

УДК 338.45:62 + 658.262

## **ПОКОМПОНЕНТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТАМИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

*И.А. Соловьева*

Статья посвящена вопросам ценозависимого управления электропотреблением промышленных предприятий, осуществляющих покупку электроэнергии в рамках оптового и розничного рынков электроэнергии. Учитывая особенности функционирования предприятий в условиях инновационной экономики, автором предложена концепция покомпонентного управления энергозатратами. Отличительной особенностью предлагаемого подхода является его интеллектуальная основа и направленность на снижение затрат на электропотребление по всем трем компонентам стоимости электроэнергии (стоимость электроэнергии, стоимость электрической мощности, стоимость услуг по передаче). В статье проведен анализ формирования величины обязательств по оплате каждого компонента стоимости электрической энергии и определены направления и часовые диапазоны управления величиной спроса на электропотребление с целью минимизации величины затрат на оплату. Кроме того, в статье приведено описание разработанных элементов информационного обеспечения процесса ценозависимого управления затратами на электропотребление. Результаты исследования имеют научную и практическую значимость и могут быть использованы в повседневной деятельности при покупке электроэнергии промышленными предприятиями вне зависимости от их масштаба и вида деятельности.

Ключевые слова: ценозависимое электропотребление, энергозатраты, производственная эффективность, энергоэффективность, моделирование, управление, условия инновационного развития, инновационная экономика.

Современные инновационные условия хозяйствования, высокий динамизм развития и постоянное совершенствование законодательства в области использования энергетических ресурсов и повышения энергетической эффективности обуславливает необходимость совершенствования используемых методов управления энергозатратами на промышленных предприятиях.

С нашей точки зрения, комплекс методов управления энергозатратами должен, во-первых, учитывать современные инновационные условия среды; во-вторых, позволять комплексно управлять всеми компонентами затрат на электропотребление (затраты на оплату потребленной электроэнер-

гии, затраты на оплату электрической мощности, затраты на оплату услуг по передаче электроэнергии); в-третьих, обеспечивать учет как внутренних технических параметров электропотребления, так и внешних рыночных сигналов оптового и розничного рынка электроэнергии; в-четвертых, охватывать все функции управления затратами на электропотребление от планирования и прогнозирования затрат до организации и контроля качества управления и, в-пятых, обеспечивать энергоэффективность на всех уровнях: от уровня предприятия до уровня региона и страны в целом.

Величина обязательств по оплате электрической энергии, электрической мощности и услуг по передаче электроэнергии для каждого предприятия рассчитывается отдельно на основе двух основных составляющих:

а) ценовых параметров каждого компонента стоимости электроэнергии, формирующихся посредством рыночных механизмов ценообразования либо регулируемых тарифов [1–4];

б) индивидуального почасового графика спроса на электропотребление конкретного предприятия за расчетный период.

Расчет величины обязательств по оплате электрической энергии производится на основе произведения почасовых цен рынка на сутки вперед (РСВ) и объемов соответствующего почасового электропотребления. Мы считаем, что ценозависимое управление почасовым графиком электрических нагрузок должно заключаться в перераспределении объемов электропотребления с периодов с наибольшей стоимостью электрической энергии на более экономически выгодные периоды, что позволит промышленным предприятиям сократить величину затрат на покупку электрической энергии до 50 %. Для выявления диапазонов ценозависимого управления почасовым графиком электрических нагрузок необходимо, используя ретроспективные данные о ценах, прогнозировать будущие соотношения цен рынка на сутки вперед и цен балансирующего рынка [5].

Затраты по компоненту «электрическая энергия» рассчитываются по формуле (1), а эффект от использования ценозависимого управления электропотреблением рассчитывается как разница между стоимостью электрической энергии до и после управления графиком электропотребления по формуле (2):

$$SW_m = \sum_m (W^t \times C_{РСВ}^t) + \sum_m C_{БР}, \quad (1)$$

где  $SW_m$  – стоимость электрической энергии, купленной промышленным предприятием в месяце  $m$ ,  $W^t$  – величина потребления электрической энергии промышленным предприятием в час  $t$ ,  $C_{РСВ}^t$  – цена рынка на сутки вперед (РСВ) в час  $t$ ,  $\sum_m C_{БР}$  – стоимость покупки электроэнергии на балансирующем секторе оптового рынка.

$\sum_m C_{БР}$  учитывается в случае покупки электроэнергии в рамках оптового рынка электроэнергии либо выбора 5-й и 6-й ценовой категории покупки электроэнергии в рамках розничного рынка.

$$\Delta SW_m = SW_m - SW'_m, \quad (2)$$

где  $\Delta SW_m$  – экономия затрат на оплату стоимости электрической энергии от ценозависимого управления электропотреблением,  $SW_m$  – затраты на оплату стоимости электрической энергии до применения ценозависимого управления электропотреблением,  $SW'_m$  – затраты на оплату стоимости электрической энергии после применения ценозависимого управления электропотреблением.

Величина обязательств по оплате электрической мощности формируется для каждого календарного месяца на основе почасового графика электропотребления каждого участника. Рассчитывается она как среднее значение потребляемой мощности промышленным предприятием в часы, совпадающие с часами суточного максимума электропотребления региональной энергосистемы за рабочие дни расчетного месяца. Часы суточного максимума региональной энергосистемы ограничены диапазоном плановых часов пиковой нагрузки. Промышленному предприятию для снижения обязательств по покупке электрической мощности необходимо смещать пики собственных энергетических нагрузок на часы, не попадающие в периоды плановых часов пиковой нагрузки, и на час максимума региональной энергосистемы. Прогнозирование часа максимума региональной энергосистемы можно осуществлять на основе ретроспективных данных за последние несколько лет с достаточно высокой степенью вероятности [6].

Предлагаемый подход позволяет промышленным предприятиям сократить величину затрат на покупку электрической мощности в размере от 10 % до 80 %. Затраты по компоненту «электрическая мощность» можно рассчитать по формуле (3), а эффект от использования механизма ценозависимого управления по формуле (5):

$$SP_m = VP_m \times TP_m, \quad (3)$$

где  $SP_m$  – стоимость мощности, купленной промышленным предприятием в месяце  $m$ ,  $TP_m$  – цена мощности, купленной промышленным предприятием в месяце  $m$ ,  $VP_m$  – величина обязательств по покупке мощности промышленным предприятием в месяце  $m$ .

$$VP_m = \sum_{\text{раб},m} W_{t_{\text{max\_регион}}}^t / n_{\text{раб},m}, \quad (4)$$

где  $t = t_{\text{max\_регион}}$ ;  $W^t$  – величина потребления электрической энергии промышленным предприятием в час  $t$ ,  $t_{\text{max\_регион}}$  – час совмещенного максимума потребления по субъекту Российской Федерации, в котором промышленное предприятие осуществляет покупку электроэнергии в час  $t$  рабочего дня месяца  $m$ ,  $n_{\text{раб},m}$  – количество рабочих дней в месяце  $m$ .

$$\Delta SP_m = SP_m - SP'_m, \quad (5)$$

где  $\Delta SP_m$  – экономия затрат на оплату стоимости электрической мощности от ценозависимого управления электропотреблением,  $SP_m$  – затраты на оплату стоимости электрической мощности до применения ценозависимого управления электропотреблением,  $SP'_m$  – затраты на оплату стоимости электрической мощности после применения ценозависимого управления электропотреблением.

Величина обязательств по оплате услуг по передаче формируется для каждого календарного месяца. Управление стоимостью услуг по передаче электроэнергии может производиться только в случае выбора промышленным предприятием варианта двухставочного тарифа на передачу электроэнергии, который состоит из двух элементов – содержания электрических сетей и стоимости технологического расхода электроэнергии. Стоимость технологического расхода электроэнергии не зависит от характера почасовых графиков нагрузки, и ее доля в общей стоимости услуг по передаче не превышает 20 %. Стоимость содержания электрических сетей рассчитывается на основе почасового графика электропотребления за расчетный месяц для каждого участника как среднее значение из почасовых максимумов электропотребления предприятия в периоды плановых часов пиковой нагрузки рабочих дней. Ценозависимое управление почасовым графиком электрических нагрузок должно заключаться в выравнивании объемов электропотребления в периоды плановых часов пиковых нагрузок.

Затраты на оплату компоненты «услуги по передаче» можно рассчитать по формулам (6–9), а эффект от использования ценозависимого управления – по формуле (10).

$$SP2_m = SP2_m^{\text{Содерж}} + SP2_m^{\text{Техн\_расход}} \quad (6)$$

где  $SP2_m$  – стоимость услуг по передаче электроэнергии для промышленного предприятия по двухставочному тарифу в месяце  $m$ ,  $SP2_m^{\text{Содерж}}$  – стоимость услуги по передаче электроэнергии по двухставочному тарифу, учитывающему стоимость содержания электрических сетей в месяце  $m$ , (кВт×мес),  $SP2_m^{\text{Техн\_расход}}$  – стоимость услуги по передаче электроэнергии по двухставочному тарифу, учитывающему стоимость технологического расхода (потерь) в электрических сетях в месяце  $m$ , (кВт×ч) (7):

$$SP2_m^{\text{Содерж}} = T_m^{\text{Содерж}} \times VP2_m, \quad (7)$$

где  $T_m^{\text{Содерж}}$  – ставка тарифа за содержание электрических сетей в месяце  $m$ ,  $VP2_m$  – величина, принимаемая для расчета обязательств по оплате за содержание электрических сетей, в месяце  $m$  (8):

$$VP2_m = \frac{\sum_{\text{раб},m} \max(W_{T\_пик\_CO}^t)}{n_{\text{раб},m}}, \quad (8)$$

где  $\max(W_{T_{\text{пик\_CO}}^t})$  – максимальная величина потребления электроэнергии в период интервалов плановых часов пиковой нагрузки  $T_{\text{пик\_CO}}$ , утверждаемых системным оператором ЕЭС, для рабочего дня месяца  $m$  (рис. 4) (9):

$$\text{СП2}_m^{\text{Техн\_расход}} = T_m^{\text{Техн\_расход}} \times \sum_m W, \quad (9)$$

где  $T_m^{\text{Техн\_расход}}$  – ставка тарифа на оплату технологического расхода (потерь) в электрических сетях в месяце  $m$ ,  $\sum_m W$  – величина суммарного месячного потребления электроэнергии за расчетный месяц (10).

$$\Delta \text{СП2}_m = \text{СП2}_m - \text{СП2}'_m, \quad (10)$$

где  $\Delta \text{СП2}_m$  – экономия затрат на оплату стоимости услуг по передаче от ценозависимого управления электропотреблением,  $\text{СП2}_m$  – затраты на оплату стоимости услуг по передаче до применения ценозависимого управления электропотреблением,  $\text{СП2}'_m$  – затраты на оплату стоимости услуг по передаче после применения ценозависимого управления электропотреблением.

Таким образом, все три компоненты стоимости электроэнергии имеют зависимость от характера почасового суточного графика электропотребления и поддаются ценозависимому управлению (11):

$$S_m = (\text{SP}_m + \text{SW}_m + \text{СП}_m) = f(W_t). \quad (11)$$

При этом изменение стоимости по одной компоненте затрат, как правило, влечет за собой изменение по двум другим компонентам. Данное обстоятельство должно учитываться при оптимизации почасового графика электрических нагрузок и принятии управленческих решений.

В связи с этим суть концепции ценозависимого управления электропотреблением на промышленном предприятии заключается в сопоставлении параметров (ограничений) со стороны рынка электроэнергии и параметров (ограничений) со стороны внутренних технологических и экономических особенностей производственных процессов промышленного предприятия с целью выработки управленческих решений по минимизации затрат на оплату потребляемой электроэнергии.

Укрупнено необходимое информационное обеспечение, и элементы модели ценозависимого управления электропотреблением, требующие автоматизации, схематично представлены в виде механизма управления электропотреблением на промышленном предприятии на рис.

На информационном уровне происходит интеграция информационных потоков параметров электропотребления, технологических и экономических возможностей изменения нагрузки и ценовых сигналов энергорынка. На коммуникационном уровне интегрируются системы автоматизированного учета параметров электропотребления, информация систем управле-

ния нагрузкой электропотребления, информация о параметрах работы производственных объектов. Результирующие управляющие воздействия на объекты электропотребления основываются на анализе баланса параметров экономической эффективности затрат на электропотребление и технологической возможности изменения нагрузки электропотребляющего оборудования.



Механизм управления электропотреблением предприятия

Наиболее сложной составляющей информационной базы управления затратами на электропотребление является блок информации по прогнозам параметров энергорынка. Для принятия управленческих решений по снижению каждого из компонент затрат на электропотребление требуется информация о рыночных сигналах. Так, для планирования затрат на оплату электроэнергии необходимо знать ретроспективные цены рынка на сутки вперед и балансирующего рынка, а также их прогнозы на сутки вперед с целью минимизации стоимости электроэнергии на рынке на сутки вперед и штрафов за отклонения балансирующего рынка [5]. Для планирования затрат на оплату электрической мощности и услуг по передаче электроэнергии необходимо иметь прогноз часа суточного максимума региональной энергосистемы [6]. Таким образом, для внедрения в практику работы про-

мышленных предприятий предлагаемой нами модели управления затратами на электропотребление в инновационных условиях развития необходима разработка целого комплекса методов, представленного в табл.

Таблица

Комплекс методов управления затратами на электропотребление

Укрупненные функции управления	Метод, подлежащий разработке	Принципы инновационного развития				
Анализ и планирование	Метод анализа и планирования затрат на электропотребление	Принцип прогрессивности	Принцип комплексности и непрерывности создания конкурентных преимуществ	Принцип гибкости и вариативности	Принцип эффективности использования человеческих ресурсов и информации	Принцип комплексности и баланса интересов
	Метод прогнозирования затрат на электропотребление					
	Метод прогнозирования параметров и сигналов энергорынка					
	Метод анализа и планирования затрат на оплату мощности и услуг по передаче электроэнергии					
	Метод прогнозирования часа максимума региональной энергосистемы					
Организация и контроль	Метод подбора и оценки персонала, реализующего проекты повышения энергоэффективности	Принцип прогрессивности	Принцип комплексности и непрерывности создания конкурентных преимуществ	Принцип гибкости и вариативности	Принцип эффективности использования человеческих ресурсов и информации	Принцип комплексности и баланса интересов
	Метод оценки эффективности и реализуемости проектов повышения энергоэффективности					
	Метод оценки качества используемой для принятия управленческих решений в области повышения энергоэффективности экспертной информации					

Как видно, комплекс методов ценозависимого управления затратами на электропотребление мы разделили на две группы по функциям управления, с целью охвата всех функций управления в рамках процесса управления энергозатратами. Кроме того, комплекс методов должен базироваться на разработанных принципах управления в инновационных условиях для обеспечения скорости и эффективности внедрения ценозависимого управления в практику работы промышленного предприятия.

Таким образом, использование предлагаемого покомпонентного методического подхода к управлению затратами на электропотребление будет способствовать повышению энергоэффективности как самого промышленного предприятия, так и энергоэффективности на уровне региона и страны в целом. На уровне предприятия более эффективное управление энергоза-

тратами будет проявляться в сокращении затрат на оплату и электроэнергию, а на уровне государства – в снижении уровня волатильности спроса на электроэнергию и, соответственно, в уменьшении расходов на содержание энергосистемы страны.

#### Библиографический список

1. Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» от 12 апреля 2003 года. – URL: [www.fas.gov.ru/legislative-acts/](http://www.fas.gov.ru/legislative-acts/).
2. Постановление Правительства РФ № 1172 от 27 декабря 2010 г. «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». – URL: [www.government.consultant.ru/](http://www.government.consultant.ru/).
3. Постановление Правительства РФ от 29 декабря 2011 г. № 1178 «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике».
4. Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 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, правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям».
5. Баев, И.А. Эффективность управления затратами на покупку электроэнергии промышленным предприятием / И.А. Баев, И.А. Соловьева, А.П. Дзюба // Экономика, управление и инвестиции. – 2014. – № 2(4). – URL: <http://euii-journal.ru/24-43>.
6. Соловьева, И.А. Стратегия управления затратами на электропотребление промышленного предприятия / И.А. Соловьева, А.П. Дзюба // Проблемы обеспечения безопасного развития современного общества: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2014. – С. 47–57.

[К содержанию](#)