

УДК 620.92.004.14:681.3.06

## Мониторинг энергопотребления и внедрения энергосберегающих мероприятий в вузе с использованием информационной системы

**В. К. Драгунов,**

НИУ МЭИ, проректор по научной работе, доктор технических наук

**А. В. Бобряков,**

НИУ МЭИ, директор Центра отраслевых информационно-аналитических систем, доктор технических наук, доцент

**А. А. Кролин,**

НИУ МЭИ, начальник отдела энергоменеджмента, кандидат экономических наук

**С. В. Гужов,**

НИУ МЭИ, ведущий инженер отдела энергоменеджмента, кандидат технических наук

**М. А. Покровская,**

НИУ МЭИ, ведущий программист

**А. В. Корнеев,**

Смоленский филиал НИУ МЭИ, программист 1 категории

**А. В. Мойкин,**

НИУ МЭИ, ведущий программист

В продолжение публикации «Информационная поддержка мониторинга реализации энергосберегающих мероприятий в бюджетных сферах экономики» в № 5 за 2010 г. предлагаем вашему вниманию новые результаты работы по изучению архитектуры, структуры и функций специализированной информационной системы для автоматизации информационно-технологической цепочки сбора, хранения и обработки информации о потреблении энергоресурсов в крупном бюджетном образовательном учреждении. Система также предназначена для поддержки принятия решений по управлению энергосбережением.

**Ключевые слова:** управление энергосбережением, мониторинг, информационная система.

Эффективность финансово-хозяйственной деятельности, качество и объём госуслуг, оказываемых бюджетным учреждением, в значительной степени определяются эффективностью расходования топливно-энергетических ресурсов и финансовых средств на их оплату. Одним из характерных барьеров, препятствующих реализации потенциала энергосбережения в бюджетных учреждениях, включая образовательные, является отсутствие единого представления об использовании энергоресурсов. В большинстве случаев, особенно при условиях ограниченного финансирования, это затрудняет выбор энергосберегающих мероприятий, усложняет последующую оценку эффективности их реализации в сопоставимых условиях и, следовательно, препятствует более широкому распространению решений и проектов, которые приводят к наилучшим экономическим результатам [1–4].

Основным ведомственным документом, фиксирующим необходимость решения рассматриваемых задач для образовательных учреждений, является

Приказ Министерства образования и науки России от 18 апреля 2012 года № 309, определивший необходимость выполнения работ по сбору, обработке и анализу данных о потреблении топливно-энергетических ресурсов для каждого подведомственного учреждения. Собранные статистические данные должны стать основой для создания специализированной информационной базы, которая позволяла бы решать тактические задачи управления энергопотреблением и энергосбережением [5] (оперативно и своевременно выявлять объекты нерационального энергопользования, исключать случаи повышенного потребления энергоресурсов и средств на их оплату), а также принимать стратегические решения по выбору и реализации наиболее эффективных энергосберегающих мероприятий.

Чтобы следить за энергопотреблением и энергосбережением в крупных бюджетных образовательных учреждениях, необходимо создать соответствующее структурное подразделение, в котором будут работать не только специалисты-энерге-

тики, но также экономисты, решающие финансовые задачи управления. Эффективное решение практических задач по управлению энергопотреблением и энергосбережением невозможно без создания и внедрения в подведомственных учреждениях автоматизированных информационных систем, которые будут собирать, обрабатывать, анализировать информацию и поддерживать принятие управляющих решений.

Рассмотрим организацию управления процессами энергопотребления, энергосбережения и построения соответствующей информационной системы на примере одного из крупнейших технических вузов страны – Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт».

Работы по управлению энергопотреблением и энергосбережением, повышению эффективности использования энергоресурсов и снижению затрат на их потребление координируются коллегиальным органом – комиссией по энергосбережению МЭИ под председательством проректора по научной работе. Тактические задачи управления решаются в отделе энергоменеджмента МЭИ. Для информационной поддержки рассматриваемых процессов используется специализированная информационная система энергоменеджмента (ИС ЭМ НИУ МЭИ), основная цель которой – автоматизация процессов сбора, хранения, статистической и аналитической обработки информации об энергоэффективности объектов инфраструктуры и структурных подразделений вуза, а также информационная поддержка процессов подготовки и принятия управленческих решений.

Важнейшим вопросом, решаемым при создании специализированных систем автоматизации и информационной поддержки, является формирование информационной компоненты объекта автоматизации. Объект автоматизации (энергетическое хозяйство МЭИ, отдельные здания, сооружения и корпуса) детализируется по организационно-административному признаку – выделяются центральная площадка в Москве и филиалы, расположенные в других городах, затем названные объекты детализируются до отдельных структурных подразделений (кафедр, научных центров и т. д.). Такая детализация позволяет, с одной стороны, выявлять неэффективные объекты имущественного комплекса для первоочередной реализации энергосберегающих мероприятий, с другой – выделять неэффективные структурные подразделения, применяя к ним различные меры административно-финансового воздействия. При этом в качестве основных элементов информационной компоненты выделены:

- энергетическая нагрузка по основным видам энергоресурсов (тепловая и электрическая энергия, газ, вода), распределённая по отдельным зданиям;
- отдельные «физические» точки технического учёта потребления энергоресурсов, реализованные в виде приборов технического учёта, к которым подключена энергетическая нагрузка в отдельных зда-

ниях при приборном способе учёта объёмов энергопотребления;

- объединённые «облачные» точки технического учёта потребления энергоресурсов по каждому отдельному зданию, сооружению, корпусу, интегрирующие показания «физических» точек технического учёта энергопотребления, расположенных в этом здании;
- точки технического ввода энергоресурсов;
- точки коммерческого учёта потребления энергоресурсов;
- точки коммерческого ввода энергоресурсов;
- договоры энергоснабжения.

Для мониторинга потребления энергоресурсов используется следующая информация по каждому строительному объекту:

- данные об ежемесячных показаниях точек технического учёта потребления энергоресурсов, соответствующие показаниям счётчиков;
- данные об ежемесячных показаниях точек коммерческого учёта потребления энергоресурсов, соответствующие показаниям счётчиков.

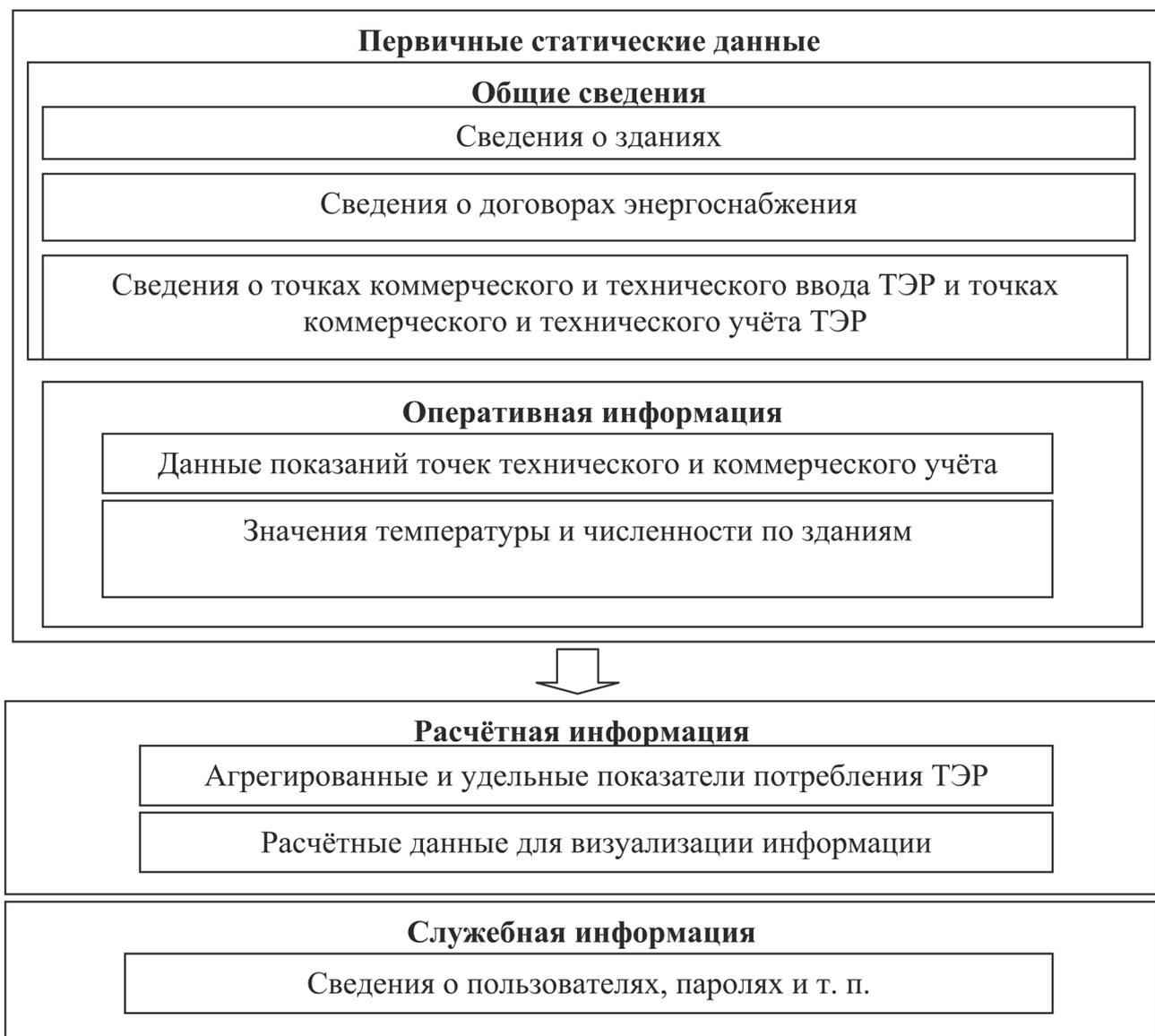
Структура информационной компоненты базы данных ИС ЭМ НИУ МЭИ представлена на рис. 1.

Архитектура информационной системы энергоменеджмента НИУ МЭИ (рис. 2) включает две основных функциональных подсистемы:

1. Функциональная подсистема сбора, хранения, обработки и отображения информации (ФП СХОО), функционирующая в локальной сети МЭИ.
2. Функциональная подсистема визуализации информации (ФП ВИ), функционирующая в сети Интернет.

ФП СХОО должна обеспечивать выполнение следующих основных функций:

1. Ведение реестров:
  - филиалов;
  - договоров энергоснабжения;
  - точек коммерческого ввода ТЭР;
  - точек коммерческого учёта потребления ТЭР;
  - точек технического ввода ТЭР;
  - точек технического учёта потребления ТЭР по зданиям;
  - точек технического учёта потребления ТЭР;
  - зданий;
  - пользователей системы;
  - шаблонов расчёта агрегированных и удельных показателей потребления ТЭР.
2. Ввод и хранение значений средней реальной температуры в помещении; месячное количество человеко-часов по каждому корпусу.
3. Ввод и хранение данных о ежемесячном потреблении топливно-энергетических ресурсов по техническим и коммерческим точкам учёта энергопотребления.
4. Выполнение расчётов агрегированных и удельных показателей потребления ТЭР и их хранение в базе данных.
5. Визуализацию первичных данных и агрегированных показателей энергопотребления в виде таблиц.
6. Управление ролями пользователей.



**Рис. 1. Структура информационной компоненты ИС ЭИ НИУ МЭИ**

7. Экспорт информации в Excel.

8. Экспорт данных в ФП ВИ для просмотра данных по энергопотреблению МЭИ в сети Интернет.

Функциональная подсистема визуализации информации должна обеспечивать выполнение следующих основных функций:

а) импорт данных из ФП СХОО в базу данных ФП ВИ;

б) хранение информации в базе данных ФП ВИ;

в) отображение данных на мнемосхемах с использованием программных средств демонстрационного АРМ.

Структура информационной системы энергонедежмента представлена на рис. 3.

В структуру входят следующие функциональные модули.

1. Комплекс баз данных ИС ЭМ, содержащий следующие базы данных и информационные разделы:

– комплекс баз данных ФП СХОО, включающий реестры и базу данных первичных статистических,

агрегированных и удельных показателей энергопотребления;

– база данных ФП ВИ.

2. Модули обработки данных и управления ПФ СХОО:

– ввода информации;

– отображения информации;

– экспорта информации в Excel;

– расчёта агрегированных и удельных показателей потребления ТЭР;

– администрирования;

– экспорта данных в ФП ВИ.

3. Модули обработки данных и управления ПФ ВИ:

– импорта данных из ФП СХОО;

– сохранения данных в БД ФП ВИ;

– отображения информации на мнемосхемах.

4. Персонафицированные автоматизированные рабочие места (АРМ):

– руководителя;

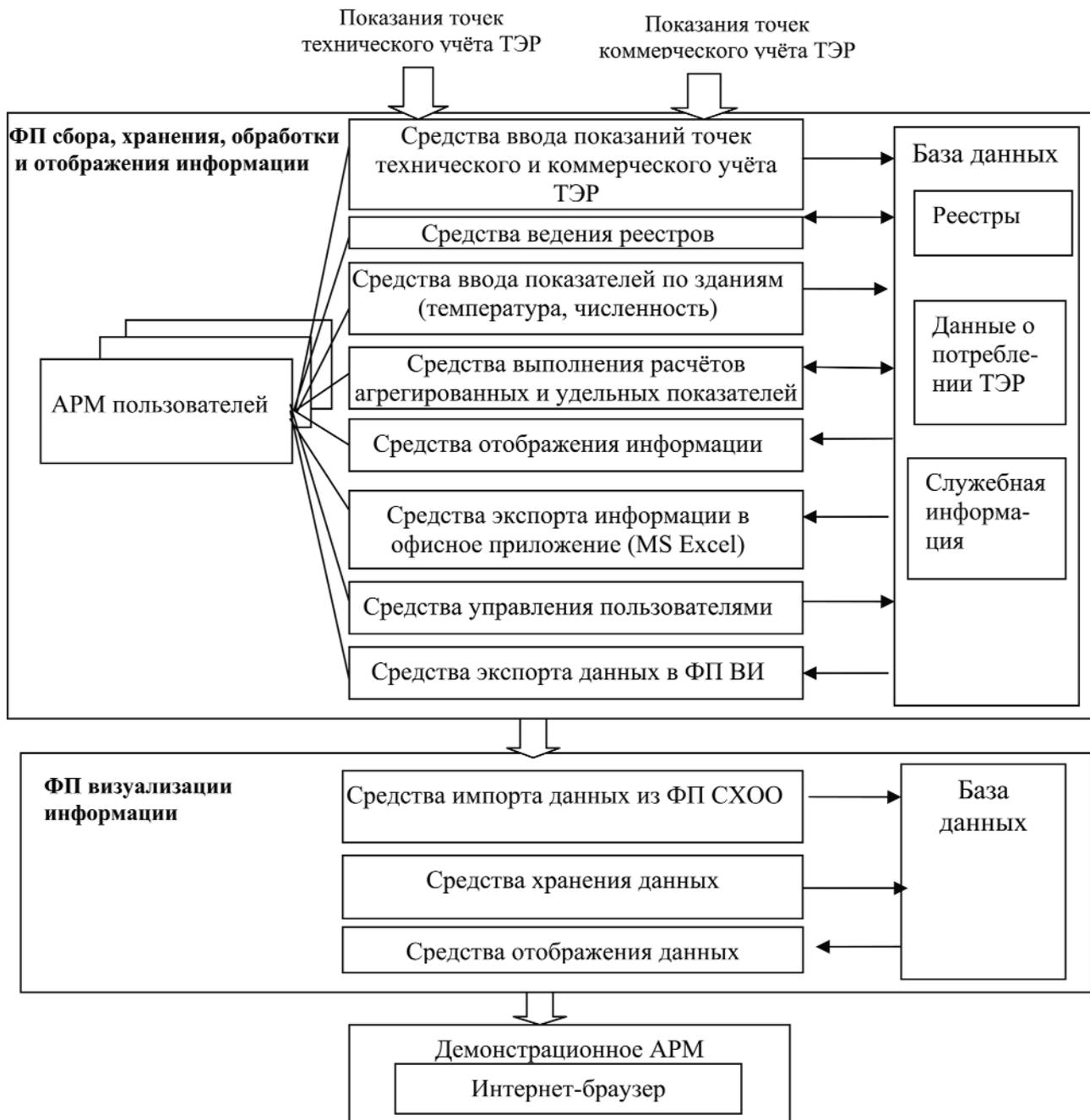


Рис. 2. Архитектура информационной системы энергоменеджмента НИУ МЭИ

- операторов ввода данных;
- администратора;
- демонстрационное.

В ИС ЭМ реализуются следующие шаблоны расчёта агрегированных и удельных показателей:

- тепловой энергии на объём отапливаемой площади;
- электрической энергии на 1 м<sup>2</sup> общей площади;
- электрической энергии на число посетителей корпуса;
- холодной воды на 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади;
- холодной воды на число посетителей корпуса;
- горячей воды на 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади;
- горячей воды на число посетителей корпуса;

- природного газа на число человеко-часов;
- дизельного топлива на 1 км;
- бензина на 1 км.

Каждый пункт из шаблона рассчитывается с указанием следующих параметров:

- временной период: год, месяц;
- объект анализа: МЭИ в целом (с детализацией по зданиям), филиал (с детализацией по зданиям) и корпус.

Форма отображения результатов расчёта представляет собой таблицу с отображением названий и значений исходных и полученных расчётных данных.

Работать с системой смогут как зарегистрированные пользователи, используя логин и пароль, так и

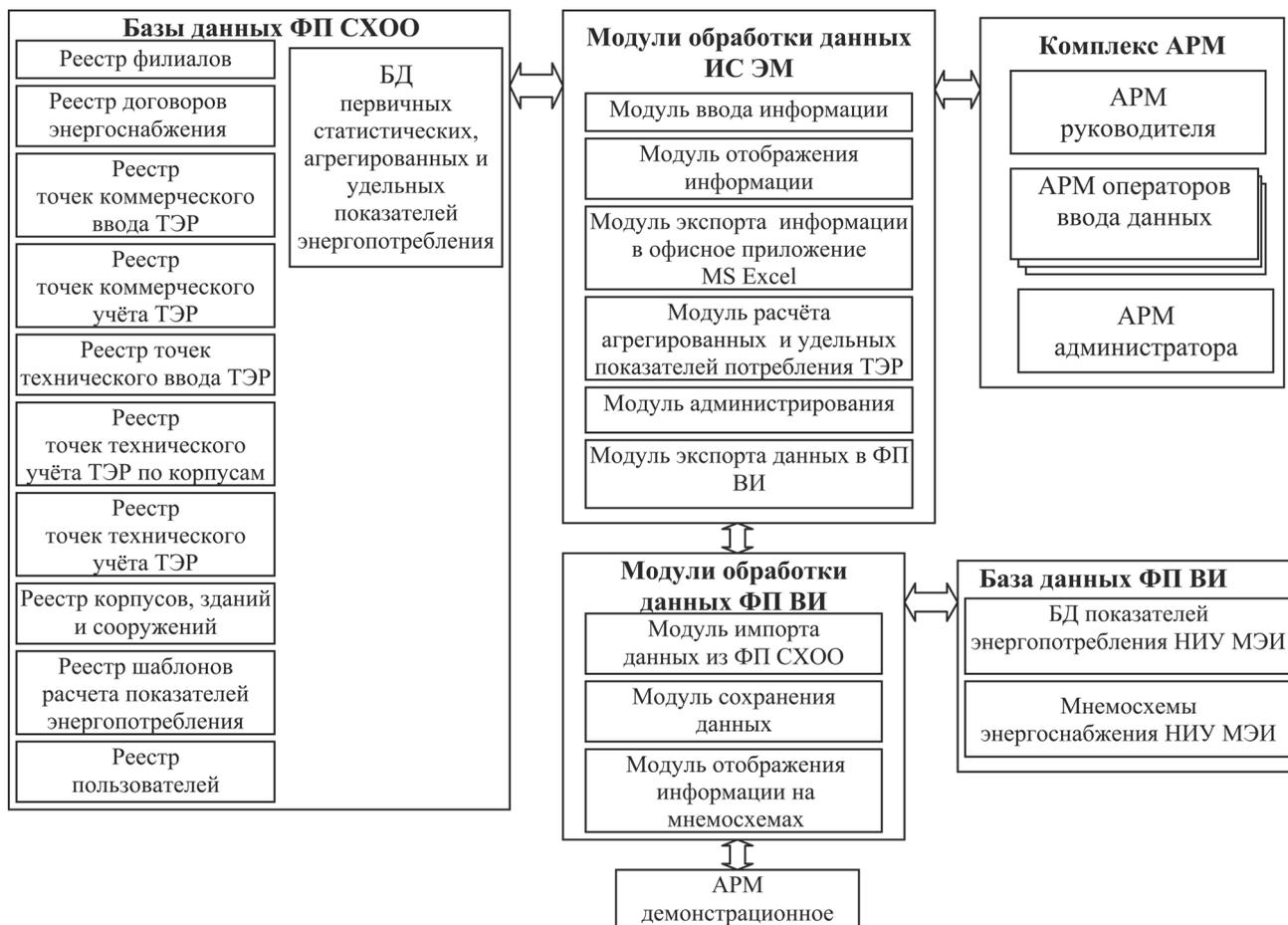


Рис. 3. Структура информационной системы энергоменеджмента НИУ МЭИ

незарегистрированные, просматривая минимальный объём информации в интернет-приложении. Предусматриваются следующие роли пользователей и соответствующие типы АРМ в системе:

- администратора;
- руководителя;
- ввода данных;
- демонстрационный.

Внедрение информационной системы энергоменеджмента МЭИ позволит автоматизировать обработку информации о потреблении энергоресурсов и создать информационную базу для:

- мониторинга потребления энергоресурсов;
- оценки энергоэффективности МЭИ (в целом и с детализацией по корпусам);
- принятия решений по улучшению системы учёта энергопотребления;
- внедрения энергосберегающих мероприятий.

Система создана и успешно эксплуатируется с начала лета 2014 года сотрудниками отдела энергоменеджмента МЭИ. В настоящее время она содержит информацию по каждому из корпусов московского филиала. Информация представлена в удобном и интуитивно понятном виде и может быть легко перематрирована в Excel для дальнейшей обработки.

Функциональный набор информационной системы позволяет производить ранжирование корпусов по необходимым критериям оценки. Например, здания могут быть ранжированы по площади, объёму, году постройки, объёмам каждого вида потребляемого энергоресурса, среднемесячной температуре внутри корпуса и т. д. Для эксплуатирующих служб удобна функция оперативного получения информации о корпусах, в которых отсутствуют приборы учёта энергоресурсов или закончился срок их проверки.

Отдельное удобство ИС ЭМ состоит в возможности разделять здания по их удельному потреблению каждого из видов энергоресурсов. Эта функция вместе с возможностью вносить примечания по каждому из объектов на момент осени 2014 года позволила выявить ряд объектов, подлежащих последующей модернизации. В МЭИ действует программа энергосбережения на период до 2018 года, в которой в качестве приложений утверждены планы реализации энергосберегающих мероприятий на различные периоды, а также приведён целый ряд типовых мероприятий, характерных для применения в образовательных учреждениях. В программе предусмотрена реализация указанных мероприятий как за счёт собственных средств, так и с привлечением механизмов государственно-частного партнёрства, в том числе энергосервисных контрактов.

И в том, и в другом случае при выборе конкретных проектов используется система, позволяющая определить объекты с наихудшими удельными показателями энергоэффективности, а значит с максимальными техническим и экономическим потенциалами энергосбережения [1].

Примером практического использования системы может служить здание бассейна МЭИ. Наряду с высокими показателями энергоэффективности в здании было выявлено периодическое колебание напряжения в электрической сети. После проведенного дополнительного обследования выявился факт постоянного завышенного напряжения на вводах в здание на 4–7 %. После составления технологической карты возможных энергосберегающих решений был выбран наиболее целесообразный проект по критериям «затраты–результат». В итоге было решено установить два оптимизатора качества электроэнергии соответствующей мощности. Суммарные затраты на проект составят менее 500 тыс. руб. Способ привлечения финансирования для выполнения данного энергосберегающего мероприятия – энергосервисный контракт, заключаемый через реализацию конкурсных процедур. Достижимый эффект ожидается за счёт снижения объёмов потребляемой электроэнергии на 9 %. Ожидаемый простой срок окупаемости проекта составляет 5 лет. Поскольку оборудование имеет срок

службы не менее 15 лет, то ожидаемый объём сэкономленных институтом средств до окончания срока службы устройств составит 1 млн руб.

Другим примером успешного использования системы является ранжирование корпусов МЭИ по показателю «Удельное потребление тепловой энергии на объём отапливаемой площади». В результате анализа выделено более 20 объектов имущественного комплекса с завышенными показателями. Для повышения энергоэффективности было решено автоматизировать системы отопления и горячего водоснабжения в центральных тепловых пунктах и на тепловых вводах в данные корпуса с учётом температуры окружающего воздуха и режимов эксплуатации зданий. Предположительный суммарный объём инвестиций, рассчитанный по результатам предварительного технико-экономического обоснования и учитывающий использование наиболее современных видов оборудования, составит около 60 млн руб. Оборудование также будет установлено с использованием механизма энергосервисного контракта. Достижимый эффект прогнозируется на уровне 25–30 %. Ожидаемый дисконтируемый срок окупаемости проекта – 7 лет. Поскольку оборудование имеет срок службы не менее 10 лет, то объём сэкономленных средств институтом до окончания срока службы устройств должен составить не менее 20 млн руб.

## Литература

1. Башмаков И. А. Потенциал энергосбережения в России // Энергосбережение. – 2009. – № 1. – С. 28–36.
2. Серебрянников С. В., Вакулко А. Г., Кролин А. А. Энергетическая эффективность как приоритет хозяйственно-экономической деятельности НИУ МЭИ / Труды шестой международной школы-семинара молодых учёных и специалистов «Энергосбережение: теория и практика» 22–26 октября 2012. – М.: МЭИ, 2012. – С. 13–17.
3. Бобряков А. В., Вакулко А. Г., Кролин А. А. Особенности реализации энергосберегающих мероприятий на объектах высшей школы // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 2. – С. 16–19.
4. Бобряков А. В., Гаврилов А. И., Штык А. Н. Информационная поддержка мониторинга реализации энергосберегающих мероприятий в бюджетных сферах экономики // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2010. – № 5. – С. 21–26.
5. Бобряков А. В. Разработка и реализация научно-технических и управленческих методов повышения эффективности отраслевого энергопотребления бюджетной сферы: Дисс. д-ра техн. наук. – М.: МЭИ, 2007.

**Energy consumption monitoring and energy saving measures by the specialized information system for educational institutions**

**V. K. Dragunov,**  
*MPEI, Vice Chancellor for Research, Doctor of Science*

**A. V. Bobryakov,**  
*MPEI, Director of the Centre of industry information and analytical systems, Doctor of Science, associate professor*

**A. A. Krolin,**  
*MPEI, head of energy management department, PhD*

**S. V. Guzhov,**  
*MPEI, senior engineer of energy management department, PhD*

**M. A. Pokrovskaya,**  
*MPEI, senior programmer*

**A. V. Korneev,**  
*Smolensk branch of MPEI, programmer*

**A. V. Mojkin,**  
*MPEI, senior programmer*

*To continue our research we published in this journal, issue 5, 2010, we are ready to share our new results. The work is dedicated to study of the specialized information system, its structure and functions. The system is intended for collection, storage, and processing of energy consumption data and energy management support in educational institutions.*

**Keywords:** *energy management, monitoring, information system.*