMBA 5 (немецкой фирмы IFAK) и другие программные продукты с современной технологией оптимизации насосной системы, которая отвечает требованиям проекта при минимальной стоимости.

Несмотря на огромное развитие техники программирования, компьютеры в проектировании особенно очистных сооружений, являются новым инструментом, который практически лишь с недавнего времени функционирует в инженерной отрасли очистки сточных вод.

Компьютерное проектирование требует исключительно большой тщательности в задании исходных данных. Огромная достоинство компьютерного моделирования в том, что можно, варьируя различными параметрами, проверить как вся система реагирует на изменения внешней обстановки.

Экономические расчеты должны определять соответствующие затраты, являющиеся основой оптимизации.

Перед выполнением оптимизации необходимо определить цель, так как насосная система может быть оптимизирована, исходя из минимизации или ее стоимости, или стоимости жизненного цикла.

## **1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПОТЕРЬ ВОДОПРОВОДА**

При расчете внутренней водопроводной сети определяют ее диаметр и потери напора перекачиваемой жидкости, для чего необходимо знать максимальный расход воды через водоразборную арматуру за единицу времени.

Практикой установлено, что расход воды неодинаков и зависит от режима водопотребления. Для определения расхода за расчетную единицу расхода воды принимают некоторый эквивалент ( $N=1$ ), который в количественном выражении дает расход воды 0,2 л/сек. Он соответствует расходу в водоразборном кране диаметром 15 мм.

После того как выполнена трассировка внутренней водопроводной сети, ее делят на участки и по расходу воды на этих участках определяют расчетный расход воды, диаметры труб на участках и потери напора всей системы. При определении диаметров труб расчетная скорость движения воды принимается в соответствующих

трубопроводах не более 1,5-1,75 м/сек, а в пожарных водопроводах — до 2,5 м/сек.

Хозяйственно-противопожарную сеть рассчитывают следующим образом: 1) определяют расход в сети при хозяйственно-питьевом водоразборе; 2) определяют дополнительный расход на нужды внутреннего пожаротушения.

Потери напора на трение в трубах внутренних водопроводных сетей рекомендуется определять по таблицам гидравлического расчета стальных труб. По таблицам Водгео величину потерь напора на местные сопротивления принимают в процентах от величины потерь напора на трение по длине трубопровода:

в сети хозяйственно-питьевого водопровода - 30;

в сети объединенного хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода - 20;

в сети противопожарного водопровода - 10.

Расчет ведут на участке от места присоединения к внешней водопроводной сети до наиболее отдаленной и высоко расположенной точки водоразбора во внутренних сетях.

### **1.3 КОНСТРУКЦИИ И РАБОТА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ**

#### **Самовсасывающие и нормальновсасывающие насосы.**

Центробежные насосы различаются по типу конструкции и способу преобразования энергии.

Самовсасывающий насос способен удалять воздух из всасывающей линии. Теоретическая максимальная высота всасывания воды составляет 10,33 метра, техническая максимальная высота всасывания 7–8 метров. Это значение учитывает не только разность высот между водной поверхностью и всасывающим отверстием насоса, но и потери сопротивления в трубах, насосе и соединениях. Длинные линии всасывания создают повышенное сопротивление трению и снижают высоту всасывания. Всасывающая линия должна быть расположена так, чтобы она всегда имела наклон вверх по направлению к насосу. В режиме всасывания рекомендуется всегда устанавливать обратный клапан с фильтром. Если использовать обратный клапан невозможно, на всасывающих линиях перед всасывающим отверстием насоса устанавливают отсечной клапан - заслонку.

Нормально всасывающий насос не может удалять воздух из линии всасывания; насос и линия всасывания должны быть всегда заполнены жидкостью. Если в насос попадает воздух через сальниковое уплотнение запорного клапана или через обратный клапан, насос необходимо снова наполнять водой.

**Работа центробежных электронасосов.** Насосы необходимы для перемещения жидкостей и преодоления сопротивления потоку со стороны трубопроводных систем и разности геодезических высот. Электродвигатель приводит во вращение вал насоса с установленным на нем рабочим колесом.

Вода, поступающая в рабочее колесо в осевом направлении, перемещается с помощью лопастей рабочего колеса в радиальном направлении. Центробежные силы, действующие на каждую частицу жидкости, способствуют повышению скорости и давления. После этого вода собирается в спиральном кожухе. Скорость потока замедляется, а напор увеличивается за счет преобразования энергии.

#### **1.4 ВЫБОР И ЭКОНОМИЧНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ**

Экономичность электронасосной системы начинается еще на стадии его приобретения. Правильно выбранный с учетом конкретных условий эксплуатации электронасос обеспечивает минимизацию затрат, отнесенных на производство конечной продукции в течение всего жизненного цикла.

Выбор электронасоса, в подавляющем большинстве случаев определен психологическим фактором примитивной экономии финансовых средств, т.е., наилучшим ценовым предложением. Исследования показывают, что покупная стоимость электронасоса при сделке не превышает 5-8% от всех затрат на его эксплуатацию.

Чтобы правильно решить эти задачи, необходимо сопоставить характеристику электронасоса с характеристикой гидравлической системы, знать характеристику перекачиваемой жидкости: вязкость, температуру, агрессивность, наличие абразивных включений, параметрические режимы работы, необходимо также учитывать и сравнивать ожидаемые расходы на эксплуатацию электронасоса.

Решение задачи осложняется, если приобретается электронасос из числа выпускаемых крупным изготовителем. Приходится выбирать электронасос, номинальные параметры которого отличаются от

требуемых потребительских параметров. Первые - это параметры, назначаемые изготовителем как среднестатистические с коррекцией по нормальному ряду чисел. Вторые – это те параметры, которые предусмотрены технологическими регламентами предприятия-пользователя. Потребительские параметры электронасоса могут значительно отличаться от назначенных заводом-изготовителем.

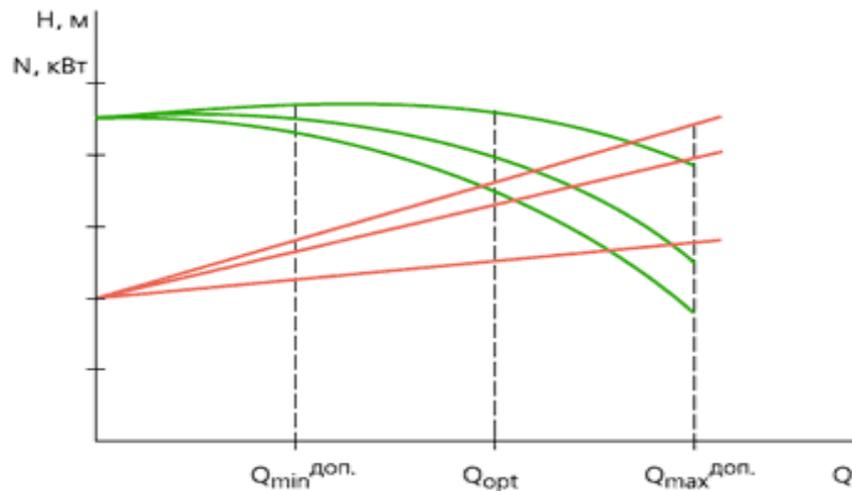


Рисунок 1 – *Отклонения параметров электронасосов при эксплуатации*

В случае некачественного выбора электронасоса его параметры зачастую при эксплуатации выходят за пределы рабочей области. Нарушаются нормальные рабочие процессы, повышается вибрация от вихреобразования на выходе из рабочего колеса и в зоне языка отвода. Развиваются пульсации в напорном патрубке. Возникают большие нестационарные осевые и радиальные силы. Возрастают колебания давления в пазухах корпуса, вызываемые пульсацией на выходе. Это ведет к вибрации, которая по валу передается на его уплотнения и через муфту на вал электродвигателя и его подшипники. В экстремальных случаях возникают резонансные явления. Насос входит в форсированный режим работы. Неустойчиво работают уплотнения. Появляется утечка. Ускоряется износ уплотняющих элементов и подшипников. Это сопровождается падением гидравлического и механического к.п.д. Растет расход электроэнергии. Увеличиваются расходы на ремонт и потери на производстве, вызванные простоями, потери конечного и промежуточного продуктов. Все это ведет к увеличению расходов на эксплуатацию электронасоса.

Общие затраты описаны следующим выражением:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{н}} + e \cdot \sum_1^n \frac{(Q_i \cdot H_i \cdot Y \cdot t_i)}{367 \cdot \eta_i} + C_{\text{обс.}} + C_{\text{рем.}} + C_{\text{пр.}} + C_{\text{прод.}}$$

Где:  $C_{\Sigma}$  - сумма затрат на приобретение и эксплуатацию электронасоса;

$C_{\text{н}}$  - затраты на приобретение и монтаж электронасоса;

$e$  - стоимость 1 кВт\*ч потребляемой электроэнергии;

$Q_i, H_i, \eta_i$  - частные значения подачи, напора, к.п.д. электронасоса на каждом режиме работы по технологическому регламенту;

$t_i$  - длительность режима, ч;

$C_{\text{обс.}}$  - расходы, связанные с проведением работ по регламентному обслуживанию электронасоса;

$C_{\text{рем.}}$  - расходы на ремонт электронасоса;

$C_{\text{пр.}}$  - потери производства, вызванные простоями оборудования из-за ремонта и регламентного обслуживания электронасосов;

$C_{\text{прод.}}$  - стоимость промежуточного и конечного продуктов, потеря которых произошла из-за остановки электронасоса.

При выборе электронасоса надо хотя бы оценочно определить величину всех этих расходов.

Параметры электронасоса очень чувствительны к неизбежным геометрическим отклонениям, к неровностям поверхностей любых деталей проточной части насоса. Но есть еще и скрытые дефекты литья деталей проточной части и больше всего дефекты рабочих колес. Поэтому характеристики «подача-напор»  $H=f(Q)$  и «подача - потребляемая мощность»  $N=f(Q)$ , снятые при испытаниях насосов одного типоразмера и даже изготавливаемые на одном предприятии, варьируются в весьма широких пределах.

Есть рекомендации выдерживать отклонения этих параметров в пределах, не превышающих плюс-минус десять процентов.

Однако, даже и в этом случае, например, водяной электронасос К100-80-125 с подачей  $Q=90 \text{ м}^3/\text{ч}$  и напором  $H=20 \text{ м}$  будет потреблять в год дополнительно около 6000 кВт\*ч электроэнергии из расчета годового ресурса работы 6000 часов. Из-за недостаточных качественных показателей процесса изготовления выпускаемых

электронасосов флуктуация параметров может выходить эти границы, как показано на рисунке 1.

Консольные электронасосы нашли очень широко применение. Их выпускают десятки разных предприятий, в том числе неспециализированные.

Многие сотни предприятий занимаются агрегатированием, то есть сборкой на общей раме насоса и электрического двигателя. При этом они чрезвычайно дешевы, что прельщает неискушенного или безразличного к экономике покупателя. Выигрыш при покупке выступает в явном виде, а большие эксплуатационные расходы, в том числе на электроэнергию, суммируются с производственными издержками и становятся как бы "незаметными".

В последнее время все большее значение имеют резкопеременные режимы потребления воды. По мере развития средств учета расхода перекачиваемой жидкости скачкообразный характер потребления намного увеличивается и по амплитуде величины расхода и по частоте перехода от одного режима к другому.

При выборе электронасоса надо определять, в каких параметрических пределах он будет работать. Для этого надо знать не только геометрию гидравлической системы, в которую он встраивается, но и ее гидравлическую характеристику. На основании расчетов и полученной информации или накопленного опыта устанавливается структура потребления в течение определенного периода или технологического процесса, а также верхний и нижний пределы параметров, на которых будет работать электронасос.

Пределы рациональных границ значений подачи электронасоса определимы нечетко, но можно рекомендовать эксплуатацию в следующих пределах

$$Q=(1\pm 0,5)Q_{\text{опт.}}$$

На рисунке 1 эти границы обозначены как  $Q_{\text{min доп.}}$  и  $Q_{\text{max доп.}}$

Обработка полученных данных дает возможность сформировать план-график режимов работы насоса в течение длительного времени, например, сезона или года по технологическому регламенту производства, по характеру работы аналогичных систем, по статистике потребления воды.

В подавляющем большинстве случаев планирование работы электронасоса имеет некоторую степень приближения.

На рисунке 2 изображено два варианта план-графика расхода.

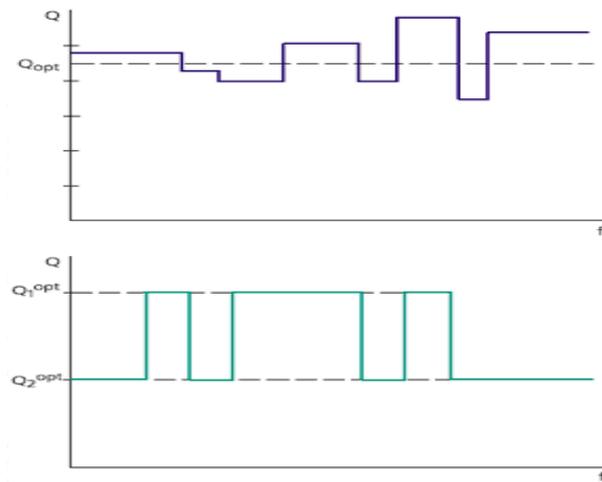
Если планируется работа по варианту А, то целесообразно применить один насос. Он большую часть времени работает в режиме оптимальной подачи, то есть достаточно экономично. Вторым насосом может быть резервным. Это особенно оправдано в условиях, не допускающих перерывов подачи жидкости.

По варианту Б целесообразно поставить два насоса параллельно. При этом один работает непрерывно в оптимальном режиме и обеспечивает 50% расход. Вторым насосом - также в оптимальном режиме обеспечивает пиковые расходы. Можно применять и несколько насосов. Рентабельность от применения нескольких насосов в ряде случаев может быть выше по сравнению с применением одного мощного насоса.

При выборе насоса надо иметь в виду, что в его техническом паспорте приводятся типовые характеристики тщательно изготовленного и подготовленного к испытаниям опытно-промышленного образца насоса. Эти же характеристики приводятся в технических условиях (ТУ).

Но, учитывая, что характеристики одинаковых электронасосов могут иметь различную крутизну, как это показано на рисунке 1, представляется необходимым проверять параметры электронасосов также на подачах  $Q_{\min \text{ доп.}}$  и  $Q_{\max \text{ доп.}}$

Результаты испытаний должны быть отображены в характеристике в паспорте. Это позволит оценить качество конкретного электронасоса, отклонения от типовой характеристики, и обосновано определить экономическую целесообразность применения конкретного электронасоса в реальных условиях по планируемым режимам расхода.



**Рисунок 2 – Планы-графики эксплуатационного расхода электронасосной установки**

Таким образом, резюмируя изложенное выше, отметим, что оптимальный, обоснованный выбор электронасосного агрегата является сложной научно-технической задачей. Рассматривая вопросы экономичной эксплуатации электронасосов, следует иметь в виду, что электронасосы потребляют около 20% всей вырабатываемой энергии и задачи повышения экономичности чрезвычайно актуальны.

## 2 ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ СИСТЕМ

### 2.1 ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ ЭЛЕКТРОНАСОСАМИ

Электродвигатель приводит во вращение вал и рабочее колесо насоса. В насосе осуществляется преобразование электрической энергии в гидравлическую. Энергия, необходимая электродвигателю, является потребляемой энергией  $P_1$  насоса.

**Выходные характеристики электронасосов.** Выходные характеристики центробежных электронасосов приведены на графике потребляемой энергии  $P_1$  насоса в ваттах [Вт] от подачи  $Q$  насоса в кубических метрах в час [м<sup>3</sup>/ч].

Характеристики напора и мощности часто объединяются.

Выходная характеристика показывает, что электродвигатель потребляет минимум энергии при низкой подаче; при увеличении подачи потребление энергии увеличивается.

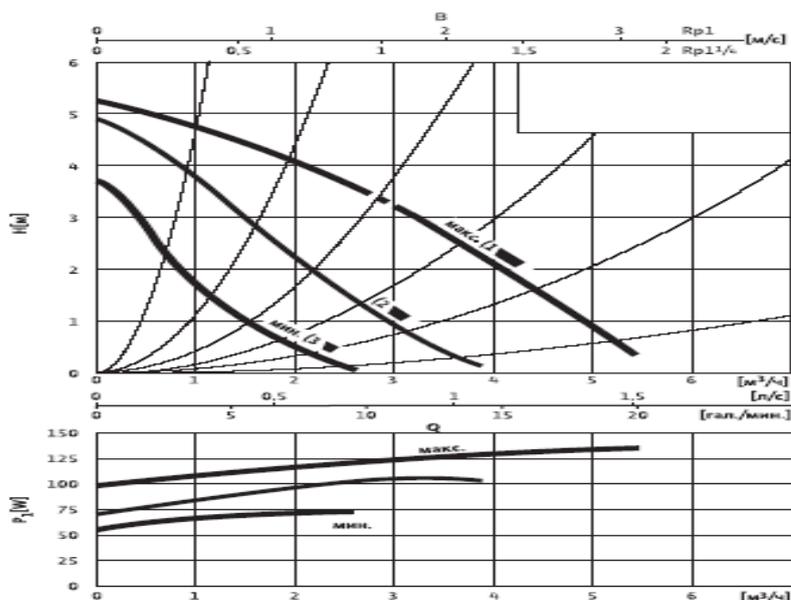


Рисунок 3 – *Выходные характеристики электронасоса*

**Влияние частоты вращения электродвигателя.** При изменении частоты вращения насоса и неизменных остальных условиях гидравлической системы потребление энергии  $P$  электродвигателем изменяется пропорционально третьей степени значения частоты вращения  $n$

$$P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3$$

Изменяя частоту вращения электронасоса можно адаптировать электронасос к требуемой нагрузке потребителя: увеличение частоты вращения в два раза приводит к такому же увеличению подачи; напор возрастает в четыре раза; потребляемая энергия - в восемь.

**Постоянная частота вращения, обусловленная конструкцией.** Отличительной характеристикой центробежного электронасоса является то, что напор зависит от типа используемого электрического двигателя и его частоты вращения.

Электронасосы с частотой вращения более 1500 об/мин являются быстроходными, а менее 1500 об/мин - тихоходными.

Электродвигатели тихоходных насосов имеют более сложную конструкцию и большую стоимость. Однако, в некоторых случаях, применение быстроходного электронасоса может привести к неоправданно высокому потреблению энергии. Высокая цена тихоходного насоса компенсируется существенной экономией энергии, потребляемой электрическим приводом. Это способствует быстрой окупаемости первоначальных вложений.

## **2.2 К.П.Д. И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ**

К.п.д. любого механизма представляет собой отношение его полезной мощности к потребляемой.

Общий к.п.д. электронасосной установки определяется произведением соответствующих к.п.д. электродвигателя и к.п.д. насоса.

К.п.д. насосов разных типов и размеров могут отличаться в очень широком диапазоне. Для насосов с мокрым ротором к.п.д. составляет (5...54)%; для насосов с сухим ротором (30... 80)%. Даже в пределах характеристики насоса текущий к.п.д. в тот или иной момент времени меняется от нуля до максимального значения. Если электронасос работает при закрытом клапане, создается высокое давление, но вода не перемещается, то к.п.д. насоса равняется нулю. То же самое справедливо при открытой трубе: при большой подаче, если давление не создается - к.п.д. равен нулю.

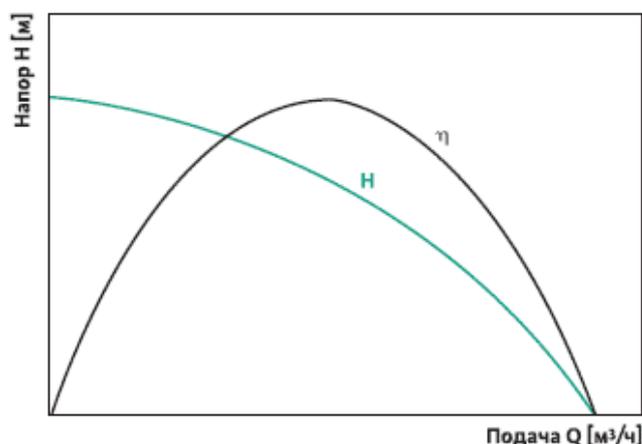


Рисунок 4 – *Характеристика электронасоса*

Наибольший общий к.п.д. достигается в средней части характеристики. В каталогах производителей электронасосов оптимальная рабочая область указана отдельно для каждого насоса.

Насос никогда не работает при постоянной подаче. Поэтому, при расчете электронасосной системы, следует убедиться, что рабочая точка электронасоса находится в средней трети характеристики насоса большую часть периода эксплуатации, что гарантирует работу электронасоса с оптимальным значением к.п.д.

К.п.д. электронасоса определяется по следующей формуле:

$$\eta_p = Q \cdot H \cdot \rho / 3670 \cdot P_2$$

Где -  $\eta_p$  - к.п.д. насоса;

$Q$  [м³/ч] – подача;

$H$  [м] – напор;

$P_2$  [кВт] - мощность насоса;

3670 - постоянный коэффициент;

$\rho$  [кг/м³] - плотность жидкости.

**Снижение энергопотребления в системе с помощью циркуляционных электронасосов.** Циркуляционные электронасосы являются совершенно особым классом оборудования, позволяющего сократить энергопотребление в системе горячего водоснабжения. Среди них особо стоит отметить насосы серии Ecosirc® vario E4 и E6, использование которых позволяет снизить энергопотребление более чем на 50%. Циркуляционные насосы работают в достаточно широком диапазоне температур теплоносителя, начиная от минус

10<sup>0</sup>С и до плюс 95<sup>0</sup>С и применяются, как в охлаждающих, так и в нагревательных системах водоснабжения. Они достаточно компактны и бесшумны; препятствуют возникновению низкотемпературной коррозии системы водоснабжения.

### **РЕЗЮМЕ К ГЛАВЕ**

Таким образом, обеспечение регулирования режимов работы электронасосных агрегатов в системе «электродвигатель – насос - гидравлическая сеть - потребитель» создает возможность сокращения энергопотребления и снижения эксплуатационных расходов за счет повышения эффективности использования электрической энергии.

При выборе электронасосных агрегатов необходимо учитывать не только стоимостные показатели, но и затраты за весь период эксплуатации.

### **3. ВОЗМОЖНОСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

#### **3.1 ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ СИСТЕМ**

Основой энергоэффективного использования электронасосного оборудования является согласованная работа этого оборудования с гидравлической сетью. Многие водоснабжающие организации сталкиваются с проблемой неэффективной эксплуатации электронасосного оборудования. Зачастую эффективность (выраженная, например, через коэффициент полезного действия - к.п.д.) электронасосной станции значительно ниже, чем паспортный к.п.д. установленных агрегатов.

Исследования показывают, что в среднем к.п.д. электронасосных систем составляет не более 40%, а 10% насосов вообще работают с к.п.д. менее 10%. Это обусловлено следующими основными факторами: 1) применением насосов с большими значениями подачи и напора, чем необходимо для обеспечения эксплуатационных характеристик при работе гидравлической системы; 2) регулированием режимов путем дросселирования – шибером, задвижкой; 3) износом насосного оборудования.

Выбор насоса с параметрами, превышающими необходимые для нормальной эксплуатации значениями, имеет две стороны. Во-первых, в системах водоснабжения график водопотребления в сильной степени меняется в зависимости от времени суток, дня недели, времени года. При этом необходимо обеспечить в полной мере требования водопотребления в штатном режиме во время пиковых максимальных нагрузок. Кроме того, возникает необходимость подачи воды на нужды систем пожаротушения. В этих условиях насосный агрегат не может одинаково эффективно работать во всем диапазоне изменения графика водопотребления, обеспечивая требуемые значения характеристик «напор-подача». Это приводит к тому, что электронасосное оборудование преобладающую часть своего периода эксплуатации работает за пределами рабочей области с очень низкими значениями к.п.д. и, соответственно, низким ресурсом. Достаточно часто эксплуатационный к.п.д. электронасосных станций составляет всего 8-10% при том, что

паспортный к.п.д агрегатов рабочем диапазоне, как правило, имеет значения 70% и более. В результате такой эксплуатации у подавляющего потребителей формируется устойчивое мнение о ненадежности и неэффективности электронасосного оборудования.

Для повышения эффективности работы электронасосного оборудования, снижения потерь и оптимизации энергопотребления в процессе эксплуатации электронасосного оборудования разработаны множество методов.

Эффективность того или иного метода во многом определяется характеристиками водоснабжающей (водоотводящей) системы и эксплуатационным графиком ее изменения во времени.

Основные методы приведены в таблице 1.

<b>Метод снижения энергопотребления насосных систем</b>	<b>Снижение энергопотребления на %</b>
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 энергоэффективные	1 - 3%
Замена насосов на более энергоэффективные	1 - 2%

**Таблица 1 – Методы снижения энергопотребления насосных систем**

Например, получившее в последнее время большое распространение регулирование производительности насосов при помощи изменения подводимого к электродвигателю частоты электрического напряжения не всегда может привести к снижению энергопотребления. Иногда это дает даже и обратный эффект, приводя к еще большему ухудшению эксплуатационных характеристик.

Применение частотного регулирования электронасосных установок будет иметь наибольший эффект при работе насосов на сеть с преобладанием динамической составляющей характеристики «напор-производительность», т.е. в условиях широкого диапазона изменений режимов гидравлической сети, например, в течение суток.

В другом случае, применение метода регулирования путем включения и выключения необходимого количества насосов, установленных параллельно, имеет наибольший эффект при работе в системах с преимущественной статической составляющей.

Поэтому основным требованием для проведения мероприятий по снижению энергопотребления является реальная характеристика гидравлической системы. Однако, при разработке энергосберегающих мероприятий возникает ряд проблем, основная из которых связана с тем, что на действующих объектах параметры сети практически всегда неизвестны, и сильно отличаются от проектных.

Поэтому для определения реальных режимов работы насосов и параметров гидравлической сети возникает необходимость в проведении инструментальных замеров непосредственно на объекте водоснабжения (водоотведения) с использованием специальных контрольно-измерительных приборов и оборудования. Другими словами, возникает необходимость проведения технического аудита гидравлической системы.

Для успешного проведения мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности установленного технологического оборудования, необходимо располагать как можно более полной информацией об особенностях эксплуатационных режимов работы электронасосов. Также возникает необходимость учитывать эту информацию в дальнейшем.

В целом можно выделить несколько определенных последовательных этапов аудита электронасосного оборудования:

а) Сбор предварительной информации о составе оборудования, установленного на объекте, в т.ч. сведений о технологическом процессе, в котором используются электронасосы (станции первого, второго, третьего подъемов и т.д.);

б) Уточнение на месте предварительно полученной информации о составе установленного оборудования, возможностей получения дополнительных данных, наличия средств проведения измерений, системе управления и т.д. Предварительное планирование проведения испытаний;

в) Проведение испытаний на объекте;

г) Обработка и оценка результатов;

д) Подготовка технико-экономического обоснования для различных вариантов модернизации технологического оборудования и средств управления.

В таблице 2 приведены основные признаки, которые могут свидетельствовать о неэффективной эксплуатации электронасосного оборудования и типовые мероприятия, которые могут исправить положение с указанием ориентировочного срока окупаемости мероприятий по энергосбережению.

В результате проведения испытаний необходимо получить следующую информацию: характеристики гидравлической системы водоснабжения и водоотведения и их изменения - часовой, суточный, недельный графики; определение действительных характеристик электронасосов; определение режимов работы электронасосов для каждого из характерных режимов гидравлической сети.

<b>Причины высокого энергопотребления</b>	<b>Рекомендуемые мероприятия по снижению энергопотребления</b>	<b>Ориентировочный срок окупаемости мероприятий</b>
Наличие в системах периодического действия насосов, работающих в постоянном режиме независимо от потребностей системы, технологического процесса и т.п.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Определение необходимости в постоянной работе насосов.</li> <li>- Включение и выключение насоса в ручном или автоматическом режиме только в промежутки времени.</li> </ul>	От нескольких дней до нескольких месяцев
Системы с меняющейся	- Использование ЭП с регулируемой	Месяцы, годы

во времени величиной требуемого расхода.	<p>частотой вращения для систем с преимущественными потерями на трение</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Применение насосных станций с двумя и более параллельно установленными насосами для систем с преимущественно статической составляющей характеристики.</li> </ul>	
Переразмеривание насоса.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Подрезка рабочего колеса.</li> <li>- Замена рабочего колеса.</li> <li>- Применение электродвигателей с меньшей частотой вращения.</li> <li>- Замена насоса на насос меньшего типоразмера.</li> </ul>	Недели - годы
Износ основных элементов насоса	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ремонт и замена элементов насоса в случае снижения его рабочих параметров.</li> </ul>	Недели
Засорение и коррозия труб.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Очистка труб</li> <li>- Применение фильтров, сепараторов и подобной арматуры для предотвращения засорения.</li> <li>- Замена трубопроводов на трубы из современных полимерных материалов, трубы с защитным покрытием</li> </ul>	Недели, месяцы
<p>Большие затраты на ремонт (замена торцовых уплотнений, подшипников)</p> <p>- Работа насоса за пределами рабочей зоны, (переразмеривание насоса).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Подрезка рабочего колеса.</li> <li>- Применение электродвигателей с меньшей частотой вращения или редукторов в тех случаях, когда параметры насоса значительно превосходят потребности системы.</li> <li>- Замена насоса на насос меньшего типоразмера.</li> </ul>	Недели-годы
Работа нескольких насосов, установленных параллельно в постоянном режиме	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Установка системы управления или наладка существующей</li> </ul>	Недели

**Таблица 2 – Причины повышенного энергопотребления и меры по повышению энергоэффективности**

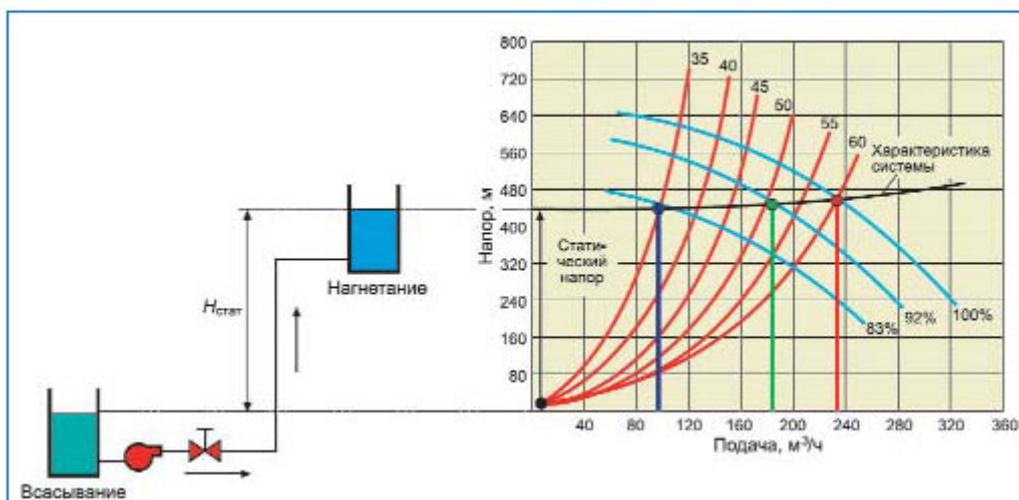


Рисунок 5 – *Работа насоса на сеть с преимущественной статической составляющей при частотном регулировании*

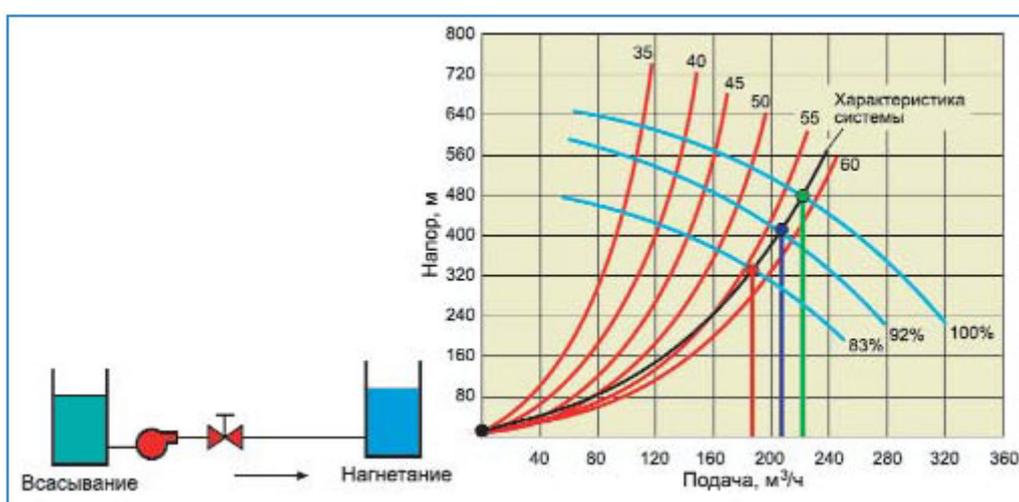


Рисунок 6 – *Работа насоса на сеть с преимущественными потерями на трение при частотном регулировании*

Выбор способа регулирования принимается на основе расчета стоимости жизненного цикла электронасосного и другого технологического оборудования. Основную долю в затратах жизненного цикла любой электронасосной системы составляют затраты на электроэнергию. Поэтому на этапе предварительной оценки различных вариантов необходимо воспользоваться критерием удельной мощности, т.е. мощности, потребляемой электронасосным оборудованием, отнесенной к единице расхода перекачиваемой жидкости.

### 3.2 ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Системы водоснабжения и водоотведения являются достаточно энергоемким производством; затраты на электроэнергию достигают 25% и более. Основная доля потребления электроэнергии приходится на подъем и перекачивание воды водопроводными и канализационными насосными станциями.

Регулирование параметров «расход-напор» на многих объектах до настоящего времени осуществляется путем дросселирования. В результате потери энергии достигают от 20 до 25 процентов, а при неправильном выборе электронасосов они составляют от 30 до 40 и более процентов.

Одним из возможных направлений повышения энергоэффективности насосных агрегатов водоснабжения и водоотведения является применение частотно-регулируемых электроприводов

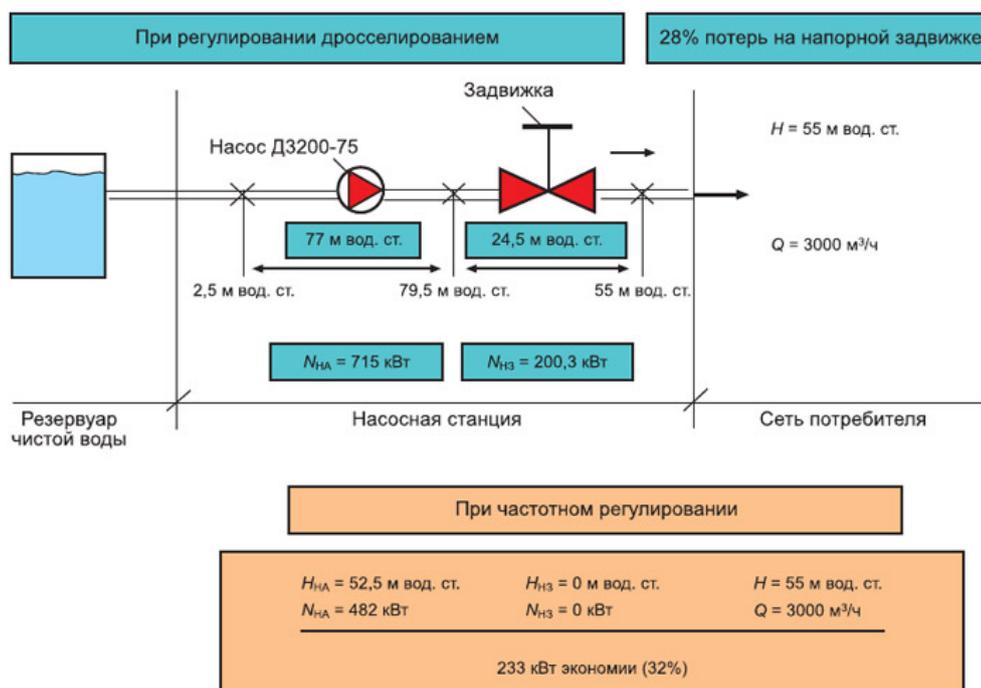


Рисунок 7 – Потребление энергии в электронасосных агрегатах при различных способах регулирования производительности  $N_{НА}$ ,  $N_{НЗ}$ ,  $H$  - напоры соответственно на электронасосном агрегате, на напорной задвижке и требуемый на выходе из насосной станции;

$N_{НА}$ ,  $N_{НЗ}$  - мощности соответственно на электронасосном агрегате и на напорной задвижке

На Рисунок 7 приведена упрощенная схема работы водопроводной насосной станции с одним насосным агрегатом ДЗ200-75 и напорной задвижкой.

В данном примере насосная станция подает воду в сеть потребителя с расходом  $Q = 3000$  м<sup>3</sup>/ч и с напором  $H = 55$  м вод. ст. При регулировании дросселированием рабочая точка насоса находится на его паспортной характеристике. При этом потребляемая насосом мощность 715 кВт. Потери мощности на напорной задвижке составят 200,3 кВт.

При частотном регулировании напорная задвижка полностью открыта. Потребляемая насосом мощность будет равна 482 кВт. Разница потребления мощности в этих режимах 233 кВт; потери мощности составляют 32%.

В настоящее время частотно-регулируемые ЭП успешно применяются как на водопроводных, так и на канализационных насосных станциях со ступенчатым режимом работы.

При этом в системе водоснабжения снижается потребление электроэнергии; оптимизируются режимы работы водопроводной сети; сокращаются потери воды; повышается ресурс работы основного оборудования; сокращаются порывы трубопроводов; в системе водоотведения - повышается ресурс работы всех составных частей технологического оборудования, системы электроснабжения и управления; сокращаются эксплуатационные расходы; в отдельных случаях снижается потребление электроэнергии.



**Рисунок 8 – Высоковольтный преобразователь частоты для регулирования производительности электронасосных установок**

Основную долю потребления электроэнергии составляют магистральные насосные станции водоснабжения первого, второго, третьего подъема, а также канализационные насосные станции. В большинстве случаев они оснащены насосными агрегатами с электродвигателями напряжением 6-10 кВ и мощностью 315-2500 кВт.

При принятии основных проектных решений необходимо рассматривать все возможные варианты частотного регулирования, начиная от установки преобразователей частоты в цепь каждого электродвигателя до установки преобразователя частоты только на один электродвигатель.

Первый вариант обеспечивает наиболее выгодный по энергетическим затратам режим работы, второй является наиболее дешевым.

В конечном итоге в каждом конкретном случае был принят свой компромиссный вариант.

На Рисунок 9 приведена функциональная схема для насосной станции второго подъема НФС-3 с комплектом типового электрооборудования на базе станции частотного управления серии ВСЧ500-ВПЧА.

Преобразователи частоты установлены в разрывы цепей питания двух электродвигателей. ЭП напорных задвижек всех насосных агрегатов оснащены блоками управления, что обеспечивает возможность параллельной работы насосных агрегатов с частотным регулированием и без него (Рисунок 10).

При изменении расхода рабочая точка насоса НА1 перемещается по прямой пропорционально изменению расхода, а рабочая точка насоса НА2 зафиксирована на характеристике, заданной положением напорной задвижки, в точке, соответствующей  $H = H_{\text{треб}}$ .

Положение напорной задвижки автоматически регулируется таким образом, чтобы ток приводного электродвигателя насоса НА2 был равен заданному, близкому к номинальному значению.

Автоматическое управление насосным оборудованием осуществляется с помощью технологического контроллера СТК500 и соответствующего комплекта датчиков.

Марка насоса и его характеристика (подача, напор)	Марка электродвигателя и его мощность	Количество насосных агрегатов	Усредненный суточный режим (будни)	Потери напора на напорной задвижке
<b>НС-2 НФС-1</b>				
Д4000-95 (4000 м <sup>3</sup> /ч, 95 м вод. ст.)	СДН-2-16-59-6У3 (1600 кВт)	5	6 ч: 2 насоса, $H = 45$ м вод. ст. 8 ч: 2 насоса, $H = 60$ м вод. ст. 10 ч: 2–3 насоса, $H = 77$ м вод. ст.	50 м (52,6%) 35 м (36,8%) 18 м (19%) <b>Среднее значение 33,3%</b>
Д2000-100 (2000 м <sup>3</sup> /ч, 100 м вод. ст.)	2АДР-800-6000-6У3 (800 кВт)	2		
<b>НС-2 НФС-2</b>				
18НДС (Д2500-62) (2500 м <sup>3</sup> /ч, 62 м вод. ст.)	А13-37-6 (500 кВт)	2	6 ч: 1 насос, $H = 35$ м вод. ст. 8 ч: 2 насоса, $H = 50$ м вод. ст. 10 ч: 2 насоса, $H = 60$ м вод. ст.	27 м (43,5%) 12 м (19,35%) 2 м (3,2%) <b>Среднее значение 18,7%</b>
300Д90 (1080 м <sup>3</sup> /ч, 90 м вод. ст.)	А114-4 (320 кВт)	6		
Планируется вместо насоса 300Д90 установить 3 насоса 18НДС (Д2500-62) (2500 м <sup>3</sup> /ч, 62 м вод. ст.)	А13-37-6 (500 кВт)	3		
<b>НС-2 НФС-3</b>				
18НДС (Д2500-62) (2500 м <sup>3</sup> /ч, 62 м вод. ст.)	А13-37-6 (500 кВт)	6	6 ч: 2 насоса, $H = 25$ м вод. ст. 8 ч: 3 насоса, $H = 45$ м вод. ст. 10 ч: 4 насоса, $H = 60$ м вод. ст.	37 м (59,7%) 17 м (27,4%) 2 м (3,2%) <b>Среднее значение 25,4%</b>
<b>НС-3 НФС-3</b>				
28М12х2 (ЦН3000) (3500 м <sup>3</sup> /ч, 170 м вод. ст.)	СДН 15-64-6 (2500 кВт)	5	6 ч: 3 насоса, $H = 80$ м вод. ст. 8 ч: 3 насоса, $H = 87$ м вод. ст. 10 ч: 3 насоса, $H = 110$ м вод. ст.	90 м (52,9%) 83 м (48,8%) 60 м (35,3%) <b>Среднее значение 44,2%</b>

Таблица 3 – Режимы работы основных электронасосных агрегатов станций водоснабжения и оценка непроизводительных затрат электроэнергии

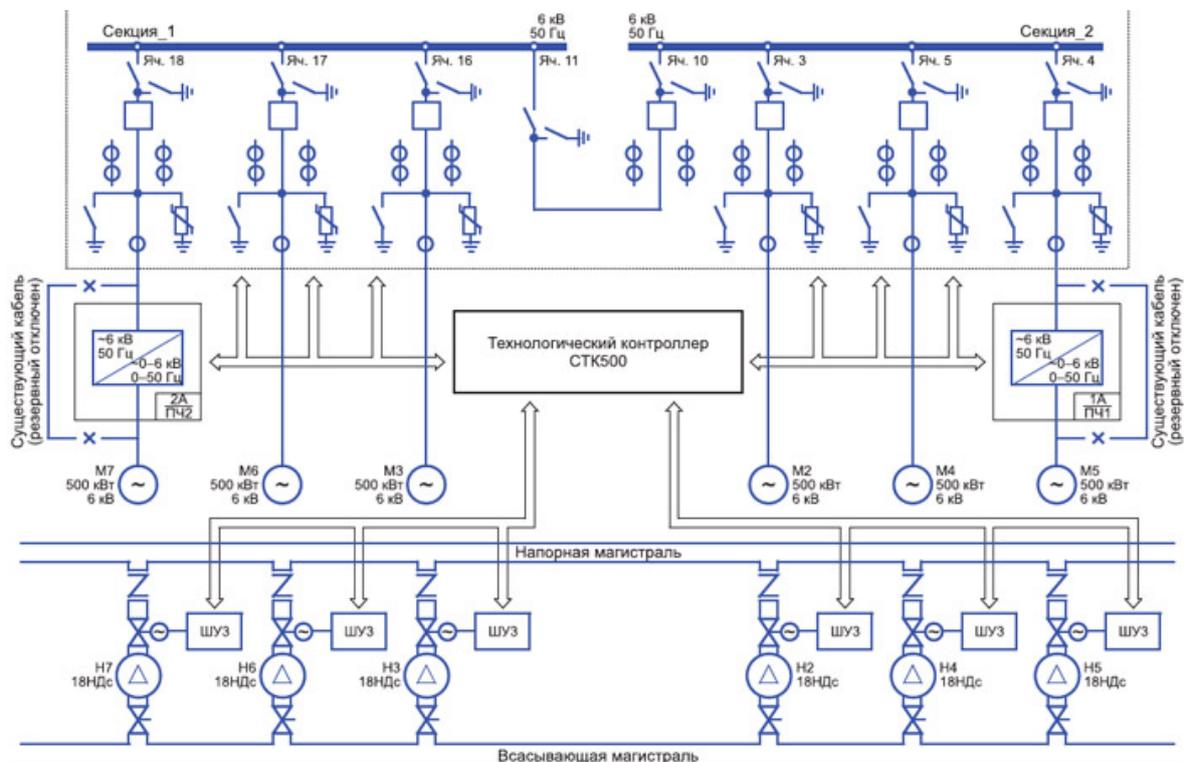


Рисунок 9 – Функциональная схема частотного регулирования на насосной станции второго подъема НФС-3

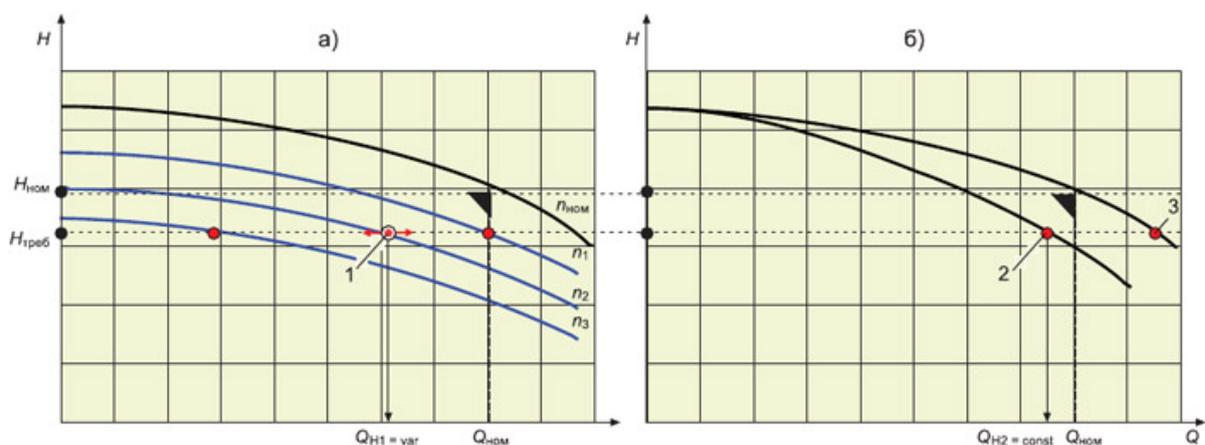


Рисунок 1 – *Параллельная работа двух электронасосов: а) - электронасос Н1 с частотным регулированием; б) - электронасос Н2 с дросселированием напорной задвижкой.*

*Рабочие точки насосов: 1 - с частотным регулированием; 2 - с закрытой напорной задвижкой; 3 - с открытой напорной задвижкой, электронасос перегружен. Системой частотного регулирования поддерживается давление  $H = H_{треб}$*

### 3.3 ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕТОДЫ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОНАСОСОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Современные системы подачи и распределения воды характеризуются сложным характером нагрузки.

В наиболее тяжелых условиях находятся электронасосные установки, подающие воду непосредственно в городскую сеть (насосные станции второго подъема, станции подкачки и т.п.), нагрузки которых изменяются в широких пределах. Значительные колебания нагрузки существенно затрудняют выбор оптимальных параметров и количества электронасосных агрегатов, а также выбор эффективного способа управления ими.

Опыт применения для оснащения электронасосных агрегатов, входящих в состав групп, выявил значительные трудности в управлении такой системой и поставил целый ряд задач, требующих своего разрешения. В том числе:

а) выявить зависимость потребления энергии группой электронасосных агрегатов от их количества для покрытия одинаковой нагрузки при использовании нерегулируемого электропривода;

б) установить зависимость потребляемой энергии от числа и параметров устанавливаемых электронасосных агрегатов при

использовании регулируемого электропривода и оценить влияние на энергоэффективность способа управления;

в) оценить в доле общего энергопотребления роль технологических параметров, в частности, влияние диапазона подач, статистического распределения нагрузки, статического напора, ограничений по кавитации, установленной мощности электродвигателей насосных агрегатов, а также предельно допустимого диапазона вращения рабочего колеса;

г) оценка регулируемого электропривода и способа управления: индивидуальный с индивидуальным управлением или групповой с синхронным управлением группой насосных агрегатов от одного частотного преобразователя;

д) выявить связь показателей энергоэффективности с соотношением количества регулируемых и нерегулируемых электронасосных агрегатов при частичном оснащении насосных установок регулируемым электроприводом.

Для этого необходимо рассмотреть особенности работы электронасосных агрегатов в составе группы параллельно подключенных насосов.

Работа насосного агрегата в составе группы принципиально отличается от условий работы одиночного электронасосного агрегата.

Максимальная подача одиночного электронасосного агрегата обусловлена минимальным гидравлическим сопротивлением трубопровода. Рабочая точка является границей, не допускающей смещение характеристики электронасосного агрегата в зону возможного возникновения кавитации и, соответственно, перегрузки приводного электродвигателя.

Работ в электронасосных агрегатов составе группы приводит к тому, что любое изменение состояния какого-либо из электронасосных агрегатов (например, включение в работу, отключение или изменение частоты вращения рабочего колеса электронасосного агрегата) приводит к перераспределению нагрузки между электронасосными агрегатами. Это может привести к увеличению подачи одной группы электронасосных агрегатов с риском попадания их в зону кавитации и перегрузки электродвигателей этих насосных агрегатов, с одной стороны, и недогрузке другой группы электронасосных агрегатов с риском попадания их в область неустойчивой работы и помпажа.

Эффективное управление такой системой невозможно без применения современных средств автоматики, разработки и

использования алгоритмов управления, позволяющих контролировать работу системы автоматического управления в рамках принятых ограничений.

Поскольку границы QH-характеристик системы, состоящей из группы насосных агрегатов, складываются из границ QH-областей допустимых режимов работы каждого из отдельных электронасосных агрегатов, возникает необходимость очень четкого ограничения области возможных режимов работы отдельно каждого из работающих насосных агрегатов.

Математическая модель работы насосного агрегата с регулируемым ЭП и специальная компьютерная программа «SKAN-NAS», позволяют определять характеристики в интересующем диапазоне нагрузок.

В качестве исходных данных: напорные, кавитационные характеристики, характеристика к.п.д. насоса; мощность электродвигателя; разность отметок уровня воды в приемном резервуаре и оси рабочего колеса, зависимость потерь напора на всасывающей линии насоса от его подачи, максимально и минимально допустимые значения частоты вращения, минимально допустимые значения к.п.д.

На рисунке 11 приведены области возможных режимов работы насосного агрегата Д-1250-65 с регулируемым ЭП. Область возможных ограничений представляет собой криволинейный многоугольник ABCPDEFILA, каждая сторона которого представляет ограничения по определенному параметру: помпажу, кавитации, предельно допустимой частоте вращения рабочего колеса, допустимой мощности электродвигателя ЭП насоса.

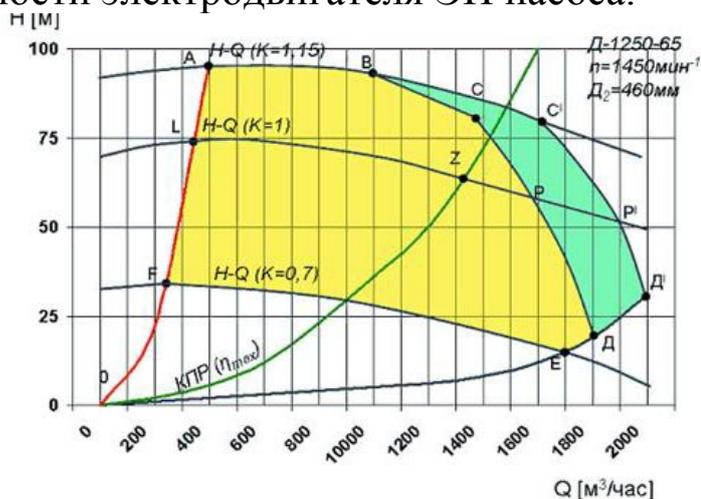


Рисунок 11 – Область возможных режимов работы насоса Д-1250-65 с регулируемым ЭП с учетом ограничений.

Для сопоставления эффективности применения различных способов управления и получения зависимости энергопотребления для разного количества установленных агрегатов представляют интерес результаты математического моделирования работы группы насосных агрегатов для одинаковых условий их эксплуатации.

Результаты вычислений затрат энергии потребляемой группой агрегатов для различных способов управления и их количества приведены на рисунке 12.

Наиболее энергоэффективным способом управления группой агрегатов при переменной нагрузке является минимизация избыточных напоров. Увеличение количества агрегатов до 3-4 приводит к существенному снижению потребления энергии.

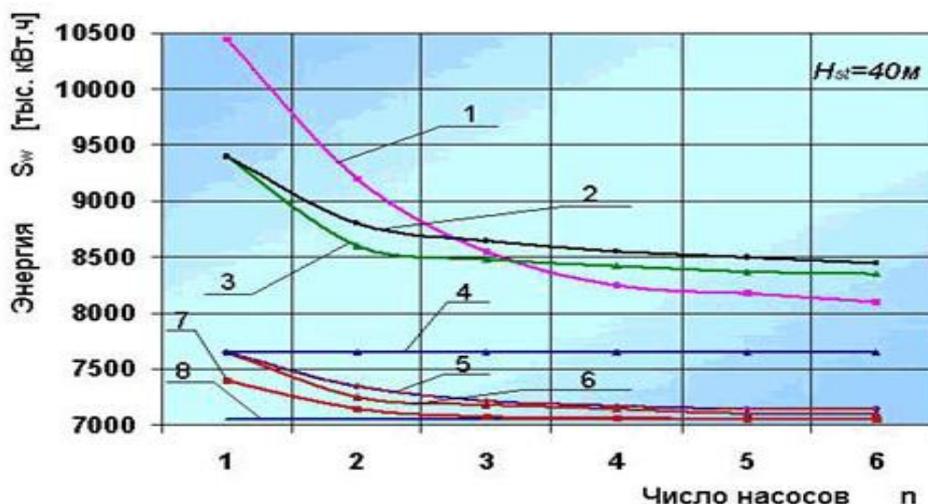


Рисунок 12 – *Зависимость потребляемой энергии от количества насосных агрегатов при переменной нагрузке для различных способов управления:*

*1-дресселирование; 2, 3 - стабилизация давления в напорном коллекторе насосной станции; 4, 5, 6, 7 - минимизация избыточных напоров в сети трубопроводов; 8 - теоретически минимально-возможные затраты энергии для заданных условий эксплуатации (значение целевой функции оптимизации)*

Наибольший энергетический эффект достигается в случае применения одновременной оптимизации режимов работы и состава из разнотипных насосных агрегатов. Оптимальные параметры разнотипных агрегатов определяются предварительно на стадии выбора оборудования путем увязки характеристик подбираемых

насосных агрегатов с параметрами водовода и статистическим распределением нагрузки. Рекомендуемый метод выбора оптимального числа агрегатов, их параметров и способов управления обеспечивает существенную экономию энергии (от 15 до 20%), что позволяет на 92-99% использовать имеющийся потенциал энергосбережения, чего невозможно достичь ни одним из иных известных методов.

### **3.3.1 ПЛАВНЫЙ ПУСК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.**

В момент запуска электродвигателя даже на холостом ходу происходит выделение энергии в статоре, много превышающей энергию, необходимую для вращения ротора; эта энергия еще более увеличивается, если электродвигатель сочленен с каким-либо рабочим механизмом.

Запуск электродвигателя сопровождается скачком тока, который с течением времени снижается до номинального значения. Значение пускового тока в 6-10 раз превышает номинальное значение тока электродвигателя, что приводит к снижению напряжения в электрической сети и возможному выходу из строя или ненормальной работе другого оборудования.

Значительные броски тока при прямом пуске электродвигателя оказывают негативное воздействие и на обмотки двигателя, которые испытывают динамический удар; с каждым последующим пуском происходит нарушение изоляции обмоток, что приводит к межвитковым замыканиям. Кроме того, частые тяжелые пуски вызывают перегрев обмоток электродвигателя. Запуск электродвигателей методом прямого пуска отрицательно сказывается на технологии производства. Ударные моменты при запуске способны привести к повреждению самого механизма, связанного с электродвигателем, или испортить продукцию.

Для исключения или снижения негативных составляющих, возникающих при запуске электродвигателей, применяют устройства плавного пуска. Данное устройство позволяет значительно снизить пусковые токи в обмотках электродвигателей, уменьшить посадки напряжения, при запуске оборудования. Применение устройств плавного пуска позволяет снизить потребление активной электроэнергии и уменьшить реактивную составляющую нагрузки. Также значительно увеличивается срок службы электродвигателей и

сопряженных с ними устройств и механизмов. Большинство современных насосов уже оснащено устройствами, обеспечивающими плавный пуск насоса, защиту от сухого хода, перегрузок и т.п. Если же в состав насоса такое устройство не входит, то возможно приобретение отдельного контроллера, к примеру, станции управления насосами Пампэла.

Плавный запуск электродвигателя осуществляется при помощи частотного метода и фазового метода.

Частотный метод основан на постепенном повышении частоты вращения электродвигателя от 0Гц до 50Гц, тем самым исключаются все пусковые перегрузки двигателя. Использование частотного метода наиболее оправдано при работе оборудования с изменяющейся нагрузкой, когда изменение частоты позволяет достичь оптимальных показателей работы двигателя.

Для электродвигателей с постоянной нагрузкой, для которых изменение частоты не столь актуально, применяют фазовый метод плавного пуска. Этот метод основан на постепенном увеличении питающего напряжения от 0 до номинального значения. С увеличением напряжения постепенно увеличивается и ток в обмотках электродвигателя.

Контролируя параметры работы двигателя, происходит плавный процесс запуска, в котором отсутствует резкий переходный процесс с резким скачком тока и просадкой напряжения. Запуск электродвигателя проходит в течение заданного периода времени, обычно он составляет 60-120 секунд.

По отношению с частотным методом, фазовый метод значительно дешевле и отличается большей надежностью. При использовании фазового метода отсутствуют отрицательные гармоники в процессе работы электрооборудования в номинальном режиме, их проявление возможно лишь в процессе запуска.

Современные устройства плавного пуска способны производить поочередный запуск целой группы электродвигателей. После того как произошел запуск одного электродвигателя устройство шунтируется и двигатель переходит на прямую работу от сети, а устройство плавного пуска готово к запуску очередного двигателя.

Благодаря применению устройств плавного пуска происходит снижение пусковых токов до 1-3 кратного значения номинального тока, значительно сокращается опасность разрушения механических

деталей двигателя и ЭП. Отсутствует посадка напряжения в сети при запуске электродвигателя. Снижение пусковых токов благоприятно сказывается на состоянии изоляции обмоток двигателя, снижается вероятность перегрева электродвигателя. Использование устройства плавного пуска позволяет снизить расход электроэнергии на производство, и их внедрение позволит значительно повысить энергоэффективность производства, а также продлить срок эксплуатации оборудования.

### **3.3.2 ЧАСТОТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК.**

Возможность экономить появляется, прежде всего, за счет возможности регулирования мощности насоса, что дает возможность плавно регулировать потребляемую мощность в соответствии с требуемым давлением в системе и расходом воды.

Именно эту задачу и выполняют частотные преобразователи. Кроме снижения эксплуатационных затрат они обеспечивают надежность работы системы в целом, предотвращая гидравлические удары и обеспечивая нужный напор даже в условиях пониженного давления в системе. Тем не менее, покупка насосов, в которых предусмотрено частотное регулирование двигателя, не всегда рентабельна.

### **3.4 МИРОВАЯ ПРАКТИКА ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

Для оценки энергетической эффективности насосного оборудования используют классификацию **Energy Labeling**. Эффективность энергопотребления отражает маркировка буквами латинского алфавита от «**A**» - наивысшая эффективность - до «**G**». При наличии маркировки Energy Labeling сразу можно оценить энергосберегающие свойства насоса.

Разница в энергозатратах между соседними классами около 20% от принятого за стандарт энергопотребления класса «**D**». На данный момент наибольшее распространение получили насосы, относящиеся к классам «**C**» и «**D**». В 2013 году, согласно постановлению Евросоюза на всех теплотехнических объектах должны быть установлены циркуляционные насосы с наивысшим классом энергопотребления «**A**», эксперты утверждают, что такая модернизация позволит экономить до 30% энергии.

### **3.5 РИСКИ ПРИ ВЫБОРЕ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ**

Технологии производства сложного оборудования при нынешних темпах передачи информации и интеграции исследователей, разработчиков уже мало чем отличаются. Как только появляется какое-либо техническое новшество, преимущество, оно вскоре достигается, а нередко и превосходится конкурентами. Поэтому производители, вкладывающие больше в имидж своего продукта, чем в его реальное улучшение и достижение технических преимуществ, как правило, легче добиваются увеличения продаж.

Гуру стратегического менеджмента Кеничи Омае приводит пример с Sony и Honda, продававших свои товары покупателям США гораздо дороже конкурентов при одинаковых характеристиках. Инвестируя в PR и рекламу на рынке США, эти компании добились там репутации производителей первоклассного качества. В Японии у них такого имиджа не было. И Sony и Honda продавали свои товары по ценам наравне с конкурентами. Подобным образом создан имидж нескольким престижным автомобильным маркам, значительно превосходящим аналоги в цене, но уступающим им по качеству и надежности.

Ценности становятся не столько материальными и функциональными, сколько имиджевыми и информационными. И за имидж мы готовы платить гораздо больше, чем за реальную пользу, которую несет товар. За знаменитым брендом иногда скрывается сборка, металл или комплектующие из какой-нибудь развивающейся страны. Производители насосов и насосного оборудования этим также пользуются, и потому интенсивно атакуют потребителей информацией о технических, ценовых и прочих преимуществах своего продукта. В таком мощном информационном потоке трудно сделать правильный при выборе столь сложной техники.

Анкетирование специалистов водопроводно-канализационного хозяйства в Москве и других городах РФ показало, что на вопрос "Насосы каких производителей (из 21 представленных в анкете марок) Вы предпочли бы применить?" около половины респондентов отметили именно тот бренд, который явно превосходит конкурентов в рекламе. На вопрос "Я выбрал эти насосы потому, что...", имевший 13 вариантов ответов, больше половины обосновали свой выбор прежним использованием или знакомством.

Как снизить влияние фактора субъективизма при выборе сложной техники? Крупные водоканалы видят выход в создании специальных документов, регламентирующих техническую политику того или иного предприятия в отношении производителей и продавцов. Расчет суммы затрат за период службы или ТСО (совокупная стоимость владения) позволяет осуществить выбор техники объективно. В то же время расчеты, выполняемые продавцами или производителями, страдают субъективностью. Кроме того, информации по расчетам мало, она не структурирована, а опыта применения различного современного оборудования у потребителей немного.

И еще одна проблема, которая редко учитывается при выборе техники, интегрируемой в гидравлическую систему. Эффективность и надежность оборудования больше зависят от влияния взаимодействующих с ним элементов системы, а также человеческого фактора, чем от самого оборудования. Например, около 40% преждевременных поломок насоса кроются во всасывающей линии. Больше половины проблем с насосами, возникающих в пусковой период, связаны с электропитанием блока автоматики и присоединениями к нему. Лишь 20% эксплуатируемых насосов используют подводимую мощность полностью, остальные имеют завышенные на 20-30% параметры. Большинство насосов работают неэффективно и с ускоренным износом из-за практики завышения требуемых параметров насосной установки на 10-15% заказчиком в задании на проектирование, а затем настолько же и самими проектировщиками. Указанные проблемы находятся вне насоса, но они существенны.

Покупка оборудования с лучшими собственными параметрами совсем не гарантирует их достижение на практике. Может ли столько факторов учесть покупатель при выборе сложной техники? А что, если переложить ответственность за выбор на продавца/производителя, поставив условия продавать не собственно оборудование, а его работоспособность в паспортных параметрах на весь срок полезного действия? Иными словами, продавать оборудование с гарантией сроком, соответствующим периоду амортизации.

Производители и опытные продавцы знают сильные и слабые стороны своего оборудования гораздо лучше, чем покупатели. Производители, неся финансовую ответственность за обеспечение

продолжительной работоспособности поставляемых агрегатов, будут обеспокоены не столько доказательством их преимуществ, или имиджевыми "впариваниями", сколько скрупулезным расчетом своих будущих затрат. Продавца в этой ситуации озаботит не меньше, чем потребителя, и корректность исходных данных, заложенных в проект, и грамотность проекта, и качество строительно-монтажных работ, и пресловутый критерий "цена-качество оборудования", его оснащенность, обвязка, и своевременная профилактика и использование не «левых» запчастей, материалов, качественного специализированного инструмента, и их сохранность, и квалификация операторов, ремонтников, и АСУ ТП, и, наконец, приведение параметров работы оборудования, в случае их отклонений, в соответствие с системой, в которую оно встроено.

Контраргументы широкому внедрению покупок техники с расширенной гарантией - это: - риск получения неподъемных для покупателя цен; - риск потери потребителем сложной техники собственного обслуживающего персонала; - риск неспособности продавца нести финансовую нагрузку весь гарантийный период. Ответами представляются следующие: - покупатель предлагает рассрочку платежа либо покупку под стандартную гарантию и одновременно выигрывает от того, что знает более реальные предстоящие затраты по выбираемой технике; - в РФ дефицит квалифицированных рабочих, и первыми, кто трудоустроит или наймет их, будут продавцы данной техники, а потребитель сосредоточится на своих главных функциях, освободившись от второстепенных, и тем самым повысит выработку в деньгах на работающего и благосостояние оставшегося персонала; - риски продавец обязан страховать, а при необходимости - и покупатель. Продажи с расширенной гарантией используют в высокоприбыльных, а значит конкурентных бизнесах поставок высокотехнологичного оборудования, питьевой воды, кофе, компьютерных программ и т. д.

**Поэтому** задачи снижения энергопотребления насосного оборудования решаются путем обеспечения согласованной работы насоса и гидравлической системы. Проблема избыточного энергопотребления насосных систем, находящихся в эксплуатации, может быть успешно решена за счет модернизации, направленной на обеспечение этого требования. 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. На сегодняшний день высоковольтные станции частотного управления дают экономию электроэнергии в среднем 30%. Срок окупаемости не превышает двух лет. Опыт эксплуатации станций частотного управления показывает их высокую эффективность не только в экономии электроэнергии, но и по остальным эксплуатационным показателям: аварийность, потери воды, повышение ресурса работы оборудования.

## 4 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УЧЕТА И АНАЛИЗА ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

### 4.1 МЕТОДЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ПОТРЕБЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ

Существует несколько основных подходов к выбору величин для сравнительного анализа. Каждый из них требует меньшего или большего числа исходных данных. Различие состоит в способах учета влияния погоды на потребление энергии. Каждая из этих трех базовых методик анализа может подлежать дальнейшему усовершенствованию путем учета изменения размера используемых площадей здания, расписания работы, состава используемого оборудования.

**Метод сравнения ежемесячных объемов потребления энергии в настоящем и прошлом годах.** Это простейший метод анализа, который основывается на сравнении объемов потребленной энергии. Он требует сбора только тех данных, которые содержатся в ежемесячных счетах за энергию от предприятий — поставщиков энергии. Процесс анализа данных сводится к сравнению потребленной энергии в течение заданного периода (месяца, квартала, года или другого промежутка времени) с объемом потребленной энергии за аналогичный период предыдущего года или года, который был избран базовым. Для получения обоснованного сравнения между соответствующими временными периодами в году следует пропорционально распределить между отдельными месяцами года объемы энергии, потребленной в течение каждого промежутка времени между датами снятия показаний приборов учета энергии. Необходимость такого перераспределения данных объясняется тем, что дата снятия показаний не обязательно совпадает с началом календарного месяца.

Этот метод не принимает во внимание отличия в погодных условиях в разные годы. Он хорошо работает только для зданий, использующих преимущественно электричество для освещения и питания электрических приборов, но не имеющих систем отопления или охлаждения.

Для вычисления сбережений или перерасходов средств в платежах за энергию следует от объема потребления энергии за определенный период текущего года вычесть объем потребления энергии за

аналогичный период предыдущего года (принятого за базовый). Разность показаний, помноженная на настоящую стоимость единицы энергии, даст величину сбережений или перерасходов средств за энергию.

**Метод сравнения ежемесячного объема потребления энергии в текущем году со средней величиной ежемесячного потребления энергии за несколько предыдущих лет.**

Этот метод дает более точное, чем предыдущий, понимание той части данных, которые характеризуют потребление энергии на обогрев и охлаждение, особенно, если такие параметры, как отопительная или охлаждающая площадь, режим и продолжительность использования оборудования в здании остаются постоянными. Для этого подхода характерным является то, что потребленная энергия за один и тот же период времени за несколько лет усредняется для того, чтобы определить базовую линию потребления. Например, потребление энергии в январе 2006 может сравниваться с усредненной величиной потребления энергии в январе 2003, 2004 и 2005. Таким образом, отклонения в погодных условиях будут сглажены и аналитик, который будет анализировать потребление энергии, получит более реальную базу для сравнения. Основным недостатком этого подхода заключается в том, что он не учитывает непривычные уровни температуры, которые могут иметь место в текущем году. Если зима значительно холоднее или лето жарче, чем это обычно, то расчетное сбережение может оказаться заниженным. Для этого метода, как и для метода сравнения потребления энергии для настоящего и минувшего годов, должны быть сделаны необходимые корректировки, если количество дней между выставленными счетами является переменной величиной.

**Метод сравнения ежемесячного потребления энергии после соответствующего корректирования потребления в предыдущие годы с температурой текущего года.**

Поскольку большая часть энергии, используемой в здании, зависит от погоды, то этот метод позволяет наиболее точно отобразить сбережения энергии, которые имели место вследствие изменений в составе оборудования или были вызваны мероприятиями по энергоменеджменту. Этот метод требует сбора погодных данных равно, как и информации о выставленных счетах.

Применение метода требует использования статистических моделей для определения базовой линии потребления энергии. В этом методе для учета влияния погодных факторов используют понятие количества градусо-дней для выбранного промежутка времени или же для целого отопительного и охлаждающего сезонов (ОПГД и ОХГД). Количество градусо-дней для выбранного промежутка времени - это сумма разниц между среднесуточной температурой внешнего воздуха и среднесуточной температурой внутреннего воздуха в учреждении, исчисляемая ежедневно в заданном промежутке времени. Использование градусо-дней позволяет скорректировать данные о потреблении энергии прежде, чем вычислять ее сбережение. Такое корректирование необходимо делать только в случае, если существует явная статистическая корреляция между ОПГД (ли ОХГД) и потреблением конкретного вида энергии или топлива.

Корректирование данных происходит в три этапа: а) определить суммарное количество тепловой энергии, потребляемое зданием, с целью компенсации влияния погодных условий в течение выбранного промежутка времени в базовом году. Для этого следует высчитать, какой объем электрической энергии превращается в тепловую энергию, а также объем тепловой энергии, полученный в результате такого преобразования. Эту величину следует прибавить к объему тепловой энергии, полученной из других источников; б) поделив суммарное количество потребленной тепловой энергии за определенный период на количество градусо-дней за тот же самый период базового года, получим величину, которая отображает эффективность потребления энергии в течение выбранного промежутка времени. Эта характеристика здания уже не зависит от погодных условий. Она остается постоянной, если состояние здания и систем отопления в нем не претерпевают изменений; в) помножив величину приведенного потребления энергии за определенный период базового года на количество градусо-дней за тот же самый период текущего года, получаем расчетную величину потребления в базовом году для сравнения с текущим годом.

Разница между расчетной величиной потребления в базовом году и величиной потребления в текущем году определяет объем сэкономленной (или перерасходованной) энергии, если другие факторы, влияющие на потребление в текущем и базовом годах

(размер используемых площадей, состав оборудования, число посетителей и т.п.), являлись идентичными. Для того, чтобы понять, каким образом можно учесть другие факторы для каждого из вышеописанных методов, рассмотрим подход относительно корректирования данных в связи с изменением используемой площади.

**Корректирование на величину изменения площади.** Для внесения поправок в расчет в случае изменения используемой площади здания между текущим годом и годом, с которым сравнивается потребление, необходимо иметь четкое представление о характере связи между изменением площади и изменениями в объемах потребления. Наиболее часто используется предположение, что изменения в потреблении энергии пропорциональны изменениям площади. В отдельных случаях, например, когда пристройка к основному помещению выполнена из специальных теплоизоляционных материалов, целесообразно пользоваться гипотезой о непропорциональных изменениях в потреблении. При сравнительном анализе непропорциональные изменения в потреблении вынуждают обратиться к непропорциональной коррекции текущей величины потребления энергии. В ходе такой коррекции от каждого значения ежемесячного объема потребления энергии в отопительный период можно, например, отнять некоторое фиксированное значение, рассчитанное теоретически, или же определенный процент от базового потребления энергии, расчет которого может быть выполнен на основании эмпирических методов.

## **4.2 СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕТА И АНАЛИЗА ПОТРЕБЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ**

Существует различные подходы к организации учета и анализа потребления энергии в бюджетных учреждениях: - учет и анализ потребления энергии, построенный исключительно на использовании ручного труда сотрудников; - частично автоматизированные учет и анализ, которые опираются на использование специальных электронных таблиц Excel, Lotus и др.; - использование специализированного программного обеспечения, которое позволяет максимально автоматизировать сбор, обработку, хранение информации и предоставление результатов анализа. Часто такие программы специально приспособляются для отдельных

учреждений, стремящихся достичь максимальной осведомленности относительно потребления энергии. Каждый из перечисленных выше подходов имеет свои преимущества и свои недостатки. Поэтому не существует наилучшего подхода, о котором заведомо можно сказать, что он удовлетворит потребности любого бюджетного учреждения или же сети учреждений. Ведь каждое бюджетное учреждение или система таких учреждений имеет свои особенности, которые могут оказать влияние на выбор того или иного варианта. Особенности будут зависеть от: количества зданий; методики анализа; от стоимости рабочего времени сотрудника, занимающегося учетом и анализом; количества таких сотрудников; от того, как довести до сведения руководителей результаты анализа потребления энергии и прогнозные оценки.

### **Учет и анализ энергии с использованием ручного труда.**

Для маленькой организации (начальная школа, детский садик) может оказаться достаточным вести учет с использованием специально разработанных бланков для сбора данных, которые содержатся в счетах за энергию, записью показаний приборов учета, приборов для измерения внешней и внутренней температуры и т.п. Таблица включает в себя четыре колонки для сбора данных (начальная и конечная дата периода, за который начислен платеж, объем потребления, стоимость потребленной энергии за период). Две последних колонки бланка используют для внесения результатов расчетов. Эти расчеты выполняются вручную в соответствии с принятой схемой анализа. В данном случае это — среднесуточное потребление энергии за соответствующий период и расчетное значение потребления энергии учреждением в календарном месяце. Если используется более сложный метод анализа, например, метод сравнения ежемесячных показателей, откорректированных с учетом температуры текущего года, то в этом случае бланк для ручной обработки данных будет иметь более сложную структуру. В частности, он будет содержать колонки для хранения информации о количестве градусо-дней для каждого месяца в сезоны отопления и охлаждения, для расчета среднесуточного показателя приведенного удельного потребления тепла и т.п. Объем трудозатрат для поддержания системы ручного учета возрастает вместе с усложнением методики анализа, увеличением числа учреждений, видов энергии и энергоносителей, поддающихся анализу, а также,

при наличии значительного количества приборов учета энергии, которые применяются для расчетов с поставщиками энергии.

### **Учет и анализ энергии с использованием электронных компьютерных таблиц.**

На одну ступень выше в сравнении с «ручным» учетом и анализом энергии находится учет и анализ, который опирается на использование электронных таблиц: Excel, Lotus или других подобных продуктов. С помощью электронных таблиц можно вести учет и анализ той же самой информации, такой же схеме, что и с использованием бланков для ручной обработки данных. Существенное отличие состоит в том, что при использовании электронных таблиц расчеты выполняются автоматически по заранее запрограммированному алгоритму. Вследствие этого круг возможностей для сбора и анализа данных значительно расширяется — можно оперировать значительно большим количеством входных и исходных данных, исключается возможность возникновения механических ошибок на этапе выполнения расчетов. Сразу после внесения необходимых входных данных получают значение всех показателей, например, дневное использование энергии, использование энергии на квадратный метр, использование энергии на одного ученика, показатель приведенного удельного теплопотребления, который дает представление о среднесуточном объеме потребления энергии для поддержания температуры на квадратном метре полезной площади внутри здания на градус выше, чем температура снаружи. Можно легко создавать различного рода графики и диаграммы. Организация учета и анализа потребления энергии с помощью электронных таблиц дает возможность, в первую очередь, удовлетворить потребности организаций с небольшим количеством зданий и счетчиков. Известны примеры успешного использования электронных таблиц довольно большими организациями. Например, университет города Сан\_Диего (США) успешно использует собственные электронные таблицы для того, чтобы следить за потреблением энергии и добиваться значительного прогресса в повышении эффективности использования энергии в учебных корпусах и жилых блоках. Например, предприятие — поставщик электрической энергии в округе Сакраменто (США) разработало электронные таблицы для учета и анализа потребления

энергии, которые может использовать любой клиент этого предприятия.

### **Использование специализированного программного обеспечения для учета и анализа потребления энергии.**

Для больших организаций экономически выгодной может быть разработка или приобретение специального программного продукта для наладки и учета и анализа потребления энергии. Например, на американском рынке цена за готовый к употреблению программный продукт может колебаться от \$395 до \$11000, а иногда и больше. Специализированное программное обеспечение для учета и анализа потребления энергии отличается от электронных таблиц целым рядом положительных моментов. Хороший программный продукт значительно облегчает процесс ввода данных, предотвращая появление механических ошибок. Некоторые специальные программы и устройства к ним позволяют осуществлять автоматическое считывание исходных данных из стандартных платежных документов. Иногда имеется возможность использования информации о вставленных поставщиком счетах в формате электронного файла. С помощью специализированной программы можно учесть много посторонних факторов, влияющих на объем потребления энергии. В частности, провести корректирование объемов потребления базового года с учетом погодных условий, размера используемой площади, графика работы учреждения и т.п. Довольно часто такие программы, кроме энергии, позволяют вести учет других коммунальных услуг таких, как потребление воды, отвод использованной воды, вывоз мусора, утилизация вторичных ресурсов (бумаги, стеклотары). Большим преимуществом специализированных программных продуктов является то, что они дают возможность пользователю выбрать наиболее приемлемую для него форму отчета о потреблении энергии, включая в него те или другие стандартные блоки, описывающие или визуализирующие результаты анализа. Применение специального программного обеспечения при создании системы учета и анализа потребления энергоносителей бюджетными учреждениями позволяет свести к минимуму потребность привлечения новых сотрудников, хотя и требует наличия достаточного количества компьютерной техники.

## **Платные услуги относительно организации учета и анализа потребления энергии для учреждений и организаций.**

За границей некоторые коммунальные предприятия, которые продают энергию, могут предложить своим клиентам дополнительную платную услугу — специальный учет и анализ эффективности использования конкретного вида энергии, доставленной коммунальным предприятием и потребленной соответствующим клиентом на своих объектах. Во многих случаях более приемлемой для бюджетной организации является схема, в соответствии с которой платные услуги по учету и анализу потребления энергии предоставляются независимыми консультантами или специализированными фирмами, которые разрабатывают программное обеспечение для учета и анализа использования энергии и одновременно занимаются внедрением и поддержкой таких программ. Простой финансовый подсчет указывает на то, что приступая к организации учета и анализа потребления энергии в бюджетной организации, намного выгоднее воспользоваться платными услугами, чем своими силами организовывать всю эту деятельность. В особенности это касается потребителей энергии со значительными объемами потребления и большим числом объектов. Такие организации требуют быстрого и качественного решения проблем, возникающих в процессе организации учета и анализа. Ведь каждый месяц промедление оборачивается колоссальными финансовыми потерями для таких организаций. Причиной, способной побудить организацию рассмотреть вариант перехода на платные услуги, может быть также трудность со сбором информации для дальнейшего анализа. Некоторые виды данных, которыми оперируют при применении сложных методов анализа потребления электрической энергии, могут быть получены исключительно от поставщика энергии. Поэтому, например, для бюджетного учреждения в США, которое стремится уменьшить свои затраты на электроэнергию путем разумного ограничения потребления в периоды пиковых нагрузок, наилучшим вариантом является соглашение с поставщиком энергии о предоставлении платных услуг по учету и анализу потребления энергии.

### 4.3 РЕКОМЕНДАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ВНЕДРЕНИЯ УЧЕТА И АНАЛИЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Отправной точкой в решении проблемы налаживания квалифицированного учета и анализа потребления энергии и энергоносителей бюджетными учреждениями города является выбор метода анализа, который будет применяться для выявления тенденций в потреблении энергии. Очевидно, что счета за энергию, другие показатели и характеристики должны собираться не реже одного раза в месяц. Учитывая то, что значительная часть расходов приходится на тепло, потребленное зданием в отопительный период, то метод сравнения показателей потребления энергии для настоящего и минувшего годов нельзя применять для оценки эффективности потребления энергии бюджетным учреждением. Этот метод анализа будет давать значительные ошибки в расчетах, поскольку он не учитывает отличий в погоде для разных лет. Таким образом, остается две альтернативы: или взять на вооружение метод вычисления средних величин ежемесячного потребления за предыдущие годы, или же применить метод корректирования сезонного потребления энергии в соответствии с температурой. Хотя метод вычисления средних величин потребления для нескольких лет является значительно более точным, чем метод сравнения настоящего и минувшего годов, тем не менее, применять его тоже следует с осторожностью. Например, если в течение четырех последних лет каждая следующая зима была теплее предыдущей, то метод вычисления средних величин ежемесячного потребления для четырех и менее лет будет давать заниженные усредненные уровни потребления.

Для современных условий наиболее приемлемым с точки зрения достоверности результатов анализа является сравнительный метод, предусматривающий корректирование данных предыдущих лет относительно температурных условий текущего года. Это дает возможность составить **ряд рекомендаций** как правильно организовать учет и анализ потребления энергии для бюджетных учреждений:

**Рекомендация 1.** Для анализа потребления энергии бюджетными учреждениями следует использовать метод корректирования сезонного потребления энергии по температуре. Причем необходимо

сразу предусмотреть возможность перерасчета отдельных компонентов потребленной энергии в связи с изменениями используемой площади здания, состава энергопотребляющего оборудования и режима его использования, изменениями в объемах деятельности и распорядке работы учреждения.

**Рекомендация 2.** На основе выбранной методики составить список показателей и характеристик, подлежащих сбору. Определить перечень измерительных приборов и документов, которые будут служить источниками информации. Определить частоту и время снятия показаний приборов и перенесения записей в специальные файлы, а также лиц, которые будут отвечать за этот участок работы.

**Рекомендация 3.** Выбрать подход, который будет применяться для накопления и обработки информации в процессе проведения анализа энергопотребления учреждений. Принять меры по разработке соответствующего инструментария для реализации избранного подхода (разработать бланки, утвердить стандарты электронных таблиц для сбора данных, приобрести или разработать соответствующие программы для обработки собранных данных). Назначить ответственных за выполнение анализа потребления энергии зданиями в разных областях городской экономики: образовании, здравоохранении, культуре, административных домах. Позаботиться, чтобы эти лица имели соответствующие знания и навыки.

**Рекомендация 4.** Определить круг лиц, до сведения которых будут доводиться результаты анализа о существующем состоянии и тенденциях в потреблении энергии бюджетными учреждениями. Исходя из функциональных обязанностей этих лиц, обработать такие формы предоставления результатов анализа потребления энергии, которые позволят быстро и качественно принимать соответствующие решения и меры с целью повышения эффективности потребления энергии.

**Рекомендация 5.** Силами лиц, ответственных за организацию учета, организовать сбор и хранение данных с помощью специальных бланков, электронных файлов или компьютерных программ. Уделить специальное внимание форме расчетов за потребленную энергию с предприятиями-поставщиками энергии. Если счет выставляется поставщиком для группы учреждений, то следует добиться того,

чтобы в этих счетах были выделены части платежей для каждого отдельного учреждения.

**Рекомендация 6.** Силами лиц, ответственных за проведение анализа потребления энергии, провести первый «пробный» анализ потребления энергии для одного бюджетного учреждения из каждой области городского хозяйства с целью проверки эффективности системы сбора данных, методики анализа и форм предоставления результатов анализа. В случае необходимости внести необходимые изменения в методику анализа, методы сбора данных или формы отчетности.

**Рекомендация 7.** После подтверждения жизнеспособности и эффективности созданной системы учета и анализа потребления энергии на «пробных» учреждениях распространить анализ на остальных бюджетных учреждениях.

**Рекомендация 8.** Если возникнет вопрос об организации учета и анализа потребленной энергии для сети бюджетных учреждений, то необходимо принять меры для приобретения или создания соответствующих компьютерных программ и после их разработки приступить к поэтапному внедрению таких программ.

#### **4.4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Использование программного обеспечения BENTLEY SYSTEMS для повышения энергоэффективности предприятий ВКХ. Описание.** Программное обеспечение Bentley Systems помогает не только моделировать гидравлические режимы в сети, но и оптимизировать работу насосных агрегатов, обнаруживать несанкционированные отборы и утечки в системе, проектировать и реконструировать распределительную сеть без избыточных диаметров. Использование сценариев позволяет задавать любые условия работы и предсказывать поведение системы, что может показать все узкие места сети и позволит заранее определить мероприятия по устранению возникших аварийных ситуаций.

**Энергоэффективные проекты.** «Уфаводоканал» выполнил ряд проектов, направленных на повышение энергоэффективности системы водоснабжения. Для этого был использован мощный комплекс WaterGEMS, имеющий целый ряд модулей для оптимизации жизнедеятельности распределительной сети.

Разработка новых энергоресурсосберегающих режимов подачи воды в город на основе гидравлического моделирования. Переход на ночной режим в зоне «Нового машинного зала». Переход с насосного агрегата № 3 Д1600-90 (оборудован UCD) в период с 01 до 06 часов в рабочие дни и с 01 до 07 часов в выходные и праздничные дни на насосный агрегат № 5 Д630-90.

Расчет экономического эффекта при переходе на ночной режим с переключением насосного агрегата Д 1600 – 90 в зоне «Нового машинного зала» на насосный агрегат Д 630 – 90. Экономический эффект получается из экономии электроэнергии в разности потребляемой мощности Д 1600–90 (мощность 630 кВт) и Д630-90 (мощность 315 кВт).

Выработка нового режима подачи воды в зоны «Ковшового водопровода» и «Верхнюю зону». Расчет экономического эффекта при переходе на новый режим работы СКВ II подъем и СГВ III подъем: 1) при переходе на насосный агрегат №1а или №2а экономический эффект складывается из экономии электроэнергии, которая достигается в результате меньшего времени работы и числа работающих насосных агрегатов; 2) при полном отключении насосных агрегатов, работающих в «Верхнюю зону» экономический эффект складывается из экономии электроэнергии, которая достигается в результате меньшего времени работы и числа работающих насосных агрегатов.

Перевод ряда микрорайонов, запитанных от водоводов «Верхней зоны» на «Нижнюю зону». Принятие решения о переводе того или иного района с «Верхней» на «Нижнюю зону» должно основываться на гидравлическом расчете, а так же с учетом местных факторов (наличие насосов подкачки в ЦТП, их состояние и т.д.). Экономический эффект складывается за счет разницы в затратах электроэнергии на подъем и перекачку воды до потребителя.

Переход на ночной режим агрегата №2 на СГВ. В настоящее время на II-ом подъеме СГВ в «Питьевую зону» работает агрегат №2 (Д2000-100), оборудованный гидравлическим приводом UCD фирмы «Twin Disk». На выходе из насосной станции поддерживается круглосуточно заданное стабильное давление порядка 10,4 атм. При этом режиме работы насосной станции в городе имеются избыточные давления. Увеличение давления сверх необходимого ведет к водопотреблению во внутридомовых сетях, также избыточное

давление сказывается на количестве утечек, перерасходе электроэнергии. Из опыта эксплуатации известно, что превышение давления выше нормативного на 1,0-1,5 атм ведет к увеличению расхода на 1 жителя приблизительно на 20 л.

С целью оптимизации работы системы подачи и распределения воды, снижения избыточных давлений, сокращения подачи воды в город и экономии электроэнергии ввести новый режим работы насосного агрегата №2 на СГВ с переходом на ночной - утренний - дневной режимы в автоматическом режиме управления.

Предлагаемый режим на водоводе №1 ориентировочно будет давать экономию электроэнергии порядка 4-5 %. С переходом на новый режим работы насосного агрегата №2 достигается стабилизация (уменьшение) избыточного давления ночью в сети, сокращение подачи воды в город, уменьшение аварийности трубопроводов, экономия электроэнергии.

Программное обеспечение Bentley Systems является универсальным решением, позволяющим существенно экономить средства предприятия при правильном моделировании системы водоснабжения и водоотведения.

Основные задачи, решаемые при помощи данного программного обеспечения: оценка потребления воды; обнаружение утечек; оценка качества воды; автоматизированный анализ расхода воды для пожаротушения и промывки; анализ сети на гидроудар; нахождение оптимального варианта реконструкции систем водоснабжения; планирование инвестиций; предупреждение аварий; создание комбинированных гидравлических моделей и связь с системами SCADA (диспетчерское управление и сбор данных); создание различных, взаимосвязанных сценариев по принципу «что, если»; автоматизированная калибровка и моделирование сети; анализ пропускной способности и переполнения для существующих сетей и при планировании строительства новых объектов; планирование загрузки насосов и интеграция с моделями SWMM (модель управления ливневыми сточными водами); анализ дождевых стоков и сети городской ливневой канализации.

#### **ActiveX-компоненты для расчетов инженерных сетей.**

Библиотека ActiveX компонентов программного комплекса **ZuluNetTools** - предоставляет возможность разработчикам программного обеспечения включать в свои приложения

гидравлические расчеты тепловых и водопроводных, реализованные в расчетных модулях **ZuluThermo** и **ZuluHydro**, в средах разработки приложений, поддерживающих модель COM (Microsoft Visual C++, Microsoft Visual Basic, Borland Delphi, Borland C++Builder и т.д.).

Основные возможности: программное задание топологической модели инженерной сети; программное задание исходных данных для расчетов; подключение инженерных сетей в формате ГИС **Zulu**; запуск расчетов тепловых сетей **ZuluThermo**; запуск расчетов водопроводных сетей **ZuluHydro**; программное чтение результатов расчетов и кодов ошибок; вывод протокола расчетов и списка ошибок; построение пьезографиков.

Компоненты **ZuluNetTools**. В состав библиотеки **ZuluNetTools** входят компоненты, представляющие расчетную модель инженерной сети или просто «сети», компоненты для выполнения расчетов - расчетные задачи, а также набор визуальных компонентов (окно сообщений, окно пьезометра), предоставляющие пользовательский интерфейс, схожий с интерфейсом Zulu, для интеграции инженерных расчетов в конечное приложение пользователя.

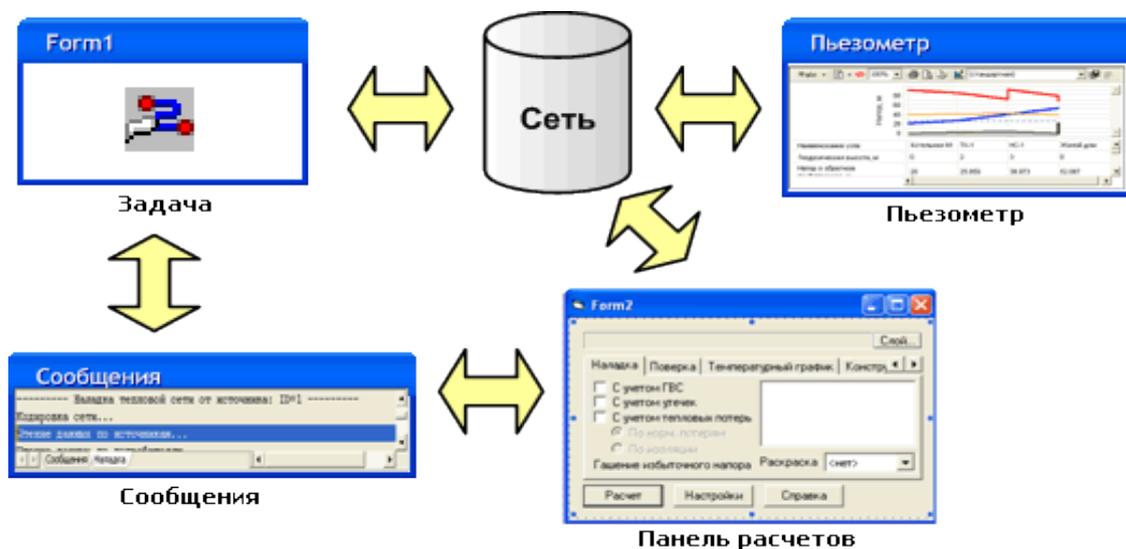


Рисунок 12 – *Диаграмма компонентов ZuluNetTools*

Компонент «Сеть» (**ZCNNetwork**, **ZCNNetworkCtrl**) представляет собой модель инженерной сети. Компонент **ZCNNetworkCtrl** является невидимым ActiveX-элементом, размещаемым на форме. Его аналог, объект **ZCNNetwork** - простой COM-объект, делающий тоже самое, но создаваемый и используемый в линейном коде. Модель сети может быть задана программно, путем

занесения графа сети и задания расчетных параметров объектов сети. Кроме того, в качестве расчетной модели можно прямо указать слой Zulu.

**Компонент «Задача».** Каждый из компонентов «Задача» представляет собой набор расчетных задач, решаемых пакетом ZuluHydro (водопроводные расчеты). Эти компоненты используются для организации выполнения расчетов без использования пользовательского интерфейса Zulu. Параметры расчетов и источники для расчетов задаются программно.

**Компонент «Пьезометр» (ZCNPiezoCtrl)** позволяет строить пьезометрические графики по результатам расчетов. Подключается к компонентам ZCNNetworkCtrl или ZCNNetwork для получения исходной информации. Компонент является полным аналогом окна пьезометра Zulu. В зависимости от типа подключенной сети, компонент позволяет отображать пьезометрические графики для тепловой и водопроводной сети.

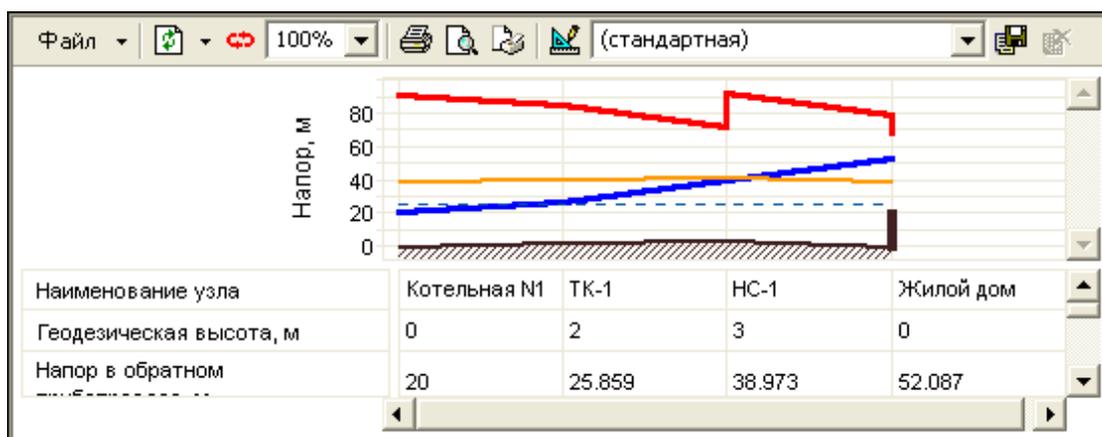


Рисунок 13 – *Компонент ZCNPiezoCtrl*

**Компонент «Панель расчетов».** Визуальный компонент ZCNTaskWinCtrl позволяет внедрить в форму панель расчетов одного из продуктов ZuluThermo, ZuluHydro, ZuluSteam или ZuluGaz. С помощью этого компонента можно организовать внедрение расчетных продуктов линейки Zulu в свои приложения с использованием оригинального пользовательского интерфейса этих продуктов.

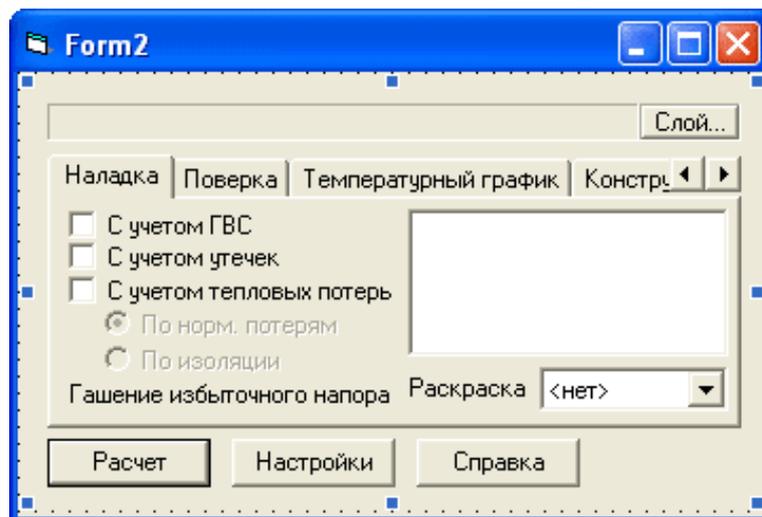


Рисунок 14 – Компонент ZCNTaskWinCtrl с внедренной панелью расчетов ZuluThermo

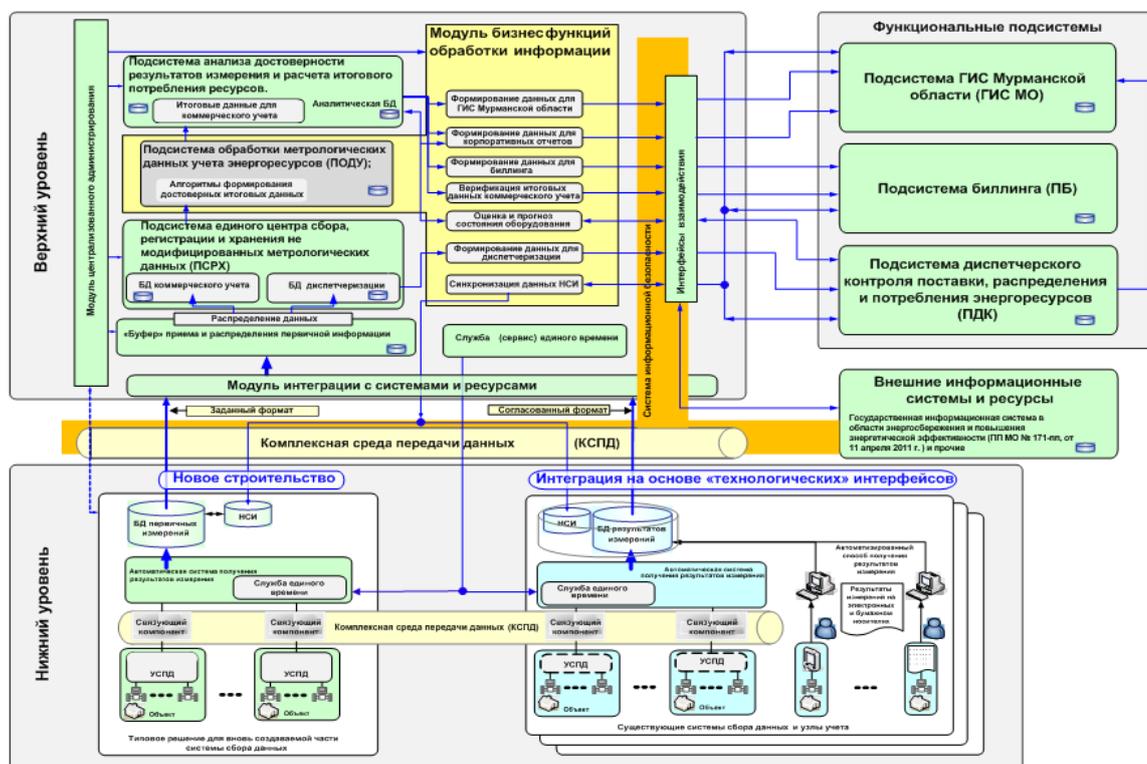


Рисунок 15 – Структура программного-технического комплекса

**Программы для подбора насосов, расчета систем водоснабжения и водоотведения.**

Программа **OLDPUMPE**. Программа **OLDPUMPE.EXE** - это каталог графических характеристик насосов, которые широко использовались в основном в теплоэнергетике и ЖКХ стран бывшего СССР. Представлено всего около 270 модификаций насосов, к

которым даны различные характеристики: напор, подача, к.п.д. насоса в зависимости от объемного расхода.

**Программа "Гидравлический расчет трубопроводов"** позволяет рассчитать потери напора водопровода на единицу длины трубопровода (так называемый "гидравлический уклон"). Определяет гидравлическое сопротивление стыковых соединений в напорных трубопроводах, учитывает из какого материала они изготовлены. Разработана на основании приложения 10 СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

**Программа вычисления параметров насоса** будет полезна для инженеров и проектировщиков в тех случаях, когда необходимо узнать (для определенного насоса) максимальный развиваемый напор на холостом ходу ( $H_0$ ) и сопротивление рабочего колеса ( $S$ ), а в наличии имеется только графическая характеристика насосного агрегата.

**OVplan - программа для расчета трубопровода отопительной системы.** Расчет осуществляется посредством построения схемы системы. Составные части системы трубопровода выбираются с помощью графических символов и выносятся на рабочую площадь.

**Oventrop CO - программа для расчета систем отопления** предназначена для графической помощи при проектировании новых одно - и двухтрубных систем центрального отопления, регулировании существующих систем (например, в утепленных зданиях), а также при проектировании сети трубопроводов в системах охлаждения с возможностью применения гликоля как холодоносителя.

**ГидроМодель - программа для расчета гидравлической сети** позволяет спроектировать новые гидравлические сети и сооружения или смоделировать работу уже существующих. Данная программа представляет собой вычислительную среду, в которой имитируются внешние модули гидравлической сети, моделирующие реальные объекты (задвижки, водоводы, арматуру, насосы и т.п.).

**APPR4.3 Набор программ для подбора центробежных насосов**  
Программа аппроксимации характеристик центробежных насосов.  
SELECT 1.1 Подбор центробежных насосов по данным APPR4.3.  
GENERAT 2.0 Программа создания текстового файла данных для построения графиков на MatLab.

**НИК - Научный Инженерный Калькулятор** предназначен для наиболее распространенных математических вычислений, различных простейших инженерных расчетов в области проектирования инженерных сооружений и санитарно-технических систем. Полезен инженерам и проектировщикам в области проектирования систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и охраны окружающей среды, а также в строительстве и при эксплуатации указанных систем.

**Расчет внутренних систем водопровода и канализации** Программа предназначена для автоматизации расчетов внутренних систем водопровода и канализации. Расчеты производятся согласно нормативным документам СНиП. Пользователь вводит только основные данные, такие как количество потребителей и сантехприборов. Программа сама подбирает актуальные коэффициенты и нормы из нормативных документов.

**Программа HERZ C.O. версия 3.5** позволяет выполнить все гидравлические расчеты оборудования одно- и двухтрубных систем отопления и охлаждения. Осуществляет подбор диаметра трубопровода, анализирует расход воды в оборудовании, определяет потери давления и гидравлического сопротивления циркуляционных колец, подбирает настройки регуляторов разницы давления, устанавливаемых в основаниях стояков, разветвления и т.д.

**Программа "Потери давления - Счетная линейка"** Интерфейс программы представляет собой таблицу, в которой доступны для заполнения ряд полей для ввода параметров. В программе предусмотрена возможность изменения подачи давления путем переноса регулятора задвижки трубы. Все изменения значений вводимых параметров отчетливо отображаются в графическом рисунке.

**Программа "Pump & Boosters Selection Program"**. После ввода данных параметров в интерфейсе следует перейти к кнопке Generate, после чего на экран выводится список подходящих моделей. Выбирая одну из моделей, пользователь программы видит на экране полные характеристики выбранного насоса, в том числе потребляемую мощность и эффективность работы насоса, а так же график зависимости напора воды от высоты подъема воды до насоса.

### **Программа "Smedegaard Pump Selection system WPSEL"**

Предназначена для оптимального подбора циркуляционных насосов. Циркуляционные насосы традиционно используются при создании систем кондиционирования, систем отопления, систем холодного и горячего водоснабжения, для отвода сточных вод и в других различных системах. Они сравнительно компактны, имеют небольшой вес, отличаются низкой энергоемкостью и пониженным уровнем шума.

**Программа "WaterSupply"**. Данный программный продукт основан на положении СНиП 2.04.01-85\* "Внутренний водопровод и канализация зданий" и реализует его основные пункты для гидравлического проектирования водопроводных сетей внутри зданий. Данный тип программ относится к серии «Технический расчет» (ТП).

**Программа "Instal-San T"**. Программа написана для создания проектов внутренней сети холодного и горячего водоснабжения в жилых зданиях, коттеджах, и, возможно, общественных помещениях. Программа позволяет проводить расчеты гидравлических и тепловых параметров системы.

**Программа "Гидравлический расчет по канализации" (таблицы Лукиных, Павловского)**. Данная программа реализована в виде макроса в среде МЕхсel. Первый лист exсel-файла содержит таблицу Лукиных для лотка с задаваемыми параметрами. Второй лист содержит расчет по Павловскому для круглой трубы с задаваемыми параметрами.

**Программа «Определение оптимальных параметров канализационных сетей при безнапорном движении воды»**. При проектировании канализационных сетей (как бытовых, достаточно простых проектов, так и более сложных схем), инженеры-проектировщики неизменно сталкиваются с необходимостью технических гидравлических расчетов. Данная программа является простым и удобным инструментом, способным облегчить работу по этим вычислениям.

**Программа «Насос (Pump)» v. 1.5.0.0 Alpha**. Основную целью создания данной информационной системы является анализ базовых (паспортных) параметров центробежных насосных агрегатов (расхода -  $Q$ , напора -  $H$ , частоты вращения -  $n$  и диаметра -  $D$  рабочего

колеса), их характеристик (Q-H, Q-N, Q- к.п.д.) и расчет новых параметров при изменении каких-либо из базовых параметров.

**Программа "Гидравлический расчет трубопровода".** Интерактивная программа позволяет произвести расчет коэффициента гидравлического сопротивления трению трубопровода и определить потери давления при движении жидкости по трубопроводу. Программа работает по методике изложенной в "Справочнике по гидравлическим сопротивлениям" под редакцией И.Е.Идельчика.

**Программа подбора насосного оборудования "Селектор Корвет".** Программа позволяет произвести подбор насосного оборудования среди сотен модификаций насосов реализуемых Торговым Домом «Корвет», в том числе насосов типа УОДН. Представляет собой документ в формате MS Excel, где, после ввода необходимых данных (подача, напор, среда и т.п.), выводится список подходящих насосов.

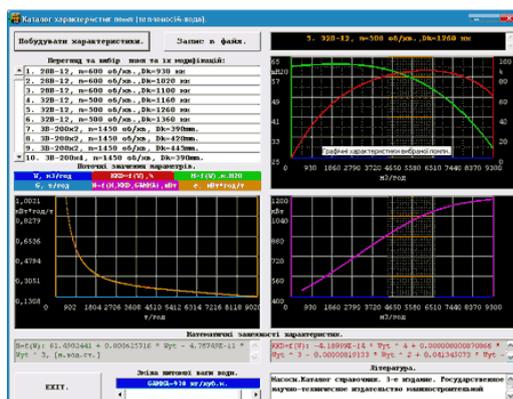


Рисунок 16 – Структура интерфейса программы **OLDPUMPE.EXE**

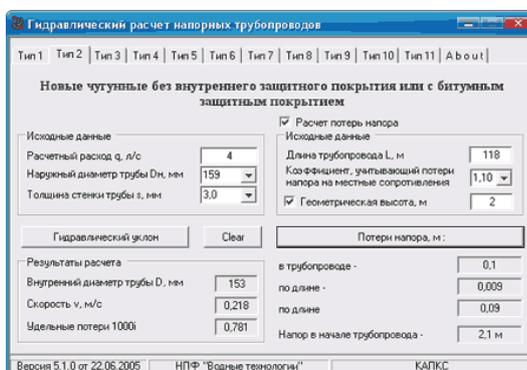


Рисунок 16 – Структура интерфейса расчета водоснабжения **MIKE URBAN**

## РЕЗЮМЕ К ГЛАВЕ

В данной главе рассмотрены и рекомендованы к использованию следующие методы контроля и мониторинга потребляемых энергоресурсов:

метод сравнительного анализа потребленной энергии,

метод сравнения ежемесячных объемов потребления энергии в настоящем и прошлом годах,

метод сравнения ежемесячного потребления энергии после соответствующего корректирования потребления в предыдущие годы с температурой текущего года.

При соответствующих допущениях эти методы позволяют обеспечить в системах водоснабжения и водоотведения необходимую точность и достоверность учета потребляемой энергии и выполнять анализ эффективности энергопотребления на основе соответствующих инструментальных и программных средств.

## **5 МЕРОПРИЯТИЯ, ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

### **5.1 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ, ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИВОД ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

**Повышение энергоэффективности систем водоснабжения:** сокращение использования воды на собственные нужды в водозаборных станциях; внедрение систем водооборота на водозаборах; оптимизация режимов промывки фильтров; применение технологий водовоздушной промывки; установка на раструбные соединения ремонтных комплектов (придают раструбу высокую степень герметичности); использование частотно-регулируемых ЭП на насосах тепловых пунктов, насосных станциях; замена металлических труб на полиэтиленовые (сокращение потерь на поддержание избыточного давления в трубах); применение систем электрохимической защиты стальных трубопроводов; внедрение современной запорно-регулирующей и предохранительной арматуры; применение сильфонных компенсаторов гидравлических ударов; санация ветхих участков водопроводных сетей; оптимизация работы системы водоснабжения.

Диспетчеризация и автоматизация управления сетями; установка на ответвлениях сети датчиков и регуляторов сетевого давления; изменение схемы централизованного ГВС из циркуляционного в циркуляционно-повысительную; установка счетчиков расхода воды на входах объектов водопотребления; установка технологических водомеров на проблемных ответвлениях; премирование работников, осуществляющих эксплуатацию системы водоснабжения у управляющих организаций, с учетом показателей энергоэффективности.

**Повышение энергоэффективности электрических сетей и системы освещения:** исключение недогруза трансформаторов (менее 30%); исключение перегруза трансформаторов; исключение перегруза длинных участков распределительных сетей; установка компенсаторов реактивной мощности у потребителей; внедрение распределенной энергетической сетки для компенсации реактивной

мощности; исключение утечек тока на подземных магистралях; своевременная замена изоляторов на ЛЭП; повышение качества электрической энергии (применение экранирования, энергосберегающей системы FORCE); увеличение загрузки асинхронных двигателей (нагрузка должна быть более 50%); применение автоматических переключателей с соединения «треугольник» на соединение «звезда» при малонагруженных режимах; замена асинхронных двигателей синхронными; применение частотно-регулируемых ЭП в системах вентиляции энергообъектов сетей; автоматическое поддержание заданного уровня освещенности с помощью частотных регуляторов питания люминесцентных светильников; замена ртутных люминесцентных светильников на натриевые и металлогалогенные; применение светодиодных светильников для уличного и дежурного освещения; применение эффективных электротехнических компонентов светильников; использование осветительной арматуры с отражателями; применение аппаратуры для зонального отключения по уровням освещенности; применение автоматических выключателей для дежурного освещения; регулярная очистка прозрачных элементов светильников и датчиков автоматического отключения; регулярная очистка стекол в окнах в производственных помещениях и применение светлых тонов при окраске стен; использование световодов для подсветки темных помещений; разработка энергобаланса сетей и постоянная оценка режимов электропотребления для снижения нерациональных энергозатрат; премирование работников, осуществляющих эксплуатацию электросетей и сетевых предприятий, с учетом показателей энергоэффективности.

**Экономия топлива при производстве тепловой и электрической энергии:** рекуперация тепла отводимых газов системы дымоудаления (подогрев исходной воды или приточного воздуха); минимизация величины продувки котла; надстройка действующих водогрейных или паровых котлов газотурбинными установками; магнитострикционная очистка внутренних поверхностей котлов от накипи; сбор и возврат конденсата в котел; применение экономайзеров для предварительного подогрева питательной воды в деаэраторах; применение обоснованных режимов снижения температуры теплоносителя; использование энергии, выделяющейся при снижении давления магистрального газа для

выработки электрической и тепловой энергии; когенерация (совместная выработка тепловой и электрической энергии); реконструкция котельной в мини-ТЭЦ с надстройкой ГТУ; тригенерация (совместная выработка электрической, тепловой энергии, холода); компенсация реактивной мощности на уровне объекта.

**Повышение энергоэффективности тепловых сетей:** оптимизация сечения трубопроводов при перекладке; прокладка трубопроводов «труба в трубе» с пенополиуретановой изоляцией; замена изоляции минераловатой на пенополиуретановую с металлическими отражателями; замена металлических труб на асбоцементные; электрохимическая защита металлических трубопроводов; применение систем дистанционной диагностики состояния трубопроводов; применение обоснованных режимов снижения температуры теплоносителя; исключение подсоса грунтовых и сточных вод в подземные теплотрассы; установка теплосчетчиков на ЦТП; замена малоэффективных кожухотрубных теплообменников на ЦТП на пластинчатые, устранение течей; установка частотно регулируемых ЭП для поддержания оптимального давления в сетях (экономия электроэнергии на 20-25% и снижение аварийности); закрытие малоэффективных и ненагруженных котельных; проведение мероприятий по оптимизации тепловых режимов здания ЦТП и вторичному использованию тепла обратной сетевой воды и вытяжной вентиляции; проведение мероприятий по внедрению системы энергоэффективного освещения (замена ламп накаливания на люминесцентные и светодиодные, промывка окон, окраска стен в светлые тона); установка регулируемых вентилей на подаче тепла на нагруженные участки теплотрасс; использование мобильных измерительных комплексов для диагностики состояния и подачи тепла, а также для регулирования отпуска тепла; установка теплосчетчиков на входах теплоподдачи зданий; внедрение кустовых автоматизированных комплексов диспетчеризации ЦТП; комплексная гидравлическая балансировка теплосетей; официальное принятие показателей энергоэффективности в эксплуатируемых тепловые сети организациях и ЦТП; премирование работников, осуществляющих эксплуатацию теплосетей и ЦТП, с учетом показателей энергоэффективности.

**«Нетрадиционные» способы энергосбережения в ЖКХ:** использование тепла пластовых вод и геотермальных источников для отопления и ГВС; использование солнечных коллекторов для дополнительного горячего водоснабжения и отопления зданий; создание системы сезонного и суточного аккумулирования тепла; использование пароструйных инжекторов в качестве эффективных теплообменников при утилизации низкопотенциального тепла мягкого пара; использование пароструйных инжекторов взамен циркуляционных насосов; использование тепловых насосов для отопления и ГВС с извлечением низкопотенциального тепла из: канализационных стоков и сбросов промышленных вод; тепла подвальных помещений зданий; тепла солнечных коллекторов; теплого выхлопа вытяжной вентиляции; обратной сетевой воды системы отопления; воды моря и открытых водоемов; применение газогенераторных установок для замещения природного газа и теплоснабжения; использование шахтного метана; производство пеллет, торфобрикетов и их использование для газогенерации и отопления; использование систем распределенной энергетики для организации теплоснабжения населенных пунктов; использование мусоросжигающих заводов в системах распределенной энергетики; использование тепла обратной сетевой воды для снегоплавильных установок.

Приведенный перечень составлен по принципу «до объекта».

## **5.2 ПРОГРАММЫ «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ»**

**Особенности управления в рамках реализации Программы энергоэффективности энергетического комплекса «Мосводоканал».** По данным электробаланса на цели водоснабжения и водоотведения в 2009 г. было израсходовано 1280 млн. кВт-ч. По масштабам потребления электроэнергии «Мосводоканал» занимает третье место в Москве, уступая только железной дороге и метрополитену. Энергетический комплекс «Мосводоканал» представляет собой сложную систему сетевого, распределительного и силового энергооборудования и включает порядка: 400 высоковольтных электродвигателей; 3000 низковольтных электродвигателей; более 500 трансформаторов;

свыше 2000 высоковольтных распределительных устройств; протяженность кабельных линий, находящихся на балансе предприятия составляет около 900 км. Общая установленная мощность энергетического оборудования составляет 1139 МВА. Генераторная мощность составляет 18,3 МВт, вырабатывая в год около 30-35 млн. кВт-ч электрической энергии.

Система распределения воды в городе состоит из: 9 регулирующих узлов с 10 крупными насосными станциями; 423 станций подкачки; 64 артезианских скважин; более 11 тыс. км трубопроводов. На систему распределения воды приходится около 5% всего энергопотребления. Система водоотведения представляет собой сложный комплекс инженерных сооружений, потребляющих до 45% всего объема электроэнергии.

Потребление электроэнергии на цели водоснабжения и водоотведения в 2000-2008 гг. снизилось на 26%.

Планируемая деятельность по повышению энергетической эффективности в рамках сектора. Целью деятельности в области повышения энергетической эффективности в системах водоснабжения и водоотведения является ежегодное снижение объемов потребления энергетических ресурсов ежегодно не менее чем 3% от фактического потребления энергетических ресурсов в 2009 году.

Для достижения указанной цели необходимо решать следующие задачи: формирование целостной системы управления процессом повышения энергоэффективности в системах водоснабжения и водоотведения, обеспечивающей распределение полномочий и эффективное взаимодействие органов исполнительной власти города Москвы, а также хозяйствующих субъектов; принятие необходимых нормативно-правовых актов, определяющих механизмы государственного регулирования в сфере повышения энергоэффективности систем водоснабжения и водоотведения; формирование системы мониторинга в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в системах водоснабжения и водоотведения; формирование системы информационной и образовательной поддержки деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности; введение практики регулярного формирования и обновления программ повышения энергоэффективности организаций,

осуществляющих деятельность в области водоснабжения и водоотведения; создание необходимых и достаточных условий по реализации частно-государственного партнерства для реализации мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности; реализация комплекса мер по повышению энергоэффективности на объектах сетей водоснабжения и водоотведения, позволяющего снизить потребление энергии ежегодно не менее чем 3% от фактического потребления энергетических ресурсов в 2009 году; оснащение приборами учета энергетических ресурсов объектов систем водоснабжения и водоотведения;

– осуществление энергетического аудита и паспортизации объектов систем водоснабжения и водоотведения.

Участниками деятельности по энергосбережению в системах водоснабжения и водоотведения города Москвы являются: отраслевые и территориальные органы исполнительной власти города Москвы; собственники инфраструктуры систем водоснабжения и водоотведения; организации, эксплуатирующие инфраструктуру систем водоснабжения и водоотведения.

В области административного управления предполагается реализация организационных и технических мероприятий, предусмотренных отраслевой программой Департамента жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города Москвы (в части Мосводоканала).

В области неадминистративного управления предполагается создание и использование следующих организационно-экономических механизмов, направленных на повышение энергетической эффективности в данном секторе: государственный надзор; механизмы привлечения инвестиций; информационное обеспечение; долгосрочное планирование; тарифное стимулирование; установление требований, норм и правил.

Для повышения энергоэффективности в коммунальном хозяйстве Департамент жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города Москвы совместно с Департаментом топливно-энергетического хозяйства города Москвы не позднее 2011 г.: согласовать план проведения обязательных энергетических обследований систем теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения, систем уличного освещения; создать систему

сопоставления параметров энергоэффективности («бенчмаркинга») для коммунальных организаций, работающих в сходных условиях.

Мониторинг результативности осуществляемой в рамках сектора деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности будет осуществляться на основе автоматизированной информационной системы «Единая интегрированная автоматизированная информационная система мониторинга и управления эффективностью энергосбережения на объектах города Москвы».

Кроме того, Департаментом топливно-энергетического хозяйства будет осуществляться анализ темпов роста энергопотребления на основе ЕТЭБ, а также мониторинг удельных расходов ресурсов на подъем и подачу воды (исключая коммунально-бытовые нужды), на очистку сточных вод, а также на перекачку воды для мелиорации и водоснабжения на основе формы государственной статистической отчетности 4-ТЭР.

Основным источником информации о состоянии дел в области энергосбережения и повышении энергетической эффективности в рассматриваемом секторе являются: сбытовые организации, предоставляющие услуги по водоснабжению и водоотведению; организации, осуществляющие эксплуатацию систем водоснабжения и водоотведения; организации, пользующиеся услугами водоснабжения и водоотведения в целях удовлетворения собственных нужд.

**Комплексный подход в повышении энергоэффективности системы водоснабжения г. Подольска.** Система водоснабжения г. Подольска включает 97 артезианских скважин, 13 насосных станций 2 и 3 подъема, 17 подкачивающих станций, водопроводную сеть протяженностью более 320 км. Ежедневно в город подается более 110 тыс. м<sup>3</sup> питьевой воды. Система водоотведения состоит из системы самотечной канализации (280 км), 10 КНС и очистных сооружений, ежедневно принимающих в среднем 120 тыс. м<sup>3</sup> стоков.

Ежедневное потребление электроэнергии системы «Водоснабжения и Канализации» составляет примерно 200 тыс. кВт. Затраты на электроэнергию составляют четверть от себестоимости тарифов «Водоснабжения и Канализации».

Город вынужден был прийти к энергосберегающим мероприятиям.

Для комплексного решения задачи было необходимо постоянно помнить о трех ее составляющих: 1. Качество услуги (непрерывность, надежность и безопасность); 2. Эффективность производства (оптимальные затраты на производственные услуги); 3. Экономия натуральных ресурсов (воды, тепла, электроэнергии).

Опыт эксплуатации систем водоснабжения и канализации города свидетельствует о том, что если в водоканале нет оперативной информации о состоянии сети водопровода, объектов водоснабжения и канализации, то трудно ориентироваться в постоянно меняющейся ситуации с водопотреблением, велик риск «случайностей», часты отказы в работе оборудования, не поддающиеся объективному анализу. Решения в таких случаях принимает самый опытный рабочий участка – как правило, это слесарь. В таких случаях невозможно говорить о какой-то системности в работе и тем более об энергоэффективности.

На предприятии в начале 1990-х появилась система контроля над основными объектами водоснабжения и водопотребления (крупные котельные и ЦТП), информация об основных параметрах по радиоканалу стала поступать на компьютер в диспетчерскую с периодичностью в полчаса с накоплением данных. Эта система постоянно расширяется, количество объектов увеличивается, объем информации растет, по мере развития средств электроники совершенствуется и способ передачи данных. Самой уязвимой оказалась водопроводная сеть – основные потери производства происходят именно на этом участке системы: перебои водоснабжения, зависящие от неравномерности водопотребления; перебои или внезапное прекращение подачи воды в результате частых аварий на водопроводных сетях; перебои водоснабжения в результате аварий на насосных станциях.

Гидравлический удар, повышенные и пониженные напоры, неисправные трубопроводы, плохое техническое состояние трубопроводов в целом, запорной арматуры, методы работы (чеканка соединений, заделка свинцом и цементом) столетней давности, высокая аварийность, несбалансированность зон действия насосных станций с сетью подачи и распределения воды – вот основная причина отказов.

Анализируя информацию с компьютера диспетчера удалось, сократив гидроудары по сети, изменить режимы функционирования

станций так, чтобы они не мешали работе друг друга и не двигали по сети воду в зависимости от времени суток то в одну то в другую сторону по магистрали.

Возникла проблема с топологией сети. Шесть лет ушло на то, чтобы компьютеризировать водопроводную сеть.

С 2001 года на предприятии появилось мощное средство компьютерного моделирования сетей водоснабжения MIKE NET. Программа MIKE NET позволяет выполнить конструкторский расчет водопроводной сети, т. е. определить оптимальные диаметры с заданным расходом и давлением, потери напоров по длине трубопроводов, пьезометрические напоры, потокораспределение по сети, и рассчитать зону действия насосных станций, водозаборных узлов в целом.

Имея данные на компьютере диспетчера об основных параметрах насосных станций, топологии сети, характере абонентов и режимах водопотребления, с помощью MIKE NET можно определить, что оптимальнее – реконструировать сеть или изменить зону действия насосной станции, а также определить необходимые параметры насосной станции, сравнив их с существующими, т. е. принять технически обоснованные решения. Например, сравнение паспортных и фактических параметров насосных агрегатов при натурных замерах мгновенных значений и расчет к.п.д. показал, что большинство насосных станций работает с низким к.п.д.

В городе на всех небольших подкачивающих станциях, работающих на группы зданий, применяются станции управления насосными агрегатами с регулируемым ЭП на базе насосов «Грундфос»: автоматический режим, дистанционное управление; надежность – низкие эксплуатационные затраты; экономия электроэнергии и воды, т. к. станция поддерживает заданное давление, снижая обороты насоса до полной остановки, что часто из-за отсутствия утечек происходит ночью в домах-новостройках.

За счет проведения мероприятий по оптимизации сети с применением небольших автоматических подкачивающих станций на группы зданий, начиная с 2001 года выведены из эксплуатации четыре крупные насосные станции в центре города. Вместе с тем в настоящее время использованы еще не все резервы: потери от дросселирования в сравнении с действием ЭП – 8,850 тыс. руб. в год.

В 2004 году завершена программа реконструкции городских КНС (10 штук), после чего станции были переведены в автоматический режим, а персонал на большинстве из них выведен. На самых крупных КНС (14 и 17 тыс. м<sup>3</sup>/сутки) в задачи персонала входит обеспечение безопасности и поддержание чистоты помещений, в технологический процесс они практически не вмешиваются. Станции построены на базе погружных насосов Flight, ABC, «Грундфос». Были использованы такие свойства насосов, которых раньше не было: возможность работы в погружном варианте; низкая энергоемкость (в 2 раза по сравнению с аналогичным отечественным оборудованием); низкая материалоемкость; высокая надежность и почти полное отсутствие затрат на эксплуатацию; возможность контролировать основные параметры агрегата, не доводя его до аварии.

Эти свойства, кроме экономии электроэнергии, сняли эксплуатационное бремя, перестали работать аварийные выпуски КНС – повысилась экологическая безопасность объектов.

Крупным энергопотребляющим объектом в системе водоотведения города являются Подольские городские очистные сооружения. По сути - это большой химический завод, ежемесячно потребляющий полмиллиона киловатт электроэнергии. Мероприятия по энергосбережению на этом объекте – отдельная тема. Ведутся проектные работы и перспективой предусмотрено, кроме глубокой очистки до норм рыбохозяйственных водоемов, использование биогаза в когенерации с получением электроэнергии и тепла, высвобождением больших территорий, занятых иловыми картами, и снижением энергопотребления в целом в 2,5 раза.

Большой пользой в повышении энергоэффективности ЖКХ может и должен служить процесс перехода на приборный учет водопотребления в муниципальном жилом фонде (80 % потребления). Водосчетчики в квартирах позволяют регулировать водопотребление. Эти системы действуют в Европе. В Финляндии еще 10 лет назад в Хельсинки осуществлялась реконструкция насосного оборудования одной из станций с целью снижения мощности после перехода на расчеты с населением по приборам учета.

### 5.3 ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЕ КОМПАНИИ И ПЕРФОМАНС-КОНТРАКТИНГ

**Роль энергосервисных компаний в энергосбережении.** Энергетические службы бюджетных учреждений и коммунальных предприятий работают сегодня в достаточно тяжелых экономических и финансовых условиях. Весь комплекс юридических, нормативно-правовых, организационных, финансово-экономических и технических проблем, связанных с обеспечением жизнедеятельности энергетических служб этих учреждений и предприятий, сегодня лежит на плечах местной власти. Тяжесть этой ситуации усугубляется недостатком объективной информации о наиболее энергозатратных объектах, причинах, порождающих чрезмерное потребление энергоресурсов, новых энергоэффективных технологиях и оборудовании, позволяющих устранить негативные явления.

Работа американских энергосервисных компаний (ЭСКО) организована под «ключ», — т.е. от поиска заказчика и источников финансирования до наладки оборудования и отслеживания технологического процесса. При этом существующие в США ЭСКО представляют собой, как правило, немногочисленные организации, состоящие из нескольких высококвалифицированных специалистов-экспертов, имеющих большой практический опыт работы в избранном направлении. Основная их задача — обосновать и гарантировать получение прибыли всем участникам проекта — промышленным предприятиям и строительно-монтажным организациям, юридическим конторам и коммерческим банкам, посредникам и исполнителям. Самое главное заключается в том, что предприятие-заказчик вообще не вкладывает начальных средств на выполнение проекта — ни на закупку и монтаж оборудования, ни на отслеживание технологического процесса, ни на юридическое обеспечение проекта. Все это обеспечивает ЭСКО в обмен на право распоряжаться оговоренной заранее долей средств, образующихся у заказчика в результате проведенных ЭСКО энергосберегающих мероприятий. Именно такой подход приносит положительные результаты.

В результате такого рода реформы в сфере энергосбережения государство:

- обеспечивает экономически целесообразной работой часть государственных служащих;

- освобождается от непосильного надзора за реализацией энергосберегающих мероприятий у каждого конечного потребителя (практически у каждого гражданина);

- при этом полностью контролирует правила игры на рынке энергосервисных услуг;

- и, наконец, главное, включает в работу цивилизованный рынок энергосервисных услуг, который не только платит налоги государству, но и приносит огромные прибыли путем экономии и рационального использования энергетических ресурсов.

В конечном итоге ЭСКО смогут предоставлять следующие энергосервисные услуги, приносящие доход государству:

- предоставление консультаций по нормативно правовым и экономическим проблемам, которые связаны с эксплуатацией энергетического хозяйства предприятий, с разработкой и реализацией проектов повышения эффективности использования энергии, а также взаимоотношений и расчетов с поставщиками энергии;

- разработка и внесение в установленном порядке в органы законодательной и исполнительной власти предложений и рекомендаций для подготовки нормативно-правовых документов, регламентирующих деятельность энергетических служб предприятий;

- сбор и распространение необходимой технической, нормативно-правовой и финансово-экономической информации для разработки и реализации энергетических и энергосберегающих проектов на предприятиях;

- обеспечение методиками и проведение энергетических аудитов, разработка и анализ проектов повышения энергетической эффективности на предприятиях;

- предоставление маркетинговых консультаций по выбору, приобретению и обслуживанию энергоэффективного оборудования;

- осуществление консалтинговой поддержки инвестиционных проектов;

- координация сотрудничества с научно-исследовательскими, информационными, консультационными и другими организациями;

- осуществление необходимой издательской деятельности;

- организация выставок, семинаров, конференций, рабочих совещаний для обмена опытом повышения эффективности работы энергетических служб предприятий;

- установление и поддержка контактов и зарубежных компаний, специализирующихся на производстве энергоэффективного оборудования и услуг, а также на финансировании проектов по модернизации энергетического хозяйства предприятий;
- организация систематического повышения квалификации сотрудников энергетических служб предприятий;
- организация стажировки специалистов-энергетиков промышленных предприятий на предприятиях Европы и США;
- создание системы добровольной профессиональной аттестации энергетических менеджеров.

**Перфоманс-контрактинг как источник финансирования энергосберегающих мероприятий в бюджетной сфере.** Перфоманс-контрактинг энергосбережения (ПКЭ) в бюджетных учреждениях — это программа внедрения энергосберегающих мероприятий в административных зданиях, в ходе которой бюджетное учреждение заключает контракт с ЭСКО на проведение энергетического обследования здания и внедрения энергосберегающего проекта на основе результатов экспертизы.

Согласно контракту ЭСКО должна гарантировать заказчику обещанный уровень экономии средств, который достигается в результате внедрения энергосберегающих мероприятий (ЭСМ) и обеспечения для себя соответствующего уровня прибылей.

Действующая на сегодня система финансирования энергообеспечения бюджетных учреждений не стимулирует энергосбережения.

Основания для такого утверждения следующие:

- Отсутствует заинтересованность работников и руководителей бюджетных учреждений в реализации энергосберегающих проектов из-за понимания того факта, что полученная экономия расходов на энергообеспечение в результате реализации энергосберегающих мероприятий сразу будет списана в бюджет, и объемы финансирования на последующие годы будут уменьшены. При ухудшении климатических условий (более холодная зима) бюджетное учреждение будет не в состоянии обеспечить тепло для работников из-за отсутствия расходов для оплаты увеличенных потребностей в теплоэнергии;

- Отсутствует заинтересованность ЭСКО в реализации энергосберегающих мероприятий в бюджетной сфере из-за отсутствия стабильного финансирования этих работ;
- Отсутствует заинтересованность производителей энергосберегающего оборудования для производства такого оборудования и поиска возможных вариантов поставок энергосберегающего оборудования из-за отсутствия спроса на их продукцию;
- Отсутствует надлежащее понимание проблем энергосбережения учреждениями, которые отвечают за формирование государственного и местных бюджетов, что выливается в постоянное игнорирование бюджетных расходов для реализации энергосберегающих мероприятий в бюджетной сфере.

В случае реализации энергосберегающих мероприятий будет происходить уменьшение потребления энергоресурсов бюджетными учреждениями, выраженное в уменьшении расходов из бюджета на содержание этих учреждений.

Полученная экономия при создании соответствующего порядка могла бы аккумулироваться на отдельном счете и потом направляться на энергосберегающие мероприятия.

ЭСКО финансирует выполнение проекта и гарантирует ежегодную экономию средств от реализации проектов, превышающую текущие годовые платежи. После окончания договорного срока планирование средств на приобретение коммунальных услуг возобновляется в первоначальном виде.

При этом выплаты из бюджета сразу же снижаются на величину фактической экономии, которая была достигнута на модернизируемом объекте к окончанию контракта.

Например, город соглашается финансировать по схеме перформанс-контрактинга проект для своего учреждения, который позволяет вернуть 110% затраченных средств в виде уменьшения расходов на энергообеспечение на протяжении года.

Таким образом, за год город с помощью ЭСКО возвращает себе вложенные в проект средства и получает дополнительную прибыль в размере 10% путем уменьшения расходов на содержание бюджетного учреждения.

Это все — гарантированная выгода для города, установленная в качестве обязательной для ЭСКО, которая будет реализовываться

проект и желает получить финансирование. Вся экономия свыше 10% будет направляться на покрытие затрат и получение прибыли ЭСКО.

Единственной предпосылкой успешной работы такого механизма является наличие надежного источника финансирования этих работ.

**Возврат средств ЭСКО при перформанс-контрактинге.** При перформанс-контрактинге (договоре энергоэффективного подряда) экономия средств определяется как разница между затратами на обеспечение бюджетного учреждения энергоресурсами за определенный период и связанными с этим обслуживанием и ремонтом соответствующего оборудования к реализации энергосберегающего проекта и фактическими затратами на те же цели за такой же период при условии реализации проекта.

Плата ЭСКО за выполненную работу должна поступать из размера экономии средств, выделенных из государственного бюджета на оплату потребления ТЭР и связанные с этим обслуживанием и ремонт соответствующего оборудования. Экономия может быть достигнута: за счет уменьшения оплаты за энергопотребление и за счет уменьшения затрат, связанных с обслуживанием (ремонтом) энергопотребляющих систем.

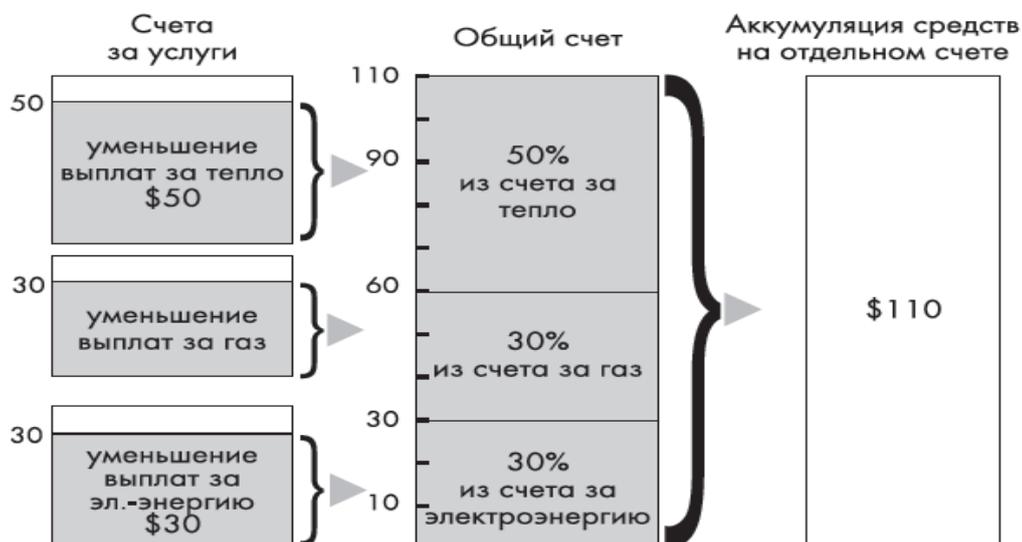


Рисунок 17 – *Схема платежей*

Уменьшение оплаты за энергопотребление – это результат:

- уменьшения энергопотребления;
- рационального энергопотребления;
- использования возобновляемых источников энергии.

Стоимость потребленных объемов энергоресурсов (энергопотребления) может быть уменьшена за счет более гибкой тарифной политики: уменьшение максимальной заявленной мощности (или улучшение коэффициента мощности) может обеспечить снижение тарифа со стороны поставщика энергии.

Уменьшение затрат на обслуживание энергопотребляющих систем это результат уменьшения затрат, связанных с оборудованием: системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, освещения и водонагреватели. Этот потенциал энергосбережения может быть постоянным или однократным.

**Источником финансирования энергосберегающих проектов ЭСКО могут выступать:**

- собственные средства;
- бюджетные средства, в частности, целевое выделение средств из государственного бюджета с использованием механизма возврата этих средств;
- частные инвестиции и финансирование третьей стороной, в том числе, с возвращением средств полностью или частично за счет полученной экономии топливно-энергетических ресурсов;
- международная помощь.

Финансовые расчеты могут осуществляться различными способами, например, поэтапно, или начинаться после формального приема энергосберегающего проекта в эксплуатацию. Основанием к оплате является выполнение контрактных обязательств.

Перед оплатой бюджетное учреждение должно проверить соответствие результатов условиям контракта на основании полученного фактического уровня экономии, который определяют на основе утвержденных методик и по данным измерительных приборов – приборов учета энергетических ресурсов.

Если годовая сумма экономии от внедрения энергосберегающих мероприятий (ЭСМ) равняется или превышает гарантированную экономию, то финансовые расчеты с ЭСКО осуществляются соответственно условиям контракта.

Если же годовая экономия не достигает гарантированного уровня энергосбережения, то ЭСКО компенсирует недостаток, либо осуществляется перерасчет в сторону уменьшения выплат ЭСКО на следующий год в размере этого недостатка.

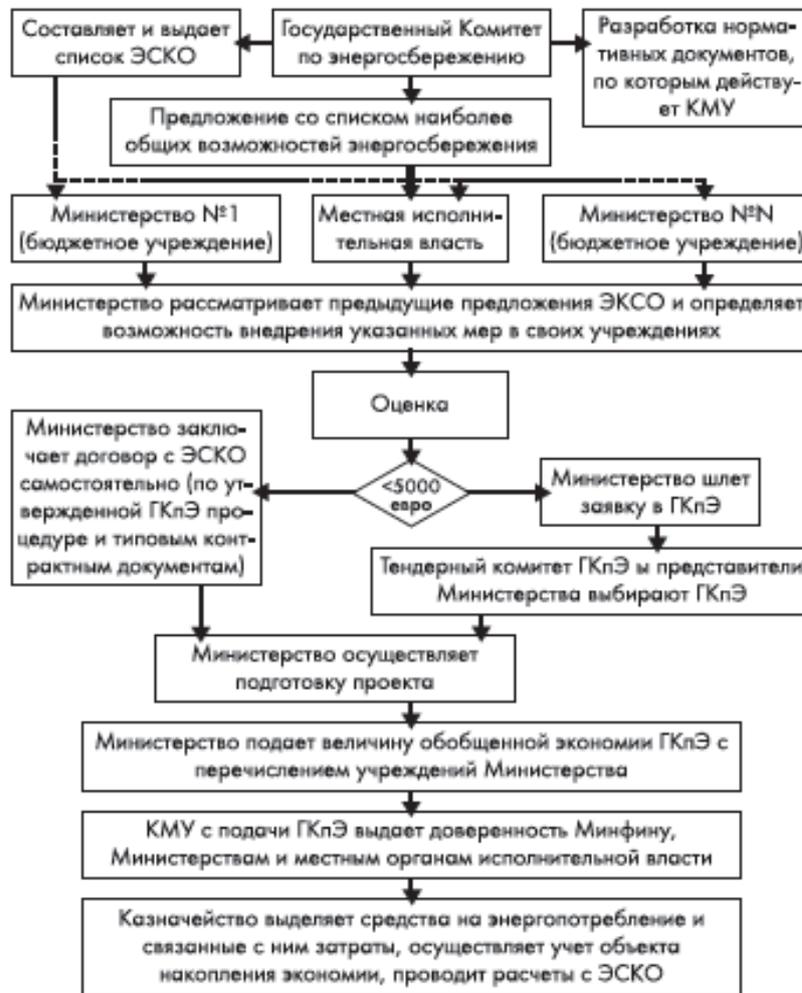


Рисунок 18 – *Схема разработки и внедрения энергосберегающего проекта на основе преформанс-контрактинга - ПКЭ*

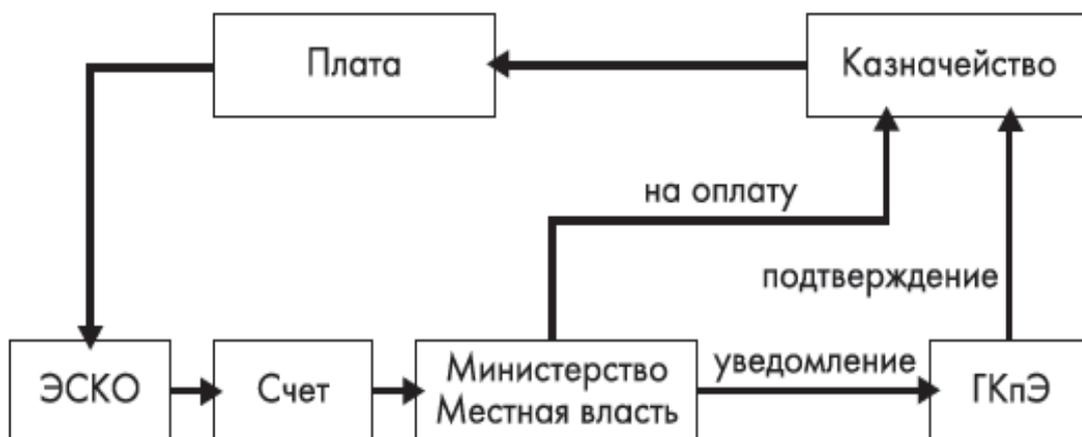
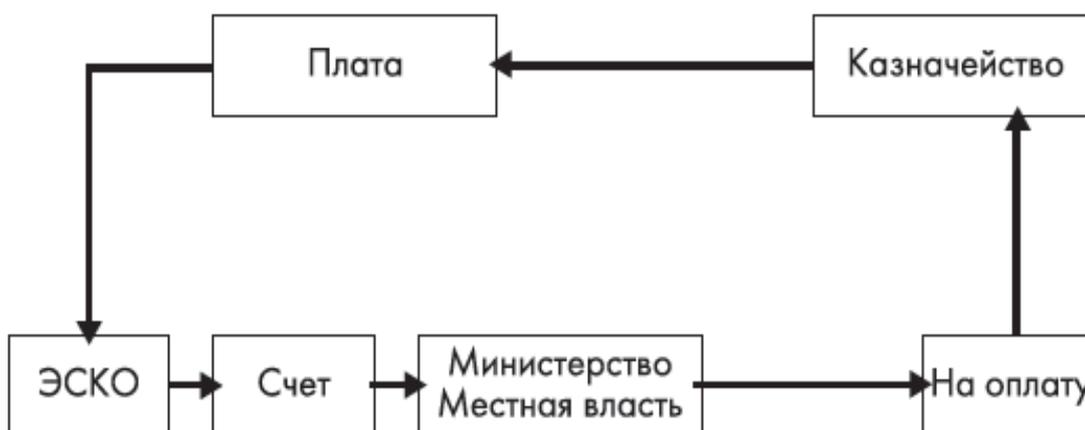


Рисунок 19 – *Вариант схемы возвращения средств энергосервисной компании - ЭСКО - при стоимости проекта более пяти тысяч евро*



**Рисунок 20 – Вариант схемы возврата средств энергосервисной компании - ЭСКО - при стоимости проекта менее пяти тысяч евро**

**Преимущества перформанс-контрактов.** Преимущества финансирования энергосберегающих проектов на основе перформанс-контрактов изложены в таблице 5.2.1.

Традиционный подход	Перформанс-контракт (самофинансирование)
<p>Энергосберегающие мероприятия выбираются для внедрения, исходя из финансовых возможностей предприятия.</p> <p>Предпочтение отдаётся тем, которые имеют короткий период окупаемости и не требуют больших затрат.</p> <p>При этом энергоаудит, как правило, не проводится или проводится без привлечения ЭСКО и не даёт полной и ясной картины потерь/затрат/экономии/ затрат на нергосбережение/окупаемости</p>	<p>1. Проводится подробный энергоаудит с составлением полной картины потерь предприятия, который выявляет все возможности экономии энергоресурсов, определяет сроки окупаемости, гарантирует получение расчётной экономии.</p> <p>Разрабатывается структура энергоменеджмента, в т. ч.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• мониторинг затрат и экономии</li> <li>• планирование экономии и финансирование мероприятий</li> <li>• новый учёт и отчётность</li> <li>• стимулирование фактической экономии</li> </ul>
<p>2. Финансирование внедряемых мероприятий обычно производится предприятием в пределах своих возможностей, что не позволяет применить классические методы и средства экономии энергоресурсов. Это делает невозможным внедрение средне- и долгосрочных</p>	<p>2. Финансирование производится за счёт инвестиционного стартового кредита, который погашается из фактически полученной экономии. Предприятие не тратит оборотных средств. Поэтапное внедрение средне- и долгосрочных проектов энергосбережения, дающих длительное и устойчивое снижение расхода</p>

энергосберегающих проектов.	энергии.
3. Внедряемые мероприятия обычно не связаны и не имеют единой системы учёта потребления и экономии энергоресурсов, а также управления энергопотреблением.	3. Предприятие получает комплексную программу энергосбережения, которая включает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Энергоаудит</li> <li>• Систему контроля, учёта и управления энергоресурсами (АСКУЭ)</li> <li>• Организационные и технические мероприятия</li> <li>• Обучение персонала</li> </ul>

Таблица 5.2.1

### **Примеры реализации проектов энергоэффективности на основе перформанс-контрактов энергосервисных компаний.**

Примеры успешных проектов по энергоэффективности в различных европейских странах.

В Чешской республике, например, для привлечения финансирования третьей стороной ЭСКО-компаниями все больше используют механизм договоров перформанс-контрактинга.

В частности, для 14 индивидуальных зданий общая стоимость пакета составила 2,7 млн. долл., а срок договора включал 1,5-годовой период внедрения и 8-летний период возврата средств.

Экономия энергии оценивалась на уровне 35-40%, с простым сроком окупаемости в 4,2 года. Срок окупаемости оказался на приемлемом уровне благодаря постепенной отмене всех субсидий на топливо и энергию, которые предоставлялись чешским правительством.

Исходя из данных мониторинга, в рамках проекта была достигнута экономия энергии на уровне 46% от базового энергопотребления, а общая экономия средств, включая, например, отозванные штрафы за загрязнение воздуха, составила более 50%.

В Польше работают многочисленные ЭСКО, использующие договора энергоэффективного подряда.

Обычно такие договоры включают одно или несколько общественных зданий - школы, больницы, воинские казармы и т.п.

Для проведения деятельности по повышению энергоэффективности в больших масштабах (для сотен зданий) в рамках двух проектов в Кракове и Лодзи при поддержке Мирового банка и ЕБРР было основано две ЭСКО. Целью является внедрение

мероприятий по энергоэффективности в школах, административных зданиях, спортивных центрах, зданиях культуры и т.п. без инвестиций из бюджета. Краковская ЭСКО внедряет также энергосберегающие мероприятия у поставщиков и частично поддерживается грантовым финансированием из Глобального экологического фонда. Кроме займа Мирового банка, получены коммерческие займы от местных банков.

В Германии энергоэффективный подряд используется ЭСКО в качестве эффективного механизма для привлечения частного капитала к финансированию энергосбережения. Большое поле деятельности для такой деятельности ЭСКО представляют общественные здания - школы, административные здания и т.п. Одним из главных барьеров для проектов в этом секторе оказался их небольшой масштаб, который сводится к неблагоприятному соотношению между затратами на подготовку и общей стоимостью проекта. Объединение множества зданий в один пакет для заключения договоров энергоэффективного подряда, может снизить затраты на подготовку и создать интересные рыночные возможности для инвесторов. В проект модернизации в одном пакете включены до трехсот зданий с общим объемом инвестиций около 16 млн. долл.

В Словении внедряется проект для распространения немецкого опыта ЭСКО. Общественный сектор был определен как имеющий обоснованный потенциал энергосбережения на уровне близком 34% и неотложно требующий внешних инвестиций. Проведенная информационная кампания помогла свести потенциальных заказчиков, финансистов и поставщиков услуг. Главной проблемой для участников проекта была адаптация типичного договора энергоэффективного подряда, правил общественных закупок. На местах проявилась недостаточность знаний и опыта, необходимых для оценки потенциала энергоэффективности проектов.

В России ЭСКО, которые работают с клиентами коммерческого и общественного сектора, используют финансирование заказчиков для предоставления им энергетических услуг. Финансирование предоставляется непосредственно или в форме беспроцентного займа, который должен возвращаться за счет достигнутой экономии. Эта схема работает таким образом: а) объявляется открытый тендер на бюджетное финансирование энергоэффективных мероприятий в общественных зданиях - школах. б) ЭСКО подают заявки с перечнем

энергоэффективных мероприятий, оценками затрат, а также объемов экономии энергии, которые они готовы гарантировать; в) договор заключается с победителем, определенным на основе критериев затрат и экономии; г) ЭСКО выполняет функции генерального подрядчика для внедрения энергоэффективных мероприятий, и после сдачи работ продолжает обслуживать установленное оборудование. Услуги по обслуживанию оплачиваются из бюджетных средств на эксплуатацию здания. Средний объем экономии по одной школе составляет около 13 тыс. долл. в год.

#### **5.4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ОКАЗАНИЕ УСЛУГ ПО ЭНЕРГОАУДИТУ, РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

**Основание для оказания услуг** - Закон об энергосбережении и энергоэффективности Республики Казахстан от 10.07.2012.

##### **Цели оказания услуг**

Получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов;

Определение показателей энергетической эффективности;

Определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

Разработка общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Оптимизация энергетических издержек по организационно-экономическим направлениям.

Определение приоритетных направлений энергосбережения.

Создать эффективное, безаварийное и современное хозяйство организации в соответствии с действующими нормами, правилами и стандартами.

Получить обоснованный объективный план действий по ликвидации «узких мест»

##### **Область применения (типы обследуемых систем)**

Электроснабжение, теплоснабжение и котельные, водоснабжение включая источник, канализация включая очистные сооружения, здания и сооружения, выбросы в атмосферу.

## **Перечень услуг**

Методика энергетического обследования потребителя включает в себя следующие этапы:

### ***1 этап «Ознакомительный».***

- Выезд на обследуемый объект, ознакомление с основными потребителями, общей структурой систем распределения и потребления энергоресурсов, с основным технологическим оборудованием, подлежащим энергетическому обследованию;
- Выявление мест нерационального энергопотребления, оценка потенциала энергосбережения и определение основных направлений энергетического обследования;
- Составление детального перечня работ, необходимых для проведения инструментального и расчетного определения показателей энергоэффективности;
- Разработка регламента энергетического обследования, здания или объекта, в том числе выполнения измерений и испытаний;
- Встреча и обсуждение вопросов проведения энергетического обследования с руководством и специалистами инженерных служб предприятия, составление и согласование программы.

### ***2 этап «Сбор и анализ данных»***

- Сбор и верификация данных, необходимых для объективной оценки состояния систем обеспечения и потребления воды с использованием специально разработанных опросных форм учитывающих специфику производственно-хозяйственной деятельности предприятия.
- Сбор дополнительных материалов для более детального ознакомления с режимами работы оборудования и объекта в целом, схемами, статистической отчетностью;
- Определение технических характеристик основного и крупного вспомогательного оборудования, его заводские и расчетные технико-экономические показатели, состояние с точки зрения физического и морального износа;
- Оценка эффективности использования энергоносителей при использовании первичных энергоносителей и ведении технологических процессов, в том числе оценка возможности использования получения вторичных и возобновляемых энергетических ресурсов;

- Оценка влияния хозяйственной деятельности обследуемого потребителя на экологическую обстановку, оценка затрат на охрану окружающей среды и энергосбережение в исследуемый период (2009-2012гг.);
- Анализ системы определения качества энергоносителей и ее соответствие действующим нормативным документам, используемой предприятием при потреблении энергоресурсов;
- Определение фактических и нормативных характеристик и условий эксплуатации площадок, зданий и сооружений, технологических линий обследуемого потребителя в исследуемый период (2009-2012гг.);
- Анализ данных по объемам потребления электроэнергии, тепла, угля и воды по месяцам и годам исследуемого периода (2009-2012гг.);
- Определение структуры и основных причин изменения затрат на электроэнергию, тепло, уголь и воду по годам исследуемого периода (2009-2012гг.);
- Определение и сравнительный анализ показателей энергической эффективности по годам исследуемого периода (2009-2012гг.);
- Подготовка и согласование с руководством и специалистами инженерных служб Предприятия промежуточного отчета по результатам 2-го этапа энергетического обследования.

### ***3 этап «Обследование систем учета».***

- Техническое обследование систем учета электроэнергии, тепла и воды, с определением количества питающих вводов, типов, количества, технического состояния и балансовой принадлежности узлов учета;
- Проверка состояния схем и средств учета электроэнергии, тепла и воды, в том числе соответствие класса точности нормативным требованиям, наличие пломб, отсутствие в схемах учета других включенных приборов и устройств, влияющих на точность учета или на приборы учета;
- Контроль достоверности учета потребления по фактическому и допустимому небалансам, а также анализ расчетов предела допустимой относительной погрешности;
- Проверка помещений, где установлены приборы и узлы учета и температурного режима в них;

- Определение мест и технической возможности установки дополнительных систем учета и воды, в том числе у основных сторонних потребителей;
- Определение наличия технической возможности удаленной передачи данных от существующих систем учета воды (общедомовых и юридических лиц с большим потреблением);
- Подготовка и согласование с руководством и специалистами инженерных служб Предприятия промежуточного отчета по 3-му этапу работ, содержащего предложения направленные на оптимизацию работы существующих систем учета электроэнергии, тепла и воды, в том числе по организации учёта используемых энергетических ресурсов и применения приборов учёта используемых энергетических ресурсов, по внедрению систем АСКУЭ, АСУТП, АЙТРОН.

#### ***4 этап «Обследование системы электроснабжения и электропотребления»***

- Составление и анализ схем внешнего электроснабжения в распределительных сетях 35,10,6, 0,4кВ с разработкой предложений и рекомендаций по их совершенствованию;
- Разработка предложений по внедрению систем аварийного и резервного электроснабжения по категориям.
- Анализ объемов потребления электрической энергии по питающим вводам за последние 3 года, и динамики их изменения с исследованием месячной динамики потребления электрической энергии, определить влияния сезонных и погодноклиматических факторов на объемы электропотребления;
- Инструментальное обследование трансформаторного оборудования, вводно-распределительных устройств, основного и вспомогательного электрооборудования методом теплового неразрушающего контроля (тепловизионная диагностика).
- Инструментальный контроль качества электрической энергии на основных питающих вводах (НФС, КОС, Вячеславка) с предложением установки на них оборудования для контроля и оценки параметров качества в соответствии с ГОСТ 13109-97. На остальных вводах контрольные замеры в разные часы потребления с предоставлением графиков и предложениями перекосов и перепадов напряжения.

- Определение загрузки и режимов работы трансформаторного оборудования т.е. просчитать холостой ход и нагрузочные потери, предоставить оптимальный режим работы.
- Оценка технического состояния внутренних сетей и электрооборудования для определения фактического технического состояния распределительных устройств, внутренних сетей, систем управления основным и вспомогательным электрооборудованием;
- Анализ режимов работы электропотребления на основании результатов инструментального контроля и анализа статистических данных, с определением влияния существующих режимов работы на энергетическую эффективность;
- Инструментальный контроль уровня наружного и внутреннего освещения в соответствии с ГОСТ, оценка соответствия существующих систем освещения требованиям СНиП «Естественное и искусственное освещение», предоставить сравнительный анализ по применению светодиодных и плазменных систем освещения.
- Выполнить расчет реактивной мощности и дать предложения по применению конденсаторных установок для компенсации реактивной мощности и реакторного оборудования по преобразованию реактивной мощности в активную.
- Предложить мероприятия по внедрению альтернативных источников электроснабжения с предоставлением расчетов.
- Обследование систем электроснабжения субабонентов (арендаторов или собственников), определение фактических объемов электропотребления сторонними потребителями, контроль достоверности между сторонними организациями и Предприятия, разработка предложений направленных на предупреждение хищения или несанкционированного отбора электрической энергии субабонентами;
- Расчет потерь электрической энергии в соответствии с Методикой расчета нормативных (технологических) потерь электроэнергии в электрических сетях 10/6/0,4 кВ. Составления балансов приема и распределения электрической энергии.
- Подготовка и согласование с руководством и специалистами инженерных служб Предприятия промежуточного отчета по 4-му этапу работ, содержащего комплексные предложения и

мероприятия, направленные на повышение энергетической эффективности, надежности и безопасности систем электроснабжения.

### **5 «Обследование котельной Станции аэрации»**

- Анализ тепловой схемы котельной, ее особенности и недостатки в компоновке;
- Определение установленной и фактически располагаемой тепловой мощности котельной;
- Контроль учета и отчетности по производственным и технико-экономическим показателям работы котельной.
- Анализ производственных и технико-экономических показателей работы котельной: выработки и отпуска тепловой энергии за рассматриваемый период (2009-2012гг.), к.п.д. агрегатов и котельной в целом, удельные расходы условного топлива на отпуск теплоэнергии, расходы электроэнергии и тепла.
- Сравнение технико-экономических показателей обследуемой котельной с показателями других котельных в отечественной практике;
- Анализ режимов работы котельной в зимнее и летнее время;
- Структура потребления топлива, контроль за качеством и количеством поставляемого топлива и его соответствие по зольности, влажности и хранению (рекомендации по производителю угля)
- Оценка запасов аварийного и резервного топлива на котельной;
- Оценка оснащённости оборудования контрольно-измерительными приборами (КИП) и средствами автоматического регулирования: процент использования автоматики;
- Правильно ли организовано ремонтное обслуживание, в том числе определение структуры ремонтного обслуживания, анализ надежности его работы и затраты на ремонт, состояние трубопроводов и арматуры, наличие резерва;
- Эксплуатация оборудования, в том числе характеристики персонала (численность, его подготовка, аттестация и повышение квалификации по специальности);
- Инструментальный контроль уровня шума, освещенности, загазованности, влажности и температуры воздуха в основных производственных и вспомогательных помещениях котельной;

- Обследование приточной и вытяжной вентиляции на объектах теплоснабжения и выдача рекомендаций по их оптимальной работе.
- Инструментальный контроль качества электрической энергии на питающих вводах котельной в соответствии с требованиями по 1 категории особой группы. «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»;
- Инструментальный контроль расхода и при необходимости применение резервного питания (сетевой воды, подпиточной воды);
- Контроль напоров насосного оборудования;
- Выборочное обследование трубопроводов на предмет утонения стенок;
- Замеры частоты вращения электродвигателей насосов при возможности применение частотного или каскадного регулирования.
- Замеры нагруженности вводных кабелей и основного электрооборудования;
- Обследование основного тепломеханического оборудования, внутренних сетей, а также здания котельной методом теплового неразрушающего контроля;
- Инструментальный контроль и анализ состава дымовых газов в дымоходах котлов в соответствии с требованиями и выбросы в атмосферу предельно допустимых норм «Организация контроля газового состава продуктов сгорания стационарных паровых и водогрейных котлов»;
- Оценка эффективности использования деаэрационной и определение целесообразности реконструкции системы водоподготовки для котельной станции аэрации.
- Определение составляющих статей затрат в себестоимости тепловой энергии, их анализ и определение доли энергозатраты в себестоимости продукции объекта и при этом произвести расчет на применение в зимнее время тепловых насосов.
- Выполнить расчет по запуску и применению 3-го газового котла по сжиганию биогаза (метан) для теплоснабжения объектов станции (возможно применение попутного газа).
- Подготовка и согласование с руководством и специалистами инженерных служб Предприятия промежуточного отчета по 5-му

этапу работ, содержащего оценку перспектив технического перевооружения котельной, в том числе за счет обновления действующего парка оборудования современным, высокоэффективным и экономичным, совершенствования технологических процессов, реконструкции (совершенствование) тепловых схем и внедрение энергосберегающих технологий.

***6 этап «Обследование системы теплоснабжения и теплопотребления на канализационных станциях - КНС, водонасосных станциях - ВНС, насосно-фильтровальных станциях - НФС, канализационно-очистных сооружениях - КОС, Центральная база, новый полигон»***

- Анализ существующих схем теплоснабжения (отопления, вентиляции и горячего водоснабжения - ГВС), тепловых пунктов и внутренних систем теплопотребления (с определением диаметров, длины, типа прокладки, года прокладки, типа изоляции (наружные и внутренние)).
- Анализ проектного и фактически применяемого температурного графика тепловой сети (устранение перегревов на всех объектах):
- Обследование трубопроводов тепловых пунктов на предмет утонения стенок;
- Определение потерь давления на оборудовании теплового пункта;
- Оценка технического состояния наружных тепловых сетей, в том числе обследование трубопроводов на предмет утонения стенок и выдача рекомендации по их замене на предизолированные.
- Определение расходов, напоров и скоростей потоков теплоносителя на участках тепловых сетей;
- Расчет и анализ фактических и нормативных потерь тепловой энергии в соответствии с Методикой определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения.
- Разработка балансов приема и распределения тепловой энергии по объектам в целом;
- Подготовка и согласование с руководством и специалистами инженерных служб промежуточного отчета по 6-му этапу работ, содержащего комплексные предложения и мероприятия по энергосбережению, направленные на повышение энергетической

эффективности, надежности и безопасности систем теплоснабжения.

- Обследование и рекомендации по включению в работу насосной станции смешивания на центральной базе.
- Определить и дать рекомендации по необходимости установки УДСП на объектах теплоснабжения и установок приборов учета на КНС и ВНС.

### ***7 этап «Обследование зданий и сооружений»***

- Анализ по наружным ограждающим конструкциям, инженерным сетям зданий и сооружений;
- Определение нормативных и фактических теплозащитных характеристик наружных ограждающих конструкций (стен, окон, дверей, покрытий и перекрытий) в соответствии с требованиями строительных норм и правил - СНиП «Тепловая защита зданий»;
- Инструментальный контроль температурно-влажностных режимов в основных производственных и вспомогательных помещениях в соответствии с требованиями ГОСТ «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»;
- Инструментальный контроль температурно-влажностных режимов и расхода воздуха системами приточно-вытяжной вентиляции на всех объектах в соответствии с требованиями СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
- Тепловизионная диагностика наружных ограждающих конструкций с целью выявления скрытых дефектов строительства и эксплуатации, а также определения коэффициентов в соответствии с требованиями ГОСТ «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций»;
- Расчет объемов нормативного потребления тепловой энергии (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение) в соответствии с СНиП «Тепловая защита зданий» и «Проектирование тепловой защиты зданий»;
- Определение фактических максимальных часовых тепловых нагрузок присоединенных потребителей и сравнение их с проектными значениями;
- Подготовка и согласование с руководством и специалистами инженерных служб промежуточного отчета по 7-му этапу работ, содержащего комплексные предложения и мероприятия,

направленные на повышение энергетической эффективности и сокращению потерь тепла в зданиях и сооружениях.

### **8 этап «Обследование системы водоснабжения и водоотведения города Астаны и создание гидравлической модели»**

– Определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности систем водоснабжения/водоотведения города;

– Формирование мероприятий и программы по энергосбережению и повышению энергетической эффективности систем водоснабжения/водоотведения города (В-ловский гидроузел, Насосно-Фильтровальная станция, водопроводные насосные станции, канализационно-насосные станции, станция аэрация (рекомендации по технологии);

оценка потерь и неэффективного использования энергоресурсов в системах водоснабжения и водоотведения;

участие в определении показателей энергетической эффективности;

выявление возможностей экономии потребления энергоресурсов;

участие в разработке программы энергосберегающих мероприятий.

#### **Описание работы и планируемый способ ее реализации**

Сбор информации, разработка гидравлических моделей.

На первом этапе работ Исполнитель выполнит сбор материала, его анализ, а также разработает гидравлические модели системы водоснабжения/водоотведения и последующей калибровки гидравлической модели.

#### **Система водоснабжения.**

##### **Задачи Исполнителя по оказанию Услуг**

Основной задачей Подрядчика является построение гидравлической модели и оказание консультационных услуг по составлению и рассмотрению возможных вариантов модернизации водопроводной сети. Услуги, оказываемые Подрядчиком заключаются в предварительном анализе материалов; редактировании географической информационной системы (ГИС) системы водоснабжения; построении гидравлической модели существующей системы; разработке критериев оценки и модернизации существующей сети; разработке вариантов модернизации сети и нахождении оптимального из них.

#### **Основные этапы и сроки реализации**

Предполагается два этапа реализации Технического задания.

**Первый** этап, продолжительностью не более трех месяцев. В этот период Подрядчик проведет исследование предоставленных материалов, даст им оценку, составит список необходимых дополнительных материалов, подготовит предложения по возможным путям их получения, а также конвертирует полученные материалы в необходимый формат, отредактирует существующую электронную карту (уточнение, исправление неточностей и т.д.) и построит гидравлическую модель существующей на данный момент водопроводной сети.

### **Этап 1. Получение и оценка материалов. Редактирование ГИС и гидравлической модели.**

Данный Этап Проекта состоит из трех Компонентов, которые предполагают: получение необходимых материалов; исследование предоставленных материалов на полноту и точность. Выявление путей получения недостающих материалов (если необходимо) и конвертация предоставленных материалов в необходимый формат; анализ предоставленных материалов; разработка функциональной модели локализации аварий с формированием списка отключенных абонентов; разработка проекта правил топологических отношений в ГИС и проверка имеющейся электронной карты на топологичность объектов; редактирование необходимых слоев электронной карты; построение гидравлической модели водопроводной сети Заказчика на базе программного комплекса EPANET v.2.0.

Задачи Подрядчика заключаются в анализе основных элементов сети: характеристики насосных станций (параметры насосов, трубопроводы, запорная арматура); водоводы магистральные, уличные, внутриквартальные, локализация тупиковых участков и конечных потребителей; накопительные резервуары, повысительные насосные станции, задвижки; конечные потребители (предприятия, отдельные кварталы, многоквартирные дома); отбор элементов, функционально необходимых для работы модели и управления системой; организации занесения информации в программный комплекс гидравлического моделирования.

Построение схемы сети, включая: характеристики трубопроводов (длины участков, диаметры, сроки эксплуатации, материал). Топографические данные (относительные высоты узловых точек). Суточные расходы и динамика расходов на насосных станциях. Объемы потребления у конечных потребителей по базе данных

абонентского отдела. Сбор данных и анализ суточной динамики потребления по основным группам потребителей. Расчеты коэффициентов неравномерности суточного потребления.

Получение и занесение данных о фактическом состоянии и практическом управлении системами (повседневная эксплуатация насосов, управление задвижками, контроль давления и расходов): моделирование режима работы всех компонентов модели; пробные прогоны модели и тестирование получаемых результатов. Проверка работы и корректировка данных (ликвидация ошибок); разработка рекомендаций по выполнению программы замеров фактического давления и расходов в сети. Предполагается выполнение полевых работ по замеру давления на сетях силами Заказчика; сравнительный анализ фактических и расчетных параметров. Выделение «проблемных» участков. Расчет реальных потерь давления и поправочных коэффициентов модели. Введение поправочных коэффициентов и корректировка модели.

**Обучение персонала Заказчика методам работы и построенной моделью, в том числе:**

- Определение пропускной способности трубопроводов на отдельных участках и фактических расходов воды;
- Определение вероятных причин недостаточного давления воды в отдельных микрорайонах, кварталах;
- Прогноз расходов и давления воды при изменении диаметров трубопроводов, трасс трубопроводов при перекладках и ремонте трубопроводов;
- Моделирование работы сети при подключении новых потребителей к имеющейся сети. Разработка и обоснование технических условий подключения новых потребителей;
- Разработка и обоснование планов реконструкции и развития сети.
- Решения оперативных задач диспетчером в случае аварийных ситуаций и переключений.

**Второй** этап, продолжительностью не более трех месяцев, связан с разработкой критериев оценки и модернизации существующей сети, а также построении возможных вариантов, отвечающих этим критериям. Этот этап проводится в тесном контакте с Заказчиком и под его руководством

## ***Этап 2. План развития системы водоснабжения***

Предполагается, что данный Пакет Проекта будет осуществляться на основе подготовленной на предыдущем этапе гидравлической модели. Основная задача данного Пакета Проекта заключается в нахождении оптимального варианта модернизации водопроводной системы города, снижении энергопотребления и повышении эффективности и надежности подачи воды в город.

Задачи Подрядчика заключаются в: разработке совместно с Заказчиком критериев оценки системы, подготовке нескольких вариантов модернизации системы, выборе оптимального варианта.

При разработке оптимального варианта Подрядчик, опираясь на существующую гидравлическую модель, должен выполнить общий гидравлический анализ системы водоснабжения и дать оценку по необходимой модернизации, при этом необходимо учесть возможное перераспределение зон водопотребления с целью оптимизации напора в сети водопровода в соответствии с высотным расположением частей города и этажностью застройки.

**В состав Пакета Проекта входят следующие Компоненты:** Уровни давления, их достаточность и динамика при нормальном/аварийном режимах; Участки недостаточного диаметра/плохого состояния; Сменяемость воды в сети; Расчет эффективности энергопотребления.

### **Возможная модернизация насосных станций**

Компонент Проекта включает в себя анализ работы насосных станций и предложения по их модернизации. При выдаче рекомендаций необходимо рассмотреть вопрос о возможном перераспределении зон территорий водоснабжения насосных станций, оптимизировать работу насосных станций. Анализ к.п.д. насосных станций и определение путей его повышения. Возможная модернизация и замена магистральных водоводов и распределительной сети.

На основании выполненной и апробированной модели гидравлической сети выполнить следующее: 1) Произвести расчет реконструкции сетей водопровода согласно гидравлическому расчёту; 2) Выделить диктующие точки распределительной сети и сети магистральных водоводов для контроля давления и расхода.

Мероприятия по строительству, ремонту и развитию сетевого хозяйства. Для улучшения работы сетей в настоящее время и для

обеспечения надежной их работы в будущем, будут предложены мероприятия по строительству, ремонту и развитию сетей. В качестве таких мероприятий могут быть предложены, например, инвестиции в ремонт и новое строительство участков магистральных сетей, устройство станций регулировки давления и т.д.

**Требуемые услуги Исполнителя.** Услуги, оказываемые Подрядчиком, можно объединить в две основные группы. Подготовка и реализация гидравлической модели, включая:

- Сбор и анализ материалов;
- Необходимую конвертацию и заполнение пробелов;
- Построение гидравлической модели;
- Подготовка рекомендаций для выполнения программы контрольных замеров давления и расходов;
- Корректировка модели по полученным результатам;
- Предоставление в распоряжение Заказчика программного обеспечения гидравлического моделирования и разработанной модели;
- обучение специалистов Заказчика методам работы с моделью.
- Содействие Заказчику в выборе оптимальной стратегии развития водопроводной сети, включая:
- Разработку критериев оценки состояния сети, необходимости ее модернизации, оценки вариантов ее модернизации;
- Разработку вариантов модернизации сети в соответствии с условиями Заказчика;
- Оценку вариантов модернизации сети в соответствии с разработанными критериями;
- Составление итоговых документов по результатам проведенной работы.

На основе разработанной гидравлической модели системы водоснабжения Исполнитель проведет:

- Анализ работы основных элементов системы (сеть, насосные станции)
- Соответствие работающего насосного оборудования требованиям системы водоснабжения
- Обоснованность имеющихся диаметров сетей и режимов работы насосных агрегатов
- Анализ выявленных проблем и методы их решения

- Разработку мероприятий для увеличения энергоэффективности системы водоснабжения
- Разработка гидравлического режима работы новой насосной станций первого подъема (автоматическое регулирование насосов на Вячеславском гидроузле) включительно предусмотреть реконструкцию старой насосной станций, т.е рассчитать насосные агрегаты для замены с высоким к.п.д. и с  $\cos\phi > 0,8$ . (применить конденсаторные установки, частотные преобразователи, энергосберегающее освещение, автоматическое регулирование и работа в параллельном режиме с новой насосной станцией)
- Дать предложения по применению альтернативных источников электроснабжения.
- Выполнить обследование магистральных трубопроводов и дать предложение по установке в сетях диктующих точек и оборудования по автоматическому регулированию давления в городе.
- Разработать предложения направленные на предупреждение хищения или несанкционированного отбора воды сторонними организациями.
- Выполнить расчет потерь воды в водопроводных сетях нормативных (технологических) потерь от источника до потребителя.
- Выполнить обследование и дать рекомендации по замене насосного оборудования и применение ЭП-затвижек на насосных станциях.
- Произвести обследование и дать рекомендации по установке частотных преобразователей или применение каскадного регулирования на насосных станциях.
- Произвести обследование и выдать предложения по внедрению 2-го этапа АСУТП с дистанционным управлением насосных станций.

### **Система водоотведения**

На основе разработанной гидравлической модели системы водоснабжения Исполнитель проведет:

- Анализ работы основных элементов системы (сеть, насосные станции)
- Анализ уклонов коллекторов

- Соответствие параметров насосных агрегатов требованиям системы.
- Анализ выявленных проблем и методы их решения.
- Разработку мероприятий по увеличению энергоэффективности системы водоотведения.
- Целесообразность применения и рекомендации по установке устройств плавного пуска.
- Разработать рекомендации по режимам работы насосных станции возможно ли исключение некоторых станций.
- Разработать технологический режим работы очистных сооружений, применив энергосбережение, соблюдение технологии, конденсаторные установки, технологии, увеличивающие коэффициент мощности и уменьшающие петли «гистерезиса», автоматизацию систем (достигнуть за счет сокращения малоквалифицированного персонала)
- Рекомендации по применению альтернативных источников электроснабжения.
- Обследование основных водоразборных узлов и системы оборотного водоснабжения (при наличии);
- Оценка технического состояния запорно-регулирующей арматуры;
- Подготовка и согласование с руководством и специалистами инженерных служб промежуточного отчета по 8-му этапу работ, содержащего комплексные предложения и мероприятия, направленные на повышение эффективности, надежности и безопасности систем водоснабжения и водоотведения.

### ***9. Составление отчета об энергетическом обследовании***

- Согласование отчета с руководством и ответственными специалистами инженерных служб Предприятия;
- Оформление результатов обследования;
- Презентация и выдача рекомендаций регламента предприятия;
- Составление программы энергосбережения;
- разработка практических энергосберегающих мероприятий с альтернативным выбором конкретных поставщиков оборудования;
- разработка для каждого предложенного мероприятия технико-экономического обоснования ТЭО;
- разработка конкретных предложений по организации технического и коммерческого учёта энергоресурсов;

- разработка предложений по очередности реализации предложенных мероприятий с целью получения наибольшего экономического эффекта;
- формирование и согласование с руководством Предприятия изменений и дополнений, вносимых в программу по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

### **РЕЗЮМЕ ПО ГЛАВЕ**

Рассмотрены и разработаны мероприятия, предложены технологии и оборудование для:

повышения энергетической эффективности в системах водоснабжения и водоотведения;

снижения затрат электроэнергии на привод эксплуатирующихся электронасосов, электрических сетей и системы освещения;

экономии топлива при производстве и использовании тепловой и электрической энергии.

Рекомендованы принципы перфоманс-контрактинга как источника финансирования энергосберегающих мероприятий в бюджетной сфере.

Рассмотрен и предложен вариант технического задания на оказание услуг по энергоаудиту, разработке программы энергосбережения и гидравлической модели применительно к условиям практики Предприятия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном учебном пособии, исходя из анализа существующего международного опыта в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, рекомендаций научных исследований и практической деятельности в этой области, научных достижений и практического опыта научно-исследовательских и производственно-коммерческих организаций, можно сделать следующее заключение.

Обобщен научно-технический, научно-технологический и научно-методический опыт создания и применения комплексного подхода, учитывающего в решении задач энергосбережения и повышения энергетической эффективности систем водоснабжения и водоотведения электрические, электромеханические и гидравлические факторы, а также технологические режимы водоснабжения и водоотведения, влияющие на потребление энергетических ресурсов.

Показаны пути решения научных и практические задач, а именно:

- приведены научно-обоснованные предложения по обеспечению параметров энергосбережения и энергетической эффективности систем водоснабжения и водоотведения на основе применений технологий перформанс-контрактинга;
- Приведена научно-обоснованная методика проведения энергетического обследования основного технологического и вспомогательного оборудования крупных городских систем водоснабжения и водоотведения;
- Создана научно-обоснованная методика программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности предприятий водоснабжения и водоотведения, основанная на лучших мировых практиках и применимая для систем водоснабжения и водоотведения крупных городов;
- Разработана научно-обоснованная методика создания гидравлической модели системы водоснабжения и водоотведения, использование которой, в частности, на примере Предприятия, обеспечит снижение издержек, повышение надежности и безаварийной работы трубопроводной системы предприятия в целом, а также снизит уровень электропотребления.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Yergin D. Energy security in the 1990s // Foreign Affairs, vol. 67, no. 1, Fall 1988. p. 111
2. Leiby. P. Summary of Discussion in Workshop: Security, Economic and Environmental 8. Yergin D. Energy security in the 1990s // Foreign Affairs, vol. 67, no. 1, Fall 1988. p. 111
3. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Энергетическая безопасность (ТЭК и государство). М.: МГФ «Знание», 2000 — 304 с.
4. Энергетическая безопасность (ТЭК и государство). М.: МГФ «Знание», 2000 — 304 с.
5. Bill Knox, Virginia Lew, Daryl Mills, Michael Sloss. Energy Accounting: A Key Tool in Managing Energy Costs. — California Energy Commission, Second Edition, 2000
6. Сайт <http://xn----etbfcznjoxra4hg.xn--plai/energoberegaiuschiemeropriatia/v-vodosnabzenii/>
7. Яременко О.В. Испытания насосов. "Машиностроение", 1976 г., Москва.
8. Moos E. Rechnerunterstutzte Methoden zur Auswahl seriengefertigter Kreiselpumpen fur Anlagenplanung und Angebotserstellung. Preprint Congress Karlsruhe 1992.
9. Храменков С.В., Гаврилин Е.Н. и др. Энергосберегающая система управления режимом работы насосной станцией // Водоснабжение и санитарная техника, 1999, № 6.
10. Николаев В.Г. Анализ энергоэффективности различных способов управления насосными установками с регулируемым приводом// Водоснабжение и санитарная техника, 2006, № 11, часть 2.
11. Патент 2230938 РФ, МПК 7F 04 Д 15/00. Способ регулировки работы системы лопастных нагнетателей при переменной нагрузке В.Г. Николаев.
12. Андерсен Х.П. Европейские соглашения по энергетическим стандартам насосов. "Danish Board of District Heating". 2005
13. Pump life cycle costs: A guide to LCC analysis for pumping systems, Europump and Hydraulic Institute, 2001.
14. Гуринович А.Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами. Минск: Технопринт, 2004, 247 с.
15. Гуринович А., Денис Л. (2006) .Декантация очищенных сточных вод в SBR-реакторах. Городское хозяйство, № 10, Минск,. С 13 -16
16. Гуринович А.Д., Копылов А.С. Автоматизация управления оптимальными режимами работы скважинных погружных насосов

- GRUNDFOS на водозаборах подземных вод. "Вода"/ 2005. №3 С.12-16.
17. Сайт <http://www.fluidflowinfo.com> Орельян И.Н. Гидравлические расчеты с FluidFlow.
  18. Сайт <http://www.truboprovod.ru/> НТП "Трубопровод" выпускает новое поколение программ гидравлического расчета.
  19. PIPE-FLO® Сайт <http://www.eng-software.com/company.aspx>
  20. Сайт <http://xn----etbfcznjoxra4hg.xn--p1ai/energoberegaiuschie-meropriatia/v-vodosnabzenii/>
  21. Конструкции и работа центробежных насосов Сайт [http://www.agrovodcom.ru/info\\_konstr\\_zentr\\_nasos.php](http://www.agrovodcom.ru/info_konstr_zentr_nasos.php)
  22. Сайт <http://www.agrovodcom.ru/infos/energoberegajushchie.php>
  23. Основы работы в Curve Fitting Toolbox, Сайт [www.matlab.exponenta.ru](http://www.matlab.exponenta.ru)
  24. Функции Curve Fitting Toolbox, Сайт [www.matlab.exponenta.ru](http://www.matlab.exponenta.ru)
  25. Statistics Toolbox 5.0. Руководство пользователя, [www.matlab.exponenta.ru](http://www.matlab.exponenta.ru)
  26. Глобальная энергоэкологическая стратегия устойчивого развития в 21 веке, Назарбаев Н.А., 2011г.
  27. О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации : федеральный закон от 14.04.1995 № 41-ФЗ.
  28. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ.
  29. О естественных монополиях: федеральный закон от 17.08.1995 № 147-ФЗ.
  30. Концепция развития теплоснабжения в России, включая коммунальную энергетику, на среднесрочную перспективу / под ред. чл.-корр. РАН Клименко А.В.: принята Департаментом Госэнергонадзора РФ. - М., 2002.
  31. Клименко А.В., Клименко В.В. Глобальное потепление и энергетика: мифы и реальность// Энергия: экономика, техника, экология. - 2001. - № 5.
  32. Савин К.Н. Формирование и развитие регионального кластера жизнеобеспечения: монография. - М. : Экономика, 2009. - 220 с.
  33. Савин К.Н. Инструментарии и процессы технологического перевооружения жилищно-коммунального хозяйства // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 4; URL: [www.science-education.ru/98-4768](http://www.science-education.ru/98-4768)
  34. Закон РК «О поддержке использования возобновляемых источников энергии», 2009г.

35. «Энергетика и электрификация Восточного Казахстана», Чокин Ш.Ч., Сартаев Т.С., Шкрет А.Ф., 1986г.
36. «Энергетика и электрификация Северного и Центрального Казахстана», Чокин Ш.Ч., Сартаев Т.С., Шкрет А.Ф., 1988г.
37. Сайт [www.kegoc.kz](http://www.kegoc.kz)
38. Суходоля О.М., Кулик О.В. Перфоманс-контрактинг как источник финансирования энергосберегающих мероприятий в бюджетной сфере. Роль энергосервисных компаний (ЭСКО) в энергосбережении
39. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» №10, октябрь 2002 г.
40. Сайт <http://www.energieforum.ru/>
41. Сайт [www.arena\\_eco.kiev.ua](http://www.arena_eco.kiev.ua)
42. Институт энергосбережения и энергоменеджмента при Национальном техническом университете Украины (КПИ). Сайт [http://www.ntu\)kpi.kiev.ua/faculty/iee.html](http://www.ntu)kpi.kiev.ua/faculty/iee.html)
43. Агентство по рациональному использованию энергии и экологии Проекты по вопросам изменения климата и энергосбережения, новости. Сайт [http://www.arena\)eco.com](http://www.arena)eco.com)
44. Сайт <http://www.ipcc.ch> Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК; Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) Глобальный форум сотен ученых, Занимающихся проблемой изменения климата. Официальные доклады, вопросы идентификации изменений климата и их причин, прогнозы, оценка воздействия на окружающую среду
45. Сайт <http://www.encharter.org> Сайт Энергетической Хартии
46. Сайт [http://www.encharter.org/fileadmin/user\\_upload/document/Investmen\(Ukraine\)-2006\)RUS.pdf](http://www.encharter.org/fileadmin/user_upload/document/Investmen(Ukraine)-2006)RUS.pdf) Повторный доклад по инвестиционному климату и структуре рынка в энергетическом секторе. Секретариат Энергетической Хартии, 2006
47. Сайт <http://www.iea.org> Международное энергетическое агентство Информация по вопросам эффективного использования энергии, возобновляемой энергетики и др.
48. Сайт <http://www.gefweb.org> Глобальный Экологический Фонд Природоохранные проекты, в том числе по операционной программе 5, посвященной развитию энергетики и снижению выбросов парниковых газов
49. Сайт <http://www.prototypecarbonfund.org> Экспериментальный Углеродный Фонд Всемирного Банка Информация о деятельности и проекты по Киотскому протоколу.
50. Сайт <http://www.caddet.org> Аналитический Центр Распространения Демонстрационных Энергетических Технологий (CADDET) в

сотрудничестве с IEA и Информационным центром энергетических и природоохранных технологий (EETIC).

51. Сайт <http://www.eetic.org/>. Деятельность центров посвящена вопросам энергоэффективности (Caddet)ee), возобновляемой энергии (Caddet)re) и проблеме ограничения выбросов парниковых газов (Greentie).
52. Сайт <http://www.agores.org> AGORES — сайт Европейской Комиссии, посвященный ВИЭ.
53. Сайт <http://www.crest.org> Центр Возобновляемых Источников Энергии и Устойчивых Технологий (CREST).
54. Сайт <http://wire0.ises.org> Всемирная информационная система по возобновляемой энергии (WIRE).
55. Сайт <http://www.eren.doe.gov> Сеть энергоэффективности и возобновляемых источников энергии (EREN), США.
56. Сайт <http://www.nrglink.com> Новости зеленой энергетики.
57. Сайт [http://www.re\)focus.net](http://www.re)focus.net) Сайт нового журнала, посвященного возобновляемой энергии (Refocus Magazine).
58. Сайт <http://www.jxj.com> Издательство James & James (Science Publishers) Ltd.
59. Сайт <http://www.epa.gov> Агентство охраны окружающей среды США
60. Сайт <http://www.climate.kz> Координационный центр по изменению климата, Казахстан
61. Сайт <http://www.lib.noaa.gov> Библиотека Агентства США по исследованию атмосферы и океана
62. Сайт <http://www.rusrec.ru> Российский региональный экологический центр Новости и аналитические материалы. Экономика окружающей среды. Проблемы изменения климата и Киотский протокол
63. Сайт <http://www.pewclimate.org> Pew Center on Global Climate Change
64. Сайт <http://www.carboncredits.nl> Голландская программа ERUPT по закупке единиц сокращения выбросов парниковых газов.
65. Сайт <http://www.pointcarbon.com> Фактическая информация и аналитические материалы о состоянии мирового углеродного рынка
66. Сайт <http://www.cenef.ru> Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ)
67. Сайт [accord.cis.lead.org](http://accord.cis.lead.org) «Эко-Согласие» — Центр по проблемам окружающей среды и устойчивого развития
68. Сайт <http://www.carbonfund.ru> Энергетический углеродный Фонд РАО ЕЭС России
69. Сайт <http://www.climatenetwork.org> CAN — объединение неправительственных организаций, занимающихся проблемами изменения климата

70. Сайт <http://www.energy.ru> Сайт неправительственной организации
71. Сайт <http://www.est.odessa.ua> ООО «Энергосберегающие технологии»
72. Сайт <http://users.i.com.ua/~esso/index.htm> ЭССО — энергосберегающие системы отопления
73. Сайт <http://www.vk.com.ua> Электротехническая компания
74. Сайт <http://www.ekoenergo.narod.ru> Библиотека «Экоэнергоменеджмента»
75. Сайт <http://www.ukratom.com.ua> ЗАО «УКРАТОМИЗДАТ»
76. Сайт [http://www.arena\)eco.com/file/11\)06/brochura\\_L.pdf](http://www.arena)eco.com/file/11)06/brochura_L.pdf)
77. Сайт [www.cenef.kiev.ua](http://www.cenef.kiev.ua) ГП «Энергоэффективность»
78. Сайт <http://www.eva.ac.at/enercee> «Энергия в Центральной и Восточной Европе (сервер Австрийского Энергетического Агентства)»
79. Сайт <http://www.rosteplo.ru> Информационная система по теплоснабжению
80. Сайт <http://www.energotest.ru> Энерготест — поставки газоаналитического диагностического, контрольно)измерительного оборудования и приборов
81. Сайт <http://www.elec.ru> Портал «Электротехнический рынок России и СНГ» (Россия)
82. Сайт <http://www.celec.ru> Центральный Электротехнический Портал
83. Сайт <http://elport.msk.ru> Электротехнический портал
84. Сайт <http://www.energocentre.com> «Веб-Энергоцентр»
85. Сайт <http://www.eprussia.ru> «Энергетика и промышленность России» (Россия)
86. Сайт [http://www.energy\)exhibition.com](http://www.energy)exhibition.com) «Виртуальная Выставка в области энергосбережения» (Россия)
87. Сайт <http://www.polykit.ru> Научно-технический центр «Поликит».
88. Сайт <http://www.techportal.ru> Техпортал.
89. Сайт <http://www.ei2000.ru> ООО «Электроиндустрия 2000»
90. Сайт <http://www.joule.ru> Джоуль: приборы и оборудование для измерений, контроля и управления процессами в промышленности и энергетике
91. Сайт <http://www.energomera.ru> ОАО «Концерн Энергомера»
92. Сайт <http://mashine.rds.com.ru> Российский Деловой Союз — Машиностроение (Россия)
93. Сайт <http://www.rizur.ru> НПО «Ризур» Контрольно-измерительные приборы и аппаратура
94. Сайт [www.munee.org](http://www.munee.org) Программа MUNEE — сеть энергоэффективности для муниципалитетов

95. Сайт <http://www.eceee.org> The European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE)
96. Сайт <http://www.thecarbontrust.co.uk/energy> The Energy Efficiency Best Practice programme (EEBPP)
97. Сайт <http://www.ef.org> Energy Foundation
98. Сайт <http://www.nwalliance.org> Northwest Energy Efficiency Alliance
99. Сайт <http://www.tellus.org> Tellus Institute is a non-profit research and consulting organization
100. Сайт <http://www.gcrio.org> U.S. Global Change Research Information Office
101. Сайт <http://hes.lbl.gov> Home Energy Saver Designed
102. Сайт [http://oee.nrcan.gc.ca/oee\\_e.cf](http://oee.nrcan.gc.ca/oee_e.cf) Office of Energy Efficiency
103. Сайт <http://www.ase.org> The Alliance to Save Energy Promotes energy efficiency
104. Сайт <http://www.energystar.gov> ENERGY STAR
105. Сайт <http://www.aeecenter.org> Association of Energy Engineers
106. Сайт [http://www.home\)performance.org](http://www.home)performance.org) Provides services
107. Сайт <http://aceee.org/index.htm> American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE) <http://www.appro.org/links.html> Renewable Energy and Sustainable Energy WWW Links
108. Сайт <http://energy.sourceguides.com/index.shtml> The Source for Renewable Energy
109. Сайт <http://www.greentie.org/technologies/index.php> Technologies
110. Сайт <http://www.retscreen.net/ru/home.php> Средства для анализа проектов с использованием чистой энергии
111. Сайт <http://www.sustenergy.org/tpl/page.cfm?pagID=27#r1> Intelligent energy
112. Сайт <http://www.aresearchguide.com/energy.html#general> Renewable Energy Resources
113. Сайт [http://www.sustenergy.org/tpl/page.cfm?pageName=intelligent\\_energy](http://www.sustenergy.org/tpl/page.cfm?pageName=intelligent_energy)
114. Сайт <http://www.nd.gov/dcs> Practical Energy Saving Tools Energy Conservation and Renewable Energy Programs

*В.Ю. Мельников*

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ  
ОБЪЕКТАМИ ГОРОДСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Компьютерная верстка и дизайн Романов Д.Ю.

Сдано в набор 27.04.2015 г.

Подписано в печать 1.04.2015 г.

Формат 64x80 1/16 Объем 7.5 п.л.

Тираж 500 экз.Заказ 206

Редакционно-издательский отдел  
Инновационного Евразийского университета  
140003 Павлодар, ул. Горького 102/4

За ошибки в авторском тексте  
редакция ответственности не несет