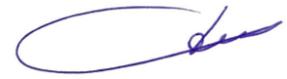


На правах рукописи



Дзюба Анатолий Петрович

**УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ НА ЭНЕРГОРЕСУРСЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ: ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ**

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством
(экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами:
промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора экономических наук

Челябинск
2021

Работа выполнена на кафедре «Финансовые технологии» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

Научный консультант – Соловьева Ирина Александровна,
доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры «Финансовые технологии» Высшей школы экономики и управления ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

Официальные оппоненты: Волкова Ирина Олеговна,
доктор экономических наук, доцент, заместитель директора Института экономики и регулирования инфраструктурных отраслей ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва.

Гительман Лазарь Давидович,
доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой систем управления энергетикой и промышленными предприятиями ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Колибаба Владимир Иванович,
доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и организации предприятия ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина», г. Иваново.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург.

Защита состоится 25 мая 2021 г., в 11 часов, на заседании диссертационного совета Д 212.298.07 в ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, ауд. 502.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» <https://www.susu.ru/ru/dissertation/d-21229807/dzyuba-anatoliy-petrovich>

Автореферат разослан «__» _____ 20__ г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат экономических наук, доцент



М.В. Подшивалова

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одним из приоритетных направлений реализации энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года, разработанной в условиях перехода мировой экономики на новые технологические уклады, является совершенствование управления процессами производства, передачи, распределения и потребления всех видов энергетических ресурсов, способствующее повышению эффективности функционирования отраслей топливно-энергетического комплекса. Резервы повышения энергетической эффективности существенны не только в сфере технологий производства, преобразования и потребления энергии, но и в области планирования, организации и контроля процесса обращения топливно-энергетических ресурсов. В период интенсивного внедрения информационных и коммуникационных технологий в мировую промышленность эффективным инструментом повышения энергетической эффективности, используемым в мировой практике, выступает управление спросом на энергопотребление со стороны конечных потребителей (DSM – Demand Side Management).

Для экономики России, занимающей лидирующие позиции в мировом производстве и потреблении топливно-энергетических ресурсов, но отстающей по показателям энергоёмкости ВВП от большинства развитых и развивающихся стран, задача повышения энергетической эффективности имеет особую актуальность. Для Российской Федерации ключевыми энергетическими ресурсами являются электрическая энергия и природный газ. Анализ показывает, что спрос на потребление электрической энергии и природного газа в России характеризуется значительным уровнем волатильности, что отчасти связано с высокой долей промышленного энергопотребления в структуре энергетического баланса страны (69% от величины общего спроса).

Учитывая высокую степень газификации промышленности России, взаимосвязь отраслей электроэнергетики и газовой промышленности, схожесть характеристик волатильности спроса на потребление природного газа с электроэнергией, целесообразно проводить исследование и управлять комплексным спросом на эти энергоресурсы. За счет возникающего синергетического эффекта управление комплексным спросом на энергоресурсы выступает существенным резервом повышения энергетической эффективности использования электроэнергии и природного газа не только на уровне промышленности, но и в масштабах всего топливно-энергетического комплекса страны.

Несмотря на существующие резервы повышения энергетической эффективности промышленности, в отечественных энергорыночных и законодательных механизмах вопросу управления спросом на энергоресурсы уделяется недостаточно внимания. В этих условиях необходимо как с научной, так и с практической точек зрения совершенствование теории и методологии управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях России.

Степень разработанности проблемы. Проблемами управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности занимались

как отечественные, так и зарубежные ученые. Вопросы управления спросом на потребление электроэнергии рассматривали следующие отечественные ученые: Б. Абрамович, Н. Айзенберг, Т. Апштейн, Г. Асланян, В. Афанасьев, В. Болотов, А. Брагин, К. Брайтенбах, В. Вейц, И. Волкова, Н. Воропай, Г. Горбунов, В. Гордеев, В. Гронштейн, М. Губко, Б. Гуревич, А. Дарманчев, Ю. Дементьев, Е. Забелло, Т. Золотарев, Б. Кикодзе, Б. Кобец, В. Колибаба, С. Кукель-Краевский, Л. Кульницкий, С. Ледин, П. Ляпичев, М. Ляховицкий, А. Мангараков, Э. Меерович, А. Митрофанова, В. Михайлов, А. Осепян, Т. Паниковская, С. Перевалов, Н. Сидоровская, Д. Сипин, А. Слоним, В. Стенников, З. Стычински, К. Суслов, М. Фельдман, Р. Ферман, В. Ханаев, С. Цымбал, В. Чемоданов, В. Чичканов, Ш. Чокин, Б. Шелехова, Д. Шувалова, М. Элькинд и др., а среди зарубежных авторов существенный вклад в анализируемую проблематику внесли: R. Aburukba, N. Adilov, C. Anderson, M. Balijepalli, D. Bargiotas, G. Berg, M. Chan, F. Clark, R. Delgado, G. Diana, A. Garcia, H. Geller, H. Geller, C. Gellings, G. Hamoud, R. Hershey, W. Holmes, M. Ibrahim, K. Jacobs, W. Jefferson, G. Kaplan, J. Knudsen, T. Laaspere, M. Levine, G. Litjens, R. Maliszewski, P. Mc Daniel, J. Mentuck, B. Mitchell, S. Mocci, A. Mohsenian-Rad, W. Morton, Y. Ozturk, A. Requin, P. Schweizer, M. Soderstrom, P. Steiner, M. Takahashi, V. Tipsuwanporn, M. Toro, J. Torriti, G. Van Harmelen, E. Vardaman, R. Walawalkar, D. Walker, J. Wenders, O. Williamson, F. Zarb, Q. Zhang.

Исследованию функций управления спросом на потребление природного газа посвящены работы многих ученых СССР и России, таких как В. Албул, М. Алиев, И. Бархударян, В. Батенин, А. Боткилин, А. Бренц, Н. Варюхина, Л. Видгоп, Т. Вишневецкий, А. Гарайшин, Р. Гафаров, О. Гнездилова, Ю. Данилевич, А. Дубинский, Ю. Емельяшина, И. Журавлев, И. Жученко, А. Зейлигер, Н. Илькевич, В. Калик, Е. Кац, А. Киселев, Б. Козырев, А. КОРТУНОВ, Ю. Кузнецов, А. Ляуконис, Л. Мелентьев, Р. Мирзаакбарова, Р. Мирходжаев, Н. Мунько, Ю. Мутовин, А. Немчинов, Ю. Перельцвайг, В. Смирнов, Н. Стаскевич, Л. Телегин, Л. Уткина, И. Фурман, Л. Хрилев, В. Шеремет и другие.

Существенный вклад в решение задач управления энергопотреблением на промышленных предприятиях внесли представители уральской экономической школы: А. Татаркин, И. Баев, Л. Гительман, Т. Демьяненко, А. Домников, Н. Киреева, М. Кожевников, В. Кокшаров, А. Куклин, Е. Магарил, В. Мохов, Б. Ратников, И. Соловьева, М. Ходоровский, Г. Чеботарева и другие.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных управлению спросом на энергоресурсы и управлению энергопотреблением в промышленности, в существующих научных трудах не получило полноценного отражения решение таких вопросов, как управление спросом на потребление электроэнергии и природного газа в действующих энергорыночных условиях хозяйствования, управление комплексным спросом на потребление энергоресурсов в промышленности и вопрос управления совокупными затратами на закуп энергоресурсов (электроэнергия и природный газ).

Выявленное несоответствие актуальности и степени проработанности организационно-экономических вопросов управления комплексным спросом на потреб-

ление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях в современных энергорыночных условиях определило выбор темы, цель и задачи диссертационного исследования.

Цели и задачи диссертационного исследования. Целью диссертационной работы является развитие теоретико-методологических основ и разработка методов управления спросом на энергоресурсы промышленных предприятий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач.

1. Провести анализ структуры, динамики и особенностей промышленного энергопотребления в России, с идентификацией преимуществ управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа.

2. Выполнить анализ мировых и отечественных научных исследований в области управления спросом на промышленное энергопотребление.

3. Разработать концепцию управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях России.

4. Разработать методологию, включающую систему методов управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа промышленными предприятиями России.

5. Разработать метод выявления перспективных территориальных образований для реализации управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности.

6. Разработать механизмы выбора критериев и тарифов на закуп электроэнергии и природного газа промышленными предприятиями России.

7. Разработать методические основы управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях, использующих распределённые источники энергоснабжения.

Поставленные задачи определили логику и структуру диссертационного исследования.

Объектом диссертационного исследования являются промышленные предприятия, осуществляющие закуп электроэнергии на оптовом и розничном рынках электроэнергии России, а природного газа – у региональных поставщиков и на товарно-сырьевой бирже, ориентированные на реализацию программ организационно-экономического развития России.

Предметом диссертационного исследования являются организационно-экономические отношения, возникающие при управлении спросом на потребление энергоресурсов на промышленных предприятиях.

Теоретическая и методологическая база исследования. Теоретической и методологической основой исследования являются теория систем, теория конкуренции, теория инноваций, теория организации, работы отечественных и зарубежных ученых в области управления спросом и затратами на потребление электроэнергии и природного газа на всех уровнях экономики. Для решения поставленных задач были использованы такие научные методы исследования, как матричный и сравнительный методы анализа, метод построения карт позиционирования, экономико-статистические методы, экономическое моделирование, компьютерное моделирование и методы экспертных оценок.

Информационная база исследования включает законодательные и нормативные акты Российской Федерации в сфере управления энергетической эффективностью, функционирования оптового и розничного рынков электроэнергии, поставок природного газа на региональных рынках, функционирования товарно-сырьевой биржи, материалы Федеральной службы государственной статистики, аналитические и статистические отчеты международных организаций, данные Ассоциации «НП Совет рынка», АО «Администратор торговой системы», данные АО «Санкт-Петербургская международная товарно-сырьевая биржа», технико-экономические и аналитические данные потребления электроэнергии и природного газа промышленными предприятиями, научные публикации в журналах и сборниках статей, экспертные оценки, собственные исследования автора.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности. Работа выполнена в соответствии с пунктами паспорта специальности ВАК 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами: промышленность)»: п.п. 1.1.1. «Разработка новых и адаптация существующих методов, механизмов и инструментов функционирования экономики, организации и управления хозяйственными образованиями в промышленности»; п.п. 1.1.4. «Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах»; п.п. 1.1.13. «Инструменты и методы менеджмента промышленных предприятий, отраслей, комплексов»; п.п. 1.1.15. «Теоретические и методологические основы эффективности развития предприятий, отраслей и комплексов народного хозяйства»; п.п. 1.1.18. «Проблемы повышения энергетической безопасности и экономически устойчивого развития ТЭК. Энергоэффективность».

В ходе исследования получены следующие **результаты, обладающие научной новизной и являющиеся предметом защиты**:

1. По результатам авторского исследования характеристик спроса на потребление электроэнергии и природного газа доказана возможность получения синергетического эффекта в процессе управления комплексным спросом на их потребление промышленными предприятиями и проведена систематизация потенциальных эффектов по иерархическим уровням энергосистем. Эффект синергии обусловлен единообразием и взаимным влиянием факторов, действующих на спрос на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности, однотипностью энергопотребляющего оборудования и технологических процессов, подобием и взаимозависимостью конфигураций графиков спроса промышленных предприятий на энергоресурсы и однородностью получаемых эффектов на различных уровнях управления. Управление комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности позволяет существенно сократить затраты на их закуп и повысить энергоэффективность.

2. Раскрыт генезис научных исследований в области управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа промышленными предприятиями, определяющий основные тренды, этапы и особенности развития теоретической базы в этой области. Это позволило идентифицировать перспективы развития теоретических исследований в области потребления энергоресурсов с выделением

актуальных требований и разработкой принципов управления комплексным спросом на электроэнергию и природный газ в промышленности России, что обуславливает развитие нового направления исследований, предопределяет его цели и задачи, фокусируя их на вопросах разработки теории и методологии управления спросом на энергоресурсы с целью повышения эффективности промышленного энергопотребления.

3. Разработана концепция управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности, отличительными особенностями которой являются: интегрированное управление затратами на потребление энергоресурсов; учет дифференциации характеристик спроса на энергоресурсы по уровням энергосистем; учет иерархии и структуры взаимосвязей функционирования промышленных предприятий в рамках топливно-энергетического комплекса; учет релевантных факторов внутренней и внешней среды, влияющих на спрос промышленных предприятий на энергоресурсы; динамичность и гибкость выбора инструментов управления. Реализация предложенной концепции обуславливает возможность снижения совокупной стоимости энергоресурсов для промышленных предприятий за счет выравнивания спроса и сокращения затрат на производство, передачу и распределение энергоресурсов в масштабах Единой энергетической системы и Единой системы газоснабжения России.

4. Разработана методология управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности, включающая механизм и систему взаимосвязанных методов, отличительными особенностями которых являются всесторонний охват экономических, организационных и технологических методов управления, направленных на реализацию отдельных функциональных задач в рамках иерархических уровней разработанного механизма. Реализация предложенной системы методов позволяет на основе учета вертикальной интеграции иерархических и функциональных взаимосвязей потребления энергоресурсов повысить эффективность управления спросом и снизить затраты, связанные с его волатильностью в масштабах ЕЭС и ЕСГ России.

5. Разработан метод выявления перспективных промышленно-развитых территориальных образований для реализации управления комплексным спросом на энергоресурсы, базирующийся на расчете индикаторов его волатильности, построении карт волатильности и матриц территорий, определяющих уровень перспективности внедрения разработанных механизмов. Метод отличается взаимосвязанным учетом характеристик волатильности спроса на потребление электроэнергии и природного газа, использованием системы абсолютных и относительных показателей вариации, что дает возможность обоснованно определять приоритетные территориальные образования для пилотной реализации программ повышения энергетической эффективности.

6. Разработаны механизмы выбора оптимальных тарифов на закуп электроэнергии и природного газа промышленными предприятиями по критериям управления спросом. Отличительными особенностями механизмов являются проведение последовательного индивидуального анализа закономерностей характеристик графиков спроса промышленных предприятий на потребление энергоресурсов,

анализ территориальных ценовых индикаторов их отпуска, использование универсальных алгоритмов и матриц принятия решений. Это позволяет промышленным предприятиям своевременно осуществлять выбор оптимальных вариантов тарифов на закуп электроэнергии и природного газа с учетом существующих технологических особенностей, социально-экономических характеристик территории функционирования и возможностей реализации мероприятий в области управления спросом на энергоресурсы с целью максимизации экономического эффекта, выраженного в сокращении затрат.

7. Разработаны методические основы интегрированного управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях, использующих распределённые источники энергоснабжения. Разработки отличаются реализацией единого централизованного ценозависимого управления синхронными режимами производства и потребления энергоресурсов энергопотребляющими объектами предприятия, системами малой распределенной генерации и промышленными накопителями электроэнергии по критериям управления спросом. Это позволяет на основе централизованного анализа графиков работы энергопотребляющего оборудования и распределенных источников энергоснабжения расширить границы управления параметрами потребления энергоресурсов из энергосистемы, повысить эффект от управления комплексным спросом и эффективность эксплуатации распределенных источников энергоснабжения. Данные разработки являются платформой для дальнейшей интеграции механизмов управления комплексным спросом на энергоресурсы с интеллектуальными цифровыми системами, такими как «Умные сети», «Интернет вещей», «Умный учет».

Теоретическая значимость работы заключается в приращении знаний в сфере управления комплексным спросом на потребление энергоресурсов на промышленных предприятиях и в области повышения энергетической эффективности в контексте реализации программ экономического развития России. Новые знания включают одновременное управление спросом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях по критерию минимизации стоимости энергетических ресурсов с учетом структурных особенностей энергопотребления в промышленности, взаимного влияния характеристик спроса и стоимости закупа энергоресурсов, иерархической структуры формирования спроса на различных уровнях энергосистемы, влияния энергорыночной среды и действующих механизмов ценообразования.

Практическая значимость проведенного исследования состоит в разработке конкретных практических рекомендаций (методов, методик и алгоритмов) управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа, которые могут быть использованы на промышленных предприятиях с целью сокращения затрат на закуп энергоресурсов и повышения энергетической эффективности основной и вспомогательной производственной деятельности.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы:

- при разработке и реализации программ социально-экономического развития России, программ повышения экономической эффективности промышленного производства в контексте энергоэффективности;
- энергетическими и планово-экономическими службами промышленных предприятий в процессе организации закупочной деятельности и управления энергетическими затратами;
- учреждениями высшего образования при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Экономика» и «Менеджмент».

Достоверность и обоснованность содержащихся в диссертации подходов, выводов и рекомендаций подтверждаются применением обоснованного методического инструментария, использованием и корректной обработкой большого объема статистического и фактического материала, внедрением на ряде промышленных предприятий.

Апробация работы. Основные положения работы были представлены на ряде международных конференций: Международной научно-практической конференции «Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие» (Ижевск, 2014), International conference on industrial engineering (ICIE 2016, ICIE 2017, Челябинск и Санкт-Петербург соответственно), IV Международной научно-практической конференции «Производственный менеджмент: теория, методология, практика» (Новосибирск, 2016), Всероссийской научно-практической конференции «Потенциал региональной экономики России: территории опережающего экономического развития» (Красноярск, 2018), Всероссийской научно-практической конференции «Умные технологии в современном мире» (Челябинск, 2018), Всероссийской научно-практической конференции «Комплексное развитие территориальных систем и повышение эффективности регионального управления в условиях цифровизации экономики» (Орёл, 2018), Международной научной конференции «Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство» (Казань, 2018), Всероссийской научно-практической конференции «Экономика и финансы в технологическом развитии России» (Челябинск, 2019), I Международной научной конференции «Трансформация национальной социально-экономической системы России» (Москва, 2019), III Международной научно-практической конференции «Стратегии развития предпринимательства в современных условиях» (Санкт-Петербург, 2019), Международной научной конференции «Социально-экономические и гуманитарные науки» (Санкт-Петербург, 2019), 71-й научной конференции «Наука ЮУРГУ» (Челябинск, 2019), XI Международной научно-практической конференции «Государство и бизнес. Экосистема цифровой экономики» (Санкт-Петербург, 2019), V Всероссийской научно-практической конференции «Современные информационные технологии: Теория и практика» (Череповец, 2019), Международной научно-технической конференции «Экономические и социальные аспекты развития энергетики. Энергия-2020» (Иваново, 2020), II Всероссийской научно-практической конференции «Умные технологии в современном мире» (Челябинск, 2020), Международной научно-практической конференции «Инновационные, финансовые и экономические аспекты информаци-

онной экономики XXI века» (Магнитогорск, 2020), а также на ряде региональных и вузовских научно-практических конференций.

Результаты проведенного исследования прошли апробацию в практике работы следующих промышленных предприятий: АО «Балтийский завод», ПАО «Ижнефтемаш», ПАО «НЕФАЗ», АО «АКОМ», АО «Ижевский завод пластмасс», ПАО «Амурский судостроительный завод», ООО «Окуловская бумажная фабрика».

Публикации. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 65 работах, в том числе в 3 авторских монографиях, научных статьях (24 в журналах, определенных ВАК РФ, 8 в журналах, входящих в базы Scopus и WOS), 4 свидетельствах о регистрации программных продуктов, научных докладах. Общий объем публикаций 96,5 п.л., в том числе авторских 70,6 п.л.

Логика и структура диссертационного исследования. Цель и задачи диссертационного исследования определили его логику и структуру. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы из 535 наименований. Текст работы изложен на 542 страницах печатного текста, включая 28 таблиц и 85 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы, определены цель, задачи, объект и предмет исследования, сформулирована научная и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе «Актуальные задачи управления спросом на потребление энергетических ресурсов» проведен эмпирический обзор параметров функционирования мирового топливно-энергетического комплекса с исследованием характеристик волатильности спроса на потребление электроэнергии и природного газа в России и странах мира. Идентифицированы технологическое и экономическое подобие и взаимное влияние неравномерности спроса на электроэнергию и природный газ в промышленности, а также общность эффектов, возникающих в процессе выравнивания спроса на потребление энергоресурсов. Проведено исследование законодательной базы РФ в части механизмов ценообразования на поставку энергоресурсов, с выявлением инструментов, позволяющих выполнять комплексное управление затратами на закуп электроэнергии и природного газа.

Во второй главе «Генезис исследований в области управления спросом на энергопотребление» проведен анализ исследований в области управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа отечественных и зарубежных ученых, с определением их генезиса, основных этапов развития и обуславливающих их факторов и оценка возможностей приложения мирового опыта использования инструментов управления спросом на потребление энергоресурсов в промышленном секторе России.

В третьей главе «Методология управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа в России» на основе систематизации факторов, ограничивающих развитие в России механизмов управления комплексным спросом на энергоресурсы, определены актуальные требования к управлению комплексным спросом на электроэнергию и природный газ, разработаны концепция, система принципов, механизм, а также система методов управления комплексным спро-

сом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях России.

В четвертой главе «Дифференциация методов управления энергетическим комплексом во внешней среде промышленного предприятия» выполнена разработка метода выявления наиболее перспективных территориальных образований для реализации управления комплексным спросом на электроэнергию и природный газ в промышленности, разработан метод управления спросом на электропотребление промышленных предприятий по показателю стоимости электрической мощности, разработаны механизмы выбора промышленным предприятием критериев и тарифов на оплату электроэнергии и природного газа.

В пятой главе «Эффективность управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа на уровне промышленных предприятий» представлены результаты апробации механизмов и алгоритмов управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях, разработаны методические основы интеграции управления комплексным спросом промышленных предприятий на энергоресурсы с использованием распределённых источников энергоснабжения, проведена оценка экономической эффективности управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа по уровням энергосистемы.

В заключении сформулированы основные выводы и обобщены результаты диссертационного исследования.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. По результатам авторского исследования характеристик спроса на потребление электроэнергии и природного газа доказана возможность получения синергетического эффекта в процессе управления комплексным спросом на их потребление промышленными предприятиями и проведена систематизация потенциальных эффектов по иерархическим уровням энергосистем. Эффект синергии обусловлен единообразием и взаимным влиянием факторов, действующих на спрос на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности, однотипностью энергопотребляющего оборудования и технологических процессов, подобием и взаимозависимостью конфигураций графиков спроса промышленных предприятий на энергоресурсы и однородностью получаемых эффектов на различных уровнях управления. Управление комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности позволяет существенно сократить затраты на их закуп и повысить энергоэффективность.

Проведенное эмпирическое исследование масштабов, структуры и показателей волатильности спроса на электроэнергию и природный газ, потребляемых промышленными предприятиями России, позволило сделать несколько ключевых выводов. Во-первых, в отличие от большинства стран мира, экономика России характеризуется высокой степенью газификации, в которой порядка 70% спроса на природный газ, как и на электроэнергию, приходится на промышленный сектор.

Более 58% внутреннего спроса промышленности на природный газ формируется электрогенерацией, что обуславливает высокую зависимость неравномерности спроса на природный газ от волатильности графиков электрических нагрузок энергосистемы (рисунок 1).

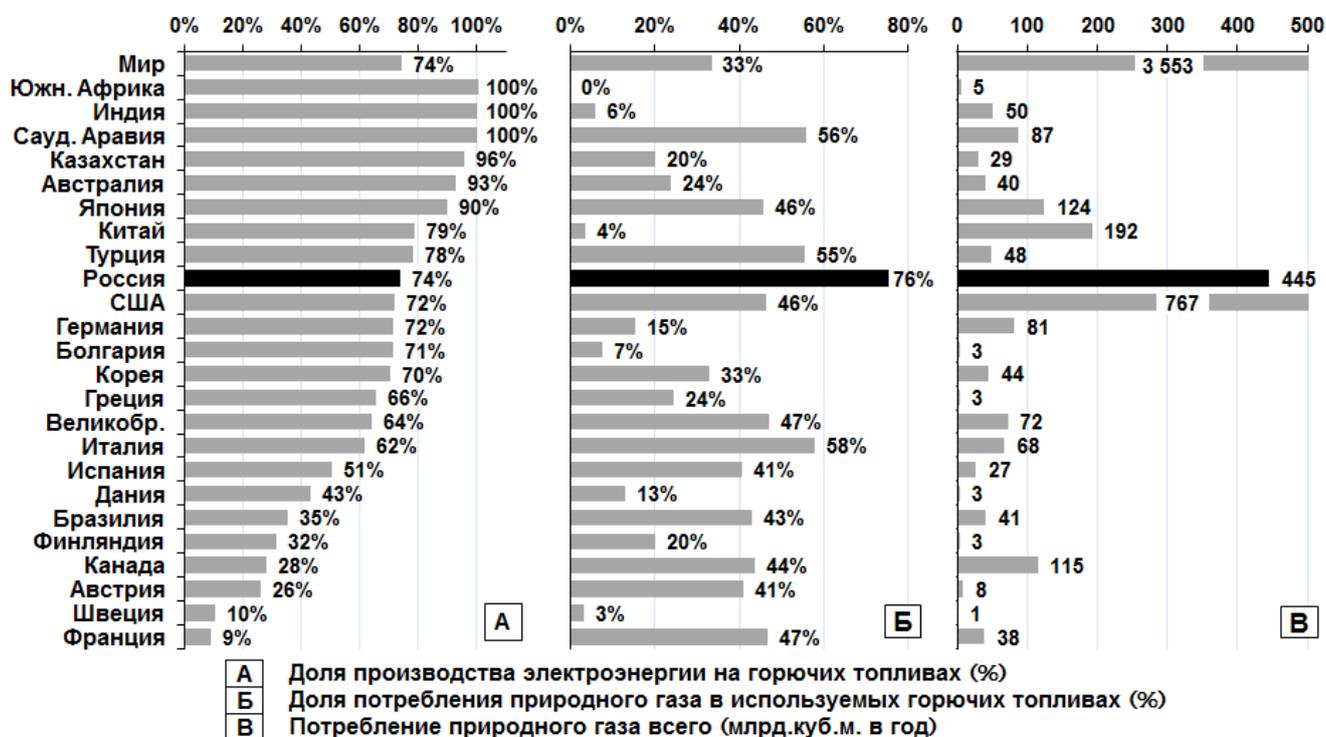


Рисунок 1 – Доля производства электроэнергии на горючих топливах и доля природного газа в горючих топливах в странах мира (составлено автором)

Во-вторых, схожесть технологических, режимных и экономических процессов функционирования электроэнергетики и газовой промышленности России определяет общность затрат на покрытие волатильности графиков спроса на потребление энергоресурсов и формирует идентичные эффекты от управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа на различных уровнях управления (таблица 1). В-третьих, основная доля спроса на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях формируется едиными технологическими процессами и оборудованием, спрос на потребление энергоресурсов которых базируется на взаимном влиянии и единообразии технологических и социально-экономических факторов.

В связи с этим форма и структура неравномерности графиков спроса на электроэнергию и природный газ имеют существенное сходство, что в свою очередь обуславливает возможность их синхронного управления (рисунок 2). Управление комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа дает возможность получить синергетический эффект сокращения затрат на энергоресурсы промышленного предприятия, превосходящий сумму отдельных эффектов от управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа в отдельности.

Проведенный анализ действующего законодательства в области ценообразования на поставку электроэнергии и природного газа промышленным потребителям

позволил констатировать взаимосвязь стоимости закупа энергоресурсов от индивидуальных характеристик волатильности спроса на энергопотребление, что дает возможность промышленным предприятиям посредством управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа снижать совокупные затраты на закуп энергоресурсов в действующих экономических условиях.

Таблица 1 – Эффекты от управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа на различных уровнях управления (систематизировано автором)

Уровень управления	Получаемый эффект	
	Электроэнергия	Природный газ
Уровень производства	<ul style="list-style-type: none"> • повышение коэффициента использования оборудования энергоблоков; • снижение «горячего» резерва генерирующих мощностей; • снижение сезонного резерва генерирующих мощностей; • снижение вынужденных запасов топлива; • снижение потребностей в использовании дорогостоящего резервного топлива; • повышение устойчивости режимов производства; • сокращение потребности в инвестиционных затратах на обновление основных фондов 	<ul style="list-style-type: none"> • повышение коэффициента использования оборудования газовых месторождений и заводов; • снижение «горячего» резерва добывающих и перерабатывающих мощностей; • снижение сезонного резерва добывающих и перерабатывающих мощностей; • повышение устойчивости режимов добычи и переработки; • снижение аварийности за счет неритмичных режимов работы; • снижение необходимых запасов в ПХГ; • сокращение потребности в инвестиционных затратах на обновление основных фондов
Уровень передачи по магистральным сетям	<ul style="list-style-type: none"> • снижение резерва электросетевых мощностей, связанного с неравномерностью спроса; • снижение эксплуатационных расходов на содержание электросетевых мощностей и подстанций; • снижение аварийности; • снижение технологических потерь электроэнергии; • сокращение потребности в инвестициях на обновление основных фондов 	<ul style="list-style-type: none"> • снижение резерва магистральных мощностей газопроводов и компрессорных станций; • повышение точности управления режимами; • повышение качества обеспечения обязательств по поставке газа по международным контрактам; • снижение эксплуатационных расходов на содержание трубопроводов и компрессорных станций; • сокращение потребности в инвестициях на обновление основных фондов
Уровень передачи по распределительным сетям	<ul style="list-style-type: none"> • снижение резерва электросетевых мощностей, связанного с неравномерностью спроса; • снижение эксплуатационных расходов на содержание электросетевых мощностей и подстанций; • снижение аварийности; • снижение технологических и коммерческих потерь электроэнергии; • сокращение потребности в инвестициях на обновление основных фондов; • высвобождение мощностей для подключения новых потребителей 	<ul style="list-style-type: none"> • снижение резерва распределительных мощностей газопроводов и компрессорных станций; • повышение точности управления режимами распределения газа; • снижение эксплуатационных расходов на содержание трубопроводов и компрессорных станций на транспортировку газа; • сокращение потребности в инвестиционных затратах на обновление основных фондов; • снижение потерь в процессе распределения; • высвобождение мощностей для подключения новых потребителей
Уровень потребления	<ul style="list-style-type: none"> • снижение затрат на закуп электроэнергии; • повышение качества электроэнергии; • увеличение технологического присоединения новых потребителей и увеличение разрешенной мощности для действующих 	<ul style="list-style-type: none"> • снижение затрат на закуп газа; • возможность увеличения договорных лимитов для выборки газа; • расширение возможностей для технологического присоединения новых потребителей

Эффект от управления комплексным спросом может проявляться как на уровне промышленности, так и в масштабах Единой энергетической системы и Единой системы газоснабжения. На уровне промышленных предприятий эффект проявляется в снижении затрат на закуп энергоресурсов вследствие сокращения отдельных компонентов стоимости электроэнергии и природного газа. На уровне энер-

госистем эффект выражается в сокращении затрат на обращение электроэнергии и природного газа на этапах производства, передачи и распределения и позволяет сократить операционные и инвестиционные затраты, вызванные неравномерностью спроса на уровне конечного потребления, за счет уменьшения волатильности спроса на всех уровнях управления.

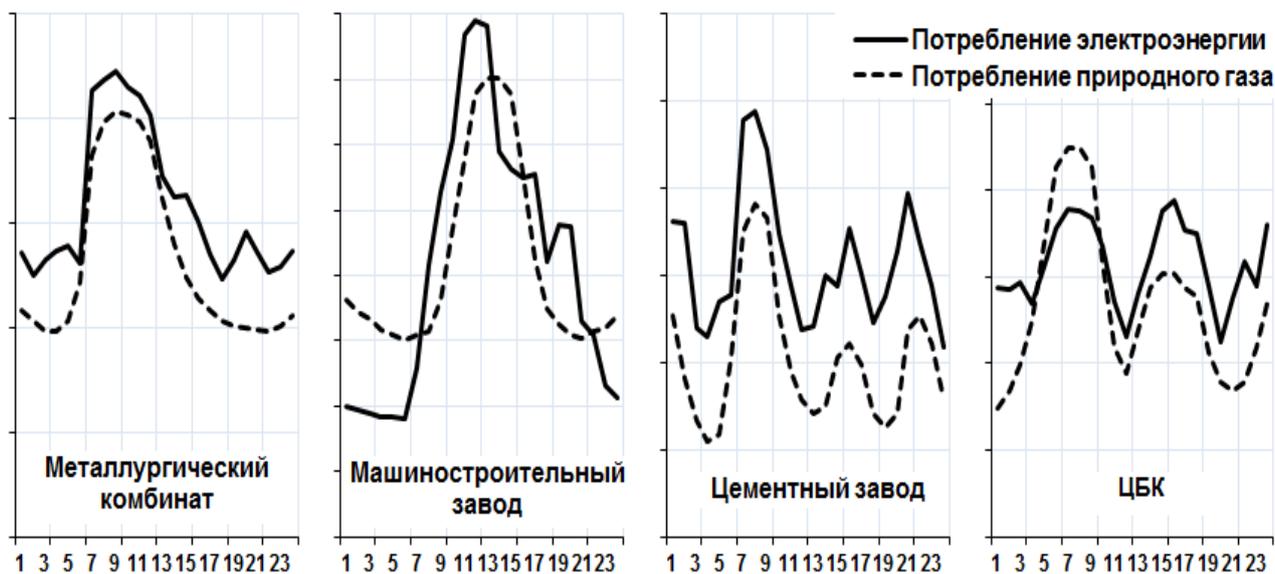


Рисунок 2 – Графики спроса на потребление электроэнергии и природного газа некоторыми типами промышленных предприятий (составлено автором)

Учитывая целесообразность управления именно совокупными затратами на энергоресурсы и факт невысокого уровня использования промышленными предприятиями существующих возможностей энергорынка в этой сфере, очевидна необходимость дальнейшего совершенствования методологических и методических основ управления комплексным спросом на энергоресурсы в России.

2. Раскрыт генезис научных исследований в области управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа промышленными предприятиями, определяющий основные тренды, этапы и особенности развития теоретической базы в этой области. Это позволило идентифицировать перспективы развития теоретических исследований в области потребления энергоресурсов с выделением актуальных требований и разработкой принципов управления комплексным спросом на электроэнергию и природный газ в промышленности России, что обуславливает развитие нового направления исследований, предопределяет его цели и задачи, фокусируя их на вопросах разработки теории и методологии управления спросом на энергоресурсы с целью повышения эффективности промышленного энергопотребления.

Сформированный с момента начала централизованной электрификации и газификации мировой промышленности и до настоящего времени, генезис развития научных исследований в области управления спросом на энергоресурсы дал основание для следующих выводов. Во-первых, основа этим исследованиям была заложена в начале XX века, и к настоящему моменту этой проблеме посвящен значительный объем работ. Во-вторых, развитие научных исследований в этой обла-

сти за рубежом и в нашей стране происходило практически независимо друг от друга (рисунок 3).

Генезис зарубежных исследований



Генезис отечественных исследований

Рисунок 3 – Сравнение генезиса отечественных и зарубежных исследований в области управления спросом на электропотребление (разработано автором)

Сопоставление генезиса зарубежных и отечественных исследований показало, что в России развитие теоретической базы управления энергопотреблением началось с существенным опережением мировых исследований, еще в 1930-х годах, однако на сегодняшний день теоретические и практические научные разработки России в этой сфере существенно отстают от большинства развитых стран.

Что касается научных исследований в области управления спросом на потребление природного газа, то здесь основной вклад принадлежит именно отечественным исследователям. Это обусловлено интенсивной централизованной газификацией промышленности в период СССР, значительными объемами потребления природного газа отечественной экономикой по сравнению с остальным миром. Ключевым вектором современного этапа научных разработок в области управления спросом как на электроэнергию, так и на природный газ является автоматизация и цифровизация используемых в этой сфере механизмов. Выявленный генезис отечественных исследований в области управления спросом на потребление природного газа (таблица 2) и его сопоставление с генезисом исследований, посвященных управлению электропотреблением, еще раз подчеркивает возможность и целесообразность одновременного управления комплексным спросом на эти два основных для отечественной экономики энергоресурса.

Результаты проведенного анализа стали основой разработанных автором системы требований и соответствующих им принципов управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа (рисунок 4), с акцентом на учет параметров не только функционирования отраслей электроэнергетики и газовой промышленности России, но и их взаимодействия и влияния на смежные отрасли в рамках действующих механизмов энергорыночных отношений.

Таблица 2 – Генезис отечественных исследований в области управления спросом на потребление природного газа (разработано автором)

№ этапа	Название этапа	Период действия	Ключевые результаты исследований
Этап 1	Идентификация проблемы неравномерности потребления газа и ее влияния на эффективность функционирования отрасли	1946–1960 гг.	Исследовано влияние неравномерности спроса на газ на эффективность функционирования отрасли газоснабжения; Доказана необходимость в выравнивании спроса на газ на уровне конечных потребителей
Этап 2	Систематизация знаний и разработка механизмов выравнивания графиков потребления газа	1960–1970 гг.	Разработаны методы анализа графиков потребления газа и факторов, влияющих на их неравномерность; Разработана концепция «буферных потребителей» природного газа и концепции сезонного выравнивания спроса на природный газ
Этап 3	Интеграция моделей выравнивания графиков потребления газа в программы развития отрасли газоснабжения	1970–1980 гг.	Разработаны методы выравнивания графиков спроса на газ со стороны отрасли газоснабжения, методические положения по расчету резервов системы и методы регулирования потребления газа электростанциями
Этап 4	Внедрение технологий выравнивания графиков потребления газа в деятельность промышленных предприятий	1980–1991 гг.	Разработаны методы выравнивания графиков спроса на газ со стороны промышленных предприятий и внедрены механизмы нормирования потребления природного газа на предприятиях промышленности
Этап 5	Развитие методов повышения надежности газоснабжения в условиях автоматизации и цифровизации отрасли	1991 г. – по н. в.	Развитие механизмов повышения надежности и бесперебойности газоснабжения в условиях автоматизации и цифровизации отрасли, в том числе за счет совершенствования процесса прогнозирования спроса и интеллектуального моделирования работы отрасли

Реализация разработанной системы принципов позволяет учесть комплексность спроса на энергоресурсы в промышленности, особенности характеристик и структуры спроса на промышленное потребление электроэнергии и природного газа на различных уровнях энергосистемы, баланс экономических интересов всех субъектов топливно-энергетического комплекса, выполнение условий технологической устойчивости, экономической эффективности и системной надежности функционирования ТЭК, что обуславливает возможность повышения эффективности функционирования на всех уровнях энергосистемы.

3. Разработана концепция управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности, отличительными особенностями которой являются: интегрированное управление затратами на потребление энергоресурсов; учет дифференциации характеристик спроса на энергоресурсы по уровням энергосистем; учет иерархии и структуры взаимосвязей функционирования промышленных предприятий в рамках топливно-энергетического комплекса; учет релевантных факторов внутренней и внешней среды, влияющих на спрос промышленных предприятий на энергоресурсы; динамичность и гибкость выбора инструментов управления. Реализация предложенной концепции обуславливает возможность снижения совокупной стоимости энергоресурсов для промышленных предприятий за счет выравнивания спроса и сокращения затрат на производство, передачу и

распределение энергоресурсов в масштабах Единой энергетической системы и Единой системы газоснабжения России.

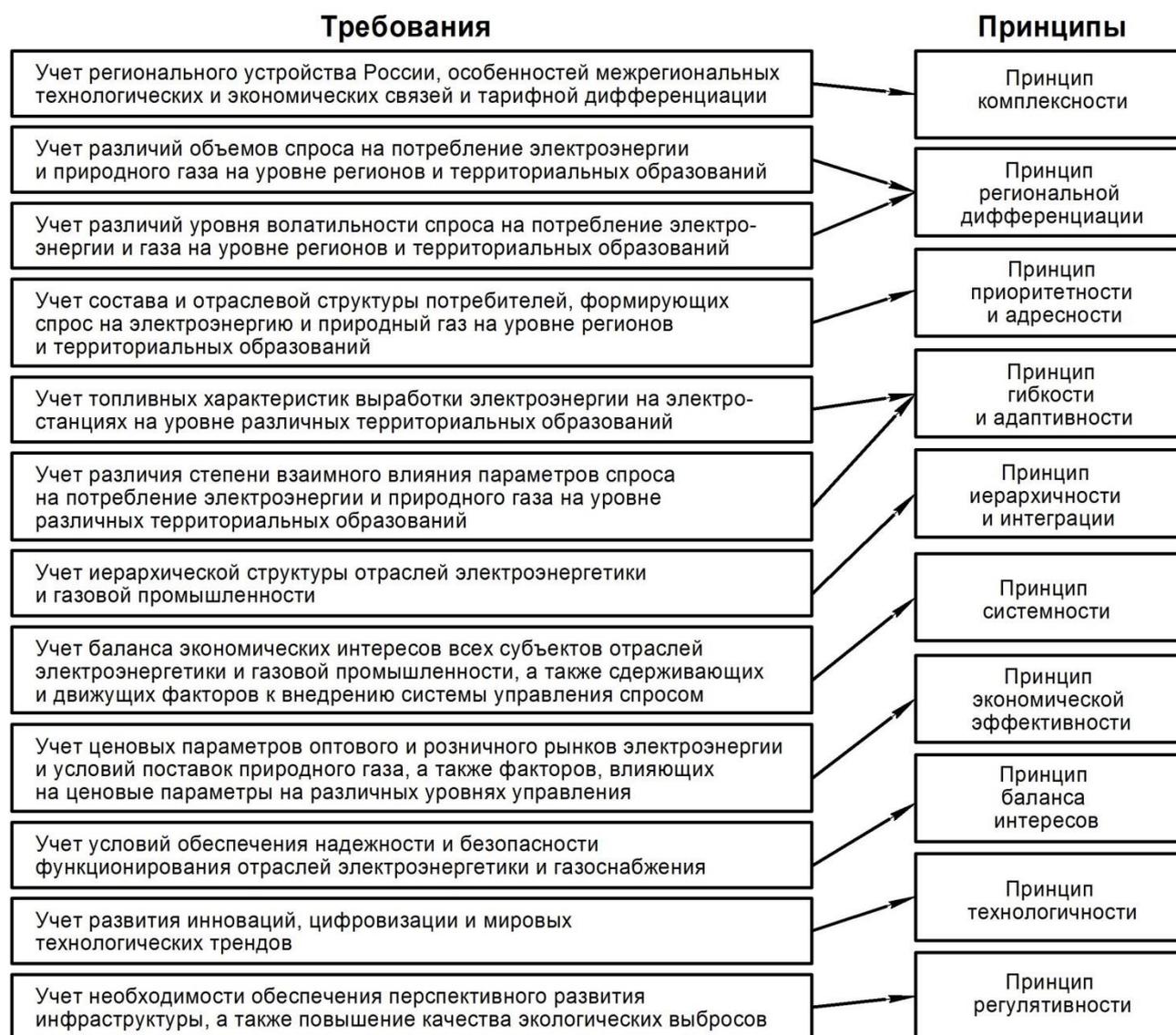


Рисунок 4 – Актуальные требования и система принципов управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа (разработано автором)

Анализ показал, что применяемые индустриальные механизмы управления энергоснабжением не отвечают современным требованиям технологического, информационного и инновационного развития промышленности и топливно-энергетического комплекса, особенности функционирования которых определяют необходимость использования новых подходов к управлению процессами обращения топливно-энергетических ресурсов.

Кроме того, существующие методические подходы к управлению энергопотреблением не учитывают возможность параллельного управления спросом на электроэнергию и природный газ и взаимное влияние этих процессов на функционирование энергосистемы в целом, а следовательно, и на стоимость энергоресурсов для конечных потребителей.

На базе разработанных требований к управлению комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях и

системы принципов такого управления разработана и предложена концепция управления комплексным спросом на потребление энергоресурсов в России (рисунок 5), основными особенностями которой являются:

- реализация интегрированного управления затратами на потребление электроэнергии и природного газа промышленных предприятий с учетом их взаимозависимости,

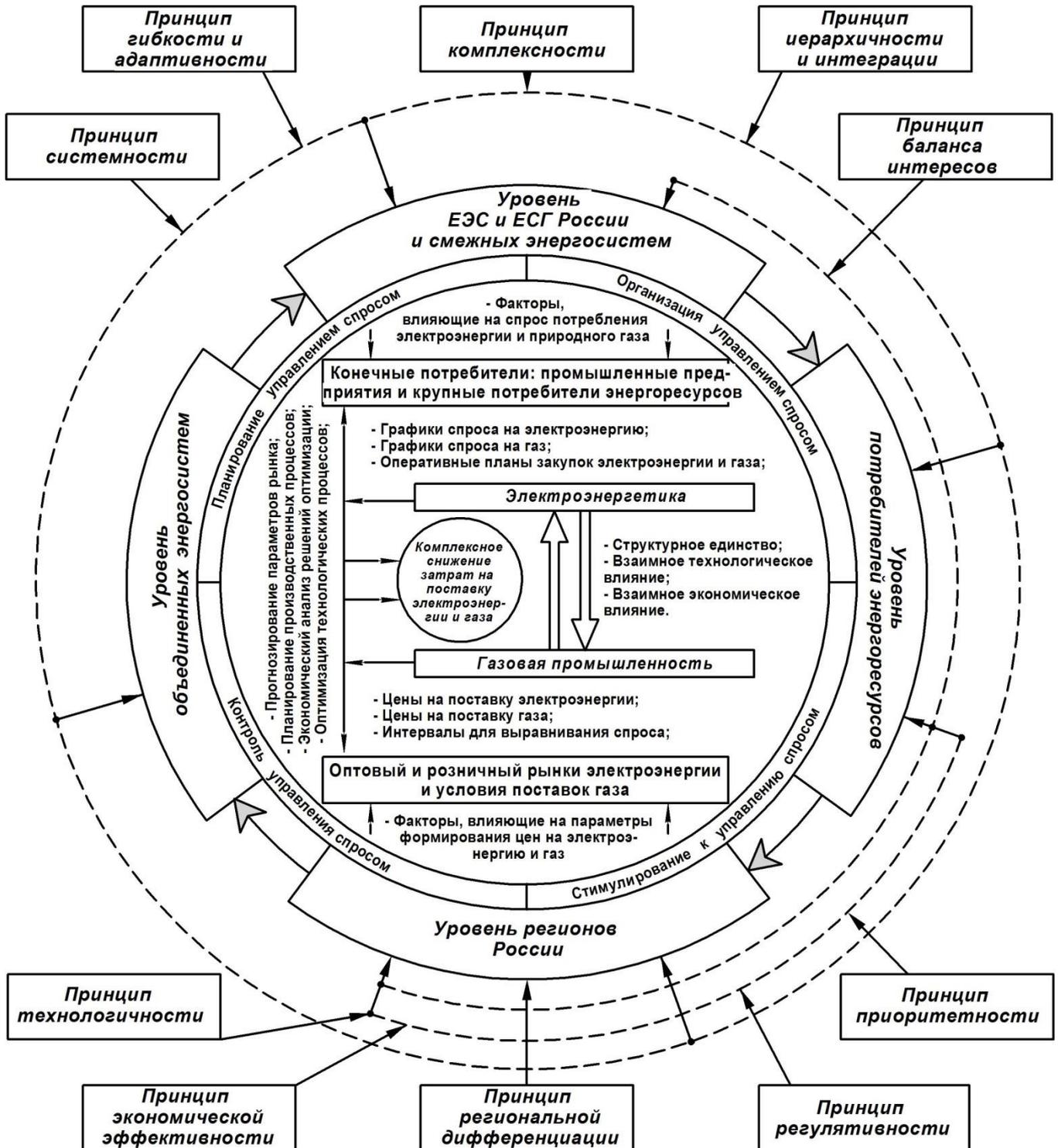


Рисунок 5 – Концепция управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в России (разработано автором)

- учет дифференциации характеристик спроса на потребление электроэнергии и природного газа на уровне промышленных предприятий, территориальных образований, регионов России в процессе управления комплексным спросом на энергоресурсы в промышленности,
- учет иерархии и структуры взаимосвязей функционирования промышленных предприятий в процессе взаимодействия с отраслями электроэнергетики и газовой промышленности России,
- учет факторов внутренней и внешней среды, действующих на параметры спроса на потребление электроэнергии и природного газа промышленных предприятий,
- динамичность и гибкость выбора инструментов и методов управления комплексным спросом на потребление энергоресурсов.

Сущность разработанной концепции заключается в интегрированном управлении комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности, учитывающем взаимосвязь спроса на потребление энергоресурсов, дифференциацию характеристик волатильности спроса на уровне промышленного энергопотребления и вышестоящих иерархических уровней ЕЭС и ЕСГ. Управление комплексным спросом реализуется на основе корректировки собственных графиков энергонагрузки промышленных предприятий с целью сокращения затрат на всех этапах обращения энергетических ресурсов в энергосистеме, что приводит к снижению расходов на потребление электроэнергии и природного газа на уровне промышленности и способствует росту ее энергетической эффективности и конкурентоспособности.

4. Разработана методология управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности, включающая механизм и систему взаимосвязанных методов, отличительными особенностями которых являются всесторонний охват экономических, организационных и технологических методов управления, направленных на реализацию отдельных функциональных задач в рамках иерархических уровней разработанного механизма. Реализация предложенной системы методов позволяет на основе учета вертикальной интеграции иерархических и функциональных взаимосвязей потребления энергоресурсов повысить эффективность управления спросом и снизить затраты, связанные с его волатильностью в масштабах ЕЭС и ЕСГ России.

На основе предложенной концепции разработан механизм (рисунок 6) и система методов (таблица 3) управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа.

Организационная и функциональная структура взаимосвязанных между собой элементов механизма охватывает промышленные предприятия и субъекты топливно-энергетического комплекса на всех иерархических уровнях ЕЭС и ЕСГ России с учетом их структурных и функциональных взаимосвязей, иерархии взаимодействия и интересов. Предложенная система методов характеризуется цикличностью и строгой последовательностью применения отдельных ее составляющих. Цикличность заключается в повторении этапов управления (рисунок 7) на

всех уровнях энергосистем, от конечных потребителей энергоресурсов до ЕЭС и ЕСГ. При этом на каждом уровне используются как универсальные, так и специфические методы управления спросом на энергоресурсы.

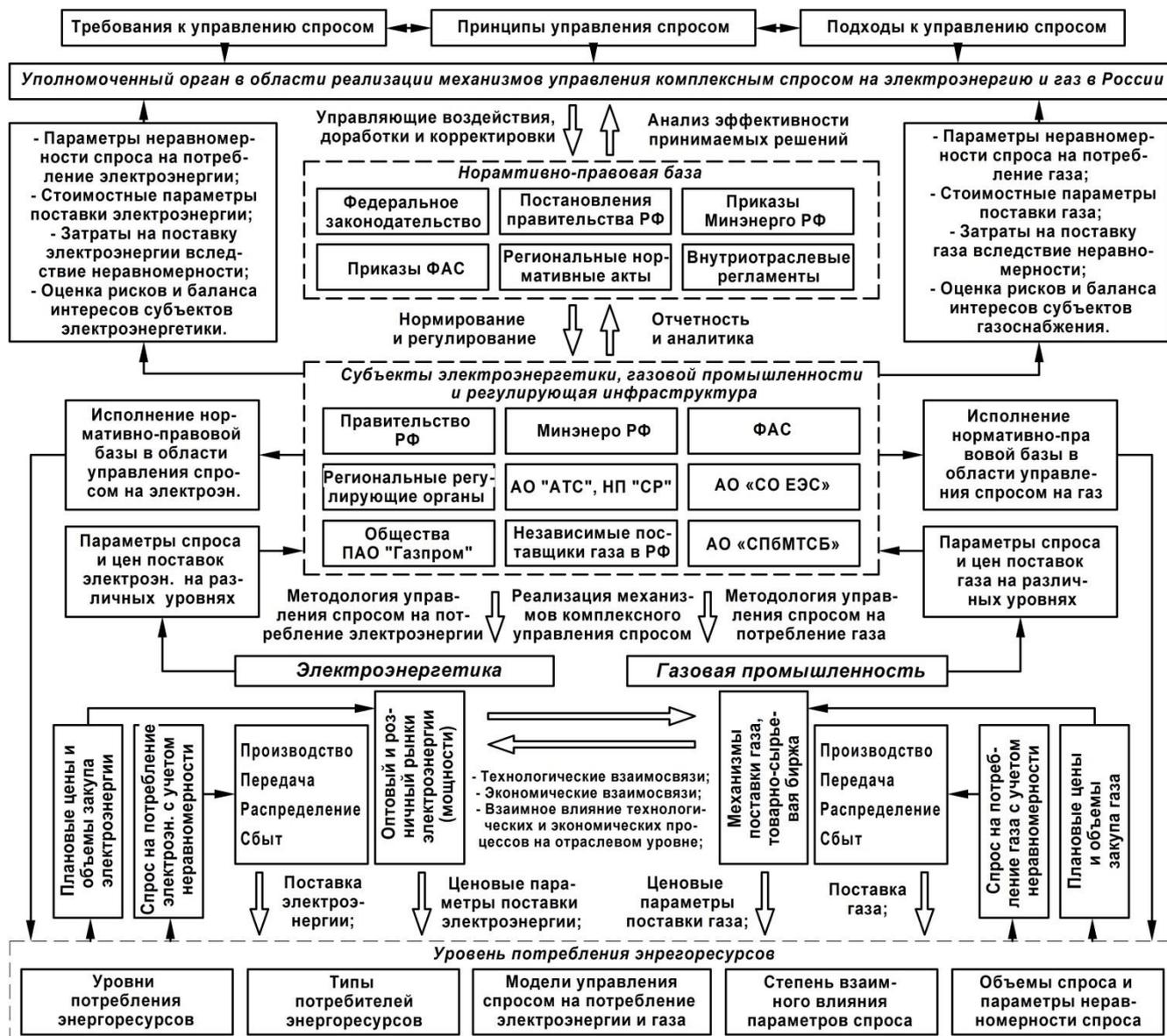


Рисунок 6 – Механизм управления комплексным спросом на энергоресурсы (разработано автором)

Таким образом, разработанные методы управления комплексным спросом включают методы прогнозирования потребления электроэнергии и природного газа, применяемые для планирования характеристик волатильности энергопотребления в разрезе уровней управления и различных временных периодов (годовой, квартальный, месячный, недельный, суточный, часовой и т. п.), методы прогнозирования ценовых параметров энергорынка, методы определения перспективных с точки зрения управления спросом объектов управления и метод выбора целесообразных направлений и инструментов управления комплексным спросом на энергоресурсы (таблица 3).

Ключевое место в системе методов отводится методам оценки фактических характеристик неравномерности спроса и прогнозирования стоимостных пара-

метров электроэнергии и природного газа без учета и с учетом мероприятий, направленных на выравнивание спроса на энергоресурсы на всех уровнях управления.

Таблица 3 – Система методов управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в России (разработано автором)

№ пп	Методы управления	Уровни и направления использования							
		Уровни электроэнергетики России				Уровни газовой промышленности России			
		ЕЭС	ОЭС	Регионы	Потребители	ЕГ	ОСГ	Регионы	Потребители
1	Методы прогнозирования спроса на потребление электроэнергии и природного газа	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Метод оценки характеристик неравномерности спроса на потребление электроэнергии и природного газа	+	+	+		+	+	+	
3	Метод прогнозирования ценовых и стоимостных параметров на поставку электроэнергии и природного газа	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Метод учета параметров ценовых соотношений в процессе закупа электроэнергии на оптовом рынке				+				
5	Метод выявления целевых типов потребителей электроэнергии и природного газа для управления спросом		+	+			+	+	
6	Метод управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа	+	+	+		+	+	+	
7	Метод управления краткосрочным графиком работы электропотребляющего и газопотребляющего оборудования на промышленных предприятиях				+				+

На основе методов управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа на уровне ЕЭС, ЕГ, ОЭС, ОСГ и регионов производится оценка существующего технологического, экономического и системного потенциала к реализации управления спросом с последующей разработкой ключевых технических и экономических параметров управления спросом на электроэнергию и газ в отдельности.

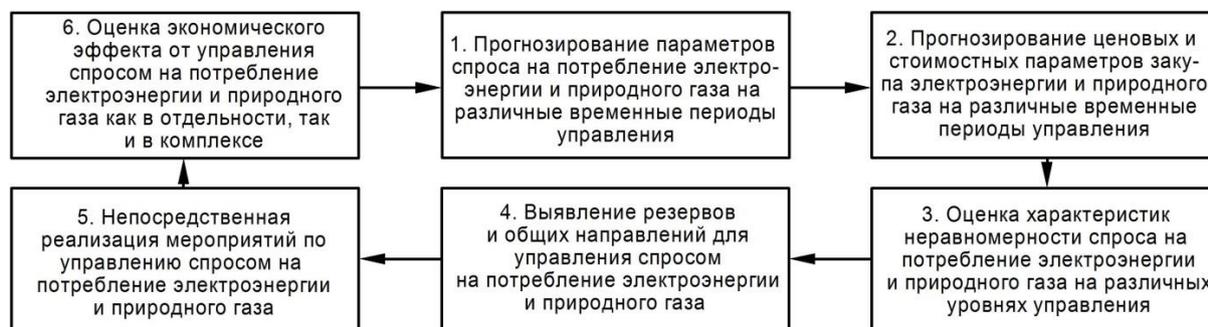


Рисунок 7 – Цикл управления комплексным спросом на электроэнергию и природный газ (разработано автором)

Метод учета параметров ценовых соотношений балансирующего рынка в процессе подачи плановых показателей закупа электроэнергии с оптового рынка позволяет промышленным предприятиям на основе прогноза ценовых соотношений

почасовых цен рынка на сутки вперед и балансирующего рынка корректировать собственный график спроса и снижать затраты, связанные с отклонениями фактического почасового электропотребления от планового.

Метод управления краткосрочным графиком работы электропотребляющего и газопотребляющего оборудования на промышленном предприятии базируется на анализе внутренних и внешних факторов, оценке технологической реализуемости и экономической эффективности необходимых изменений, что позволяет определить наиболее целесообразный сценарий корректировки производственных процессов (рисунок 8).

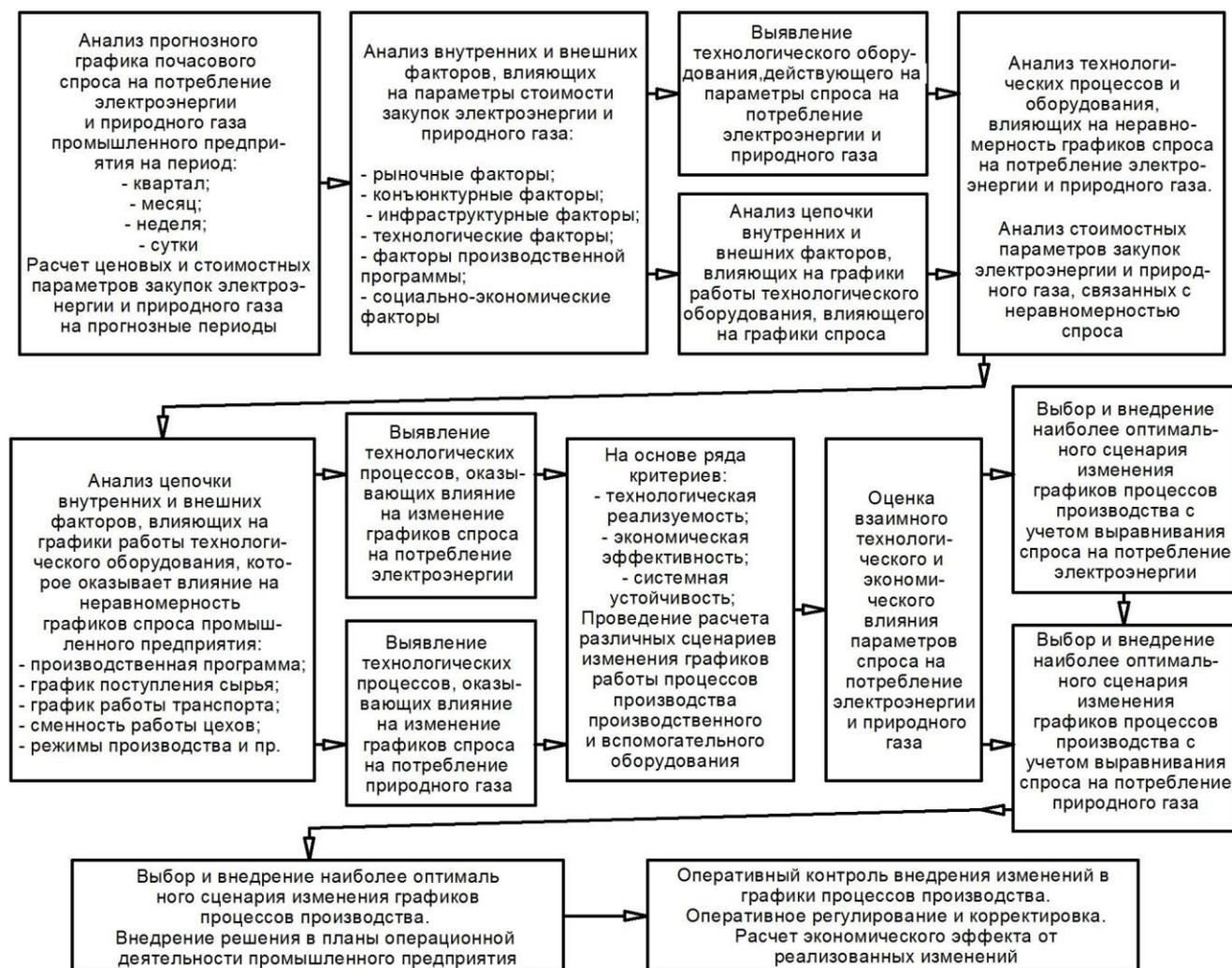


Рисунок 8 – Методические основы управления графиком производственных процессов промышленного предприятия (разработано автором)

Замыкает систему методов оценка эффективности управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа, базирующаяся на сопоставлении затрат на энергоресурсы до и после внедрения управленческих воздействий с учетом единовременных и текущих затрат на организационные изменения.

Таким образом, разработанная система методов управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности позволяет, с учетом синхронизации управления комплексным спросом по уровням топливно-энергетического комплекса, формирующим стоимость энергетических ресурсов

для промышленности, параметров волатильности спроса на энергоресурсы и их взаимного влияния, снижать затраты на энергоснабжение не только для промышленных предприятий, но и, за счет выравнивания комплексного спроса в масштабах энергосистемы, для всех групп конечных потребителей.

5. Разработан метод выявления перспективных промышленно-развитых территориальных образований для реализации управления комплексным спросом на энергоресурсы, базирующийся на расчете индикаторов его волатильности, построении карт волатильности и матриц территорий, определяющих уровень перспективности внедрения разработанных механизмов. Метод отличается взаимосвязанным учетом характеристик волатильности спроса на потребление электроэнергии и природного газа, использованием системы абсолютных и относительных показателей вариации, что дает возможность обоснованно определять приоритетные территориальные образования для пилотной реализации программ повышения энергетической эффективности.

Анализ действующих программ управления спросом, реализуемых в мировой практике, позволил констатировать их разнородность и высокий уровень специализации, обусловленный индивидуальными технологическими и экономическими особенностями объемов, структуры и характеристик волатильности спроса на потребление энергоресурсов, что подчеркивает необходимость использования индивидуального подхода к внедрению программ управления спросом. Эмпирическое исследование объемов и структуры потребления энергоресурсов на мезоуровне России иллюстрирует значительную дифференциацию региональных энергетических характеристик и существенный вклад промышленного сектора в формирование комплексного спроса на потребление электроэнергии и природного газа. Исследование суточных, недельных и годовых показателей абсолютной и относительной вариации регионального и промышленного спроса также подчеркивает сосредоточение основных резервов выравнивания энергопотребления именно в рамках промышленных групп потребителей, расположенных в промышленно-развитых регионах. С нашей точки зрения, концентрация действий по управлению комплексным спросом на энергоресурсы в промышленности позволит достичь наибольшего эффекта в масштабах всего топливно-энергетического комплекса, с одновременной минимизацией инвестиционных затрат на организацию такого управления. Для достижения этой цели необходим подход к оценке уровня дифференциации и перспективности промышленно-развитых территорий с точки зрения внедрения программ управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа.

Предлагаемый авторский метод выявления наиболее перспективных промышленно-развитых территориальных образований для реализации управления комплексным спросом опирается на оценку следующих параметров: объем общего потребления электроэнергии и природного газа, доля потребления электроэнергии промышленностью, доля потребления природного газа на нужды электроэнергетики и показатели волатильности спроса на энергопотребление. Построение карт волатильности регионального спроса на потребление электроэнергии и природно-

го газа в координатах «коэффициент волатильности годовой нагрузки» и «размах вариации годового графика нагрузки» и проведение их кластерного анализа позволяют выделить группы регионов, схожие по степени абсолютного и относительного вклада в общую неравномерность спроса в масштабах топливно-энергетического комплекса страны. Пример карты волатильности регионального спроса на природный газ представлен на рисунке 9.

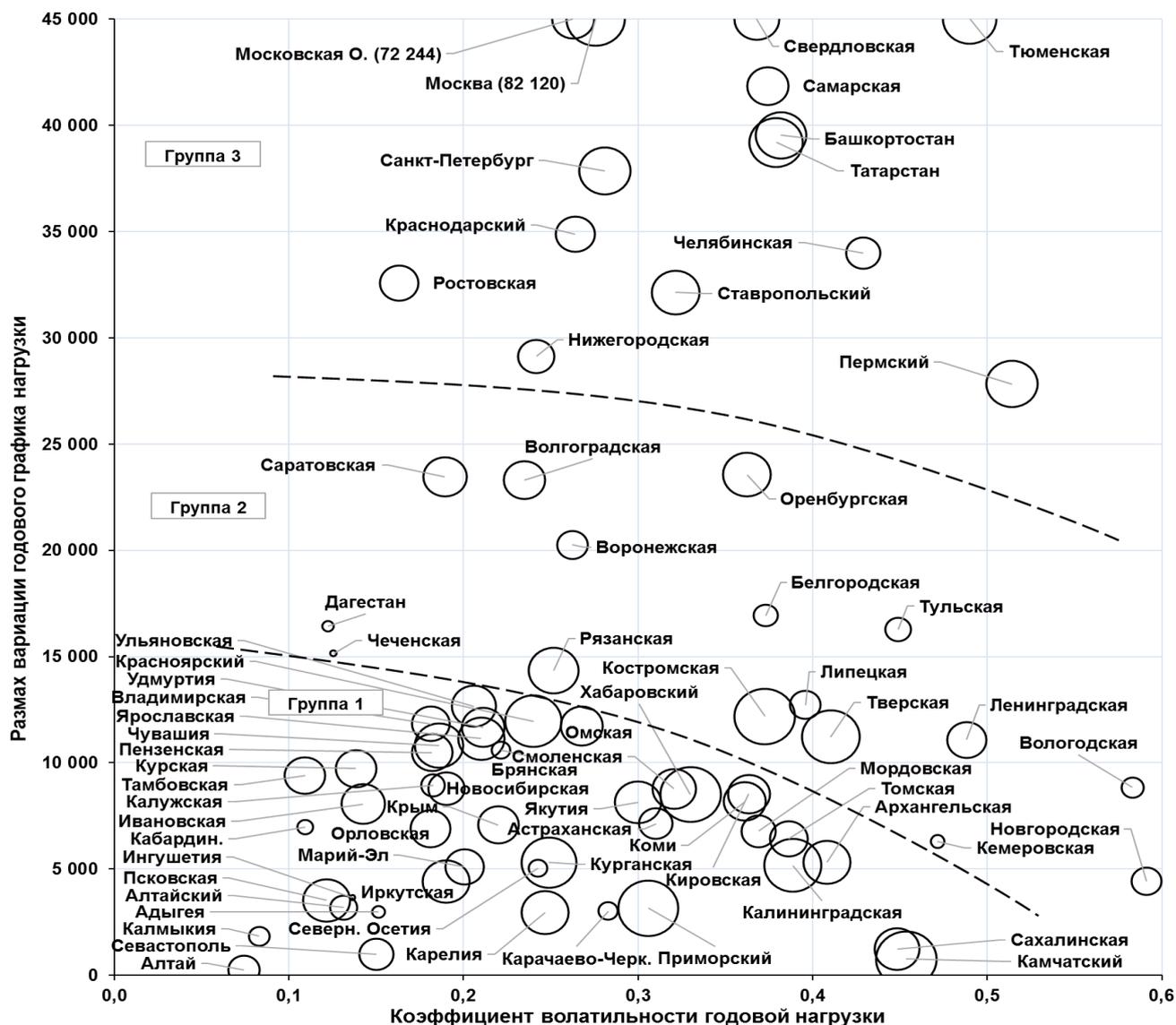


Рисунок 9 – Карта волатильности спроса на потребление природного газа (площадь круга соответствует доле потребления газа на выработку электроэнергии) (разработано автором)

С целью дифференциации территорий по степени целесообразности внедрения механизмов управления спросом в рамках выявленных групп мы предлагаем использовать ранжирование на базе системы авторских интегральных индексов, таких как: индекс волатильности годовой нагрузки, индекс размаха вариации годового графика нагрузки, индекс региональной доли потребления электроэнергии промышленностью в регионе, индекс региональной доли потребления газа на выработку электроэнергии в регионе, интегральный индекс спроса на электроэнергию (1), интегральный индекс спроса на газ (2), интегральный индекс управления комплексным спросом (3).

$$I_{\text{ээ}}^{\text{спрос}} i = (I_{\text{К ВОЛ}}^{\text{спрос}} i \times 0,2) + (I_{\text{R ГОД}}^{\text{спрос}} i \times 0,5) + (I_{\text{ээ_пром}}^{\text{регион}} i \times 0,3) \quad (1)$$

$$I_{\text{газ}}^{\text{спрос}} i = (I_{\text{К ВОЛ}}^{\text{спрос}} i \times 0,2) + (I_{\text{R ГОД}}^{\text{спрос}} i \times 0,5) + (I_{\text{газ_ээ}}^{\text{регион}} i \times 0,3), \quad (2)$$

где: $I_{\text{К ВОЛ}}^{\text{спрос}} i$ – индивидуальный индекс регионального коэффициента волатильности годовой нагрузки электроэнергии либо природного газа для региона i ;

$I_{\text{R ГОД}}^{\text{спрос}} i$ – индивидуальный индекс регионального размаха вариации годового графика нагрузки электроэнергии либо природного газа для региона i ;

$I_{\text{ээ_пром}}^{\text{регион}} i$ – индивидуальный индекс региональной доли потребления электроэнергии промышленностью в регионе i ;

$I_{\text{газ_ээ}}^{\text{регион}} i$ – индивидуальный индекс региональной доли потребления газа на выработку электроэнергии для региона i ;

$$I_{\text{комплекс}}^{\text{регион}} i = (I_{\text{ээ}}^{\text{спрос}} i \times 0,7) + (I_{\text{газ}}^{\text{спрос}} i \times 0,3). \quad (3)$$

Результатом применения авторского метода дифференциации территориальных образований по перспективности внедрения механизмов управления спросом на энергоресурсы стала матрица распределения территорий (рисунок 10). В группу с наибольшей перспективностью внедрения механизмов управления комплексным спросом вошли 18 регионов, характеризующихся наибольшими значениями показателей абсолютной и относительной волатильности спроса, высокой долей электропотребления промышленностью и потребления природного газа на выработку электроэнергии. Разработанный метод позволяет определять пилотные и приоритетные территории для реализации программ управления комплексным спросом на потребление энергоресурсов, что на уровне энергосистемы будет способствовать сокращению инвестиционных затрат на это направление и рост экономического эффекта.

6. Разработаны механизмы выбора оптимальных тарифов на закуп электроэнергии и природного газа промышленными предприятиями по критериям управления спросом. Отличительными особенностями механизмов являются проведение последовательного индивидуального анализа закономерностей характеристик графиков спроса промышленных предприятий на потребление энергоресурсов, анализ территориальных ценовых индикаторов их отпуска, использование универсальных алгоритмов и матриц принятия решений. Это позволяет промышленным предприятиям своевременно осуществлять выбор оптимальных вариантов тарифов на закуп электроэнергии и природного газа с учетом существующих технологических особенностей, социально-экономических характеристик территории функционирования и возможностей реализации мероприятий в области управления спросом на энергоресурсы с целью максимизации экономического эффекта, выраженного в сокращении затрат.

Энерготарифные модели оптового и розничного рынка электроэнергии (мощности), условия закупа природного газа в рамках контрактов с региональными поставщиками и на товарно-сырьевой бирже включают в себя элементы, определяющие зависимость стоимости закупаемых энергоресурсов от формы волатильности индивидуальных графиков спроса потребителя на энергопотребление.

		Е	Д	Г	В	Б	А	
Природный газ	Группа 3 Д ээ < 1	-		-	• Ставропольский Край;	• г.Москва; • Московская обл.; • г.Санкт-Петербург; • Самарская обл.	• Тюменская обл.; • Респ. Башкортостан; • Респ. Татарстан; • Свердловская обл.; • Пермский край	1
					• Ростовская обл.; • Краснодарский край	• Челябинская обл.; • Нижегородская обл.	2	
	Группа 2 Д ээ > 1	• Костромская обл.	-	• Саратовская обл.	• Оренбургская обл.; • Волгоградская обл.; • Рязанская обл.; • Тверская обл.	-	-	3
		• Чеченская республика	• Новгородская обл.	• Республика Дагестан	• Липецкая обл.; • Белгородская обл.; • Вологодская обл.; • Тульская обл.; • Воронежская обл.	-	• Кемеровская обл.; • Ленинградская обл.	4
	Группа 1 Д ээ < 1	• Курганская обл.; • Ивановская обл.; • Псковская обл.; • Камчатский край; • Калининградская обл.	• Сахалинская обл.	• Ярославская обл.; • Омская обл.; • Чувашская Республика; • Ульяновская обл.; • Приморский край; • Республика Крым; • Амурская обл.	• Респ. Коми; • Смоленская обл.; • Архангельская обл.; • Респ. Карелия; • Респ. Саха (Якутия); • Хабаровский край; • Удмуртская Респ.; • Кировская обл.; • Мурманская обл.; • Респ. Хакасия	-	• Красноярский край; • Иркутская обл.	5
								• Карачаево-Черкесская респ.; • Респ. Адыгея; • Респ. Северная Осетия-Алания; • Орловская обл.; • Респ. Марий-Эл; • Брянская обл.; • г.Севастополь; • Пензенская обл.; • Тамбовская обл.; • Респ. Ингушетия; • Респ. Кабардино-Балкария; • Респ. Алтай; • Респ. Калмыкия; • Респ. Тыва
		Группа 1	Группа 2	Группа 3				
		Д ээ пром < 1	Д ээ пром > 1	Д ээ пром < 1	Д ээ пром > 1	Д ээ пром < 1	Д ээ пром > 1	
Электроэнергия								

- Группа с наибольшей перспективностью внедрения комплексного управления спросом
- Группа со средней перспективностью внедрения комплексного управления спросом
- Группа с низкой перспективностью внедрения комплексного управления спросом

Рисунок 10 – Матрица регионов России по перспективности внедрения управления комплексным спросом (разработано автором)

Характеристики волатильности спроса на потребление энергоресурсов для разных типов промышленных предприятий существенно различаются, что связано с влиянием социально-экономических и метеорологических факторов, которые по характеру возникновения можно разделить на циклические, естественные и случайные. Возможности корректировки и управления собственным графиком спроса у промышленных предприятий также индивидуальны, что обуславливает неоднозначность выбора наиболее подходящего тарифа для оплаты энергоресурсов. Учитывая значительное количество вариантов конфигураций структурных составляющих тарифов на отпуск электроэнергии и природного газа, актуальной является задача разработки методических основ выбора наиболее эффективного тарифа на оплату энергоресурсов, позволяющего, с учетом индивидуальных воз-

возможностей управления комплексным спросом на энергоресурсы конкретного промышленного предприятия, получить максимальную экономию на оплате энергоресурсов.

Предлагаемая алгоритмическая траектория выбора тарифа на закуп электроэнергии основывается на анализе категории потребителя, к которой относится промышленное предприятие, максимальной мощности энергопринимающих устройств потребителя и тарифных конфигураций, им соответствующих (рисунок 11). В случае возможности закупа электроэнергии по зонным тарифам на основе расчета показателя «Коэффициент зонной дифференциации нагрузки» проводится оценка эффективности использования трехзонных и двухзонных тарифов на закуп электроэнергии с помощью формулы (4).

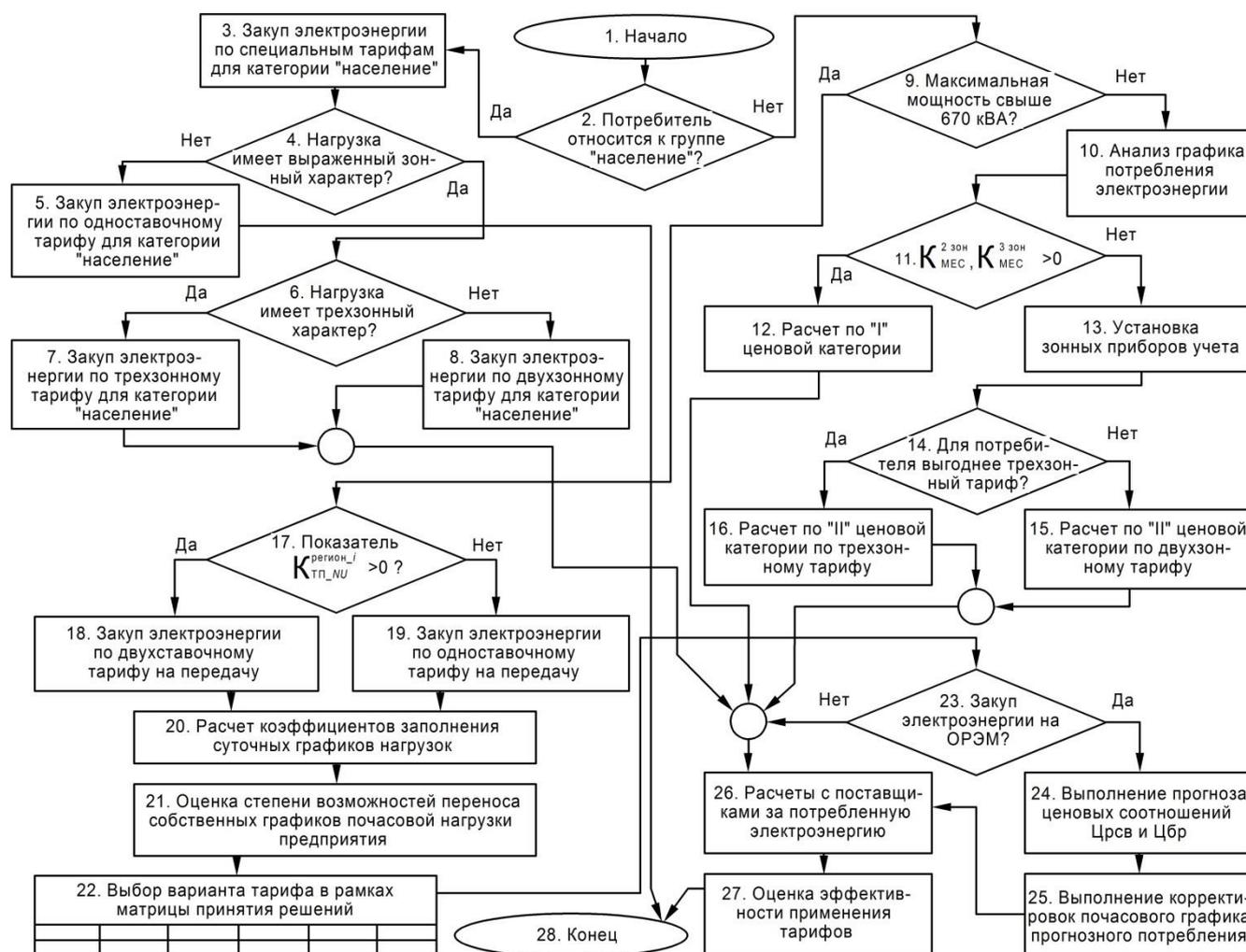


Рисунок 11 – Алгоритм выбора наиболее оптимального тарифа на закуп электроэнергии промышленным предприятием (разработано автором)

$$K_{\text{мес}}^3 = \left[\frac{\sum_{n=1}^{\text{мес}} W_t^{\text{пик}}}{\sum_{n=1}^{\text{мес}} W_t^{\text{полуп}}} - \frac{T_{\text{пик}}}{T_{\text{полуп}}} \right] + \left[\frac{\sum_{n=1}^{\text{мес}} W_t^{\text{пик}}}{\sum_{n=1}^{\text{мес}} W_t^{\text{ночь}}} - \frac{T_{\text{пик}}}{T_{\text{ночь}}} \right], \quad (4)$$

где: $W_t^{\text{пик}}$, $W_t^{\text{полуп}}$, $W_t^{\text{ночь}}$ – объемы потребления электроэнергии в соответствующие периоды суток. $T_{\text{пик}}$, $T_{\text{полуп}}$, $T_{\text{ночь}}$ – тарифы на закуп электроэнергии в соответствующие периоды суток.

В случае, если максимальная мощность энергопринимающих устройств промышленного предприятия составляет свыше 670 кВА, необходим анализ регионального коэффициента тарифа на передачу электроэнергии для конкретного уровня напряжения с целью определения наиболее эффективного варианта – одноставочный либо двухставочный тариф для конкретного промышленного потребителя по формуле (5).

$$K_{\text{ТП_NU}}^{\text{регион_i}} = T_m^{\text{Одностав}} - [T_m^{\text{Содерж}}/744 + T_m^{\text{Техн_расход}}], \quad (5)$$

где: $T_m^{\text{Одностав}}$ – одноставочный тариф на передачу электроэнергии (руб./кВтч);
 $СП2_m^{\text{Содерж}}$ – стоимость услуги по передаче электроэнергии по двухставочному тарифу, учитывающему стоимость содержания электрических сетей (кВт×мес);
 $T_m^{\text{Техн_расход}}$ – ставка тарифа на оплату технологического расхода (потерь) в электрических сетях в расчетный месяц (руб/кВтч).

В алгоритм заложена оценка возможностей выполнения прогноза планового почасового потребления электроэнергии для целей ее почасового планирования и закупа на оптовом рынке электроэнергии. Далее выполняется расчет коэффициента заполнения суточных графиков нагрузок, определяется возможность корректировки собственных графиков почасовой нагрузки предприятия по показателям ценозависимого энергопотребления. Завершающим этапом алгоритма является выбор приемлемого тарифа по матрице принятия решений, объединяющей параметры графиков нагрузки, степень возможности предприятия корректировать собственное электропотребление и региональные особенности тарифообразования на услуги по передаче электроэнергии (таблица 4). Таким образом, матрица позволяет определить наиболее целесообразный для предприятия тариф и возможные направления управления спросом, им обусловленные.

Разработанный алгоритм выбора оптимального тарифа на закуп природного газа также основан на проведении последовательной оценки возможностей управления спросом, внешних тарифных стимулов, потенциальных границ перераспределения собственных графиков почасовой нагрузки и использовании соответствующей матрицы принятия решений.

Использование разработанных универсальных алгоритмов выбора наиболее целесообразных тарифов для промышленного предприятия для оплаты электроэнергии и природного газа дает предприятию возможность регулярно отслеживать изменения энергорыночной среды и с их учетом пересматривать используемые тарифы на оплату энергоресурсов с целью максимального сокращения затрат на оплату стоимости электроэнергии и природного газа.

7. Разработаны методические основы интегрированного управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях, использующих распределённые источники энергоснабжения. Разработки отличаются реализацией единого централизованного ценозависимого управления синхронными режимами производства и потребления энергоресурсов энергопотребляющими объектами предприятия, системами малой распределенной генерации и промышленными накопителями электроэнергии по критериям управления спросом. Это позволяет

на основе централизованного анализа графиков работы энергопотребляющего оборудования и распределенных источников энергоснабжения расширить границы управления параметрами потребления энергоресурсов из энергосистемы, повысить эффект от управления комплексным спросом и эффективность эксплуатации распределенных источников энергоснабжения. Данные разработки являются платформой для дальнейшей интеграции механизмов управления комплексным спросом на энергоресурсы с интеллектуальными цифровыми системами, такими как «Умные сети», «Интернет вещей», «Умный учет».

Таблица 4 – Матрица принятия решений по выбору наиболее эффективного варианта тарифа на закуп электроэнергии по критериям управления спросом (разработано автором)

Коэффициент заполнения суточных графиков нагрузок	Возможность переноса собственных графиков почасовой нагрузки предприятия				Региональные условия варианта тарифа на передачу
	Отсутствует	Низкая	Средняя	Высокая	
< 0,1	III ценовая категория	III ценовая категория	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	Выгоднее 1 ст.
					Выгоднее 2 ст.
0,1 – 0,25	III ценовая категория	III ценовая категория	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	Выгоднее 1 ст.
					Выгоднее 2 ст.
0,25 – 0,5	III ценовая категория	V ценовая категория	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	Выгоднее 1 ст.
					Выгоднее 2 ст.
0,5 – 0,7	III ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	III ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	Выгоднее 1 ст.
	IV ценовая категория, 2 ст. оптовый рынок	IV ценовая категория, 2 ст. оптовый рынок	VI ценовая категория, 2 ст. оптовый рынок	VI ценовая категория, 2 ст. оптовый рынок	Выгоднее 2 ст.
0,7 – 0,9	IV ценовая категория, 2 ст. оптовый рынок	IV ценовая категория, 2 ст. оптовый рынок	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	II ценовая категория	Выгоднее 1 ст.
			VI ценовая категория, 2 ст. оптовый рынок		Выгоднее 2 ст.
> 0,9	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	V ценовая категория, 1 ст. оптовый рынок	II ценовая категория	II ценовая категория	Выгоднее 1 ст.
	VI ценовая категория, 2 ст. оптовый рынок	VI ценовая категория, 2 ст. оптовый рынок			Выгоднее 2 ст.

Условия энергоснабжения современных промышленных предприятий характеризуются постоянным совершенствованием технологического обеспечения и информатизацией процессов, направленных на повышение надежности энергоснабжения и энергетической эффективности производственных процессов. Среди таких технологий можно особо выделить системы распределенного энергоснабжения, которые включают системы малой распределенной генерации и системы

промышленных накопителей электроэнергии. Исследование интегрированного применения распределенных источников энергоснабжения, действующих на современных промышленных предприятиях, и методов управления комплексным спросом на энергоресурсы демонстрирует высокий уровень экономической эффективности.

Основной эффект заключается в расширении возможных диапазонов ценозависимого регулирования спроса на потребление электроэнергии из ЕЭС в пиковые часы энергосистемы, которое достигается за счет гибкого регулирования режимов выработки электроэнергии системой малой распределенной генерации при одновременном управлении спросом на потребление природного газа из ЕСГ. Использование систем промышленных накопителей электроэнергии позволяет существенно повысить эффективность управления спросом на энергоресурсы за счет выдачи электроэнергии в сеть промышленного предприятия в периоды с наибольшей потребностью в снижении почасового спроса из ЕЭС с последующим зарядом накопителей в периоды с минимальной стоимостью закупа электроэнергии из энергосистемы.

Стоимость закупа электроэнергии из ЕЭС для промышленных предприятий зависит как от ценовых параметров рынка электроэнергии, так и от характеристик собственного графика спроса на электропотребление из ЕЭС $W_t^{\text{ЕЭС}}$ (6).

$$S^{\text{ЕЭС}} = \begin{cases} SW = f(W_t^{\text{ЕЭС}}) \\ SP = f(W_t^{\text{ЕЭС}}) \\ SP = f(W_t^{\text{ЕЭС}}) \end{cases}, \rightarrow S^{\text{ЕЭС}} = f(W_t^{\text{ЕЭС}}), \quad (6)$$

где: $S^{\text{ЕЭС}}$ – стоимость закупа электроэнергии из ЕЭС; SW – стоимость закупа компонента электрической энергии; SP – стоимость закупа компонента электрической мощности; SP – стоимость закупа компонента услуг по передаче электроэнергии.

Регулирование почасового графика спроса на потребление электроэнергии из ЕЭС $W_t^{\text{ЕЭС}}$ достигается за счет замещения выработкой электроэнергии системой малой распределенной генерации $W_t^{\text{СМГ}}$ и приводит к ценозависимому снижению почасового спроса из энергосистемы $W_t^{\text{Спрос}}$ в требуемые интервалы времени (7).

$$W_t^{\text{ЕЭС}} = W_t^{\text{Спрос}} - W_t^{\text{СМГ}} \quad (7)$$

Разработанная модель ценозависимого управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа, интегрированного с использованием систем малой распределенной генерации (рисунок 12), отличается централизацией управления синхронными режимами производства и потребления энергоресурсов объектами энергопотребления предприятия и систем малой распределенной генерации по критериям управления комплексным спросом на электроэнергию и природный газ.

Эффект от применения систем промышленных накопителей электроэнергии в качестве инструмента управления спросом рассчитывается на основе формулы (8).

$$\sum_{\Delta T} \mathcal{E}_W^{\text{НЭ}} = \sum_{\Delta T} TC_W^{\text{А.Закуп}} - \sum_{\Delta T} TC_W^{\text{Выработка НЭ}}, \quad (8)$$

где: $\sum_{\Delta T} \mathcal{E}_W^{\text{НЭ}}$ – эффект от применения СНЭ за период ΔT (руб.); $\sum_{\Delta T} TC_W^{\text{А.Закуп}}$ – стоимость альтернативного закупа электроэнергии из ЕЭС за период ΔT (руб.); $\sum_{\Delta T} TC_W^{\text{Выработка НЭ}}$ – стоимость выработки электроэнергии системой промышленных накопителей электроэнергии за период ΔT (руб.).

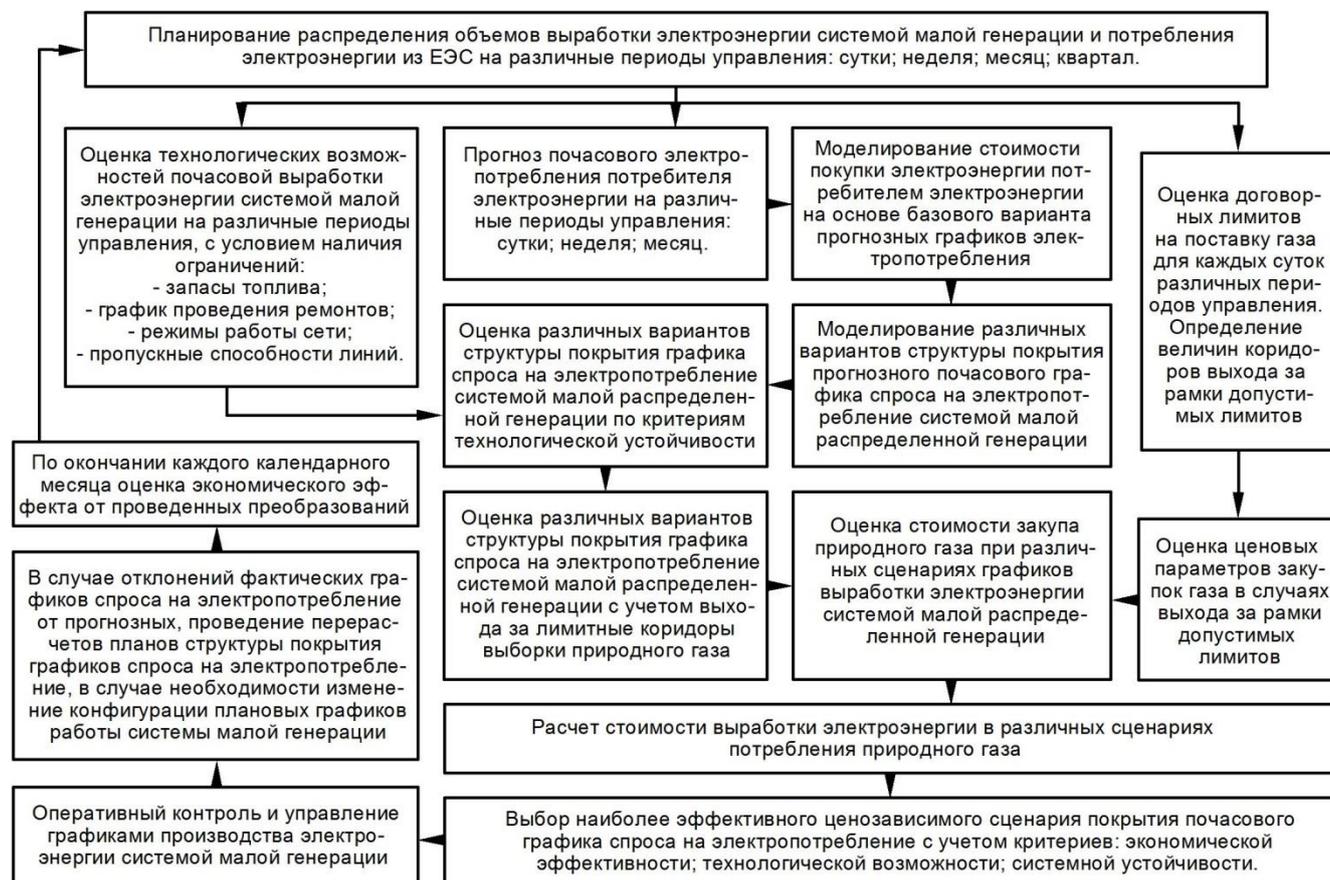


Рисунок 12 – Модель ценозависимого управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа с использованием систем малой распределенной генерации (разработано автором)

С использованием разработанной модели управления спросом, интегрированной с использованием накопителей электроэнергии, производится регулирование почасового графика спроса на потребление электроэнергии из ЕЭС. В основе разработанной модели лежит прогноз спроса предприятия на электроэнергию, расчет стоимости электроэнергии в разных режимах работы накопителей, характеристики продолжительности заряда и разряда накопителей и технологические возможности покрытия спроса накопителями. Диаграммы почасовых графиков спроса на электропотребление предприятия (рисунок 13) иллюстрируют результат применения модели управления комплексным спросом при использовании на предприятии системы накопителей электроэнергии.

Апробация разработанных методических основ констатирует увеличение экономического эффекта в виде снижения стоимости закупа электроэнергии и природного газа для промышленных предприятий из ЕЭС и ЕСГ. За счет применения систем малой распределенной генерации снижение затрат может быть увеличено

на 7–10% от базового значения эффекта, а за счет применения промышленных накопителей электроэнергии – на 30–40%. Интеграция различных элементов распределенных источников энергоснабжения промышленных предприятий в рамках единой системы управления, регулируемой по критериям управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа, является основой для дальнейшего развития практических методов использования таких инновационных технологий управления промышленными энергосистемами, как «Умные сети», «Интернет вещей», «Умный учет», и других интеллектуальных систем в управлении спросом на энергоресурсы в промышленности.

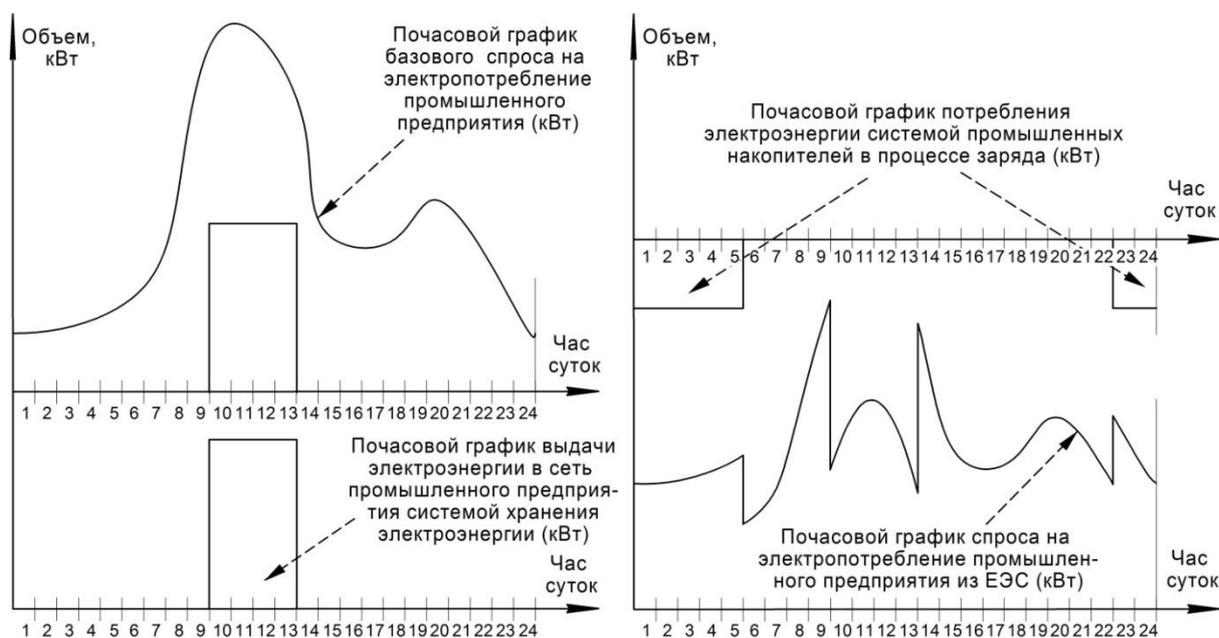


Рисунок 13 – Реализация управления спросом на электроэнергию при использовании системы промышленных накопителей (разработано автором)

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные условия энергоснабжения промышленных предприятий России, характеризующиеся внедрением технологий в области повышения энергетической эффективности, совершенствованием энергорыночных механизмов, интенсивной автоматизацией и цифровизацией, и рост взаимозависимости отраслей электроэнергетики и газовой промышленности определяют новые требования к управлению затратами на энергопотребление и к организационно-экономическим механизмам повышения энергетической эффективности.

Несмотря на значительное количество исследований в области управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа, выполненных отечественными и зарубежными учеными, в существующих научных исследованиях не получил отражения ряд важнейших вопросов, среди которых: разработка подходов к управлению комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа; реализация системного управления спросом на потребление энергоресурсов, охватывающего все иерархические уровни энергосистемы и др.

Учитывая особенности энергопотребления в России, связанные с широкой электрификацией и газификацией промышленности, подобием и взаимозависимостью отраслей электроэнергетики и газовой промышленности, и принимая во

внимание актуальные требования к управлению спросом на энергоресурсы в промышленности, в рамках диссертационного исследования была разработана и описана концепция управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа. Суть предлагаемой концепции заключается в адаптированном к действующим энергорыночным условиям функционирования топливно-энергетического комплекса и промышленного сектора управлении комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа промышленными предприятиями на базе регулирования графиков процессов производства по критериям экономической эффективности, технологической устойчивости и системной надежности, с целью сокращения затрат на закуп энергетических ресурсов и повышения энергетической эффективности.

Для реализации управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности разработана соответствующая методология, включающая механизм и систему методов управления спросом на потребление электроэнергии и природного газа, которая отличается всесторонним охватом экономических, организационных и технологических методов управления, направленных на реализацию отдельных функциональных задач не только на уровне промышленных предприятий, но и в рамках всех иерархических уровней энергосистемы. Это позволяет на основе учета вертикальной интеграции иерархических и функциональных взаимосвязей потребления энергоресурсов на различных уровнях повысить эффективность управления спросом и снизить затраты, связанные с волатильностью спроса в масштабах ЕЭС и ЕСГ России.

Реализацию управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях целесообразно осуществлять с использованием разработанного механизма выбора оптимального тарифа, базирующегося на универсальных алгоритмах и матрицах принятия решений в условиях действующего тарифного поля и ценовых индикаторов отпускаемых энергоресурсов и на учете возможных диапазонов регулирования собственных графиков энергонагрузок промышленного потребителя.

Проведенная апробация применения разработанных методов управления комплексным спросом на энергоресурсы на промышленных предприятиях нескольких отраслей и расчет потенциального экономического эффекта на региональном уровне и в масштабах экономики страны подтверждают их состоятельность и высокую практическую значимость (таблица 5). Для промышленных предприятий различных отраслевых групп величина эффекта в виде снижения затрат на закуп энергоресурсов составляет от 11% до 24% от базовой величины затрат на потребление энергоресурсов, а для энергосистемы России эффект от управления комплексным спросом может составить порядка 200 млрд руб. ежегодно, или 3,0 % от текущих затрат на энергопотребление.

Преимущества разработанной концепции управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа заключаются в следующем:

- интегрированное управление затратами на потребление электроэнергии и природного газа промышленных предприятий по критериям управления комплексным спросом;

- учет дифференциации характеристик спроса на потребление электроэнергии и природного газа на уровне промышленных предприятий и территориальных образований в процессе управления комплексным спросом на энергоресурсы;
- учет иерархии и структурных взаимосвязей в процессе взаимодействия промышленных потребителей с субъектами электроэнергетики и газовой промышленности;
- учет факторов внутренней и внешней среды, действующих на параметры спроса на потребление электроэнергии и природного газа промышленных предприятий;
- динамичность и гибкость реализуемых инструментов и методов управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа в промышленности.

Таблица 5 – Результаты апробации применения системы методов управления комплексным спросом на энергоресурсы (разработано автором)

№ пп	Тип объекта управления	Величина снижения спроса на электроэнергию в период максимума (%)	Величина снижения спроса на природный газ в период максимума (%)	Эффект от управления комплексным спросом (в год)	Эффект от управления комплексным спросом (от базовой величины затрат) (%)
1	Металлургическое предприятие	14,9	16,7	156,2 млн руб.	11,4
2	Машиностроительное предприятие	24,6	24,4	95,9 млн руб.	20,1
3	Предприятие цементной промышленности	39,2	33,3	114,0 млн руб.	23,8
4	Регион (на примере Свердловской области)	13,8	12,6	12 млрд руб.	4,1
5	Энергосистема России	10,03	9,9	190 млрд руб.	3,0

Таким образом, проведенное исследование позволило разработать теорию и методологию управления комплексным спросом на потребление электроэнергии и природного газа на промышленных предприятиях, позволяющие существенно повысить эффективность функционирования промышленного сектора и топливно-энергетического комплекса России.

IV. ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных журналах, определенных ВАК РФ

1. Соловьева, И. А. Управление затратами на электропотребление промышленных предприятий на базе модели оптимизации графиков электрических нагрузок / И. А. Соловьева, **А. П. Дзюба** // Известия Тульского государственного университета. Серия: Экономические и юридические науки. – 2017. – № 1-1. – С. 165–174. – 0,54 п.л. (авт. 0,27 п.л.).

2. Соловьева, И. А. Управление спросом на электроэнергию в России: состояние и перспективы / И. А. Соловьева, **А. П. Дзюба** // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2017. – № 3 (149). – С. 53–62. – 0,65 п.л. (авт. 0,33 п.л.).

3. Соловьева, И. А. Комплексное ценозависимое управление энергозатратами на промышленных предприятиях / И. А. Соловьева, **А. П. Дзюба** // Проблемы

экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2017. – № 9. – С. 23–30. – 0,61 п.л. (авт. 0,30 п.л.).

4. Дзюба, А. П. Управление спросом на электропотребление в России / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – № 1 (104). – С. 72–79. – 1,069 п.л. (авт. 0,641 п.л.).

5. Дзюба, А. П. Ценозависимое управление затратами на потребление природного газа промышленными предприятиями / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Вестник Омского университета: Серия: Экономика. – 2018. – № 1 (61). – С. 13–24. – 1,115 п.л. (авт. 0,669 п.л.).

6. Дзюба, А. П. Краткосрочное прогнозирование параметров потребления природного газа как элемент ценозависимого управления энергозатратами на промышленных предприятиях / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2018. – Т. 20. – № 1. – С. 78–90. – 1,153 п.л. (авт. 0,692 п.л.).

7. Дзюба, А. П. Соловьева И. А. Модель комплексного ценозависимого управления спросом промышленных предприятий на электроэнергию и газ / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2018. – Т.19. – № 1. – С. 79–93. – 1,065 п.л. (авт. 0,639 п.л.).

8. Дзюба, А. П. Модель управления затратами промышленных предприятий на покупку природного газа на товарно-сырьевой бирже / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2018. – № 2. – С. 25–33. – 0,996 п.л. (авт. 0,598 п.л.).

9. Дзюба, А. П. Интегрирование систем малой распределенной энергетики в модель ценозависимого управления спросом на электропотребление / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2018. – № 5. – С. 39–49. – 1,130 п.л. (авт. 0,678 п.л.).

10. Баев, И. А. Управление спросом на поставку энергоресурсов в условиях развития информационно-коммуникационных технологий / И. А. Баев, И. А. Соловьева, **А. П. Дзюба** // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2018. – Т. 19. – № 3. – С. 111–125. – 0,941 п.л. (авт. 0,423 п.л.).

11. Дзюба, А. П. Особенности управления спросом на энергоресурсы в России / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2018. – № 11. – С. 58 – 66. – 0,979 п.л. (авт. 0,587 п.л.).

12. Дзюба, А. П. Интеграция систем управления спросом на электроэнергию и газ с малой распределенной генерацией промышленного предприятия / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Вестник Томского государственного университета: Экономика. – 2019. – № 45. – С. 216–233. – 1,266 п.л. (авт. 0,760 п.л.).

13. Дзюба, А. П. Комплексное управление спросом на энергоресурсы на промышленных предприятиях и в регионе / А. П. Дзюба // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. – 2019. – Т. 13. – № 3. – С. 33–45. – 1,246 п.л.

14. Дзюба, А. П. Использование накопителей электроэнергии в качестве инструментов управления спросом на электропотребление / А. П. Дзюба // Вестник

Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2019. – Т. 5. – № 2 (18). – С. 228–238. – 0,975 п.л.

15. Дзюба, А. П. Применение технологий промышленного хранения электроэнергии в качестве инструментов ценозависимого электропотребления в России / А. П. Дзюба // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2019. – № 2 (37). – С. 19–29. – 1,136 п.л.

16. Дзюба, А. П. Развитие инструментов ценозависимого электропотребления на территориях России / А. П. Дзюба // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2019. – № 3 (55). – С. 33–42. – 1,095 п.л.

17. Дзюба, А. П. Повышение энергетической эффективности экономики России на основе комплексного управления спросом на электроэнергию и газ / А. П. Дзюба // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2019. – № 9 (177). – С. 38–50. – 1,218 п.л.

18. Дзюба, А. П. Применение тепловых аккумуляторов в качестве инструментов ценозависимого электропотребления для бытовых потребителей / А. П. Дзюба // Вестник НГУЭУ. – 2019. – № 4. – С. 256–268. – 0,998 п.л.

19. Дзюба, А. П. Опыт практического применения механизма ценозависимого потребления электроэнергии для повышения эффективности реализации инвестиционных проектов на промышленных предприятиях России / А. П. Дзюба // Экономика в промышленности. – 2019. – Т. 12. – №3. – С. 288–304. – 1,605 п.л.

20. Дзюба А. П. Апробация моделей ценозависимого управления спросом на потребление природного газа на промышленных предприятиях России / А. П. Дзюба // Вестник Сургутского государственного университета. – 2020. – № 1 (27). – С. 22–32. – 0,898 п.л.

21. Дзюба, А. П. Электроэнергетика как фактор развития экономики России / А. П. Дзюба // Вестник Удмуртского университета. Серия: Экономика и право. – 2020. – Т. 30. – № 2. – С. 191–199. – 0,928 п.л.

22. Дзюба, А. П. Роль внутреннего потребления природного газа в процессе развития экономики России / А. П. Дзюба // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2020. – № 3 (183). – С. 21–30. – 1,134 п.л.

23. Дзюба, А. П. Влияние формы графиков электрических нагрузок потребителей на эффективность ценозависимого управления на основе систем накопителей электроэнергии / А. П. Дзюба // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82. – № 1 (83). – С. 291–303. – 1,355 п.л.

24. Дзюба, А. П. Механизмы управления спросом на энергоресурсы в промышленности / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Journal of New Economy. – 2020. – Т. 21. – № 3. – С. 175–195. – 1,249 п.л. (авт. 0,749 п.л.).

Статьи, опубликованные в журналах, входящих в Scopus и WoS

25. Баев, И. А. Управление затратами на услуги по передаче электроэнергии в промышленном регионе / И. А. Баев, И. А. Соловьева, А. П. Дзюба // Экономика региона. – 2018. – Т. 14. – № 3. – С. 955–969. – 1,451 п.л. (авт. 0,653 п.л.).

26. Баев И. А. Внедрение модели ценозависимого управления спросом на электропотребление в промышленности / И. А. Баев, И. А. Соловьева, **А. П. Дзюба** // Управленец. – 2018. – Т. 9. – № 6. – С. 111–121. – 1,322 п.л. (авт. 0,595 п.л.).

27. Baev, I. Improving the efficiency of using small-distributed generation systems through mechanisms of demand management for electricity and gas / I. Baev, **A. Dzyuba**, I. Solovyeva, N. Kuzmina // International Journal of Energy Production and Management. – 2018. – Vol. 3, Iss. 4. – P. 277–291. – 1,035 п.л. (авт. 0,414 п.л.).

28. Dzyuba, A. Differentiation of Territories and Regions according to the Practicality Degree of Implementation of Demand Management for Natural Gas Consumption Mechanisms / A. Dzyuba, I. Solovyeva, I. Baev, N. Kuzmina // The 34-th International Business Information Management Association Conference (IBIMA). – 2019. – 13–14 November. – P. 2543–2558. – 1,149 п.л. (авт. 0,460 п.л.).

29. Dzyuba, A. Demand-side management in territorial entities based on their volatility trends / A. Dzyuba, I. Solovyeva // International journal of energy economics and policy. – 2020. – Vol. 10. – № 1. – P. 302–315. – 1,588 п.л. (авт. 0,953 п.л.).

30. Dzyuba, A. Price-based demand-side management model for industrial and large electricity consumers / A. Dzyuba, I. Solovyeva. // International journal of energy economics and policy. – 2020. – Vol. 10. – № 4. – P. 135–149. – 1,831 п.л. (авт. 1,099 п.л.).

31. Дзюба, А. П. Региональные аспекты ценозависимого управления затратами на электрическую мощность / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Экономика региона. – 2020. – Т.16. – № 1. – С. 171–186. – 1,461 п.л. (авт. 0,877 п.л.).

32. Дзюба, А. П. Управление спросом на электропотребление в концепции «Умный город» / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Управленец. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 53–66. – 1,341 п.л. (авт. 0,805 п.л.).

Государственные свидетельства

33. Свидетельство о регистрации программы ЭВМ № 50201454129 от 09.06.2014 г. Программа управления затратами на покупку электрической энергии промышленным предприятием / ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»; И.А. Соловьева, **А.П. Дзюба**. – 0,2 п.л. (авт. 0,1 п.л.).

34. Свидетельство о регистрации программы ЭВМ № 50201454130 от 09.06.2014 г. Алгоритм управления затратами на покупку электрической мощности промышленным предприятием / ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»; И.А. Соловьева, **А.П. Дзюба**. – 0,2 п.л. (авт. 0,1 п.л.).

35. Свидетельство о регистрации программы ЭВМ № 50201450431 от 09.06.2014 г. Программа управления затратами на покупку электрической мощности промышленным предприятием / ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»; И.А. Баева **А.П. Дзюба**. – 0,2 п.л. (авт. 0,1 п.л.).

36. Свидетельство о регистрации программы ЭВМ № 50201450432 от 09.06.2014 г. Алгоритм управления затратами на покупку электрической энергии промышленным предприятием / ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»; И.А. Баева **А.П. Дзюба**. – 0,2 п.л. (авт. 0,1 п.л.).

Монографии

37. Соловьева, И. А. Прогнозирование электропотребления в промышленных комплексах и регионах: монография / И. А. Соловьева, **А. П. Дзюба**; под общей редакцией профессора И. А. Баева. – Москва: Наука: Информ; Воронеж: ВГПУ, 2013. – 153 с. – 11,26 п.л. (авт. 5,63 п.л.).

38. Дзюба, А. П. Управление спросом на энергоресурсы в промышленных комплексах и регионах / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 239 с. – 13,95 п.л. (авт. 8,37 п.л.).

39. Дзюба, А. П. Теория и методология управления спросом на энергоресурсы в промышленности: монография / А. П. Дзюба. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – 323 с. – 18,83 п.л.

Статьи в научных журналах и сборниках научных трудов

40. Дзюба, А. П. Повышение энергетической эффективности промышленного электропотребления посредством управления затратами на покупку электрической мощности / А. П. Дзюба // Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие: международная научно-практическая интернет-конференция. – Ижевск, 2014. – С. 35–42. – 0,517 п.л.

41. Дзюба, А. П. Исследование инструментов управления спросом на электропотребление в рамках оптового и розничного рынков электроэнергетики России / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Экономика, предпринимательство и право. – 2016. – Т. 6. – № 2. – С. 147–162. – 0,665 п.л. (авт. 0,399 п.л.).

42. Соловьева, И. А. Управление затратами на электропотребление промышленных предприятий в условиях инновационного развития / И. А. Соловьева, **А. П. Дзюба** // Производственный менеджмент: теория, методология, практика: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – № 5. – С. 144–150. – 0,71 п.л. (авт. 0,36 п.л.).

43. Дзюба, А. П. Ценозависимое управление электропотреблением и энергозатратами на производственных объектах металлургического комплекса / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Металлург. – 2017. – № 1. – С. 8–15. – 0,64 п.л. (авт. 0,32 п.л.).

44. Baev, I.A. Assessment and analysis of energy infrastructural potential of Russian regions / I.A. Baev, I.A. Solovieva, **A.P. Dzyuba** // 3rd International Conference on Industrial Engineering. SHS Web Conf., 35 (2017) AN 01048. – 0,51 п.л. (авт. 0,20 п.л.).

45. Solovieva, I.A. Model of price-dependent management of an industrial enterprise energy consumption / I.A. Solovieva, **A.P. Dzyuba** // 3rd International Conference on Industrial Engineering. SHS Web Conf., 35 (2017) AN 01093. – 0,49 п.л. (авт. 0,25 п.л.).

46. Соловьева, И. А. Управление затратами на электропотребление по показателям волатильности спроса / И. А. Соловьева, **А. П. Дзюба** // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2017. – № 1(33). – С. 43–57. – 0,69 п.л. (авт. 0,39 п.л.).

47. Баев, И. А. Актуальные требования к системе управления спросом на электропотребление в России / И. А. Баев, **А. П. Дзюба** // Потенциал региональ-

ной экономики России: территории опережающего экономического развития: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск, 2018. – С. 8–11. – 0,582 п.л. (авт. 0,349 п.л.).

48. Дзюба, А. П. Умные технологии в управлении спросом на потребление энергоресурсов в масштабах экономики России / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Умные технологии в современном мире: материалы юбилейной всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию Южно-Уральского государственного университета. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – С. 124–134. – 0,610 п.л. (авт. 0,366 п.л.).

49. Дзюба, А. П. Оценка преимуществ от закупок природного газа в рамках товарно-сырьевой биржи для региональных потребителей / А. П. Дзюба // Комплексное развитие территориальных систем и повышение эффективности регионального управления в условиях цифровизации экономики: материалы национальной (всероссийской) научно-практической конференции. – Орел, 2018. – С. 335–342. – 0,315 п.л.

50. Дзюба, А. П. Снижение затрат на закупку энергоресурсов / А. П. Дзюба // Энергосбережение. – 2018. – №5-5 – С. 23–31. – 0,234 п.л.

51. Дзюба, А. П. Этапы внедрения системы управления спросом на электропотребление в экономике России / А. П. Дзюба // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство: материалы международной научной конференции; ООО «Газпром трансгаз Казань». – Казань, 2018. – С. 153–157. – 0,343 п.л.

52. Дзюба, А. П. Комплексное ценозависимое управление спросом на энергоресурсы со стороны крупных потребителей / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Глобальные рынки и финансовый инжиниринг. – 2018. – Т. 5. – № 1. – 1,077 п.л. (авт. 0,646 п.л.).

53. Баев, И. А. Применение систем накопителей электроэнергии в рамках концепции умного города / И. А. Баев, **А. П. Дзюба**, И. А. Соловьева // Экономика и финансы в технологическом развитии России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Бориса Николаевича Христенко. – Челябинск, 2019. – С. 230–239. – 0,651 п.л. (авт. 0,293 п.л.).

54. Дзюба, А. П. Методические основы разработки комплексной модели ценозависимого управления спросом на потребление энергоресурсов / А. П. Дзюба // Трансформация национальной социально-экономической системы России: материалы I Международной научно-практической конференции. – Москва: РГУП, 2019. – С. 172–179. – 0,461 п.л.

55. Дзюба, А. П. Управление затратами на закупку энергоресурсов субъектов среднего и крупного бизнеса в регионах России / А. П. Дзюба // Стратегии развития предпринимательства в современных условиях: сборник научных трудов III международной научно-практической конференции (23–24 января 2019 года). – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭУ, 2019. – С. 292–295. – 0,196 п.л.

56. Дзюба, А. П. Движущие и сдерживающие факторы внедрения системы управления спросом на газ в России / А. П. Дзюба // Социально-экономические и

гуманитарные науки: материалы международной научной конференции. – Санкт-Петербург: Нацразвитие, 2019. – С. 44–48. – 0,318 п.л.

57. Дзюба, А. П. Волатильность спроса на энергоресурсы как объект управления / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Наука ЮУрГУ: материалы 71-й научной конференции. – Челябинск, 2019. – С. 172–181. – 0,356 п.л. (авт. 0,214 п.л.).

58. Дзюба, А. П. Управление спросом на электропотребление как элемент программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности экономики России / А. П. Дзюба // Государство и бизнес. Экосистема цифровой экономики: материалы XI Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2019. – Т. 4. – С. 46–51. – 0,422 п.л.

59. Дзюба, А. П. Развитие технологий, сопутствующих повышению эффективности управления спросом на электропотребление / А. П. Дзюба // Современные информационные технологии: Теория и практика: материалы V Всероссийской научно-практической конференции. – Череповец, 2019. – С. 67–73. – 0,411 п.л.

60. Дзюба, А. П. Управление спросом на электропотребление в России / А. П. Дзюба // Экономические и социальные аспекты развития энергетики. Энергия-2020: материалы Международной научно-технической конференции (07-10 апреля 2020 г.). – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина, 2020. – С. 77. – 0,149 п.л.

61. Дзюба, А. П. Управление спросом на электропотребление как новое направление деятельности служб главного энергетика промышленных предприятий / А. П. Дзюба // Главный энергетик. – 2020. – № 1. – С. 22–29. – 0,631 п.л.

62. Дзюба, А. П. Внедрение технологий управления спросом на электропотребление в системы бережливого производства промышленных предприятий / А. П. Дзюба // Главный энергетик. – 2020. – № 3. – С. 7–15. – 0,596 п.л.

63. Дзюба, А. П. Применение технологии «интернет вещей» в процессе управления спросом на потребление энергетических ресурсов / А.П. Дзюба // Умные технологии в современном мире: материалы II всероссийской научно-практической конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – С. 260–269. – 0,668 п.л.

64. Дзюба, А. П. Тенденции и структурные особенности развития мирового топливно-энергетического комплекса / А.П. Дзюба // Вестник Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Экономические науки. – 2020. – № 1. – С. 53–66. – 1,030 п.л.

65. Дзюба, А. П. Управление спросом на электроэнергию как элемент экономики XXI века / А. П. Дзюба // Инновационные, финансовые и экономические аспекты информационной экономики XXI века: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. «Экономические дискуссии – 2020». – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2020. – С. 164–171. – 0,451 п.л.