Анализ энергопотребления как основа результативной энергетической политики объектов промышленного и социального назначения

Яновский Т. А.[1], Ползунов С. Е.[2], Тюков А. П.[3], Соколов А. А.[4]

[1]Яновский Тимур Александрович / Janovsky Timur Aleksandrovich - кандидат физико-математических наук, доцент;
[2]Ползунов Станислав Евгеньевич / Polzunov Stanislav Evgenevich – магистр;
[3]Тюков Антон Павлович / Tykov Anton Pavlovich - кандидат технических наук, доцент;
[4]Соколов Александр Александрович / Sokolov Alexander Alexandrovich – аспирант,
кафедра систем автоматизированного проектирования и поискового конструирования,
факультет электроники и вычислительной техники,
Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Аннотация: *статья посвящена вопросам оценки потенциала энергосбережения и повышения энергоэффективности объектов промышленного и социального назначения. Рассматриваются математико-статистические аспекты описания временного ряда потребления энергоресурса набором так называемых профилей энергопотребления. Сопоставление текущих величин расхода энергоресурса с профилем позволяет легко определять перерасход или экономию энергоресурсов, оперативно устранять причины перерасхода, повышать энергетическую эффективность.*
Ключевые слова: *энергосбережение, энергоэффективность, анализ данных, моделирование.*

Проблема снижения потребления топливно-энергетических ресурсов предприятиями и учреждениями является одной из наиболее актуальных, ввиду складывающейся экономической и экологической ситуации в стране и в мире, а также в связи с принятием Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»[1].

Для построения методологий повышения энергоэффективности используются следующие стандарты, нацеленные на снижение потребления энергоресурсов:

- ISO 50001:2011 – «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию»[2];
- International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) – Международный Протокол измерения и верификации эффективности, концепция и опции для расчета объемов экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) [3].

Одной из наиболее важных предпосылок улучшения энергетической эффективности, декларируемой указанными документами, является повышение осведомленности принимающих решения лиц (ЛПР) о связи происходящих на предприятии или в учреждении бизнес-процессов с расходованием ТЭР. Под повышением осведомленности в данном случае понимается существенное улучшение трех компонент: качество данных, оперативность их получения, глубина их анализа. Как свидетельствует статистика стран Европы [4], повышение осведомленности немедленно приводит к повышению качества энергетического менеджмента и экономии ТЭР примерно на 10-15% без снижения качества бизнес-процессов и комфортности работы сотрудников.

Потребление ТЭР, в первую очередь электрической энергии, большинством предприятий и учреждений в значительной степени определяется специфическим режимом их работы, и зачастую подвержено циклическим изменениям. Определение потенциала энергосбережения и выявление нерационального расходования энергоресурсов может быть связано как с анализом множества происходивших в недавнем прошлом циклических колебаний объемов расхода, так и с предсказанием настоящих и будущих колебаний. Поэтому построение моделей краткосрочного прогнозирования потребления энергоресурсов является актуальной задачей, связанной с объектом наблюдения и результатами в области прогнозирования и аппроксимации данных. Построение таких моделей опирается на анализ временных рядов энергопотребления, выполняемый с привлечением математико-статистических инструментов.

Рассмотрим достаточно простой способ построения таких моделей. Временной ряд потребления конкретного энергоресурса, например, электроэнергии, на непродолжительном промежутке времени (до года) можно попытаться описать относительно небольшим набором повторяющихся в определенной последовательности профилей энергопотребления.

Осуществив привязку выявленных профилей к календарю и режиму работы, можно использовать их для построения краткосрочных прогнозов энергопотребления[5, 6].

Для построения таких профилей необходимо выполнить действия:

1) сбор и редукция данных;
2) статистический анализ сходств и различий энергопотребления.

В качестве исходных данных берется существующий временной ряд потребления конкретного энергоресурса продолжительностью не менее года. Задача изучения энергопотребления объектом в стандартные рабочие дни по такому временному ряду включает в себя:

1) структуризацию данных для анализа потребления по сезонам, месяцам, неделям и дням недели;

2) определение с помощью простых описательных статистик, графиков и информации о режиме работы объекта:

1) выходных дней;

2) нерабочих дней, праздничных, дней ремонта и других;

3) рабочих дней с принципиальными отличиями профиля энергопотребления;

3) удаление из дальнейшего анализа наблюдений, отвечающих выявленным на предыдущем этапе дням;

4) поиск аномальных наблюдений в стандартные рабочие дни, анализ причин их появления и их обработку.

Затем можно проводить статистический анализ сходств и различий энергопотребления. Его цель – получение статистически обоснованных выводов относительно декомпозиции временного ряда на множество циклически повторяющихся в некотором порядке частей, которые характеризуются определенным, допускающим адекватное описание локальной моделью, профилем энергопотребления. Соответственно будет разделен на временные интервалы и рассматриваемый временной период.

Этот этап может включать в себя:

1. предварительный графический анализ энергопотребления в различные дни недели для различных сезонов года и формирование набора гипотез о декомпозиции временного периода годовой продолжительности, как и соответствующего ему временного ряда энергопотребления;

2. основанный на гипотезах и призванный осуществить их проверку и уточнение статистический анализ сходств/различий:

a. временных рядов энергопотребления в конкретный день недели, соответствующих разным неделям конкретного сезона;

b. временных рядов энергопотребления, соответствующих различным дням недели в рамках конкретного сезона;

c. временных рядов энергопотребления для определенного дня недели, соответствующих разным сезонам.

3. формирование выводов о разделении изучаемого временного отрезка годовой продолжительности на меньшие временные отрезки, профили энергопотребления которых могут быть адекватно описаны локальными моделями.

Здесь важно отметить, что проводимое с учетом целого ряда гипотез разделение временного ряда на профили опирается не на визуальное различение предполагаемых профилей «на глазок», а на объективную статистическую меру их различия, подчиненную χ^2-распределению и близкую по расчету к известной одноименной статистике Карла Пирсона [6]. Поэтому решение о том, что между двумя конкретными изучаемыми профилями нет различия или же оно есть, принимается в рамках стандартной процедуры проверки статистических гипотез и обладает необходимой научной объективностью.

Разделив временной ряд энергопотребления на характерные профили и выполнив их календарную привязку, далее можно сопоставлять получаемые в режиме реального времени с устройств сбора и передачи объемы расхода энергоресурса с соответствующими по времени величинами соответствующего по календарю профиля. Разность между фактическим и ожидаемым потреблением энергетического ресурса или воды означает перерасход или экономию. При нерациональном потреблении можно легко определить его временные рамки и связать с проводимыми мероприятиями на объекте или изменениями в режиме работы, если таковые имели или имеют место, оперативно принять необходимые решения по предотвращению перерасхода.

Таким образом, математико-статистический анализ данных энергопотребления является эффективным средством повышения осведомленности и качества работы энергоменеджеров, а значит, приводит к существенной экономии топливно-энергетических ресурсов и денежных средств.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 14-07-00945 и 16-37-00387.

Литература

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 18.09.2016).
2. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.iso.org/iso/ru/iso50001/ (дата обращения: 18.09.2016).
3. International Performance Measurement and Verification Protocol [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://evo-world.org/index.php?option=com_content&view=article&id=999&Itemid=2473/ (дата обращения: 18.09.2016).
4. *Janovsky A., Janovsky T., Shcherbakov M.* Statement and the concept of multidimensional stochastic distributed energy consumption model identification // European research. Series A, 2013. С. 1177.
5. *Щербаков М. В., Яновский Т. А., Бребельс А., Щербакова Н. Л.* Методика выявления потенциала энергосбережения на основе интеллектуального анализа данных// Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии, 2011. № 2. С. 51-55.

6. *Яновский Т. А., Щербаков М. В.* Методика предварительного анализа данных в автоматизированных системах прогнозирования потребления электроэнергии Вестник компьютерных и информационных технологий. 2012. № 3. С. 21-26.