

На правах рукописи

Сальникова Евгения Александровна

**ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ АКТИВНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ В
ЭНЕРГЕТИКЕ**

Специальность: 08.00.05 –

Экономика и управление народным хозяйством

(экономика, организация и управление предприятиями, отраслями,
комплексами – промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Санкт-Петербург – 2014

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Научный руководитель: Волкова Ирина Олеговна,
доктор экономических наук, доцент

Официальные оппоненты: Колибаба Владимир Иванович,
доктор экономических наук,
профессор, заведующий кафедрой
экономики и организации
предприятия ФГБОУ ВПО
«Ивановский государственный
энергетический университет имени
В.И. Ленина»

Веселов Федор Вадимович,
кандидат экономических наук,
заведующий отделом развития и
реформирования энергетики
Института энергетических
исследований РАН

Ведущая организация: Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
профессионального образования
«Национальный исследовательский
университет «Московский
энергетический институт (МЭИ)»

Защита состоится «05» июня 2014 года в 16.00 на заседании диссертационного совета Д 212.229.23 при Санкт-Петербургском государственном политехническом университете по адресу: 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, III учебный корпус, ауд.506.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан « » апреля 2014 г. и размещен на сайте ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургского государственного политехнического университета»: <http://www.spbstu.ru/science/defences.html>

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.229.23
доктор экономических наук, профессор

Сулоева С.Б.

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Изменение технологического базиса энергетики – формирование интеллектуальных энергетических систем приводит к децентрализации принятия экономических решений, существенным изменениям в управлении отраслью и правилах взаимодействия экономических агентов на рынке, в первую очередь домохозяйств и фирм, до последнего времени выступавших только в роли потребителей услуг рынка. Новый технологический базис создает условия для кардинального изменения экономического поведения соответствующих агентов рынка с «пассивного» на «активное»: изменяются функции и роль агентов-потребителей услуг в энергосистеме, происходит трансформация потребителя от стороны, принимающей диктуемые энергосистемой условия взаимодействия, к роли «заказчика» услуг – «активного» потребителя. Новые роли проявляются в действиях по управлению спросом и в предоставлении дополнительных системных услуг по регулированию нагрузки, что наделяет потребителя способностью конкурировать с генерацией.

Изменение роли агентов-потребителей диктует необходимость пересмотра подходов к управлению в отрасли: переориентация от Supply Chain Management – концепции, ориентированной на управление издержками компаний-производителей, – к Demand Chain Management – концепции, основанной на непосредственном вовлечении потребителя в процесс создания ценности. В электроэнергетике основой для осуществления такой трансформации является формирование клиентоориентированной модели рынка электрической энергии, базирующейся на интеграции «активного» потребителя в систему организационно-экономических отношений в отрасли.

В настоящее время методологическое обеспечение процесса «активизации» потребителя в условиях российской модели рынка электроэнергии и мощности разработано недостаточно: требуется проведение дополнительных исследований в части формирования отраслевой системы Demand Chain Management – Demand Side Management (ключевой составляющей которой является Demand Response), включающей механизмы стимулирования потребителей к активному поведению на рынке, а также выявление основных факторов, влияющих на их поведение, в целях создания инструментов, которые позволят потребителям формировать стратегию своего поведения на рынке.

Состояние научной разработанности проблемы

Переход к интеллектуальной энергетике, основой которой является клиентоориентированность, обусловил необходимость изучения теоретических

и методологических подходов к смене роли потребителя на рынке электроэнергии и формированию методов реализации его активного поведения.

Зарубежные [Loughran, Davito, Bhattacharyya, Ramsey, Devine-Wright, Kirschen] и отечественные ученые [В.В. Бушуев, Ф.В. Веселов, И.О. Волкова, Н.И. Воропай, В.В. Дорофеев, А.А. Макаров, В.В. Глухов, Б.Б. Кобец, В.Р. Окороков, Л.Д. Хабачев] в своих исследованиях обращают внимание на необходимость вовлечения потребителей электроэнергии в цепочку создания ценности и формировании новой отраслевой структуры на базе реализации ее нового функционального свойства – клиентоориентированности.

Исследования ряда американских [S. Pullins, A. Faruqui, R. Hledik, S.George, J. Bode, I. Rohmund, G.Wikler] и отечественных [В.Н. Бурков, М.В. Губко, Д.А. Новиков, 2012] ученых показывают, что поведение потребителей определяется не только ценой на электроэнергию, но и степенью удовлетворенности графиком потребления. Подходы к оценке степени удовлетворенности потребителей ведущие исследователи базируют на работах основоположников теории потребительского выбора [И. Бентам, Г.Г. Госсен, К. Менгер, У.С. Джевонс, Л. Вальрас], которые исходят из рационального ведения потребителей и принципа максимизации полезности.

Вместе с тем теория и методология управления поведением потребителя требуют существенной доработки в условиях перехода к развитию интеллектуальной электроэнергетики, так как новый технологический базис существенно изменяет возможности вовлечения потребителя в отраслевую цепочку создания стоимости. В этой связи формирование системы условий и требований, необходимых для реализации экономического поведения «активного» потребителя в энергосистеме, разработка модели принятия решений «активным» потребителем и разработка механизмов реализации указанной концепции представляют собой актуальную научную проблему, имеющую существенное значение для развития электроэнергетики страны.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка методов и механизмов реализации концепции «активного» потребителя в России в рамках перехода к интеллектуальной энергетике.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

1. Уточнить определение «активного» потребителя, определить его задачи, роль и функции в энергосистеме, отличия от традиционного понимания потребителя в энергосистеме, сформировать систему условий и требований, необходимых для реализации экономического поведения «активного» потребителя в энергосистеме, с учетом специфики российской энергетике.

2. Разработать основные положения методики обоснования стратегии «активного» потребителя, включающей формирование графика энергопотребления и режима загрузки собственной генерации.

3. Выявить и систематизировать факторы, оказывающие влияние на изменение поведения «активного» потребителя, и сформировать классификационные признаки «активных» потребителей с точки зрения степени вовлеченности потребителей в цепочку создания ценности и уровня потенциала их участия в программах управления спросом.

4. Разработать подход к формированию системы механизмов реализации и стимулирования активного поведения потребителя в России, основанный на системе механизмов Demand Response и принципах мотивационного управления, направленный на создание экономических стимулов, во-первых, позволяющих интегрировать в энергосистему собственную генерацию потребителя, а, во-вторых, построить гибкую систему тарифов, направленных на формирование желаемого поведения потребителей.

Объект исследования – потребители в интеллектуальной электроэнергетической системе.

Предмет исследования – система организационно-экономических отношений потребителя в интеллектуальной энергетической системе.

Методологическая база диссертационного исследования: работы отечественных и зарубежных авторов в области концепции интеллектуальной энергетики, инструменты теории маркетинга взаимоотношений и теории поведения потребителей, моделирования работы активных систем, механизмов управления организационными системами, методов управления спросом в энергетике, нормативно-правовые акты Российской Федерации в области функционирования оптового и розничных рынков электроэнергии и мощности.

В диссертационном исследовании использовались такие общенаучные методы исследования как системный подход, анализ и синтез, экономико-математическое моделирование, оптимизация.

Диссертация по своему содержанию соответствует специальности 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами – промышленность), в части пунктов:

1.1.1. Разработка новых и адаптация существующих методов, механизмов и инструментов функционирования экономики, организации и управления хозяйственными образованиями в промышленности.

1.1.20. Состояние и перспективы развития отраслей топливно-энергетического, машиностроительного, металлургического комплексов.

1.1.24. Тарифная политика в отраслях топливно-энергетического комплекса. Методологические и методические подходы к решению проблем в области экономики, организации и управления отраслями и предприятиями металлургического комплекса.

Информационной базой исследования является отчетность коммерческой (ОАО «АТС», НП «Совет рынка») и технологической (ОАО «Системный оператор ЕЭС») инфраструктуры рынка электроэнергетики, а также данные энергосбытовых компаний и крупных потребителей электроэнергии, материалы зарубежных и российских научных институтов, в том числе материалы проектов, реализованных с участием автора: «Разработка отдельных положений концепции развития интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью», «Разработка проекта концепции модернизации системы тарифного (ценового) регулирования в России, определению места и роли органов регулирования», «Разработка предложений по обеспечению баланса интересов поставщиков и потребителей электрической энергии (мощности) в рамках развития Тюменской энергосистемы до 2020 года».

Научная новизна исследования состоит в обобщении и развитии теоретических и методических положений концепции «активного» потребителя для российской электроэнергетики, а также в решении новой для экономической науки задачи по развитию методов активного поведения потребителей на электроэнергетическом рынке, заключающихся в создании инструментария обоснования стратегии «активного» потребителя. Автором предложена методика, которая позволяет описать экономические интересы потребителя в энергетике с учетом появления у него новых технологических возможностей и новых функций в энергосистеме. Указанная методика основана на минимизации затрат на энергоснабжение потребителя с учетом его степени удовлетворенности графиком потребления.

К числу результатов, обладающих научной новизной и выносимых на защиту, относятся следующие:

1. Сформулирована система условий и требований, необходимых для реализации экономического поведения «активного» потребителя в энергосистеме, с учетом специфики российской электроэнергетики.

2. Разработана методика обоснования стратегии «активного» потребителя, включающая формирование графика энергопотребления и режима загрузки собственной генерации на основе авторской модели принятия решений активным потребителем, отличающейся от существующих учетом степени его удовлетворенности выбранным графиком энергопотребления.

3. Предложены классификационные признаки «активных» потребителей с точки зрения степени вовлеченности потребителей в цепочку создания ценности и уровня потенциала их участия в программах управления спросом, исходя из традиционных для энергетики характеристик потребителей и вновь выявленных факторов, оказывающих влияние на изменение поведения «активного» потребителя.

4. Разработан подход к формированию системы механизмов реализации и стимулирования активного поведения потребителя в России, основанный на системе механизмов Demand Response и принципах мотивационного управления, направленный на создание экономических стимулов, во-первых, позволяющих интегрировать в энергосистему собственную генерацию потребителя, а, во-вторых, построить гибкую систему тарифов, направленных на формирование желаемого поведения потребителей.

Теоретическая значимость заключается в развитии теории управления активными системами и теории поведения потребителей в части формирования основных положений концепции «активного» потребителя в электроэнергетике, обоснования моделей и стратегий его активного поведения на рынке.

Практическая значимость диссертационного исследования:

Предложенная в диссертационной работе методика позволяет потребителям формировать график работы его электроприборов (оборудования) и собственной генерации исходя из критерия минимизации затрат на энергоснабжение с учетом уровня удовлетворенности ими выбранным графиком, а органам регулирования и крупным участникам рынка электроэнергии – оценивать отклик потребителей (Demand Response) на тарифные механизмы управления спросом.

Разработки автора, представленные в диссертационной работе, включены в «Концепцию развития интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС)» (2011 г.).

Кроме того, материалы диссертационной работы используются в рамках курса «Регулирование международных сетевых энергетических рынков» (для студентов 2-го курса магистратуры, факультет мировой экономики и мировой политики) Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Обоснованность научных положений

Обоснованность научных положений и рекомендаций, содержащихся в диссертации, подтверждается соответствием исследования основным положениям теории поведения потребителей, теории управления активными системами, обоснованным применением научных принципов и системных

методов исследования. Результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на научных и научно-практических конференциях и получили одобрение научной общественности.

Апробация работы.

Основные положения и результаты, представленные в работе, докладывались и обсуждались автором на научной конференции молодых ученых «Реформы в России и проблемы управления» (Государственный университет управления, 2011г.), II Российском экономическом конгрессе (Суздаль, 2013), XVIII Международной научно-практической конференции «Интеграция экономики с систему мирохозяйственных связей (Санкт-Петербург, 2013), а также на научных семинарах НИУ ВШЭ, а также на научных семинарах НИУ ВШЭ. Результаты исследования использованы при разработке и реализации «Концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью», разработанной в 2011 г. по заказу ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «НТЦ электроэнергетики».

Публикации

По теме диссертации автором опубликовано 9 статей, в т.ч. 5 - в изданиях из перечня ВАК РФ. Объем принадлежащих лично автору опубликованных материалов составил 1,8 п.л.

Структура и объем работы.

Диссертация содержит 3 главы, 155 страниц, включает 26 таблиц, 19 рисунков, содержит 1 приложение, 140 библиографических источников.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Сформулирована система условий и требований, необходимых для реализации экономического поведения «активного» потребителя в энергосистеме, с учетом специфики российской энергетики.

Одним из базовых подходов концепции Smart Grid, необходимых для реализации ее ключевых ценностей, является клиентоориентированность. В рамках концепции потребитель приобретает свойство «активного» участника рынка электроэнергии и самостоятельно формирует требования к объему получаемой электроэнергии, качеству и характеру ее потребительских свойств и энергетических услуг, которое в настоящее время в конструкции российского рынка электроэнергии может быть реализовано ограниченно. Решение данной проблемы требует разработки концепции «активного» потребителя на базе лучших зарубежных практик и механизмов.

В рамках исследования на основе систематизации условий и требований, необходимых для реализации экономического поведения «активного»

потребителя в энергосистеме, с учетом специфики российской энергетики были сформулированы основные положения концепция «активного» потребителя, которые представлены в виде логической схемы (Рисунок 1):

1. «Активный» потребитель является одним из основных элементов в энергосистеме в концепции развития отрасли, получившей название «Интеллектуальной электроэнергетической системы России».

2. «Активный» потребитель – участник электроэнергетического рынка, обладающий технологической возможностью по маневрированию своим энергопотреблением и готовностью к участию в программах по управлению спросом. Основными характеристиками «активного» потребителя являются:

а. Наличие технологических установок (вся совокупность или отдельные единицы):

- электропотребляющее оборудование, способное к изменению (перенесению) нагрузки;
- собственная генерация (распределенная генерация);
- накопители электроэнергии.

б. Осуществление деятельности по управлению спросом, включающей:

- маневрирование энергопотреблением (снижение или перенесение нагрузки во времени) с целью предоставления системной услуги, оплачиваемой рынком, или исходя из минимизации затрат на электроэнергию;
- управление собственной генерацией: определение степени ее загрузки, а также объема собственного потребления от нее и объема электроэнергии, поставляемый на рынок;
- управление режимом накопления электроэнергии:
 - накопление электроэнергии, вырабатываемой собственным генерирующим источником или накопление электроэнергии, потребляемой из энергосистемы;
 - потребление накопленной электроэнергии;
 - продажа накопленной электроэнергии на рынок.

3. Функциями «активного» потребителя в электроэнергетической системе являются:

- управление собственным энергопотреблением в соответствии с необходимостью выполнения своих производственных планов по выпуску продукции или обеспечению энергией домохозяйства, оптимизируя свои затраты на покупку электроэнергии с внешних рынков;
- определение степени своего участия в предоставлении дополнительных услуг, заключающихся в предоставлении управляемых активных и

реактивных нагрузок (мощностей) для управления со стороны системного оператора;

- определение условий загрузки собственной мощности (при ее наличии), для формирования заявки на участие в покупке/продаже электроэнергии на оптовом и розничном рынках.

Реализация перечисленных функций в конечном счете приводит к выбору потребителем стратегии энергоснабжения:

- самообеспечение;
- покупка электроэнергии из энергосистемы;
- покупка электроэнергии от других потребителей.

4. Одной из ключевых функциональных характеристик интеллектуальной энергетической системы является мотивация активного поведения конечного потребителя, под которой понимается обеспечение возможности самостоятельного изменения потребителями объема и функциональных свойств (уровня надежности, качества и т.п.) получаемой электроэнергии на основании баланса своих потребностей и возможностей энергосистемы с использованием информации о характеристиках цен, объемов поставок электроэнергии, надежности, качестве и др.

5. Концепция «активного» потребителя в энергосистеме реализуется через систему механизмов «активизации» потребителей (Demand Side Management), включающей в себя программы управления спросом (Demand Response) и энергоэффективности.

6. Реализация концепции «активного» потребителя предъявляет ряд требований к развитию энергосистемы: технологические, экономические и организационные требования.

2. Разработана методика обоснования стратегии «активного» потребителя, включающая формирование графика энергопотребления и режима загрузки собственной генерации на основе авторской модели принятия решений «активным» потребителем, отличающейся от существующих учетом степени его удовлетворенности выбранным графиком энергопотребления.

В диссертации разработана методика обоснования стратегии «активного» потребителя, включающая формирование графика энергопотребления и режима загрузки собственной генерации на основе авторской модели принятия решений «активным» потребителем, отличающейся от существующих учетом степени удовлетворенности выбранным графиком энергопотребления и отражающей экономические интересы «активного» потребителя.

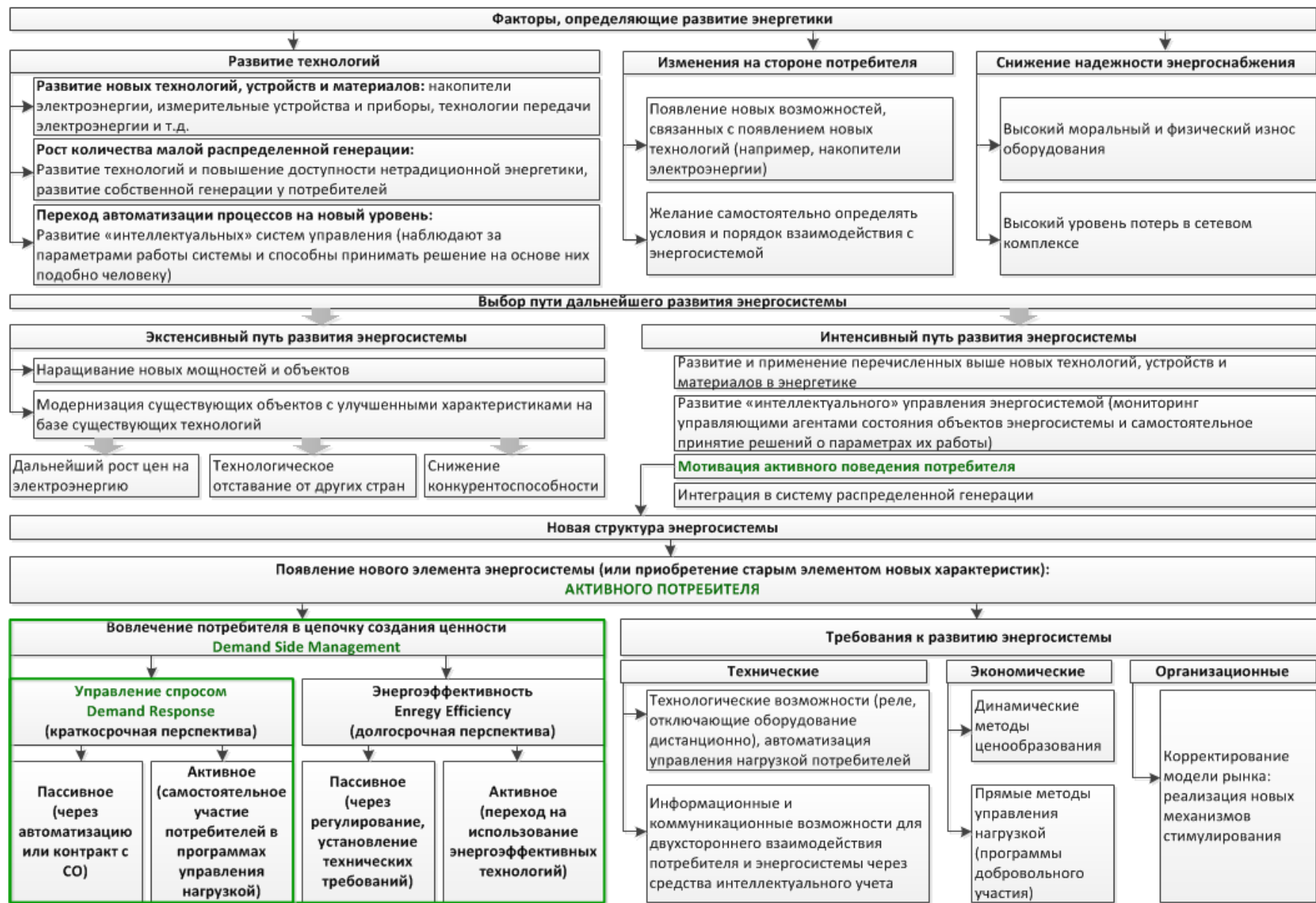


Рисунок 1 – Логическая схема концепции «активного» потребителя

Предлагаемая в диссертации целевая функция «активного» потребителя представляет собой сумму прибыли от потребления (разницы выгоды от потребления и стоимости отобранной из сети электроэнергии) и прибыли от собственной генерации (разницы дохода от продажи электроэнергии в сеть и себестоимости генерации) и имеет следующий вид:

$$f(\bar{z}, \bar{g}^I, \bar{g}^E) = \sum_{n=1}^N d_{z_n} - \sum_{t=1}^T c^I(\cdot) \left[\sum_{n=1}^N d_{z_n^t} \cdot P_n^{nomp} - g_t^I \right] + \sum_{t=1}^T \left[c^E(\cdot) \cdot g_t^E - \sum_{m=1}^M c_m(t, g_{mt}) \right] \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\forall t \sum_{n=1}^N V_n \cdot P_n^{nomp} \leq V_{\max} - \text{ограничение на объем потребляемой мощности всем}$$

домохозяйством/промышленным предприятием. Где:

M/N – количество единиц генерирующего/энергопотребляющего оборудования (далее – ЕГО/ ЕЭО).

T – количество часов в периоде планирования.

R – количество режимов работы (комбинаций графиков работы) у ЕГО, имеющей максимальное количество режимов (комбинаций графиков) работы.

$R = \max_{n \in \overline{1, N}} R_n$, где R_n - количество режимов работы n -ой единицы оборудования.

$A^n = (\alpha_{rt}^n)_{\substack{r \in \overline{1, R} \\ t \in \overline{1, T}}}$ - матрица допустимых режимов работы n -ой ЕЭО.

$$\forall n \in \overline{1, N}, \forall r \in \overline{1, R}, \forall t \in \overline{1, T} \quad \alpha_{rt}^n \in \{0; 1\}$$

P_n^{nomp} - мощность n -ой ЕЭО (кВт).

d_{m_t} - денежный эквивалент выгоды для потребителя (выгода) работы n -ой

Денежный эквивалент выгоды определяет ценность для потребителя использования n -ой единицы оборудования в заданном режиме в период планирования и в общем случае определяется, как максимальная цена на электроэнергию, которую потребитель готов заплатить за использование n -ой единицы оборудования в течение периода планирования в режиме r .

ЕЭО в течение периода планирования в режиме r .

$$\forall n \in \overline{1, N}: (R_n < R) \Rightarrow \forall r \in [R_n, R], \forall t \in \overline{1, T} \quad \alpha_{rt}^n = 0, \quad d_{m_t} = 0$$

g_{m_t} - объем производства m -ой ЕГО в момент времени t .

$$m \in \overline{1, M}, \quad \forall t \in \overline{1, T}$$

$$g_t = \sum_{m=1}^M g_{m_t} - \text{общий объем производства собственной генерацией.}$$

g_t^I / g_t^E - объем генерации, направляемый на внутреннее потребление/

$$\bar{g}_t^I = (g_t^I), \quad g_t^E = g_t - g_t^I, \quad \bar{g}_t^E = (g_t^E).$$

$c_m(t, g_{m_t})$ - затраты на производство единицы электроэнергии на m -ой ЕГО.

$c^I(t, V_t, \xi_a, \eta) = c^I(\cdot) / c^E(t, g^E, \xi_g, \eta) = c^E(\cdot)$ - цена на электроэнергию, потребляемую из сети/ выдаваемую в сеть

ξ_a / ξ_g - параметры тарификации для потребляемой электроэнергии (включая оговоренные в контракте ограничения на потребление V_{\max}) / для передаваемой в сеть электроэнергии.

η - внешние условия на горизонте планирования (среднесуточная температура или длина светового дня).

$\bar{z} = (z_1, \dots, z_N)$ - вектор переменных, соответствующий набору выбранных режимов работы ЕЭО. $\forall n \in \overline{1, N}, z_n \in \overline{1, R_n}$

Формально задача «активного» потребителя (задача оптимизации потребления и собственной генерации) состоит в том, чтобы максимизировать свою целевую функцию f выбором для каждого объекта электрооборудования $n \in \overline{1, N}$ графика потребления $r \in \overline{1, R_n}$, для каждого из имеющихся генераторов $m \in \overline{1, M}$ его графика генерации (то есть для каждого из периодов $t \in \overline{1, T}$ выбора неотрицательного числа – мощности генерации g_{mt} , а также объема передаваемой в сеть электроэнергии. $g_t^E \leq g_t = \sum_{m=1}^M g_{mt}$).

Критерием принятия решения «активным» потребителем является максимизация выгоды потребителя, определяющейся как разница денежного эквивалента выгоды графика потребления и затрат на электроэнергию, с учетом прибыли от продажи распределенной генерации.

Условиями модели принятия решений «активным» потребителем являются:

- заданный график изменения цены;
- заданный график потребления для каждой ЕЭО;
- заданная оценка выгоды каждого графика потребления;
- фиксированные графики себестоимости генерации;
- отсутствие затрат на пуск/остановку генерирующих мощностей;
- ценообразование на электроэнергию, поставляемую в сеть от собственной генерации.

Ограничениями модели принятия решений «активным» потребителем являются: возможны ограничения на максимальный объем потребляемой

мощности: $\forall t \sum_{n=1}^N V_t \cdot P_n^{nomp} \leq V_{\max}$ - ограничение на объем потребляемой мощности

всем домохозяйством/промышленным потребителем.

На основе предложенной авторской модели принятия решений «активным» потребителем разработана методика обоснования стратегии «активного» потребителя, включающая формирование графика энергопотребления и режима загрузки собственной генерации:

1. Задаются параметры работы каждой ЕЭО: возможность прерывания графика работы, продолжительность работы, интервальность включения и т.д.

2. Строятся возможные комбинации графика работы (режимы) каждой ЕЭО на период планирования (например, на сутки) в виде матрицы, где количество строк соответствует максимальному из всех ЕЭО количеству возможных комбинаций графика нагрузки, а количество столбцов – количеству периодов планирования (например, часов). Для несуществующих режимов работы – оставшаяся часть матрица заполняется нулями.

3. Задается денежный эквивалент выгоды графика потребления для каждого режима работы (соответствует всему периоду планирования – суткам) для каждой ЕЭО.

4. Задаются ценовые параметры: затраты на производство единицы электроэнергии на собственном генерирующем оборудовании, цена на покупку электроэнергии из сети, цена на продажу электроэнергии в сеть.

5. На основании предложенной автором модели исходя из задачи минимизации затрат потребителя на энергоснабжение и с учетом степени удовлетворенности графиком энергопотребления определяется на период планирования (на каждый час суток) график энергопотребления для каждой ЕЭО потребителя, а также объем выработки собственной генерации для каждой ЕЭО с распределением объема, направляемого на внутреннее потребление и объема продажи на рынок.

Оптимизация графика загрузки оборудования на основе авторских разработок дает дополнительную экономию на издержках в 10% при выборе варианта, с максимальной степенью удовлетворенности потребителя.

3. Предложены классификационные признаки «активных» потребителей с точки зрения степени вовлеченности потребителей в цепочку создания ценности и уровня потенциала их участия в программах управления спросом, исходя из традиционных для энергетики характеристик потребителей и вновь выявленных факторов, оказывающих влияние на изменение поведения «активного» потребителя.

Для построения системы управления спросом, то есть для разработки механизмов реализации и стимулирования «активного» потребителя в России, необходимо разработать классификацию потребителей с точки зрения

потенциала участия в программах управления спросом. Традиционно в электроэнергетике выделяются следующие классификационные признаки:

- *качественные классификационные признаки*: виды потребителей, наличие у потребителя собственной генерации, вид получаемого эффекта регулирования, вид технологического процесса потребителя, вид конечного потребления.
- *количественные показатели*: потенциал допустимого снижения нагрузки, скорость снижения нагрузки, максимально возможная длительность внезапных отключений, не приводящая к срыву технологического процесса, максимально возможная длительность работы в условиях регулирования нагрузки.

С использованием разработанной в диссертации модели были выделены основные экономические факторы, оказывающие влияние на поведение «активного» потребителя:

- Цена на потребляемую из сети электроэнергию и формула ее расчета (вид тарифа);
- Наличие собственной генерации;
- Возможность выдачи в сеть электроэнергии, вырабатываемой на собственной генерации;
- Принцип ценообразования на электроэнергию, выдаваемую в сеть от собственной генерации;
- Оценка денежного эквивалента выгоды режима энергопотребления;
- Наличие возможности переноса нагрузки оборудования во времени.

На основании традиционных характеристик потребителей и основных факторов, оказывающих влияние на поведение «активного» потребителя, были выделены основные классификационные признаки (Рисунок 2), послужившие базой для разработки классификации потребителей с точки зрения степени вовлеченности потребителей в цепочку создания ценности и потенциала участия в программах по управлению спросом (Рисунок 3).

Предложенная автором классификация «активных» потребителей с точки зрения уровня потенциала участия в программах управления спросом учитывает, как традиционные характеристики потребителей в энергетике, так и основные факторы, оказывающие влияние на поведение «активного» потребителя, что позволяет в дальнейшем использовать ее с целью разработки или адаптации механизмов реализации и стимулирования активного поведения потребителя для каждой выделенной категории потребителей.

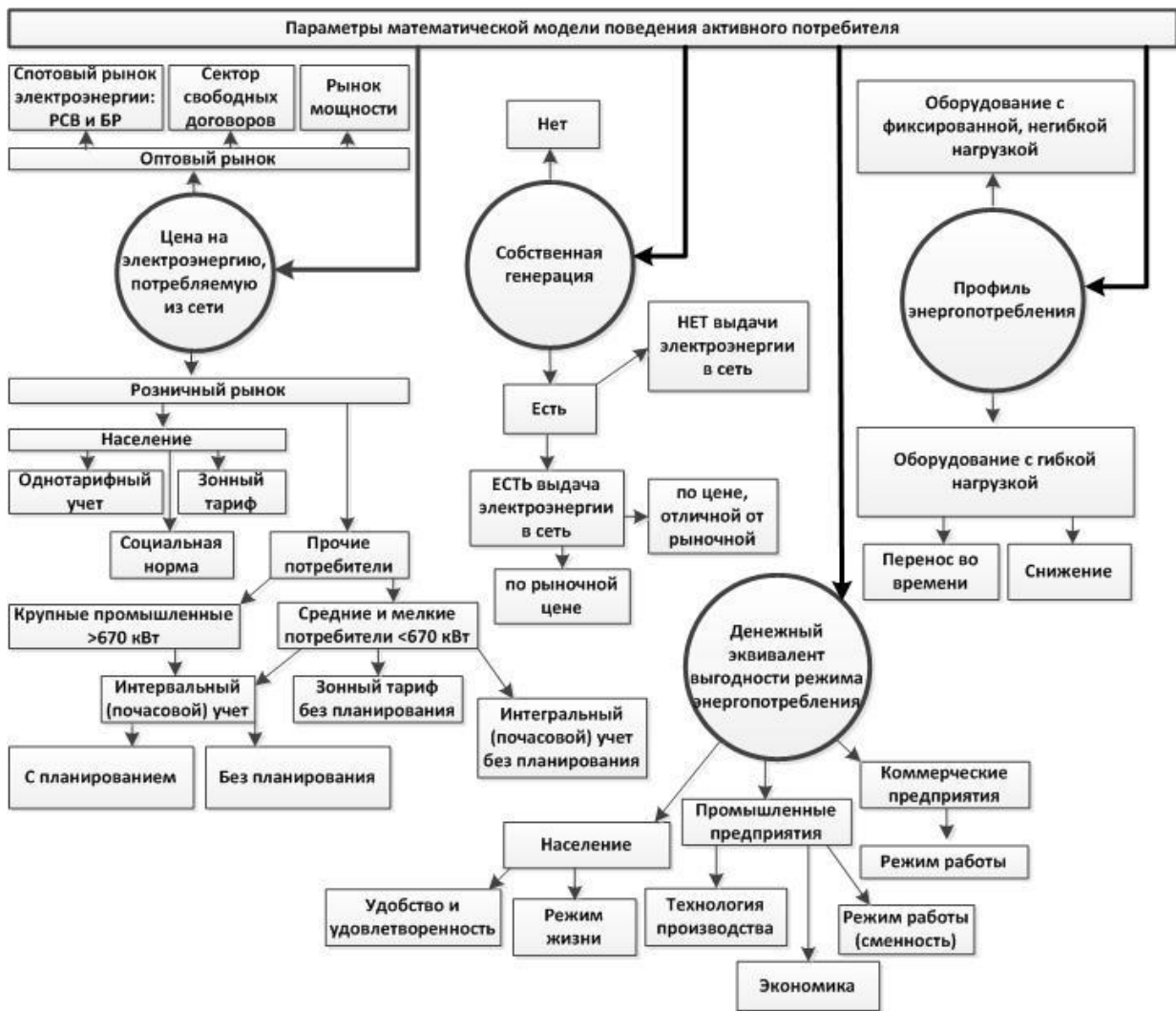


Рисунок 2 – Схема выделения основных классификационных признаков потребителей

4. Разработан подход к формированию системы механизмов реализации и стимулирования активного поведения потребителя в России, основанный на системе механизмов Demand Response и принципах мотивационного управления, направленный на создание экономических стимулов, во-первых, позволяющих интегрировать в энергосистему собственную генерацию потребителя, а, во-вторых, построить гибкую систему тарифов, направленных на формирование желаемого поведения потребителей.

По результатам анализа зарубежного опыта, а также особенностей рынка электрической энергии в России сформирована система механизмов реализации и стимулирования активного поведения потребителя в России (рисунок 4), основные положения которой следующие:

- Интеграция собственной генерации

Для реализации функции управления загрузкой собственной генерации обоснована необходимость решения следующих задач:

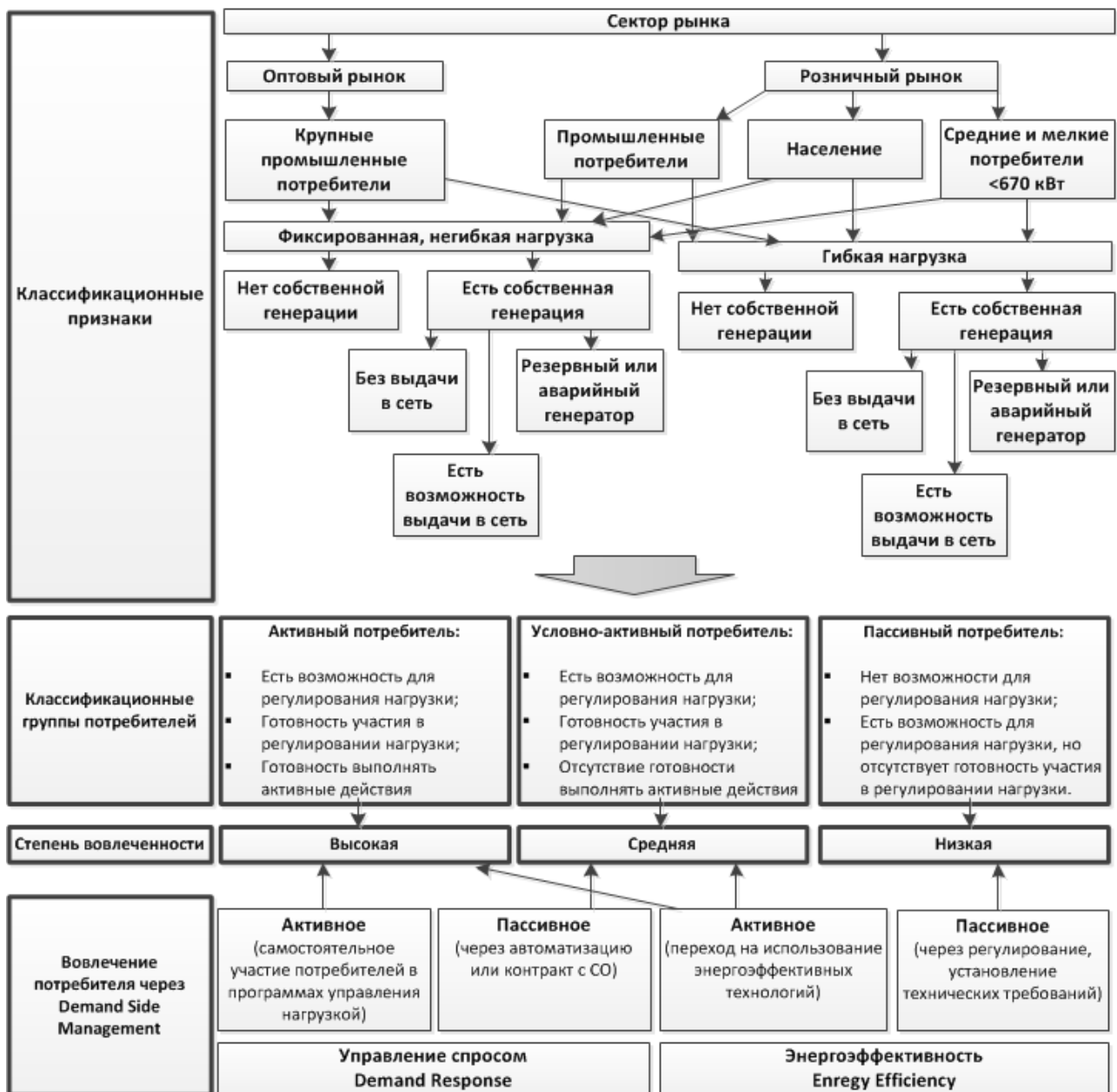


Рисунок 3 – Классификация потребителей с точки зрения потенциала участия в программах по управлению спросом

- технологическая интеграция в энергосистему:
 - ◇ разработка стандартов присоединения к энергосистеме;
 - ◇ разработка требований для получения генерацией потребителя статуса квалифицированного поставщика;
 - ◇ разработка процедуры получения генерацией потребителя статуса квалифицированного поставщика;
- создание экономических стимулов для реализации стратегии управления генерирующей мощностью:
 - ◇ предоставление выбора субъекту по участию в институциональном регулировании нагрузки «по команде» системного оператора;

- ◇ предоставление возможности подачи ценовых заявок на продажу электроэнергии, вырабатываемой собственной генерацией, на рынок;
- ◇ сохранение возможности проведения взаиморасчетов по трансфертной цене на объем электроэнергии, вырабатываемый собственной генерацией и потребляемый самим потребителем.



Рисунок 4 – Система механизмов реализации и стимулирования активного поведения потребителя в России

▪ Механизм стимулирования разгрузки

Для реализации свойства «активности» потребителя предлагается формирование экономического механизма, стимулирующего потребителя к управлению режимами своего энергопотребления в периоды пиковых цен с целью балансирования системы (Demand Response).

Для этого необходимо обеспечить для потребителя индивидуальный экономический эффект от участия в управлении своим энергопотреблением – ввести новый вид системной услуги – услуга по оперативному сбросу/набору нагрузки, которая будет рассматриваться как эквивалент дополнительной загрузки/разгрузки генерации. Если цена, предлагаемая потребителем за разгрузку/загрузку, ниже цены, предлагаемой генератором, то балансирование на рынке будет обеспечиваться при более низкой цене. При этом необходимо учитывать указанные объемы как непосредственно на спотовом рынке электроэнергии, так и на рынке мощности – как эквивалент содержания резервного генератора.

Для координации действий мелких розничных потребителей, не способных в силу небольших объемов потребления повлиять на формирование цены на рынке, предлагается рассмотреть возможность создания участника инфраструктуры – агрегатора. Указанный участник реализует механизм

«виртуальной электростанции» - агрегирует свободную мощность распределенной генерации, а также потребителей, готовых снизить нагрузку в рамках механизмов управления спросом, и управляет указанной мощностью из единого центра посредством Интернет-системы как блоком одной электростанции.

▪ Механизм встречного планирования

Конструкция рынка «на сутки вперед» и балансирующего рынка соответствует принципам механизма встречных планов. Суть механизма встречных планов заключается в том, что потребители сами определяют и сообщают свой прогноз потребления, что обеспечивает надежность и точность прогнозирования. Потребитель оплачивает плановый объем по базовой цене, кроме того, перерасход и недорасход оплачиваются со штрафными коэффициентами. Наличие штрафов стимулирует потребителя к максимально точному планированию.

В настоящее время при отклонении фактического потребления от планового потребитель попадает на балансирующий рынок, где соответствующие объемы превышения покупаются по более дорогой цене, а объемы «недорада» продаются обратно на рынок по пониженной цене.

Для реализации положений концепции «активного» потребителя необходимо пересмотреть штрафные коэффициенты за гибкое реагирование потребителей таким образом, чтобы можно было интегрировать механизм стимулирования разгрузки в существующую систему рынков электроэнергии и мощности.

▪ Механизмы управления спросом

Управление «активным» потребителем (объемами его потребления и генерации, а также перераспределением нагрузки) производится посредством гибко настраиваемых (в зависимости от типа потребителя, экономической конъюнктуры, технологических условий) меню тарифов как на потребляемую, так и на передаваемую в сеть электроэнергию.

Управление спросом – это комплексный подход к взаимодействию с потребителем, основанный на его активном участии в формировании и регулировании нагрузки с применением мер поощрений «активного» потребителя.

Система управления спросом включает в себя управление нагрузкой и динамическое ценообразование, основанные на программах, представленных в таблице 1, которые были выявлены и систематизированы автором на основе анализа зарубежной практики. В таблице 1 проведен сравнительный анализ

текущего и перспективного состояния указанных программ. Развитие представленных программ управления спросом является основой реализации системы механизмов «активизации» Demand Response.

Таблица 1 – Анализ перспектив реализации программ управления спросом

Элементы программы управления спросом	Современное состояние	Перспективное состояние
Прямое управление спросом	Потребитель по своему усмотрению включает или выключает оборудование в часы минимума/ максимума тарифа в соответствии с существующим тарифным меню	Оборудование потребителя оснащено соответствующими устройствами, для дистанционного отключения в пиковые моменты и включения в моменты минимальных цен
Программы требования (предложения) нагрузки или Программы обратной покупки	Потребитель по своему усмотрению включает или выключает оборудование в часы минимума/ максимума тарифа в соответствии с существующим тарифным меню	Потребитель на основе оперативной информации о состоянии рынка может отказаться от потребления в данный момент времени и продать мощность
Тариф, дифференцированный по времени суток	Потребитель по своему усмотрению включает или выключает оборудование во время действия зональных тарифов	Существование как добровольных программ, так и принудительных, основанные на обязательном в них участии всех потребителей. Потребитель может или обязан загрузить своё оборудование во время действия того или иного тарифа
<i>Коммерческие/промышленные варианты программы</i>		
Программы прерывания	Принудительные отключения в форс-мажорных ситуациях	Отключение по согласию потребителя с предоставлением возможности понижения выплат в сторону поставщика за счет системы модификации цен
Программы снижения нагрузки	Принудительные сокращение нагрузки в форс-мажорных ситуациях	Сокращение нагрузки по согласию потребителя с предоставлением возможности понижения выплат в сторону поставщика за счет системы модификации цен
Тарификация в режиме реального времени	Работа в режиме реального времени на балансирующем оптовом рынке электроэнергии и мощности	Работа в режиме реального времени на балансирующем оптовом рынке электроэнергии и мощности, а также на уровне конечного потребителя на розничном потребительском рынке
Программы требования (предложения) нагрузки или Программы обратной покупки	Промышленный потребитель по своему усмотрению загружает мощности в соответствии с режимом работы в зависимости от тарифа или условий долгосрочного контракта	Потребитель на основе оперативной информации о состоянии рынка может отказаться от потребления в данный момент времени и продать мощность по одному из вариантов: переменный процент от оптовых цен, постоянный процент от оптовых цен, постоянная или переменная цена, определяемая на условиях конкурсного отбора потребителей.

III. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ РАБОТЫ

1. Уточнено определение «активного» потребителя, определены его задачи, роль и функции в энергосистеме, на основании чего сформирована система условий и требований, необходимых для реализации экономического поведения активного потребителя в энергосистеме на базе концепции Demand Side Management с учетом специфики российской энергетики, включающая в себя технологические, экономические и организационные требования.

2. Разработанная методика обоснования стратегии «активного» потребителя, включающей формирование графика энергопотребления и режима загрузки собственной генерации на основе авторской модели принятия решений «активным» потребителем, отражающей экономические интересы «активного» потребителя, с учетом степени удовлетворенности выбранным графиком энергопотребления.

Предложенная методика может использоваться для следующих целей:

- самим «активным» потребителем для формирования стратегии своего энергопотребления;
- может приниматься за основу при мультиагентном моделировании отклика потребителей на тарифные механизмы управления спросом, т.е. использоваться энергосбытовой компанией и регулятором для выработки механизмов влияния на активных потребителей;
- для автоматизации управления нагрузкой потребителя;
- для оценки экономического эффекта для потребителя от участия в управлении спросом.

3. На основании выявленных факторов, оказывающих влияние на изменение поведения потребителя, предложены классификационные признаки «активных» потребителей, которые позволяют классифицировать активных потребителей с точки зрения уровня степени вовлеченности потребителей в цепочку создания ценности и потенциала участия в программах управления спросом, что может использоваться в дальнейшем с целью разработки программ управления спросом для каждой категории потребителей.

4. Разработанный подход к формированию системы механизмов реализации и стимулирования «активного» потребителя в России, основанный системе механизмов Demand Response, позволяет определить систему мер по изменению организационно-экономических отношений в российской электроэнергетике, направленных на создание экономических стимулов, во-первых, позволяющих интегрировать в энергосистему собственную генерацию потребителя, а, во-вторых, построить гибкую систему тарифов, направленных на формирование желаемого поведения потребителей.

IV. ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные работы автора в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАКом Минобрнауки России:

1. Сальникова Е.А. Переход к интеллектуальной энергетике в России: научные и институциональные аспекты / Волкова И.О., Сальникова Е.А. // Экономика и управление (г. Санкт-Петербург). – 2010. – № 5 (55). – С. 77-82, 0,6 п.л. (в соавторстве с Волковой И.О., вклад автора – 0,3 п.л.).
2. Сальникова Е.А. Модернизация системы тарифного регулирования и проблема эффективности деятельности субъектов естественных монополий / Бродов Д.М., Долматов И.А., Сальникова Е.А., Шутова М.А. // Экономика и управление (г. Санкт-Петербург). – 2010. – № 8 (58). – С. 61-64, 0,4 п.л. (в соавторстве с Бродовым Д.М., Долматовым И.А., Шутовой М.А., вклад автора – 0,1 п.л.).
3. Сальникова Е.А. Концептуальные предложения по модернизации системы тарифного регулирования отраслей естественных монополий в условиях их реформирования / Белгородов Д.А., Долматов И.А., Сальникова Е.А., Шутова М.А. // Интеграл. – 2011. – № 3 (59). – С. 46-51, 0,9 п.л. (в соавт. с Белгородовым Д.А., Долматовым И.А., Шутовой М.А., вклад автора 0,2 п.л.).
4. Сальникова Е.А. Стимулирование активного поведения потребителей в электроэнергетике // Вестник Тверского Государственного Университета. Серия Экономика и управление. – 2013. – №9. – с. 177-188 0,4 п.л.
5. Сальникова Е.А. Активный потребитель: задача оптимизации потребления электроэнергии и собственной генерации / Волкова И.О., Губко М.В., Сальникова Е.А. // Проблемы управления/Control Sciences. – 2013. – № 6. – С.53-61, 0,8 п.л. (в соавторстве с Волковой И.О. Губко М.В., вклад автора – 0,3 п.л.).

Другие публикации:

6. Сальникова Е.А. Активный потребитель в интеллектуальной энергетике / Волкова И.О., Сальникова Е.А., Шувалова Д.Г. // Академия энергетике. – 2011. – № 2 (40) – С. 50-57, 0,5 п.л. (в соавторстве с Волковой И.О., Шуваловой Д.Г., вклад автора – 0,2 п.л.).
7. Сальникова Е.А. Задачи модернизации методов тарифного регулирования при стимулировании повышения энергетической эффективности компаний //В кн.: Сборник научных трудов 12-й Международной научно-практической конференции "Экономика, экология и общество в 21-м столетии": Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2010. – С. 262-264, 0,1 п.л.
8. Сальникова Е.А. Активный потребитель в интеллектуальной энергетической системе //В кн.: Сборник научных трудов в 26-й Всероссийской научной конференции молодых ученых «Реформы в России и проблемы управления»: Государственного университета управления. – 2011. – 0,2 п.л.
9. Сальникова Е.А. Модель принятия решений активным потребителем в электроэнергетике / Волкова И.О., Губко М.В., Сальникова Е.А. // В кн.: Сборник научных трудов XVIII Международной научно-практической конференции «Интеграция экономики в систему мирохозяйственных связей»: Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2013. – С. 310-312, 0,1 п.л. (в соавторстве с Волковой И.О., Губко М.В., вклад автора – 0,04 п.л.).