

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ОБЪЕМОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ В БЮДЖЕТНЫХ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ: ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Александр Клименко¹⁾, Александр Бобряков²⁾, Елена Тихонова¹⁾,
Алексей Стефанцов¹⁾, Маргарита Покровская³⁾*

^{1) 2) 3)} НИУ «МЭИ», 111250 Россия, г. Москва, Красноказарменная ул. 14,

Резюме: Описывается методическое и информационное обеспечение процессов учета объемов потребления энергоресурсов сетью подведомственных учреждений и управления энергосбережением на примере Министерства образования и науки Российской Федерации. Рассматриваются архитектура распределенной специализированной информационно-аналитической системы, осуществляющей сбор информации, ее обработку и анализ, а также поддержку принятия решений по реализации энергосберегающих мероприятий. Описываются программно-технические средства функциональной подсистемы уровня подведомственных учреждений, позволяющие легко адаптировать систему к решению различных оперативных задач сбора информации с измерительных узлов и управления энергохозяйством объекта.

Ключевые слова: информационно-аналитическая система, программно-технические средства, параметры энергопотребления, сбор и обработка результатов измерений, энергосберегающие мероприятия, поддержка принятия решений.

Введение

Одним из основных инструментов реализации бюджетной реформы в Российской Федерации, нацеленной на повышение качества оказываемых государственных услуг, является внедрение новых принципов и механизмов бюджетирования, ориентированных на результат. При этом, особую актуальность приобретает решение задач оптимизации финансовых затрат на оплату топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в бюджетных учреждениях и проведения эффективной ведомственной энергосберегающей политики, требования к которой определены рядом федеральных и ведомственных нормативных актов России. Для большинства подведомственных учреждений (ПУ), для содержания которых используются бюджетные средства, оплата ТЭР является одной из основных статей расходов, при этом средства, полученные в результате оптимизации процессов энергопотребления, могут быть направлены на повышение эффективности основных видов деятельности учреждения.

Решение названных задач невозможно без разработки и внедрения в практику средств и механизмов методической и информационной поддержки, основным инструментом реализации которых являются специализированные распре-

деленные иерархические информационно-аналитические системы (ИАС). ИАС ориентированы на задачи сбора, верификации, статистической и аналитической обработки данных об энергопотреблении и оплате ТЭР, а также на поддержку принятия решений (ППР) по адресной реализации энергосберегающих мероприятий (ЭСМ). Основным элементом ИАС является функциональная подсистема уровня ПУ, реализующая функции сбора и обработки данных с измерительных приборов учета ТЭР и групп датчиков, характеризующих состояние процессов энергопотребления.

В статье рассмотрены отдельные аспекты методической и информационной поддержки названных процессов, а также архитектура и структура программно-технических средств (ПТС) иерархических уровней специализированной ИАС мониторинга потребления ТЭР (ИАС МП ТЭР), эксплуатируемой в Министерстве образования и науки Российской Федерации.

1. Методическая и информационная поддержка процессов учета энергопотребления и управления энергосбережением в бюджетных отраслях экономики

Задачи учета объемов энергопотребления и реализации энергосберегающей политики в бюджетных ведомствах являются сложными комплексными, многоаспектными задачами, характеризующимися необходимостью согласованного совместного решения многих частных составляющих, а именно:

- тактических задач оперативного мониторинга объемов энергопотребления и стратегических задач управления энергосбережением в ведомстве;
- задач, распределенных по уровням иерархии и управления организационно-технической системы:
 - ✓ на уровне федерального центра: выделение проблемных ПУ в процессах энергопотребления и принятие тактических управляющих решений, выделение ПУ с нерациональным энергопользованием и подбор оптимальных ЭСМ, формирование ведомственной энергосберегающей политики в условиях ограниченного финансирования работ по реализации ЭСМ, обоснованное определение размеров и структуры нормативных затрат для повышения эффективности внедрения новых механизмов бюджетирования.
 - ✓ на уровне ПУ: учет энергопотребления и текущее управление системами энергообеспечения, проведение работ по реализации ЭСМ.

Наиболее сложными задачами с точки зрения методического, информационного сопровождения и ППР являются задачи выбора ПУ с нерациональным энергопользованием и формирования ежегодной адресной программы реализации ЭСМ, обеспечивающей максимизацию ведомственных показателей эффективности потребления ТЭР.

Решение названных задач базируется на федеральном статистическом массиве плановых и отчетных данных об энергопотреблении подведомственных учреждений, формируемом путем интеграции и агрегации данных по отдельным ПУ. При этом, наиболее эффективным техническим способом формирования такого массива является построение федеральной сети

автоматизированного сбора информации с измерительных приборов учета объемов потребления ТЭР, установленных в отдельных ПУ. Однако, при оценке целесообразности проведения работ по автоматизации учета объемов потребления ТЭР на уровне отдельного ПУ с целью последующего его подключения к автоматизированной сети сбора данных, оказывается, что в ряде случаев это экономически или технически не рационально и для сбора информации с ПУ применяются другие организационно-технические решения.

Кратко рассмотрим основные этапы стратегии учета объемов энергопотребления и управления энергосбережением в бюджетных отраслях экономики в условиях ограниченных финансовых ресурсов на реализацию ЭСМ [1].

1. Непрерывный учет и мониторинг объемов потребления ТЭР в разрезе отдельных ПУ, формирование сигналов отклонений показателей мониторинга от средних установившихся значений, принятие и реализация тактических управленческих решений по оптимизации энергопотребления.

2. Формирование и ведение ведомственной информационной базы для поддержки принятия решений по управлению энергосбережением.

Основной идеей описанной ведомственной стратегии является обоснованный выбор из всей совокупности ПУ так называемых «объектов нерационального энергопользования» (ОНЭП), реализация ЭСМ на которых целесообразна в первую очередь и наиболее максимизирует ведомственные показатели эффективности использования ТЭР. Реализация идеи требует проведения процедур статистической и аналитической обработки данных по энергопотреблению и связанной предметной информации, хранящихся в специализированной ведомственной информационной базе, содержащей (в разрезе отдельных ПУ):

- Плановые и отчетные показатели по объемам энергопотребления, поступающие от каждого ПУ;
- Энергетические характеристики основных потребителей энергии, а также строительные характеристики зданий и сооружений, влияющие на объемы энергопотребления;
- Основные параметры договоров энергоснабжения;
- Климатические характеристики населенных пунктов, в которых расположены ПУ (фактические наружные температуры окружающего воздуха и т.д.).

3. Обработка и анализ информации, выде-

ление объектов нерационального энергопотребления.

В рамках этапа выполняются процедуры статистической и аналитической обработки данных по энергопотреблению и связанной предметной информации с целью выбора ОНЭП кандидатов для первоочередной реализации ЭСМ.

В качестве оценки эффективности энергопотребления используются удельные показатели энергопотребления (УПЭ), вычисленные на единицу строительного объема (площади) ПУ или единицу контингента обучаемых (персонала). Для проведения корректного сравнения УПЭ и отбора ОНЭП выполняются процедуры предварительной кластеризации ПУ в многомерном количественно-качественном пространстве признаков, существенно влияющих на значения УПЭ. Для выполнения процедур кластеризации используются оригинальные модифицированные FRiS-алгоритмы [2], наилучшим образом отвечающие условиям поставленной задачи.

4. Поддержка принятия управленческих решений об адресной реализации ЭСМ.

Этап предполагает:

- Экспертный выбор наиболее эффективного ЭСМ для каждого конкретного отобранного ОНЭП;
- Получение сравнительных оценок изменения ведомственных показателей эффективности использования ТЭР при реализации рекомендуемых ЭСМ на отобранных ОНЭП;
- Формирование ежегодного перечня реализуемых ЭСМ исходя из доступного объема финансирования и максимизации ведомственных показателей эффективности использования ТЭР.

Для отобранных ОНЭП из специализированной базы данных подбираются ЭСМ и выполняются расчеты ожидаемого экономического эффекта от внедрения выбранного ЭСМ в конкретном ПУ. По результатам расчета формируется и закрепляется ведомственным нормативным актом перечень ЭСМ в конкретных ПУ, реализуемый в очередном финансовом году.

5. Мониторинг реализации ЭСМ на конкретных ПУ.

Мониторинг реализации ЭСМ организуется известными методами с применением функциональной подсистемы сбора и обработки плановой и отчетной информации, входящей в состав ИАС мониторинга объемов потребления ТЭР.

2. Архитектура программно-технических средств ИАС мониторинга потребления и оплаты ТЭР

Архитектура программно-технических средств ИАС МП ТЭР содержит программно-технические средства [3]:

- федерального узла (ФУ) ИАС, включающие:
 - ✓ информационное хранилище данных по энергопотреблению и связанной предметной информации;
 - ✓ средства статистической и аналитической обработки информации и поддержки принятия управленческих решений по выбору ОНЭП и реализации ЭСМ;
 - ✓ базу данных типовых ЭСМ;
 - ✓ средства сбора и верификации первичной статистической информации с узлов ИАС уровня ПУ;
 - ✓ средства информационного взаимодействия со смежными информационными системами;
 - ✓ комплекс автоматизированных рабочих мест (АРМ) для различных категорий пользователей.
- узла ИАС уровня ПУ, подробно рассмотренные ниже.

Функциональность ИАС, построенной по описанной архитектуре, позволяет в полной мере реализовать информационную поддержку всех этапов рассмотренной ведомственной стратегии учета объемов энергопотребления и управления энергосбережением.

3. Программно-технические средства функционального узла ИАС мониторинга потребления и оплаты ТЭР уровня ПУ

В целях оптимизации затрат на реализацию функциональных узлов (ФУ) уровня ПУ в ИАС МП ТЭР принято два архитектурных решения (реализуется два типа узлов):

1. Полнофункциональный узел, обеспечивающий автоматизированный сбор и обработку информации по объемам энергопотребления, мониторинг состояния процессов и систем энергообеспечения и энергопотребления ПУ, а также процессов реализации энергосберегающих мероприятий, формирование аварийных и предупреждающих сигналов о критических состояниях названных систем, создание и ведение информа-

ционной базы поддержки принятия решений по управлению процессами энергопотребления и энергосбережения.

2. Узел с ограниченной функциональностью, обеспечивающий «ручной» ввод и обработку ежемесячной информации по объемам энергопотребления, создание и ведение ограниченной информационной базы по управлению процессами энергопотребления и энергосбережения.

Структура ПТС узла уровня ПУ первого типа приведена на рис. 1.

Важнейшим функциональной подсистемой (ФП) узла первого типа является подсистема информационного взаимодействия, осуществляющая автоматизированный сбор и обработку показаний с приборов учета энергоресурсов и информации с измерительных датчиков, характеризующих состояние процессов энергопотребления. Рассматриваемый ФП позволяет::

- создать для каждого конкретного ПУ структурную модель точек измерения количественных и качественных параметров энергопотребления и связанной предметной информации (наружная температура и температура в помещениях, состояние аварийных датчиков и т.д.);
- представлять в диспетчерский пункт результаты оперативных измерений для поддержки принятия тактических решений по управлению энергохозяйством и режимами энергопотребления ПУ;
- формировать информационную базу для оценки эффективности энергопотребления, мониторинга реализации ЭСМ и поддержки

принятия стратегических управляющих решений по оптимизации энергохозяйства и процессов энергопотребления ПУ.

Эффективность практического применения этого функционального блока в ПУ, характеризующихся совершенно различной структурой и размерами энергохозяйства, степенью автоматизации процессов измерения и структурой применяемых измерительных средств, требует реализации в составе ФБ развитых средств адаптации информационного хранилища и программного обеспечения к перечисленным особенностям конкретного ПУ.

Реализация средств адаптации базируется на разработанной авторами технологии универсального информационного хранилища, включающей следующие основные элементы:

- адаптируемые модели: структуры данных; вычислений; визуализации данных;
- универсальное хранилище данных;
- блок вычислений, работающий над стеком моделей и универсальным хранилищем;
- интерфейс администратора, представляющий визуальные средства настройки перечисленных моделей;
- интерфейс пользователя, предоставляющий средства просмотра данных и результатов их обработки.

Реализация рассмотренной технологии базируется на применении открытых стандартов XML для описания моделей, реляционных баз данных для хранения данных. Средства вычислений и интерфейс администратора и пользователей разработаны на платформе Microsoft . NET Framework.

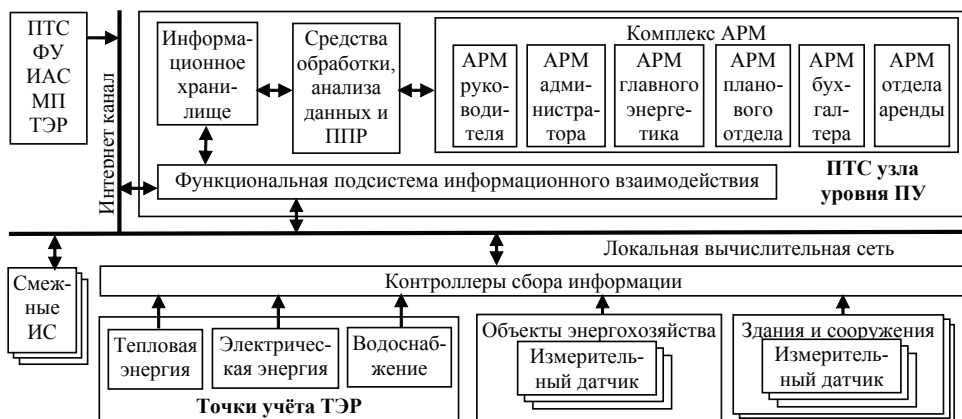


Рис. 1. Структура ПТС узла уровня ПУ первого типа

4. Заключение

Пилотная версия описанной ИАС мониторинга, включающая ПТС федерального уровня и узлов уровня ПУ второго типа, разработана и внедрена в Министерстве образования и науки Российской Федерации в 2000 г. Использование ИАС позволило значительно повысить эффективность реализации ведомственной программы энергосбережения за счет своевременного выделения ОНЭП, обоснованного выбора ЭСМ и организации мониторинга реализации мероприятий на выбранных объектах.

Одним из основных направлений развития ИАС явилась разработка полнофункционального узла уровня ПУ, позволяющего автоматизировать сбор информации об объемах потребления ТЭР с измерительных узлов ПУ, создать информационную базу поддержки принятия тактических решений по управлению энергохозяйством и обеспечить передачу на федеральный уровень ИАС достоверной статистической информации.

Дополнительной функцией ИАС в настоящее время является создание информационной базы для ППР и решения задач оптимизации составляющих нормативных затрат на оказание государственных образовательных услуг, что способствует успешному реформированию системы образования.

5. Литература

[1] **Бобряков А.В.** Стратегии административно-технологического управления процессами энергопотребления и энергосбережения в бюджетных отраслях экономики. *Энергосбережение и водоподготовка*, №3, 2007, ISSN 1992-4658, с. 26–29.

[2] **Загоруйко Н. Г., Кутненко О. А.** Количественная мера компактности образов и метод её повышения. *Труды Международной конференции «Интеллектуализация обработки информации»*. – Будва, Черногория, 2012, ISBN 978-5-94588-119-8, с. 29–32.

[3] **Аметистов Е.В., Бобряков А.В., Данилов О.Л., Гаврилов А.И.** Информационно-аналитические системы по энергоэффективности: опыт разработки и внедрения. *Энергетическая политика*, №4, 2003. ISSN 2409-5516, с. 9–16.

Благодарность

Результаты, представленные в докладе, отражают работы, выполненные Московским энергетическим институтом в рамках федеральных и

целевых ведомственных программ Министерства образования и науки Российской Федерации.

Авторы выражают благодарность руководству и сотрудникам Научно-технического инновационного центра энергосберегающих технологий и техники МЭИ, внесшим значительный вклад в становление и развитие этой работы в рамках реализации ведомственной программы «Энергосбережение в Министерстве образования и науки Российской Федерации».

Сведения об авторах

Клименко Александр Викторович. Московский энергетический институт (1971). К.т.н. (1975), д.т.н. (1990), профессор (1991), член-корр. РАН (1997); НИУ «МЭИ», Институт проблем энергетической эффективности, Научно-технический инновационный центр энергосберегающих технологий и техники. Научные интересы: энергосбережение, обработка информации и ППР.

Бобряков Александр Владимирович. Московский энергетический институт (1984). К.т.н. (1991), доцент (2003), д.т.н. (2007); НИУ «МЭИ», Институт автоматизации и вычислительной техники, кафедра управления и информатики. Научные интересы: проектирование ИАС и их элементов, обработка информации и ППР, энергосбережение.

Тихонова Елена Антоновна Московский государственный институт стали и сплавов (технологический университет) (1996); НИУ «МЭИ», Институт проблем энергетической эффективности, Научно-технический инновационный центр энергосберегающих технологий и техники. Научные интересы: проектирование ИАС и их элементов, обработка информации.

Стефанцов Алексей Геннадьевич Московский энергетический институт (2002). К.т.н. (2007); НИУ «МЭИ», Институт проблем энергетической эффективности, Научно-технический инновационный центр энергосберегающих технологий и техники. Научные интересы: проектирование ИАС и их элементов, обработка информации и ППР, энергосбережение.

Покровская Маргарита Анатольевна Московский энергетический институт (1989); НИУ «МЭИ», Центр отраслевых информационно-аналитических систем. Научные интересы: проектирование ИАС и их элементов, энергосбережение.

ANALYTICAL INFORMATION SYSTEM FOR ACCOUNTING OF ENERGY RESOURCE CONSUMPTION AND MANAGEMENT OF ENERGY SAVINGS IN BUDGETARY ECONOMIC SECTORS: DESIGN STRATEGIES AND OPERATION EXPERIENCE

Alexander Klimenko¹⁾, Alexander Bobryakov²⁾, Elena Tikhonova¹⁾, Alexey Stefantsov¹⁾, Margarita Pokrovskaya³⁾

^{1) 2) 3)} NRU "MPEI", 14 Krasnokazarmennaya Str., Moscow, 111250 Russia

Abstract: Methodological and informational support of accounting processes for energy resource consumption by the network of subordinate authorities and management of energy savings based on the example of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation is described. The architecture of a distributed, specialized analytical information system which gathers, processes, and analyzes information, as well as supports decisions to take energy-saving measures is considered. The software and hardware tools for the functional subsystem at the level of subordinate authorities are described. These tools easily enable the system to be adapted to solve various information-gathering operational tasks from the measuring units and facility energy management.

Key-Words: Analytical information system, software and hardware tools, parameters of energy consumption, gathering and processing of measuring results, energy-saving measures, decision-making support.

References

[1] **Bobryakov A.V.** Strategii administrativno-tekhnologicheskogo upravleniya protsessami energopotrebleniya i energosberezheniya v byudzhetykh otraslyakh ekonomiki. *Energosberezheniye i vodoropodgotovka*, №3, 2007, ISSN 1992-4658, s. 26–29.

[2] **Zagorujko N.G., Kutnenko O.A.** Kolichestvennaya mera kompaktnosti obrazov i metod yeyo povysheniya. *Trudy Mezhdunarodnoy konferentsii*

«Intellektualizatsiya obrabotki informatsii». – Budva, Chernogoriya, 2012, ISBN 978-5-94588-119-8, s. 29–32.

[3] **Ametistov E.V., Bobryakov A.V., Danilov O.L., Gavrilov A.I.** Informatsionno-analiticheskiye sistemy po energoeffektivnosti: opyt razrabotki i vnedreniya. *Energeticheskaya politika*, №4, 2003. ISSN 2409-5516, s. 9–16.

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧНА СИСТЕМА ЗА ОТЧИТАНЕ НА ПОТРЕБЛЕНИЕТО НА ЕНЕРГОРЕСУРСИ И УПРАВЛЕНИЕ НА ЕНЕРГОСПЕСТЯВАНЕТО В БЮДЖЕТНИТЕ СЕКТОРИ НА ИКОНОМИКАТА: ПРИНЦИПИ НА ИЗГРАЖДАНЕ И ЕКСПЛОАТАЦИОНЕН ОПИТ

*Александр Клименко¹⁾, Александр Бобряков²⁾, Елена Тихонова¹⁾,
Алексей Стефанцов¹⁾, Маргарита Покровская³⁾*

^{1) 2) 3)} НИУ «МЭИ», 111250 Русия, г. Москва, Красноказарменная ул. 14,

Резюме: Описват се методическото и информационното осигуряване на процесите на отчитането на обемите потребление на енергоресурси от мрежата подведомствени учреждения и управление на енергоспестяването на примера на Министерството на образованието и науката на Руската федерация. Разглежда се архитектурата на разпределена специализирана информационно-аналитична система, осъществяваща събиране на информация, нейната обработка и анализ, както и подкрепа за вземане на решения за реализиране на енергоспестяващи мероприятия. Описват се програмно-техническите средства на функционалната подсистема на ниво подведомствени учреждения, позволяващи лесно да се адаптира системата за решаване на различни оперативни задачи за събиране на информация от измервателни възли и управление на енергийното стопанство на обекта.

Ключови думи: информационно-аналитична система, програмно-технически средства, параметри на консумацията на енергия, събиране и обработката на резултати от измервания, енергоспестяващи мероприятия, подкрепа за вземане на решения.