DOI 10.15593/2224-9354/2017.1.25
УДК 338.26.01

И.А. Соловьёва, А.П. Дзюба

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТАМИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СПРОСА НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОСТОЯННЫМ ХАРАКТЕРОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Статья посвящена вопросу управления потреблением электрической энергии производственными объектами промышленных предприятий с высокой энергоемкостью и относительно постоянным графиком электрических нагрузок. На сегодняшний день одним из мировых трендов в области повышения энергоэффективности являются технологии управления спросом на электропотребление. Однако в России методы и механизмы управления графиками собственного спроса на электроэнергии практически не используются. С точки зрения авторов, наиболее эффективно использование технологий управления спросом на электропотребление на уровне промышленных предприятий. Авторами предлагается классификация электропотребляющих объектов промышленного предприятия по нескольким показателям спроса, на основе которой обосновывается возможность и относительная простота управления спросом на электропотребление для объектов с постоянным характером электрических нагрузок. Для этой категории электропотребляющих объектов авторами разработаны методика и алгоритм ценозависимого управления спросом, основой которых является сопоставление возможностей сокращения объемов электропотребления промышленными объектами в рамках кратковременных периодов, и наиболее благоприятных с точки зрения сокращения затрат временных интервалов в рамках оптового и розничного рынков электроэнергии. Кроме того, в статье продемонстрирована возможность интеграции разработанного подхода с элементами интеллектуального управления электропотреблением Smart grid. Результаты апробации предложенной методики управления спросом на электропотребление на производственных объектах с постоянным характером электрических нагрузок доказывают актуальность, научную и практическую значимость, а также высокую эффективность применения разработанной методики с целью сокращения затрат промышленных предприятий на покупку электроэнергии на оптовом и розничном рынках электроэнергии.

Ключевые слова: *промышленность, электропотребление, энергозатраты, управление спросом, энергоэффективность, моделирование, управление.*

Вопросы развития и внедрения технологий энергосбережения и повышения энергетической эффективности на сегодняшний день очень актуальны во всем мире. Для некоторых стран задача повышения энергетической эффективности является одним из ключевых элементов национальной политики, служит вектором для стратегического и инновационного развития. Для

© Соловьева И.А., Дзюба А.П., 2017

Соловьева Ирина Александровна – канд. экон. наук, доцент кафедры «Финансы, денежное обращение и кредит» Высшей школы экономики и управления ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», e-mail: solovevaia@susu.ru.

Дзюба Анатолий Петрович – канд. экон. наук, кафедра «Финансы, денежное обращение и кредит» Высшей школы экономики и управления ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», e-mail: dzyuba-a@yandex.ru.

России вопрос повышения энергетической эффективности особо актуален. Это связано с тем, что Россия тратит на производство 1 долл. валового внутреннего продукта (по паритету покупательной способности) в среднем в два раза больше электроэнергии, чем многие развитые и развивающиеся страны [1, 2]. Таким образом, повышение энергетической эффективности для экономики России является одним из ключевых задач наращения конкурентоспособности в рамках глобального экономического пространства.

Одним из инновационных направлений повышения энергетической эффективности является ценозависимое потребление электрической энергии. Интеллектуальное (ценозависимое) потребление электрической энергии – это управление собственными объемами электропотребления потребителями электрической энергии на основе ценовых сигналов энергорынка [3]. Особенностью ценозависимого потребления электрической энергии является то, что потребители имеют возможность снижать стоимость закупаемой электроэнергии путем незначительного переноса электрических нагрузок на наиболее благоприятные интервалы суток. Экономический эффект от применения технологии ценозависимого электропотребления для промышленных предприятий может составлять от 5 до 50 % затрат.

Развитие информационно-коммуникационных технологий за последние десятилетия, а также совершенствование технологий энергосбережения и автоматизации в энергетики способствовали появлению нового направления в этой области – технологии Smart Grid. 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 [4, 5].

Несмотря на то, что развитие и освоение технологий управления спросом на электропотребление и Smart grid является общемировым трендом [6], в России в настоящее время этот процесс находится на начальном этапе разработки концепции. Тем не менее отдельные элементы умных сетей можно использовать уже сейчас с достаточно высокой степенью эффективности [7].

Для экономики России наиболее значимым направлением для внедрения ценозависимого управления электропотреблением является промышленный сектор [8]. На долю промышленности России приходится 70 % электрической энергии, потребляемой в стране, в некоторых регионах этот показатель достигает 89 % [9].

Величина спроса на электропотребление на промышленных предприятиях напрямую формируется режимами работы всех электропотребляющих объектов, обеспечивающих основные и вспомогательные технологические процессы производства.

Сложность задачи управления графиками спроса на электропотребление производственных объектов в значительной степени зависит от индивидуальных технических характеристик каждого электропотребляющего объекта. По показателям спроса электропотребляющие объекты промышленных предприятий, с нашей точки зрения, можно классифицировать по нескольким признакам: по вкладу в общий спрос на электропотребление предприятия, по интенсивности электрических нагрузок, по типу выполняемых функций, по степени влияния на графики работы смежных производственных объектов, по уровню возможных отклонений режимов работы электропотребляющего объекта от плановых параметров. Классификация электропотребляющих объектов по показателям спроса представлена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация электропотребляющих объектов по показателям спроса на электропотребление

№ п/п	Критерий классификации	Группы объектов
1	По вкладу в общий спрос на электропотребление предприятия	♦ Объекты со значительным вкладом в общий спрос на электропотребление ♦ Объекты со средним вкладом в общий спрос на электропотребление ♦ Объекты с незначительным вкладом в общий спрос на электропотребление
2	По интенсивности электрических нагрузок	♦ Объекты с редкой нагрузкой ♦ Объекты с периодической нагрузкой ♦ Объекты с постоянной нагрузкой
3	По типу выполняемых функций	♦ Основные производственные объекты ♦ Вспомогательные производственные объекты ♦ Непроизводственные объекты
4	По степени влияния на графики работы смежных производственных объектов	♦ Объекты с высокой степенью влияния на смежные производственные объекты ♦ Объекты с умеренной степенью влияния на смежные производственные объекты ♦ Объекты, не оказывающие влияния на смежные производственные объекты
5	По уровню возможных отклонений режимов работы объекта от плановых параметров	♦ Объекты с возможностью существенных отклонений от плановых режимов работы ♦ Объекты с возможностью небольших отклонений от плановых режимов работы ♦ Объекты без возможности отклонений от плановых режимов работы

Для каждой категории электропотребляющих объектов требуется разработка собственных алгоритмов управления с учетом их специфики влияния на спрос, а также на работу смежных производственных процессов. Все это суще-

ственно усложняет внедрение технологий умных сетей на промышленных предприятиях. Однако, если нет возможности внедрить технологию в масштабах всего предприятия, то можно попытаться использовать ее в рамках отдельных производственных подразделений и энергопотребляющих единиц, изменение графика нагрузки электропотребления которых не оказывает существенного влияния на технологические процессы основных производств.

Так, на всех промышленных предприятиях существуют электропотребляющие объекты, которые, с одной стороны, характеризуются высокой энергоемкостью, а с другой – имеют постоянный график электрических нагрузок. Наиболее распространенными примерами таких объектов могут быть:

- ♦ внутрицеховые системы вентиляции и кондиционирования;
- ♦ системы водоснабжения производственных и вспомогательных нужд;
- ♦ электроприводы отдельных вспомогательных процессов.

Изменение параметров работы подобных электропотребляющих объектов в пределах незначительных временных диапазонов не оказывает влияния на технологические параметры производственных процессов в целом, но при этом может существенно снизить затраты на электропотребление предприятия.

С учетом специфики оборудования с постоянным характером электрических нагрузок, особенностей и правил работы на оптовом и розничном рынках электроэнергии авторами разработана методика управления спросом для подобных объектов. Суть методики заключается в определении возможностей краткосрочного снижения объемов электропотребления для объектов с постоянным характером электрических нагрузок и сопоставление их с наиболее благоприятными временными интервалами с точки зрения снижения совокупной стоимости покупки электроэнергии по прогнозам энергорынка.

Разработанный алгоритм управления спросом на электропотребляющих объектах с постоянным характером электрических нагрузок представлен на рис. 1. Рассмотрим более подробно содержание отдельных блоков управления, указанных в алгоритме.

Блок 1. Определение плановых режимов работы оборудования в базовых условиях (базовый вариант). В качестве исходного базового параметра для управления мы предлагаем использовать плановую почасовую величину электропотребления объекта управления, которую мы назвали «Basic level». Плановая почасовая величина электропотребления объекта определяется на основании краткосрочного прогноза электропотребления, более подробная процедура осуществления которого описана в ряде авторских работ [10–12].

Для объектов, имеющих постоянный характер графиков электрической нагрузки, прогнозная величина электропотребления может быть рассчитана из номинальных характеристик электропотребления либо из параметров заданного планового режима работы производственного объекта.

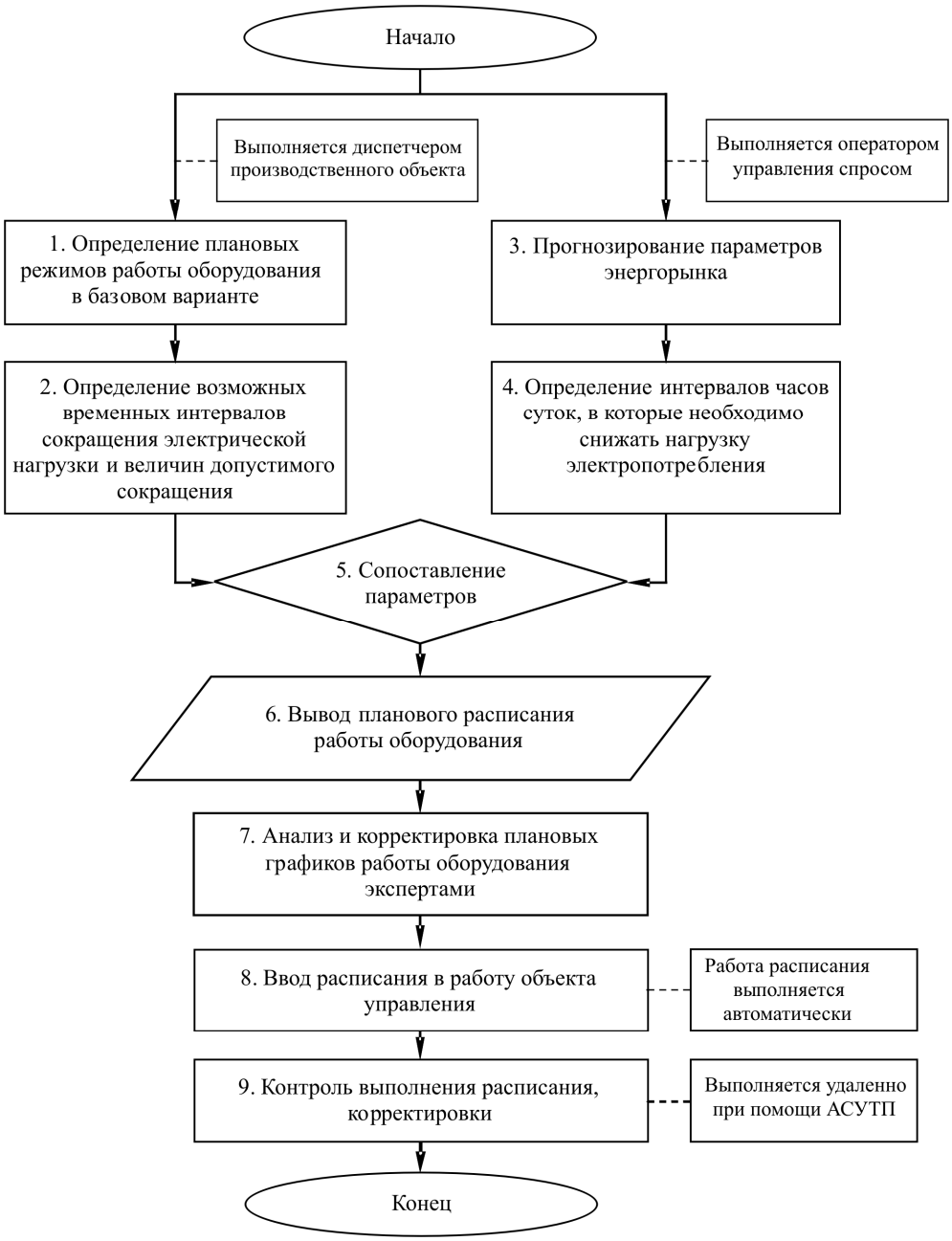


Рис. 1. Алгоритм управления спросом электропотребляющих объектов с постоянным графиком электрических нагрузок

Блок 2. Определение возможных временных интервалов сокращения электрической нагрузки и величины допустимого сокращения. В данном блоке требуется получение информации о возможностях снижения базовой на-

грузки электропотребления для объекта управления. Возможности снижения базовой нагрузки электропотребления формально выражаются в трех предлагаемых показателях: «2 hours level» – величина электропотребления, на которую допускается снижение нагрузки электропотребления, во временном диапазоне продолжительностью не более 2 ч; «6 hours level» – в диапазоне не более 6 ч; «10 hours level» – в диапазоне не более 10 ч.

На основании этих показателей определяются величины, на которые допускается снижение нагрузки электропотребления анализируемого объекта во временных диапазонах разной продолжительности (рис. 2).

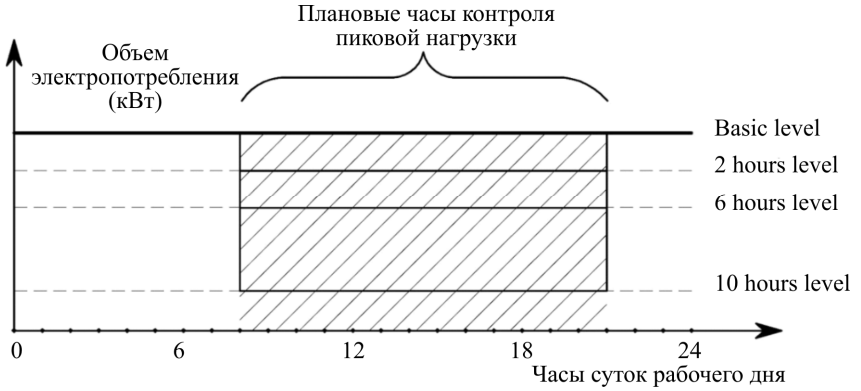


Рис. 2. Графическое представление информации о возможностях снижения энергонагрузки (графики «Basic level» и «2, 6, 10 hours level»)

Как видно на рис. 2, диапазон регулирования всех графиков ограничен плановыми часами пиковой нагрузки (с 08 до 21 ч времени по московскому времени) [13], поэтому графики «Basic level», «2 hours level», «6 hours level» и «10 hours level» отличаются друг от друга только в период указанного диапазона.

Блок 3. Прогнозирование параметров энергорынка. Для ценозависимого управления электропотреблением на промышленных предприятиях требуется информация о ценовых индикаторах оптового и розничного рынка электроэнергии. Получение информации о требуемых параметрах индикаторов энергорынка производится посредством прогнозирования цен рынка на сутки вперед, соотношения между ценами рынка на сутки вперед и балансирующего рынка, и часа максимума региональной энергосистемы [12, 14].

Блок 4. Определение часов суток благоприятных для снижения нагрузки электропотребления на базе прогнозных параметров энергорынка. На основе результатов прогноза параметров энергорынка определяются плановые диапазоны часов суток, в которые следует снижать нагрузку электропотребления до графиков «2, 6, 10 hours level» с целью минимизации затрат на его оплату (рис. 3). Следует отметить, что прогнозирование необходимо выполнять для каждых суток месяца отдельно.

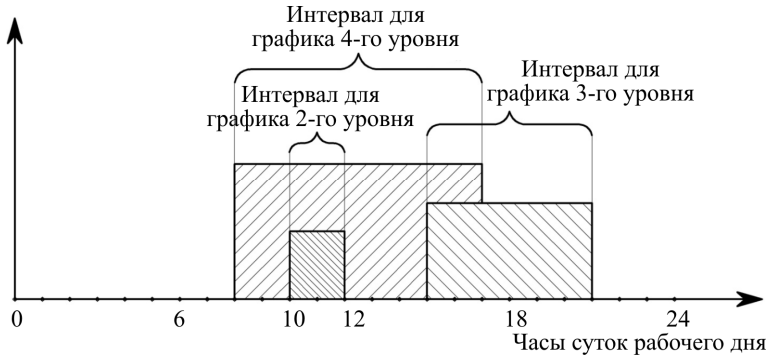


Рис. 3. График диапазонов часов управления спросом, рекомендуемых на основании исследования параметров энергорынка

Блок 5 и 6. Сопоставление параметров. На данном этапе производится анализ и сопоставление возможностей снижения нагрузки электропотребления и рекомендуемых диапазонов часов управления, учитывающих характеристики энергорынка. В результате разрабатываются рекомендации по изменению уровня электрических нагрузок электропотребляющего объекта.

Блок 7 и 8. Экспертный анализ и корректировка плановых графиков работы оборудования с учетом разработанных рекомендаций. Следующим этапом производится экспертный анализ предложенных рекомендаций по изменению графика работы оборудования, его корректировка в случае необходимости, утверждение и принятие к реализации новых режимов работы электропотребляющего объекта.

Блок 9. Контроль выполнения расписания, корректировки. На данном этапе производится оперативный мониторинг и контроль работы объекта управления в рамках скорректированного режима электропотребления.

Экономический эффект от применения разработанной методики может составлять от 10–50 % от затрат на электропотребление объекта управления, что в масштабах отдельных промышленных предприятий достигает нескольких десятков миллионов рублей ежегодно. Следует отметить, что указанный экономический эффект формируется именно для конкретных электропотребляющих объектов, управление нагрузкой которых осуществляется. Значительная величина экономии от общей стоимости электроэнергии объясняется снижением обязательств по всем основным составляющим структуры затрат на электропотребление: стоимость электрической энергии, стоимость электрической мощности и стоимость услуг по передаче электроэнергии.

Апробация разработанной методики была проведена на базе системы вентиляции цеха механической обработки машиностроительного завода, расположенного в Пермском крае. Вентиляционная установка имеет потребляемую мощность, равную 2000 кВт. График электропотребления установки является неизменным, режим работы круглосуточный.

Как отмечалось ранее, месячная стоимость электроэнергии состоит из трех основных компонентов, расчет которых может быть произведен по формуле

$$S_э = S_{ээ} + S_м + S_п, \quad (1)$$

где $S_э$ – общая стоимость электроэнергии, руб. [15–17];

$S_{ээ}$ – стоимость электрической энергии, руб. (описание принципов расчета этого компонента дано в регламенте [17]);

$S_м$ – суммарная месячная стоимость электрической мощности, руб. (описание принципов расчета данного компонента приведено в документе [15]);

$S_п$ – суммарная месячная стоимость величины оплаты услуг по передаче электроэнергии, руб. (описание принципов расчета данного компонента приведено в документе [15]);

Стоимость электрической энергии рассчитывается по формуле

$$S_{ээ} = \sum_{мес} (V_t^{ээ} \times Ц_t^{ээ}), \quad (2)$$

где $V_t^{ээ}$ – объем потребленной электрической энергии за каждый час t расчетного месяц, кВт.

Стоимость электрической мощности рассчитывается по формуле

$$S_м^{мес} = \frac{\sum_{раб}^{мес} V_м^{t\ макс.\ рег}}{n_{раб}} \times Ц_м^{мес\ t} \quad (3)$$

где $\sum_{раб}^{мес} V_м^{макс.\ рег}$ – объем электропотребления завода в часы суточного максимума электроэнергетический системы региона расчетного месяца, кВт;

$n_{раб}$ – количество рабочих дней расчетного месяца, ед.;

$Ц_м^{мес\ t}$ – цена электрической мощности для расчетного месяца формируемая посредством рыночного механизма ценообразования, руб./кВт в месяц.

Стоимость услуг по передаче электроэнергии расчитывается по формуле

$$S_п^{мес} = \left(V_{сод}^{мес} \times T_{сод}\right) + \left(W_{мес} \times T_{тех.\ расх}\right), \quad (4)$$

где $V_{сод}^{мес}$ – объем обязательств по оплате услуг по содержанию электрических сетей, кВт·мес,

$$V_{сод}^{мес} = \frac{\sum_{раб}^{мес} V^{t\ макс.\ СО}}{n_{раб}} \quad (5)$$

где $V^{t\ \text{макс. СО}}$ – максимальный объем потребления электроэнергии предприятием за рабочий день в час, входящий в интервал плановых часов пиковой нагрузки, утвержденных Системным оператором (СО) ЕЭС [13], кВт;

$T_{\text{сод}}$, $T_{\text{тех. расх}}$ – тарифы для оплаты содержания и технологического расхода услуг по передачи электроэнергии, руб./кВт·ч.

На рис. 4 представлен пример графика электропотребления до и после применения автоматизированной системы управления спросом (АСУС). До применения технологии график электропотребления был постоянным с ежечасным значением, равным 2 МВт.

Значения тарифов, покомпонентной стоимости электроэнергии до и после корректировки графика электропотребления представлены в табл. 2.

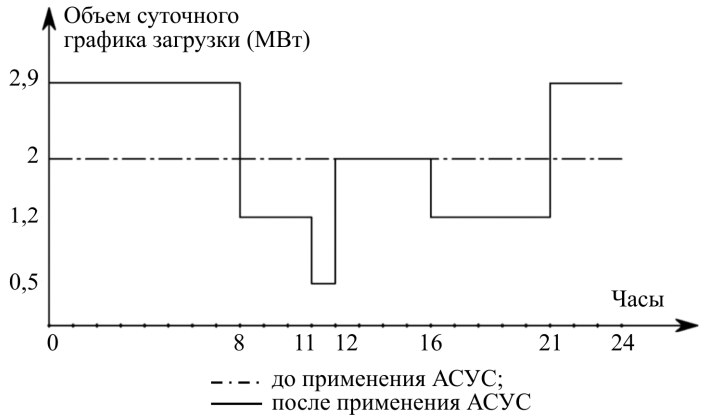


Рис. 4. График до и после применения технологии ценозависимого электропотребления

Таблица 2

Покомпонентный расчет затрат на электропотребление вентиляционной системы до и после использования алгоритма ценозависимого электропотребления

Компонент	До применения ценозависимого управления		После применения ценозависимого управления		Изменение		Экономия, %
	стоимость, руб.	тариф, руб./кВт·ч	стоимость, руб.	тариф, руб./кВт·ч	стоимость, руб.	тариф, руб./кВт·ч	
Электрическая энергия	1 551 984,0	1,043	1 512 700,8	1,016	39 283,2	0,026	2,5
Электрическая мощность	794 592,0	0,534	221 712,0	0,149	572 880,0	0,385	72,1
Услуга по передаче	1 578 768,0	1,061	1 166 592,0	0,784	412 176,0	0,277	26,1
И т о г о	3 925 344,0	2,638	2 901 004,8	1,9496	1 024 339,2	0,688	26,1

Для представленного примера общая экономия от применения предложенной технологии управления спросом составила 26,1 %, или порядка 1 млн руб. в абсолютном выражении. В некоторых случаях величина экономии в результате ценозависимого управления электропотреблением промышленных объектов может достигать 50 % от общей стоимости электропотребления.

Разработанный алгоритм ценозависимого управления электропотреблением производственными объектами с постоянным характером графиков электрических нагрузок может быть дополнен элементом интеллектуального управления Smart grid (рис. 5).

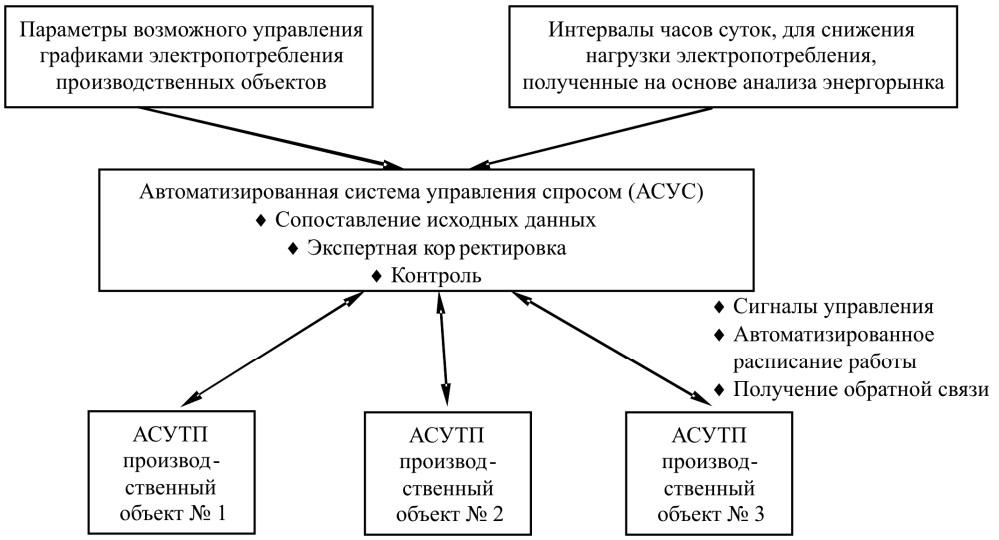


Рис. 5. Схема реализации ценозависимого управления спросом на электропотребление производственными объектами с постоянным характером графиков электрических нагрузок на базе интеллектуальной технологии управления Smart grid

Как видно на рис. 5, основным элементом интеллектуальной модели ценозависимого управления является модуль «Автоматизированная система управления спросом» (АСУС) – блок, в котором производится интеграция данных о возможностях управления графиком электропотребления и параметрах энергорынка. Выходными данными АСУС является откорректированный плановый график электропотребления каждого производственного объекта. Предложенные графики плановых режимов для каждого объекта управления проходят экспертный анализ, корректировку и окончательное утверждение. После утверждения графики работы по каналам передачи данных, например, с использованием сети GSM и технологии передачи данных GPRS передаются в АСУТП (автоматизированная система управления техно-

логическими процессами). Таким образом, один блок АСУС способен одновременно выполнять ценозависимое управление электропотреблением множества производственных объектов одного предприятия, что существенно сокращает затраты на внедрение и повышает эффективность технологий ценозависимого управления спросом на электропотребление на промышленных предприятиях.

На примере разработанных методики и алгоритма ценозависимого управления электропотреблением для промышленных объектов с постоянным графиком электрических нагрузок можно констатировать, что современная модель энергетического рынка позволяет применять технологии управления собственным спросом на электропотребление с целью сокращения затрат промышленных предприятий на покупку электрической энергии. Кроме того, возможность интеграции разработанного алгоритма управления с элементами SMART-технологий, внедрение которых успешно осваивается во всем мире, позволяет существенно повысить эффективность систем управления спросом на промышленных предприятиях России. Величина экономического эффекта от реализации мероприятий в области управления спросом на электропотребление для объектов с постоянным характером электрических нагрузок подчеркивает актуальность, научную и практическую значимость разработанной методики, а также целесообразность внедрения технологий ценозависимого управления спросом на электропотребление на промышленных предприятиях.

Список литературы

1. Key World Energy Statistics. – International Energy Agency, 2016. – 80 p. – URL: www.iea.org/books (accessed 20 December 2016).

2. Соловьева И.А., Дзюба А.П. Энергоэффективность как фактор укрепления энергетической безопасности России // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития: сб. материалов I междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2013. – С. 216–226.

3. Перспективы внедрения в России программ по управлению спросом на электроэнергию / Д.А. Сенчук, С.А. Цырук, К.В. Орлова // Промышленная энергетика. – 2016. – № 10. – С. 30–36.

4. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SMART GRID: моногр. – М.: Энергия, 2010. – 207 с.

5. Умные сети электроснабжения // Википедия. – URL: https: //ru.wikipedia.org/ (дата обращения: 20.12.2016).

6. Управление спросом на электроэнергию: адаптация зарубежного опыта в России [Электронный ресурс] / Л.Д. Гительман, Б.Е. Ратников, М.В. Кожевников // Эффективное антикризисное управление. – 2013. – URL: http://info.e-c-m.ru/magazine/76/eau_76_207.htm (дата обращения: 20.12.2016).

7. Дзюба А.П., Соловьева И.А. Исследование инструментов управления спросом на электропотребление в рамках оптового и розничного рынков электроэнергии России [Электронный ресурс] // Экономика, предпринимательство и право. – 2016. – Т. 6, № 2. – URL: https: //bgscience.ru/lib/35309/ (дата обращения: 20.12.2016).

8. Актуальные задачи внедрения системы управления спросом на электропотребление в России [Электронный ресурс] / И.А. Баев, И.А. Соловьева, А.П. Дзюба // Вестник науки Сибири. – 2015. – № 4 (19). – С. 116–129. – URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=25580815 (дата обращения: 20.12.2016).

9. Региональные резервы энергоэффективности / И.А. Баев, И.А. Соловьева, А.П. Дзюба // Экономика региона. – 2013. – № 3. – С. 180–189.

10. Прогнозирование промышленного электропотребления в условиях волатильности ценовых сигналов / И.А. Баев, И.А. Соловьева, А.П. Дзюба // Экономика региона. – 2012. – № 4. – С. 109–116.

11. Дзюба А.П. Схема организации краткосрочного прогнозирования электропотребления для целей участия на оптовом рынке электроэнергии // Наука и устойчивое развитие общества. Наследие В.И. Вернадского: материалы 8-й междунар. заоч. конф. – Тамбов, 2013. – С. 27–40.

12. Соловьева И.А., Дзюба А.П. Показатели рыночной среды в прогнозировании электропотребления // Вестник ЮУрГУ. Экономика и менеджмент. – 2013. – Т. 7, № 3. – С. 47–57.

13. Официальный интернет-сайт ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы». – URL: www.so-ups.ru (дата обращения: 20.12.2016).

14. Эффективность управления затратами на покупку электроэнергии промышленным предприятием [Электронный ресурс] / И.А. Баев, И.А. Соловьева, А.П. Дзюба // Экономика, управление и инвестиции. – 2014. – № 2 (4). – URL: http://euii-journal.ru/24-43.

15. О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 04 мая 2012 г. № 442. – URL: www.government.consultant.ru/

16. Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 27 дек. 2010 г. № 1172. – URL: www.government.consultant.ru.

17. Регламент финансовых расчетов на оптовом рынке электроэнергии [Электронный ресурс]: утв. Наблюд. советом Неком. партн. «Администратор торговой системы» 14 июля 2006 г. (с изм. Наблюд. совета Неком. партн. «Совет рынка по организации эффективной системы оптовой и розничной торговли электрической энергией и мощностью» от 19 февр. 2016 г. – URL: www.np-sr.ru.

References

1. Key World Energy Statistics 2016 (International Energy Agency). 80 p. Available at: http://www.iea.org/books (accessed 20 December 2016).

2. Solov'eva I.A. Energoeffektivnost' kak faktor ukrepleniia energeticheskoi bezopasnosti Rossii [Energy efficiency as a factor of strengthening Russia's energy security]. *Infrastrukturnye otrasli ekonomiki: problemy i perspektivy razvitiia: sbornik materialov I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. of the 5th Int. Sci. and Pract. Conf. "Infrastructure sectors of the economy: problems and prospects of development"]. Novosibirsk, 2013, pp. 216–226.

3. Senchuk D.A. Perspektivy vnedreniia v Rossii programm po upravleniiu sprosom na elektroenergiiu [Prospects for the introduction of electric energy demand management programs in Russia]. *Promyshlennaia energetika*, no. 10, 2016, pp. 30–36.

4. Kobets B.B. Innovatsionnoe razvitie elektroenergetiki na baze kontseptsii SMART GRID [Innovative development of electric power industry based on the SMART GRID concept]. Moscow, IATs Energiia Publ., 2010, 207 p.

5. Umnye seti elektrosnabzheniia [Smart power supply networks]. Material elektronnoi entsiklopedii Vikipediia. Available at: https://ru.wikipedia.org (accessed 20 December 2016).

6. Gitel'man L.D. Upravlenie sprosom na elektroenergiiu: adaptatsiia zarubezhnogo opyta v Rossii [Electricity demand management: foreign experience adaptation in Russia]. Effektivnoe antikrizisnoe upravlenie, 2013. Available at: http://info.e-c-m.ru/magazine/76/eau_76_207.htm (accessed 20 December 2016).

7. Dziuba A.P. Issledovanie instrumentov upravleniia sprosom na elektropotreblenie v ramkakh optovogo i roznichnogo rynkov elektroenergii Rossii [Study of electric energy demand management tools in the wholesale and retail electricity markets of Russia]. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo*, no. 2, vol. 6, 2016. Available at: https://bgscience.ru/lib/35309/ (accessed 20 December 2016).

8. Baev I.A. Aktual'nye zadachi vnedreniia sistemy upravleniia sprosom na elektropotreblenie v Rossii [Crucial tasks of electric energy demand management system introduction in Russia]. *Vestnik nauki Sibiri*, 2015, no. 4, iss. 19, pp. 116–129. Available at: http://elibrary.ru/item.asp?id=25580815 (accessed 20 December 2016).

9. Baev I.A. Regional'nye rezervy energoeffektivnosti [Regional energy efficiency reserves]. *Ekonomika regiona*, 2013, no. 3, pp. 180–189.

10. Baev I.A. Prognozirovanie promyshlennogo elektropotrebleniia v usloviiakh volatil'nosti tsenovykh signalov [Industrial power consumption forecasting in conditions of price signals volatility]. *Ekonomika regiona*, 2012, no. 4, pp. 109–116.

11. Dziuba A.P. Skhema organizatsii kratkosrochnogo prognozirovaniia elektropotrebleniia dlia tselei uchastiia na optovom rynke elektroenergii [Organization scheme of short-term power consumption forecasting for the purposes of participa-

tion in the wholesale electricity market]. *Nauka i ustoichivoe razvitie obshchestva nasledie V.I. Vernadskogo. Sbornik materialov 8-i mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. of the 8th Int. Sci. and Pract. Conf. "Science and sustainable development of the society, V.I. Vernadsky heritage"]. Tambov, 2013, pp. 27–40.

12. Solov'eva I.A. Pokazateli rynochnoi sredy v prognozirovanii elektropotrebleniia [Market environment indicators in power consumption forecasting]. *Vestnik IuUrGU. Seriia «Ekonomika i menedzhment»*, 2013, no. 3, vol. 7, pp. 47–57.

13. Ofitsial'nyi internet-sait OAO "Sistemnyi operator Edinoi energeticheskoi sistemy" [Official website of OAO System Operator of Unified Power System]. Available at: http://www.so-ups.ru (accessed 20 December 2016).

14. Baev I.A. Effektivnost' upravleniia zatratami na pokupku elektroenergii promyshlennym predpriiatiem [Cost management efficiency of the costs of electric power purchase by an industrial enterprise]. *Ekonomika, upravlenie i investitsii*, 2014, no. 2, iss. 4. Available at: http://euii-journal.ru/24-43 (accessed 20 December 2016).

15. Postanovlenie Pravitel'stva RF "O funktsionirovanii roznichnykh rynkov elektricheskoi energii, polnom i (ili) chastichnom ogranichenii rezhima potrebleniia elektricheskoi energii" № 442 ot 04 maia 2012 goda [Government Decree of the Russian Federation "On the functioning of retail electricity markets, and full and (or) partial restriction of electricity consumption regime" No. 442 of May 4, 2012]. Available at: http://www.government.consultant.ru (accessed 20 December 2016).

16. Postanovlenie Pravitel'stva RF "Ob utverzhdenii Pravil optovogo rynka elektricheskoi energii i moshchnosti i o vnesenii izmenenii v nekotorye akty Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii po voprosam organizatsii funktsionirovaniia optovogo rynka elektricheskoi energii i moshchnosti" № 1172 ot 27 dekabria 2010 g [Government Decree of the Russian Federation "On the approval of the rules for the wholesale electricity and capacity market and on amending certain acts of the government of the Russian Federation concerning wholesale electricity and capacity market organization" No. 1172 of December 27, 2010]. Available at: http://www.government.consultant.ru (accessed 20 December 2016).

17. Prilozhenie № 16 k dogovoru o prisoedinenii k torgovoi sisteme optovogo rynka. Reglament finansovykh raschetov na optovom rynke elektroenergii [Appendix No. 16 to the agreement on wholesale market trading system accession. Order of financial settlements in the wholesale electricity market]. Available at: http://www.np-sr.ru (accessed 20 December 2016).

Получено 20.12.2016

I.A. Solovyova, A.P. Dzyuba

ENERGY CONSUMPTION MANAGEMENT IN TERMS OF DEMAND PARAMETERS OF ENERGY CONSUMPTION BY MANUFACTURES WITH A CONSTANT ELECTRIC LOAD

The article is devoted to the issue of electric power consumption management by the manufactures with a high energy-output ratio and a relatively constant electric load. Nowadays one of the international trends to increase energy efficiency is the technology of electricity demand management. However in Russia the methods and mechanisms of controlling the energy demand schedules are rarely used. From the authors' point of view, it is more effective to use the demand management for electricity consumption at the manufacture level. The authors propose a classification of energy-consuming production facilities by several demand parameters. The classification substantiates the possibility and a relative ease of energy demand management at the manufactures with a constant electric load. For this category of electric power consumers, the authors propose the algorithm of price responsive demand management. It implies the contraction of electric consumption volumes by the industrial facilities for short periods of time, considering the optimal periods for a retail and wholesale electric energy market. The paper also demonstrates the possibility of Smart Grid approach implementation, which has the elements of intelligent management. The results of the proposed technology of energy demand management at the manufactures with the constant electric load prove the technology's relevance. It has scientific and practical importance, as well as a high efficiency when applied with the purpose of energy cost reduction at the retail and wholesale electric energy markets.

Keywords: *industry, electric energy consumption, energy demands, demand management, energy efficiency, simulation, management.*

Irina A. Solovyova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Dept. of Finance, Monetary Circulation and Credit, Higher School of Economics and Management, South Ural State University (National research university), e-mail: solovevaia@susu.ru.

Anatoly P. Dzyuba – Candidate of Economic Sciences, Dept. of Finance, Monetary Circulation and Credit, Higher School of Economics and Management, South Ural State University (National research university), e-mail: dzyuba-a@yandex.ru.