

Е.Е. НИКИТИН

## СОЗДАНИЕ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В СФЕРЕ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

Е.Е. НИКИТИН

## СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ У СФЕРІ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ

E. NIKITIN

## CREATING ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS IN THE FIELD OF THE POPULATION CENTERS HEATING SUPPLY

**Аннотация.** Рассмотрены объект, техническая база, задачи, информационно-программные средства и организационная структура систем энергетического менеджмента в сфере теплообеспечения населенных пунктов. Объектом энергетического менеджмента является сфера теплообеспечения населенного пункта, включая тепловые источники, тепловые сети и здания. Основным элементом технической базы системы энергетического менеджмента являются приборы учета газа, тепловой и электрической энергии. Система энергетического менеджмента должна обеспечивать решение следующих основных задач: контроль эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и качества теплоснабжения, предварительное технико-экономическое обоснование проектов энергоэффективной модернизации сферы теплообеспечения населенных пунктов, мониторинг фактической эффективности внедренных энергосберегающих мероприятий и прогнозирование параметров работы системы теплоснабжения. В работе рассмотрена структура информационных баз данных и программного обеспечения, необходимых для решения вышеперечисленных задач. Система энергетического менеджмента реализуется в рамках специального подразделения в структуре муниципального управления, а также теплоснабжающих организаций.

**Анотація.** Розглянені об'єкт, технічна база, задачі, інформаційно-програмні засоби і організаційна структура систем енергетичного менеджменту у галузі тепло забезпечення населених пунктів. Об'єктом енергетичного менеджменту є сфера теплозабезпечення населеного пункту, включаючи теплові джерела, теплові мережі та будинки. Основним елементом технічної бази системи енергетичного менеджменту є прилади обліку газу, теплової та електричної енергії. Система енергетичного менеджменту повинна забезпечувати рішення наступних основних задач: контроль ефективності використання паливо-енергетичних ресурсів і якості теплопостачання, попереднє техніко-економічне обґрунтування проектів енергоефективної модернізації сфери тепло забезпечення населених пунктів, моніторинг фактичної ефективності впроваджених енергозберігаючих заходів і прогнозування параметрів роботи системи теплопостачання. В роботі розглянута структура інформаційних баз даних і програмного забезпечення, необхідних для рішення вищеперерахованих задач. Система енергетичного менеджменту реалізується в рамках спеціального підрозділу в структурі міського управління, а також теплопостачальних організацій.

**Annotation.** An object, technical basis, tasks, information and software tools, organizational structure of energy management systems in the field of population centers heating supply are considered. The object of energy management is municipal heat-supply systems including heat sources, heating networks and buildings. Gas, heat and electricity meters make the main part of technical basis of the energy management system. Energy management system should provide the solution for the following main tasks: monitoring of the efficiency of energy resources use and the quality of heat supply, preliminary feasibility study of energy efficiency projects in the sphere of modernization of heat-supply for population centers, monitoring of actual energy efficiency performance of the implemented energy-saving measures and forecasting of the heat supply system working parameters. Structure of the databases and software for energy management systems are considered. Energy management system is implemented in the framework of a special unit within the structure of municipal administration, as well as heat supply organizations.

В настоящей работе используются следующие основные понятия:

энергетический менеджмент - система управления, направленная на обеспечение рационального использования потребителями топливно-энергетических ресурсов (ТЭР)[1];

система энергетического менеджмента (СЭМ) - комплекс организационных мероприятий, технических средств и программно-методического обеспечения, которые в совокупности позволяют таким образом управлять производственным процессом, чтобы потреблялось только минимально необходимое количество ТЭР для производства определенного количества продукции или услуг[2];

энергетический аудит (энергетическое обследование)- определение эффективности использования ТЭР и разработка рекомендаций по ее улучшению [1];

система теплоснабжения - система автономного, децентрализованного, умеренно централизованного и централизованного теплоснабжения в соответствии с терминологией [3];

сфера теплообеспечения - система теплоснабжения и здания, которые в совокупности обеспечивают требуемый тепловой режим у потребителей тепловой энергии;

энергосберегающие мероприятия (ЭСМ) - мероприятия направленные на внедрение и производство энергоэффективной продукции, технологий и оборудования [1];

энергосберегающий проект - проект, направленный на сокращение энергопотребления, а именно: реконструкция сетей и систем поставки, регулирования и учета потребления воды, газа, тепловой и электрической энергии, модернизация ограждающих конструкций и технологий производственных процессов [1]. Проект отличается от ЭСМ, что он может включать в себя несколько ЭСМ. Кроме того, проект, в отличие от ЭСМ, привязан к конкретному объекту и срокам реализации.

Одной из основных проблем энергоэффективной модернизации и эксплуатации существующих систем теплообеспечения населенных пунктов Украины является неполнота, а часто отсутствие или даже искажение информации о фактической эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в тепловых источниках, тепловых сетях и у тепловых потребителей. Модернизация этих объектов требует привлечения огромных финансовых ресурсов, однако, отсутствие вышеупомянутой информации затрудняет разработку реалистичных инвестиционных проектов, программ и бизнес-планов. Кроме того, отсутствуют унифицированные методики расчета технико-экономической эффективности известных мероприятий направленных на модернизацию рассматриваемых систем: термомодернизации зданий, замены котлов, изношенных участков труб тепловых сетей, использования когенерационных установок, котлов на биомассе, тепловых насосов и другого энергоэффективного оборудования. Это порождает волнообразный процесс мифов о суперэффективности той или иной технологии или незаслуженное забвение традиционной, эффективной, но слабо «раскручиваемой» технологии. Практика оценки фактически достигнутой экономии от внедрения того или иного энергоэффективного проекта в Украине отсутствует. В то время как по рекомендациям международных организаций [4] на оценку фактически достигнутой экономии целесообразно предусматривать финансовые ресурсы в объеме до 10% стоимости проекта.

Обозначенная проблема решается путем разработки и внедрения систем энергетического менеджмента в сфере теплообеспечения населенных пунктов. Во многих городах Украины созданы отделы энергетического менеджмента, сфера деятельности которых распространяется, как правило, на теплоснабжение объектов бюджетной сферы. В высших учебных заведениях страны ведется подготовка энергетических менеджеров. Разработаны международный [5] и отечественные [6 - 8] стандарты по созданию СЭМ общеметодического характера. В тоже время отсутствуют специализированные методические рекомендации по созданию СЭМ в различных энергопотребляющих отраслях экономики. Настоящая работа призвана восполнить этот пробел в сфере теплообеспечения населенных пунктов. Ниже рассматривается объект, техническая база, задачи, информационно-программные средства и организационная структура энергетического менеджмента в рассматриваемой сфере.

Объектами энергетического менеджмента системы теплоснабжения являются все тепловые районы населенного пункта, включая тепловые источники (водогрейные котельные, ТЭС, малые когенерационные установки), тепловые сети, тепловые пункты и здания (рис. 1).

Основной составляющей технической базой для создания системы энергетического менеджмента являются приборы учета потребления и отпуска ТЭР:

- Счетчики потребления природного газа на тепловых источниках. В случае потребления других видов топлива должны быть установлены соответствующие средства измерения позволяющие определить количество потребленного топлива на суточных и более продолжительных интервалах времени;
- Счетчики потребления электрической энергии в котельных, центральных и индивидуальных тепловых пунктах;
- Теплосчетчики на тепловых источниках и у потребителей;

• Водомеры, позволяющие определять расход воды на подпитку и горячее водоснабжение в каждом здании.

Для обеспечения эффективной работы СЭМ целесообразно создание автоматизированной системы сбора данных от вышеперечисленных приборов учета. Однако СЭМ может функционировать и при отсутствии такой системы. В этом случае необходимо организовать визуальное или полуавтоматизированное (с помощью переносных считывающих устройств) считывание данных с приборов учета.

Стационарные приборы учета ТЭР и автоматизированная система сбора данных позволяют решать оперативные задачи СЭМ, которые рассматриваются ниже. Однако помимо оперативных, могут возникнуть задачи углубленного исследования системы теплоснабжения, для решения которых необходимо использовать переносные портативные приборы: накладной ультразвуковой расходомер для измерения расходов теплоносителя на отдельных участках тепловой сети, газоанализатор, для определения фактического к.п.д. котлов, тепловизор, для выявления картины распределения тепловых потерь в зданиях и тепловых сетях, анализатор параметров электрического тока для их определения в электродвигателях насосов, манометры для определения давлений и перепадов давлений на отдельных участках тепловой сети, самопишущие термометры для определения графиков температур воздуха в контрольных точках зданий.

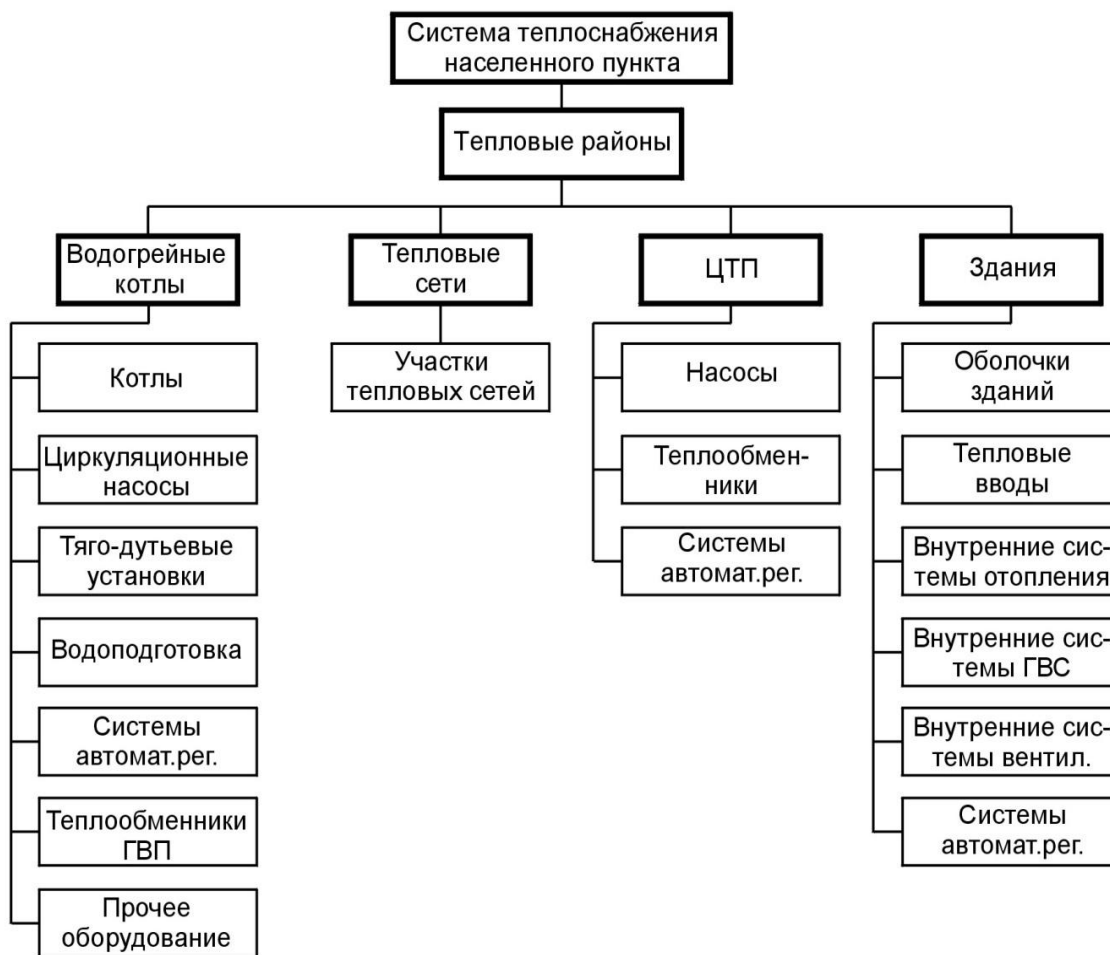


Рис.1. Объекты энергетического менеджмента

СЭМ сферы теплообеспечения населенного пункта должна выполнять четыре основные задачи:

- Контроль эффективности использования ТЭР и качества теплоснабжения;
- Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) энергоэффективной модернизации;
- Мониторинг фактической эффективности внедренных ЭСМ;
- Прогнозирование параметров работы системы теплоснабжения.

Ниже, более подробно рассматривается каждая из этих задач.

**Задача контроля и анализа эффективности использования ТЭР и качества теплоснабжения** должна обеспечивать определение следующих показателей:

- эффективности использования природного газа (или другого вида топлива) в тепловых источниках;
- эффективности использования электрической энергии на транспортировку теплоносителя и на собственные нужды теплового источника;
- тепловых потерь в трубах тепловых сетей;
- утечек теплоносителя в тепловых сетях;
- качество теплоснабжения, которое определяется температурой и расходом теплоносителя;
- эффективности использования тепловой энергии в зданиях.

Осуществляется определение фактических и нормативных значений контролируемых показателей, а также диагностика причин их несоответствия. Номенклатура и методы определения перечисленных выше контролируемых показателей приведены в работе [9]. Метод логической диагностики причин несоответствия фактических и нормативных значений описан в работе [2].

**Задача разработки ТЭО проектов энергоэффективной модернизации** существующей системы теплообеспечения населенного пункта включает в себя три этапа:

- идентификация проектов;
- разработка ТЭО каждого проекта;
- выбор оптимального комплекса проектов, отвечающего определенным критериям.

Для решения этой задачи, как правило, должен быть проведен энергетический аудит системы теплообеспечения населенного пункта, включая энергоаудит тепловых источников, тепловых сетей и выборочный энергоаудит зданий.

Идентификация проектов является неформальным этапом, выполняемым, прежде всего на основании результатов контроля и анализа эффективности использования ТЭР, качества и надежности теплоснабжения, консультаций с руководством населенного пункта и теплоснабжающих организаций, а также с учетом существующих потенциальных возможностей замещения природного газа другими видами топлива, нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии.

Предварительное ТЭО проектов энергоэффективной модернизации должно включать в себя описание технической сущности проекта и расчет его технико-экономических показателей: капитальных затрат, годовой экономии ТЭР, простого и дисконтированного срока окупаемости, внутренней ставки рентабельности (IRR), чистого денежного потока (NPV). Для автоматизации этих расчетов в состав программно-методического обеспечения СЭМ целесообразно включить электронную библиотеку ТЭО типовых проектов: замена малоэффективных газовых котлов на новые высокоэффективные котлы, модернизация старых котлов путем замены горелок, обмуровки, установки теплоутилизаторов и систем автоматического регулирования, замену старых газовых котлов тепловыми насосами, котлами на биотопливе и целый ряд других энергоэффективных проектов. Методика и примеры выполнения предварительных ТЭО приведены в [10]. Разработка полномасштабного ТЭО энергоэффективного проекта осуществляется на стадии рабочего проектирования и выходит за рамки рассматриваемых задач СЭМ.

В основе оптимизации выбора проектов энергоэффективной модернизации системы теплообеспечения лежит критерий минимизации суммарных (капитальных и эксплуатационных) затрат за период жизненного цикла проекта. Наиболее привлекательными являются быстроокупаемые проекты. Однако необходимо принимать во внимание ряд других соображений и целевых установок, а именно:

- необходимо выделять инфраструктурные проекты, то есть те, которые являются основой для реализации других проектов. К числу таких проектов относится замена тепловых сетей. Срок окупаемости такого рода проектов может быть весьма велик, однако без их реализации нецелесообразно выполнение других проектов с малым сроком окупаемости. Срок окупаемости такого инфраструктурного проекта необходимо оценивать не отдельно, а в комплексе с другими взаимосвязанными проектами;
- необходим анализ взаимного влияния проектов. Например, термомодернизация зданий снижает необходимый объем тепловой энергии, что может оказать отрицательное влияние на проекты по модернизации тепловых источников. С другой стороны проект по восстановлению централизованного горячего теплоснабжения увеличит объем необходимой тепловой энергии, что окажет положительное влияние на проекты по модернизации тепловых источников;
- критерий минимизации суммарных затрат является основным, но не единственным при оптимизации выбора проектов. Необходимо обеспечивать надежность и качество теплоснабжения, повышать национальную энергетическую независимость путем замещения импортируемого природного газа местными и возобновляемыми источниками энергии, учитывать социальные аспекты, например создание новых рабочих мест и улучшение внешнего вида зданий.

Методология оптимизации выбора энергоэффективных проектов на основе комплекса критериев в условиях финансовых ограничений изложена в работе [11].

**Задача мониторинга фактической эффективности внедренных ЭСМ** приобретает особо важное значение при реализации энергоэффективных проектов по схеме энергетического перфоманс-контракта, когда возврат привлеченных финансовых ресурсов связан с фактически достигнутой экономией. Общая методология определения величин достигнутой экономии изложена в [4]. Однако, перед внедрением любого ЭСМ должна быть разработана и согласована всеми заинтересованными сторонами (заказчик, инжиниринговая компания, ЭСКО, инвестор) методика определения экономии ТЭР, которая будет достигнута.

Основными предпосылками достоверного определения достигнутой экономии является установка приборов учета ТЭР еще до внедрения ЭСМ, определение уровня энергопотребления до и после внедрения ЭСМ и наличие адекватной модели, связывающей уровень энергопотребления со всеми влияющими факторами.

Следует различать три уровня энергопотребления: фактический до и после внедрения, а также базовый уровень энергопотребления до внедрения ЭСМ. Фактический и базовый уровень энергопотребления до внедрения ЭСМ может существенно различаться. Так, например, фактический уровень энергопотребления многих зданий ниже базового из-за так называемых «недотопов». Достигнутая экономия может рассчитываться от фактического или базового уровня, что должно быть указано в методике согласованной до внедрения ЭСМ.

**Задача прогнозирования параметров работы системы теплоснабжения** включает в себя две подзадачи: краткосрочное и долгосрочное прогнозирование.

Краткосрочное прогнозирование должно охватывать период от одного месяца до одного отопительного сезона и нацелено на определение необходимого количества ТЭР в зависимости от ожидаемой температуры наружного воздуха. Инструментом такого прогнозирования являются аналитические и статистические модели связывающие потребление энергии с температурой наружного воздуха.

Необходимость долгосрочного прогнозирования связана с решением задачи модернизации, а для новых объектов - строительства систем теплообеспечения, жизненный цикл которых сопоставим с продолжительностью эксплуатации энергетического оборудования и зданий, то есть 10-50 лет. Имеется необходимость долгосрочного прогнозирования следующих показателей:

- Объемов сбыта тепловой энергии, который в свою очередь зависит от объемов нового строительства, термомодернизации зданий, изменения численности населения, конкуренции на рынке тепловой энергии (например, со стороны квартирный тепловых источников);
- Цен на покупные ТЭР и отпускаемую тепловую энергию;
- Остаточный ресурс работы оборудования систем теплоснабжения, прежде всего труб тепловых сетей.

Наиболее простым инструментом долгосрочного прогнозирования является экстраполяция ретроспективных значений прогнозируемого параметра на будущие интервалы времени. Этот инструмент прогнозирования может быть использован при наличии ретроспективных данных хотя бы за 3 - 5 лет. Однако простая экстраполяция не обеспечит достаточной надежности прогнозирования. Необходимо сочетание количественного экстраполяционного метода с качественными аналитическими исследованиями прогнозируемых процессов.

Для решения рассмотренных выше задач необходимо располагать соответствующими базами данных и программными средствами.

Структура баз данных СЭМ:

- Паспорт централизованной системы теплоснабжения населенного пункта, в котором содержится информация о теплоснабжающих организациях, котельных, котлах, системах автоматизации, тепловых сетях и другом оборудовании с указанием его марки и года изготовления;
- Реестр потребителей тепловой энергии, в котором содержится информация о каждом тепловом потребителе с указанием адреса, года постройки, присоединенной тепловой нагрузке, отапливаемой площади, серии типового проекта, источника тепловой энергии, наличии теплосчетчика и регулятора тепловой нагрузки;
- База данных экономической информации содержащая данные о ценах на природный газ, тепловую энергию, электроэнергию за последние пять лет;
- Данные о повреждаемости котлов и труб тепловых сетей с указанием затрат на ремонтно-восстановительные работы;
- Реестр внедренных ЭСМ с кратким техническим описанием внедренного мероприятия и даты внедрения;

- База данных климатической информации, в которой содержатся данные о среднесуточной температуре наружного воздуха за последние пять лет;
- База данных о потреблении и отпуске ТЭР, которая содержит информацию со счетчиков природного газа, электроэнергии и тепловой энергии на котельных, а также счетчиков тепловой энергии у потребителей.

Структура программного обеспечения СЭМ:

- Программа анализа показателей эффективности использования ТЭР в тепловом районе, которая выполняет функции, которые были перечислены выше, а также обеспечивает отображение нормативных и фактических значений контролируемых параметров в наглядной форме.
- Электронная библиотека предварительных ТЭО энергосберегающих мероприятий предназначенная для автоматизации вычисления ожидаемых капитальных затрат, годовой экономии, простого и дисконтированного сроков окупаемости, внутренней нормы рентабельности и дисконтированного денежного потока для наиболее типичных ЭСМ.
- Электронная библиотека методик верификации внедренных ЭСМ.
- Геоинформационная система с программными блоками расчета тепловых потерь и гидравлического режима тепловых сетей.
- Программа экстраполяционного прогнозирования ретроспективных данных, включая такие параметры как присоединенная тепловая нагрузка и количество повреждений труб тепловых сетей.

Базы и программы обработки данных могут быть разработаны с использованием различного программного обеспечения. Представляется целесообразным использование общедоступного и широкоиспользуемого программного обеспечения, в частности, электронные таблицы EXCEL. Это дает возможность постоянного расширения и усовершенствования программного обеспечения СЭМ непосредственно самими энергоменеджерами.

СЭМ теплообеспечения населенного пункта реализуется в рамках определенной организационной структуры – отдела (департамента, службы) энергетического менеджмента в качестве составной части муниципальной системы управления. Безусловно отдел энергетического менеджмента должен заниматься не только вопросами энергоэффективности сферы теплообеспечения, но также электро- и водоснабжения, рассмотрение которых, однако, выходит за рамки настоящей работы. Организационные аспекты создания СЭМ рассмотрены в работе [11]. Целесообразно также создание отделов энергетического менеджмента в крупных теплоснабжающих организациях, которые должны тесно взаимодействовать с муниципальным отделом энергетического менеджмента.

### Литература

1. Закон України «Про енергозбереження» від 1 липня 1994 року № 74/94-ВР.
2. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Механізми реалізації політики енергозбереження/За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія.- К.: Академперіодика, 2006.-Т.2.-600 с.
3. Закон України «Про теплопостачання» від 2 червня 2005 року № 2633-ІV.
4. Міжнародний протокол виконання вимірювань і верифікації/Переклад з англійської. - Агенство з раціонального використання енергії та екології, 1999.- 188с.-ISBN 966-7230-06-6.
5. International standart ISO 50001 Energy management systems-Requirements with guidance for use. Firs edition 2011-06-05. 22 pages.
6. ДСТУ 4472-2005. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги.
7. ДСТУ. Системи енергетичного менеджменту промислових підприємств. Склад та зміст робіт на стадіях розроблення та впровадження.
8. ДСТУ. Енергетичний менеджмент у виробничих системах. Перевірка та контроль функціонування системи енергетичного менеджменту.
9. Никитин Е.Е., Дутка А.В. Тарновский М.В. Анализ структуры и эффективности функционирования централизованных систем теплоснабжения населенных пунктов// Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2012.-№ 2 С.16- 27.
10. Никитин Е.Е., Федоренко В.Н. Выбор теплового источника по критерию минимизации суммарных затрат // Промышленная теплотехника. Том 34, №4, 2012. С.59-67.
11. Никитин Е.Е. Оптимизация выбора энергоэффективных проектов модернизации систем теплоснабжения в условиях финансовых ограничений. // Проблемы общей энергетики. - 2011. - Вып. 3 (26). - С.25-31.