

УДК 658.155 + 658.1:621.31

Соловьева**Ирина Александровна,**
кандидат экономических
наук, доцент кафедры
«Экономика и финансы»
ФГБОУ ВПО «Южно-
Уральский государственный
университет» (НИУ),
Россия, 454080, Челябинск,
пр. Ленина, 76.
E-mail: dubskih@mail.ru**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЦЕНОЗАВИСИМОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ
НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ
НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
ECONOMIC EFFICIENCY OF PRICE DEMAND
MANAGEMENT OF ENERGY CONSUMPTION
AT INDUSTRIAL ENTERPRISES**

И.А. Соловьева

I.A. Solovyeva

Южно-Уральский государственный университет, Россия
South Ural State University, Russia
E-mail: dubskih@mail.ru

Статья посвящена вопросу использования в российской практике мирового тренда в области энергетической эффективности – управлению спросом на электропотребление. Доказывается возможность применения механизма ценозависимого управления спросом на электропотребление на промышленных предприятиях в современных условиях функционирования оптового и розничного рынка электроэнергии. Раскрывается специфика формирования стоимости электроэнергии по всем трем ее компонентам (электрическая энергия, электрическая мощность, услуги по передаче электроэнергии). Для каждого компонента стоимости раскрывается суть ценозависимого управления затратами на электропотребление. В статье приводится анализ факторов и ограничений, влияющих на уровень потенциального экономического эффекта от внедрения инструментов ценозависимого управления затратами на электропотребление на промышленных предприятиях. Описаны результаты апробации инструментов ценозависимого управления затратами на электропотребление на семи промышленных предприятиях России, принадлежащих к разным отраслям и географическим регионам страны. Экономическим эффектом для промышленного предприятия является сокращение затрат на оплату электроэнергии, снижение себестоимости производимой продукции и при прочих равных условиях рост финансового результата предприятия. Кроме того, приведен расчет экономического эффекта от внедрения ценозависимого управления на уровне энергосистемы страны, который заключается в снижении волатильности спроса на электропотребление и высвобождении денежных средств на содержание и развитие энергосистемы страны. Практическая значимость разработок заключается в возможности использования ценозависимого управления электропотреблением в повседневной деятельности промышленных предприятий с целью сокращения затрат на оплату электроэнергии, повышения энергетической эффективности и экономической устойчивости отечественной промышленности.

Ключевые слова: ценозависимое электропотребление, энергозатраты, энергоэффективность, моделирование, управление, стратегия реализации проектов.

The article is devoted to the issue of using a global trend in the field of energy efficiency – the demand side management of electricity consumption, in the Russian practice. The paper proves the possibility of applying the mechanism of price demand management of electricity consumption at industrial enterprises in modern conditions of functioning of the wholesale and retail electricity market. The author reveals the specific of formation of cost of power consumption for all three of its components (electric energy, electric capacity, transmission services of electricity). For each component of the cost, the author reveals the essence of price demand management of energy consumption. The article provides the analysis of the factors and limitations, affecting the level of potential economic effect of price demand management of energy consumption at industrial enterprises. The paper describes the results of testing the price demand management of energy consumption at seven industrial enterprises in Russia, belonging to different industry sectors and geographic regions. The economic effect for industrial enterprise is to reduce costs of energy, decrease production costs, and increase the financial result of the enterprise. In addition, the article provides the calculation of econom-

ic effect of price demand management of costs at the level of the country's power grid, which is to reduce volatility of demand for electricity consumption and in release of funds for maintenance and development of the country's power grid. The practical significance of the developments is the ability to use the price demand management of costs of energy consumption in everyday activities of industrial enterprises to reduce the cost of electricity, to increase the energy efficiency and economic sustainability of domestic industry.

Key words: *price demand management of power consumption, energy consumption, energy efficiency, modeling, management, project implementation strategy.*

Введение

Одним из ключевых элементов стратегического развития большинства развитых и развивающихся стран мира является энергосбережение и повышение энергоэффективности. В последнее десятилетие активно совершенствуется законодательство в этой сфере, стимулирующее территориальные образования и предприятия разрабатывать и реализовывать программы повышения энергетической эффективности [1, 2]. Однако анализ итогов реализации региональных программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности позволяет констатировать крайне медленные темпы снижения энергоёмкости отечественной промышленности [3].

Ускорение процессов повышения энергоэффективности на всех уровнях экономики требует новых подходов, инструментов и методов управления, адаптированных к современным условиям хозяйствования [4]. Таким подходом, с нашей точки зрения, является ценозависимое управление процессом электропотребления, которое базируется на гибком планировании собственного спроса на энергоресурсы на основе реакции на ценовые сигналы рынка электрической энергии с целью минимизации затрат на ее оплату [5]. Основная масса исследований в области управления спросом на электропотребление принадлежит ученым из США и Европы [6–10]. Среди отечественных исследований наибольший вклад в разработку вопросов управления спросом на электропотребление принадлежит профессору Л.Д. Гительману [11, 12]. Управление спросом на электропотребление со стороны предприятий позволяет получить существенный экономический эффект от снижения затрат на всех уровнях энергосистемы. Однако на сегодняшний день в России инструменты управления спросом практически не используются и существует потребность в дальнейших научных исследованиях и разработках в этой сфере.

Методика и результаты исследования

Целью исследования является разработка методического подхода к управлению затратами на электропотребление промышленных предприятий в современных условиях функционирования оптового и розничного рынков электроэнергетики.

На сегодняшний день стоимость электроэнергии для промышленных предприятий России состоит из трех основных структурных компонент: стоимость электрической энергии, стоимость потребленной электрической мощности и оплата услуг по передаче электроэнергии. Стоимость электрической энергии и энергетической мощности формируется посредством конкурентного механизма ценообразования, а стоимость услуг по передаче – через регулируемые ценовые параметры. С нашей точки зрения, все представленные компоненты стоимости электрической энергии поддаются ценозависимому планированию через управление суточным графиком электропотребления, отправными точками которого является учет внутренних технологических параметров и рыночных сигналов энергосистемы.

Величина обязательств по оплате электрической энергии, электрической мощности и услуг по передаче электроэнергии для каждого предприятия рассчитывается отдельно на основе почасового графика электропотребления за расчетный месяц. При этом методика расчета суммы обязательств по оплате каждого элемента затрат имеет свои принципы, правила и особенности.

Расчет величины обязательств по оплате электрической энергии производится на основе произведения почасовых цен рынка на сутки вперед (PCB) 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 20 %. 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 [13, 14]. Затраты по компоненте «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).

$$SW_m = \sum_m (W^t \cdot \Pi_{PCB}^t) + \sum_m \Pi_{БР}, \quad (1)$$

где SW_m – стоимость электрической энергии, купленной промышленным предприятием в месяце m ; W^t – величина потребления электрической энергии промышленным предприятием в час t ; Π_{PCB}^t – цена рынка на сутки вперед (PCB) в час t ; $\sum_m \Pi_{БР}$ – стоимость

покупки электроэнергии на балансирующем секторе оптового рынка ($\sum_m \Pi_{БР}$ учитывается в случае покупки электроэнергии в рамках оптового рынка электроэнергии либо выбора 5 и 6 ценовой категории покупки электроэнергии в рамках розничного рынка).

$$\Delta SW_m = SW_m - SW_m^*, \quad (2)$$

где ΔSW_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 и рассчитывается 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. Мы считаем, что 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.

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

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

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 (рассчитывается по формуле 4).

$$VP_m = \frac{\sum_1^n W_{t_max_r}}{n}, \quad (4)$$

где $W_{t_max_r}$ – величина потребления электрической энергии промышленным предприятием в час; t_max_r – час совмещенного максимума потребления по субъекту Российской Федерации, в котором промышленное предприятие осуществляет покупку электроэнергии в час t рабочего дня месяца m ; n – количество рабочих дней в месяце m ; t_max_r всегда находится в интервале плановых часов пиковой нагрузки, утверждаемых Системным оператором ЕЭС России.

$$\Delta SP_m = SP_m - SP_m^*, \quad (5)$$

где ΔSP_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 электроэнергии 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 компонент: стоимости 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. С нашей точки зрения 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).

$$СП2_m = СП2_m^{\text{Содерж}} + СП2_m^{\text{Техн_расход}}, \quad (6)$$

где $СП2_m$ – стоимость услуг по передаче электроэнергии для промышленного предприятия по двухставочному тарифу в месяце m ; $СП2_m^{\text{Содерж}}$ – стоимость услуги по передаче электроэнергии по двухставочному тарифу, учитывающему стоимость содержания электрических сетей в месяце m , (кВт×мес); $СП2_m^{\text{Техн_расход}}$ – стоимость услуги по передаче электроэнергии по двухставочному тарифу, учитывающему стоимость технологического расхода (потерь) в электрических сетях в месяце m , (кВт·ч) (7).

$$СП2_m^{\text{Содерж}} = T_m^{\text{Содерж}} \cdot ИП2_m, \quad (7)$$

где $T_m^{\text{Содерж}}$ – ставка тарифа за содержание электрических сетей в месяце m ; $ИП2_m$ – величина, принимаемая для расчета обязательств по оплате за содержание электрических сетей в месяце m (8).

$$ИП2_m = \frac{\sum_1^n \max(W_{t_{\text{пик_CO}}})}{n}, \quad (8)$$

где $\max(W_{t_{\text{пик_CO}}})$ – максимальная величина потребления электроэнергии в период интервалов плановых часов пиковой нагрузки $t_{\text{пик_CO}}$, утверждаемых Системным оператором ЕЭС, для рабочего дня месяца m (9).

$$СП2_m^{\text{Техн_расход}} = T_m^{\text{Техн_расход}} \cdot \sum_m W, \quad (9)$$

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 календарный месяц.

$$\Delta СП2_m = СП2_m - СП2_m^*, \quad (10)$$

где $\Delta СП2_m$ – экономия затрат на оплату стоимости услуг по передаче от ценозависимого управления электропотреблением; $СП2_m$ – затраты на оплату стоимости услуг по передаче до применения ценозависимого управления электропотреблением; $СП2_m^*$ – затраты на оплату стоимости услуг по передаче после применения ценозависимого управления электропотреблением.

Таким образом, очевидна возможность ценозависимого управления стоимостью каждого компонента затрат на электропотребление. При этом мы полагаем, что ценозависимое управление электропотреблением промышленного предприятия должно состоять из двух этапов. В рамках первого этапа проводится анализ параметров рыночной среды с выявлением наиболее важных интервалов, в рамках которых необходимо выполнять управление графиками собственного электропотребления. На втором этапе происходит анализ и оценка технологических и экономических возможностей переконфигурации графика спроса на электропотребление, то есть производится сопоставление информации о возможностях снижения стоимости электроэнергии со стороны энергорынка и о внутренних возможностях предприятия. Выходными данными ценозависимого управления являются сценарии возможной переконфигурации графиков процессов производства для предприятия, при реализации которых возможно достижение существенного экономического эффекта в виде снижения затрат на оплату всех трех компонентов стоимости электроэнергии.

Успех внедрения ценозависимого управления затратами на электропотребление на промышленных предприятиях в значительной степени зависит от информационного обеспечения и использования инновационных подходов к автоматизации бизнес-процессов, например технологий Smart Grid [14, 15].

Кроме того, эффективность ценозависимого управления электропотреблением на промышленном предприятии существенно зависит от выбранного формата (стратегии) его реализации. Мы предлагаем три варианта стратегии реализации ценозависимого управления электропотреблением на промышленном предприятии (табл. 1). Наибольший экономический эффект может быть достигнут в случае применения комплексной стратегии реализации ценозависимого управления электропотреблением по всем трем компонентам затрат на электропотребление, а наименьший – при выборе стратегии управления только компонентой «стоимость электрической энергии». Выбор той или

иной стратегии определяется отраслевой принадлежностью промышленного предприятия, масштабами его деятельности, особенностями технологических процессов, используемым форматом работы на рынке электроэнергии и индивидуальными характеристиками топ-менеджмента предприятия. В табл. 1 сведены ограничения использования предложенных трех стратегий ценозависимого управления затратами на электропотребление на промышленных предприятиях.

Внедрение ценозависимого управления затратами на электропотребление в рамках компонента «стоимость электрической энергии» доступно всем типам промышленных предприятий, что существенно повышает практическую значимость и универсальность предложенного методического подхода.

Таблица 1. Ограничения применения стратегий ценозависимого управления затратами на электропотребление

| Компоненты управления | Стратегия реализации ценозависимого управления затратами на электропотребления | | |
|-----------------------------------|--|--|--|
| | «Energy value strategy» Стратегия управления стоимостью электроэнергии | «Energy and electric power value strategy» Стратегия управления стоимостью электроэнергии и мощности | «Complex strategy» Комплексная Стратегия |
| Электрическая энергия | <ul style="list-style-type: none"> • Предприятия – участники оптового рынка – без ограничений • Для предприятий, не являющихся участниками оптового рынка электроэнергии, исключается этап корректировки ценовой заявки на соотношение цен РСВ и БР электроэнергии | | |
| Электрическая мощность | – | <ul style="list-style-type: none"> • Применяется для электропотребляющих объектов промышленного предприятия с постоянным характером электрических нагрузок без ограничений • Для электропотребляющих объектов с непостоянным графиком электрических нагрузок используется при условии технологической возможности и экономической целесообразности выравнивания нагрузки | |
| Услуги по передаче электроэнергии | – | – | <ul style="list-style-type: none"> • Может использоваться только на промышленных предприятиях, использующих двухставочный тариф оплаты услуг по передаче электроэнергии |

Стратегия ценозависимого управления затратами на электропотребление «Energy and electric power strategy» (Стратегия управления стоимостью электрической энергии и мощности) включает управление уже двумя компонентами затрат – стоимостью электрической энергии и стоимостью электрической мощности, и позволяет получить гораздо более значительный экономический эффект от снижения затрат на электропотребление, но при этом характеризуется и более серьезными ограничениями по применению. Границы применения этой стратегии определяются, прежде всего, особенностями технологических процессов промышленного предприятия и возможностями выравнивания собственного графика электропотребления в часы максимума региональной энергосистемы. Однако практически на любом промышленном предприятии существуют электропотребляющие объекты с постоянным характером электрических нагрузок, на которых есть возможность краткосрочного сокращения электрических нагрузок с целью снижения затрат на оплату мощности [16].

Стратегия ценозависимого управления затратами на электропотребление «Complex strategy» может быть применена только теми промышленными предприятиями, которые используют двухставочный тариф на оплату услуг по передаче электроэнергии. В этом случае за счет выравнивания собственного графика электропотребления в плановые часы пиковой нагрузки энергосистемы промышленное предприятие может сократить затраты по этому компоненту до 70 %.

Величина экономического эффекта от применения ценозависимого управления затратами на электропотребление зависит не только от варианта выбранной стратегии, но и от объемов электропотребления промышленного предприятия. Как правило, предприятия с большими объемами электропотребления характеризуются наличием энергоемкого оборудования или групп такого оборудования, интегрированных в технологические процессы, и в большей степени поддаются ценозависимому управлению. С ростом объемов электропотребления возрастает не только процент потенциального снижения затрат на электропотребление по каждой компоненте, но и размер экономического эффекта в денежном выражении.

Еще одним фактором, определяющим размер потенциального эффекта от внедрения ценозависимого управления электропотреблением на промышленном предприятии, является его отраслевая принадлежность. Каждая отрасль промышленности характеризуется определенной долей затрат на электропотребление в себестоимости произведенной продукции и эта доля по отраслям существенно варьируется [17, 18].

В ходе апробации предложенного подхода к управлению затратами на электропотребление на промышленных предприятиях были рассчитаны потенциальные диапазоны покомпонентного экономического эффекта от внедрения инструментов ценозависимого управления для предприятий добычи полезных ископаемых, предприятий обрабатывающего комплекса и предприятий по производству и распределению электроэнергии, газа и воды (табл. 2).

Таблица 2. Возможные диапазоны эффектов от использования ценозависимого управления в расчете на одно предприятие

| Стратегия управления | Добыча полезных ископаемых | Обрабатывающие производства | Производство и распределение электроэнергии, газа и воды |
|--|----------------------------|-----------------------------|--|
| | % | | |
| Управление затратами на покупку компонента электроэнергия «Energy value strategy» | 5–17 | 5–20 | 3–15 |
| Управление затратами на покупку компонента электрическая мощность | 5–70 | 5–80 | 3–50 |
| Управление затратами на покупку компонентов электрическая энергия и мощность «Energy and electric power value strategy» | 5–31 | 5–36 | 3–23,5 |
| Управление затратами на покупку компонента услуги по передаче | 5–60 | 5–70 | 3–40 |
| Комплексное управление затратами «Complex strategy» | 5–46,3 | 5–53,5 | 3–33,5 |

Вариация величины эффекта для различных типов промышленных предприятий объясняется спецификой производственных процессов и, как следствие, возможностями управления графиками собственного электропотребления. Для предприятий отраслей добычи полезных ископаемых и обрабатывающих производств характерна более высокая адаптивность к изменениям графиков электропотребления по сравнению с предприятиями производства и распределения электроэнергии, газа и воды.

Серьезным ограничением управления графиками электропотребления предприятий отраслей производства и распределения электроэнергии, газа и воды является непрерывность производственного процесса. В связи с этим экономический эффект от использования ценозависимого управления электропотреблением для предприятий отраслей производства и распределения электроэнергии, газа и воды значительно ниже, чем у остальных промышленных групп. Так, максимальный экономический эффект от комплексного ценозависимого управления электропотреблением на предприятиях производства и распределения электроэнергии, газа и воды составляет порядка 33 % от первоначальной величины затрат, что на 40 % ниже аналогичного показателя по предприятиям обрабатывающих производств и на 30 % ниже по сравнению с предприятиями добычи полезных ископаемых.

В абсолютном выражении потенциальный экономический эффект от внедрения ценозависимого управления электропотреблением был рассчитан по данным семи промышленных предприятий, относящихся к разным отраслям промышленности, таким как машиностроение, металлургия и добыча полезных ископаемых, расположенных в разных географических регионах России.

Информационной базой для расчета потенциального экономического эффекта от применения ценозависимого управления электропотреблением послужили данные управленческого учета об электропотреблении, объемах выпуска и ценовых характеристиках энергорынка регионов функционирования рассматриваемых предприятий за 2015 г. [19].

Таблица 3. Расчет экономического эффекта от внедрения ценозависимого управления электропотреблением на семи промышленных предприятиях

| Пред- приятие | Отрасль | Электро- потребле- ние, млн кВт·ч в год | Выпуск продук- ции, млрд р. | Эффект от ценозависимого управления электропотреблением | | |
|------------------|---------------------------------|---|--------------------------------------|--|---|---|
| | | | | Снижение затрат на оплату элек- троэнергии, % | Снижение себестои- мости про- дукции, р. | Снижение се- бестоимости производимой продукции, % |
| 1 | Машинострое- ние | 60 | 3,2 | 21 | 37800000 | 2,1 |
| 2 | | 48 | 8,6 | 19 | 27360000 | 1,9 |
| 3 | | 25 | 2,9 | 18 | 13500000 | 1,8 |
| 4 | Металлургия | 110 | 8,3 | 29 | 95700000 | 2,9 |
| 5 | Добыча полез- ных ископаемых | 95 | 2,6 | 15 | 38475000 | 2,1 |
| 6 | | 200 | 6,7 | 14 | 86800000 | 2,0 |
| 7 | | 30 | 1,9 | 17 | 13770000 | 2,4 |

Апробация применения инструментов ценозависимого управления на семи предприятиях позволила еще раз подтвердить полученные ранее выводы. Размер потенциального эффекта от внедрения ценозависимого управления зависит от отраслевой принадлежности предприятия и масштабов электропотребления. Так, наибольший экономический эффект в размере порядка 100 млн р. в год был получен для металлургиче-

ского завода, объем электропотребления которого является максимальным из анализируемых промышленных предприятий. В среднем экономия затрат на электропотребление составила порядка 20 % от их первоначальной величины, а снижение себестоимости и, как следствие, потенциальный рост при прочих равных условиях финансового результата промышленного предприятия – порядка 2 %. В современных условиях экономического кризиса снижение себестоимости производимой продукции без существенных инвестиционных затрат может служить серьезным резервом выживания на рынке и роста конкурентоспособности промышленных предприятий.

Таким образом, внедрение ценозависимого управления электропотреблением на промышленных предприятиях позволяет сократить затраты на оплату электроресурсов, сократить волатильность собственных электрических нагрузок и как следствие повысить надежность промышленного электроснабжения, уменьшить себестоимость производимой продукции и при прочих равных условиях повысить величину финансового результата предприятия.

Учитывая тот факт, что сокращение затрат промышленных предприятий на оплату таких компонент, как «стоимость электрической мощности» и «стоимость услуг по передаче электроэнергии», достигается посредством выравнивания собственного суточного электропотребления промышленного предприятия, следует отметить появление ряда положительных эффектов от применения ценозависимого управления электропотреблением, которые могут быть получены на мезо- и макроуровне [20, 21]:

- повышение пропускной способности региональных и межсистемных линий электропередач, что снижает потребность в инвестиционных затратах на строительство и модернизацию электрических сетей;
- снижение объемов резервных мощностей в процессе планирования оперативных режимов работы электроэнергетических систем и, как следствие, сокращение стоимости выработки электроэнергии для всех категорий потребителей;
- повышение надежности и сроков эксплуатации высоковольтной коммутационной аппаратуры и трансформаторов, надежности работы противоаварийной автоматики, что снижает затраты на ремонты и замену оборудования;
- повышение качества электроэнергии;
- рост доступности подключения к электрическим сетям;
- повышение надежности функционирования Единой энергетической системы.

Таким образом, эффект от внедрения ценозависимого управления электропотреблением на промышленных предприятиях России проявляется не только на уровне самих предприятий, но и на уровне энергосистемы и экономики страны в целом.

Диапазоны возможного снижения волатильности спроса на электропотребление на конкретном промышленном предприятии в значительной степени определяются особенностями технологических процессов и готовностью менеджмента предприятия к изменениям. Как уже отмечалось выше, масштабы эффекта от ценозависимого управления также варьируются в зависимости от объемов электропотребления промышленного предприятия и его отраслевой принадлежности. С целью расчета потенциальных эффектов от ценозависимого управления со стороны энергосистемы мы разделили возможные диапазоны эффектов на три группы, каждой из которых сопоставили среднее значение снижения волатильности спроса на электропотребление в абсолютном выражении. Так, в зависимости от степени эффективности внедрения ценозависимого управления электропотреблением на промышленном предприятии, собственный график электропотребления «усредненного» промышленного предприятия может быть снижен на величину от 300 до 1100 кВт в месяц. При оценке эффекта от выравнивания

спроса на электропотребление на уровне энергосистемы было принято допущение, что каждый высвобожденный кВт в денежном эквиваленте составляет 700 р., что соответствует среднему тарифу на оплату мощности и услуг по передаче электроэнергии по России в расчете на один кВт в месяц [19]. Таким образом, ценозависимое управление электропотреблением на одном промышленном предприятии, при сокращении его спроса на электропотребление в диапазоне от 300 до 1100 кВт, может высвободить для энергосистемы средства до 10 млн р. в год.

Очевидно, что далеко не все промышленные предприятия имеют технологические возможности, финансовые ресурсы и кадровый потенциал для внедрения ценозависимого управления. В связи с этим, расчет экономического эффекта на уровне энергосистемы базировался на допущении о внедрении ценозависимого управления затратами на электропотребление лишь на части промышленных предприятий добывающего и обрабатывающего секторов экономики. Информационной базой для проведения необходимых расчетов послужили следующие данные: число организаций по видам экономической деятельности, объемы и доля электропотребления по видам экономической деятельности, расходы на приобретение электроэнергии, доля электроэнергии в структуре себестоимости производимой продукции [19, 22, 23].

Расчет потенциального эффекта от внедрения ценозависимого управления электропотреблением для энергосистемы всей страны представлен в табл. 4.

Таблица 4. Расчет эффекта от ценозависимого управления электропотреблением для энергосистемы России

| Отрасль промышленности | Уровень потенциального эффекта от ценозависимого управления энергозатратами, % | Количество предприятий, использующих ценозависимое управление | Снижение абсолютной волатильности спроса, кВт в мес. | Потенциальное высвобождение средств для энергосистемы, р. в год |
|-----------------------------|--|---|--|---|
| Добыча полезных ископаемых | 5–10 | 1250 | 377940 | 3174696000 |
| | 11–30 | | 881860 | 7407624000 |
| | 31–46,3 | | 1385780 | 11640552000 |
| Обрабатывающие производства | 5–10 | 13150 | 3947130 | 33155892000 |
| | 11–30 | | 9209970 | 77363748000 |
| | 31 53,5 | | 15788520 | 132623568000 |

Следует еще раз отметить, что расчеты были проведены с учетом принципа «осторожности» и являются достаточно пессимистичными, так как эффект посчитан лишь по небольшому количеству предприятий, вероятность внедрения ценозависимого управления на которых наиболее высока. При оценке экономического эффекта для ситуации 100 % распространения ценозависимого управления на промышленных предприятиях России размер экономии для энергосистемы будет в разы больше. Так, сокращение волатильности спроса только на части промышленных предприятий добывающего и обрабатывающего секторов экономики может высвободить серьезные резервы, в денежном эквиваленте составляющие от 50 до 150 млрд р. в год.

Проведенное исследование позволило получить ряд важных с теоретической и практической точек зрения результатов:

1. Учитывая специфику механизма формирования стоимости компонент затрат промышленного предприятия на электропотребление, предложен методический подход ценозависимого управления затратами на электропотребление, отличительной особен-

ностью которого является сопоставление ценовых параметров энергорынка с технологическими возможностями управления собственным спросом предприятия на электропотребление.

2. Разработаны три варианта стратегии реализации ценозависимого управления электропотреблением на промышленном предприятии. Возможность комплексного внедрения управления затратами по всем трем компонентам или последовательное поэтапное внедрение ценозависимого управления от одного компонента к другому обеспечивает универсальность и расширяет границы практического применения ценозависимого управления на всех типах промышленных предприятий вне зависимости от их масштаба и отраслевой принадлежности.

3. Анализ влияния различных факторов на экономическую эффективность внедрения ценозависимого управления затратами на электропотребление на промышленных предприятиях позволил констатировать, что основными из них являются: объем электропотребления, отраслевая принадлежность, особенности технологических процессов предприятия и тип выбранной стратегии реализации ценозависимого управления.

4. Проведенная апробация внедрения предложенного методического подхода на ряде промышленных предприятий России и расчет потенциального эффекта для энергосистемы страны в целом доказывают возможность получения существенных экономических выгод от практического применения ценозависимого управления затратами на электропотребление на всех уровнях экономики.

Вывод

Современные условия оптового и розничного рынков электроэнергии позволяют промышленным предприятиям посредством ценозависимого управления электропотреблением снижать затраты на покупку электроэнергии.

Преимуществами предлагаемого методического подхода ценозависимого управления затратами на электропотребление на промышленных предприятиях являются:

- возможность снижать затраты на электропотребление сразу по всем трем компонентам стоимости электроэнергии – электрической энергии, электрической мощности и услуг по передаче электроэнергии;
- инновационность, выраженная в подходе к управлению энергозатратами через управление графиками собственного спроса на электроэнергию на базе учета параметров энергорынка;
- универсальность предлагаемого решения и возможность его адаптации к любым типам промышленных предприятий, расположенных в любых регионах России;
- высокий экономический эффект для промышленных предприятий, величина которого может составлять от 5 до 50 % от стоимости электроэнергии;
- возможность получения экономического эффекта на всех уровнях экономики.

Таким образом, применение разработанной концепции ценозависимого управления электропотреблением на промышленных предприятиях позволяет комплексно управлять всеми существующими компонентами затрат на электропотребление, обуславливает получение значительного экономического эффекта и активизирует внутренние резервы для повышения энергоэффективности как на уровне самого предприятия, так и на уровне энергосистемы в целом.

Учитывая значительный потенциальный экономический эффект от внедрения ценозависимого управления электропотреблением на промышленных предприятиях, направления дальнейших исследований мы видим в разработке универсальных методик и алгоритмов внедрения предложенного методического подхода в рамках каждой из

разработанных стратегий реализации ценозависимого управления электропотреблением и в разработке организационного и информационного обеспечения их внедрения на промышленных предприятиях России.

Список литературы

1. Лебедев В., Рубанов И., Сиваков Д. Есть у реформы начало, нет у реформы конца // Эксперт. – 2012. – № 20 (803). URL: <http://expert.ru/expert/2012/20/est-u-reformyi-nachalo-net-u-reformyi-kontsa/> (дата обращения 15.09.2016).
2. Электроэнергетика: время сокращать издержки. Энергетический бюллетень Аналитического центра при правительстве РФ. – Июль 2016. – 28 с. URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/9764.pdf> (дата обращения 20.03.2017).
3. Отчет Министерства энергетики РФ «Итоги работы Министерства энергетики России и основные результаты функционирования ТЭК в 2015 году. Задачи на среднесрочную перспективу». URL: <http://minenergo.gov.ru/node/4436> (дата обращения 15.03.2017).
4. Диагностика и механизмы повышения энергетической безопасности России / А.А. Куклин, А.Л. Мызин, П.А. Пыхов, М.М. Потанин // Вестник забайкальского государственного университета. – 2013. – № 10. – С. 134–149.
5. Ерастов А.Е. Россия, США, Великобритания, страны Евросоюза: тренды политики энергосбережения. URL: <http://spbenergo.com/talk/2014-01-27-06-59-33.html> (дата обращения 12.03.2016).
6. Naeri H., Gage L., Jayaweera T. Assessment of Long-Term, System-Wide Potential for Demand-Side and other Supplemental Resources. – 163 p. URL: http://www.pacificorp.com/content/dam/pacificorp/doc/Energy_Sources/Demand_Side_Management/Demand_Side_Management.pdf (дата обращения 12.03.2016).
7. Pacificorp demand-side resource potential assessment for 2015–2034 // PacificCorp. V. 1–5. URL: <http://www.pacificorp.com/es/dsm.html> (дата обращения 12.03.2016).
8. Torriti J. Peak Energy Demand and Demand Side Response // 2016 – Routledge. 172 p. URL: <https://www.book2look.com/embed/9781317704478> (дата обращения 24.04.2017).
9. Demand-side management in China. Benefits, barriers, and policy recommendations / B. Finamore, H. Zhaoguang, L. Weizheng et al. // Natural Resources Defense Council. 2003. 86 p. URL: <http://www.nrdc.org/air/energy/chinadocs/dsm.pdf/> (дата обращения 05.12.2015).
10. Ceylon electricity board // DSM Objectives. URL: <http://www.ceb.lk/knowledge-center/> (дата обращения 06.12.2015).
11. Управление спросом на энергию. Уникальная инновация для российской электроэнергетики: монография / Л.Д. Гительман, Б.Е. Ратников, М.В. Кожевников, Ю.П. Шевелев. – М.: Экономика, 2013. – 120 с.
12. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е., Кожевников М.В. Управление спросом на электроэнергию: адаптация зарубежного опыта в России // Эффективное антикризисное управление. – 2013. URL: http://info.e-c-m.ru/magazine/76/eau_76_207.htm (дата обращения 05.12.2015).
13. Баев И.А., Соловьева И.А., Дзюба А.П. Региональные резервы энергоэффективности // Экономика региона. – 2013. – № 3. – С. 180–189.
14. Дятлов С.А., Селищева Т.А., Марьяненко В.П. Информационно-сетевая экономика: структура, динамика, регулирование. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 414 с.
15. Ледин С.С. Интеллектуальные сети Smart Grid – будущее российской энергетики // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2010. – № 11 (16). – С. 4–8.
16. Соловьева И.А., Дзюба А.П. Ценозависимое управление электропотреблением и энерозатратами на производственных объектах металлургического комплекса // Металлург. – 2017 – № 1. – С. 8–15.
17. International Energy Agency «Key word energy statistics». URL: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld_Statistics_2015.pdf (дата обращения 12.04.2017).
18. «Энергоэффективность в России: скрытый резерв». – 162 с. URL: http://www.cenef.ru/file/FINAL_EE_report_rus.pdf (дата обращения 20.02.2017).
19. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). Отчет «Потребление электроэнергии организациями добывающих, обрабатывающих производств, производства и распределения электроэнергии, газа и воды». URL: <https://www.fedstat.ru/opendata/7708234640-threathreaninatwoaseven> (дата обращения 24.03.2017).
20. Федяков И.В. Электроэнергетика: износ оборудования как системная проблема отрасли // Академия Энергетики. – 2013. – № 1. – С. 4–9.
21. Миролюбова Е. Тенденции генерирующего сектора электроэнергетики // Электроэнергия. Передача и распределение. URL: http://eepr.ru/article/Tendencii_generiruyushhego_sektora/ (дата обращения 04.12.2015).

22. Российский статистический ежегодник. 2016: Стат. сб. / Росстат. – М., 2016. – 725 с.
23. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). Отчет «Затраты на производство и реализацию продукции (товаров, работ, услуг) по крупнейшим базовым организациям по 2016 г.». URL: <https://www.fedstat.ru/opendata/7708234640-threeasevenazeroafiveatwo> (дата обращения 24.03.2017).

References

1. Lebedev V., Rubanov I., Sivakov D. Est u reformy nachalo, net u reformy kontsa [There is a beginning of reform, there is no end to the reform]. *Expert*, 2012, no. 20 (803). Available at: <http://expert.ru/expert/2012/20/est-u-reformyi-nachalo-net-u-reformyi-kontsa/> (accessed 15 September 2016).
2. Elektroenergetika: vremya sokrashchat izderzhki. *Energetichesky byulleten Analiticheskogo tsentra pri pravitelstve RF* [Electricity: time to cut costs. Energy Bulletin of the Analytical Center under the Government of the Russian Federation]. July 2016, p. 28. Available at: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/9764.pdf> (accessed 20 March 2017).
3. *Otchet Ministerstva energetiki RF «Itogi raboty Ministerstva energetiki Rossii i osnovnye rezultaty funkcionirovaniya TEK v 2015 godu. Zadachi na srednesrochnuyu perspektivu»* [The report of the Ministry of Energy of the Russian Federation «The results of the work of the Ministry of Energy of Russia and the main results of functioning of the fuel and energy complex in 2015. Challenges for the medium term»]. Available at: <http://minenergo.gov.ru/node/4436> (accessed 15 March 2017).
4. Kuklin A.A., Myzin A.L., Pykhov P.A., Potanin M.M. Diagnostika i mekhanizmy povysheniya energeticheskoy bezopasnosti Rossii [Diagnostics and Mechanisms for Enhancing Russia Energy Security]. *Bulletin of Transbaikal State University*, 2013, no. 10, pp. 134–149.
5. Erastov A.E. *Rossiya, SShA, Velikobritaniya, strany Evrosoyuza: trendy politiki energosberezheniya* [Russia, USA, UK, EU countries: trends in energy saving policy]. Available at: <http://spbenergo.com/talk/2014-01-27-06-59-33.html> (accessed 12 March 2016).
6. Haeri H., Gage L., Jayaweera T. *Assessment of Long-Term, System-Wide Potential for Demand-Side and other Supplemental Resources*. 163 p. Available at: http://www.pacificorp.com/content/dam/pacificorp/doc/Energy_Sources/Demand_Side_Management/Demand_Side_Management.pdf (accessed 12 March 2016).
7. Pacificorp demand-side resource potential assessment for 2015–2034. *PacifiCorp*. Vol. 1–5. Available at: <http://www.pacificorp.com/es/dsm.html> (accessed 12 March 2016).
8. Torriti J. *Peak Energy Demand and Demand Side Response. 2016 – Routledge*. 172 p. Available at: <https://www.book2look.com/embed/9781317704478> (accessed 24 April 2017).
9. Finamore B., Zhaoguang H., Weizheng L. Demand-side management in China. Benefits, barriers, and policy recommendations. *Natural Resources Defense Council*. 2003. 86 p. Available at: <http://www.nrdc.org/air/energy/chinadocs/dsm.pdf/> (accessed 5 December 2015).
10. *Ceylon electricity board. DSM Objectives*. Available at: <http://www.ceb.lk/knowledge-center/> (accessed 6 December 2015).
11. Gitelman L.D., Ratnikov B.E., Kozhevnikov M.B., Shevelev Yu.P. *Upravlenie sprosom na energiyu. Unikalnaya innovatsiya dlya rossiyskoy elektroenergetiki* [Energy demand side management. Unique innovation for Russian power industry: monograph]. Moscow, Economy, 2013. 120 p.
12. Gitelman L.D., Ratnikov B.E., Kozhevnikov M.V. *Upravlenie sprosom na elektroenergiyu: adaptatsiya zarubezhnogo opyta v Rossii* [Demand-side management: adaptation of foreign experience to Russian conditions]. *Effective Crisis Management*, 2013. Available at: http://info.e-c-m.ru/magazine/76/eau_76_207.htm (accessed 6 December 2015).
13. Baev I.A., Solovyova I.A., Dzyuba A.P. Regionalnye rezervy energoeffektivnosti [Regional reserves of energy efficiency]. *Economy of the region*, 2013, no. 3, pp. 180–189.
14. Dyatlov S.A., Selishcheva T.A., Marianenko V.P. *Informatsionno-setevaya ekonomika: struktura, dinamika, regulirovanie* [Informational networked economy: structure, dynamics, control]. Moscow, SRC INFRA-M, 2016. 414 p.
15. Ledin S.S. *Intellektualnye seti Smart Grid – budushchee rossiyskoy energetiki* [Intellectual networks Smart Grid is the future of the Russian power industry]. *Automation and IT in the energy sector*, 2010, no. 11 (16), pp. 4–8.
16. Solovyova I.A., Dzyuba A.P. *Tsenozavisimoe upravlenie elektropotrebleniem i enerozatratami na proizvodstvennykh obektakh metallurgicheskogo kompleksa* [Price demand management of power consumption and energy costs at industrial facilities of the metallurgical complex]. *Metallurg*, 2017, no. 1, pp. 8–15.

