УДК 697.922

Сафьянц А.С. − аспирант, Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ), Донецк, Украина
Гридин С.В. − к.т.н., доц., доцент кафедры промышленной теплоэнергетики, ДонНТУ, Донецк, Украина
Пожидаев А.В. − магистрант, ДонНТУ, Донецк, Украина

АНАЛИЗ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ЭНЕРГОАУДИТОРА

В работе выполнен анализ существующих методов исследования поведения сложных систем энергопотребления. Проанализированы цели и задачи энергетического обследования объектов (котельных, тепловых сетей, зданий), в том числе объек-тов бюджетной сферы, выделены пути и способы автоматизации технологии подготовки энергосберегающих проектов и их реализации. Для обработки данных и управления энергопотреблением объектов авторами предлагается использовать программно-методическую систему «Автоматизиро-ванное рабочее место энергоаудитора (АРМ-Э)». Рассмотрены ос-новные функции АРМ-Э, предложено анализировать результаты энергетических обследований двумя способами: анализировать энергопотребление в зависимости от температуры внешнего воздуха и рассчитывать балансы потребления за заданный период. Для упрощения процесса обработки больших массивов данных предложен альтернативный метод построения мультипликативной функции объекта.

Актуальность анализа эффективности энергопотребления

Успешное функционирование любого объекта хозяйствования зависит от эффективного управления энергоресурсами, конечной целью которого является снижение энергопотребления. Вся система энергетического менеджмента объекта хозяйствования должна быть направлена на разработку системы стимулирования энергосбережения и роста энергоэффективности производства [1].

При проведении энергетических обследований объектов (котельных, тепловых сетей, зданий), особенно объектов бюджетной сферы, требуется решить две основные задачи: сопоставить фактические показатели потребления ТЭР с нормативными и оценить ожидаемую технико-экономическую эффективность возможных энергосберегающих мероприятий. Наряду с проведением инструментальных измерений, решение этих задач требует выполнения

© Сафьянц А.С., Гридин С.В., Пожидаев А.В. 2013

трудоемких расчетов на основе использования большого количества данных, скорость которых в первую очередь определяется степенью автоматизации технологии подготовки энергосберегающих проектов и их реализации.

Достижение высокого уровня автоматизации неразрывно связано с применением информационных технологий. Если раньше они повышали эффективность функционирования системы энергетического менеджмента, то теперь они могут принципиально изменить его структуру за счет использования высокоскоростных вычислительных сетей, сетевого программного обеспечения и использования интернет – технологий [2]. Основу таких компьютерных технологий могут составлять не только стандартные пакеты, но и индивидуально разработанные программно-информационные системы [1, 3].

Формулировка целей работы

В данной работе предлагается автоматизировать обработку данных об энергопотреблении путем использования программно-методической системы «Автоматизированное рабочее место энергоаудитора (АРМ-Э)», в рамках которой реализован ряд известных и специально разработанных расчетных методик и создана база данных необходимой справочной информации.

АРМ-Э как открытая, динамично развивающаяся система может стать одной из составляющих современной технологии управления предприятием, наряду с программами бухгалтерского учета, учета материальных ресурсов и др. Внедрение АРМ-Э на предприятии должно происходить поэтапно и адекватно развитию технологических и коммерческих средств учета потребления ТЭР и накоплению соответствующей информации.

Первый этап внедрения АРМ-Э - перевод «Журнала потребления энергоресурсов» на бумажном носителе в электронный вид, второй этап - автоматическая передача данных от приборов учета ТЭР в интегрированную базу данных АРМ-Э.

Основная структура и функции АРМ-Э

Поскольку проведение энергетического аудита связано со значительными финансовыми и временными затратами, то для снижения этих затрат в структуре АРМ-Э предусмотрено использование аппаратно-программного комплекса в виде:

1. Мобильное рабочее место энергоаудитора на базе портативного ноутбука для предварительной экспресс-обработки и анализа результатов инструментальных замеров непосредственно на предприятии с помощью единого измерительного комплекса.

2. Стационарное место энергоаудитора на базе ПК с полным программно-методическим обеспечением АРМ-Э.

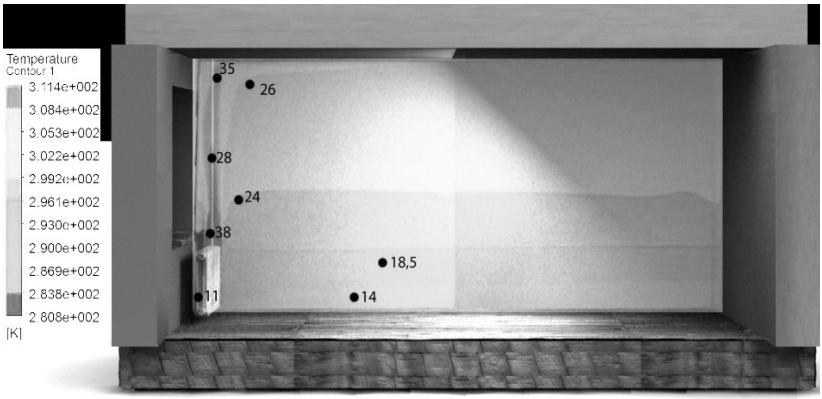

Рис. 1. Общий вид окна комплекса для расчета теплопотерь в зданиях

Программно-методическое обеспечение АРМ-Э включает методическое и справочное обеспечение энергоаудита; необходимую документацию по его проведению и оформлению результатов; шаблоны по заполнению энергопаспортов предприятий, программно-расчетный комплекс для расчета фактических потерь тепловой энергии [3], (общий вид рабочих окон комплекса для расчета потерь в зданиях и сетях приведен на рис. 1-2), нормативного потребления тепловой энергии и расчета технико-экономической эффективности энергосберегающих мероприятий.

АРМ-Э выполняет такие функции, как формирование данных о потреблении ТЭР по результатам энергообследования предприятия в целом и отдельных его подразделений; построение энергетических балансов по подразделениям, агрегатам, видам ТЭР, и т.д.; расчет показателей эффективности использования ТЭР; построение корреляционных зависимостей между уровнем потребления ТЭР и величиной влияющих факторов и построение на их основе целевых функций, задающих «лучший» уровень энергопотребления; прогнозирование энергопотребления на основе обработки статистических данных; сравнение фактического и нормативного энергопотребления и т.д.

Высокий уровень развития АРМ-Э обеспечивает функцию оперативной экспертной диагностики причин превышения фактического энергопотребления над расчетным уровнем для принятия управляющих решений по минимизации удельного потребления ТЭР.

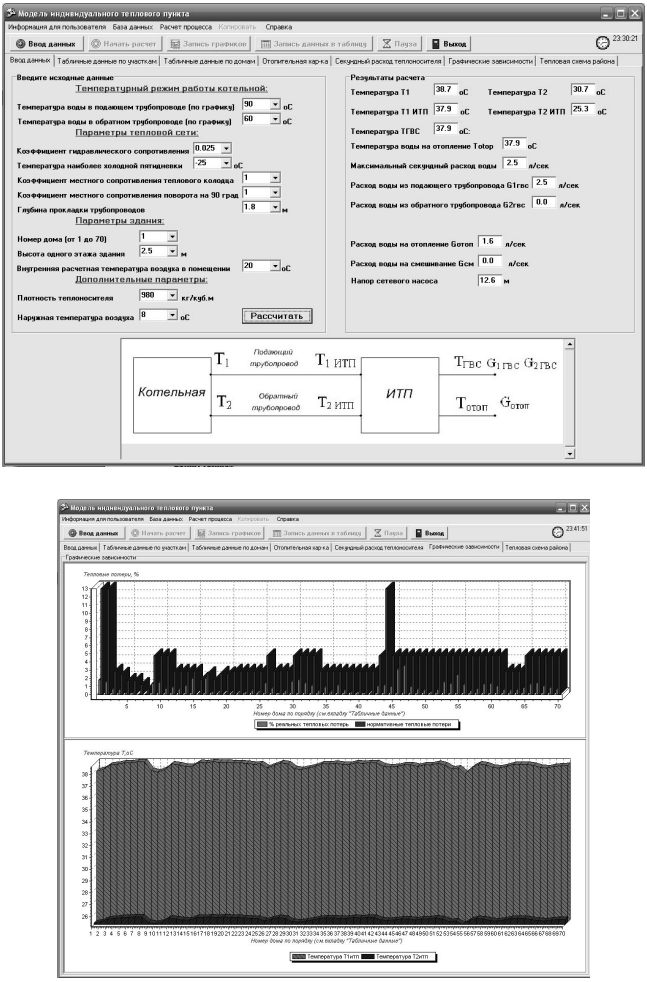

Рис. 2. Общий вид окон комплекса для расчета теплопотерь в сетях

Особенности задач энергетического аудита и способы их решения

Научные методы анализа энерго- и ресурсопотребления объектов в основном опираются на инженерные расчеты [4], которые могут проводить только специалисты узкого профиля: теплотехники, электротехники и др. Но наиболее качественный анализ возможен только при наличии энергетического паспорта объекта (стоит отметить, что их нет у большинства зданий бюджетной сферы) и прове-

дения энергетического аудита, что является весьма дорогостоящей процедурой.

Анализ информации об энергопотреблении можно проводить двумя способами. Первый способ - анализ энергопотребления в зависимости от температуры внешнего воздуха в течение анализируемого периода (обычно за неделю). Если фактическое потребление ТЭР больше нормативного, то определяются возможные причины перерасхода. Второй способ - расчеты баланса потребления ТЭР за заданный период. Зная потребление тепловой и электрической энергии, тип помещения и его площадь, вычисляется фактическое удельное потребление (Гкал/м^2,кВт·час/м^2), которое сравнивается с нормативным.

Таким образом, проведение энергоаудита связано с проведением большого количества измерений, т.е. накоплением больших массивов данных, а также с трудоемким процессом обработки этих данных, проведением расчетов, анализа и оценки результатов. При этом весь накопленный объем данных практически не используется в дальнейшем, даже при анализе типовых объектов.

Метод построения мультипликативной функции объекта

Поэтому перспективным представляется использование ЭВМ для частичной автоматизации процесса обработки анализа результатов энергоаудита, а также накопления базы данных типовых объектов и мероприятий по повышению энергоэффективности.

Базы данных типовых объектов должны включать неизменяемые параметры, не носящие стохастический характер. Если рассматривать энергосбережение зданий, то неизменяемыми параметрами зданий могут быть: год постройки, количество этажей, высота, общая площадь, тепловая нагрузка, отапливаемая площадь, паспортные температуры подачи и возврата теплоносителя на объект, количество человек в рабочее и нерабочее время. Необходимой чертой таких данных является их достоверность, независимость друг от друга, непосредственное влияние на потребление выбранного энергоресурса.

Анализ потребления тепловой энергии необходимо начинать с выбора года постройки здания, отапливаемой площади и количества человек. Далее выбирается эталон – в данном случае это здание, отличающееся либо наихудшим/наилучшим показателем потребления, либо здание с самой маленькой отапливаемой площадью или по какому-то другому критерию. После выбора эталона осуществляется ранжирование всех объектов относительно эталона методом построения мультипликативной функции [2].

Мультипликативная функция T [2] для анализа ресурсо- и энергопотребления здания будет иметь следующий вид:

$$T = 100\% \frac{Ч_x П_x Г_x}{Ч_э П_э Г_э}, \quad (1)$$

где $Ч_x П_x Г_x$ значения общего количество человек, площади всех отапливаемых помещений и года постройки каждого исследуемого здания соответственно, $Ч_э П_э Г_э$ - значения общего количество человек, площади всех отапливаемых помещений и года постройки эталонного здания, соответственно.

Для анализа динамики изменений берутся годовые интервалы потребления энергии и ресурсов, причем указанные в формуле (1) параметры не меняются в исследуемом промежутке. Для каждого ресурса по годам строится показатель t, определяющий отношение потребления ресурса за определенный год Y_x анализируемым объектом к потреблению ресурса эталонного здания $Y_э$ за выбранный базисный год:

$$t = \frac{Y_x}{Y_э}, \quad (2)$$

Отношения полученных результатов расчетов коэффициентов T и t называются нормированным потреблением энергии. Если данные коэффициенты устойчивы, получаемая функция связи позволяет вести нормирование потребления энергии в общем по всем объектам. Полученная модель потребления тепловой энергии в зависимости от типа показателей объектов позволяет определять состояние объекта потребления тепловой энергии.

Проверить правильность выбора показателей объектов и эталона для анализа можно, построив линейную функцию вида:

$$ln(t) = A + B \cdot ln(T) \quad (3)$$

Здесь $ln(t)$ и $ln(T)$ - натуральные логарифмы параметров t и T; A, B - линейные коэффициенты. Линейность полученных функций будет говорить об устойчивости коэффициентов t и T.

Таким образом, исходная база данных АРМ-Э может быть переведена в базу знаний, в которую будут входить данные по потреблению тепловой энергии, электрической энергии, холодной и горячей воды при известных параметрах А и В линейного уравнения (4). Эти данные могут быть переведены в функциональную зависимость по заранее выбранному показателю. На основании такой зависимости можно проводить анализ потребления энергоресурсов объектами, не используя инженерные методики и энергоаудит.

Выводы

В работе предлагается исследовать поведение сложных систем энергопотребления на основе автоматизированного рабочего места энергоаудитора как стандартными методами проведения энергетических обследований, так и методом построения мультипликативной функции объекта. Данный метод позволяет строить компьютерные модели системных элементов и связей между ними путем ранжирования всех объектов энергопотребления относительно заданного эталона, что позволяет проводить анализ потребления энергоресурсов без использования сложных инженерных методик.

Литература

1. Гридин С.В. Системы управления режимами энергопотребления / Гридин С.В., Дилоян Г.А. // Зб. праць II міжнародної науково-технічної конференції “Автоматизація технологічних об’єктів і процесів. Пошук молодих”. - Донецьк: ДонНТУ, 2003. - С. 51-54.

   Gridin S.V. Control system by the modes of energy consumption / Gridin S.V., Diloyan G.A. // Collection of labours of II international scientifically - technical conference «Automation of technological objects and processes. Search of youth». - Donetsk: DonNTU, 2003. - P. 51-54.

2. Сафьянц С.М. Совершенствование компьютерной подготовки студентов - теплоэнергетиков / Сафьянц С.М., Гридин С.В. // Сб. тр.X межд. науч.–техн.конф. «Машиностроение и техносфера XXI века». В 4-х томах. – Севастополь, Донецк: ДонНТУ, 2003. - Т.3. - С.88-92.

   Safyants S.M. Perfection of computer preparation of students – is a heat of power engineering specialists / Safyants S.M., Gridin S.V. // Collection of labours of X international scientifically - technical conference «Engineer and technosphere of XXI century». In 4th volumes. - Sevastopol, Donetsk : DonNTU, 2003. - V.3. - P. 88-92.

3. Сафьянц А.С., Гридин С.В., Попов А.Л., Сафонова Е.К.,Безбородов Д.Л. Компьютерная модель расчета показателей работы системы теплоснабжения жилого массива. // Математичне моделювання.-2012 -№1(26).-с.50-54.

   Safyants S.M., Gridin S.V., Popov A.L., Safonova E.K., Bezborodov D.L. Computer model of calculation of indexes of work of the system of is a heat of supply of dwelling array. // Mathematical modelling. - 2012 - №1 (26) .- P.50-54.

4. В.Е. Козин, Т.А. Левина и др. Теплоснабжение: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 408с.

Kozin V.E., Levina T.A. and other. Heat of supply: train aid for the students of institutions of higher learning. - M.: Higher school, 1980. – 408 p.

5. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики — М.: Финансы и статистика, 2004. — 656 с.

Eliseeva I.I., Yuzbashev M.M. General theory of statistics - M.: Finances and statistics, 2004. - 656 p.

Рукопись поступила 20.05.2013 г.