

УДК 658.262

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРЕЗ ОЦЕНКУ РЕЖИМОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

© 2016 Г.В. Мятишкин, В.В. Бирюк, А.С. Прохорова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Статья поступила в редакцию 27.05.2016

В статье проанализированы условия рационального потребления и распределения энергоресурсов на предприятии. Рассмотрено значение и влияние изменения профиля почасового потребления электроэнергии предприятием. Описаны факторы, влияющие на дисциплину планового потребления электроэнергии и мощности. Представлен расчет величины средневзвешенных отклонений для потребителей и приведены условия ее оценки. Сделаны выводы о рациональности способа определения энергоэффективности системы электроснабжения через оценку режимов потребления электрической энергии промышленным предприятием.

*Ключевые слова:* энергоэффективность, промышленность, электроснабжение, энергоаудит.

В период 2009-2010 гг. энергоемкость мировой экономики увеличивалась вследствие влияния экономического кризиса 2008 г. Наиболее сильно кризис повлиял на Россию, Японию и страны Европейского союза, приведя к увеличению энергоемкости экономики в этих государствах. В меньшей степени кризис затронул энергетическую эффективность Индии и стран Африки. Начиная с 2011 года влияние факторов кризиса 2008 года снижается, темпы снижения энергоемкости мировой экономики приобретают положительную динамику: в 2011 году снижение энергоемкости мирового валового продукта составило 1,3%, в 2012 году – 1,0%, в 2013 году – 0,6%. Энергоемкость ВВП в 2012-2013 гг. увеличилась только в США, значительное влияние на этот показатель оказали увеличение в 2013 году градусо-суток отопительного периода на 23%, а также структурные изменения экономики этой страны, в результате которых выросла доля энергоемких отраслей [1].

Деятельности предприятия в случае отсутствия должного планирования производства, учитывающее минимизацию потребления электроэнергии, может возникнуть возможность неблагоприятных ситуаций и последствий, вероятность понести убытки или упустить выгоду, т.е. риски. Энергетические риски – смешанный вид риска, объединяющий промышленный, экономический, коммерческий, ресурсный

и организационный виды рисков. Энергетическими рисками необходимо управлять с помощью непрерывного мониторинга и статистических методов в контуре системы управления энергозатратами (СУЭЗ). В результате чего риск снижается (ликвидируется) в случае осуществления события – фактора риска, в случае детерминирования исхода такого события, а также в случае исчезновения источника риска. Эффективное управление рисками должно решать ряд проблем – от определения и мониторинга риска до его стоимостной оценки [2].

Рациональное потребление и распределение энергоресурсов на предприятии зависит от внешних и внутренних условий поставки ресурсов. К внешним условиям поставки электроэнергии относятся требования, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами, регулирующими их оборот. Внутренние условия характеризуются надежностью снабжения электроэнергией предприятия, включающие в себя показатель ограниченный/отключений по внешней инициативе, аварийных инцидентов и поломок ресурсопринимающего и передающего оборудования предприятия, а также организационные мероприятия направленные на управление энергией. Равномерность собственного потребления электроэнергии (мощности) предприятием характеризует равномерность профиля почасового потребления. Определяющими для выбора этого показателя являются особенности ценообразования на электроэнергию и мощность в оптовом (ОРЭМ) и розничном (РРЭМ) рынках электроэнергии и мощности в РФ [3] - [8]. В соответствии с которыми средневзвешенная цена за кВтч определяется на почасовых объемах потребления и ценах в эти же часы в соответствии с методикой расчета по ценовым категориям [4]. Таким образом, степень равномерности использования мощности

---

*Мятишкин Геннадий Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей. E-mail: eeclass@mail.ru*

*Бирюк Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей. E-mail: Teplotex\_ssau@bk.ru*

*Прохорова Анастасия Сергеевна, аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей.*

*E-mail: Anast.prokhorova@gmail.com*

по часам говорит о минимизации избыточных стоимостных затрат предприятия в условиях волатильности цен на электроэнергию по часам на ОРЭМ.

Предложенный показатель носит как экономическое, так и техническое, и технологическое значение. Профиль почасового потребления является показателем качества планирования и последующего потребления электроэнергии (мощности) на предприятии. Рост равномерности графика потребления (минимизация пиков потребления мощности) приводит к росту эффективного использования энергии независимо от специфики ОРЭМ и РРЭМ (возникает сглаживание пиков потребления). Вместе с тем, действующее в РФ законодательство в области оборота электроэнергии (мощности) усиливает значимость этого показателя через механизм итогового ценообразования и стоимости оплачиваемой потребителем электроэнергии (мощности).

Следует отметить, что снижение физического потребления мощности по часам не только не противоречит, но и является сонаправленным вектором в направлении роста эффективного использования электрической мощности. Оба показателя выступают аргументами в функции энергозатрат предприятия, поэтому целесообразно в ходе оценки энергетической эффективности использовать их по отдельности.

Для оценки показателя производится расчет ЧЧИМ потребителя на основе предоставленных им данных о своем фактическом почасовом потреблении за последний календарный год. Для потребителей 3-6 ценовых категория (ЦК) [4], потребителей-субъектов ОРЭМ или потребителей по договорам энергоснабжения (купли-продажи) с независимыми ЭСК [9] применяется расчет ЧЧИМ с использованием установленных методик [9-10].

$$\text{ЧЧИМ} = V_{\text{факт}} / P_{\text{max}}$$

где  $V_{\text{факт}}$  – фактический договорной объем потребления электроэнергии по объекту в предыдущем периоде регулирования в кВт\*ч;

$P_{\text{max}}$  – фактическая (договорная) максимальная потребляемая мощность кВт.

При этом расчёт величины максимальной мощности ( $P_{\text{max}}$ ) проводится на основе данных о почасовом потреблении мощности и рассчитывается на основании текущих правил розничного рынка электроэнергии и мощности [4]. В отсутствие данных о почасовом потреблении в качестве максимальной мощности или возможности прямым расчетным путем определить величину максимальной потребляемой мощности применяются величины (по убыванию приоритетности в использовании):

- почасовые замеры мощности в зимний/летний режимный день (за одни сутки);
- почасовые суточные замеры мощности за 2 и более периода (месяца);
- максимальная мощность в соответствии с актом разграничения балансовой принадлежности (АРБП);
- типичные суточные графики электрической нагрузки потребителя для рабочих и выходных дней.

Для потребителей 1-2 ЦК [4] применяется ЧЧИМ равный расчетной величине для гарантирующего поставщика, обеспечивающего энергоснабжение в регионе действия потребителя.

Дисциплину планового потребления электроэнергии и мощности предприятия характеризуют собственные отклонения фактического потребления электроэнергии (мощности) от планового. Отклонения фактического от планового значения почасового потребления - второй наиболее значимый источник роста конечных затрат на электроэнергию (мощность) в условиях действующих правил оптового и розничного рынков электроэнергии и мощности [3] - [8]. Отклонение в потреблении формирует риски перерасхода средств на оплату электроэнергии и мощности в ОРЭМ/РРЭМ, создания переходных режимов работы локальной собственной генерации (рост удельных расходов рабочего тела), а также износ основного и вспомогательного оборудования.

Для оценки показателя, характеризующего дисциплину планового потребления электроэнергии и мощности, производится расчет отклонений фактического почасового потребления относительно планового на основе данных систем интервального технического учета (или АИИС КУЭ) предприятия. Для предприятий энергоснабжение которых осуществляется гарантирующим поставщиком такой расчет применяется для 3-6 ЦК. Для потребителей 1-2 ЦК величина отклонений составляет 5% ввиду специфики трансляции затрат ГП с ОРЭМ на РРЭМ [4] - [5]. В отсутствие интервальных приборов учета и (или) отсутствия плановых значений почасового потребления электроэнергии (мощности) величина отклонений принимается также равной 5%. Расчет величины средневзвешенных отклонений ( $\Delta$ ) для потребителей с интервальным учетом и планированием потребления осуществляется по формуле:

$$\Delta = \frac{\sum_{t=T} \frac{\text{abs}(N_{\text{факт}}^t - N_{\text{план}}^t)}{N_{\text{факт}}^t}}{t},$$

где  $N_{\text{факт}}^t$  – фактическое потребление мощности в часе  $t$  (кВт),

$N_{\text{план}}^t$  – плановое потребление мощности в часе  $t$  (кВт),

$T$  – суммарное число часов относимое к рабочим дням года.

Оценка средней величины отклонений опирается на данные о плановом и фактическом потреблении за год предшествующий оценке, либо опираясь на данные фактически располагаемые на предприятии за последние 2 года. Для потребителей являющихся субъектами ОРЭМ расчет величины балансирования опирается на регламенты и правила ОРЭМ.

Для предприятий с локальной собственной генерацией величина оценки отклонений строится на анализе изменений удельных расходов

топлива на выработку 1 кВтч. При проведении такой сравнительной оценки выбираются идентичные периоды для сравнения. При этом наиболее значимыми являются сезон года, объем производственной программы предприятия, качество рабочего тела и внеплановые остановки генерирующего оборудования. Для оценки выбираются не менее трех идентичных периодов.

Таким образом, определив равномерность собственного потребления электроэнергии (мощности) и рассчитав величину средневзвешенных отклонений, мы произведем оценку режимов потребления электрической энергии заданного промышленного предприятия, сравним которые с аналогичными показателями предприятий-конкурентов позволит оценить энергетическую эффективность предприятия, а также устанавливает области электропотребления, на которые следует направить основное внимание при проведении детального энергоаудита.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации в 2014 году [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации - URL: [http://minenergo.gov.ru/sites/default/files/texts/444/61309/Gosdoklad\\_EiPEE\\_-2014.pdf](http://minenergo.gov.ru/sites/default/files/texts/444/61309/Gosdoklad_EiPEE_-2014.pdf) (дата обращения 14.04.2016).
2. Мяткиш Г.В. Оценка энергетических рисков в контуре управления энергетическими затратами промышленных предприятий // Самарский научный центр РАН, Известия Самарского научного центра РАН. 2010. № 4(4). С. 910-918.
3. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: Законодательство. - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_41502/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/) (дата обращения 14.04.2016).
4. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: Законодательство. - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_130498/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130498/) (дата обращения 14.04.2016).
5. Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 № 1179 «Об определении и применении гарантирующими поставщиками нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность)» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: Законодательство. - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_130498/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130498/) (дата обращения 14.04.2016).
6. Постановление Правительства РФ от 27.12.2010 № 1172 «Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: Законодательство. - URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_112537/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_112537/) (дата обращения 14.04.2016).
7. Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 № 1178 «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: Законодательство. - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_125116/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125116/) (дата обращения 14.04.2016).
8. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 № 861 «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: Законодательство. - URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_law\\_51030/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_51030/) (дата обращения 14.04.2016).
9. Приказ ФСТ России от 21.08.2007 № 166-э/1 «Об утверждении правил определения стоимости электрической энергии (мощности), поставляемой на розничном рынке по регулируемым ценам (тарифам), оплаты отклонений фактических объемов потребления от договорных, а также возмещения расходов в связи с изменениями договорного объема потребления электрической энергии» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: Законодательство. - URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=88445;fld=134;dst=1000000001,0;rnd=0.1677999116599198> (дата обращения 14.04.2016).
10. Приказ ФСТ России от 06.08.2004 № 20-э/2 «Об утверждении Методических рекомендаций по расчету регулируемых тарифов и цен на электрическую (тепловую) энергию на розничном (потребительском) рынке» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: Законодательство. - URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_50075/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_50075/) (дата обращения 14.04.2016).

#### VALUATION OF EFFICIENCY OF POWER SUPPLY SYSTEM IN INDUSTRIAL ENTERPRISE THROUGH ESTIMATION OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION MODES

© 2016 G.V. Myatishkin, V.V. Biryuk, A.S. Prokhorova

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

The article analyzes the conditions for sustainable consumption and distribution of energy resources in the enterprise. It considers the value and impact of changes in the profile of hourly electricity consumption of enterprise. The factors, which affect the discipline of planned consumption of electric power and capacity, are described. Calculation of average deviation for consumers is presented and conditions for its assessment are provided. The conclusions on the effectiveness of a method for valuation of the energy efficiency of heating systems through the evaluation of modes of consumption of electric energy enterprises are described in the paper.  
**Keywords:** energy efficiency, industry, electricity, energy audit.

Gennady Myatishkin, Candidate of Technics, Associate Professor at the Thermal Engineering and Heat Engines Department, E-mail: [eeclass@mail.ru](mailto:eeclass@mail.ru)  
Vladimir Biryuk, Doctor of Technics, Professor at the Thermal Engineering and Heat Engines Department.  
E-mail: [Teplotex\\_ssau@bk.ru](mailto:Teplotex_ssau@bk.ru)  
Anastasia Prokhorova, Graduate Student at the Thermal Engineering and Heat Engines Department.  
E-mail: [Anast.prokhorova@gmail.com](mailto:Anast.prokhorova@gmail.com)