



INTEGRATION OF PROCEDURES OF BENCHMARKING AND ENERGY EFFICIENCY CONTROL IN ENERGY MANAGEMENT SYSTEM OF MUNICIPAL WATER SUPPLY ENTERPRISE

Liudmyla DAVYDENKO, Nina DAVYDENKO
Lutsk National Technical University

Abstract – The issues of information provision the energy consumption efficiency management process have been discussed in the article. The aim of the article is to form the principles of combining the procedures of comparative analysis and energy efficiency control in enterprise energy management system. Integrated use of benchmarking and monitoring functions allows energy manager to identify and prevent negative trends, make informed decisions on improving energy efficiency of energy consumption, taking into account best practices. The tasks and functions the energy efficiency benchmarking system and subsystem of control and planning the energy consumption of municipal water supply objects with taking into account the properties of formation their energy consumption efficiency modes have been formulated in the paper. The implementation principles of the benchmarking mechanism and control procedures with the use the methods of quantitative and qualitative analysis of the energy efficiency level have been proposed. Formalization of energy efficiency control has been carried out on the basis of object-oriented technology. Classes, taking into account the efficiency parameters of the state and function the object, energy consumption, the environment, methods of planning and control of energy consumption, energy efficiency benchmarking, complex analysis of daily water consumption graph to account for the non-uniformity the water consumption and the impact the external factors in the planning of water supply regimes, have been formed. The system data have been proposed to use for the formation of norms and "standards" of energy consumption as well as take into account the results of a comparative analysis of energy efficiency. This will allow to take into account the real conditions of the functioning of water supply objects and to avoid the overstatement of standards. Using the proposed principles allows to do control of parameters of technological process and indicators of energy consumption efficiency, to take into account achievement of the study object and samples of effectively energy consumption for effectiveness energy consumption management, improvement of the production system and increasing energy efficiency for each object.

Keywords – energy efficiency, benchmarking, control, energy management system

INTEGRAREA PROCEDURILOR DE BENCIMARKING ȘI A CONTROLULUI DE EFICIENȚĂ ENERGETICĂ ÎN SISTEMUL DE MANAGEMENT ENERGETIC LA ÎNȚEPRINDEREA DE APROVIZIONARE CU APĂ

Liudmila DAVÎDENCO, Nina DAVÎDENKO
Universitatea Tehnică Națională din Luțsk

Rezumat. Articolul consideră suportul informațional al managementului eficienței energetice. Scopul studiului este de a dezvolta principiile de combinare, analiză și controlul energiei comparative, procedurile din sistemul de management al energiei la întreprindere. Utilizarea integrată a evaluării comparative și a funcțiilor de monitorizare permite managerilor energetici pentru a identifica și a preveni tendințele negative, să de a lua decizii în cunoștință de cauză privind îmbunătățirea eficienței energetice, luând în considerare cele mai bune practici. Articolul definește sarcinile și funcțiile de evaluare comparativă a eficienței energetice a subsistemului și planificarea consumului de energie a instalațiilor de alimentare cu apă municipale care permit formarea modurilor de eficiență energetică a sistemului de control. Sunt descrise principiile de punere în aplicare a mecanismului de benchmarking și a procedurilor de control cu utilizarea analizei cantitative și calitative a nivelului metodelor de eficiență energetică. Monitorizarea energiei efectuate pe baza oficializării tehnologiei orientate pe obiect, clase formate, ținând cont de parametrii de eficiență a stării și funcționării instalației, energia, mediul, metodele de planificare și de control al consumului de energie, analiza comparativă a eficienței energetice, o analiză cuprinzătoare a orarelor de zi cu zi și de utilizare a apei pentru a ține cont de neuniformitatea consumului de apă și impactul factorilor externi în planificarea regimurilor de alimentare cu apă. Pentru formarea de standarde de energie urmează să fie utilizate monitorizarea datelor din sistem și considerarea rezultatelor unei analize comparative a eficienței energetice. Acest lucru va lua în considerare condițiile reale ale funcționării a instalațiilor de alimentare cu apă și pentru a evita supraestimarea standardelor. Cu ajutorul principiilor propuse la fiecare obiectiv în parte are loc controlul parametrilor de proces și indicatori de eficiență energetică, se ia în considerare pentru a realiza obiectul de studiu pentru gestionarea eficiență a energiei, îmbunătățirea sistemului de producție și creșterea eficienței energetice.

Cuvinte-cheie: eficiență energetică, bencimarking, control, sistem de management energetic

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕДУР БЕНЧМАРКИНГА И КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Давыденко Л.В., Давыденко Н.В.

Луцкий национальный технический университет

Реферат - В статье обсуждаются вопросы информационного обеспечения процесса управления эффективностью энергопотребления. Целью статьи является формирование принципов объединения процедур сравнительного анализа и контроля энергоэффективности в системе энергоменеджмента предприятия. Комплексное использование бенчмаркинга и функций мониторинга дает возможность энергоменеджеру выявлять и предотвращать негативные тенденции, принимать обоснованные решения относительно повышения эффективности энергопотребления с учетом лучших практик. В статье сформулированы задачи и функции системы бенчмаркинга энергоэффективности и подсистемы контроля и планирования энергопотребления объектов коммунального водоснабжения с учетом особенностей формирования их режимов эффективного энергопотребления. Предложены принципы реализации механизма бенчмаркинга и процедур контроля с использованием методов количественного и качественного анализа уровня энергоэффективности. Формализация контроля энергоэффективности осуществлена на основе объектно-ориентированной технологии. Сформированы классы, учитывающие параметры эффективности состояния и функционирования объекта, энергопотребления, внешней среды, методы планирования и контроля энергопотребления, бенчмаркинга энергоэффективности, комплексного анализа суточных графиков водопотребления для учета неравномерности водопотребления и влияния внешних факторов при планировании режимов водоподачи. Для формирования нормативов и «стандартов» энергопотребления предполагается использовать данные системы мониторинга и учитывать результаты сравнительного анализа энергоэффективности. Это позволит учесть реальные условия функционирования объекта водоснабжения и избежать завышения нормативов. Использование предложенных принципов позволяет осуществлять пообъектный контроль параметров технологического процесса и показателей эффективности энергопотребления, учитывать достижения объекта исследования и образцы эффективного энергопотребления для результативного управления энергопотреблением, совершенствования производственной системы и повышения уровня энергоэффективности.

Ключевые слова - энергоэффективность, бенчмаркинг, контроль, система энергоменеджмента.

1. ВВЕДЕНИЕ

Решение проблем энергоемкости производства является одним из условий устойчивого развития государства. В условиях сокращения запасов энергоносителей и роста их рыночной стоимости, вопрос повышения уровня эффективности энергопотребления относится к стратегическим задачам государств и является приоритетным для отдельных организаций и предприятий. Низкая энергоэффективность технологических процессов, преимущество энергоемких отраслей, рост энергопотребления является реальной угрозой экономической, энергетической, экологической и национальной безопасности любой страны. Это предопределяет необходимость быстрой и менее затратной реорганизации производства путем внедрения энергосберегающего оборудования и технологий с целью уменьшения потребления энергоресурсов во всех секторах экономики.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Украина, став членом Энергетического Сообщества, взяла на себя обязательства имплементировать ряд европейских директив и регламентов, в частности, в сфере энергоэффективности. Директива IPPC 2008/1 / ЕС [1] требует эффективного использования энергии при эксплуатации любых установок, а энергоэффективность является одним из критериев, используемых для определения наилучших доступных технологий для любого производственного процесса.

Энергоэффективность - проблема, касающаяся любых отраслей и технологических процессов [2], а ключевым элементом эффективного управления и достижения целевых задач энергоэффективности являются подходы, направленные на создание системы энергетического менеджмента (СЭМ) для осуществления стратегического и оперативного управления энергопотреблением. Однако, достижение высокого уровня энергетической эффективности требует управления не только на государственном и региональном уровне, но и на уровне предприятий, отдельных технологических процессов, энергоемких установок [3]. Стандарт энергоменеджмента ISO 50001:2011 [4] в отличие от технического подхода, основанного на инвестициях в энергосбережение, предлагает управленческий подход за счет применения лучшей управленческой практики и предоставляет предприятию большие возможности в сфере энергосбережения. Функционирование СЭМ основано на принципе совершенствования [2, 4], а основное ее назначение состоит в целенаправленном повышении энергоэффективности. Целью управления энергопотреблением на промышленном объекте является достижение высокого уровня энергетической эффективности при одновременном рациональном использовании всех других ресурсов. Повышение энергоэффективности производственной системы предусматривает улучшение ее структуры, повышение результативности и эффективности производственных процессов и энергопотребления [5].

До сих пор в энергоменеджменте, в первую очередь, рассматривалось предприятие в целом. Контроль энергоэффективности конкретного оборудования и

его режимов работы не являлся непрерывным и происходил не в реальном времени, а по факту, когда неэффективное энергопотребление имело место значительный промежуток времени [6]. Сейчас в Повышения уровня энергоэффективности требует совершенствования существующих и разработки новых функций и процедур оперативного контроля и их интеграции в СЭМ.

Одной из задач, прописанных в «Дорожной карте» реализации Энергетической стратегии Украины до 2035 года [7] является создание системы сбора и анализа данных о конечном энергопотреблении для формирования сравнительной базы эффективности потребления энергоресурсов сопоставимой с международной практикой. Кроме того, согласно Приложению А к ISO 50001: 2011 [4] сравнительный анализ энергоэффективности позиционируется как один из инструментов поддержки и непрерывного улучшения деятельности в сфере энергосбережения. Таким образом, процедуры бенчмаркинга должны стать обязательной составляющей СЭМ. При этом возникает необходимость сочетания процедур мониторинга энергопотребления, сравнительного анализа с использованием отраслевых ориентиров, организации на постоянной основе комплексного контроля энергоэффективности производственной системы и ее объектов с учетом специфики функционирования выбранного объекта контроля.

В настоящее время специалистами и учеными проводятся исследования в сфере эффективности энергопотребления в различных отраслях. Их результатом является значительное количество публикаций по разработке и внедрению СЭМ [4, 5, 6], бенчмаркинга энергоэффективности [8, 9, 10], мониторинга уровня энергоэффективности [3, 5, 11, 12]. Однако, вопросы организации бенчмаркинга и комплексного контроля энергоэффективности в системах коммунального водоснабжения (СКВ), остаются рассмотренными недостаточно.

Целью статьи является создание предпосылок для повышения уровня энергоэффективности в СКВ путем формирования принципов интеграции процедур сравнительного анализа и комплексного контроля энергоэффективности ее объектов, позволяющих учесть специфику их функционирования.

3. ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Энергоэффективность производственной системы является синтетической характеристикой отражающей способность объекта эффективно функционировать в определенных условиях, требующая рационального энергопотребления энергоресурсов. Среди ключевых принципов обеспечения энергоэффективности отмечены [2]: внедрение СЭМ; системный подход к обеспечению энергоэффективности (учет всех взаимосвязей между процессами и установками, функционирующими на предприятии); выявление аспектов энергоэффективности и возможностей энергосбережения; определения показателей энергоэффективности, их оценка, совершенствование;

методологии энергоменеджмента вводится высокая степень детализации, контроль энергоэффективности конечного потребителя и оперативное реагирование на ухудшение эффективности энергопотребления [6]. бенчмаркинг (сравнение с лучшими результатами); достижение лучших показателей; разработка и внедрение методов повышения энергоэффективности, включая мониторинг и контроль.

СКВ состоит из множества элементов, потребляющих энергию для реализации технологического процесса, находящимися на различных иерархических уровнях, характеризующихся определенными исходными условиями и своими особенностями функционирования. Это сложная система с упорядоченной иерархической структурой, сетью взаимосвязей между элементами, развивающаяся в пространстве и времени.

Энергоэффективность - один из индикаторов состояния дел с точки зрения технического уровня производства, эффективности технологических процессов, а также организации энергоменеджмента. Формирование понимания существующего технического состояния и эксплуатационных режимов является первым шагом на пути разработки и осуществления стратегии эффективного энергопотребления в СКВ в рамках предприятия водоснабжения. Обеспечение повышения общей эффективности функционирования сложной производственной системы возможно при условии обеспечения эффективного энергопотребления во всех ее объектах и управления энергопотреблением. Для осознания потенциала и выявления путей повышения эффективности использования воды и энергии, внедрения эффективных технических решений необходимо оценивание уровня энергоэффективности исходного состояния объектов СКВ и всей системы в целом, эффективности организации технологического процесса, режимов работы структурных элементов, а также электропотребления. Это возможно на основании наблюдения множества признаков, каждый из которых отражает определённые аспекты энергоэффективности. Формирование показателей энергоэффективности в СКВ требует идентификации класса задачи исследования и учета иерархической принадлежности объекта исследования. Для анализа энергоэффективности СКВ необходимо использовать многоуровневую систему показателей, которая бы обеспечивала возможность анализа эффективности энергопотребления на различных иерархических уровнях; количественной оценки параметров состояния и исходных условий функционирования; раскрытие закономерностей потребления энергии; контроль энергопотребления и параметров технологического процесса. Предпочтение следует отдавать системе показателей, отражающую [12] техническое состояние, уровень энергопотребления и эффективность организации технологического процесса водоснабжения и каждого элемента системы. Причем, для каждого уровня существуют свое множество показателей энергоэффективности, обеспечивающее необходимую степень детализации [10]. Показатели должны быть доступны для

наблюдения (должна существовать возможность проследить их формирования) и актуальными. Контроль энергоэффективности - составляющая процесса управления энергоэффективностью (рис. 1), требующая постоянного анализа энергопотребления, динамики показателей энергоэффективности и выявление тенденций к ухудшению (улучшению).

Контроль показателей энергоэффективности позволит получить информацию об эффективности работы СКВ и ее объектов. По результатам контроля осуществляются управленческие воздействия на объект для корректировки его функционирования.

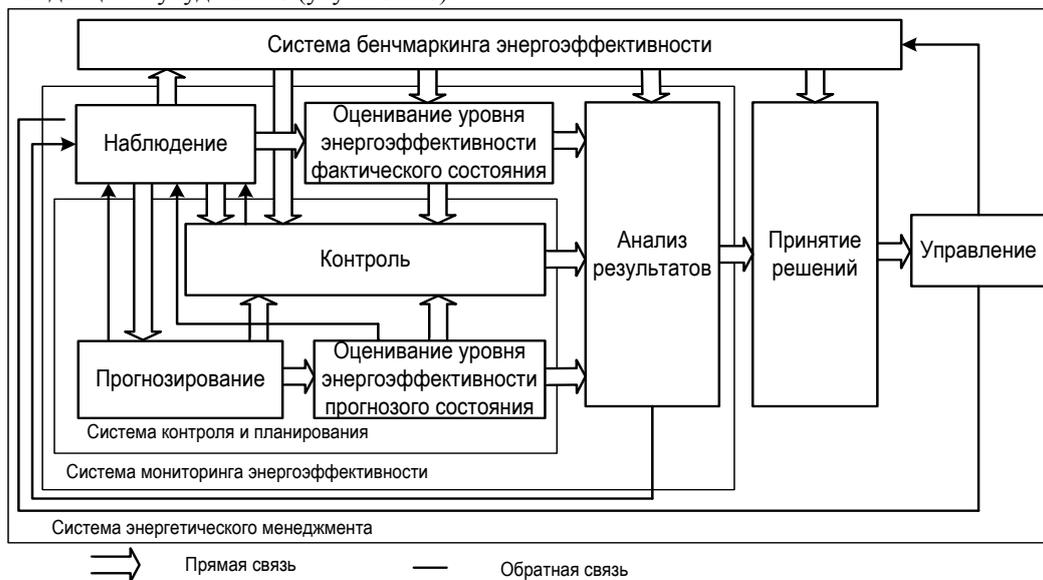


Рис. 1. Структура системы энергоменеджмента

В общем случае контроль - самостоятельный, непрерывный процесс управленческой деятельности, который заключается в наблюдении, проверке, сборе и регистрации информации об эффективности функционирования управляемого объекта; выявлении отклонений от принятых нормативов и стандартов, анализе причин их возникновения; корректировке функционирования объекта и выборе способов воздействия для предупреждения негативных тенденций. Основными этапами контроля являются: 1) получение первичной информации о состоянии объекта контроля, его контролируемых показателях; 2) получение вторичной информации - отклонений от заданных параметров путем сопоставления первичной информации с установленными нормативами; 3) подготовка информации для выработки управляющих воздействий. Контроль может быть эффективным в случае получения и рационального использования достоверной и своевременной информации о состоянии управляемой системы.

Инструментом получения достоверной информации о объемах энергопотребления, о технологических характеристиках производственных процессов являются измерения. Создание на предприятии контрольно-измерительной системы является необходимым этапом построения действенной системы контроля энергоэффективности. При этом, главной задачей является организация сети первичных и вторичных измерительных приборов для измерения расхода воды и электроэнергии. В идеале контрольно-измерительная система должна охватывать всю СКВ. Учет энергопотребления на объектах водоснабжения - это непрерывная система сбора, накопления и хранения данных приборов, фиксирующих объемы

потребленной энергии, а также регистрация основных характеристик факторов технологического, эксплуатационного и природного происхождения, влияющих на энергопотребление. Сбор данных связан с анализом потребления энергии и предполагает выявление влияющих факторов, установление зависимостей между энергопотреблением и этими факторами, тенденций в энергопотреблении, формирование отчетов и прогнозов.

Актуальным направлением является повышение эффективности и экономичности работы СКВ на основе развития информационных систем мониторинга и управления водоснабжением городов, которые являются важной составной частью общей системы энергоменеджмента водоснабжающих предприятий и позволяют вывести их работу на качественно новый технологический уровень.

Мониторинг эффективности энергопотребления в любой производственной системе призван обеспечить определение ее состояния и эффективности организации технологического процесса, а также создать предпосылки для совершенствования и повышения качества функционирования системы и ее составляющих. Мониторинг и измерения являются важной частью этапа «проверки» в цикле Деминга-PDCA «Plan-Do-Check-Act», на котором основаны системы энергоменеджмента [2, 4]. Основным принципом функционирования системы мониторинга должна быть непрерывность пообъектного контроля и учета полученной информации для улучшения производственного процесса и планирования энергоэффективных режимов. Привязка мониторинга к местам энергопотребления закладывает фундамент системы контроля энергоэффективности, которая

предусматривает [2]: адекватный контроль параметров технологических процессов на всех этапах и во всех режимах; выявление ключевых показателей энергоэффективности, а также методов, позволяющих их измерять и контролировать; документирование и анализ аварийных ситуаций с целью выявления и устранения их причин для предотвращения повторения. Внедрение системы мониторинга обеспечивает возможность создания больших баз данных, содержащих информацию о режимах работы объектов водоснабжения, использования методов интеллектуального анализа данных для изучения постоянно растущих объемов информации и выявления скрытых закономерностей, определяющих формирование технологических режимов объектов водоснабжения. Осуществление компьютерного мониторинга расхода энергоресурсов позволяет раскрыть потенциал непроизводительных их потерь и расходов; контролировать энергоэффективность СКВ, ее производственных процессов и каждого из ее объектов. Таким образом, система мониторинга энергоэффективности должна функционировать не только как техническая система учета и контроля энергопотребления, а обеспечивать управленческий аспект процесса повышения эффективности функционирования всего предприятия [11].

Необходимым условием обеспечения эффективной работы сложной производственной системы является автоматизация процесса сбора данных о параметрах режимов работы производственной системы, каждого ее объекта. Современные мировые тенденции в области управления энергоэффективностью в соответствии стандарту ISO 50001 предусматривают широкое внедрение автоматизированных систем учета энергоресурсов, управления технологическими процессами, являющимися составной частью общей системы мониторинга. Наличие автоматизированных систем управления упрощает сбор и обработку информации по каждому из объектов СКВ. Их подключения к сети INTERNET обеспечит связь между контрольными пунктами объектов СКВ и центральным сервером предприятия, что позволит осуществить консолидацию данных в единой системе. Использование WEB-технологий обеспечивает возможность создания систем учета и анализа энергопотребления любого масштаба. После внедрения системы сбора данных необходимо разработать процедуру их использования для выявления причин неэффективного потребления, энергии, путей их устранения и предупреждения негативных тенденций в энергопотреблении. Особое внимание должно быть уделено мониторингу факторов внешней среды, влияющих на эффективность режима энергопотребления в СКВ.

Эффективность энергопотребления в системе водоснабжения определяется многими факторами различного характера (биологическими, техническими т.д.). Одним из них являются объемы воды, которые перекачивают насосные станции. Основное условие организации эффективного режима водоснабжения: водоподача должна максимально соответствовать

водопотреблению. Но водопотребления - случайный процесс. На него влияют климатические и социальные факторы, время суток, которые нужно учитывать при планировании водоподачи. Поэтому, определение «нормальной» подачи воды для формирования оптимальных режимов, позволяющих обеспечить эффективное использование электроэнергии и воды, является сложной задачей. Один из возможных подходов к формированию графика водоподачи является предварительное создание базы данных суточного расхода воды из сети в рамках системы мониторинга энергоэффективности. Характеристика особенностей фактического режима водопотребления в СКВ должна базироваться на выявлении скрытых закономерностей и общих черт в графиках суточного водопотребления, являющихся основным режимным показателем процесса водоснабжения. Процедура анализа предусматривает учет основных, дополнительных и морфометрических параметров графика, а также климатических факторов, сезонности и периодов суточного цикла. Рассмотрение характеристик, описывающих окружающую среду, учет времени года и времени суток способствует выявлению влияния на характер водопотребления сезонных, климатических и социальных факторов, что является необходимым условием реализации процедур-алгоритмов планирования эффективных режимов водоподачи и электропотребления. Контроль соблюдения режима водоподачи и выявления отклонений контролируемых параметров будет способствовать выявлению аварийных ситуаций.

Одна из задач контроля энергоэффективности - установление нормативов (или их эталонов) для контролируемых технологических параметров и показателей энергоэффективности. Нормативы энергопотребления целесообразно устанавливать на базе накопленной статистики о потреблении энергоресурсов, показателях энергоэффективности и технических параметрах в разрезе объекта исследования. Это позволит учесть реальные условия его функционирования и исключить завышение или занижение норматива, появление которых возможно в случае традиционных методов нормирования.

Адекватная процедура контроля энергоэффективности должна в первую очередь давать возможность оперативно определять моменты неслучайного повышения или снижения энергоэффективности на исследуемом объекте, давать обоснованную оценку, по каким причинам состоялись эти изменения [3]. Современные системы энергетического менеджмента содержат подсистему оперативного управления эффективностью энергопотребления - Monitoring and Targeting System. В ее основе является выявление зависимости энергопотребления от существенных показателей - построение «стандарта» потребления энергии, который должен представлять собой некий реалистичный прогноз энергопотребления, достижимого на данном объекте. Мониторинг можно трактовать как анализ хронологии энергопотребления за определенный период времени, что позволяет осуществить его прогнозирование для определения

ожидаемых теоретических уровней. Их формирование в СКВ должно предусматривать:

1) моделирование водоподачи, предусматривающее: прогнозирование водопотребления, формирование типовых графиков водоподачи и их корректировку с учетом социальных и климатических факторов;

2) построение моделей электропотребления на основе типовых графиков водоподачи, а также технических и технологических факторов, влияющих на уровень эффективности электропотребления.

Причем в качестве стандартов энергопотребления возможно использование не самих математических моделей, а границ построенных к ним доверительных интервалов, что позволяет учитывать случайный характер процессов электропотребления и остаточную погрешность их моделирования [13].

Система контроля должна обеспечивать не только регулярное фиксирование энергопотребления и его колебания, которые необходимо локализовать, оценку и контроль уровня энергоэффективности, но и возможность обнаружения на основе анализа показателей энергоэффективности ошибок в организации режима работы объектов, определенных аспектов и участков производственного процесса, которые необходимо усовершенствовать. Выполнение этих задач в состоянии обеспечить система бенчмаркинга энергоэффективности, внесенная в систему контроля и планирования как ее подсистема и содержащая процедуры сравнения показателей энергоэффективности с аналогичными показателями лучших по уровню энергоэффективности объектов.

Бенчмаркинг энергоэффективности представляет собой процедуру планомерного изучения лучших практик эффективности энергопотребления в производственной системе с учетом иерархического уровня объекта исследования, сравнение его характеристик энергоэффективности с эталонными образцами для внедрения лучших достижений. Цель, сферы, показатели энергоэффективности для каждой сферы исследования образуют систему бенчмаркинга, предусматривающей построение связей между показателями энергоэффективности и составляющими проблемы. Среди задач системы бенчмаркинга: сравнительный анализ показателей и тенденций их изменения; выявление лучших практик эффективного энергопотребления, их адаптация к своим условиям.

Результаты сравнения данных должны быть оценены и интерпретированы. Одним из способов оценки уровня энергоэффективности является определение рейтинга объекта на основе многомерного сравнения группы объектов, которое предусматривает учет множества показателей энергоэффективности и определения их эталонных значений, формирование «образца» энергоэффективности и определения расстояний до него [14]. Определение эталонных значений показателей обеспечивает возможность выявления лучшей практики для проведения дальнейшего сравнения. Отклонение показателей от идеала укажут на отставание объекта бенчмаркинга и на то, что именно необходимо исправить. Величина отклонения позволит идентифицировать разрыв

(разницу между настоящим состоянием объекта и состоянием, в котором хотелось бы находиться), определить уровень энергоэффективности, выполнить позиционирование объекта исследования среди группы однотипных и выявить лидеров и аутсайдеров среди партнеров бенчмаркинга. Следующий шаг - определение масштаба и природы проблемы с целью выявления причин разницы в эффективности и путей ее улучшения. Для этого необходимо анализ и понимание мер, благодаря которым лучшие объекты преуспели. С этой целью могут использоваться методы оценки уровня энергоэффективности, основанные на принципах многокритериальной классификации возможных состояний объекта по отдельным классификационным характеристикам энергоэффективности. Определение принадлежности объекта исследования к одному из упорядоченных по уровню энергоэффективности классов, обеспечивает определение уровня энергоэффективности объекта и способствует выявлению недостатков в организации технологического процесса [15]. Анализ исходного состояния, условий функционирования лидеров, организации их режимов работы и процесса энергопотребления позволит определить пути повышения энергоэффективности. Использование процедур бенчмаркинга позволяет осуществить анализ энергоэффективности без обобщения показателей, а лишь на основании выявленных их эталонных значений или показателей лучших объектов. Бенчмаркинг энергоэффективности позволяет быстро и с малыми затратами выявить проблемные ситуации в функционировании сложной производственной системы или ее элементов и способствует выявлению пробелов в эффективности по сравнению с другими. Следовательно, включение процедур бенчмаркинга в СЭМ будет способствовать выявлению путей повышения энергоэффективности с учетом достижений лучших объектов.

Бенчмаркинг является неотъемлемой частью планирования, анализа и оценки процесса, то есть мониторинга, а также инструментом управления для непрерывного улучшения. С учетом результатов бенчмаркинга должна выполняться не только оценка уровня энергоэффективности объекта исследования, но и планирование эффективного энергопотребления, настройка процедур контроля, анализ полученных результатов. Изменения энергоэффективности должны измеряться относительно энергопотребления, зафиксированного в исходном энергетическом профиле, а также с учетом лучших образцов эффективного энергопотребления. С учетом этого контроль энергоэффективности должен выполняться не только в отношении нормативов или стандартов, определенных для объекта исследования, но и с учетом «эталонов» энергоэффективности. Построение стандартов энергопотребления и нормативов для контролируемых параметров должно выполняться [11] для объекта исследования с учетом его реальных условий функционирования для оперативного контроля эффективности энергопотребления, а также

для лучшего по уровню энергоэффективности объекта для сравнительного анализа.

Таким образом, система комплексного контроля энергоэффективности на объектах водоснабжения должна содержать [11]: 1) подсистему оперативного контроля энергоэффективности, обеспечивающую: текущий контроль динамики водоподачи как фактора, определяющего построение режима эффективного электропотребления; текущий контроль динамики показателей энергоэффективности с позиций их соответствия определенным диапазонам; контроль соблюдения стандарта энергопотребления; 2) подсистему бенчмаркинга энергоэффективности, содержащую процедуры: сравнение динамики показателей энергоэффективности с показателями лидеров; сравнительного анализа соответствия режима электропотребления стандарту лидеров.

При организации системы комплексного контроля энергоэффективности также необходима настройка инструментов сигнализации - уведомлений энергоменеджера о превышении норматива. Для организации вычислительных процедур контроля соблюдения нормативов и «стандартов» энергопотребления, динамики показателей энергоэффективности приемлемы вероятностно-

статистические методы, в частности, аппарат статистического контроля качества [13, 16].

Обязательной процедурой комплексного контроля должна быть передача информации в системы управления технологическими процессами для осуществления управленческих воздействий и корректировки параметров технологического процесса, а также в СЭМ для анализа полученных результатов, выработки рекомендаций по повышению энергоэффективности и принятия решений по первоочередности их внедрения.

Формализация процедуры комплексного контроля энергоэффективности в СКВ выполнена с использованием объектно-ориентированного подхода. Объекты среды моделируются с помощью классов с объединенными свойствами и правилами существования - совокупностей, имеющих общие признаки и одинаковые качества. Класс содержит свойства объекта (определяет структуру данных объекта, правила, по которым действуют объекты), а также методы, которые имеют доступ к данным объекта, обрабатывают их, выполняют определенные операции и задачи. Архитектура процедуры контроля энергоэффективности представлена на рис.2.

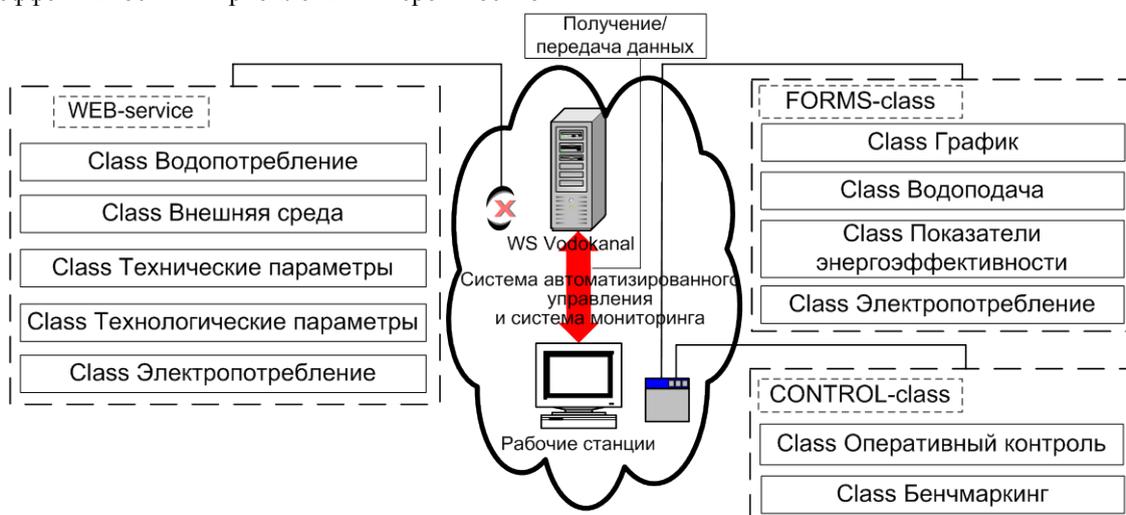


Рис. 2. Архитектура комплексного контроля энергоэффективности в системе коммунального водоснабжения

Выделены три категории классов: WEB-servis - совокупность классов, объединенных процедурой получения исходной информации об объекте исследования; FORMS-class - совокупность классов, объединенных вычислительными процедурами и моделями; CONTROL-class - совокупность классов, объединенных процедурами выполнения контроля энергоэффективности. Свойствами класса являются количественные характеристики объекта, а методами - алгоритмы расчетов, процедуры, коммуникации, действия и т.д., обеспечивающие функционирование класса (или его модели). Описание свойств и методов классов определяется типом объекта исследования и конкретизацией постановки задачи исследования. Множество существующих в СКВ структурных и функциональных отношений выступает элементом алгоритма информационного поиска, то есть, указывает последовательность выборки информации,

порядок выполнения необходимых расчетов и контрольных процедур.

4. ВЫВОДЫ

Современные требования к созданию систем сбора, анализа и использования данных о конечном потреблении энергоресурсов требуют постоянного мониторинга энергоэффективности как составной части общей системы энергоменеджмента водоснабжающих предприятий, а также сочетания процедур сравнительного анализа и контроля эффективности энергопотребления.

Включение процедур бенчмаркинга в СЭМ будет способствовать выявлению путей повышения уровня энергоэффективности с учетом достижений лучших объектов. Систематическое определение разницы в энергопотреблении и разрывов с лучшей практикой,

определение мероприятий по повышению уровня энергоэффективности, мониторинг результатов внедрения и переоценка результатов бенчмаркинга является частью цикла постоянного усовершенствования производственной системы, приводит к улучшению функционирования и повышения уровня ее энергоэффективности. Контроль энергоэффективности является важным элементом процесса управления эффективностью энергопотребления в СЭМ, в частности, информационного обеспечения принятия решений по повышению энергоэффективности. Это требует постоянного анализа отклонения фактических значений параметров объекта контроля от ожидаемых теоретических и сигнализации превышения установленных нормативов. Определение нормативов показателей энергоэффективности и стандартов энергопотребления для выбранного объекта исследования должно выполняться на основе статистики, накопленной в базе данных системы мониторинга энергоэффективности, учитывать реальные условия его функционирования, а также лучшие образцы эффективного энергопотребления. Это позволит в режиме реального времени выполнять обработку информации о параметрах режимов и показатели энергоэффективности СКВ и ее объектов, отслеживать временную эволюцию явлений, оценивать взаимную зависимость контролируемых величин и т.д., а также осуществлять анализ результатов контроля и передачу данных в системы управления для принятия решений по оптимальному использованию имеющихся возможностей повышения энергоэффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- [1] Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of The Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control, Official Journal of the European Union, no L 24.
- [2] European Commission (2009) Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 430 p. Available at: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html>
- [3] V.Nakhodov, O.Pietskova, D.Ivanko *The monitoring indicators of energy consumption in the Energy Management System*, Enerhetika. Ekologia. Liudyna. Naukovi pratsi NTU "KPI", IEE, 2015, pp. 210-217.
- [4] FprEN16231:2012 *Energy Efficiency Benchmarking Methodology*, Brussels, CEN-CENELEC Management Centre, April, 2012
- [5] A.Kovalko, A.Novoseltsev, T.Evtukhova, *Introduction to the theory of multi-energy systems, methods and models of energy management system Housing*, Kyiv, National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Engineering Thermophysics, 2014, 252 p.
- [6] O. Zakladnyi, A. Zakladnyi. *Diagnostic tools energy audit as an element of construction energy management system*, Enerhetika: ekonomika, tekhnologia, ekologia., no2, 2013, pp. 44-50.
- [7] *The energy strategy of Ukraine on the period by 2035: White book of energy policy of Ukraine "Security and competitiveness"*, Kyiv, 2014, 41 p. (in Ukrainian). Available at: http://www.niss.gov.ua/public/File/2014nauk_an_rozrobku/Energy%20Strategy%202035.pdf
- [8] V.Rosen, B.Tyshevich, E.Inshekov, P.Rosen, *Methodology of benchmarking of energy efficiency for the industry of Ukraine*. Problemele energeticii regionale, 2012, no 2(19), pp. 73-84 (In Russian).
- [9] B.Sontag, S.Hirzel, O.Bender, H.Kloos, M.Laubach, R.Walkötter, C.Rohde, *Energy-benchmarking within companies: insights from benchmarking practice*, ECEEE – 2014. Industrial summer study – retool for competitive and sustainable industry, 2014, pp. 637-646.
- [10] L.Davydenko, *Indicators system creation for the energy efficiency benchmarking of municipal power system facilities*, Problemele energeticii regionale. – 2015. - № 1 (27). - С. 58-70
- [11] L. Davydenko, *Principles of building integrated monitoring system of energy efficiency for water supply and sanitation enterprise*, Enerhetika: ekonomika, tekhnologia, ekologia., no3, 2015, pp. 107-115.
- [12] V.Rosen, L.Davydenko, V.Davydenko, *Formation of the information field for the evaluation of energy efficiency level of systems of municipal water supply* Visnyk Kremenchutskogo derjavnogo politehnichnogo universytetu im. M. Ostrogradskogo, 2010, no 4/2010(63) Part.1, pp. 50-53 (in Ukrainian).
- [13] V. Nakhodov, O. Borychenko, *Control process of performance setting "standards" in system operating control effectiveness of energy exploitation*, Visnyk NTUU "KPI". Seria "Hirnystvo". Vypusk 24, 2014, pp. 111-119.
- [14] V.Davydenko, L.Davydenko, *Evaluation of energy level of object of complex systems as problem energetotechnological multidimensional comparative*, Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenko. Tehnichni nauky. Vypusk 116 "Problemy energozabezpechennia ta energozberezhennia v APK Ukraine", 2011, pp. 76-78.
- [15] V.Davydenko, L.Davydenko, *Assessment level energy efficiency of complex manufacturing systems with position classification multicriterial*, Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenko. Tehnichni nauky. Vypusk 142 "Problemy energozabezpechennia ta energozberezhennia v APK Ukraine", 2013, pp. 6-8.
- [16] V.Rosen, L.Davydenko, V.Davydenko, *Shewhart control carts using for efficiency control of public water systems power consumption*, Visnyk Kremenchutskoho derzhavnoho politehnichnogo universytetu im. M. Ostrogradskoho, 2012, no 1/2012(42) Part.1, pp. 31-35.
- [17] Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of The Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control // Official Journal of the European Union. – № L 24.
- [18] European Commission (2009) Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency [Электронный ресурс] // Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 2008. – 430 p. Режим доступа: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html>.
- [19] Находов В.Ф. Моніторинг показників енергоспоживання в системі енергетичного менеджменту / В.Ф. Находов, О.О. Пецкова, Д.О. Іванько // Энергетика. Экология. Людина. Наукові праці НТУУ «КПІ», ІЕЕ. – Київ: НТУУ «КПІ», ІЕЕ, 2015. – 480 с. – С. 210-217
- [20] ISO 50001:2011. Committee draft. Energy management systems — Requirements with guidance for use.
- [21] Ковалко О.М Вступ до теорії енергоефективності багаторівневих систем: методи та моделі енергетичного менеджменту в системі житлово-комунального господарства / О.М. Ковалко, О.В. Новосельцев, Т.О. Свухова. – К.: НАН України, Інститут технічної теплофізики, 2014. – 252 с.
- [22] Закладний О.О. Засоби діагностичного аудиту енергоефективності як елемент побудови системи енергоменеджменту / О.О. Закладний, О.М. Закладний // Энергетика: економіка, технології, екологія. 2013.№2. – С. 44-50.
- [23] Энергетична стратегія України на період до 2035 року: Біла книга енергетичної політики України «Безпека та конкурентоспроможність». Проект - Київ 2014 – 41с. Режим доступу: http://www.niss.gov.ua/public/File/2014_nauk_an_rozrobku/Energy%20Strategy%202035.pdf
- [24] Розен В.П., Тышевич Б.Л., Иншеков Е.Н., Розен П.В. Методология бенчмаркинга для повышения уровня энергоэффективности промышленных предприятий Украины // Problemele energeticii regionale. - 2012. - 2(19). - С. 73-84
- [25] Benjamin Sontag. Energy-benchmarking within companies: insights from benchmarking practice / Benjamin Sontag, Simon Hirzel, Oliver Bender, Hans Kloos, Michael Laubach, Rolf Walkötter, Clemens Rohde // ECEEE – 2014. Industrial summer

study – retrofit for competitive and sustainable industry. – 2014. – Pp. 637-646.

- [26] Davydenko L.V. Indicators system creation for the energy efficiency benchmarking of municipal power system facilities / Problemele energeticii regionale. – 2015. - № 1 (27). - С. 58-70
- [27] Давиденко Л.В. Принципи побудови інтегрованої системи моніторингу енергоефективності для підприємства водопровідно-каналізаційного господарства // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2015. - № 3. – С. 107-115
- [28] Розен В.П. Формування інформаційного поля для оцінювання рівня енергоефективності систем комунального водопостачання [Текст] / В.П. Розен, Л.В. Давиденко, В.А. Давиденко // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДПУ. - 2010. – Вип. №4 (63). – С. 50-53
- [29] Находов В.Ф., Бориченко О.В. Процес контролю виконання встановлених «стандартів» в системах оперативного контролю ефективності енерговикористання // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». - 2014. - Випуск 24.– С. 111-119
- [30] Давиденко Л.В. Оцінювання рівня енергоефективності об'єктів складних енерготехнологічних систем як задача багатомірного порівняння / Л.В. Давиденко, В.А. Давиденко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. Випуск 116 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХНТУСГ, 2011.- С.76-78.
- [31] Давиденко В.А., Давиденко Л.В. Оцінювання рівня енергоефективності складних виробничих систем з позицій багатокритерійної класифікації // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. Випуск 142 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХНТУСГ. - 2013.- С.6-8.
- [32] Розен В.П., Давиденко Л.В., Давиденко В.А. Використання контрольних карт Шухарта для контролювання ефективності електроспоживання в системах комунального водопостачання. // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип.1/2012(72) частина 1. – С.31-35.

АВТОРЫ



Давыденко Людмила Валериевна, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения Луцкого национального технического университета, докторант Национального технического университета «Киевский политехнический институт».

Область научных интересов:

энергосбережение, эффективность энергопотребления, энергоменеджмент.

Контакты: тел. +38(0332)746119; e-mail: L.Davydenko@mail.ru



Давыденко Нина Владимировна, магистр электротехники, аспирант кафедры электроснабжения Луцкого национального технического университета.

Область научных интересов: мониторинг эффективности энергопотребления.

Контакты: тел. +38(0332)746119.