

УДК 621.311

**ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**CONSTRUCTION OF THE SYSTEM OF MANAGEMENT OF ENERGY SAVING
AT THE ENTERPRISES OF THE TEXTILE INDUSTRY**

И.Г. ЛУКМАНОВА, Р.С. ГОЛОВ, В.В. МЫЛЬНИК, В.Г. СМИРНОВ

I.G. LUKMANOVA, R.S. GOLOV, V.V. MYLNIK, V.G. SMIRNOV

**(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет))**

**(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),
Moscow Aviation Institute (National Research University))**

E-mail: lukmanova@mgsu.ru; roman_golov@rambler.ru; vvm9@yandex.ru; svvgvy@mail.ru

Статья посвящена разработке теоретических основ построения системы управления энергосбережением на предприятиях текстильной промышленности. Авторами проводится анализ современного уровня энергоёмкости и энергоэффективности российской промышленности. Рассматривается роль государственной политики в решении задачи повышения энергоэффективности отечественной экономики. Разрабатывается понятие и сущность системы управления энергосбережением, а также ее структура,

включающая в себя подсистему диспетчерского контроля, подсистему АСКУЭ и интеллектуальную подсистему. Подробно анализируются отдельные технологии и функции этих подсистем.

The article is devoted to the development of the theoretical foundations for constructing an energy-saving management system at textile enterprises. The authors analyze the current level of energy intensity and energy efficiency of Russian industry. The role of state policy in solving the problem of improving the energy efficiency of the domestic economy is considered. The concept and essence of the energy-saving management system is being developed, as well as its structure, which includes the subsystem of supervisory control, the AMR subsystem and the intelligent subsystem. The individual technologies and functions of these subsystems are analyzed in detail.

Ключевые слова: энергосбережение, повышение энергоэффективности, автоматизация, система управления энергосбережением, коммерческий учет энергоресурсов, энергетическое моделирование.

Keywords: energy saving, energy efficiency improvement, automation, energy saving management system, commercial accounting of energy resources, energy modeling.

В первой части исследования авторами был проведен анализ современного состояния энергосбережения в российской промышленной сфере, а также обоснована важность системного подхода к повышению энергоэффективности на предприятиях текстильного производства. В качестве оптимального подхода к комплексному энергосбережению на предприятиях текстильной промышленности авторами предлагается формирование единой системы управления энергосбережением. Под системой управления энергосбережением понимается взаимосвязанный комплекс технологий, оборудования, программного обеспечения и средств автоматизации, направленных на обеспечение реализации функций планирования, организации, анализа, контроля и регулирования энергосберегающей деятельности предприятия с учетом действующей на предприятии политики в области энергосбережения. Помимо основной своей цели – повышения энергоэффективности предприятия – данная система также призвана повысить уровень прозрачности при управлении энергетическими потоками предприятия, обеспечивая его специалистов расширенными статистическими данными о динамике его энергопотребления. Структура

системы управления энергосбережением приведена на схеме (рис. 1).

На рис. 1 с помощью схемы представлена структура системы управления энергосбережением на предприятии текстильной промышленности. В ее состав входят три подсистемы: подсистема диспетчерского контроля, подсистема АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учета энергоресурсов) и аналитическая подсистема. Совместная работа этих подсистем охватывает все стадии управления энергосбережением, обеспечивая специалистов и руководство предприятия эффективными инструментами для реализации всех функций управления. Рассмотрим более подробно каждую из подсистем.

Подсистема диспетчерского контроля, базирующаяся на применении технологического комплекса SCADA (supervisory control and data acquisition – диспетчерское управление и сбор данных), обеспечивает автоматизацию следующих функций.

1. Управление технологическим учетом энергоресурсов, повышающее точность самого процесса учета и исключаящее влияние на измерения так называемого "человеческого фактора".

2. Комплексная диспетчеризация систем энергоснабжения, в процессе которой специалисты предприятия поддерживают стабильное функционирование его энергосистем.

3. Автоматизация управления энерго-сберегающим оборудованием, позволяющая в режиме реального времени проводить тестирование его функциональной эффективности, соответствие фактических режимов работы запланированным, корректировать отклонения в работе отдельных устройств.

4. Автоматизация сбора и обработки данных с преобразователей, действующих в энергосистеме предприятия, исключающая необходимость прямого человеческого участия в данных процессах и позволяющая собирать и обрабатывать данные с десятков и сотен точек учета в автоматическом режиме, преобразуя их в форме наглядных моделей, визуальных графиков и диаграмм.



Рис. 1

С точки зрения аппаратной архитектуры SCADA-системы включают в себя три технологических уровня:

- нижний уровень, на котором располагаются приборы учета энергии и энергоресурсов, датчики, сенсоры, автоматические исполнительные механизмы, устанавливаемые на всей совокупности энергетического, энергосберегающего и производственного оборудования предприятия. С одной стороны, они осуществляют сбор технической информации о функционировании оборудования и его энергопотреблении в режиме реального времени, а с другой – автоматизируют удаленное управление отдельными единицами оборудования из диспетчерского центра предприятия: клапанами, двигателями, заслонками, режимами работы машин предприятия и т.д.;

нами, двигателями, заслонками, режимами работы машин предприятия и т.д.;

- средний уровень SCADA-системы представлен совокупностью современных программируемых логических контроллеров (ПЛК) и контроллеров сбора и передачи информации (КСПД). На основе их использования производится анализ сигналов от устройств нижнего уровня, первичная обработка и кодировка поступающей от них информации о режимах работы оборудования, объеме потребляемых им энергоресурсов, после чего обработанная информация направляется в диспетчерский центр. Кроме того, они являются важным промежуточным звеном при передаче управляющих команд от диспетчерского центра к

расположенным на нижнем уровне исполнительным механизмам;

- на верхнем уровне системы располагается диспетчерский центр, в рамках которого компактным штатом сотрудников осуществляется системный мониторинг и управление энерготехнологическими процессами предприятия. Анализируя поступающую к ним информацию с нижнего уровня SCADA-системы, они выявляют перегрузки и недогрузки в работе энергосистем предприятия, оптимизируя режимы работы его оборудования, а также имеют возможность оценивать его текущий уровень энергоэффективности, сопоставляя его с запланированным и, при необходимости, корректируя работу энергосберегающего оборудования и технологий.

Второй важной подсистемой системы управления энергосбережением выступает подсистема АСКУЭ. Если подсистема диспетчерского контроля нацелена прежде всего на выполнение инженерных функций, связанных с техническим учетом энергоресурсов, то подсистема АСКУЭ консолидирует информацию, связанную с экономическими аспектами энергосберегающей деятельности, а также способную оказать влияние на взаиморасчеты предприятия и сотрудничающих с ним поставщиков энергоресурсов. В число автоматизируемых на ее основе функций входят следующие.

1. Обеспечение автоматического контроля за режимами потребления топливно-энергетических ресурсов, в рамках которого системой анализируется соответствие текущего уровня энергопотребления предприятия в экономическом выражении тем целевым критериям энергоэффективности, которые определены стратегическими и тактическими планами по энергосбережению.

2. Автоматизация измерения количественных и качественных параметров потребляемых предприятием топливно-энергетических ресурсов, на основе которого предприятие получает достоверные данные для корректировки оплаты с учетом реально поставленных ему энергоресурсов. Без использования подсистемы АСКУЭ у предприятия отсутствуют точные данные об объеме фактически потребленных энер-

горесурсов, что приводит к необходимости оплаты услуг энергоснабжения на основании данных поставщика. Применение технологий коммерческого учета дает в распоряжение руководства предприятия эффективные инструменты для защиты собственных экономических интересов в случае недобросовестности поставщика и попытки искусственно завысить для предприятия данные об объемах поставленных ресурсов, а также об уровне их качества. Даже в случае подачи недобросовестным поставщиком иска к предприятию оно способно эффективно использовать собственные данные коммерческого учета в процессе судебного разбирательства, защищая свои интересы в суде.

3. Автоматизация расчета количества недопоставленных и поставленных сверх нормы ТЭР также применяется для защиты экономических интересов предприятия. На практике возникают ситуации, когда недобросовестный поставщик намеренно допускает недопоставку энергоресурсов, при этом выставляя предприятию счет, в котором зафиксирован превышающий фактическую поставку объем ТЭР. Использование подсистемы АСКУЭ позволяет точно фиксировать реально поставленный объем энергоресурсов в точках учета, установленных на границах балансовой принадлежности предприятия, обеспечивая тем самым руководство предприятия четкой аналитической базой по объемам реально поставленных ТЭР.

С точки зрения аппаратного построения подсистема АСКУЭ связана с установленными на предприятии приборами учета энергоресурсов и использует общие со SCADA-системой каналы передачи информации. В то же время в своих расчетах она использует иные алгоритмы, нацеленные на решение перечисленных выше задач, больше связанных с экономическими аспектами энергосбережения.

Рассмотрим сущность и основные функции интеллектуальной подсистемы, представляющей собой ключевое вычислительное ядро системы управления энергосбережением. В состав реализуемых ею функций входят следующие.

1. Мониторинг реализации энергосберегающих мероприятий, в соответствии с которым подсистема проводит постоянный анализ показателей эффективности установленного на предприятии энергосберегающего оборудования и внедренных технологий с формированием отчетов для персонала и рекомендаций в случае отклонения фактических показателей его работы от целевых значений.

2. Интеллектуальный анализ параметров энергоэффективности предприятия, в рамках которого проводится автоматизированный расчет широкого набора показателей энергоэффективности функционирования отдельных подразделений и цехов предприятия. При проведении данной процедуры интеллектуальная подсистема ориентируется на целевые величины, отраженные в стратегии энергосбережения предприятия. Сам расчет осуществляется как путем энерготехнологической, так и экономической интерпретации результатов, достигнутых предприятием в сфере энергосбережения, позволяя специалистам предприятия оценивать не только количественные величины сэкономленных энергоресурсов, но и достигнутый при этом экономический эффект. На основе проанализированных данных подсистема визуализирует их в формате графиков и диаграмм, облегчая тем самым восприятие информации для персонала и руководства предприятия.

3. Энергетическое моделирование деятельности предприятия, в рамках которого происходит визуализация всех энергетических потоков и функционирования энергетических подсистем предприятия в режиме реального времени. Использование инструментария энергетического моделирования позволяет специалистам определить подразделения и цеха с максимальной интенсивностью энергопотребления и рисками пиковых нагрузок с тем, чтобы сфокусировать на них внимание в качестве первоочередных целей для установки энергосберегающего оборудования и проведения мероприятий по повышению энергоэффективности.

4. Автоматизация разработки оперативных, тактических и стратегических планов, обеспечивающая специалистов предприя-

тия удобной интерактивной программной средой. Использование этой среды сокращает время и трудозатраты на составление всех видов планов благодаря интеграции интеллектуальной подсистемы с базами данных диспетчерской подсистемы и подсистемы АСКУЭ. Благодаря этой интеграции, упрощается процесс построения стратегических моделей повышения энергоэффективности предприятия с учетом уже имеющейся в базе данных информации об уровнях его энергоемкости и уже внедренных энергосберегающих технологиях. Кроме того, заложенные в интеллектуальную подсистему алгоритмы позволяют в автоматическом режиме рассчитывать различные прогнозные сценарии повышения энергоэффективности предприятия (к примеру, консервативный, реалистичный и оптимистичный сценарии), основываясь на отчетных данных об энергопотреблении предприятия за прошедшие периоды.

Рассмотренная в рамках данного исследования система управления энергосбережением, по мнению авторов, обладает оптимальной конфигурацией, позволяя автоматизировать широкий ряд функций управления и обеспечить постоянный контроль над уровнем его энергоэффективности. Формирование подобной системы, на наш взгляд, является необходимым шагом на пути к комплексному управлению энергосбережением. Объединяя в своей цифровой инфраструктуре энергопотребляющее и энергоэффективное оборудование, охватывая при этом все энергетическое хозяйство предприятия текстильной промышленности, она обеспечивает постоянный сбор данных, контроль и возможности удаленного управления энергопотреблением как на уровне целых подразделений и цехов, так и на уровне отдельных машин и установок. Формируемый благодаря построению подобной системы цифровой контур, в границах которого все устройства и процессы становятся ей подконтрольны, позволяет говорить о возможности дальнейшего ее развития в качестве интеллектуальной цифровой среды с перспективой внедрения механизмов искусственного интеллекта. Кроме того, создание такой системы, по мне-

нию авторов, позволяет максимально эффективно использовать внедряемые на предприятии энергосберегающее оборудование и технологии, в полной мере раскрытая потенциал его энергосбережения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голов Р.С., Мыльник А.В., Прокофьев Д.А. Теоретические основы реиндустриализации экономики в контексте системной инновационной модернизации промышленности // Экономика и управление в машиностроении. – 2016, № 3. С. 15...20.

2. Голов Р.С., Мыльник А.В. Трансформация профессиональных функций человека в условиях формирования интегрированных автоматизированных информационных систем управления в промышленности // Экономика и управление в машиностроении. – 2017, № 1. С. 59...64.

3. Голов Р.С., Мыльник А.В. Системный подход к управлению энергосбережением на предприятиях машиностроения // Сварочное производство. – 2017, №5. С. 54...60.

4. Данилов О.Л., Костюченко П.А. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов. – М.: ЗАО "Техпромстрой", 2006.

5. Яруллина Г.Р. Методологические основы энергосбережения как фактора устойчивого развития промышленного предприятия // Проблемы современной экономики. – 2010, №4 (36). С. 45...49.

6. F. Castro-Alvarez, S. Vaidyanathan, H. Bastian and J. King. The 2018 International Energy Efficiency Scorecard. // ACEEE. June 2018. Report I1801 URL:<https://aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/u1808.pdf>

REFERENCES

1. Golov R.S., Myl'nik A.V., Prokof'ev D.A. Teoreticheskie osnovy reindustrializatsii ekonomiki v kontekste sistemnoy innovatsionnoy modernizatsii promyshlennosti // *Ekonomika i upravlenie v mashinostroenii*. – 2016, № 3. S. 15...20.

2. Golov R.S., Myl'nik A.V. Transformatsiya professional'nykh funktsiy cheloveka v usloviyakh formirovaniya integrirrovannykh avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem upravleniya v promyshlennosti // *Ekonomika i upravlenie v mashinostroenii*. – 2017, № 1. S.59...64.

3. Golov R.S., Myl'nik A.V. Sistemnyy podkhod k upravleniyu energosberezheniem na predpriyatiyakh mashinostroeniya // *Svarochnoe proizvodstvo*. – 2017, №5. S. 54...60.

4. Danilov O.L., Kostyuchenko P.A. Prakticheskoe posobie po vyboru i razrabotke energosberegayushchikh proektov. – М.: ЗАО "Tekhpromstroy", 2006.

5. Yarullina G.R. Metodologicheskie osnovy energosberezheniya kak faktora ustoychivogo razvitiya promyshlennogo predpriyatiya // *Problemy sovremennoy ekonomiki*. – 2010, №4 (36). S. 45...49.

6. F. Castro-Alvarez, S. Vaidyanathan, H. Bastian and J. King. The 2018 International Energy Efficiency Scorecard. // ACEEE. June 2018. Report I1801 URL:<https://aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/u1808.pdf>

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве НИУ МГСУ. Поступила 16.01.20.