

УДК 621.31:338.27+338.45:621.31

И.А. Соловьева¹*Южно-Уральский государственный университет,
г. Челябинск, Россия*

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ЦЕНОЗАВИСИМОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАТРАТАМИ НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Статья посвящена вопросам ценозависимого управления электропотреблением промышленных предприятий, осуществляющих покупку электроэнергии в рамках оптового и розничного рынков электроэнергии. На основе проведенного анализа особенностей функционирования предприятий в условиях инновационного вектора развития экономики автором обоснованы новые требования и принципы управления энергозатратами на промышленных предприятиях. Опираясь на разработанные принципы, предложен и описан подход интеллектуального ценозависимого управления затратами на электропотребление на промышленных предприятиях. 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 применения разработанного интеллектуального ценозависимого подхода к управлению затратами на электропотребление. Проведенная автором апробация позволяет констатировать существенные резервы снижения затрат на электропотребление для промышленных предприятий при использовании предложенного подхода. Преимуществом разработанного подхода является возможность его поэтапного внедрения в деятельность предприятия, начиная с одного двух электропотребляющих объектов и заканчивая комплексным внедрением. Результаты исследования имеют научную и практическую значимость и могут быть использованы в повседневной деятельности по 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.

Актуальность темы исследования

Анализ мирового энергобаланса показывает, что Россия является одним из крупнейших производителей топливно-энергетических ресурсов. По объемам производства ТЭР Россию опережают лишь Китай и США [1]. По объемам потребления ТЭР Россия также является лидером и третья в мире. Однако Россия тратит на производство 1\$ товаров в среднем в два раза больше электроэнергии, чем многие развитые

и даже развивающиеся страны. Электроемкость Китая и США почти на 30 % ниже российской. Германия, Италия и Бразилия тратят на единицу ВВП в два раза меньше, чем Россия, не говоря уже о таких развива-

¹ Соловьева Ирина Александровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов, денежного обращения и кредита Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета), г. Челябинск, Россия (454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76); e-mail: dubskih@mail.ru.

ющихся странах, как Сингапур, Мексика и Индонезия, которые на единицу валового дохода расходуют в три раза меньше электроэнергии, чем Россия. Наглядно сложившаяся ситуация высокой электроемкости России представлена на карте электроемкости (рис. 1). Таким образом, очевидны явное недоиспользование Россией своего электроэнергетического потенциала и актуальность вопросов повышения энергоэффективности в отечественной экономике.

Появление в России конкурентного рынка, основное назначение которого состоит в возникновении системной мотивации для повышения эффективности энергетических компаний, предусматривает постепенный

рост цен и возврат инвестиционных вложений собственников генерирующих компаний, что повышает актуальность рационального энергопользования и привлекает внимание для дальнейших действий в направлении повышения энергоэффективности и стремлению потребителей снижать свои затраты на энергоресурсы. Кроме того, основным импульсом к энергосбережению в России стало признание в 2008 году энергоэффективности в качестве стратегического приоритета со стороны Президента России [1]. Одной из стратегических задач страны является сокращение к 2020 году электроемкости отечественной экономики на 40 % по сравнению с уровнем 2007 года

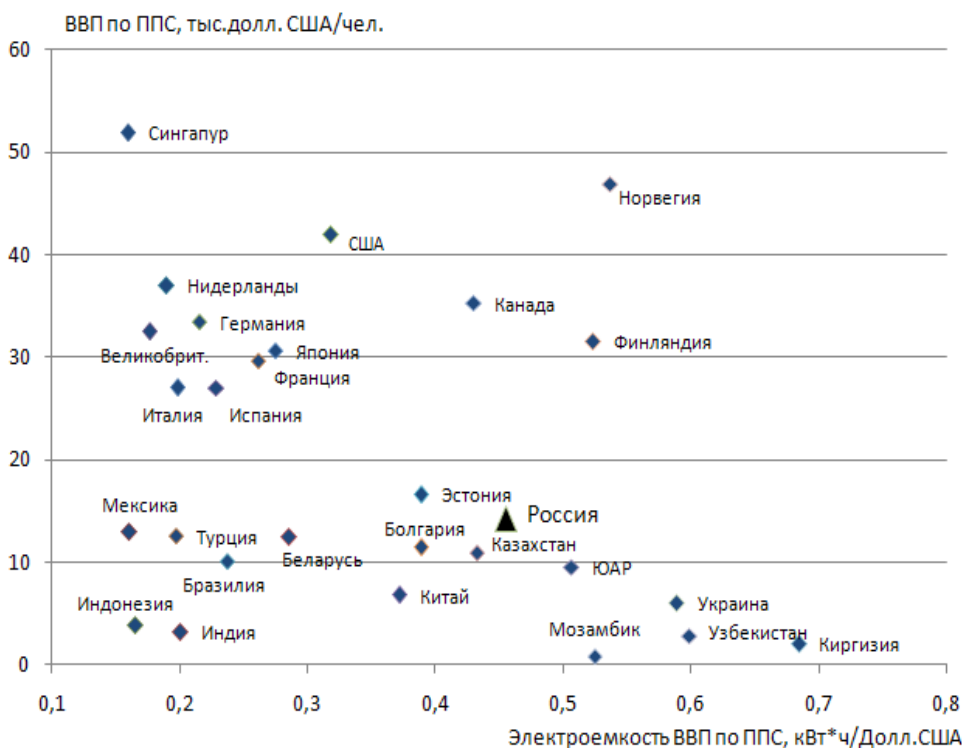


Рис. 1. Подушевой ВВП (по ППС) и электроемкость ВВП (по ППС) в России и других странах мира²

² Key world energy statistics 2013. International Energy Agency. 82 p. URL: www.iea.org/books.

и обеспечение рационального и экологически ответственного использования энергии и энергетических ресурсов [2]. Все это послужило толчком к стремительному развитию в России с 2009 года стратегий и норм регулирования в сфере повышения энергоэффективности как на уровне государства, так и на уровне промышленных предприятий, которые являются основной группой потребителей энергоресурсов.

Одним из важнейших направлений повышения энергоэффективности промышленных предприятий является сокращение доли и величины затрат на потребление энергетических ресурсов, основную часть которых составляет электрическая энергия.

В последнее десятилетие одним из ключевых трендов развития электроэнергетических комплексов передовых стран мира является внедрение технологий Smart grid, которые рассматриваются в качестве одного из элементов стратегической модернизации и инновационного развития национальных экономик. Smart grid – это модернизированные сети электроснабжения, которые используют информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, что позволяет повышать устойчивость производства и распределения электроэнергии, надежность и эффективность работы всей энергосистемы [2]. Такие технологии в развитых странах лежат в основе ценозависимого управления энергозатратами, то есть гибкого управления собственным спросом на потребление электроэнергии на основе реакции на ценовые сигналы рынка электрической энергии с целью минимизации затрат на оплату электроэнергии.

Основная масса исследований в области ценозависимого управления электропотреблением принадлежит ученым из США и Европы [4–8]. Большая часть данных исследований посвящена разработке концеп-

ции и политики стимулирования конечных потребителей к снижению графиков собственного спроса. Среди отечественных исследований наибольший вклад в разработку вопросов управления спросом на электропотребление принадлежит профессору Л.Д. Гительману [9–11], работы которого посвящены вопросам адаптации зарубежного опыта механизмов управления спросом для российского рынка электроэнергии.

Однако среди отечественных и зарубежных исследований отсутствуют работы, посвященные разработке конкретных практически применимых моделей управления графиками спроса на электропотребление конечных потребителей электроэнергии, адаптированных к условиям современного энергорынка [12].

Необходимость использования новых методов и подходов к управлению энергозатратами подтверждается не только новыми условиями функционирования энергорынка в России, но и необходимостью учета в моделях управления особенностей современной экономики, основным вектором которой является инновационное развитие.

Методология исследования

Всего несколько десятилетий назад инновационная экономика была одной из составных частей современной экономики, ее сектором. На сегодняшний же день экономика развитых стран является инновационной полностью и именно инновационность экономики является залогом конкурентоспособности и рыночного лидерства. С нашей точки зрения, все современные системы управления должны учитывать особенности современного этапа развития экономики, что, в свою очередь, будет способствовать более быстрому процессу адаптации к новым условиям хозяйствования и являться основой экономического роста и эффективности экономической системы [13–17].

Проведенное исследование теоретико-методологических основ инновационной экономики позволяет констатировать, что инновационная экономика принципиально отличается от экономики индустриальной. Обобщая результаты проведенного анализа, можно выделить следующие характерные черты инновационной экономики и требования к современной системе управления предприятием:

1. Базис инновационной экономики – экономика знаний, которая выдвигает новые требования к информации и знаниям, необходимым для эффективной работы предприятий и новым принципам обучения, подбора и управления персоналом.
2. Повсеместное использование передовых информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Именно уровень использования современных ИКТ на всех уровнях управления и во всех бизнес-процессах предприятия является основной предпосылкой устойчивого экономического роста и повышения конкурентоспособности предприятий в современных условиях.
3. Гибкость, крайне высокий уровень динамизма и неопределенности. Высокая скорость изменения рыночной конъюнктуры и условий хозяйствования обуславливает необходимость использования в управленческом процессе гибких механизмов и методов, позволяющих быстро адаптировать систему управления к изменяющимся условиям и учитывать высокий уровень неопределенности и рисков при принятии управленческих решений.
4. Наличие высокого уровня конкуренции на всех уровнях экономической системы. Условия гиперконкуренции обуславливают необходимость

поиска все новых методов конкурентной борьбы и новых подходов к поиску и реализации конкурентных преимуществ. При этом все большая роль отводится не только повышению качества самого продукта, но и качеству всех локальных бизнес-процессов и особенно оптимизации процессов управления.

5. Взаимовыгодное взаимодействие государства и частных предприятий по выводу экономики на принципиально новый уровень информационно-сетевое развитие. Новые подходы и принципы построения управленческих систем должны максимально учитывать баланс интересов государства и промышленного предприятия и способствовать максимизации экономических эффектов на всех уровнях.

Выявленные характерные черты инновационной экономики и наличие новых требований к системам управления экономическими объектами, в том числе промышленным предприятием, позволили нам сформулировать ряд принципов, которые должны лежать в основе управления промышленным предприятием в целом и отдельными его бизнес-процессами в современных инновационных условиях (табл. 1).

Как уже отмечалось выше, выявленные характерные черты инновационной экономики должны лежать в основе подходов, механизмов и методов управления промышленным предприятием в условиях инновационного развития. Реализация этих требований возможна при условии интеграции разработанных нами принципов управления промышленным предприятием в принципы управления отдельными объектами управления. Так, мы считаем, что для повышения энергетической эффективности работы промышленных предприятий разработанные принципы управления в условиях

Таблица 1

Принципы управления промышленным предприятием в условиях
инновационного развития

Характерная черта инновационного развития (инновационной экономики)	Принцип управления	Содержание принципа
Повсеместное распространение ИКТ	Принцип прогрессивности	Система управления должна по возможности использовать ИКТ на всех этапах управления (анализ, планирование, организация, контроль)
Наличие высокоуровня конкуренции (гиперконкуренция)	Принцип комплексности и непрерывности создания конкурентных преимуществ	Система управления должна быть настроена на постоянный поиск и реализацию резервов повышения конкурентоспособности по всем аспектам работы промышленного предприятия (ресурсы, производство, затраты, сбыт, управление и т. д.)
Гибкость, динамизм и высокий уровень неопределенности	Принцип гибкости. Принцип вариации	Система управления должна характеризоваться высоким уровнем гибкости, мобильности и адаптивности к меняющимся условиям среды. Кроме того, управление должно обеспечивать вариативность управленческих решений и возможность высокой скорости переключения от одного варианта решений к другому
Высокая значимость знаний и «качества» человеческого капитала	Принцип эффективности использования человеческих ресурсов и информации	В современной системе управления особое внимание должно уделяться вопросам подбора и оценке качества работы персонала, вопросам формирования, оценки рисков и эффективности работы команды при реализации проектов, вопросам квалификации экспертов и оценке качества экспертных оценок, используемых в управлении
Рост взаимосвязи государства и предприятия	Принцип системности. Принцип комплексности и баланса интересов	Система управления должна учитывать возможности внешней среды, комплексно оценивать интересы всех внутренних и внешних участников производственного процесса, максимально соблюдая баланс их интересов при условии максимизации экономических эффектов как для предприятия, так и для государства

инновационного развития необходимо использовать при управлении энергозатратами на промышленном предприятии.

Согласно описанным особенностям инновационной экономики, вытекающим из них новым требованиям к системе управления и разработанными принципами, система методов управления энергозатратами на промышленном предприятии должна характеризоваться:

- использованием ИКТ на всех этапах (функциях) управления (анализ, планирование, организация, контроль);
- направленностью на рост конкурентоспособности предприятия через сокращение затрат на энергоресурсы в натуральном и стоимостном выражении;
- высоким уровнем гибкости, динамизма и вариативности управленческих решений в области управления энергозатратами в краткосрочной перспективе;
- учетом высокого уровня неопределенности при планировании энергозатрат и при реализации проектов в области повышения энергоэффективности;
- возможностью подбора эффективных сотрудников и их команд для управления энергозатратами и реализации проектов по повышению энергоэффективности;
- обеспечением высокого качества информации, в том числе экспертных оценок, используемых в процессе управления;
- учитывать возможности и угрозы внешней среды, интересы всех участников и специфические риски при разработке, оценке и реализации проектов по повышению энергоэффективности;
- обеспечением роста энергоэффективности как на уровне промыш-

ленного предприятия, так и на мезоуровне.

Опираясь на принципы управления промышленным предприятием в инновационных условиях и на требования, предъявляемые к методам управления энергозатратами, нами разработан комплекс методов, использование которых позволяет сократить все компоненты затрат на покупку электроэнергии. На сегодняшний день стоимость электроэнергии для промышленных предприятий России состоит из трех основных структурных компонент: электрической энергии, электрической мощности и оплаты 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 управлению через управление суточным графиком электропотребления (управлении спросом), отправными точками которого являются учет внутренних технологических параметров и рыночных сигналов энергосистемы. Гибкая и оперативная реакция внутренних параметров работы предприятия и стратегии поведения на оптовом рынке электроэнергии на сигналы рыночной среды позволяет реализовать в российских условиях мировой тренд ценозависимого управления спросом на электропотребление. Рассмотрим подробнее авторские методы ценозависимого управления каждым компонентом затрат на электропотребление.

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 величин обязательств

по оплате каждого элемента затрат имеет свои принципы, правила и особенности.

Компонент «электрическая энергия».

Расчет величины обязательств по оплате электрической энергии производится на основе произведения почасовых цен рынка на сутки вперед (PCB) и объемов соответствующего почасового электропотребления. Цены в периоды ночных часов и цены в периоды часов суточного максимума могут отличаться друг от друга более чем в два раза. Также цены PCB серьезно варьируются между рабочими и выходными днями. 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. Более подробно метод прогнозирования рыночных параметров описан в работах [18, 19].

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).

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

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-й и 6-й ценовой категории покупки электроэнергии в рамках розничного рынка. Исследованию управлению затратами на электропотребление в секторе $\sum_m \Pi_{БР}$ авторами посвящен цикл трудов [18–20].

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

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.

Компонент «Электрическая мощность». Величина обязательств по оплате электрической мощности формируется для каждого календарного месяца на основе почасового графика электропотребления каждого участника. Величина обязательств 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. Таким образом, величина обязательств по покупке электрической мощности зависит не от собственного суточного максимума электропотребления потребителя электроэнергии, а от часа суточного максимума региональной энергосистемы. Час суточного максимума для энергосистемы определяется только для рабочих дней расчетного месяца и всегда попадает на один из 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 [18, 20].

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).

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

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 .

$$VP_m = \frac{\sum_{\text{раб},m} W'_{t_{\text{max_регион}}}}{n_{\text{раб},m}}, \quad t = t_{\text{max_регион}}, \quad (4)$$

где W' – 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 .

$$t_{\text{max_регион}} \in T_{\text{пик_CO}},$$

где $T_{\text{пик_CO}}$ – интервалы плановых часов пиковой нагрузки, утверждаемые 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.

Компонент «Услуги по передаче».

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 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 предприятием 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. Так как плановые часы пиковой нагрузки известны потребителям на год вперед, управление этим компонентом стоимости существенно облегчается.

Таким образом, ценозависимое управление позволит промышленным предприятиям сгладить собственные пики энергонагрузки и сократить величину обязательств по оплате услуг по передаче электроэнергии. Затраты на оплату компоненты «услуги по передаче» можно рассчитать по формулам (6–9), а эффект от использования ценозависимого управления – по формуле (10).

$$SD2_m = SD2_m^{\text{Содерж}} + SD2_m^{\text{Техн_расход}}, \quad (6)$$

где $SD2_m$ – стоимость услуг по передаче электроэнергии для промышленного предприятия по двухставочному тарифу в месяце m ;

$SD2_m^{\text{Содерж}}$ – стоимость услуги по передаче электроэнергии по двухставочному тарифу, учитывающему стоимость содержания электрических сетей в месяце m , (кВт·мес.);

$SD2_m^{\text{Техн_расход}}$ – стоимость услуги по передаче электроэнергии по двухставочному тарифу, учитывающему стоимость технологического расхода (потерь) в электрических сетях в месяце m , (кВт·ч) (7).

$$SD2_m^{\text{Содерж}} = T_m^{\text{Содерж}} \cdot VD2_m, \quad (7)$$

где $T_m^{\text{Содерж}}$ – ставка тарифа за содержание электрических сетей в месяце m ;

$VD2_m$ – величина, принимаемая для расчета обязательств по оплате за содержание электрических сетей, в месяце m (8).

$$VD2_m = \frac{\sum_{\text{раб}, m} \max(W_{T_{\text{пик_CO}}^t})}{n_{\text{раб}, t}}, \quad (8)$$

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 (9).

$$SD2_m^{\text{Техн_расход}} = T_m^{\text{Техн_расход}} \cdot \sum_m W, \quad (9)$$

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 (10).

$$\Delta SD2_m = SD2_m - SD2'_m, \quad (10)$$

где $\Delta SD2_m$ – экономия затрат на оплату стоимости услуг по передаче от ценозависимого управления электропотреблением;

$SD2_m$ – затраты на оплату стоимости услуг по передаче до применения ценозависимого управления электропотреблением;

$SD2'_m$ – 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).

$$S_m = (SP_m + SW_m + SD2_m) = f(W_t). \quad (11)$$

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. Обобщенно предлагаемый комплекс методов ценозависимого управления затратами на электропотребление промышленного предприятия представлен на рис. 2.

Практическая реализация предложенного комплекса методов в ежедневную работу

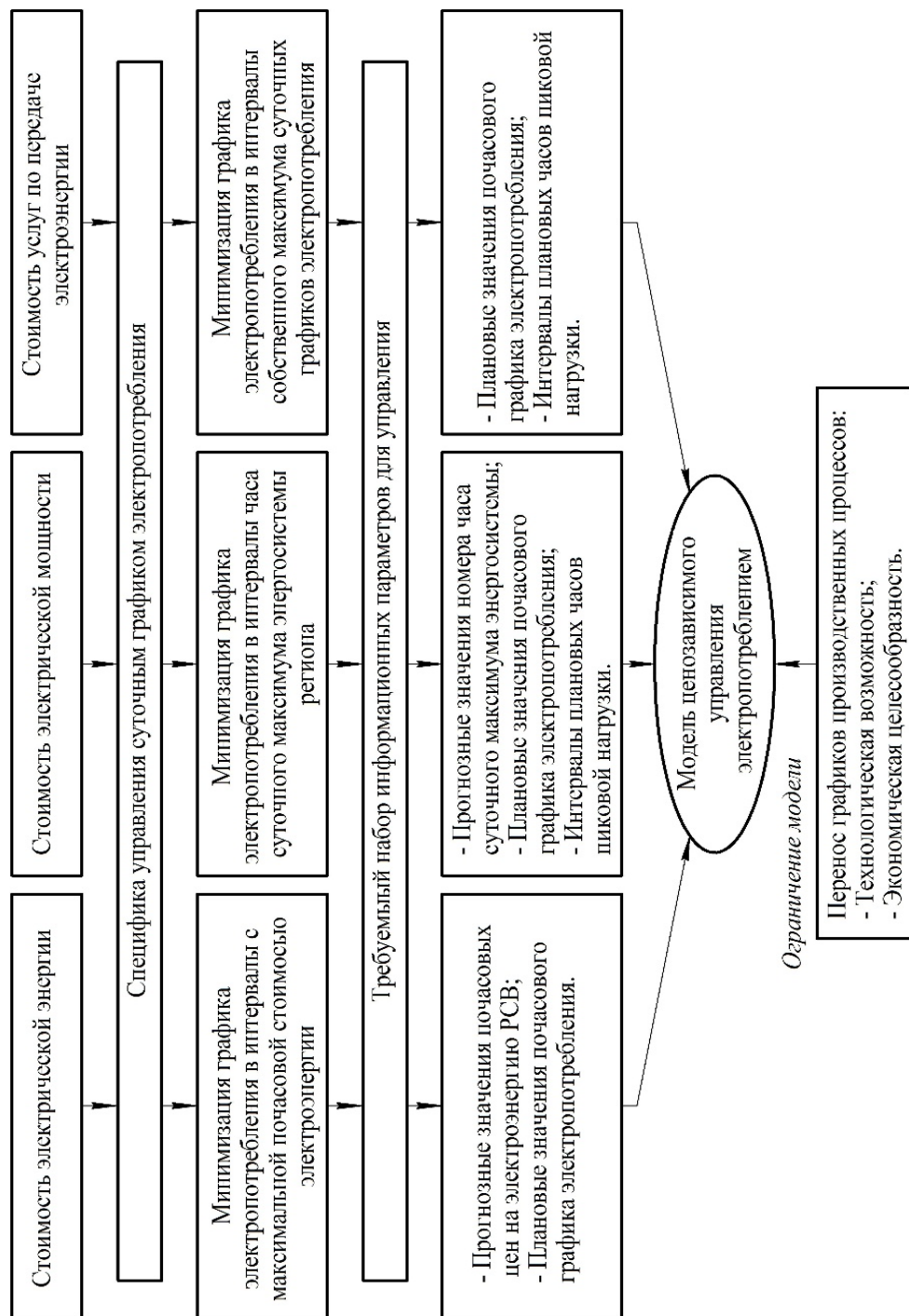


Рис. 2. Модель ценозависимого управления электропотреблением промышленного предприятия

промышленных предприятий осложняется необходимостью внедрения современных информационно-коммуникационных технологий. Схема информационного обеспечения интеллектуального ценозависимого управления потреблением электрической энергии проиллюстрирована на рис. 3.

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

Апробация результатов исследования

На базе данных электропотребления системы вентиляции электросталеплавильного цеха металлургического завода г. Челябинска приведем пример снижения затрат на покупку электроэнергии за счет применения предложенного комплекса методов ценозависимого управления затратами на электропотребление.

Вентиляционная установка рассматриваемого цеха имеет потребляемую мощность равную 2 000 кВт. График электропотребления установки является неизменным, режим работы круглосуточным. Проведем покомпонентный расчет стоимости покупки электроэнергии для вентиляционной установки на примере ценовых показателей оптового рынка электроэнергии Челябинской области за январь 2016 года. Величина

затрат цеха на электропотребление вентиляционной установкой в целом и в покомпонентной разбивке представлена в табл. 2.

На рис. 4 представлен пример графика электропотребления, сформированного до и после применения разработанного комплекса методов автоматизированного ценозависимого управления.

Как видно на графике, до применения ценозависимого управления график электропотребления был постоянным с ежечасным значением, равным 2 МВт. После применения разработанного подхода почасовой график электропотребления снизился с 2 МВт до 1,2 МВт. Снижение графика произошло в периоды плановых часов пиковой нагрузки, которые в январе 2016 года для Челябинской области были 8:00–12:00 ч и 16:00–21:00 ч (время московское).

Для представленного примера час суточного максимума электропотребления региона сформировался в интервалах с 11:00–12:00 ч. Поэтому снижение нагрузки электропотребление в данном интервале с 2 МВт до 0,5 МВт позволяет сократить величину обязательств по оплате электрической мощности.

Величина электропотребления, сниженная в периоды плановых часов пиковой нагрузки, была равномерно перераспределена на периоды 22:00–07:00 ч, что привело к увеличению электропотребления для данных периодов с 2 МВт до 2,95 МВт.

Указанное снижение позволяет сократить величину обязательств по оплате всех компонентов электроэнергии (табл. 3).

Таким образом, для рассмотренного примера общая экономия от применения предложенного подхода автоматизированного ценозависимого управления составляет 29 %, что в абсолютном выражении составляет более 1,3 млн руб. с НДС в месяц. В покомпонентной разбивке стоимость электрической энергии сократилась на 4,4 %, электрической мощности – на 75 %, услуг по передаче – на 29 %.

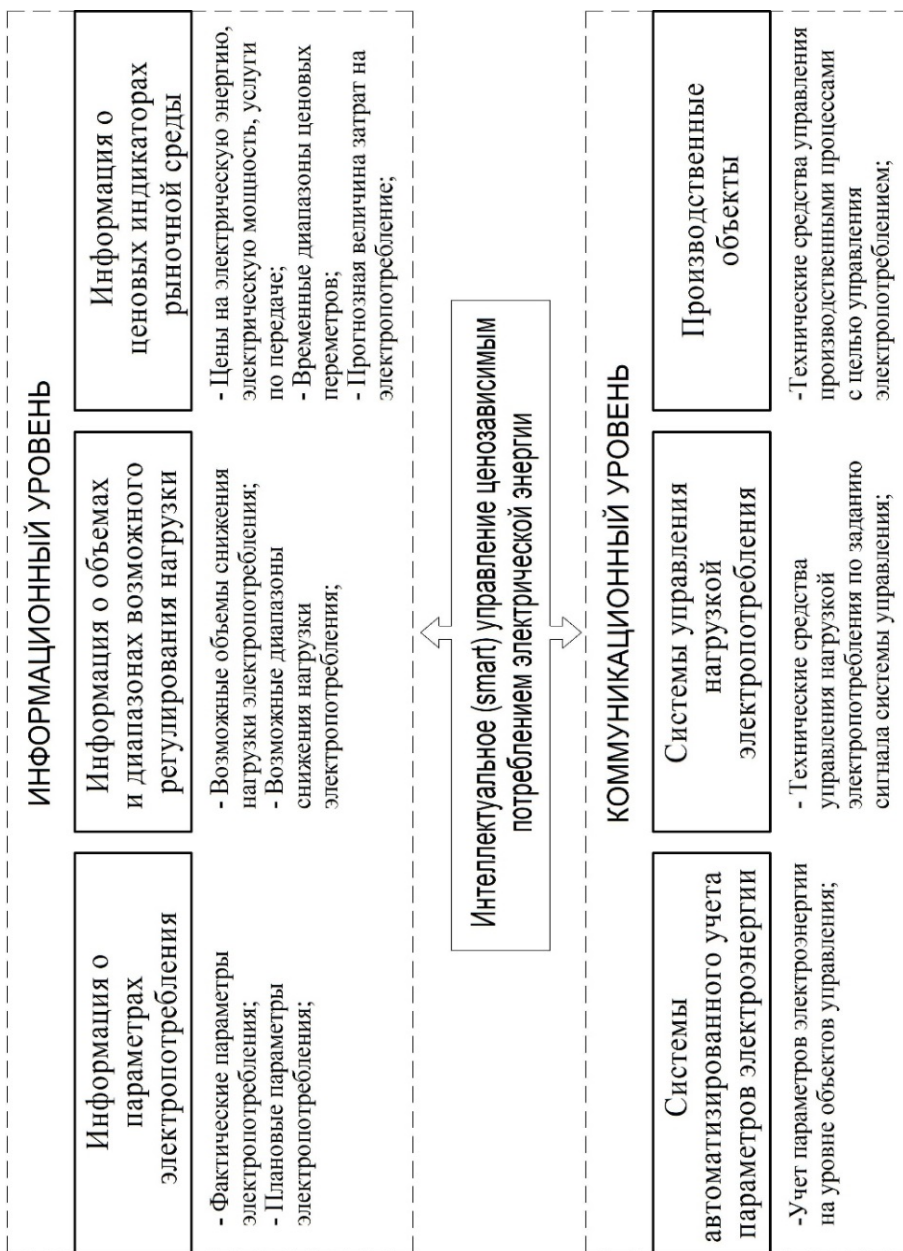


Рис. 3. Схема информационного обеспечения интеллектуального ценозависимого управления потреблением электрической энергии промышленного предприятия

Таблица 2

Покомпонентная разбивка затрат на электропотребление

Показатель	Значение
Стоимость электрической энергии за январь	$SW_m = 1\,552\,562$ руб.
Месячный тариф на электрическую энергию	$T_w = \frac{1\,552\,562}{1\,448\,000} = 1,043$ руб./кВтч
Стоимость электрической мощности для рассматриваемого месяца	$SP_m = 2\text{ МВт} \cdot \text{мес} \times 410\,650,67$ руб. = 821 321,14 руб.
Тариф на электрическую мощность для рассматриваемого месяца	$T_p = \frac{821\,321,14}{1\,448\,000} = 0,137$ руб./кВт · ч
Месячная стоимость услуг по передаче электроэнергии	$SD2 = (2 \times 548\,447,77) + (1\,488 \times 291,23) = 1\,530\,245,78$ руб.
Месячный тариф услуг по передаче электроэнергии	$T_{SD2} = \frac{1\,530\,245,78}{1\,448\,000} = 1,028$ руб./кВтч
Итоговая месячная стоимость электроэнергии	$Sm = 1287\,656 + 821\,321,14 + 1\,530\,245,78 = 3\,639\,222,6$ руб.
Месячный тариф электроэнергии	$Tm = \frac{3\,639\,222,6}{1\,448\,000} = 2,445$ руб./кВт · ч

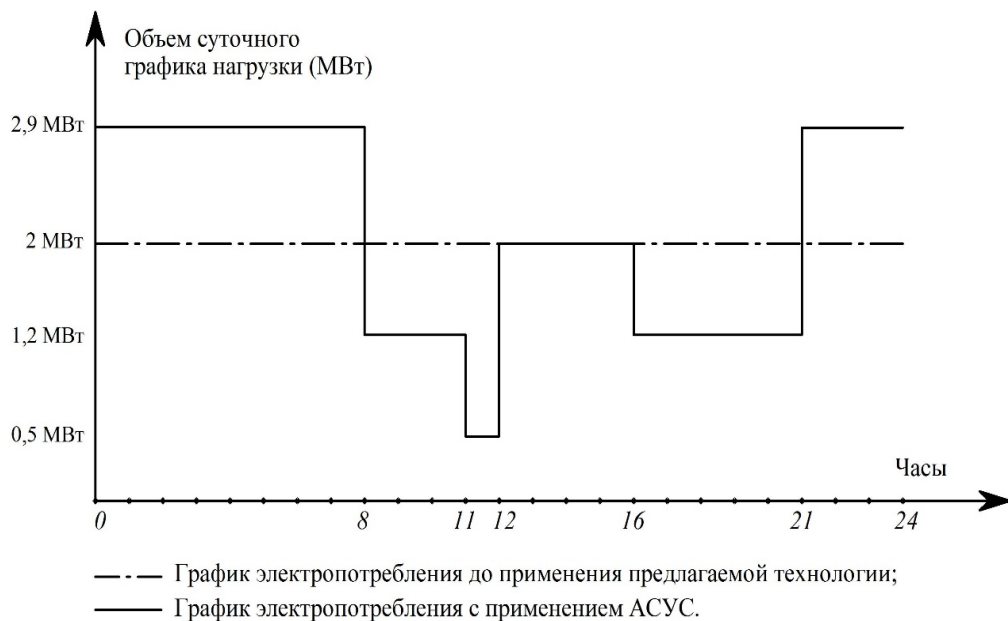


Рис. 4. График электрических нагрузок до и после применения управленческих решений на базе интеллектуального ценозависимого управления затратами на электропотребление

Экономический эффект от применения описанной технологии интеллектуально-ценозависимого потребления электрической энергии может достигать до 50 % от затрат на электропотребление объекта управления, что в масштабах отдельных промышленных предприятий может составить нескольких десятков или даже сотен миллионов рублей ежемесячно.

Заключение

Современные условия оптового и розничного рынков электроэнергии дают возможность промышленным предприятиям посредством ценозависимого управления электропотреблением самостоятельно снижать свои затраты на покупку электроэнергии. С учетом современных условий

инновационного развития экономики нами был разработан комплекс методов управления затратами на электропотребление промышленных предприятий, базирующийся на использовании современных информационно-коммуникационных технологий, совершенствовании процессов прогнозирования сигналов рыночной среды и направленный на рост конкурентоспособности промышленных предприятий. Применение разработанной модели ценозависимого управления электропотреблением позволяет комплексно управлять всеми существующими компонентами затрат на электропотребление:

1) стоимость электрической энергии за счет снижения общей величины электропотребления, а также переноса нагрузки с

Таблица 3

Покомпонентная разбивка затрат на электропотребление

Показатель	Значение
Стоимость электрической энергии за январь	$SW_m = 1\,484\,586$ руб.
Месячный тариф на электрическую энергию	$T_w = \frac{1\,484\,586}{1448000} = 0,997$ руб./кВт·ч
Стоимость электрической мощности для рассматриваемого месяца	$SP_m = 0,5$ МВт·мес \times 410 650,67 руб. = 205 330,2 руб.
Тариф на электрическую мощность для рассматриваемого месяца	$T_p = \frac{205\,330,2}{1448000} = 0,137$ руб./кВт·ч
Месячная стоимость услуг по передаче электроэнергии	$SD_2 = (1,2 \times 548\,447,77) + (1\,488 \times 291,23) = 1\,091\,487,56$ руб.
Месячный тариф услуг по передаче электроэнергии	$T_{SD_2} = \frac{1\,091\,487,56}{1448000} = 0,734$ руб./кВт·ч
Итоговая месячная стоимость электроэнергии	$Sm = 1484\,586 + 205\,330,2 + 1091\,487,5 = 2\,781\,403,8$ руб.
Месячный тариф электроэнергии	$Tm = \frac{2\,781\,403,8}{1448000} = 1,869$ руб./кВт·ч

интервалов суток с более дорогой электрической энергией;

2) стоимость электрической мощности за счет снижения расчетной величины обязательств по оплате электрической мощности на розничных либо оптовых рынках;

3) стоимость услуг по передаче электроэнергии за счет снижения расчетной величины обязательств по оплате услуг, рассчитываемых на основе электропотребления в плановые часы пиковой нагрузки.

Реализация модели ценозависимого управления возможна лишь в условиях наличия большого объема информации, автоматизированных систем сбора и обработки данных и грамотных специалистов в области энергоменеджмента.

Особенностью предлагаемого подхода является его интеллектуальная основа, по-

зволяющая в автоматизированном режиме гибко выполнять управление затратами на электропотребление без значительных временных затрат со стороны персонала предприятия. Кроме того, такой подход не имеет ограничений в развитии его применения и может быть адаптирован под индивидуальные особенности объекта управления.

Таким образом, научная и практическая значимость разработанного подхода интеллектуального ценозависимого управления затратами на электропотребление заключается в возможности существенно снижать затраты на электропотребление по всем компонентам стоимости (стоимость электроэнергии, стоимость электрической мощности, стоимость услуг по передаче).

Список использованных источников

1. Программа модернизации электроэнергетики России на период до 2020 года / ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского» ; под рук. акад. РАН Э.П. Волкова. М., 2011. 244 с.
2. Лебедев В., Рубанов И., Сиваков Д. Есть у реформы начало, нет у реформы конца // Эксперт. 2012. № 20 (803) [Электронный ресурс]. URL: <http://expert.ru/expert/2012/20/estu-reformyi-nachalo-net-u-reformyi-kontsa/>.
3. Ерастов А.Е. Россия, США, Великобритания, страны Евросоюза: тренды политики энергосбережения [Электронный ресурс]. URL: <http://spbenergo.com/talk/2014-01-27-06-59-33.html>.
4. Energy Conservation and Demand Management Program. Queensland Government // Queensland Government. 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.climatechange.qld.gov.au/pdf/factsheets/1energy-b1.pdf>.
5. Haeri H., Gage L., Jayaweera T. Assessment of Long-Term, System-Wide Potential for Demand-Side and Other Supplemental Resources [Электронный ресурс]. URL: http://www.pacificorp.com/content/dam/pacificorp/doc/Energy_Sources/Demand_Side_Management/Demand_Side_Management.pdf.
6. International Energy Agency Demand Side Management Energy Efficiency [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ieadsm.org/>.
7. Pacificorp demand-side resource potential assessment for 2015-2034. Vol. 1–5 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pacificorp.com/es/dsm.html>.
8. Torriti J. Peak Energy Demand and Demand Side Response. Routledge,

2016. 172 р. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.book2look.com/embed/9781317704478>.
9. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е., Кожевников М.В., Шевелев Ю.П. Управление спросом на энергию. Уникальная инновация для российской электроэнергетики : монография. Екатеринбург, 2013. 120 с.
 10. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е., Кожевников М.В. Управление спросом на электроэнергию: адаптация зарубежного опыта в России // Эффективное антикризисное управление. 2013. № 1 [Электронный ресурс]. URL: http://info.e-c-m.ru/magazine/76/eau_76_207.htm.
 11. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е. Экономика и бизнес в электроэнергетике : междисциплин. учебник. М.: Экономика, 2013. 432 с.
 12. Баев И.А., Соловьева И.А., Дзюба А.П. Актуальные задачи внедрения системы управления спросом на электропотребление в // Вестник науки Сибири. 2015. № 4 (19). С. 116–129.
 13. Исмаилов Т.А., Гамидов Г.С. Инновационная экономика — стратегическое направление развития России в XXI веке // Инновации. 2003. № 1. С. 34–38.
 14. Максимов Н.Н. Основные принципы и задачи инновационной деятельности организаций в современных условиях // Молодой ученый. 2013. № 10. С. 344–347.
 15. Дятлов С.А., Селищева Т.А., Марьяненко В.П. Информационно-сетевая экономика: структура, динамика, регулирование. М., 2016. 414 с.
 16. Брун М. Гиперконкуренция: характерные особенности, движущие силы и управление [Электронный ресурс]. URL: http://vasilieva.narod.ru/ptpu/20_3_98.htm.
 17. Smith C. The Merlin Factor: Leadership and Strategic Intent // London Business School Strategy Review. 1994. Vol. 5, Is. 1. P. 67–84.
 18. Баев И.А., Соловьева И.А., Дзюба А.П. Эффективность управления затратами на покупку электроэнергии промышленным предприятием // Экономика, управление и инвестиции. 2014. № 2(4) [Электронный ресурс]. URL: <http://euii-journal.ru/24-43>.
 19. Соловьева И.А., Дзюба А.П. Показатели рыночной среды в прогнозировании электропотребления // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2013. Т. 7, № 3. С. 47–57.
 20. Соловьева И.А., Дзюба А.П. Стратегия управления затратами на электропотребление промышленного предприятия // Проблемы обеспечения безопасного развития современного общества : материалы IV Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2014. С. 47–57.

Solovyeva I.A.*South Ural State University (National Research University)**Chelyabinsk, Russia*

INTELLECTUAL PRICE-DEPENDENT COST MANAGEMENT OF ELECTRICITY CONSUMPTION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Abstract. The article is devoted to the problems of price-dependent management of energy consumed by industrial enterprises which are involved in purchasing energy in the wholesale and retail energy markets. On the basis of analysis of functioning of enterprises in the conditions of innovative development of the economy, the author substantiates new requirements and principles of energy management in industrial enterprises. Based on the proposed principles, the author proposes an intellectual price-dependent approach to cost management of electricity consumption of industrial enterprises. A distinctive feature of the proposed approach is its intellectual foundation and focus on the reduction of the cost of electricity consumption for all three components of the cost of electricity (cost of electricity, cost of capacity, cost of transmission services). The article provides an analysis of forming the mandatory value to be paid with regard to each component of the cost of energy. Ways and time intervals for managing demand for electric power have been identified in order to minimize the mandatory value to be paid energy. In addition, the article provides a description of the developed elements of the information support of the process of application of the developed intellectual price-dependent approach to cost management of electricity consumption. The trial application of the proposed approach confirms the existence of substantial reserves of the reduction of the cost of electricity consumption when using price-dependent management approach. An advantage of the developed approach is the possibility of its phased implementation in business, starting with one or two facilities consuming electricity and on to complex implementation. The results of the study have scientific and practical significance and can be used when performing everyday purchases of electricity by industrial enterprises regardless of their size and activity.

Key words: cenotaphium energy consumption; energy consumption; production efficiency; energy efficiency; modeling; management; conditions of innovative development; innovative economy.

References

1. Russia's Power Sector Modernization Program through to 2020. (2011). Moscow, Kzhizhanovsky Energy Institute.
2. Lebedev, V., Rubanov, I., Sivakov, D. (2012). Est' u reformy nachalo, net u reformy kontsa [A reform has a beginning, but it has no end]. *Ekspert [Expert]*, No 20 (803). Available at: <http://expert.ru/expert/2012/20/est-u-reformyi-nachalo-net-u-reformyi-kontsa/>.
3. Erastov, A.E. (2014). *Rossia, SShA, Velikobritaniia, strany Evrosoiuza: trendy politiki energosberezheniia [Russia, the USA, Great Britain, the EU: trends in energy conservation policy]*. Available at: <http://spbenergo.com/talk/2014-01-27-06-59-33.html>.
4. Energy Conservation and Demand Management Program. Queensland Government (2010). *Queensland Government*. Available at:

- <http://www.climatechange.qld.gov.au/pdf/factsheets/1energy-b1.pdf>.
5. Haeri, H., Gage, L., Jayaweera, T. *Assessment of Long-Term, System-Wide Potential for Demand-Side and Other Supplemental Resources*. Available at: http://www.pacificorp.com/content/dam/pacificorp/doc/Energy_Sources/Demand_Side_Management/Demand_Side_Management.pdf.
 6. International Energy Agency Demand Side Management Energy Efficiency. Available at: <http://www.ieadsm.org/>.
 7. Pacificorp demand-side resource potential assessment for 2015-2034, Vol. 1–5. Available at: <http://www.pacificorp.com/es/dsm.html>.
 8. Torriti, J. (2016). *Peak Energy Demand and Demand Side Response*. Routledge, 172. Available at: <https://www.book2look.com/embed/9781317704478>.
 9. Gitel'man, L.D., Ratnikov, B.E., Kozhevnikov, M.V., Shevelev, Iu.P. (2013). *Upravlenie sprosom na energiiu. Unikal'naiia innovatsiia dlia rossiiskoi elektroenergetiki [Demand-side management. A unique innovation for the Russian electric power sector]*. Ekaterinburg.
 10. Gitel'man, L.D., Ratnikov, B.E., Kozhevnikov, M.V. (2013). Upravlenie sprosom na elektroenergiu: adaptatsiia zarubezhnogo opyta v Rossii [Demand-side management: adaptation of foreign experience to Russian conditions]. *Effektivnoe antikrizisnoe upravlenie (Effective Crisis Management)*, No 1. Available at: http://info.e-c-m.ru/magazine/76/eau_76_207.htm.
 11. Gitel'man, L.D., Ratnikov, B.E. (2013). *Ekonomika i biznes v elektroenergetike [Economics and business in the electric power sector]*. Moscow, Ekonomika.
 12. Baev, I.A., Solov'eva, I.A., Dziuba, A.P. (2015). Aktual'nye zadachi vnedreniia sistemy upravleniia sprosom na elektropotreblenie (Current problems of introduction of demand management system for power consumption in Russia). *Vestnik nauki Sibiri (Siberian Journal of Science)*, No 4 (19), 116–129.
 13. Ismailov, T.A., Gamidov, G.S. (2003). Innovatsionnaia ekonomika — strategicheskoe napravlenie razvitiia Rossii v XXI veke [Innovation economy – strategic trends of Russia's development in 21st century]. *Innovatsii (Innovations)*, No 1, 34–38.
 14. Maksimov, N.N. (2013). Osnovnye printsipy i zadachi innovatsionnoi deiatel'nosti organizatsii v sovremennykh usloviakh [Basic principles and goals of innovation in a company in present conditions]. *Molodoi uchenyi [Young Scientist]*, No 10, 344–347.
 15. Diatlov, S.A., Mar'ianenko, V.P., Selishcheva, T.A. (2016). *Informatsionno-setevaia ekonomika: struktura, dinamika, regulirovanie [Network economy: Structure, dynamics, regulation]*. Moscow, Infra-M.
 16. Bruhn, M. *Giperkonkurentsii: kharakternee osobennosti, dvizhushchie sily i upravlenie [Hypercompetition: Peculiarities, drivers and management]*. Available at: http://vasilievaa.narod.ru/ptpu/20_3_98.htm.
 17. Smith, C. (1994). The Merlin Factor: Leadership and Strategic Intent. *London Business School Strategy Review*, Vol. 5, Issue 1. 67–84.
 18. Baev I.A., Solov'eva I.A., Dziuba A.P. (2014). Effektivnost' upravleniia

- zatrataми na pokupku elektroenergii promyshlennym predpriatiem (The effective management of expenses for purchase of electric power for industrial enterprise). *Ekonomika, upravlenie i investitsii [Economics, management, investment]*, No 2(4). Available at: <http://euii-journal.ru/24-43>.
19. Solov'eva, I.A., Dziuba, A.P. (2013). Pokazateli rynochnoi sredy v prognozirovanii elektropotrebleniia (Indicators of the market environment in the forecasting of electricity consumption). *Vestnik IuUrGU. Seriiia* «*Ekonomika i menedzhment*» (*Bulletin of South Ural State University, Series "Economics and Management"*), Vol. 7, No 3, 47–57.
20. Solov'eva, I.A., Dziuba, A.P. (2014). Strategiiia upravleniia zatatami na elektropotreblenie promyshlennogo predpriatiia [Strategy of energy costs management at an industrial company]. *Proceedings of 4th international scientific conference "Issues of ensuring secure development of modern society"*, 47–57.

Information about the author

Solovyeva Irina Aleksandrovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Finance, Money Circulation and Credit, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia (454080, Chelyabinsk, Pr. Lenina, 76); e-mail: dubskih@mail.ru.