

На правах рукописи



Лисин Евгений Михайлович

**МЕТОДОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МНОГОУРОВНЕВОМ УПРАВЛЕНИИ
ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМИ ОБЩЕЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора экономических наук

Москва – 2018

Работа выполнена на кафедре экономики в энергетике и промышленности (ЭЭП) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»)

Научный консультант

доктор технических наук, профессор
Рогалев Николай Дмитриевич

Официальные оппоненты

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

доктор экономических наук, профессор,
директор научного центра экономики топливно-
энергетического комплекса АО «Институт
микроэкономики»
Кузовкин Анатолий Ильич

доктор экономических наук, профессор,
заведующий кафедрой экономической
безопасности и налогообложения ФГАОУ ВО
«Казанский (Приволжский) федеральный
университет»
Туфетулов Айдар Миралимович

Ведущая организация

ФГБОУ ВО «Государственный университет
управления»

Защита диссертации состоится «20» марта 2019 г. в 12-00 на заседании диссертационного совета Д 212.196.17 на базе ФГБОУ ВО «РЭУ имени Г.В. Плеханова» по адресу: 117997, г. Москва, Стремянный переулок, дом 36, ауд. 353.

С диссертацией можно ознакомиться в Научно-информационном библиотечном центре имени академика Л.И. Абалкина ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова» и на сайте организации <http://ords.rea.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.196.17,
кандидат экономических наук

Т.В. Скрыль

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность избранной темы. Вопросы исследования энергетической безопасности и разработки эффективных механизмов ее обеспечения на территориальном уровне государственного управления являются одними из наиболее востребованных на сегодняшний день. Это обусловлено как достигнутым уровнем экономического развития, при котором энергетическая сфера оказывает ключевое влияние на составляющие экономики страны, так и возросшей неопределенностью в принятии управленческих решений, вызванной объективными тенденциями изменения условий функционирования энергетики.

Энергетическая безопасность является неотъемлемой частью экономической и национальной безопасности страны и определяет состояние защищенности экономики и потребителей от угроз нарушения стабильного топливно- и энергоснабжения. В Доктрине энергетической безопасности России выделяются экономические, социальные, техногенные, природные и политические угрозы надежному и непрерывному энергоснабжению потребителей. Среди данных угроз особое место занимают угрозы энергобезопасности, вызванные изменением топливно-энергетического баланса, структуры производства и потребления энергетической продукции. На современном этапе развития экономики и энергетики страны они определяются такими объективными процессами, как: глобализация энергетики и объединение энергорынков; продолжающаяся либерализация экономических отношений и распространение рыночных инструментов управления в отрасли.

Глобализация энергетики и объединение энергорынков повышает значимость исследований развития энергосистем на территориальном уровне ввиду изменения структуры производства, распределения и потребления энергии в условиях интеграции, оказывающей существенное влияние на стабильность местного энергоснабжения. Либерализация энергетических рынков приводит к необходимости совершенствования методологии управления развитием энергосистем на основе определения рационального сочетания рыночных механизмов и государственного регулирования при возрастающей неопределенности условий функционирования энергетического комплекса. В свою очередь, комплексный характер влияния данных процессов на энергетическую безопасность требует применения системного подхода к организации исследования.

В системном аспекте энергетический комплекс представляет собой общеэнергетическую систему, состоящую из совокупности иерархически связанных систем топливообеспечения, тепло- и электроснабжения, на которую оказывают воздействие угрозы энергобезопасности. На территориальном уровне общеэнергетическая система объединяет объекты топливообеспечения, электростанции, котельные, предприятия электрических и тепловых сетей в рамках совместного решения задачи бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией и теплом в границах территориально-административного образования. Территориально-административные образования представляют собой крупные населенные пункты и промышленные узлы, регионы и их территориальные объединения, характеризующиеся сильными технологическими и экономическими связями, а также наличием функций административного управления.

В современных исследованиях территориальных энергосистем отмечается, что на сегодняшний день существует значительный уровень угрозы нарушения стабильного энергоснабжения в более чем 75% регионов, что связано с доминированием одного ресурса в топливно-энергетическом балансе, износом основных производственных фондов и их непригодностью к эффективной работе в условиях рынка, энергозатратностью региональных экономик. Во многом данные проблемы обеспечения энергобезопасности связаны с низким качеством управления развитием энергосистем на территориальном уровне, в том числе, ввиду усложнения системы управления и состава субъектов, принимающих решения, вызванным процессами глобализации и либерализации энергетики.

Порождаемый рынком конфликт интересов, выраженный в различии представлений об эффективности энергетического хозяйства на различных уровнях управления, приводит к рассогласованию системы управления территориальной общеэнергетической системой. В то

время как критерием эффективности энергосистемы со стороны государства является экономичность ее эксплуатации при обеспечении заданного уровня надежности, критерием со стороны энергопредприятий является прибыльность, то есть возможность извлечения дохода от использования объектов энергосистемы, в том числе, с применением инструментов рыночной силы. Соответственно, стратегии данных субъектов управления развитием энергосистемы могут нести как кооперативный, так и антагонистический характер.

Вышеуказанное определяет имеющееся противоречие между необходимостью повышения эффективности стратегического планирования развития территориальных общеэнергетических систем с позиции обеспечения надежного энергоснабжения потребителей в условиях расширения применения рыночных инструментов управления и отсутствием комплексной методологии обеспечения энергетической безопасности территориальных образований, позволяющей согласовать противоречивые интересы государства и энергетического бизнеса в многоуровневой системе управления территориальной энергетикой. Это приводит к неэффективности существующих инструментов территориальной энергетической политики в части недостижимости закладываемых в территориальные энергетические стратегии условия, при которых энергетический бизнес будет в состоянии выполнить требования государства к энергетическому сектору, и превращению энергетических стратегий, по своей сути, в рамочные документы, неспособные нести в себе управленческие функции.

Приведенное противоречие обосновывает актуальность темы диссертационного исследования, направленного на решение научной проблемы разработки методологии обеспечения энергетической безопасности на основе организации согласованного управления развитием общеэнергетической системы территориально-административного образования, учитывающей интересы как государства, так и энергопредприятий на различных организационных уровнях управления. Эффективное использование производственного потенциала и стимулов развития территориальных энергетических предприятий оказывает существенное влияние на издержки процесса управления энергетическим комплексом и достижение целей государственной политики в области обеспечения энергетической безопасности регионов страны, что подчеркивает важное народно-хозяйственное значение рассматриваемой в работе научной проблемы.

Степень разработанности проблемы. Проблемами исследования состояния общеэнергетических систем, их устойчивости к факторам, определяющим изменение условий функционирования энергетического комплекса, а также вопросами повышения эффективности и управляемости энергосистем с целью обеспечения энергобезопасности занимались многие исследователи как технических, так и экономических специальностей, что говорит о междисциплинарном характере работы и повышенной значимости для экономики и общества научных результатов в данной области знаний.

Проблемам организации системных исследований и оценки состояния энергосистем посвящены работы Мелентьева Л.А., Макарова А.А., Беляева Л.С., Воропая Н.И., Руденко Ю.Н., Ковалева Г.Ф., Санеева Б.Г., Папкина Б.В., Бушуева В.В., Быка Ф.Л. и др.

Интеграционные процессы, образование и эффективное управление объединенными энергосистемами изучаются в работах Подковальникова С.В., Аюева Б.И., Малышева Е.А., Катренко В.С., Новикова Н.Л. и др.

Исследованию рыночных структур, моделированию и оптимизации рынков энергетической продукции особое внимание уделяется в трудах Тесфатшен Л., Илич М.Д., Макала С.М., Стенникова В.А., Воробей Л.В., Колибабы В.И., Чернавского С.Я. и др.

Проблемы прогнозирования развития энергосистем и обеспечения энергобезопасности рассматриваются в работах Филиппова С.П., Григорьева Л.М., Сендерова С.М., Поддубных Л.Ф., Николаева Ю.Е., Малышева Е.А., Рясина В.И., Кудрина Б.И., Туфетулова А.М. и др.

Вопросы управления развитием энергетического комплекса разбираются в трудах Некрасова А.С., Веселова Ф.В., Стенникова В.А., Гительмана Л.Д., Кузовкина А.И., Волконского В.А., Кудрявого В.В., Афанасьева В.Я., Любимовой Н.Г., Дулесова А.С. и др.

Во многих научных работах отмечается, что обеспечение энергобезопасности на территориальном уровне в средне- и долгосрочном периоде в рыночных условиях требует совершенствования системы управления энергетическим хозяйством, что, в свою очередь, приводит к необходимости разработки новых инструментов исследования параметров территориальной общеэнергетической системы, характеризующих ее устойчивость и управляемость, влияния на показатели экономической эффективности энергосистемы ее структурной и технологической трансформации, оценки качества управления энергосистемой и обоснования выбора направления ее развития для обеспечения энергетической безопасности. Особенно данная проблема ярко выражена для территориальных систем комплексного энергоснабжения потребителей, в основе которых лежит технология теплофикации (более 80% энергосистем страны). Ввиду того, что технология комбинированного производства энергетической продукции слабо приспособлена для энергоснабжения потребителей в конкурентных условиях энергорынков, процессы глобализации и либерализации экономических отношений в энергетике существенно отразились на экономичности территориальных энергосистем, а, следовательно, и на энергетической безопасности территориальных образований. Имеется высокая потребность в экономическом обосновании необходимого уровня энергетической безопасности территориальных образований страны и определении наилучших путей его достижения путем структурно-технологической трансформации территориальных энергосистем в условиях наличия противоречивых интересов государства и энергетического бизнеса в многоуровневой системе управления территориальной энергетикой.

Целью диссертационной работы является разработка методологии обеспечения энергетической безопасности при многоуровневом управлении структурно-технологической модернизацией общеэнергетической системы территориально-административного образования в условиях глобализации и либерализации энергетики.

В рамках поставленной цели выделено пять основных подцелей с соответствующими им задачами.

Подцель 1 – предложение методологии исследования общеэнергетических систем территориально-административных образований и выявление методологических аспектов научно-практических проблем управления их развитием с позиции обеспечения энергетической безопасности.

Для достижения этой подцели поставлены и решены следующие основные задачи:

- идентифицированы основные признаки общеэнергетических систем территориально-административных образований,
- разработан методологический подход к типизации общеэнергетических систем и сформированы общие тенденции их развития,
- уточнено понятие энергетической безопасности и выявлены современные угрозы ее обеспечения на территориальном уровне,
- сформированы основные методологические аспекты проблем управления развитием энергосистем с позиции обеспечения энергобезопасности.

Подцель 2 – разработка моделей многокритериальной оценки экономически обоснованного уровня энергобезопасности территориального образования и влияния на него производственной структуры и рыночных правил функционирования общеэнергетической системы.

Для достижения этой подцели поставлены и решены следующие основные задачи:

- разработана модель многокритериальной оценки экономически обоснованного уровня энергобезопасности,
- разработаны модели оценки влияния на энергобезопасность производственной структуры энергосистемы и правил ее функционирования в условиях энергорынка,
- предложены структурно-организационные и производственно-технологические решения повышения эффективности комбинированного производства энергетической продукции в рыночных условиях.

Подцель 3 – разработка прогнозных экономико-математических моделей развития территориальной общеэнергетической системы и оценка системных эффектов от мероприятий по повышению эффективности комбинированного производства энергетической продукции в рыночных условиях.

Для достижения этой подцели поставлены и решены следующие основные задачи:

- разработана прогнозная модель развития системы топливообеспечения при различных методах ценообразования на энергоресурсы,
- разработана прогнозная модель развития системы теплоснабжения при различных схемах функционирования рынка тепла,
- разработана прогнозная модель развития общеэнергетической системы при различной ее структуре и ценообразовании в узлах поставки энергии,
- предложен алгоритм оценки системных эффектов от повышения эффективности комбинированной выработки энергетической продукции.

Подцель 4 – разработка многоуровневой модели управления развитием территориальной общеэнергетической системы и проведение теоретико-игровой оптимизации ее производственной структуры с позиции критерия согласованного управления на различных организационных уровнях.

Для достижения этой подцели поставлены и решены следующие основные задачи:

- разработана и усовершенствована многоуровневая модель управления развитием общеэнергетической системы, включающая актуальные рыночные и государственные инструменты управления,
- разработана модель анализа рассогласования управления развитием общеэнергетической системы,
- разработана теоретико-игровая модель согласованной оптимизации производственной структуры общеэнергетической системы при различных пошаговых стратегиях субъектов управления.

Подцель 5 – разработка методологии обеспечения энергетической безопасности на основе согласования управления развитием территориальной общеэнергетической системы на различных организационных уровнях и механизма ее реализации согласно принципам государственно-частного партнерства.

Для достижения этой подцели поставлены и решены следующие основные задачи:

- разработан методологический подход к организации согласованного управления развитием территориальной общеэнергетической системы,
- усовершенствован механизм управления развитием общеэнергетической системой на основе инструментов государственно-частного партнерства,
- проведено научно-методическое обоснование выбора направления развития общеэнергетической системы для выбранного региона и усовершенствована его территориальная энергетическая стратегия.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является общеэнергетическая система территориально-административного образования в виде иерархии систем топливообеспечения, тепло- и электроснабжения, связанных общими производственными режимами работы.

Предметом исследования являются процессы управления развитием общеэнергетической системы и принципы согласования принимаемых решений на различных уровнях управления с позиции обеспечения энергобезопасности территориальных образований.

Теоретические и методологические основы работы. Проведенные исследования базируются на методологии системных исследований в энергетике, методике экономико-статистического анализа, методах экономико-математического моделирования и принятия оптимальных решений, инструментальных средствах структурного анализа и проектирования систем управления, общенаучных подходах теории управления.

В процессе исследования были проанализированы и использованы нормативные и методические документы, стандарты, специальная и периодическая литература, справочно-статистические материалы, результаты разработок отечественных и зарубежных ученых, материалы конференций и семинаров в области экономики энергетики и энергобезопасности.

Содержание работы соответствует основным положениям Паспорта специальности ВАК 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (1.1. Промышленность):

- 1.1.18 Проблемы повышения энергетической безопасности и экономически устойчивого развития ТЭК. Энергоэффективность.
- 1.1.19 Методологические и методические подходы к решению проблем в области экономики, организации управления отраслями и предприятиями топливно-энергетического комплекса.
- 1.1.23 Методологические и методические вопросы прогнозирования топливно-энергетического баланса страны, территориально-административного образования.

Научная гипотеза исследования. Обеспечение энергобезопасности территориальных образований страны в средне- и долгосрочной перспективе в условиях протекающих процессов глобализации и либерализации экономических отношений в энергетике возможно только на основе реализации методов государственного стратегического планирования развития территориальных общеэнергетических систем, обеспечивающих баланс интересов территориальных органов государственного управления и энергетического бизнеса в многоуровневой системе управления территориальной энергетикой с учетом различных подходов к регулированию цен на энергетические ресурсы и продукцию на энергорынках.

Научная новизна работы заключается в предложении методологии обеспечения энергетической безопасности территориальных образований с энергосистемами на органическом топливе, содержащей разработанные статистические, сценарные, оптимизационные, балансовые и теоретико-игровые методы исследования энергобезопасности, позволяющие получить экономическое обоснование ее необходимого уровня и сформировать наилучшие пути его достижения путем структурно-организационной и производственно-технологической трансформации территориальных энергосистем в условиях наличия противоречивых интересов государства и энергетического бизнеса в многоуровневой системе управления территориальной энергетикой.

Научную новизну содержат следующие **научные результаты**, выносимые на защиту:

1. Разработан методологический подход к типологизации общеэнергетических систем территориально-административных образований, отличающийся проведением многомерного статистического анализа их структурных свойств и условий функционирования, что позволяет для каждой из выделенных групп энергосистем сформировать наилучшие стратегии снижения их энергоемкости. (п. 1.1.19)
2. Уточнено понятие энергетической безопасности территориального образования в соответствии с принципами потребительской доступности энергетической продукции и экономической рентабельности ее производства, что позволяет рассматривать повышение энергобезопасности как социально-экономическую задачу в структуре задач обеспечения экономической безопасности. (п. 1.1.18)
3. Разработан метод многокритериального анализа энергетической безопасности территориально-административного образования, отличающийся построением и проведением исследования диаграммы взаимосвязей социально-экономических критериев эффективности энергосистемы, что позволяет определить необходимый экономически обоснованный уровень энергобезопасности. (п. 1.1.18)
4. Разработан метод оценки влияния на энергетическую безопасность различных допустимых сочетаний видов структур энергорынков и моделей ценообразования, отличающийся разработанным алгоритмом исследования изменения экономически обоснованного уровня энергобезопасности при изменении рыночной правил функционирования энергосистемы, что позволяет предложить структурно-организационные решения повышения эффективности энергосистемы. (п. 1.1.18)

5. Разработан метод оценки влияния на энергетическую безопасность производственной эффективности энергосистемы, отличающийся разработанным алгоритмом исследования изменения экономически обоснованного уровня энергобезопасности при изменении производственной структуры энергосистемы, что позволяет предложить производственно-технологические решения повышения эффективности энергосистемы. (п. 1.1.18)
6. Разработан метод построения экономико-математической модели системы топливообеспечения территориально-административного образования, отличающийся проведением оптимизации ее балансовой структуры в условиях конкуренции поставщиков топлива и энергоносителей, что позволяет составить прогноз структуры потребления энергоресурсов с учетом различных методов ценообразования. (п. 1.1.23)
7. Разработан метод построения экономико-математической модели системы теплоснабжения территориально-административного образования, отличающийся проведением оптимизации ее балансовой структуры с позиции радиуса эффективного теплоснабжения от ТЭЦ с учетом распределения топливных затрат, что позволяет осуществлять прогноз структуры производства тепловой энергии при целевой модели либерализации рынка тепла Минэнерго России. (п. 1.1.23)
8. Разработан метод построения экономико-математической модели общеэнергетической системы территориально-административного образования, отличающийся балансово-сетевым представлением взаимосвязанных систем тепло- и электроснабжения энергорайонов с различной производственной структурой, что позволяет формировать прогноз системного эффекта от структурно-организационной и производственно-технологической трансформации энергосистемы и ее подсистем. (п. 1.1.23)
9. Разработана многоуровневая модель управления развитием общеэнергетической системы территориально-административного образования, отличающаяся функциональной и компонентной декомпозицией системы управления, которая позволяет выявить факторы и последствия влияния рассогласования управления на стоимость энергетической продукции для потребителя и провести совершенствование структуры управления. (п. 1.1.19)
10. Разработан метод построения теоретико-игровой модели согласованной оптимизации производственной структуры общеэнергетической системы, отличающийся описанием взаимоотношений субъектов управления в виде иерархической игры с различной схемой пошаговых стратегий, что позволяет определить наилучший состав генерирующих мощностей энергосистемы при разной информированности территориального органа управления о стратегиях энергопредприятия. (п. 1.1.19)
11. Разработан методологический подход к обеспечению энергетической безопасности территориально-административного образования, отличающийся организацией согласованного многоуровневого управления развитием его территориальной общеэнергетической системы, позволяющий определить наилучшие направления структурно-технологической модернизации систем территориальной энергетики с позиции обеспечения баланса интересов субъектов управления на различных организационных уровнях. (п. 1.1.19)
12. Разработан механизм управления развитием общеэнергетической системой территориально-административного образования, отличающийся формированием территориальных технологических платформ и организацией отбора проектов технологического развития, позволяющих обеспечить реализацию предложенной методологии обеспечения энергетической безопасности на основе принципов государственно-частного партнерства. (п. 1.1.18)

Практическая значимость исследования состоит в совершенствовании инструментов обоснования выбора направления структурно-технологической модернизации энергетического комплекса территориального образования на государственном и

муниципальном уровне и его воплощения в виде механизма согласованного управления трансформацией территориальных энергосистем на основе принципов государственно-частного партнерства.

Полученные методологические и методические результаты предоставляют широкие возможности для проведения комплексного анализа энергобезопасности территориального образования и влияния на нее структурно-организационных и производственно-технологических преобразований энергосистемы, а также при построении и совершенствовании системы управления энергетическим комплексом в рыночных условиях, требующей согласования управления на уровнях территориальных органов власти и территориальной генерирующей компании.

Апробация исследования. Полученные теоретические и методологические результаты докладывались и обсуждались на многочисленных национальных и международных научных конференциях и семинарах, в том числе: VI, VII и VIII Международной школы-семинара молодых ученых «Энергосбережение – теория и практика» (Москва, 2012, 2014, 2016), IX Международной конференции «Актуальные вопросы современной экономической науки» (Липецк, 2012), II Международной научно-практической конференции «Управление инновациями: теория, методология, практика» (Новосибирск, 2012), Всероссийской научной конференции «Современные методы обеспечения эффективности и надежности в энергетике» (Санкт-Петербург, 2013), IV и V Международной научной конференции «Стратегическое планирование развития городов и регионов» (Тольятти, 2014, 2015), Международной научно-практической конференции «Инновационная экономика и промышленная политика региона» (Санкт-Петербург, 2014), Международная научно-практическая конференция «Социальная ответственность бизнеса» (Тольятти, 2014), VII Международной научной конференции «Производственно-хозяйственная деятельность предприятий в науке, образовании и практике» (Злин, Чехия, 2015 (индексируется в Scopus, Web of Science)), XXVIII Международной научной конференции «Стратегия 2020: управление инновациями, устойчивое развитие и конкурентоспособный экономический рост» (Севилья, Испания, 2016 (индексируется в Scopus, Web of Science)), Международной конференции «Современные проблемы теплофизики и энергетики» (Москва, 2017 (индексируется в Web of Science)), а также на научных семинарах кафедры экономики в энергетике и промышленности НИУ «МЭИ».

Основные результаты научной работы были получены в рамках государственных заданий Минобрнауки России, выполненных в интересах Минэнерго России. Результаты научных исследований используются энергохолдингом ПАО «Интер РАО» при решении задачи стратегического управления территориальными производственными активами, а также региональным научным центром АО «СибЦСПЭ», занимающимся вопросами ценообразования в энергетике.

Материалы исследований используются в учебном процессе в курсах «Экономика энергетики», «Экономика отраслевых рынков», «Экономика и управление инновационной деятельностью» на кафедре экономики в энергетике и промышленности НИУ «МЭИ».

Личный вклад автора. Автору принадлежат постановка проблемы и задач исследования, разработка и обоснование всех положений, определяющих научную новизну и практическую значимость, постановка вычислительных экспериментов, анализ и обобщение результатов, формулировка выводов и рекомендаций.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 75 научных работ, в том числе 22 статьи в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 28 статей – в журналах, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, 16 докладов в сборниках трудов международных конференций, 3 монографии. Авторский объем научных публикаций составляет 54,3 п.л.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 319 наименований, восьми приложений. Диссертация содержит 431 страницу текста, в том числе 181 рисунок и 63 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Первая глава диссертации посвящена методологическим вопросам организации исследования общеэнергетических систем территориально-административных образований и выявлению основных научных аспектов проблем управления их развитием с позиции обеспечения энергетической безопасности.

В качестве основного инструмента изучения объекта исследования выбрана методология системных исследований в энергетике, предполагающая рассмотрение энергетического комплекса в виде иерархически связанных функциональных систем – электро- и теплоснабжения и топливообеспечения. Данные системы энергетики состоят из сложной совокупности управляемых средств трансформации энергии, функционирующих в едином производственном цикле и обеспечивающих комплексное снабжение потребителей энергетической продукцией. Такое представление энергетического комплекса в системном аспекте получило название общеэнергетической системы.

Можно выделить производственную, балансовую и организационную структуры общеэнергетической системы.

Производственная структура описывает схему производства, преобразования и потребления энергетических ресурсов. Проведенный статистический анализ данных из различных официальных источников показал, что объем производства основных энергетических ресурсов в стране составляет около 1900 млн. т.у.т., из них на органическое топливо приходится 1770 млн. т.у.т. (89%), приблизительно 40% которого экспортируется (47% - нефть, 32% - природный газ, 41% - уголь). Потребление энергетических ресурсов составляет около 964 млн. т.у.т., из них 740 млн. т.у.т. (77%) расходуется на энергетических установках при производстве преобразованных видов энергии (380 млн. т.у.т. в качестве котельно-печного топлива). Органическое топливо превалирует в структуре энергопотребления, образуя долю более 87%. Возобновляемая энергетика в энергопотреблении представлена в основном гидроэнергией (99%), на долю геотермальной энергии, ветра и солнца приходится не более 1% с учетом энергетики Крыма.

Балансовая структура характеризует распределение энергетических ресурсов по видам энергогенерирующих установок (электростанции, котельные) и энергетической продукции (электроэнергия, тепло) по типу потребителей. Среди энергогенерирующих установок можно выделить установки с выработкой электроэнергии, комбинированного производства энергетической продукции и выработкой тепла. Анализ распределения органических ресурсов по видам энергоустановок страны показал, что около 60% органического топлива приходится на установки с выработкой тепла (28% - на установки с выработкой электроэнергии, 12% - на установки комбинированного производства), что обусловлено климатическими факторами. При этом на установках комбинированного производства вырабатывается более 40% энергетической продукции, что с учетом их низкого потребления энергоресурсов при работе в теплофикационном цикле, говорит об особой роли данного вида генерации в обеспечении экономичной работы энергосистемы. Основными потребителями энергии являются промышленность (46% - электроэнергия, 47% - тепло), сфера услуг (20% - электроэнергия, 14% - тепло) и население (14% - электроэнергия, 38% - тепло).

Если производственная и балансовая структура описывают отраслевые связи между функциональными системами энергетики и потребителями, то организационная структура общеэнергетической системы характеризует ее с позиции единства функций управления. Выделение уровней организации управления позволило провести классификацию общеэнергетических систем, на основе которой определить масштаб решаемой научной задачи и конкретизировать границы исследования. Классификация общеэнергетических систем согласно уровням организации управления, представлена на Рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация общеэнергетических систем согласно уровням организации управления

Согласно приведенной классификации, общеэнергетические системы можно рассматривать на межгосударственном, государственном и территориальном уровне, а также уровне управления предприятием. Особый интерес представляет территориальный уровень ввиду продолжающейся либерализации и реструктуризации отраслей энергетики и изменения характера взаимоотношений между субъектами рынка. Одновременно роль территориальных исследований развития энергетики усиливает глобализация энергетики, изменяющая структуру энергоснабжения и ужесточающая требования к обеспечению энергобезопасности на территориальном уровне ввиду возрастания неопределенности влияния внешних факторов.

Для обобщения территориального уровня исследования энергетики в работе применяется понятие территориально-административного образования. Под территориально-административным образованием понимается территориальная единица или их совокупность, характеризующаяся территориальными связями и хозяйственным единством, которую можно выделить в границах государственных и муниципальных задач управления, решение которых направлено на обеспечение жизнедеятельности местного населения. Были выделены территориально-административные образования в виде макрорегиона (экономического района), региона (субъекта страны), узла (города, населенного пункта, промышленного узла), общеэнергетические системы которых рассматриваются в работе.

Как совокупность систем энергетики и связывающих их производственно-хозяйственных отношений в рыночных условиях общеэнергетическая система территориально-административного образования представлена на Рисунке 2.

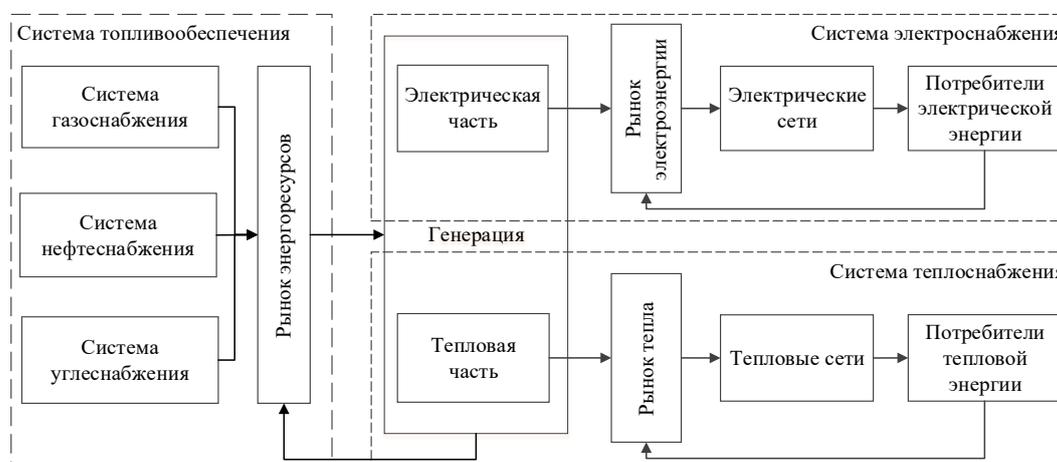


Рисунок 2 – Обобщенная модель общеэнергетической системы в виде взаимосвязанных систем энергетики

Ввиду большого разнообразия общеэнергетических систем для их исследования в качестве объектов управления требуется проведение их типологизации.

Одним из признанных подходов к группировке энергосистем является исследование их дифференциации по удельному потреблению энергетических ресурсов и электроэнергии. Повышенные затраты энергии на человека характеризуют энергонасыщенность региона и развитость его общеэнергетической системы с позиции производственно-технологического потенциала и энергетических связей. На Рисунке 3 представлено распределение регионов страны по удельным затратам ТЭР и удельной энергоёмкости ВРП.

Энергоёмкость ВРП является важным показателем, характеризующим энергобезопасность территориального образования. При удельных затратах энергии до 5 т.у.т./чел высокая энергоёмкость ВРП обусловлена технологической отсталостью территориальной общеэнергетической системы и потребностью в повышении энерговооруженности экономики. В случае удельных затрат энергии свыше 8 т.у.т./чел высокая энергоёмкость ВРП уже вызвана низкой реализацией потенциала энергосбережения. По последним данным Федеральной службы государственной статистики энергоёмкость валового продукта страны составляет 14 кг у.т./ тыс. руб.

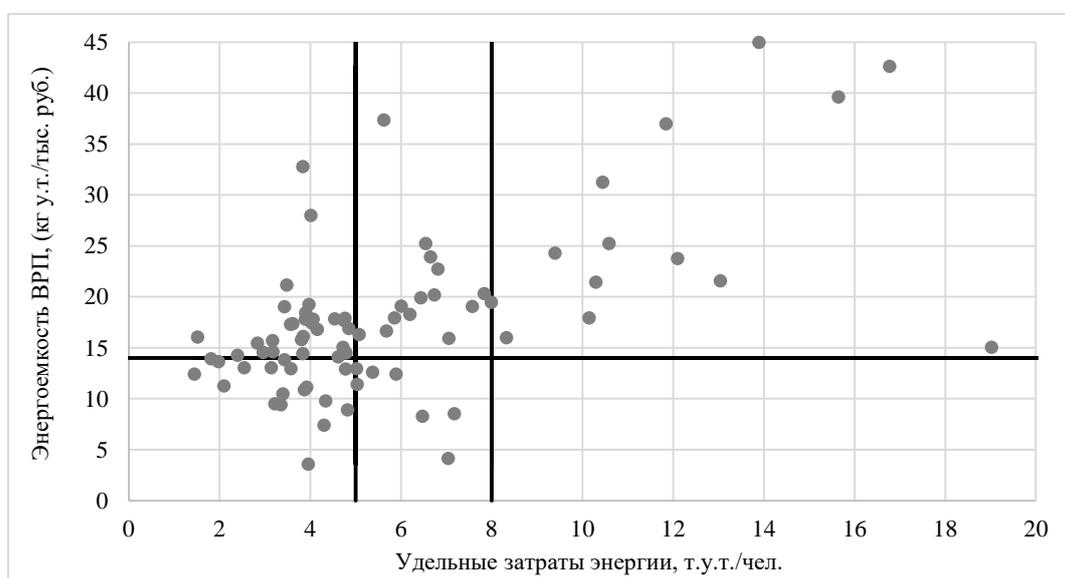


Рисунок 3 - Распределение регионов по удельным затратам ТЭР и энергоёмкости ВРП

Существенным недостатком приведенного подхода является отсутствие учета при группировке наличия значительных отличий в производственной структуре и условиях функционирования энергосистем, что не позволяет формировать точные суждения о причинах их высокой энергоёмкости. Данные отличия позволяет учесть **разработанная методология типологизации энергосистем территориальных образований, в основе которой лежит проведение многомерного статистического анализа их структурных свойств и условий функционирования.**

В основу типологизации легли следующие ключевые признаки, характеризующие особенности энергоснабжения территориально-административного образования:

- структурные внешние (наличие или отсутствие внешних связей),
- структурные внутренние (структура доступных энергоресурсов, производства и потребления энергетической продукции),
- балансовые (энергодефицитные, энергоизбыточные по энергоресурсам и продукции),
- климатические (климатические районы и подрайоны).

Результаты многомерного статистического анализа общеэнергетических систем регионов, полученные методом кластеризации k -средних, представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Результаты кластеризации общеэнергетических систем регионов

Система критериев энергосистемы		Группы регионов							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Внешние связи	отсутствуют	+	+						
	имеются			+	+	+	+	+	+
Вид происхождения топлива	транспортируемое топливо	газ			+	+	+		
		уголь							
	местное топливо	газ	+	+				+	
		уголь	+	+				+	+
	ядерное топливо						+		
гидроэнергия	+		+		+	+		+	
Схема производства	комбинированная	+	+	+	+	+	+	+	+
	раздельная		+		+		+	+	
Производственные мощности	избыток	+	+			+		+	
	недостаток			+	+		+		+
Потребность в тепле	умеренная			+	+	+			
	высокая	+	+				+	+	+
Плотность электропотребления	низкая			+					+
	высокая	+	+		+	+	+	+	

Группы I и II представляют типы энергосистем территориально-изолированных регионов, характеризующихся соответственно:

- широким применением возобновляемых источников энергии (в первую очередь, гидроэнергии) (Камчатский край, Республика Саха, Чукотский АО),
- наличием ярко выраженных ТЭС, производящих преимущественно электроэнергию (КЭС) (Магаданская область, Сахалинская область).

Общими чертами энергосистем изолированных регионов являются высокая плотность электропотребления и потребность в тепловой энергии. Им свойственен избыток производственных мощностей, широкое применение теплофикации и использование местных энергоресурсов. Разграничивающей чертой является применение возобновляемых источников (в первую очередь, гидроэнергии) в электроснабжении. При ее освоении доля ТЭС, производящих только электроэнергию, значительно снижается.

Группы III – VIII представляют типы энергосистем открытых регионов:

- с источниками энергии на органическом топливе, дефицитные и слабо диверсифицированные по энергоресурсам и недостаточными энергомощностями с умеренным потреблением тепла и низкой плотностью графика электроснабжения (регионы непродвинутой сферы европейской части страны) (19 субъектов),
- с источниками энергии на органическом топливе, слабо диверсифицированные по энергоресурсам и достаточными или дефицитными энергомощностями с умеренным потреблением тепла и снижающейся плотностью графика электроснабжения (постпромышленные регионы европейской части страны) (23 субъекта),
- преимущественно на атомной и (или) гидроэнергии с применением органического топлива в системах теплоснабжения, слабо диверсифицированные по энергоресурсам и достаточными энергомощностями с умеренным потреблением тепла и высокой плотностью графика электроснабжения (промышленные регионы европейской части страны) (15 субъектов),
- с крупными источниками энергии на органическом топливе (и гидроэнергии), избыточные и слабо диверсифицированные по энергоресурсам и недостаточными энергомощностями с высоким потреблением тепла и высокой плотностью графика электроснабжения (энергоемкие промышленно-сырьевые регионы азиатской части страны) (11 субъектов),

- с источниками энергии на органическом топливе, достаточные по энергоресурсам и избыточными энерго мощностями с высоким потреблением тепла и высокой плотностью графика электроснабжения (промышленные регионы азиатской части страны со снижающимися масштабами производства) (7 субъектов),
- с источниками энергии на органическом топливе и (или) малыми каскадами гидроэлектростанций, дефицитные и слабо диверсифицированные по энергоресурсам и недостаточными энерго мощностями с высоким потреблением тепла и низкой плотностью графика электроснабжения (регионы непроемленной сферы азиатской части страны) (5 субъектов).

Среди общих черт общеэнергетических систем регионов следует выделить:

- сильную зависимость от органического топлива (присутствует в энергобалансах всех регионов и в более 88% из них является основным),
- слабую диверсифицированность по энергоресурсам (90% ресурсов приходится на азиатскую часть страны; при этом 86% добычи газа вывозится за пределы азиатской части и используется в энергоснабжении европейских регионов (62%)),
- неоднородную производственную структуру с ярко выраженным комбинированным производством энергии (производство сосредоточено на ТЭС (66%); в европейской части их дополняют АЭС и ГЭС, в азиатских регионах – крупные ГЭС; производство на ТЭС является ключевым в 97% энергосистем),
- дефицитность (70%) или избыточность по производственным мощностям (обусловлено наличием внешних связей у большинства энергосистем регионов (92%) и их инерционностью развития),
- умеренной или высокой потребностью в тепловой энергии и постепенным разуплотнением графика электрической нагрузки (разуплотнение электрической нагрузки вызвано снижением доли промышленности (и ее энергоемкости) в структуре энергопотребления; при этом промышленность остается основным потребителем в 67% регионов).

Выявленные различия в структуре и особенностях функционирования энергосистем регионов позволили выделить приоритетные стратегии сокращения энергоемкости ВРП для каждой из сформированных групп энергосистем регионов (Таблица 2).

Таблица 2 – Соотнесение стратегий снижения энергоемкости ВРП с выделенными в результате типологизации группами энергосистем регионов

Группа	Приоритетная стратегия сокращения энергоемкости ВРП
I	Освоение энергоэффективных производственных технологий с целью повышения КПД и КИУМ энергосистемы
II, V, VI	Снижение потерь энергоресурсов и обеспечение их энергосбережения в энергетическом секторе
III, VIII	Освоение энергоэффективных производственных технологий, повышающих эффективность энергосистемы в условиях неравномерного энергопотребления
IV	Снижение энергоемкости производства за счет его реструктуризации и развития сферы услуг
VII	Вывод старого и неэффективного производственного оборудования из эксплуатации и оптимизация режимов работы энергосистемы

Развитие территориальных общеэнергетических систем направлено на решение проблемы обеспечения энергобезопасности регионов. Ключевыми документами, определяющими энергобезопасность, являются:

- Энергетические стратегии России до 2020, 2030 и 2035 года (2003, 2009, 2014 гг.)
- Доктрина энергетической безопасности (2012 г.)

- Федеральные законы “Об электроэнергетике”, “О теплоснабжении”, “О безопасности объектов ТЭК” (2003, 2010, 2011 гг.)
- Генеральные схемы размещения объектов электроэнергетики до 2030, 2035 года (2010, 2017 гг.)

Согласно данным документам энергобезопасность определяет состояние защищенности страны от угроз надежному топливо- и энергоснабжению, обеспечение которого является приоритетной задачей государства. Состояние защищенности достигается путем обеспечения бездефицитности ресурсоснабжения, потребительской доступности энергетической продукции и наличием технологий, обеспечивающих надежное и эффективное функционирование энергообъектов при существующих экологических ограничениях. Отсюда данное состояние характеризуется такими категориями как ресурсная достаточность, экономическая доступность и технологическая допустимость.

В работе предлагается уточнить понятие энергетической безопасности. Во-первых, широкое применение государством рыночных механизмов управления энергетическим комплексом, приведшее к приватизации и передаче значительной части производственных активов энергосистем частным владельцам, требует для стабильного функционирования отрасли обеспечения экономической рентабельности производства энергетической продукции, позволяющей энергопредприятиям реализовывать программы технологической модернизации и инновационного развития. Во-вторых, экономическая доступность энергоресурсов и продукции является верхним ограничительным порогом для ресурсной достаточности и технологической эффективности, отражая объемы доступных энергоресурсов, экономичность процессов их производства и преобразования в энергетическую продукцию. Экономический предел в рыночных условиях достигается энергетическим комплексом раньше, чем ресурсный и технологический.

Таким образом, энергетическую безопасность территориально-административного образования предлагается охарактеризовать в виде состояния защищенности территориальной единицы страны от угроз надежному топливо- и энергоснабжению, достигаемого путем обеспечения работы территориальной общенергетической системы в соответствии с принципами потребительской доступности энергетической продукции и экономической рентабельности ее производства.

Данное уточнение энергобезопасности позволяет более комплексно рассматривать управленческие проблемы ее обеспечения, среди которых можно выделить:

- дефицит инвестиций, способный привести к некомпенсируемому выбытию производственных мощностей энергетического комплекса,
- низкая инновационная активность в энергетике, приводящая к снижению технического уровня объектов энергетического комплекса из-за недостаточного финансирования НИОКР и слабой их реализации,
- усложнение системы управления энергетическим комплексом и рост неопределенности результатов его функционирования в условиях либерализации энергетики, приводящее к незавершенности программ энергосбережения и сохранение высокой энергоемкости продукции,
- структурные сдвиги в экономике, приводящие к росту неравномерности спроса на энергетическую продукцию за счет повышения доли в энергопотреблении населения и непромышленной сферы, и, как следствие, снижение производственной эффективности энергосистем,
- сложившаяся нерациональная структура спроса на энергоресурсы, при которой цены на них не соответствуют их потребительским свойствам, что приводит к замедлению диверсификации энергобаланса и доминированию газа в европейской части страны.

Полная или частичная реализация угроз энергобезопасности приведет к нарушению стабильности работы энергосистем, что может вызвать замедление развития экономики и обострение проблемы социальной защиты населения.

Во второй главе представлены результаты разработки методов многокритериальной оценки экономически обоснованного уровня энергетической безопасности территориально-административного образования и влияния на него вида производственной структуры общеэнергетической системы и рыночных правил ее функционирования.

Согласно уточненной формулировке энергобезопасности, выражающей социально-экономические аспекты функционирования общеэнергетической системы, ее можно представить в виде структуры, изображенной на Рисунке 4.

Частными критериями, отражающими противоречивые интересы государства и энергетического бизнеса, являются условия обеспечения потребительской доступности энергетической продукции и обеспечения экономической рентабельности ее производства. В свою очередь, величины составляющих данных критериев определяют ресурсную достаточность, производственно-технологическую и экономическую эффективность, надежность энергоснабжения, а также уровень социально-экономического развития.



Рисунок 4 – Иерархическая структура энергетической безопасности

В общем виде оценку уровня энергобезопасности можно получить из анализа стоимости энергетической продукции для потребителя и ее структуры:

$$\begin{cases} P = PC + MP \leq LP \\ MP \geq PC \cdot RR \end{cases}, \quad (1)$$

где P - стоимость энергетической продукции, PC - производственные затраты, MP - маржинальная прибыль, LP - предельная стоимость, RR - норма прибыли.

Стоимость энергетической продукции не должна превышать предельный уровень, отражающий доступность продукции для потребителя. В свою очередь, маржинальная прибыль энергопредприятия должна соответствовать доходности, позволяющей предприятию привлекать инвестиции с целью воспроизводства основных фондов. Отмеченное противоречие преодолевается путем согласования экономических критериев государства J_G и бизнеса J_B через составление обобщенного критерия эффективности:

$$J_{ES}(P) = J_G(P) \cdot J_B(P) = (LP - P) \cdot (MP - PC \cdot RR) = (LP - P) \cdot (P - PC - PC \cdot RR) \quad (2)$$

В приведенном выражении не учтены затраты на передачу энергетической продукции. С учетом того, что транспорт является жестко регулируемым видом деятельности, отражающим социальную ответственность государства, на потребителя приходится только часть затрат на передачу, выражаемую в виде величины тарифа T . Другая часть компенсируется за счет налоговых поступлений D в бюджет. Таким образом, критерий государства включает величину налоговых вычетов с добавленной стоимости на энергетическую продукцию, а критерий энергетического бизнеса – тариф на ее передачу (3):

$$J_{ES}(P) = J_G(P) \cdot J_B(P) = (LP - P + D \cdot (P - PC - T)) \cdot (P - T - PC(1 + RR)), \quad (3)$$

Тогда экономически обоснованный уровень энергетической безопасности будет определяться такой стоимостью энергетической продукции, при которой с учетом ограничений обобщенный критерий будет принимать максимальное значение:

$$J_{ES}(P^0) = \max_P \{J_{ES}(P)\}, \quad (4)$$

$$\begin{cases} P \leq LP \\ P \geq PC(1 + RR) + T \\ TC \leq T + D(P - PC - T) \\ PC > 0, 0 < T \leq TC, 0 < RR < 1, 0 < D < 1 \end{cases}, \quad (5)$$

где TC - фактические затраты на передачу.

Графическая иллюстрация возможных решений (4) и (5) приведена на Рисунке 5.

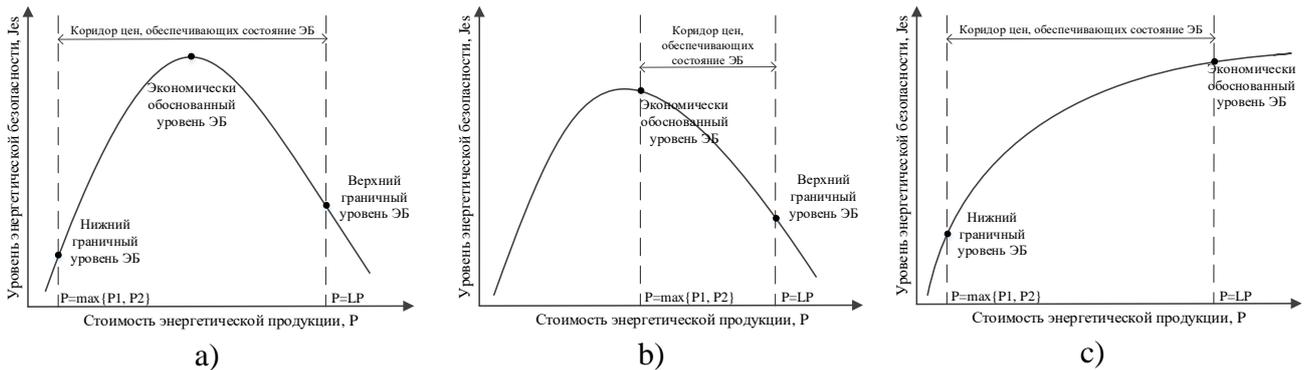
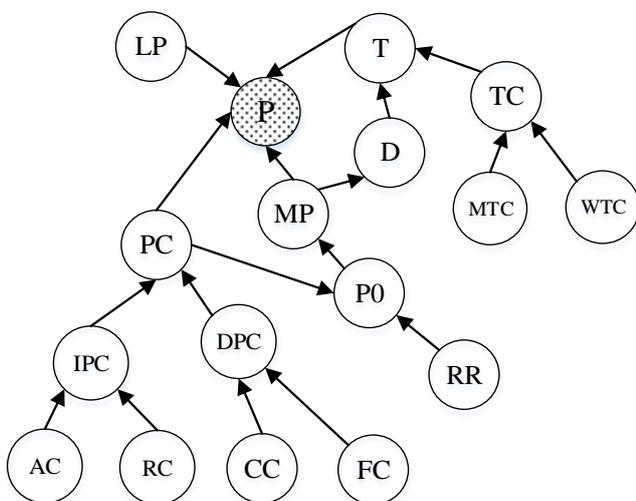


Рисунок 5 – Графическая иллюстрация определения экономически обоснованного уровня энергетической безопасности

Обеспечение энергобезопасности требует анализа поведения функции обобщенного критерия в границах ценового коридора, устанавливаемого ограничениями модели. Верхняя граница коридора задается предельной стоимостью LP , определяемой тарифной политикой. Нижняя граница должна удовлетворять двум условиям: безубыточности производства, определяемой ценой $P_1 = PC(1 + RR) + T$; компенсации затрат на транспорт, задаваемой ценой $P_2 = PC + \frac{TC - T(1 - D)}{D}$. Отсюда нижняя граница определяется как $\max\{P_1, P_2\}$.

Для анализа влияния параметров предложенной модели на цену продукции была разработана диаграмма связей между параметрами (Рисунок 6).



P , LP - цена энергии для потребителя и предельный ее уровень; MP , RR , PC - маржинальная прибыль, норма прибыли и производственные затраты генерации, состоящие из прямых DPC и косвенных затрат IPC ; DPC включают затраты на топливо FC и его преобразование в энергию CC , IPC - амортизацию AC и затраты на надежность RC ; T - тариф на транспорт, зависящий от фактических затрат на передачу TC (определяются материальными затратами MTC и стоимостью потерь WTC) и налоговых вычетов D с прибыли генерации; P_0 - равновесная цена на рынке.

Рисунок 6 – Диаграмма связей параметров модели оценки экономически обоснованного уровня энергобезопасности

Ключевыми параметрами модели являются рыночная цена на энергетическую продукцию и затраты на ее производство. Соответственно, повышение энергобезопасности возможно за счет изменения производственной структуры энергосистемы и рыночных правил ее функционирования.

Производственная структура энергосистемы определяется технологической схемой производства, составом генерирующих мощностей и режимами их работы. Ее ключевой характеристикой является производственно-технологическая эффективность, зависящая от топливной экономичности и КИУМ. В свою очередь, рыночные правила функционирования определяются структурой и взаимосвязью энергорынков и используемых методов ценообразования. При этом ввиду широкого распространения комбинированного производства энергетической продукции необходимо совместно рассматривать как процесс производства тепла и электроэнергии, так и ценообразования на энергорынках. На Рисунках 7 и 8 приведены разработанные алгоритмы оценки влияния производственной и рыночной структур территориальной общенергетической системы на уровень энергобезопасности.



Рисунок 7 – Алгоритм оценки влияния производственной структуры энергосистемы на уровень территориальной энергобезопасности

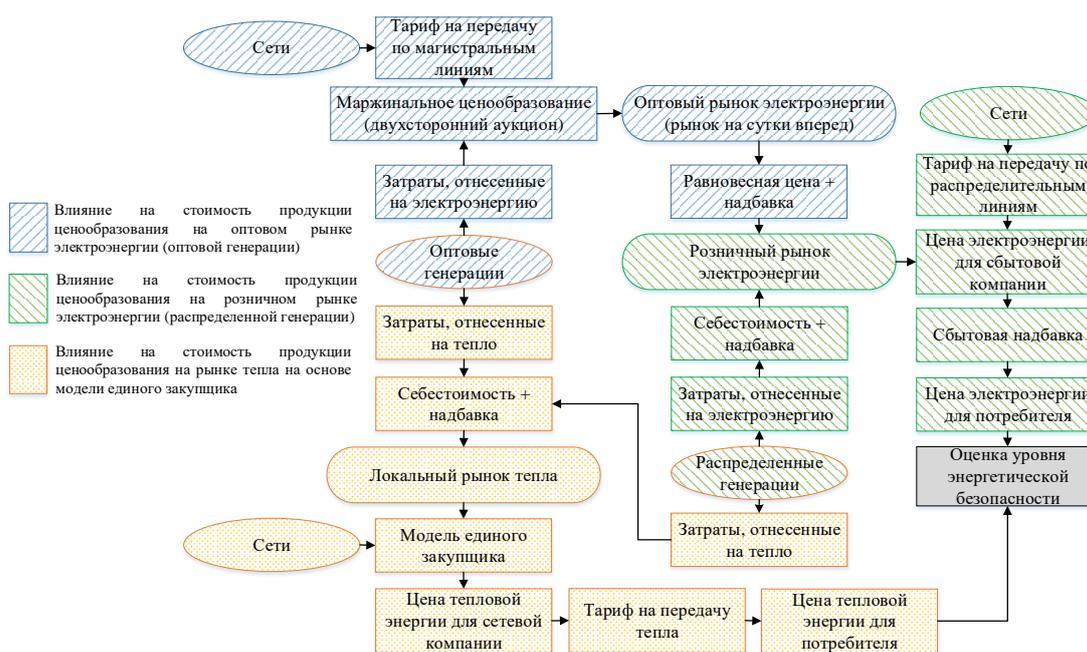


Рисунок 8 – Алгоритм оценки влияния рыночной структуры энергосистемы на уровень территориальной энергобезопасности

Приведенные разработки формируют группу методов многокритериального анализа энергобезопасности территориального образования, позволяющих определить экономически обоснованный уровень энергобезопасности, а также оценить влияние на него производственной эффективности энергосистемы и структуры рынков. Также данные модели применимы для разработки структурно-организационных и производственно-технологических решений повышения энергобезопасности.

Одним из перспективных структурно-организационных решений является изменение модели участия на энергорынках ТЭЦ в зависимости от режимов работы ее генерирующего оборудования. Разработанный алгоритм оценки влияния на уровень энергобезопасности данного структурно-организационного решения представлен на Рисунке 9.

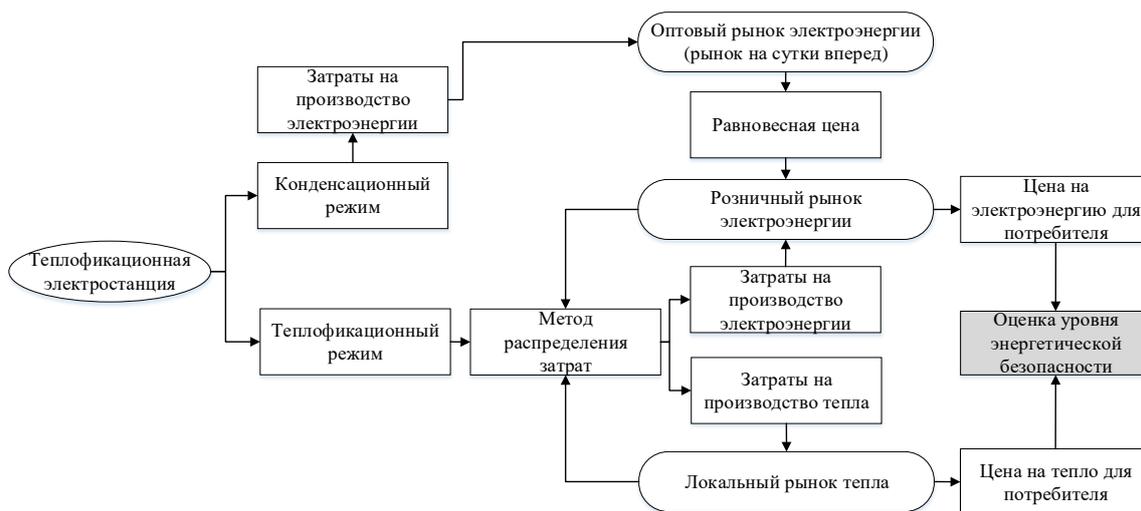


Рисунок 9 – Алгоритм оценки влияния изменения модели участия на энергорынках ТЭЦ на уровень энергобезопасности территориальных образований

Среди производственно-технологических решений рассматриваются:

- повышение маневренных характеристик работы ТЭЦ (схема ТЭЦ с баками-аккумуляторами сетевой воды),
- повышение доли выработки энергетической продукции ТЭЦ на тепловом потреблении в течение года (схема теплофикационной энергоустановки с многоступенчатым подогревом сетевой воды),
- повышение электрической мощности ТЭЦ на тепловом потреблении (схема когенерационной ГТУ с контуром предварительного подогрева сетевой воды).

В Таблице 3 представлены результаты оценки влияния на уровень энергобезопасности данных решений при заданных сценарных условиях.

Таблица 3 – Оценка влияния повышения эффективности работы ТЭЦ в рыночных условиях на уровень энергобезопасности

Описание мероприятия	Сценарий	> ЭБ, %
Перевод ТЭЦ при работе в теплофикационном режиме на розничный энергорынок	Ценовая зона ОРЭМ	18-77
	Неценовая зона ОРЭМ	18-37
Повышение маневренных характеристик ТЭЦ на основе схемы с баками-аккумуляторами сетевой воды	Рыночная цена на энергетическую продукцию фиксирована.	21-30
Повышение доли комбинированной выработки на ТЭЦ в году на основе схемы с многоуровневым подогревом сетевой воды	Достигается рост прибыли генерации на снижении издержек производства	8-15
Повышение электрической мощности ТЭЦ при работе на тепловом потреблении на основе схемы с контуром предварительного подогрева сетевой воды		5-10

В третьей главе диссертации представлены разработанные методы прогнозирования развития общеэнергетической системы территориально-административного образования при различных моделях ценообразования на энергорынках и приведены результаты оценки прогнозных системных эффектов от мероприятий по повышению эффективности ТЭЦ.

Как было показано ранее, общеэнергетическую систему можно представить в виде иерархии подсистем, на нижнем уровне которых находится подсистема топливообеспечения. При ее моделировании с целью составления прогнозного баланса ресурсного обеспечения энергосистемы учитывались:

- Взаимозаменяемость природного газа и энергетических углей для энергосистемы в некоторой временной перспективе с учетом различия в их теплотворной способности.
- Межтопливная конкуренция между газом и углями, характеризующаяся перекрестной эластичностью спроса по цене и наличием государственного регулирования цен.
- Наличие внешних (импорт) и внутренних (местных) источников топлива. При этом внешние источники характеризуются затратами на производство и транспорт, а местные – производственными и инвестиционными затратами (ввиду их низкой степени освоения).
- Производственные издержки задаются функцией падающей эффективности затрат.
- Возможность применения различных методов ценообразования в рассматриваемой перспективе. Для газа справедливы централизованная и биржевая модели, а для угля – свободные договоры и биржевые торги.
- Целевой функцией развития системы топливообеспечения является минимизация затрат на обеспечение энергосистемы топливом.

В зависимости от горизонта прогнозирования разработаны различные методы составления прогнозного баланса системы топливообеспечения. Алгоритм составления прогнозного баланса на среднесрочную перспективу представлен на Рисунке 10.

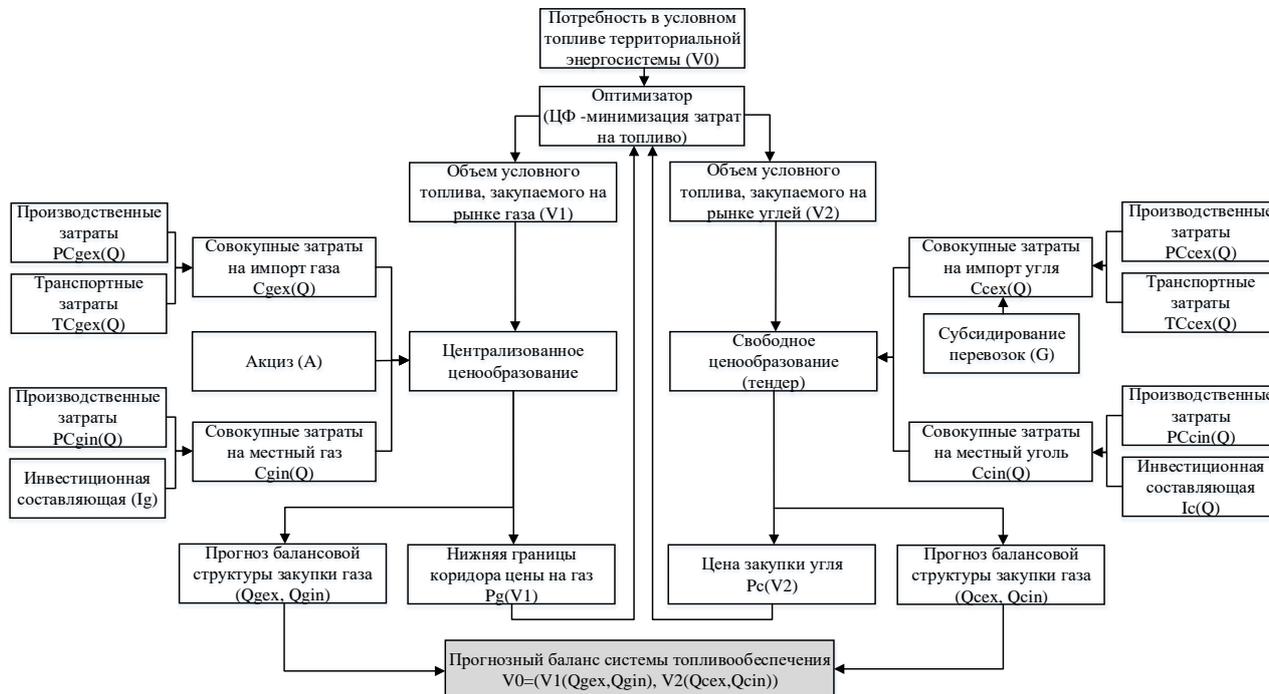


Рисунок 10 – Алгоритм прогнозирования балансовой структуры системы топливообеспечения территориального образования на среднесрочную перспективу

На среднесрочном горизонте структура потребления во многом определена технологическими ограничениями энергосистемы, но при этом меняется под действием межтопливной конкуренции. Для газа свойственно централизованное ценообразование,

выраженное в формировании коридора цен на газ, а для угля – свободное ценообразование в виде формирования конкурентных предложений источников топливообеспечения.

Формирование нижней границы цены на газ можно представить в виде следующей кусочно-заданной функции:

$$P_g(Q) = \begin{cases} \frac{C_{gex}(Q)}{Q} [1 + A], Q < Q_1 \\ \frac{C_{gex}(Q_1)[Q - Q_1] + C_{gin}(Q - Q_1) \cdot Q_1}{2Q_1(Q - Q_1)} [1 + A], Q_1 \leq Q \leq Q_2, \\ \frac{C_{gin}(Q)}{Q} [1 + A], Q > Q_2 \end{cases} \quad (6)$$

где $C_{gex}(Q), C_{gin}(Q)$ - затраты внешних и местных источников природного газа, A - акциз, Q - потребность в топливе, Q_1, Q_2 - границы потребности в газе, при которых целесообразно использовать преимущественно внешние и местные источники топлива соответственно.

Цена на уголь формируется на основе совокупной кривой предложения внешних и местных источников топлива. При проведении тендера минимизируется его цена:

$$P_c(Q) = \min [C_{cex}(Q_1) + C_{cin}(Q_2)], Q_1 + Q_2 = Q \quad (7)$$

где $C_{cex}(Q), C_{cin}(Q)$ - затраты внешних и местных источников угля, Q - объем спроса, Q_1, Q_2 - объемы предложений источников (искомые переменные).

Согласно алгоритму после оптимизации структуры распределения спроса между внешними и внутренними источниками отдельно по углю и газу, осуществляется учет межтопливной конкуренции. Она характеризуется коэффициентом перекрестной эластичности, отражающим изменение объема спроса на уголь при изменении цены на газ:

$$E_{cg}(P_g, \Delta P_g) = \frac{\Delta Q_c(\Delta P_g)}{\Delta P_g} \cdot \frac{P_g}{Q_c(P_g)} = Q'_c(P_g) \frac{P_g}{Q_c(P_g)}, \Delta P_g \rightarrow 0 \quad (8)$$

Формируется прогнозный баланс системы топливообеспечения по углю и газу на основе критерия минимизации цены топлива:

$$P_s(V) = \min [P_g(V_1)V_1 + P_c(V_2)V_2], V_1 + V_2 = V, \quad (9)$$

где V_1, V_2 - объемы закупок газа и углей (искомые переменные).

Результатом решения данной комбинаторной задачи является прогнозная балансовая структура системы топливообеспечения:

$$V_0 = V_g^0(Q_{gex}^0, Q_{gin}^0) + V_c^0(Q_{cex}^0, Q_{cin}^0) = Q_{gex}^0 + Q_{gin}^0 + Q_{cex}^0 + Q_{cin}^0, \quad (10)$$

где V_g^0, V_c^0 - сбалансированные объемы закупок газа и углей при заданном объеме потребления V_0 , $Q_{gex}^0, Q_{gin}^0, Q_{cex}^0, Q_{cin}^0$ - сбалансированное распределение объема закупки между внешними и местными источниками газа и углей.

В долгосрочных прогнозах рынки топлив можно рассматривать как единый энергорынок, на котором конкурируют не виды топлива как таковые, а ценовые предложения источников. При этом считается, что на рынках газа и углей применяется свободное ценообразование в виде двухстороннего встречного аукциона на основе алгоритма биржевого стакана. В общем случае минимизация цены топлива для энергосистемы при удовлетворении всей ее потребности в энергоносителях через биржевой механизм представляет задачу последовательной оптимизации:

$$P_s(P, V_0) = \min_P \max_Q [PR_{ex}(Q, P) + PR_{in}(V_0 - Q, P)] \quad (11)$$

$$\begin{cases} 0 \leq Q \leq Q_2^{ex}(P) \\ V_0 - Q_2^{in}(P) \leq Q \leq V_0 - Q_1^{in}(P) \end{cases} \quad (12)$$

где PR_{ex}, PR_{in} - доходы внешних и местных поставщиков топлива от торгов на бирже, $Q_1^{in}(P), Q_2^{in}(P), Q_2^{ex}(P)$ - граничные объемы поставки топлива, обеспечивающие доходность поставщикам при заданной цене P , V_0 - объем потребности в топливе энергосистемы.

Приведенные разработки **формируют метод построения прогнозной экономико-математической модели балансовой структуры системы топливообеспечения территориального образования, позволяющий составить прогноз структуры потребления энергоресурсов при различных моделях ценообразования.** Его преимуществами являются:

- учет конкуренции как между видами топлива (газа и углей), так и ценовыми предложениями поставщиков,
- учет механизмов государственного регулирования цен на природный газ (акциз) и энергетические угли (субсидирование железнодорожных перевозок),
- учет различных сочетаний методов ценообразования на рынках газа и углей (применяемых и перспективных),
- учет возможности топливообеспечения как за счет внешних источников топлива, так и разработки местных месторождений,
- возможность использования для разработки стратегии диверсификации как поставщиков топлива, так и самих энергоносителей с целью повышения энергобезопасности.

Ресурсы, поставляемые системой топливообеспечения, распределяются между системами тепло- и электроснабжения. При разработке прогнозной модели балансовой структуры системы теплоснабжения принималось:

- Теплоснабжение включает централизованную и индивидуальные системы. Потребители перемещаются между ними исходя из радиуса эффективного обслуживания ТЭЦ и принципа организации альтернативной котельной.
- Централизованная система теплоснабжения представлена ТЭЦ и котельными, включенными в единую закольцованную теплосеть. В центре тепловых нагрузок находится ТЭЦ, котельные несут нагрузку по остаточному принципу.
- Централизованная система теплоснабжения работает в условиях рынка тепла, организованного в виде модели единой тепловой компании или единого заказчика.
- ТЭЦ также функционируют на рынке электроэнергии, конкурируя с КЭС. Считается, что ТЭЦ конкурентоспособна, если в течение года, работая в различных режимах, обеспечивает экономию топлива в сравнении с КЭС.
- ТЭЦ имеют возможность распределять топливные затраты между теплом и электроэнергией.
- Развитие системы теплоснабжения осуществляется по пути минимизации топливных затрат при заданной модели рынка тепла.

Алгоритм составления прогнозного баланса представлен на Рисунке 11.

Согласно алгоритму, для радиуса теплоснабжения территориального образования задается прогноз потребления тепла в виде графика тепловой нагрузки по продолжительности. Проводится структурная оптимизация тепловой нагрузки по источникам тепла централизованной системы с позиции минимума топливных затрат с учетом их разнесения на ТЭЦ, ограничением которого являются обеспечение конкурентоспособности с КЭС и удельные затраты на тепло b_{KV}^a , полученные методом альтернативной котельной:

$$B^m(Q) = \min \left[b_{ТЭЦ}^{mm} \cdot Q_{ТЭЦ} + b_{KV} \cdot Q_{KV} \right] \quad (13)$$

$$\begin{cases} Q_{ТЭЦ} + Q_{КУ} = Q \\ (b_{КЭС} - b_{ТЭЦ}^{mэ})N_{ТЭЦ}^m(Q_{ТЭЦ}) - (b_{ТЭЦ}^к - b_{КЭС})N_{ТЭЦ}^к(Q_{ТЭЦ}) \geq 0 \\ \frac{b_{ТЭЦ}^{mm} \cdot Q_{ТЭЦ} + b_{КУ} \cdot Q_{КУ}}{Q} \leq b_{КУ}^a \\ b_{ТЭЦ}^{mэ} \leq b_{КЭС} \end{cases} \quad (14)$$

где Q - годовая тепловая нагрузка; $b_{ТЭЦ}^{mm}, b_{ТЭЦ}^{mэ}$ - удельные расходы топлива ТЭЦ, отнесенные на тепло и электроэнергию при работе в режиме теплофикации; $b_{ТЭЦ}^к, b_{КЭС}, b_{КУ}$ - удельные расходы топлива ТЭЦ (конденсационный режим), КЭС и котельных; $N_{ТЭЦ}^m, N_{ТЭЦ}^к$ - электроэнергия, вырабатываемая на ТЭЦ в соответствующих режимах; $Q_{ТЭЦ}, Q_{КУ}$ - нагрузка КЭС и котельных (искомые переменные).

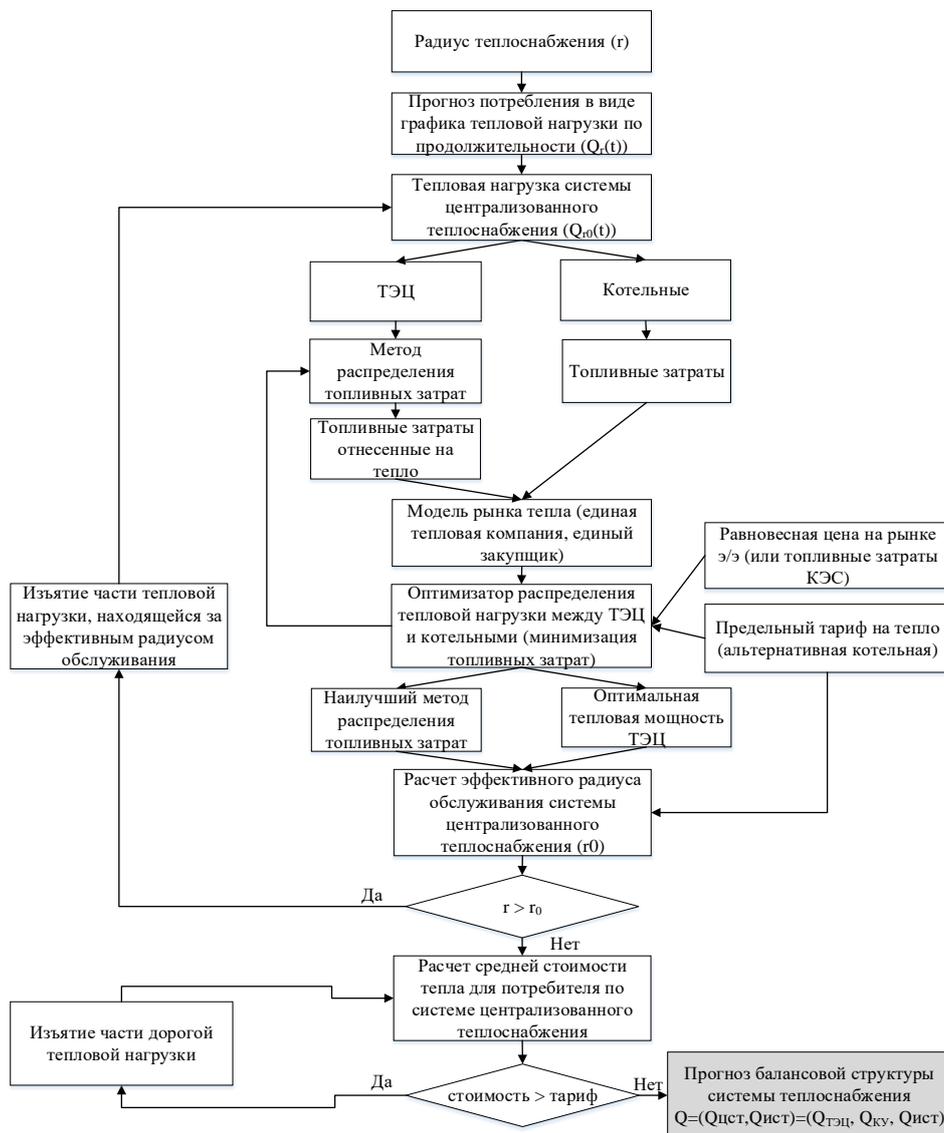


Рисунок 11 – Алгоритм прогнозирования балансовой структуры системы теплоснабжения территориального образования

Модель рынка тепла определяет выбор метода разнесения затрат. Так, в случае единой тепловой компании, когда тепловые источники и сети находятся в одной собственности, затраты большей частью будут относиться на тепло. В случае сетевой компании, являющейся единым заказчиком, ввиду конкуренции между источниками затраты будут

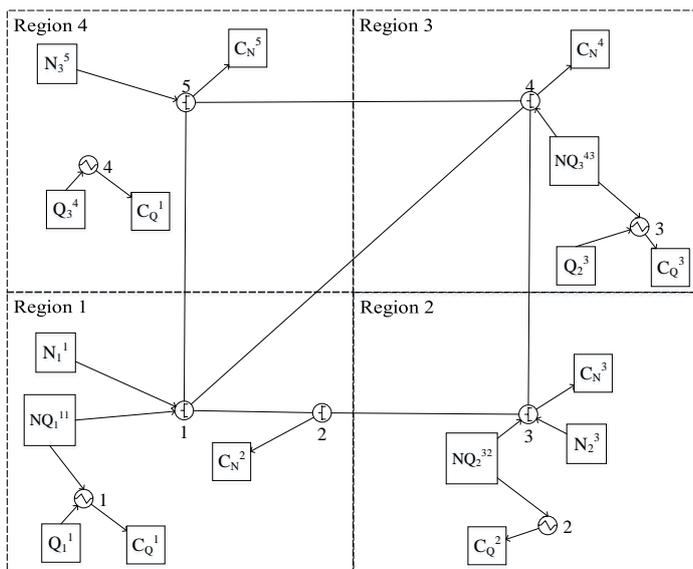
отнесены на электроэнергию. Целевая функция, в первом случае, примет вид $B^m(Q) = \min_Q \max_{b_{ТЭЦ}^{mm}} [b_{ТЭЦ}^{mm} \cdot Q_{ТЭЦ} + b_{KV} \cdot Q_{KV}]$, во втором - $B^m(Q) = \min_Q \min_{b_{ТЭЦ}^{mm}} [b_{ТЭЦ}^{mm} \cdot Q_{ТЭЦ} + b_{KV} \cdot Q_{KV}]$.

На основе определенной тепловой мощности ТЭЦ и затрат, отнесенных на тепло, определяется ее радиус эффективного обслуживания. Часть нагрузки, находящейся за радиусом эффективного обслуживания, изымается в пользу индивидуальной системы теплоснабжения, и с учетом нового радиуса осуществляется следующая итерация оптимизации структуры тепловой мощности централизованной системы. При необеспечении условия неперевышения средней цены по тепловым источникам предельного тарифа, происходит изъятие части мощности дорогого источника централизованной системы в пользу индивидуальной. В результате формируется прогноз балансовой структуры системы теплоснабжения в виде $Q = Q_{ЦСТ} + Q_{ИСТ} = Q_{ТЭЦ} + Q_{KV} + Q_{ИСТ}$.

Приведенные разработки формируют метод построения прогнозной экономико-математической модели системы теплоснабжения территориального образования, позволяющий осуществлять прогноз структуры производства тепла при различных стратегиях либерализации рынка. Его преимуществами являются:

- учет наличия централизованной и индивидуальной систем теплоснабжения, а также эффективного радиуса обслуживания ТЭЦ,
- учет различных моделей функционирования централизованной системы теплоснабжения (единая тепловая компания, единый заказчик),
- учет распределения затрат ТЭЦ между теплом и электроэнергией, и его влияния на эффективный радиус обслуживания,
- учет наличия механизмов регулирования цен на тепло и электроэнергию, оказывающих влияние на распределение топливных затрат ТЭЦ,
- возможность использования для разработки стратегии повышения энергобезопасности на основе нахождения наилучшего сочетания централизованной (на основе ТЭЦ) и индивидуальной схем теплоснабжения.

Моделирование общенергетической системы потребовало перехода от балансовых методов построения моделей к балансово-сетевым, что обусловлено входящей в ее состав системой электроснабжения. На Рисунке 12 представлена 5-узловая балансово-сетевая модель энергосистемы.



C_Q, C_N - потребители тепла и электроэнергии;
 Q - тепловой источник (котельная),
 NQ - комбинированный источник (ТЭЦ),
 N - источник электроэнергии (КЭС),
 $Region 1-4$ - различные виды территориальных энергосистем.
 Наличие комбинированных источников, подключенных к узлам поставки тепла и электроэнергии, связывает единими режимами работы системы тепло- и электроснабжения.

Рисунок 12 – Балансово-сетевая модель общенергетической системы

Для описания структуры общеэнергетической системы используется граф связей. Вершинами графа являются узлы поставки электроэнергии и узлы поставки тепла. Дугами графа являются электрические и тепловые сети.

При разработке прогнозной модели межотраслевого баланса принималось:

- Затраты на транспорт пропорциональны расстоянию и объему передачи, а затраты на передачу производителя в узел подключения отсутствуют.
- В узлах поставки электроэнергии применяется маргинальная модель ценообразования, в узлах поставки тепла – ценообразование на основе модели единого закупщика или единой тепловой компании.
- Развитие энергосистемы осуществляется по пути снижения общесистемных производственных и транспортных затрат.

Балансовую структуру общеэнергетической системы можно описать как межотраслевую, объединяющую сферы производства тепла и электроэнергии. Определение балансовой структуры общеэнергетической системы представляется в виде последовательного решения задач (Таблица 4).

Таблица 4 – Этапы моделирования балансовой структуры общеэнергетической системы

<p>1. Задача оптимизации производственных (топливных) затрат по энергосистеме</p>	$PC(N - N') = \min [PC_1(N_1) + PC_2(N_2) + \dots + PC_n(N_n)]$ $\begin{cases} N_1 + N_2 + \dots + N_n = N - N', N_i^{\min} \leq N_i \leq N_i^{\max}, N > N' \\ PC_i(N_i) = a_i + b_i N_i + c_i N_i^k \end{cases},$ <p>где $PC_i(N_i)$ - производственные затраты i-го источника э/э при выработке N_i; N_i^{\min}, N_i^{\max} - технологические ограничения производства э/э i-го источника; N - объем потребности в э/э, N' - выработка комбинированных источников</p>
<p>2. Задача оптимизации транспортных затрат по энергосистеме</p>	$TC(N) = \min \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m TC_{ij}(N_{ij}) \right] = \min \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m T_{ij} N_{ij} \right]$ $\begin{cases} N_{i1} + N_{i2} + \dots + N_{im} = N_i, i = \overline{1, n} \\ N_{1j} + N_{2j} + \dots + N_{nj} = V_j, j = \overline{1, m} \\ N_1 + N_2 + \dots + N_n = V_1 + V_2 + \dots + V_m \end{cases},$ <p>где T_{ij}, N_{ij} - цена и объем передачи э/э по магистрали (i, j), N_i - объем отпуска э/э i-м источником, V_j - объем потребления э/э в j-м узле поставки, n, m - число источников и узлов поставки</p>
<p>3. Задача определения структуры предложения и сложившейся цены в узлах поставки электроэнергии</p>	$H(N) = C_1 + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{C_{i+1} - C_i}{1 + e^{-2k(N - \sum_{j=1}^i N_j)}}, C_i = \frac{(PC_i + TC_i)}{N_i}, C_1 \leq C_2 \leq \dots \leq C_n$ <p>где $H(N)$ - кривая предложения, $(C_1, N_1), (C_2, N_2), \dots, (C_n, N_n)$ - проранжированные по стоимости ценовые предложения производителей в узле поставки. Рыночная цена в узле поставки i определяется как $P_i^0 = H(V_i)$, где V_i - объем потребления э/э.</p>

Приведенные разработки формируют метод построения прогнозной экономико-математической модели общеэнергетической системы, позволяющий оценивать системные эффекты от изменения производственной структуры и рыночных правил работы энергосистемы.

Модельные исследования показали, что величина эффекта от структурно-организационных и производственно-технологических решений во многом определяется

существующей структурой мощности энергосистемы и ее сетевыми связями. Так, изменение рыночных правил функционирования ТЭЦ в зависимости от режимов работы энергооборудования принесет наибольший положительный эффект для энергорайонов с комбинированными и тепловыми источниками энергии (Region 1 и Region 3), в узлах которых формируется высокая цена на электроэнергию при маргинальном ценообразовании. Данное решение позволяет значительно снизить рыночную цену на электроэнергию и сформировать экономические предпосылки ТЭЦ для преимущественной работы по тепловому графику. В свою очередь, это приведет к снижению цены на тепло для конечного потребителя и экономии топлива. Вместе с тем, реализация данного решения повысит цену на электроэнергию для энергорайонов, характеризующихся отдельным производством энергетической продукции (Region 4) за счет существенного снижения перетоков дешевой электроэнергии. Среди производственно-технологических решений по повышению эффективности работы ТЭЦ в рыночных условиях наибольший эффект дает применение на ТЭЦ аккумуляторов сетевой воды, что позволяет работать станции как в центре тепловых, так и электрических нагрузок энергосистемы с наименьшими затратами топлива.

В четвертой главе приводятся результаты разработки многоуровневой модели управления развитием общеэнергетической системы территориально-административного образования и метода теоретико-игровой оптимизации ее производственной структуры.

В условиях продолжающейся либерализации экономических отношений в энергетике для реализации стратегических приоритетов государственной энергетической политики требуется совершенствование системы управления развитием энергетическим комплексом с позиции обеспечения эффективного взаимодействия органов государственной власти с саморегулируемыми энергопредприятиями, являющихся субъектами управления на различных организационных уровнях. Адекватное отражение их интересов должно быть основой принятия решений по развитию территориальных энергосистем. На Рисунке 13 приведена разработанная модель анализа рассогласования управления энергосистемой.

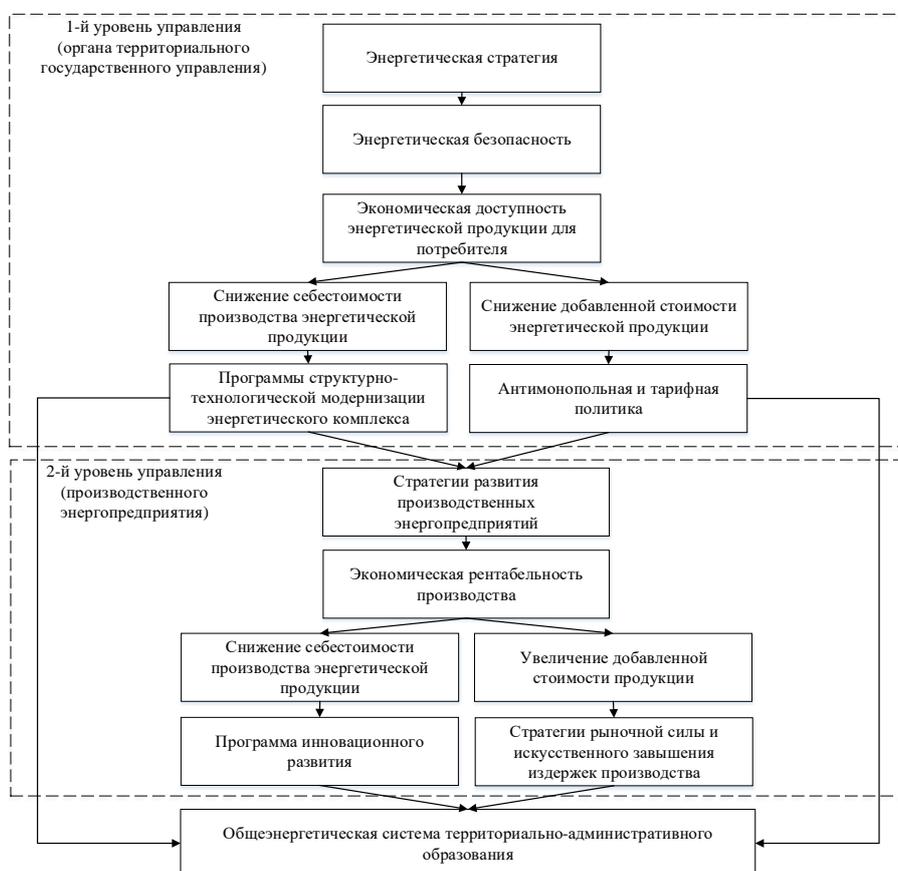


Рисунок 13 – Двухуровневая модель анализа рассогласования управления развитием общеэнергетической системы территориального образования

Критерии эффективности государства и энергопредприятий согласуются в направлении снижения себестоимости производства энергетической продукции. При этом возникает рассогласование критериев в направлении формирования ее добавленной стоимости. Если государство, представляя интересы потребителей, заинтересовано в ее снижении, то предприятия, обеспечивая рентабельность производства, наоборот, в повышении. Для этого могут применяться стратегии рыночной силы и искусственного завышения издержек производства.

Рассогласование управления приводит к возникновению отклонений ожидаемых эффектов и результатов в виде изменения стоимости энергетической продукции для конечного потребителя (Таблица 5).

Таблица 5 – Оценка ожидаемой стоимости энергетической продукции при различных стратегиях субъектов управления

Предприятия \ Государство	Стратегия снижения топливных затрат	Стратегия завышения издержек	Стратегия рыночной силы
Стратегия снижения топливных затрат	$\hat{P} = [PC^{\min}(1 + RR^{\min}); LP]$	$\hat{P} = PC^{\min}(1 + RR^{\max})$	$\hat{P} = \min_{PC_{l_0}} \max_{\Delta N^-} H(N, \Delta N^-, PC_{l_0})$
Стратегия снижения добавленной стоимости	$\hat{P} = PC^{\min}(1 + RR^{\min})$	$\hat{P} = PC^{\max}(1 + RR^{\min})$	$\hat{P} = \min_{\Delta N^+} \max_{\Delta N^-} H(N, \Delta N^-, \Delta N^+)$

В случае совместной реализации стратегии снижения издержек органом власти и предприятием производственные затраты принимают наименьшее значение PC^{\min} . При этом у энергопредприятия остается возможность влияния на цену выпущенной продукции за счет роста добавленной стоимости RR на основе других центров затрат. Если стратегия органа власти направлена на ограничение добавленной стоимости RR^{\min} , а энергопредприятия – на снижение издержек, то цена продукции для потребителя принимает минимальное значение. При антагонистических стратегиях стоимость продукции определяется минимальными топливными затратами PC^{\min} и завышенной добавленной стоимостью за счет прочих издержек RR^{\max} . При ограничении органом власти доли добавленной стоимости RR^{\min} предприятия драйвером для роста цены продукции является завышение производственных издержек PC^{\max} .

Отдельным случаем является применение энергопредприятием стратегии рыночной силы на энергорынке в виде изъятия части дешевой мощности ΔN^- с рынка с целью повышения равновесной цены. Данное действие будет ответной реакцией на снижение стоимости ценообразующего предложения l_0 энергопредприятия ввиду стратегии органа власти, направленной на снижение топливных затрат $PC_{l_0} \rightarrow PC_{l_0}^{\min}$, или проведения антимонопольной политики, способствующей появлению независимого производителя, ценовое предложение ΔN^+ которого будет сдвигать кривую предложения $H(N)$.

Представленные разработки **формируют многоуровневую модель управления развитием общенергетической системы территориального образования, позволяющую выявить факторы и последствия рассогласования управления и провести совершенствование ее структуры.**

Решение задачи согласования принятия решений субъектами управления требует разработки теоретико-игровых моделей. Территориальный орган власти и местные энергопредприятия осуществляют взаимодействие, преследуя реализацию собственных интересов при выборе направления развития территориальной энергосистемы. При этом взаимодействие осуществляется на различных уровнях управления, а решения принимаются

последовательно. С позиции теории игр, орган власти является управляющим органом (центром), определяющим правила игры, а энергопредприятия – управляемыми субъектами (агентами), принимающими решения, исходя из установленных правил. Такая игра с последовательными шагами является иерархической. На Рисунке 14 приведена постановка задачи определения производственной структуры энергосистемы, при которой достигается равновесие в игре.



Рисунок 14 – Теоретико-игровая задача определения наилучшей производственной структуры территориальной общеэнергетической системы

Теоретико-игровая задача задает фиксированный порядок ходов. Первый ход делает территориальный орган государственного управления (центр), затем свои стратегии выбирают производственные предприятия (агенты). Решением задачи является состав производственных мощностей энергосистемы, при котором достигается равновесие в игре.

На Рисунке 15 представлен разработанный алгоритм теоретико-игровой оптимизации производственной структуры общеэнергетической системы.

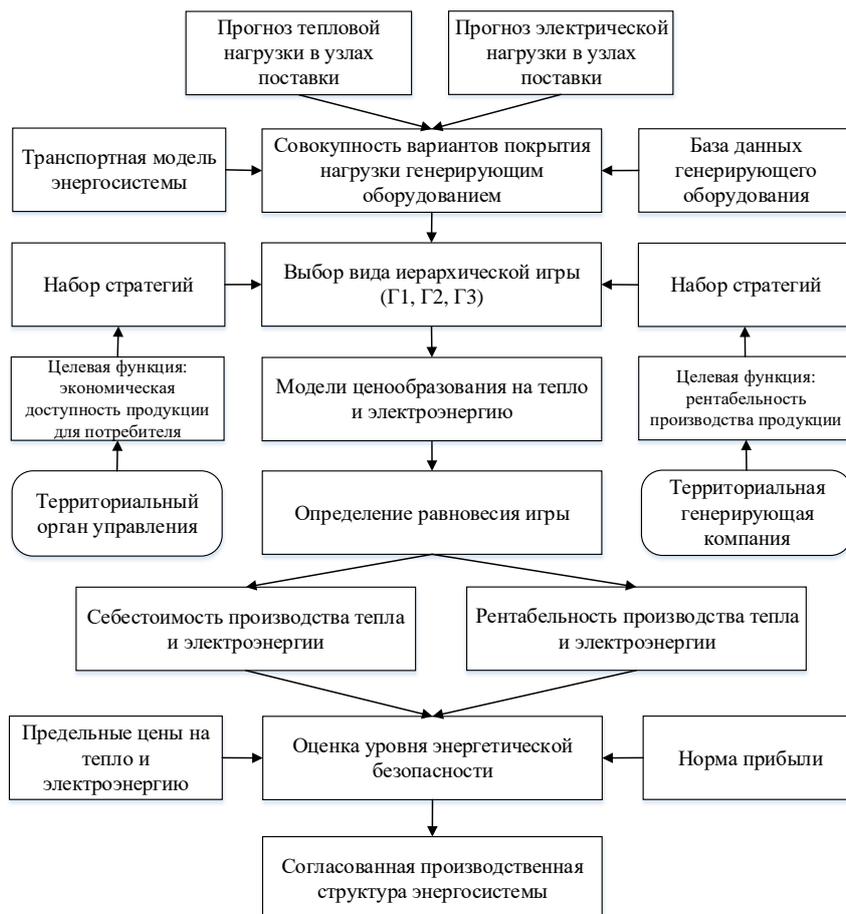


Рисунок 15 – Алгоритм теоретико-игровой оптимизации производственной структуры общеэнергетической системы

В работе рассматриваются следующие стратегии центра и агента, описывающие различную информированность центра о поведении агента:

- Центр не получает информации от агента, и на первом ходу его стратегия состоит в выборе некоторого действия x_1^* . Осуществляя ход вторым и зная стратегию центра, агент выбирает стратегию $\tilde{x}(x_1^*)$, максимизирующую его выигрыш (игра Г1).
- Центр получает информацию от агента и на первом ходу формирует стратегию $\tilde{x}(x_2)$, которую сообщает агенту. Агент на втором ходу в зависимости от сообщения центра выбирает стратегию $\tilde{\tilde{x}}_2(x_1(x_2))$, максимизирующую его выигрыш (игра Г2).
- Центр просит агента сообщить ему свою стратегию $\tilde{x}_2(x_1)$, основанную на ожидаемой агентом информации о действии центра. Реализация права первого хода центром состоит в сообщении агенту стратегии $\tilde{\tilde{x}}_1(\tilde{x}_2(x_1))$ (игра Г3).

Для реализации теоретико-игровой оптимизации производственной структуры общеэнергетической системы была разработана имитационная модель, отражающая особенности ее структуры, принципы регулирования и рыночные правила функционирования (Рисунок 16).

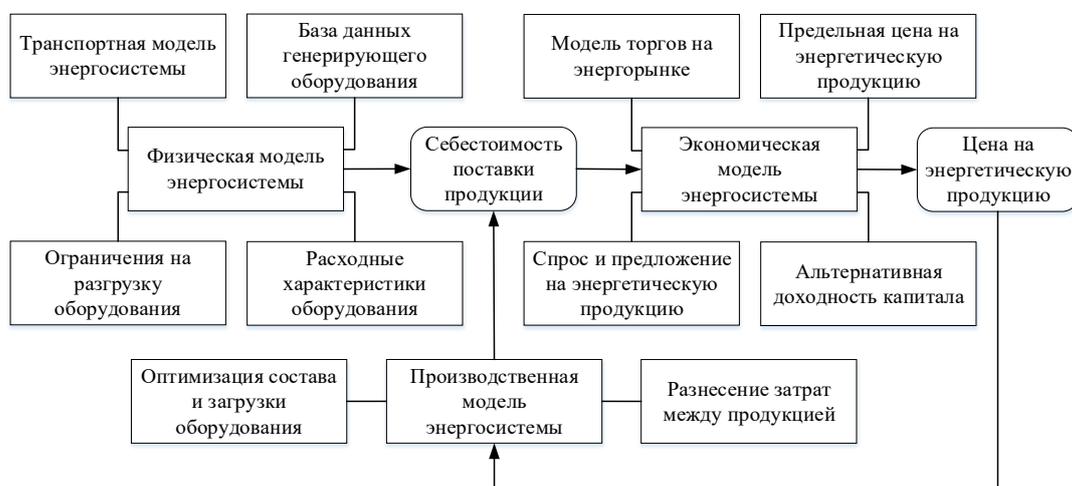


Рисунок 16 – Имитационная модель энергосистемы для проведения теоретико-игровой оптимизации ее производственной структуры

Основой физической модели является база данных технико-экономических и расходных характеристик генерирующего оборудования, работающая под управлением СУБД FirebirdSQL. Основой экономической модели является модель торгов электроэнергией, реализованная в модифицированном программном комплексе агентного моделирования AMES. Производственная модель базируется на вычислительном алгоритме выбора состава генерирующего оборудования, запрограммированного в среде MathCAD.

Представленные разработки **формируют метод теоретико-игровой оптимизации производственной структуры общеэнергетической системы, позволяющий определить наилучший состав генерирующего оборудования при разной информированности территориального органа управления о стратегиях предприятия.**

В пятой главе представлены результаты разработки методологии обеспечения энергобезопасности на основе организации согласованного многоуровневого управления развитием территориальной общеэнергетической системы и механизма ее реализации.

Базисом методологии является **методологический подход, объединяющий научные результаты, представленные в предыдущих разделах работы** (Рисунок 17). Он позволяет определить наилучшее направление развития территориальной энергосистемы с позиции обеспечения экономически обоснованного уровня энергобезопасности и согласовать противоречивые интересы субъектов управления при принятии управленческих решений по формированию ее производственной структуры.

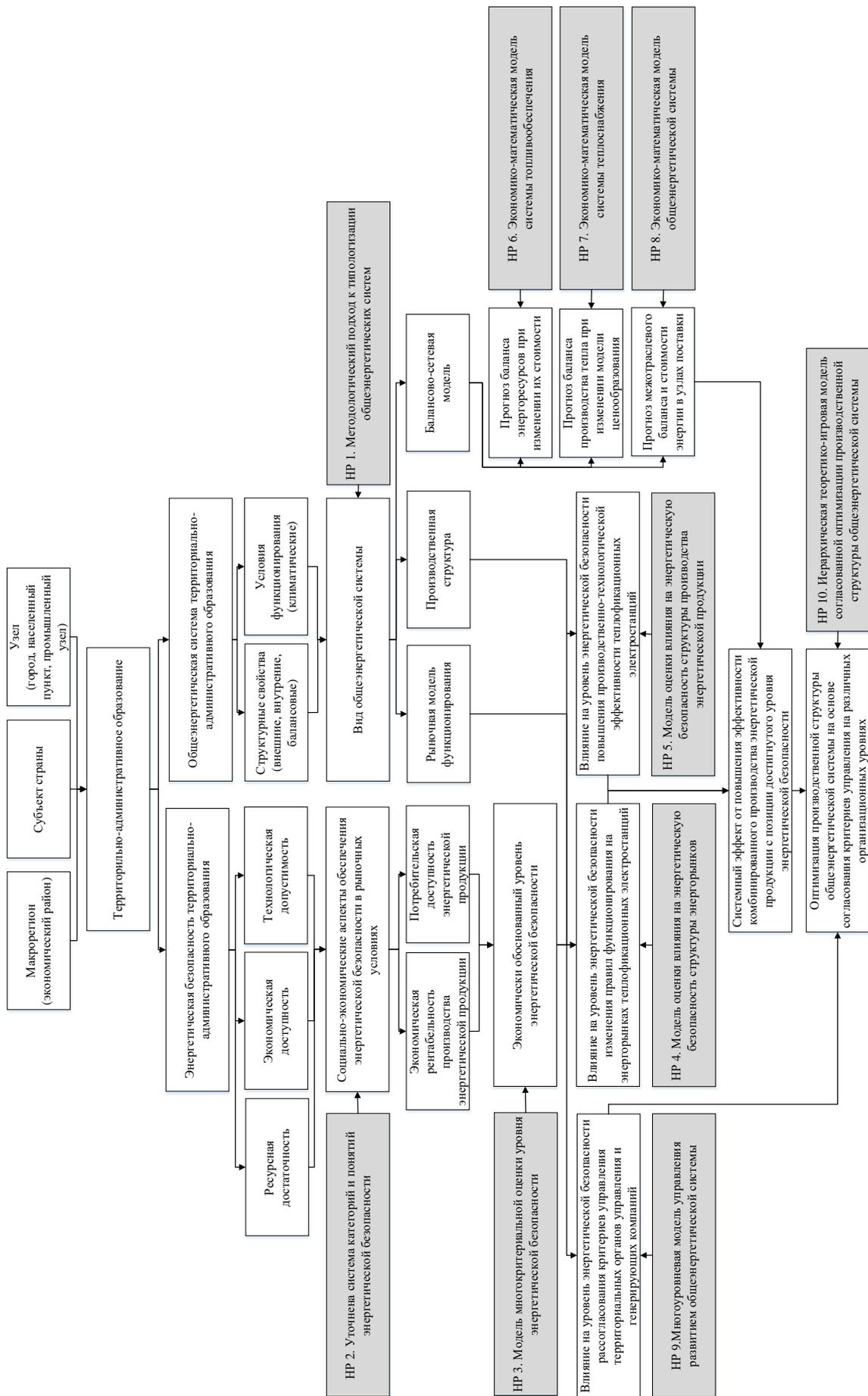


Рисунок 17 – Методологический подход обеспечения энергетической безопасности территориального образования на основе организации согласованного многоуровневого управления развитием его общеэнергетической системы

Анализ эффективности предложенной методологии был проведен на разработанных моделях общеэнергетических систем Дальневосточного экономического района, представляющих собой как открытые, так и территориально-изолированные образования, что позволило более широко рассмотреть вопрос применения методологии при различной структурной организации территориальной энергетики и рыночных правил ее функционирования (Таблица 6).

Таблица 6 – Результаты анализа уровня энергетической безопасности территориальных образований Дальневосточного экономического района

Территориальное образование	Нижняя граница цен на э/э, руб./кВтч	Верхняя граница цен на э/э, руб./кВтч	Цена на э/э / Уровень ЭБ	Цена на э/э / Обоснованный уровень ЭБ
Амурская область	3,0	3,4	2,2/-	3,2/1,13
Еврейская АО	3,2	3,6	2,1/-	3,5/1,05
Камчатский край	5,7	6,2	4,9/-	5,8/1,14
Магаданская область	6,0	6,5	4,0/-	6,5/1,00
Приморский край	2,9	3,2	2,7/-	2,9/1,15
Республика Саха	4,4	5,1	6,2/-	5,1/0,67
Сахалинская область	3,0	3,3	4,2/-	3,3/0,62
Хабаровский край	3,6	3,9	2,9/-	3,6/1,17
Чукотский АО	7,2	7,8	10,8/-	7,8/0,52
Дальневосточный район	4,3	4,8	4,5/0,87	4,8/0,96

Нижняя граница цен на электроэнергию обусловлена производственными затратами генерирующих компаний. В рассматриваемых территориальных образованиях они достаточно высоки из-за высоких цен на топливо, что связано с климатическими условиями, недостаточной разработанностью местных месторождений и применяемой моделью ценообразования. Также значительные производственные затраты объясняются высоким уровнем износа генерирующего оборудования, повышающим долю топливных затрат в структуре производственных издержек.

Верхняя граница цен на электроэнергию обусловлена уровнем социально-экономического развития территориального образования, отражающего экономическую доступность энергетической продукции для потребителя. Значительный экономический потенциал Дальневосточного района на данный момент достаточно слабо реализован, что определяет необходимость существенного сдерживания цен на электроэнергию для обеспечения ее доступности для потребителя.

Высокие значения нижних границ цен на электроэнергию при низких верхних границах приводят к достаточно узким коридорам цен, в рамках которых обеспечивается энергобезопасность территориальных образований без субсидирования энергопредприятий и потребителей со стороны государства. В свою очередь, сложившиеся цены на электроэнергию для конечных потребителей территориальных образований выходят за границы коридора, что создает угрозу энергетической безопасности. Для большинства территориальных образований экономического района они искусственно занижены из политических соображений и необходимости обеспечения условий для опережающего развития промышленных зон, что приводит к убыточности генерации. В данном случае требуется снижение значения нижней границы интервала, что достигается путем оптимизации производственной структуры генерации и правил ее функционирования в рыночных условиях, позволяющей снизить топливные затраты, а также интенсификацией освоения и диверсификации местных источников топлива, способствующей снижению цены

топлива. Вместе с тем цены на электроэнергию ряда территориальных образований экономического района выходят за верхнюю границу, обусловленную уровнем социально-экономического развития. Такая ситуация вызвана значительной долей генерации в структуре ВРП и ее существенного влияния на формирование бюджета территориального образования. В таком случае требуется проведение политики диверсификации экономики региона и интенсификации его социально-экономического развития.

Существующая политика по выравниванию цен в Дальневосточном экономическом районе до средних по стране без учета состояния и особенностей функционирования энергосистем территориальных образований, а также их уровня социально-экономического развития, не только не может целенаправленно способствовать повышению уровня энергобезопасности, но в ряде случаев усугубляет существующие угрозы ее нарушения.

Согласно методологии была проведена оценка достоверности прогноза развития общеэнергетической системы Амурской области до 2030 года, лежащего в основе энергетической стратегии региона.

Энергосистема Амурской области является центральным энергетическим узлом экономического района и представляет собой крупный электроэнергетический комплекс, функционирующий на основе использования гидроэнергетического потенциала и угольных разрезов территориального образования. Гидроэнергетические ресурсы используются для выработки электроэнергии на ГЭС и покрывают более 80% графика электропотребления территориального образования. Оставшуюся часть электропотребления обеспечивают тепловые электростанции, функционирующие на угле, которые помимо производства электроэнергии также вырабатывают около 35% необходимой тепловой энергии. В совокупности в энергообеспечении потребителей преобразованной энергией электростанциями доля угля составляет 42%, гидроэнергии – 57%. С учетом выработки тепла в котельных доля угля составляет более 60%.

Согласно действующему прогнозу газификация региона и возникновение межтопливной конкуренции приведет к изменению производственной структуры общеэнергетической системы. В состав производственных мощностей войдут когенерационные установки, функционирующие на газе, которые обеспечат большую часть потребности в энергетической продукции в городах, расположенных вдоль основной газовой магистрали. В целом доля газа в топливообеспечении тепловых электростанций составит 20% при доле электрогенерирующих установок, работающих на природном газе – 22%. Карта-схема перспективной общеэнергетической системы Амурской области на период до 2030 года представлена на Рисунке 18.

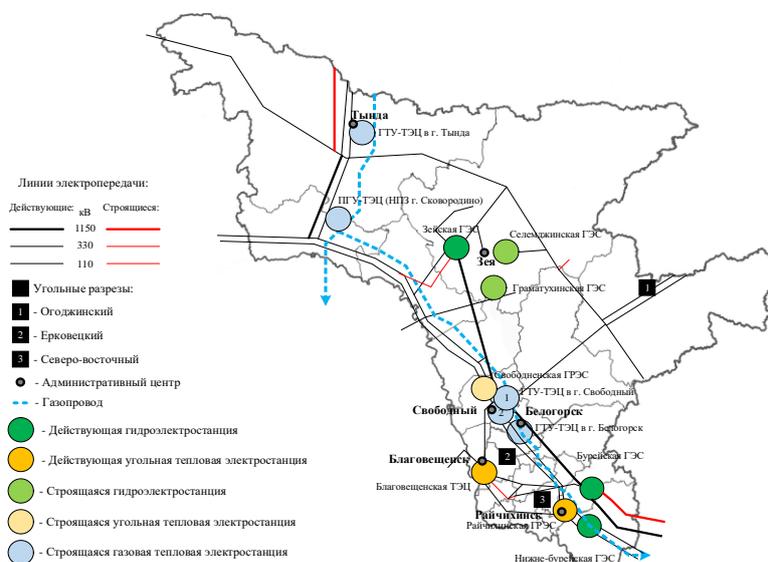


Рисунок 18 – Карта-схема перспективной общеэнергетической системы Амурской области на период до 2030 года

Развитие энергетических связей в регионе формирует предпосылки к постепенному переходу от централизованной к маржинальной модели ценообразования в узлах поставки электроэнергии. В данном случае цена на электроэнергию в узлах поставки будет формироваться по замыкающему ценовому предложению, и для извлечения необходимой прибыли энергопредприятия будут стремиться к обеспечению баланса между дешевыми и дорогими производственными мощностями. На Рисунке 19 представлен расширенный граф связи, отражающий альтернативные варианты энергообеспечения электроэнергией потребителей тепловой генерацией при тех же начальных условиях, что и в прогнозе.

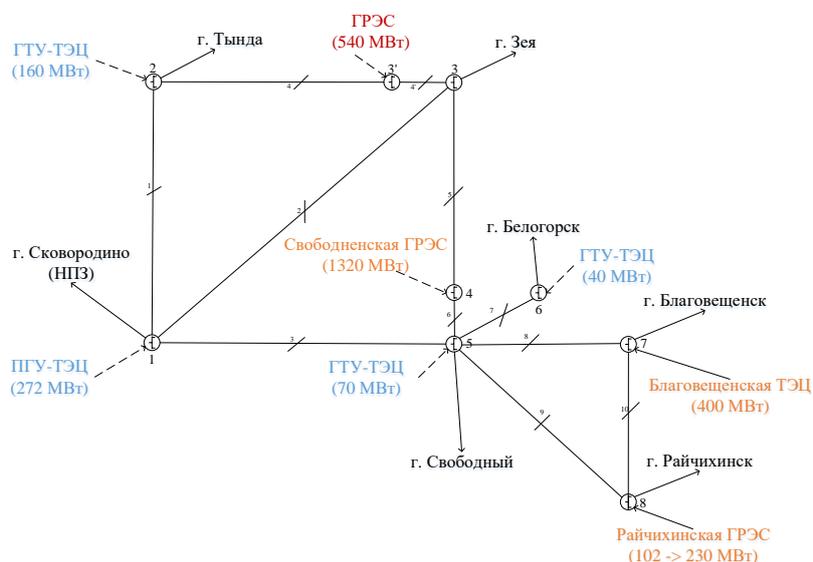


Рисунок 19 – Граф связей объектов тепловой генерации общеэнергетической системы Амурской области на 2030 год с учетом возможных вариантов ее развития

Для обеспечения дорогих замыкающих предложений генерирующие компании будут заинтересованы в расширении части угольной генерации даже в условиях наличия более дешевых решений организации производства на природном газе. Для повышения достоверности прогноза необходимо также рассматривать возможный процесс наращивания мощностей угольной генерации, соответствующий интересам энергопредприятий. Такой альтернативной может являться строительство угольной электростанции в Зейском районе при условии развития добычи угля на Огоджинском разрезе и сохранении субсидирования железнодорожных перевозок. Таким образом, изменение модели ценообразования на энергорынках и реализация интересов энергопредприятий может существенно отразиться на прогнозной производственной структуре общеэнергетической системы.

В Таблице 7 приведены результаты модельных исследований изменения производственной структуры общеэнергетической системы при соотношении цен на уголь и газ в соответствии с уровнем равной экономичности и различных моделях ценообразования на рынках энергетической продукции.

Таблица 7 – Прогнозная производственная структура объектов тепловой генерации территориального образования при различных моделях ценообразования на энергорынках

Территориальная принадлежность	Генерация на природном газе, МВт		Генерация на энергетических углях, МВт	
	ПГУ-ТЭЦ	ГТУ-ТЭЦ	ГРЭС	ПТУ-ТЭЦ
1. Централизованная модель ценообразования на энергорынках				
Сковородинский район	270	-	-	-
Тындинский район	-	160	-	-
Зейский район	-	-	-	-

Продолжение таблицы 7

Свободнинский район	-	70	1320	-
Белогорский район	-	40	-	-
Благовещенский район	-	-	-	400
Райчихинск	-	-	230	-
2. Маржинальная модель ценообразования на энергорынках				
Сковородинский район	270	-	-	-
Тындинский район	-	-	-	-
Зейский район	-	-	270	-
Свободнинский район	-	-	1320	-
Белогорский район	-	-	-	-
Благовещенский район	-	-	-	400
Райчихинск	-	-	230	-
3. Маржинальная модель ценообразования на энергорынках при обеспечении баланса интересов энергопредприятий и органов государственного управления				
Сковородинский район	270	-	-	-
Тындинский район	-	110	-	-
Зейский район	-	-	160	-
Свободнинский район	-	-	1320	-
Белогорский район	-	-	-	-
Благовещенский район	-	-	-	400
Райчихинск	-	-	230	-

Практическая реализация предложенной методологии требует совершенствования механизма управления развитием энергетики на территориальном уровне. В его основе должны лежать формы государственно-частного партнерства. Предложена следующая **модель механизма согласованного управления развитием энергосистемы** (Рисунок 20).

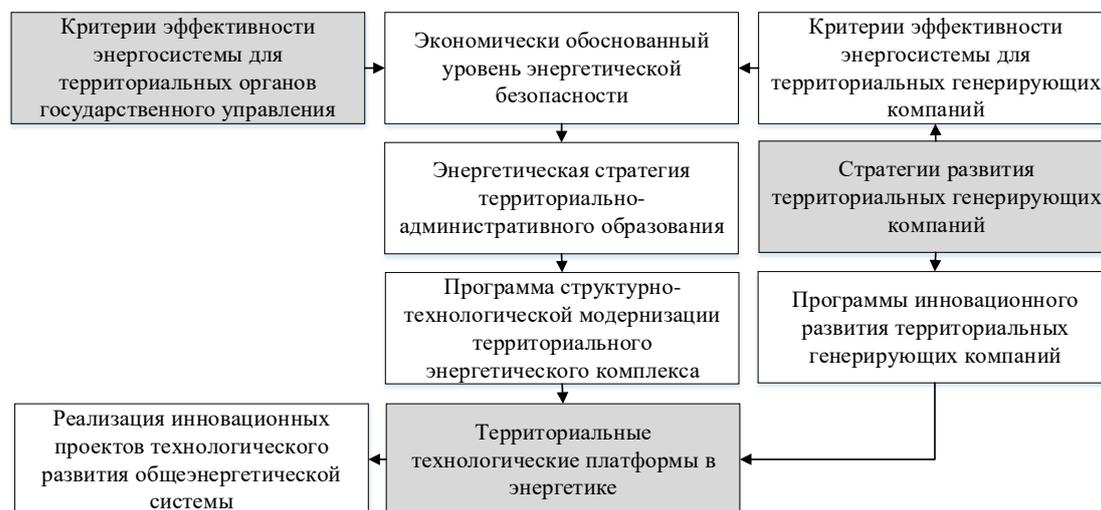


Рисунок 20 – Механизм согласованного управления развитием общеэнергетической системы на территориальном уровне

Ключевым элементом предложенного механизма является формирование территориальной технологической платформы, обеспечивающей реализацию инновационных проектов технологического развития на взаимовыгодных условиях с привлечением бюджетных и внебюджетных финансовых институтов. Технологическая платформа представляет собой форму объединения усилий государства, бизнеса и науки с целью реализации направлений научно-технологического развития отрасли. В рамках

отраслевой программы исследований формируется пул технологий, доводимый в процессе НИОКР до формы готовности, в которой технологии могут освоить предприятия.

В заключении приведены основные результаты, полученные в работе, и вытекающие из них выводы. Наиболее важными являются следующие:

1. Комплексный характер проблем обеспечения энергобезопасности требует применения системных методов исследования, описывающих состояние и развитие энергетического комплекса как общеэнергетической системы. Для исследования общеэнергетических систем на территориальном уровне был разработан метод их типологизации и уточнено понятие территориальной энергобезопасности, что позволило выявить и обобщить экономические и управленческие проблемы обеспечения энергобезопасности для различных групп регионов страны, а также предложить стратегии их решения.
2. Обеспечение энергобезопасности в рыночных условиях требует соблюдения баланса интересов между органами территориального государственного управления и территориальными генерирующими компаниями. Исследование экономической доступности энергетической продукции для потребителя и рентабельности ее производства позволило предложить метод количественной оценки энергобезопасности и ее экономически обоснованного уровня на основе принципа относительной компенсации. Разработанные методы оценки влияния изменения производственной структуры общеэнергетической системы и рыночных правил ее функционирования позволили выработать мероприятия по повышению конкурентоспособности ТЭЦ, направленные на обеспечение необходимого уровня энергобезопасности.
3. Процессы глобализации и либерализации энергетики, значительно усложнившие структуру системы управления развитием общеэнергетических систем, требуют развития моделей их прогнозирования. Предложен комплекс оптимизационных балансовых и балансово-сетевых методов, позволяющий составить прогноз балансовой структуры общеэнергетической системы в зависимости от изменения моделей ценообразования на энергорынках, а также получить оценку системного эффекта от мероприятий повышения эффективности работы ТЭЦ в рыночных условиях.
4. Анализ иерархической системы управления развитием территориального энергетического комплекса показал наличие рассогласования управления на различных организационных уровнях, что приводит к развитию энергосистем в направлениях отличных от научно обоснованных, заложенных в региональных энергостратегиях, и формирует угрозу энергобезопасности регионов. Предложены усовершенствованные методы управления развитием систем тепло- и электроснабжения и разработана теоретико-игровая модель, позволяющая на основе согласования критериев эффективности субъектов управления определить наилучшую производственную структуру энергосистемы.
5. Сформирован методологический подход к согласованному многоуровневому управлению развитием территориальных общеэнергетических систем. Апробация подхода показала, что в рыночных условиях при функционировании в отрасли саморегулируемых генерирующих компаний для достижения целей государственной энергетической политики по обеспечению экономической доступности энергетической продукции для потребителей стратегическое планирование развития производственной структуры энергосистемы должно осуществляться не только с позиции минимизации топливных затрат, но и равноэкономичной эксплуатации генерирующего оборудования.
6. Для практической реализации методологического подхода предложен механизм управления структурно-технологической модернизацией энергетического комплекса, в основе которого лежат принципы государственно-частного партнерства,

организуемого в рамках территориальных технологических платформ. Усовершенствован метод отбора проектов технологического развития энергосистемы в пул проектов территориальной технологической платформы.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

I. Монографии

1. Лисин, Е.М. Стратегии генерирующих компаний на оптовом рынке электроэнергии / Е.М. Лисин, В. Стриелковски, Д.Г. Шувалова, Е.М. Табачный, А.Н. Григорьева, А.О. Гуца – Прага: Карлов университет в Праге, 2013. – 9,3 п.л.
2. Лисин, Е.М. Кластерная структура экономики промышленности (Раздел 11. Экономические аспекты развития технологий теплофикации в условиях энергорынка) / Е.М. Лисин, А.Н. Роголев, Г.Н. Курдюкова; под ред. А.В. Бабкина – СПб.: СПбГПУ, 2014. – 18,0 (2,0) п.л.
3. Лисин, Е.М. Методологические аспекты обеспечения энергетической безопасности на территориальном уровне в условиях либерализации и глобализации энергетики / Е.М. Лисин – М.: Издательство МЭИ, 2018. – 10 п.л.

II. Статьи в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

1. Лисин, Е.М. Сравнительный анализ зарубежного и российского опыта создания технологических платформ в ключевых отраслях народного хозяйства / О.В. Злышко, Е.М. Лисин, В. Стриелковски // Экономика и управление. №11 (85), 2012. – 0,4 п.л.
2. Лисин, Е.М. Применение агентного подхода для моделирования экономического поведения энерготрейдеров на оптовом рынке электрической энергии / Е.М. Лисин, А.Н. Григорьева, В. Стриелковски // Экономика и управление. №1 (87), 2013. – 0,4 п.л.
3. Лисин, Е.М. Современные подходы к разработке моделей рынков электроэнергии и исследованию влияния рыночной силы на конъюнктуру энергорынка / Е.М. Лисин, В. Стриелковски, А.Н. Григорьева, Ю.А. Анисимова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. №1 (23), 2013. – 0,6 п.л.
4. Лисин, Е.М. Анализ влияния структурных факторов на эффективность применения стратегий рыночной силы генерирующими компаниями на оптовом рынке электроэнергии / Е.М. Лисин, В. Стриелковски, Ю.А. Анисимова, А.О. Гуца // Инновационное развитие экономики. №6 (17), 2013. – 0,4 п.л.
5. Лисин, Е.М. Разработка подхода к управлению стоимостью проектов российских технологических платформ / О.В. Злышко, Е.М. Лисин // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. №9 (57), 2013. – 0,4 п.л.
6. Лисин, Е.М. Разработка модели инвестирования в проекты технологических платформ на основе реорганизации структурно-функциональных связей участников / О.В. Злышко, Е.М. Лисин // Креативная экономика. №9 (81), 2013. – 0,9 п.л.
7. Лисин, Е.М. Формирование инновационной стратегии генерирующей компании на РСВ с учетом особенностей ВСВГО / А.Ю. Амелина, Е.М. Лисин, В. Стриелковски // Экономика и управление. №11 (97), 2013. – 0,4 п.л.
8. Лисин, Е.М. Теоретические аспекты моделирования структуры рынка электрической энергии / В. Стриелковски, Е.М. Лисин, Ю.А. Анисимова, А.Н. Григорьева // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. №3 (14), 2013. – 0,3 п.л.
9. Лисин, Е.М. Анализ проблем функционирования и предложение решений по повышению конкурентоспособности ТЭЦ в условиях энергорынка / Е.М. Лисин, Ю.А. Анисимова, А.А. Кочерова, В. Стриелковски // Вестник НГИЭИ. №3 (46), 2015. – 0,5 п.л.
10. Лисин, Е.М. Совершенствование методики технико-экономического обоснования выбора основного энергетического оборудования для газотурбинной электростанции /

- Е.М. Лисин, И.И. Комаров, Г.Н. Курдюкова, Е.В. Сухарева // Экономика и предпринимательство. №8-1 (61-1), 2015. – 0,5 п.л.
11. Лисин, Е.М. Экономические перспективы технологий угольной генерации в России с учетом социальных и экологических аспектов / Е.М. Лисин, И.И. Комаров, Д.Г. Шувалова, Е.В. Сухарева // Экономика и предпринимательство. №9-1 (62-1), 2015. – 0,6 п.л.
 12. Лисин, Е.М. Исследование влияния методов распределения затрат на конкурентоспособность ТЭЦ на энергетических рынках / Е.М. Лисин, Т.М. Степанова, П.Г. Жовтяк // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. №6 (256), 2016. – 0,7 п.л.
 13. Лисин, Е.М. Анализ ценовой конкурентоспособности теплофикационных электростанций на оптовом рынке электроэнергии и мощности / Е.М. Лисин, С.Ю. Балахонов, Г.Н. Курдюкова, В.В. Бологова // Экономика и предпринимательство. №10-3 (75-3), 2016. – 0,4 п.л.
 14. Лисин, Е.М. Анализ подходов к экономико-математическому моделированию распространения нововведений на предприятии / В.С. Коркин, Е.М. Лисин, Ю.А. Анисимова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. №4 (27), 2016. – 0,6 п.л.
 15. Лисин, Е.М. Экономическая оценка перспектив инновационного развития энергомашиностроительной отрасли / Е.М. Лисин, С.Ю. Балахонов, В.В. Бологова, В.К. Лозенко // Инновации в менеджменте. №12 (75-3), 2017. – 0,6 п.л.
 16. Лисин, Е.М. Разработка и экономический анализ решений по организации комбинированного производства энергетических продуктов в условиях децентрализации электроэнергетики / Е.М. Лисин, В.О. Киндра, Ю.С. Маришкина, Ю.А. Анисимова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. №2 (29), 2017. – 0,4 п.л.
 17. Лисин, Е.М. Исследование направлений развития региональных систем теплоснабжения в условиях объединения энергетических рынков Евразийского экономического союза / Е.М. Лисин, П.Г. Жовтяк, С.Ю. Балахонов, М.В. Скоблянова // Экономика и предпринимательство. №6 (83), 2017. – 0,8 п.л.
 18. Лисин, Е.М. Повышение экономической устойчивости региональных энергетических систем в условиях роста неравномерности энергопотребления / Е.М. Лисин, П.Г. Жовтяк, Г.Н. Курдюкова, Ю.А. Анисимова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. №4, 2017. – 0,6 п.л.
 19. Лисин, Е.М. Анализ влияния комбинированного производства на потребительские свойства тепла и электроэнергии как товаров на энергорынках / Е.М. Лисин // Экономика и предпринимательство. № 9 (98), 2018 – 0,6 п.л.
 20. Лисин, Е.М. Совершенствование системы управления развитием энергетического комплекса на территориальном уровне/ Е.М. Лисин // Вопросы экономики и права. № 7 (121), 2018. – 0,8 п.л.
 21. Лисин, Е.М. Совершенствование методологии анализа энергоемкости энергосистем территориальных образований / Е.М. Лисин // Экономические науки. №7(164), 2018 – 0,6 п.л.
 22. Лисин, Е.М. Разработка метода оценки экономически обоснованного уровня энергобезопасности территориальных образований / Е.М. Лисин // Экономика и предпринимательство. № 10 (99), 2018 – 0,8 п.л.

III. Статьи в научных изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и Web of Science

1. Lisin, E. Mathematical Approach to Wholesale Power and Capacity Market Regulation / E. Lisin, A. Amelina, O. Konova, I. Cabelkova, W. Strielkowski // Applied Mathematical Sciences. 8(156), 2014, pp. 7765-7773. (Indexed: Scopus)

2. Lisin, E. Modelling New Economic Approaches for the Wholesale Energy Markets in Russia and the EU / E. Lisin, W. Strielkowski // *Transformations in Business and Economics*.13(32B), 2014, pp. 566-580. (Indexed: Scopus, Web of Science)
3. Lisin, E. Business Competitiveness of Russian Power Plants in Current Market Situation / E. Lisin, V. Lozenko, I. Komarov, O. Zlyvko // *Transformations in Business & Economics*. 14(2B), 2015, pp.557-575. (Indexed: Scopus, Web of Science)
4. Lisin, E. Mathematical and Economic Model of Generators' Strategies in Wholesale Electricity Markets / E. Lisin, A. Amelina, W. Strielkowski, V. Lozenko, O. Zlyvko // *Applied Mathematical Sciences*. 9(140), 2015, pp. 6997-7010 (Indexed: Scopus)
5. Lisin, E. The Day-ahead Energy Market Forecasting in Russian Federation: a Case Study of Siberia / A. Filatov, E. Lisin, E. Smirnova // *Montenegrin Journal of Economics*. 11(2), 2015, pp.125-134 (Indexed: Web of Science)
6. Lisin, E. Economic and business aspects of Russian energy market: development of combined heat and power technologies / E. Lisin, I. Garanin, W. Strielkowski, S. Kritkova // *Transformations in Business & Economics*, 14(1), 2015, pp. 251-267 (Indexed: Scopus, Web of Science)
7. Lisin, E. Sustainable modernization of the Russian power utilities industry / E. Lisin, A. Rogalev, I. Komarov, W. Strielkowski // *Sustainability*, 7(9), 2015, pp. 11378-11400 (Indexed: Scopus, Web of Science)
8. Lisin, E. Economic efficiency and transformation of the Russian energy sector / E. Lisin, W. Strielkowski, I. Garanin // *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28(1), 2015, pp. 620-630 (Indexed: Scopus, Web of Science)
9. Lisin, E. Improving the methodology of main power equipment choice for the gas turbine plants / E. Lisin, W. Strielkowski, I. Komarov, I. Garanin // *Electronics*, 19(2), 2015, pp. 20-27 (Indexed: Scopus)
10. Lisin, E. Methodology and feasibility of the choice for gas turbine plant main power equipment / E. Lisin, W. Strielkowski, I. Komarov, O. Konova // *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 33(5), 2015, pp. 2641-2650 (Indexed: Scopus)
11. Lisin, E. Design and feasibility study of energy-conserving thermal schemes for gas turbine-based CHP / E. Lisin, V. Kindra, A. Egorov, G. Kurdiukova // *Contemporary Engineering Sciences*, 9(32), 2016, pp. 1559 - 1574 (Indexed: Scopus)
12. Lisin, E. Mathematical simulation of cost allocation at electric power plant with combined energy production/ E. Lisin, G. Kurdiukova, V. Lozenko, N. Bychkov // *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(22), 2016, pp. 11089-11094 (Indexed: Scopus)
13. Lisin, E. Economic prospects and development of the power industry in Russia / E. Lisin, G. Kurdiukova, W. Strielkowski // *Journal of International Studies*, 9(3), 2016, pp. 178 - 190 (Indexed: Scopus)
14. Lisin, E. Thermal Efficiency of Cogeneration Units with Multi-Stage Reheating for Russian Municipal Heating Systems / E. Lisin, A. Sobolev, W. Strielkowski, I. Garanin // *Energies*, 9(4), 2016, pp. 269-287. (Indexed: Scopus, Web of Science)
15. Lisin, E. Economic Analysis of Industrial Development: a Case of Russian Coal Industry / E. Lisin, W. Strielkowski, E. Krivokora // *Montenegrin Journal of Economics*, 12(4), 2016, pp. 129-139 (Indexed: Web of Science)
16. Lisin, E. Optimizing energy contracts for business enterprises and companies / E. Lisin, W. Strielkowski // *Terra Economicus*, 14(2), 2016, pp. 100-109. (Indexed: Web of Science)
17. Lisin, E. Towards energy security: sustainable development of electrical energy storage / E. Lisin, W. Strielkowski // *Journal of Security and Sustainability Issues*, 6(2), 2016, pp. 43-52 (Indexed: Scopus)
18. Lisin, E. Development and research of structural and technological modernization scenarios of power engineering in power market conditions / E. Lisin // *Journal of Physics: Conference Series*. 2017. 891(1),012198 (Indexed: Scopus)

19. Lisin, E. Analysis of competitiveness: energy sector and the electricity market in Russia / E. Lisin, Y. Marishkina, W. Strielkowski, D. Streimikiene // *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*, 30, 2017. pp. 1820-1828 (Indexed: Scopus, Web of Science)
20. Lisin, E. Sustainable development of regional heat supply systems in the context of the Eurasian Economic Union energy markets association / E. Lisin, V. Kindra, Z. Horvathova // *Journal of Security and Sustainability Issues*, 6(4), 2017, pp. 745-760 (Indexed: Scopus)
21. Lisin, E. Economic analysis of heat and electricity production in the decentralisation of the Russian energy sector / E. Lisin, V. Kindra, W. Strielkowski, O. Zlyvko, R. Bartkute // *Transformations in Business and Economics*, 16(2), 2017, pp. 75-88 (Indexed: Scopus, Web of Science)
22. Lisin, E. Energy security and economic development: Renewables and the integration of energy systems / E. Lisin, V. Melas, M. Tvaronavičiene, G. Peresadko, R. Radwański // *Journal of Security and Sustainability Issues*, 7(1), 2017, pp. 133-140 (Indexed: Scopus)
23. Lisin, E. Economic aspects of innovations in energy storage / E. Lisin, W. Strielkowski // *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(1), 2017, pp. 62-66 (Indexed: Scopus)
24. Lisin, E. Sustainable development of regional power systems and the consumption of electric energy / E. Lisin, D. Shuvalova, I. Volkova, W. Strielkowski // *Sustainability*, 10(4), 2018, pp. 1111-1121 (Indexed: Scopus, Web of Science)

IV. Статьи в прочих научных изданиях

1. Лисин, Е.М. Экономическая оценка повышения энергоэффективности проекта модернизации узла теплоснабжения / Е.М. Лисин, А.Ю. Амелина // *Труды 6-й международной школы-семинара молодых ученых «Энергосбережение – теория и практика»* – М: НИУ МЭИ, 2012, с. 399-408
2. Лисин, Е.М. Экономическая оценка повышения энергоэффективности проекта модернизации узла теплоснабжения / Д.А. Васина, В.А. Щевьева, Е.М. Лисин // *Труды 6-й международной школы-семинара молодых ученых «Энергосбережение – теория и практика»* – М: НИУ МЭИ, 2012, с. 391-395
3. Лисин, Е.М. Анализ современного состояния и оценка актуальности развития генерирующих мощностей на базе ПГУ-ТЭС / Е.М. Лисин, О.Г. Конова, И.И. Комаров // *Труды Всероссийской научной конференции «Современные методы обеспечения эффективности и надежности в энергетике»* – СПб.: СПбПУ, 2013, с. 21-31
4. Лисин, Е.М. Создание угольно-гибридных электростанций как перспективное направление развития теплоэнергетики / Е.М. Лисин, А.А. Кочерова, О.В. Лыкова // *Труды Всероссийской научной конференции «Современные методы обеспечения эффективности и надежности в энергетике»* – СПб.: СПбПУ, 2013, с. 39-56
5. Лисин, Е.М. Анализ подходов к прогнозированию технико-экономических характеристик нового энергетического оборудования / Е.М. Лисин, А.Н. Рогалев, И.И. Комаров // *Труды международной научно-практической конференции «Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ-2014)»* – СПб: СПбПУ, 2014, с. 244-261
6. Лисин, Е.М. Разработка алгоритма управления бюджетом проекта технологической платформы / О.В. Злывко, Е.М. Лисин, А.Н. Рогалев // *Труды международной научно-практической конференции «Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ-2014)»* – СПб: СПбПУ, 2014, с. 493-507
7. Лисин, Е.М. Устойчивое развитие: от глобальной идеи к разработке стратегии предприятия / Е.М. Лисин, Е.И. Павлова // *Сборник научных трудов IV международной конференции «Стратегическое планирование развития городов и регионов»* – Тольятти: ТГУ, 2014, с. 54-61
8. Лисин, Е.М. Совершенствование методики технико-экономического обоснования выбора основного энергетического оборудования для объекта тепловой генерации (на примере ГТЭС) / Е.М. Лисин, А.Н. Рогалев, И.И. Комаров // *Труды 7-й*

- международной школы-семинара молодых ученых «Энергосбережение – теория и практика» – М: НИУ МЭИ, 2014, с. 219-224
9. Лисин, Е.М. Исследование возможностей федеральной целевой программы для финансирования проектов технологической платформы / Е.М. Лисин, Д.А. Смирнова //Труды 7-й международной школы-семинара молодых ученых «Энергосбережение – теория и практика» – М: НИУ МЭИ, 2014, с. 235-241
 10. Лисин, Е.М. Анализ сценариев структурно-технологической модернизации энергетической отрасли в условиях конкурентного рынка электроэнергии / Е.М. Лисин, Б.А. Хавкин, В. Стриелковски //Труды 7-й международной школы-семинара молодых ученых «Энергосбережение – теория и практика» – М: НИУ МЭИ, 2014, с. 225-229
 11. Лисин, Е.М. Анализ проблем снижения эффективности производственно-хозяйственной деятельности ТЭЦ в условиях энергорынка / Е.В. Сухарева, Е.М. Лисин //Сборник научных трудов международной конференции «Социальная ответственность бизнеса» – Тольятти: ТГУ, 2014, с. 268-277
 12. Лисин, Е.М. Анализ особенностей ценообразования на генерирующих предприятиях электроэнергетического комплекса / А.Ю. Амелина, Е.М. Лисин, О.Г. Коновалова //Сборник научных трудов V международной конференции «Стратегическое планирование развития городов и регионов» – Тольятти: ТГУ, 2015, с. 3-8
 13. Лисин, Е.М. Предпосылки формирования и развития национальных энергосистем на основе технологий теплофикации / Е.М. Лисин, Ю.А. Анисимова, В. Стриелковски, А.А. Кочерова //Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Экономика, № 1 (23), 2015, с 39-44
 14. Lisin, E. Determinants of Innovation in Small and Medium Enterprises / M. Ehrenberger, E. Lisin, W. Strielkowski // Proceedings of the 7th International Scientific Conference Finance and Performance of Firms in Science, Education and Practice. – Zlin, Czech Republic: Tomas Bata University, 2015, pp. 274-287 (Indexed: Web of Science)
 15. Лисин, Е.М. Разработка экономически обоснованной методики отбора инновационных проектов в рамках технологических платформ / Е.М. Лисин, Д.А. Смирнова //Труды 8-й международной школы-семинара молодых ученых «Энергосбережение – теория и практика» – М: НИУ МЭИ, 2016, с. 497-500
 16. Lisin, E. Sustainability and competitiveness at the wholesale electricity markets/ E. Lisin, W. Strielkowski, G. Kurdiukova, V. Kindra //Proceedings of 28th International Business Information Management Association Conference. Vision 2020: Innovation Management, Development Sustainability, and Competitive Economic Growth. – Seville, Spain: Universidad de Sevilla, 2016, pp. 399-408 (Indexed: Scopus, Web of Science)