

Институт систем энергетики
им. Мелентьева СО РАН



КРАТКИЙ ОТЧЕТ О НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2015



Федеральное агентство научных организаций
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ им. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



УТВЕРЖДАЮ
Директор института, чл.-корр. РАН
Н.И. Воропай
«30» декабря 2015 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ И
НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ЗА 2015 г.

Иркутск
2015

Реферат

Отчет 181 с., рис. 95, табл. 12.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА 2015 г.

Краткий сводный годовой отчет о научно-исследовательской работе и научно-организационной деятельности Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук по проектам фундаментальных исследований в рамках направлений Программы государственных академий наук на 2013-2020 гг. в соответствии с государственным заданием на 2015 г. В отчет дополнительно включены сведения о научно-исследовательских работах по грантам государственных научных фондов, по заказам федеральных и муниципальных органов власти, государственным контрактам и договорам с другими организациями. Приводятся сведения об избранных важнейших результатах, имеющих первостепенное значение как для фундаментальной, так и для прикладной науки в области системных исследований энергетики. Дана информация о международном сотрудничестве, о проведенных конференциях и семинарах, публикационной активности, взаимодействию с образовательными организациями, инновационной деятельности и иных сторонах организации научных работ.

Ключевые слова: системные исследования в энергетике, отчет, научно-исследовательская работа, научно-организационная деятельность

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ.	5
2.	ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.	8
2.1.	ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В ДОКЛАД ПРЕЗИДЕНТУ РАН.	8
2.2.	ТЕХНОЛОГИИ, УСТАНОВКИ, ПРОЦЕССЫ.	11
2.3.	ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА.	22
2.4.	ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.	42
2.5.	ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ.	51
2.6.	РАЗВИТИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.	70
2.7.	ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.	80
2.8.	ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА.	93
2.9.	СВЕДЕНИЯ О РАБОТАХ ПО ГРАНТАМ РФФИ, РФФИ, ВЕДУЩЕЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ И ДРУГИХ ФОНДОВ.	103
3.	КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫХ РАБОТ ПО ЗАКАЗАМ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ВЛАСТИ, ГОСУДАРСТВЕННЫМ КОНТРАКТАМ И ХОЗЯЙСТВЕННЫМ ДОГОВОРАМ.	107
3.1.	РАБОТЫ В ИНТЕРЕСАХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ, ФЕДЕРАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И КОМПАНИЙ	107
3.2.	РАБОТЫ СО СКОЛКОВСКИМ ИНСТИТУТОМ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ (СКОЛТЕХ).	117
3.3.	РАБОТЫ ПО РЕГИОНАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ И ПРОЕКТАМ.	125
3.4.	ПРОЕКТЫ В ИНТЕРЕСАХ ЗАРУБЕЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ.	134
4.	МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО.	135
4.1.	Международные научные проекты.	135
4.2.	Международные соглашения.	135
4.3.	Зарубежные командировки.	135
4.4.	Прием иностранных ученых.	139
4.5.	Членство в международных организациях.	140
4.6.	Работа в международных организациях.	140
5.	НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.	142
5.1.	Организация и проведение конференций и семинаров.	142
5.2.	Участие в конференциях, семинарах и других научных мероприятиях.	145

5.3.	Выставочная деятельность.....	151
5.4.	Экспертная деятельность.....	151
5.5.	Членство в общественных организациях, научно-технических советах, редколлегиях журналов Российской Федерации.....	153
5.6.	Инновационная деятельность.....	154
5.7.	Взаимодействие с вузами.....	155
5.8.	Награды и премии.....	158
5.9.	Ученый совет.....	159
5.10.	Диссертационный совет.....	160
5.11.	Аспирантура.....	162
5.12.	Научно-техническая библиотека.....	162
5.13.	Издательская деятельность.....	163
5.14.	Совет научной молодежи.....	163
5.15.	Меры по повышению эффективности работы института.....	164
6.	ПУБЛИКАЦИИ.....	167
6.1.	Монографии.....	167
6.2.	Главы в монографиях.....	169
6.3.	Список статей по рецензируемым научным журналам.....	170
6.4.	Патенты, свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и баз данных.....	180

1. ВВЕДЕНИЕ.

В 2015 году институт проводил фундаментальные исследования:

- по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации (Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 866):

5. Информационно-телекоммуникационные системы.

8. Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика.

- по критическим технологиям РФ:

13. Технологии информационных, управляющих, навигационных систем.

15. Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетiku.

26. Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии.

27. Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе.

В соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы, утвержденным государственным заданием и планом научно-исследовательских работ институт проводил исследования по приоритетным направлениям фундаментальных исследований по следующим проектам (темам).

Раздел III. Технические науки.

Направление III.17. Основы эффективного развития и функционирования энергетических систем на новой технологической основе в условиях глобализации, включая проблемы энергобезопасности, энергосбережения и рационального освоения природных энергоресурсов.

Основные базовые программы и проекты.

Проекты по программе III.17.1. *"Теоретические основы исследования инновационного развития интеллектуальных энергетических систем и управления ими"* (координатор программы: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай):

III.17.1.1. Теория и методы управления режимами интеллектуальных электроэнергетических систем. *Руководитель: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай.*

III.17.1.2. Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе. *Руководитель: д.т.н. В.А. Стенников.*

III.17.1.3. Анализ механизмов организации функционирования и развития систем энергетики в рыночных условиях. *Руководитель: д.т.н. С.И. Паламарчук.*

III.17.1.4. Оптимизация и слабо неустойчивые задачи вычислительной математики в системах энергетики. *Руководитель: д.ф.-м.н. О.В. Хамисов.*

Проекты по программе III.17.2. *«Системные исследования инновационных энергетических технологий и установок»* (координатор программы: д.т.н. А.М. Клер):

III.17.2.1. Комплексные оптимизационные исследования перспективных энергетических установок и электрических станций. *Руководитель: д.т.н. А.М. Клер.*

III.17.2.2. Развитие методов технологического прогнозирования в энергетике. *Руководитель: к.х.н. В.А. Шаманский*

III.17.2.3. Экспериментальные исследования и математическое моделирование термогидравлических процессов в энергоустановках и пористых средах при фазовых превращениях в теплоносителе. *Руководитель: д.т.н. Э.А. Таиров.*

Проекты по программе III.17.3. *«Методические основы развития энергетики с позиций обеспечения надежного энергоснабжения и энергетической безопасности»* (координатор: д.т.н. С.М. Сендеров):

III.17.3.1. Методические основы и инструментальные средства исследования особенностей взаимосвязанной работы энергетических отраслей в условиях чрезвычайных ситуаций при реализации стратегических угроз энергетической безопасности. *Руководитель: д.т.н. С.М. Сендеров.*

III.17.3.2. Методические основы учета фактора надежности при управлении развитием систем энергетики. *Руководитель: д.т.н. Г.Ф. Ковалёв.*

III.17.3.3. Методы количественной оценки стратегических угроз, барьеров и пороговых значений индикаторов энергетической безопасности во взаимосвязи со сценариями развития экономики и энергетики. *Руководитель: д.э.н. Ю.Д. Кононов*

Раздел IV. Информатика и информационные технологии.

Основные базовые программы и проекты.

Проекты по программе IV.35.1. *«Теоретические основы и технологии создания и применения интегрированных информационно-вычислительных систем для решения задач поддержки принятия решений и поддержки междисциплинарных научных исследований»* (координатор: ак. Ю.И. Шокин):

IV.35.1.1. Методы, технологии и инструментальные средства интеллектуализации поддержки принятия решений в интегрированных интеллектуальных энергетических системах. *Руководитель: д.т.н. Л.В. Массель.*

Раздел IX. Общественные науки.

Основные базовые программы и проекты.

Проекты по программе IX.88.2 *«Тенденции и закономерности стратегического развития энергетики Азиатской России в первой половине 21-го века с учетом ее кооперации со странами Северо-Восточной Азии»* (координатор программы: д.т.н. Б.Г. Санеев):

IX.88.2.1. Многофакторный анализ и прогнозирование рынков энергетических ресурсов Азиатской России и стран Северо-Восточной Азии. *Руководитель: д.т.н. Б.Г. Санеев.*

IX.88.2.2. Многофакторное исследование стратегических направлений развития ТЭК азиатских регионов страны на фоне мировых и российских тенденций и закономерностей. *Руководитель: д.т.н. А.Д. Соколов.*

IX.88.2.3. Исследование проблем и формирование стратегических направлений развития систем энерго-, топливоснабжения в северо-арктической зоне на востоке России. *Руководитель: к.э.н. И.Ю. Иванова.*

2. ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

2.1. ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В ДОКЛАД ПРЕЗИДЕНТУ РАН.

2.1.1. Системная эффективность и перспективные пути формирования межгосударственного энергообъединения в Северо-Восточной Азии.

На основе методологии и программно-модельного инструментария развития ТЭК и его отраслей выполнен мониторинг существующих прогнозов формирования энергетических рынков в странах СВА и определена возможная ниша на них российских топливно-энергетических ресурсов (уголь, нефть, нефтепродукты, природный газ, электроэнергия). Проведено многофакторное исследование долгосрочных тенденций развития ТЭК России с прогнозом пропорций и масштабов развития Азиатской России, оценки экономической эффективности и рациональных масштабов поставок топливно-энергетических ресурсов из Азиатской России на рынки европейских регионов страны, в Европу и страны Азии. В рамках совместного исследования с Международным Форумом по газу и газопроводам в Северо-Восточной Азии (NAGPF) разработана уточненная концепция долгосрочного развития газопроводной инфраструктуры в Северо-Восточной Азии на период до 2030 г. (рис. 1а). Разработана концепция формирования межгосударственных линий электропередачи в Северо-Восточной Азии (рис. 1б), даны комплексные оценки системной эффективности экспорта российской электроэнергии в страны СВА и создания энергомоств Россия-Япония, Россия-Корея, Россия-Китай, Россия-Монголия.

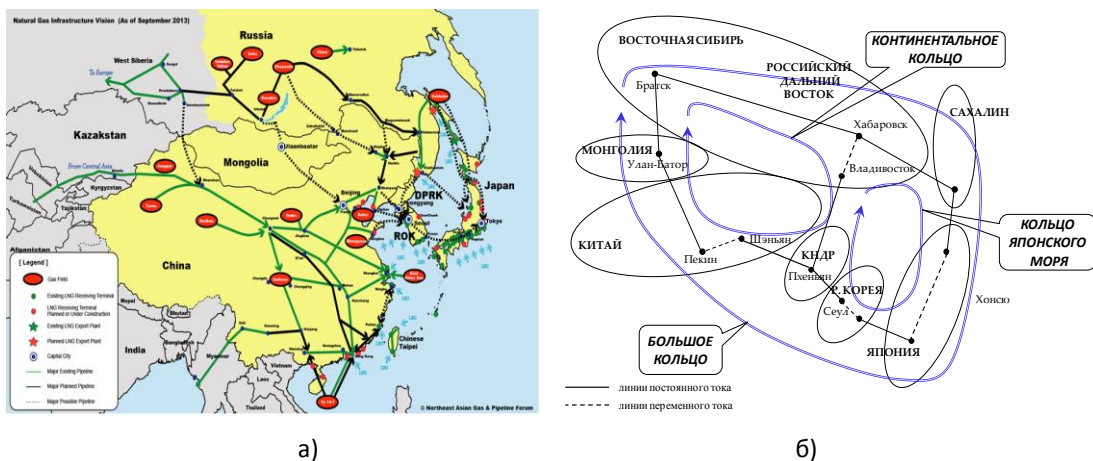


Рис 1. Пути формирования: а) концепция долгосрочного развития газопроводной инфраструктуры в Северо-Восточной Азии на период до 2030 года; б) структура перспективного электроэнергетического объединения стран Северо-Восточной Азии.

Полученные результаты нашли применение в проектах стратегического планирования Минэнерго РФ, Сколковского института науки и технологий (Сколтех), ОАО «Русгидро», Экономической и социальной комиссии Объединенных наций для Азии и Тихоокеанского Региона (ЭСКАТО), других международных и российских организаций.

Комплексная работа выполнена при участии отделов электроэнергетических систем, комплексных и региональных систем энергетики, энергетической безопасности, прикладной математики.

Руководители работы: д.т.н. Б.Г. Санеев, к.т.н. С.В. Подковальников.

2.1.2. Программно-вычислительный комплекс прогнозирования гидроэнергетического потенциала и уровенных режимов водохранилищ ГЭС в условиях глобального изменения климата.

На основе методологии системного подхода к исследованию природообусловленных факторов, влияющих на работу энергетических систем, разработанный программный комплекс ГеоГИПСАР позволяет: а) проводить анализ климатических изменений; б) обрабатывать прогностические показатели состояния атмосферы в виде ансамблей глобальных климатических моделей (CFS); в) формировать вероятностные оценки предстоящей водности и температур летнего и отопительного периодов. Разработан гибкий инструментарий АПИМГЭС для моделирования уровенных режимов водохранилищ с формированием прогностических показателей режимов работы ГЭС и оценкой водохозяйственных, энергетических и экологических рисков.

С помощью программных средств (рис. 2) по заказу Минприроды РФ выполнено моделирование уровенного режима оз. Байкал и режимов работы Иркутской ГЭС в условиях экстремально низкой водности в 2014-2016 гг. Проведено обоснование допустимого диапазона колебаний уровня озера Байкал (Иркутского водохранилища) с учетом технических возможностей регулирования и социально-экономических ограничений в нижнем бьефе Иркутской ГЭС в условиях нормальной, экстремально высокой и экстремально низкой водности, в т.ч. определение и картирование зон возможного затопления. Исследования позволяют утверждать, что законодательно установленный диапазон регулирования уровня оз. Байкал 456-457 м ТО (Постановление Правительства РФ №234 от 23 марта 2001 г.) возможен только в условиях 93-34% обеспеченности водности и не может быть выполнен за его пределами.

Работа выполнена в отделе энергетической безопасности.

Руководители и исполнители работы: д.т.н. В.М. Никитин, к.г.н. Т.В. Бережных, к.т.н. Н.В. Абасов.

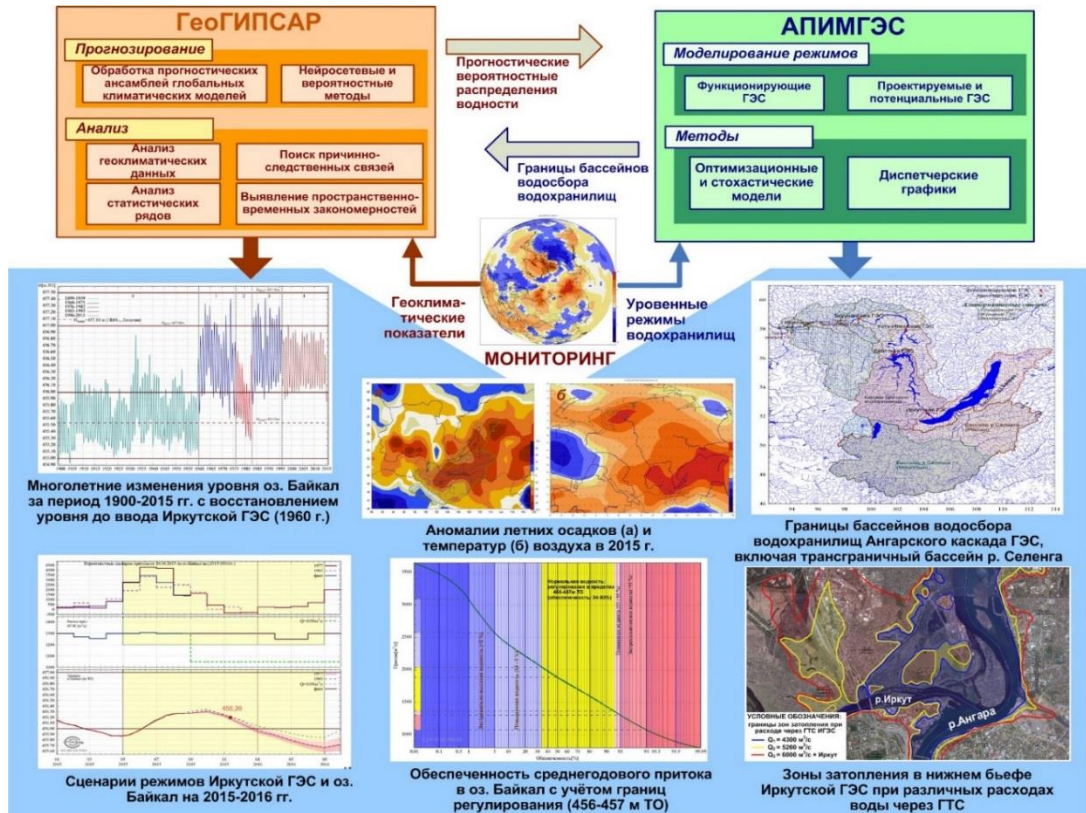


Рис. 2. Общая схема взаимодействия и спектр полученных результатов на основе разработанных программных средств прогнозирования водности и уровневых режимов водохранилищ ГЭС.

2.2. ТЕХНОЛОГИИ, УСТАНОВКИ, ПРОЦЕССЫ.

2.2.1. Методические подходы и комплекс программ для оптимизации режимов работы крупных ТЭЦ.

Источник финансирования: Грант РФФИ №14-08-31622 «Методические подходы и комплекс программ для оптимизации режимов работы крупных ТЭЦ».

Руководитель работы: к.т.н. А.С. Максимов.

Подразделение: отдел теплосиловых систем.

Целью настоящей работы является разработка методики оптимизации режимов работы и выбора состава основного работающего оборудования ТЭЦ с учетом конструктивных характеристик оборудования и современных требований функционирования ТЭЦ на оптовом рынке электроэнергии и мощности (в составе электроэнергетической системы).

В ходе работы разработана оригинальная методика комплексной оптимизации работы ТЭЦ на оптовом рынке электроэнергии и мощности, включающая: выбор состава работающего оборудования, оптимизацию режимов работы и формирование ценовых заявок для Рынка на сутки вперед (РСВ) и определение эффективного режима работы на Балансирующем рынке (БР). Впервые предложен метод решения задачи оптимизации состава работающего основного оборудования ТЭЦ с учетом затрат на пуски и динамики изменения тепловых нагрузок, основанный на сочетании принципов целочисленного и динамического программирования.

Разработан подход к оптимизационным расчетам режимов работы ТЭЦ на РСВ, формированию на основе этих расчетов ценовых заявок и вероятностного критерия эффективности работы ТЭЦ. В качестве критерия предлагается использовать математическое ожидание прибыли ТЭЦ. Предлагаемая методика расчета вероятностного критерия представлена на рис. 3. Приведен пример выбора состава включенного основного генерирующего оборудования крупной промышленно-отопительной ТЭЦ имеющей в своем составе 5 паровых турбин (2хПТ-60/75-130/13, 2хТ-175/210-130, 1хТ-185/220-130) и 8 паровых котлов (4хБКЗ-420-140, 3хБКЗ-500-140, 1хБКЗ-800-140) с использованием в качестве критерия математического ожидания прибыли. Оптимизация состава оборудования проведена для расчетного периода продолжительностью трое суток.

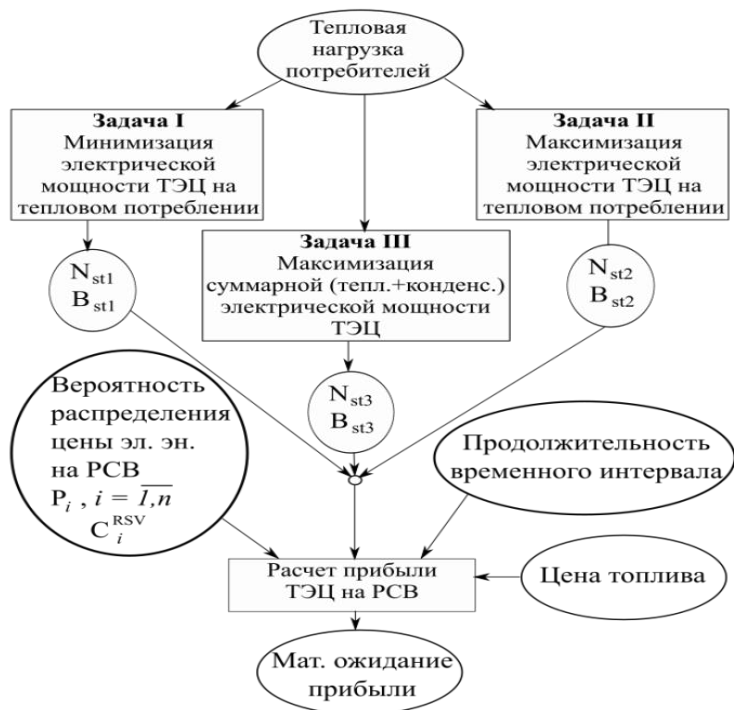


Рис.3. Структурная схема методики расчета математического ожидания прибыли при работе на рынке на сутки вперед при заданном составе оборудования.

2.2.2. Методика оптимизации локальных систем энергоснабжения.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.2.1. «Комплексные оптимизационные исследования перспективных энергетических установок и электрических станций».

Руководитель работы: д.т.н. А.М. Клер.

Подразделение: отдел теплосиловых систем.

Локальные системы энергоснабжения (ЛЭС) характерны для Районов Крайнего Севера и Дальнего Востока РФ. Часто в локальных системах энергоснабжения осуществляется производство и распределение не только электрической энергии, но и тепловой. Поскольку удельные капиталовложения и эксплуатационные издержки в локальных системах энергоснабжения существенно выше, чем в централизованных то для них возрастает важность отыскания оптимальных вариантов состава оборудования. Кроме того, для локальных систем возрастают и требования по надежности энергоснабжения потребителей, поскольку прекращение подачи энергии (или сокращение этой подачи) может привести к катастрофическим последствиям. Для этих систем необходимо учитывать требования по устойчивой работе, в частности наличие в нормальных режимах

работы вращающегося резерва мощности, не меньшего чем номинальная мощность самой крупной генерирующей установки. Важное отличие локальных энергосистем от централизованных состоит в гораздо большей доли единичных мощностей используемых типоразмеров генерирующего оборудования от суммарной генерирующей мощности системы. Указанное отличие приводит к тому, что методы оптимизации структуры генерирующих мощностей и межсистемных связей, используемые в централизованных системах энергоснабжения, в которых оптимизируемое число генерирующих агрегатов различных типов и цепей линий электропередачи рассматриваются как непрерывные параметры (с последующим округлением в точке оптимума) оказываются неприемлемы для локальных систем.

Разработана оригинальная методика выбора оптимального состава оборудования локальной энергосистемы. Методика основана на оптимизации как состава элементов системы, так и ее режимных параметров в нормальных и послеаварийных режимах работы. Оптимизируются источники как электрической, так и тепловой энергии. Учтено условие целочисленности при выборе числа энергоблоков на электростанциях и числа цепей ЛЭП. Приведен пример оптимизации ЛСЭС, обеспечивающей потребителей электрической и тепловой энергией.

Предлагаемый методический подход иллюстрируется на примере решения оптимизационной задачи выбора оборудования ЛСЭС (схема которой представлена на рис. 4) с учетом нормальных и послеаварийных режимов работы.

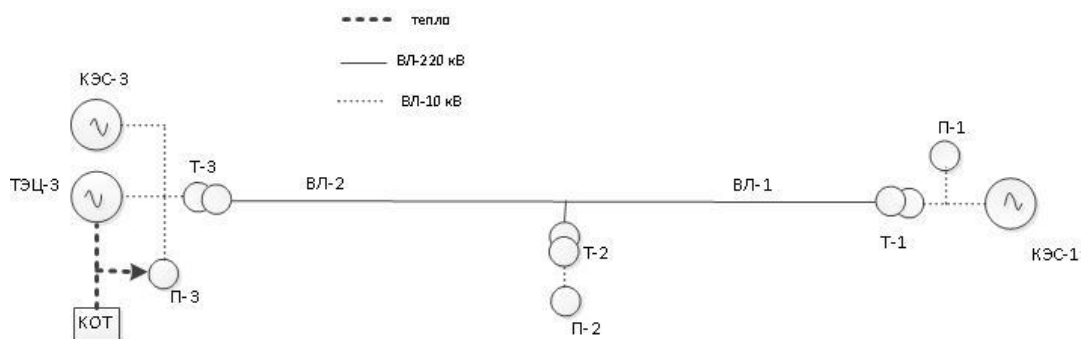


Рис. 4. Схема локальной энергосистемы.

Здесь, КЭС-1, КЭС-3 – конденсационные электростанции; ТЭЦ-3 – теплофикационная электростанция; П-1, П-2 – потребители электроэнергетики; П-3 – потребитель тепловой и электрической энергии; Т-1, Т-2, Т-3 – трансформаторные подстанции; ВЛ-1, ВЛ-2 – линии электропередачи.

Результаты решения этой задачи: блоки КЭС-1 – 6 шт., блоки Т ТЭЦ-3 – 4 шт., блоки К ТЭЦ-3 – 1 шт., пиковые котлы – 2 шт., ВЛ-1 – 2 шт., ВЛ-2 – 2 шт., приведенные затраты – 18022 млн. руб.

2.2.3. Метод согласованной оптимизации параметров цикла паротурбинного энергоблока и проточной части паровой турбины.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.2.1. «Комплексные оптимизационные исследования перспективных энергетических установок и электрических станций».

Руководитель работы: д.т.н. А.М. Клер.

Подразделение: отдел теплосиловых систем.

Энергетическая эффективность паровой турбины оказывает существенное влияние на энергетическую и экономическую эффективность паротурбинного энергоблока в целом. Поэтому оптимизация параметров цикла энергоблока, конструктивных параметров парового котла и других элементов блока должна проводиться согласованно с оптимизацией проточной части паровой турбины.

В последние годы в ИСЭМ СО РАН был предложен подход к совместной оптимизации параметров цикла ГТУ и ПГУ и параметров проточной части газовых турбин, в котором наряду с расчётом схемы установки проводится расчёт по ступеням газовой турбины. В полной мере данный подход применительно к паровым турбинам не может быть использован, поскольку число ступеней в паровой турбине в несколько раз больше, чем в газовой. В связи с этим значительно увеличивается число оптимизируемых параметров задачи (до нескольких сотен), что создаёт практически неразрешимые трудности при одноэтапной оптимизации. Кроме того, область решения задачи лежит в более широком диапазоне конструкторских параметров, что влияет на функцию цели.

В работе предлагается методический подход к достаточно точной оценке взаимовлияния показателей эффективности паровой турбины и энергоблока, основанный на последовательном решении в ходе итерационного процесса задачи оптимизации параметров цикла энергоблока и параметров проточной части паровой турбины:

При этом оптимизация параметров цикла энергоблока осуществляется по критериям экономической эффективности, а оптимизация проточной части по критерию максимума КПД.

В качестве примера предлагаемого подхода рассматривается построение зависимости КПД первого отсека цилиндра высокого давления (ЦВД) паровой турбины энергоблока на супер сверхкритические параметры пара. Цилиндр высокого давления турбины рассматриваемого энергоблока выполнен по обычной (не петлевой) схеме и состоит из двух отсеков. Параметры потока пара на входе в ЦВД: расход – 472,13 кг/с, давление – 28,5 МПа, энтальпия – 3480,6 кДж/кг. Давление пара на выходе из первого отсека – 6,85 МПа, на выходе из второго отсека 4,5 МПа. Расход пара в нерегулируемый отбор между первым и вторым

отсеком 6,13 кг/с. Все приведенные выше параметры получены при оптимизации энергоблока. При этом внутренний относительный КПД ЦВД задавался равным 0,91. Для оптимизации проточной части ЦВД была разработана его оптимизационная модель. При этом первый паровой отсек ЦВД включал 9 ступеней, а второй 2 ступени.

Оптимизация по критерию максимума внутреннего относительного КПД ЦВД при указанных параметрах связи первого отсека дала оптимальное значение КПД этого отсека 0,8884. Пробные шаги по параметрам связи (отсека с другими элементами энергоблока), полученные при соответствующих изменениях указанных параметров, измененные значения КПД отсека и коэффициенты влияния, показывающие, как изменится оптимальное значение внутреннего относительно КПД отсека при увеличении на единицу соответствующего параметра связи, представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Оценка влияния информационно-входных параметров первого отсека ЦВД на его внутренний-относительный КПД

Параметры связи	Базовое значение	Пробный шаг	Измененное значение	Изм. КПД	Коэф. влияния
Входной расход пара, кг/с	466	9,3	475,3	0,8858	-0,00037
Входная энтальпия, кДж/кг	3480	70	3550	0,8858	-0,00015
Входное давление пара, МПа	29,1	0,57	28,5	0,8863	-0,00035
Выходное давление пара, МПа	6,85	0,159	7,0	0,8823	-0,00377

Использование при оптимизации энергоблока полученных коэффициентов влияния позволяет учесть влияние параметров цикла энергоблока на энергетическую эффективность проточной части паровой турбины.

2.2.4. Развитие взаимосвязей термодинамики с технико-экономическими исследованиями.

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.2.2. «Развитие методов технологического прогнозирования в энергетике».

Руководитель работы: д.т.н. Б.М. Каганович.

Подразделение: отдел теплосиловых систем.

Проводится развитие взаимосвязей классической термодинамики с другими научными дисциплинами, обусловленные ее преобразованием из теории состояний в единую теорию состояний и траекторий. В качестве основных составляющих этих проблем рассматриваются постановки задач исследований, выбор и трудности применения вычислительных методов, анализ результатов решений. Специфика возникающих вопросов последовательно излагается относительно связей с физикой, прикладными технико-экономическими исследованиями и математикой.

Решается проблема незамкнутости равновесной термодинамики относительно построения траекторий физико-химических процессов. Используется подход, связанный с отказом от вывода «невыводимого» уравнения и переходом к пошаговому принятию решений при построении графиков движения. Шаги принимаются столь малыми, чтобы стала применимой предпосылка о стационарности движения и выводимости математических связей между закономерностями консервативных и диссипативных систем. Реализация подхода осуществляются на основе совместного применения созданной в ИСЭМ модели экстремальных промежуточных состояний (МЭПС) и метода динамического программирования (ДП). При моделировании на основе (МЭПС) используется метод множителей Лагранжа, который кроме совершенствования вычислительного процесса обеспечивает разносторонность физического анализа решаемой задачи.

В качестве примера совместного применения ДП и МЭПС можно привести задачу технико-экономической оптимизации тепловой сети: выбора схем (расходов воды (x) на задаваемых на избыточной схеме допустимых направлениях прокладки трубопроводов) и зависящих от диаметров труб потерь давления на участках. Допустимые диаметры и соответственно потери давления определяются наборами выпускаемых промышленностью труб и представляют дискретные переменные. Если дополнительно предположить, что к моменту проектирования часть участков уже эксплуатируется, то при сохранении их диаметров неизменными в зависящей от них функции денежных затрат возникнут точки разрывов. На рис. 5 представлена графическая интерпретация части рассматриваемой задачи, связанной с оптимизацией диаметров и потерь давления. На рис. 5 (а) изображена условная непрерывная кривая суммарных затрат в сеть в зависимости графиков давления. Точками отмечены ее реализуемые значения определяемые допустимыми значениями искомых переменных. В число отмеченных включены точки разрывов. На рис. 5 (b) приведен график увеличения затрат на прокладку и эксплуатацию трубопроводов в направлении от конечных потребителей до источника тепла на часть сети, расположенную за рассматриваемой точкой. В отличие от изображенного на рис. 5 (а) этот график представляет непрерывную неубывающую кривую с отрезками постоянных значений, соответствующих не переключаемым существующим участкам.

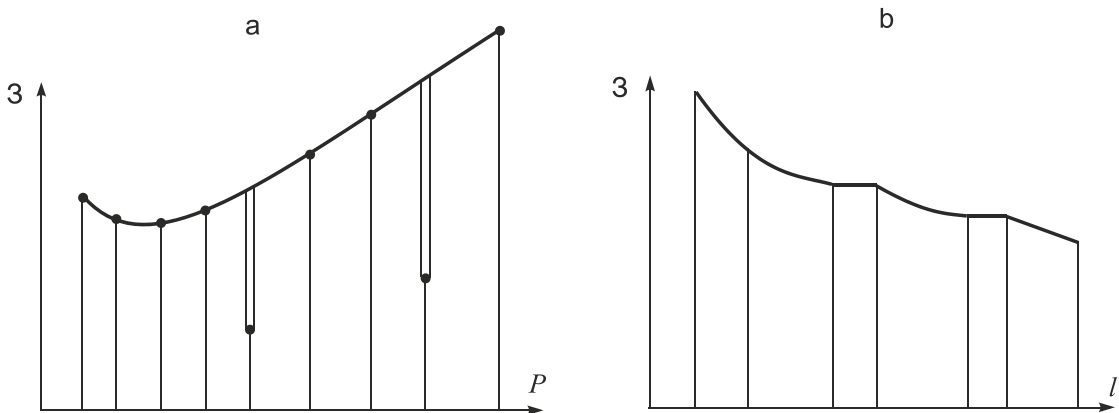


Рис. 5. Зависимость затрат в сети от графика давлений (а) и изменение затрат при фиксированном графике вдоль сети (b). l – расстояние.

2.2.5. Математическая модель процесса ступенчатой газификации биомассы и результаты исследования режимов работы установки по переработке древесных отходов.

Источник финансирования: Грант РФФИ №13-08-00281-а «Исследование аллоавтотермических режимов термохимической конверсии твердого топлива с газообразным теплоносителем», 2013-2015 гг.

Руководитель работы: к.х.н. В.А. Шаманский.

Подразделение: отдел теплосиловых систем.

Построена математическая модель процесса двухступенчатой переработки древесной биомассы в установке плотного слоя. Модель включает уравнения стационарного теплопереноса в плотном слое и описание кинетики гетерогенных процессов (пиролиз, горение, газификация); для описания процессов в газовой фазе применяется равновесная модель. В пространстве управляющих параметров построена карта режимов двухступенчатого процесса. Управляющими параметрами выбраны тепловой поток в реакторе пиролиза и коэффициент избытка окислителя при горении пирогаза в надслоевом пространстве. Показано наличие критического значения внешнего теплового потока, ниже которого процесс пиролиза затухает и эффективность газификации резко падает (рис. 6). Сжигание пирогаза целесообразно проводить при избытках окислителя около 0.5. В результате возможно получение химического КПД ступенчатого процесса газификации до 90%.

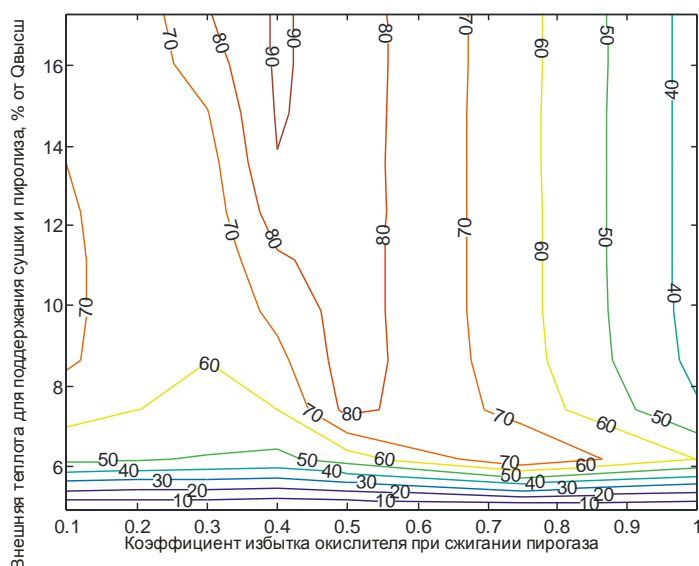


Рис. 6. Зависимость химического КПД ступенчатой газификации древесной биомассы от управляющих параметров.

2.2.6. Гипотеза о механизме слоевой газификации биомассы.

Источник финансирования: Грант РФФИ №13-08-00281-а «Исследование аллоавтотермических режимов термохимической конверсии твердого топлива с газообразным теплоносителем», 2013-2015 гг.

Руководитель работы: к.х.н. В.А. Шаманский.

Подразделение: отдел теплосиловых систем.

Опыты проводились на обращенном реакторе с древесной биомассой и древесным углем, в качестве топлива для сравнения. Режимы работы реактора на этих двух топливах качественно отличаются друг от друга. Процессу газификации биомассы характерны следующие особенности: 1) Конверсия протекает и преимущественно завершается на малом по высоте участке слоя топлива, при этом стратификации слоя по отдельным реакционным зонам не наблюдается. 2) Состав генераторного газа оказывается нечувствительным к изменению расхода воздушного дутья. 3) При малой высоте слоя биомассы наблюдается достаточно глубокое разложение образующихся смол. 4) Тепловые потери реакционной зоны при газификации биомассы значительно меньше, в сопоставлении с режимами, поставленными на древесном угле. Данные эффекты являются воспроизводимыми и недостаточно полно объясняются с позиций существующей теории горения и газификации топлива. Свойства экспериментальных режимов также отличаются от данных, приведенных в литературе. Для объяснения наблюдаемых явлений предложена новая гипотеза о механизме газификации биомассы.

Согласно гипотезе, в горящем слое биомассы отсутствуют отдельные реакционные зоны, в пределах которых преимущественно протекают процессы окисления или восстановления. Реагирование происходит в слоях отдельных частиц. Тепло выделяется при горении на поверхности частицы слоя древесного угля, и поглощается при пиролизе внутренних слоев древесины, а также крекинге и восстановлении продуктов пиролиза, фильтрующихся через поверхностный слой угля (рис.7).

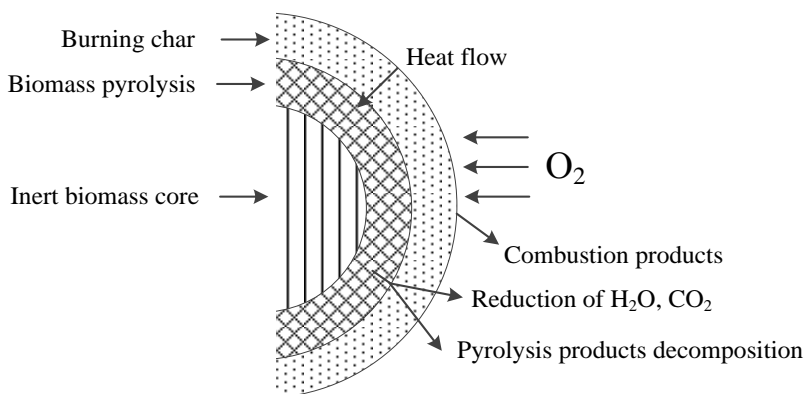


Рис. 7. Гипотетический механизм газификации древесной частицы.

2.2.7. Определение теплоемкости древесной биомассы и образцов биомассы с разной степенью термического превращения.

Источник финансирования: Грант РФФИ №14-08-31666 мол_а «Исследование физико-химических особенностей газификации низкосортных твердых топлив в установках плотного слоя», 2014-2016 гг.

Руководитель работы: н.с. А.Н. Козлов.

Подразделение: отдел теплосиловых систем.

В качестве исходного материала для исследования использовалась древесная биомасса (щепа осиновая – 1×1 см). Образцы древесной биомассы разной степени термического превращения были получены на лабораторном стенде газификации. Для исходной древесины и образцов различной степени термического анализа с помощью термического анализа была определена зависимость изменения элементного состава от степени термического превращения. В дальнейшем для исследуемых образцов были определены зависимости изменения теплоемкости от температуры. В качестве стандарта и проверки точности результатов использовались графит и сапфир. Графит также был взят в качестве образца со степенью термического превращения 100%.

На рис. 8 приведен график измерения теплоемкости для диапазона температур от 105°C до 260°C. Конечная температура обусловлена началом интенсивного разложения исследуемых образцов. При этом принято допущение, что массы не должна менять более чем на 0,3% от начальной массы навески.

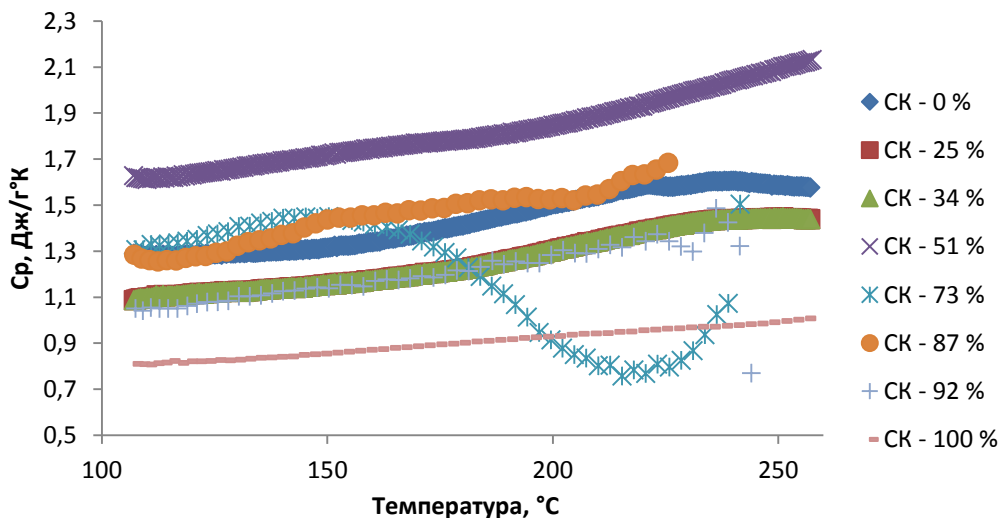


Рис. 8. Значение теплоемкости в зависимости от степени термического превращения.

Из рис. 8 видно, что полученные значения теплоемкостей для исходной древесины и образцов разной степени конверсии согласуются с литературными источниками. Для образца со степенью конверсии 73 % наблюдается уменьшение теплоемкости начиная с температуры 155 °C. Данный факт обусловлен тем, что горение частицы идет как с поверхности, так и с глубины частицы.

2.2.8. Экспериментальные данные по газодинамическому запираению расхода парожидкостной смеси и пара в слоях шаровых засыпок и влиянию режимных и структурных параметров на величину максимального расхода и критической скорости

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.2.3. «Экспериментальные исследования и математическое моделирование термогидравлических процессов в энергоустановках и пористых средах при фазовых превращениях в теплоносителе».

Руководитель работы: к.т.н. А.А. Левин.

Подразделение: отдел теплосиловых систем.

Исследования гидродинамических и тепловых процессов при движении однофазных и двухфазных потоков в пористых средах является актуальной зада-

чей современной теплофизики. В атомной энергетике такие задачи требуется решать при разработке конструкций водоохлаждаемых реакторов с использованием шаровых микротвэлов.

Впервые в области критических двухфазных потоков получены опытные данные по критическому истечению пароводяной смеси через плотные упаковки шаровых частиц. Установлено влияние высоты слоя засыпки, диаметра частиц, входного давления и паросодержания смеси на критическую массовую скорость (рис.9). Проведены прецизионные измерения падения давления в слое шаровых частиц при вынужденном течении воды. Получено уточнение коэффициентов Эргуна в уравнении Дарси и установлена их зависимость от диаметра частиц.

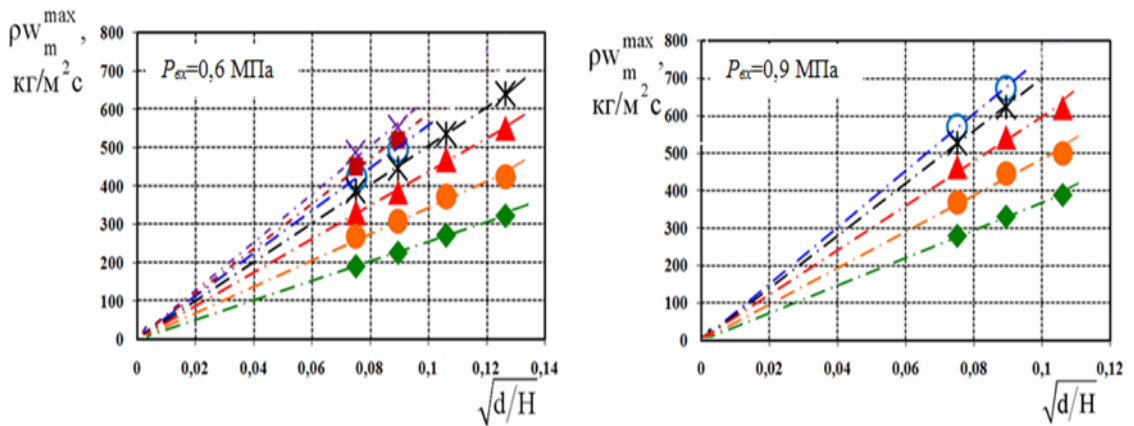


Рис.9. Зависимость максимальной массовой скорости смеси от $\sqrt{d/H}$ при различных значениях массового расходного паросодержания: \ast - $x=0,011$; \blacksquare - $x=0,016$; \circ - $x=0,022$; \ast - $x=0,033$; \blacktriangle - $x=0,055$; \bullet - $x=0,096$; \blacklozenge - $x=0,178$.

2.3. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА.

2.3.1. Повышение кибербезопасности систем сбора и обработки данных (SCADA, WAMS) в электроэнергетических системах (ЭЭС) методами оценивания состояния и обнаружения плохих данных.

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.1. «Теория и методы управления режимами интеллектуальных электроэнергетических систем», грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

Руководитель работы: д.т.н. И.Н. Колосок.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

Интеллектуальные энергосистемы (ИЭС), оснащенные сложным техническим, компьютерным и коммуникационным оборудованием, отличаются повышенной уязвимостью к различного вида кибератакам. Наиболее уязвимыми компонентами ИЭС с точки зрения кибербезопасности являются системы сбора и обработки данных - SCADA и WAMS, а также программные средства для обеспечения задач управления информацией о текущем режиме ЭЭС (оценивания состояния), прогнозирования и мониторинга режимных параметров. Задача оценивания состояния (ОС) дает правильное решение только при отсутствии в измерениях грубых ошибок, поэтому обнаружение грубых искажений, подавление их влияния на оценки параметров режима ЭЭС – одна из наиболее актуальных проблем при ОС. Причинами появления грубых ошибок могут быть как технические сбои, так и преднамеренные воздействия (кибератаки) на системы сбора и передачи данных, базы данных и саму программу ОС. Таким образом, процедуры обнаружения и компенсации ошибочных измерений служат эффективными средствами идентификации технических сбоев и кибератак на системы SCADA и WAMS и ликвидации их последствий.

Для оценки способности задачи ОС противостоять воздействию кибератак было введено понятие уровня уязвимости объекта энергосистемы, численной характеристикой которого является показатель уязвимости. Показатель уязвимости позволяет выявить наиболее уязвимые объекты в ЭЭС и разработать стратегию повышения их кибербезопасности. В качестве такой стратегии предлагается увеличение избыточности измерений в системе SCADA, дополнение их измерениями от WAMS, сочетание различных методов обнаружения ошибочных данных – априорных (метод контрольных уравнений - КУ), апостериорных (анализ остатков оценивания), робастных критериев.

На рис. 10 показаны показатели уязвимости объектов ЭЭС, соответствующих узлам 7 узловой схемы для трех вариантов расчета: 1) по данным SCADA методом КУ; 2) по данным SCADA методом КУ + анализ остатков оценивания; 3) по

данным SCADA и WAMS. Самые низкие показатели уязвимости, соответствующие высокой кибербезопасности исследуемых объектов, получены в третьем расчете.

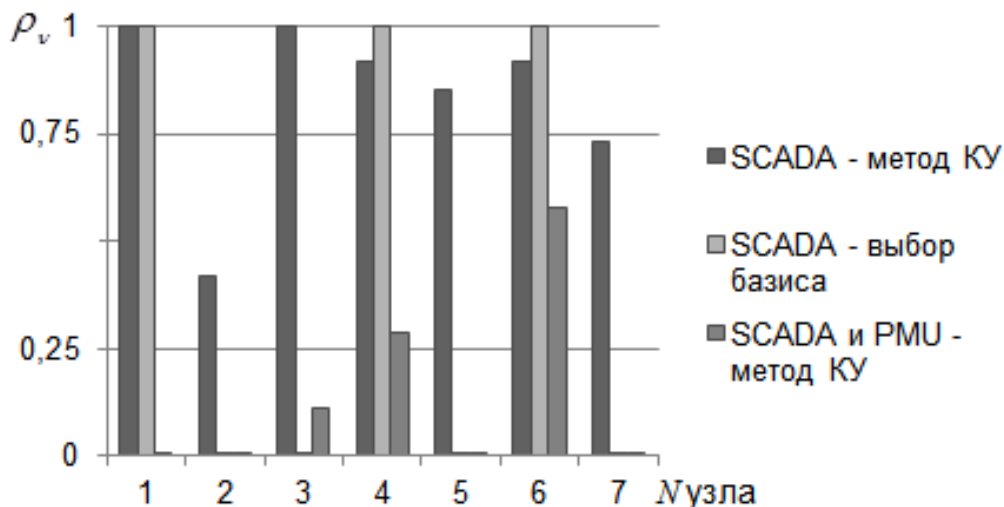


Рис. 10. Показатели уязвимости оценивания состояния по данным SCADA и WAMS.

2.3.2. Методика определения свободных пропускных способностей ЛЭП.

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.1. «Теория и методы управления режимами интеллектуальных электроэнергетических систем»; грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

Руководитель работы: к.т.н. А.М. Глазунова.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

Максимальное использование пропускной способности ЛЭП повышает экономическую эффективность электроэнергетических систем (ЭЭС), что особо значимо в условиях конкурентного рынка электроэнергии.

На рис. 11 представлены перетоки активной мощности в контролируемом сечении в различных режимах.

Под предельными по статической устойчивости понимают режимы, в которых выдача мощности электростанций ограничена условиями параллельной работы генераторов, работающих на общую электрическую сеть.

Максимально допустимым перетоком (МДП) является максимальный переток, удовлетворяющий всем требованиям по надежности, в том числе 20% запасу по статической аperiodической устойчивости.

Значение перетока активной мощности в текущем режиме определяется мощностью, которую надо передать потребителям.

Величина пропускной способности, оставшаяся после передачи мощности потребителям, называется свободной пропускной способностью и может быть использована для коммерческой деятельности. Свободная пропускная способность линии электропередачи определяет возможность передачи дополнительного количества мощности из одной области в другую в течение ограниченного периода времени и при определенных системных ограничениях.

Для передачи дополнительной мощности по контролируемому сечению системный оператор должен сформировать управляющие воздействия. Но, так как современные энергосистемы настроены на параллельную работу, управляющие воздействия, направленные на управление одним объектом, могут влиять на процессы управления другими объектами, входящими в состав ОЭС. Лучшим решением этой проблемы является вычисление свободных пропускных способностей во всех контролируемых сечениях одновременно. Для решения поставленной задачи предлагается методика расчета оптимальных, с точки зрения заинтересованных системных операторов, свободных пропускных способностей контролируемых сечений в режиме реального времени. Методика включает оценивание состояния (ОС), модифицированное оценивание состояния и искусственные нейронные сети.

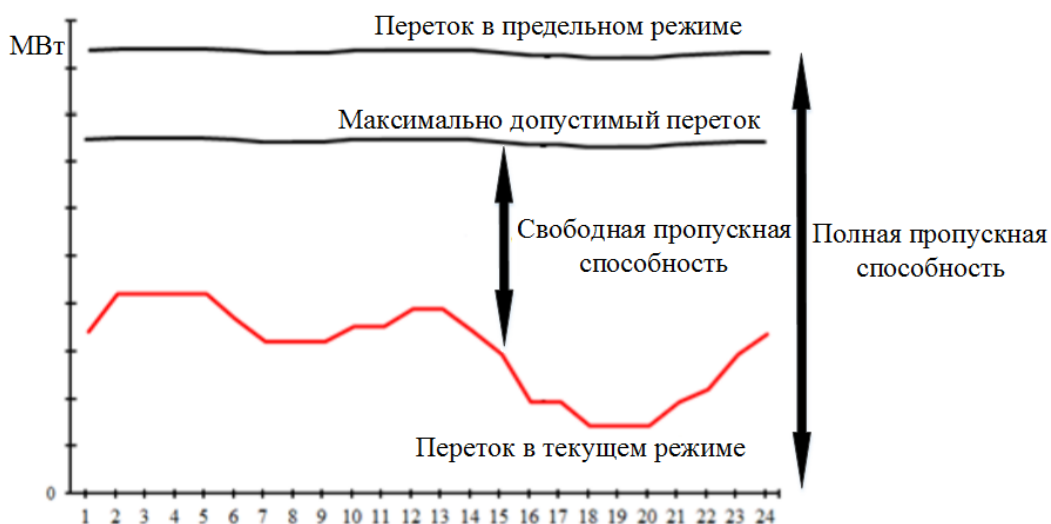


Рис. 11. Графики перетоков активной мощности в различных режимах.

Свободная пропускная способность определяется как разность МДП и перетока в текущем режиме (рис. 11). Значения перетока в текущем режиме определяется при помощи ОС. Значение МДП определяется с помощью модифицированного оценивания состояния (МОС), величина которого зависит от схемно-режимных ограничений. Для получения корректных значений МДП (соответствующих текущим ограничениям) выполняется настройка параметров программы

МОС. В режиме реального времени настройка параметров осуществляется с помощью обученной искусственной нейронной сети (ИНС). На рис. 12 представлена методика определения свободной пропускной способности и управляющих воздействий, необходимых для ее использования. Срез измерений поступает одновременно на 3 блока: блок МОС, блок ОС, блок ИНС. В блоке ОС выполняется оценивание состояния текущего режима. По текущей измерительной информации, ИНС определяет параметры настройки МОС, соответствующие текущим ограничениям, и выполняется МОС. По результатам оценивания состояния и модифицированного оценивания состояния вычисляются величины свободной пропускной способности в контролируемых линиях и управляющие воздействия (P_g), направленные на их достижение как разность оценок текущего и результирующего режимов.

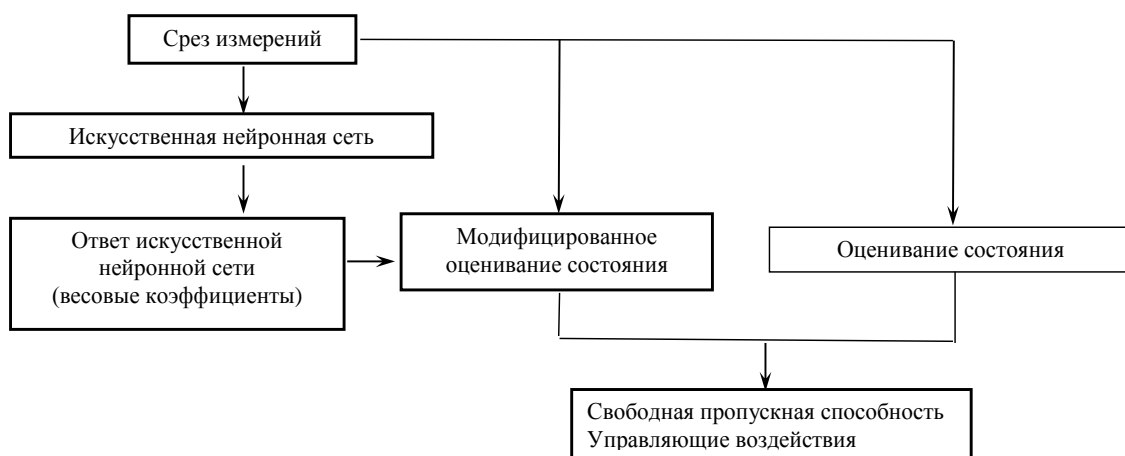


Рис. 12. Алгоритм методики определения свободной пропускной способности online.

2.3.3. Разработка метода управления потокораспределением в электроэнергетической системе (ЭЭС) при вероятностном характере информации.

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.1. «Теория и методы управления режимами интеллектуальных электроэнергетических систем»; Грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

Руководитель работы: к.т.н. О.Н. Войтов, д.т.н. И.И. Голуб.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

Предложен подход к итерационному решению одноэтапной стохастической задачи управления режимом ЭЭС в виде последовательности эквивалент-

ных детерминированных задач. Для минимизации числа управлений, обеспечивающих ввод в допустимую область критических переменных, для которых вероятность выхода за допустимые пределы при возмущениях максимальна, на каждом шаге метода детерминированного эквивалента используется метод адресности потокораспределения. Для выявления критических переменных и определения положения математического ожидания переменной относительно границ допустимого интервала ее изменения предложено использование индекса критичности.

Для иллюстрации для ЭЭС (207 узлов, 286 линий, 61 трансформатор с РПН, 28 источников реактивной мощности) на рис. 13 показаны полученные методом адресности ориентированные графы а), б), в), содержащие пути передачи реактивной мощности из генераторных узлов в критические узлы 12, 78 и 66.

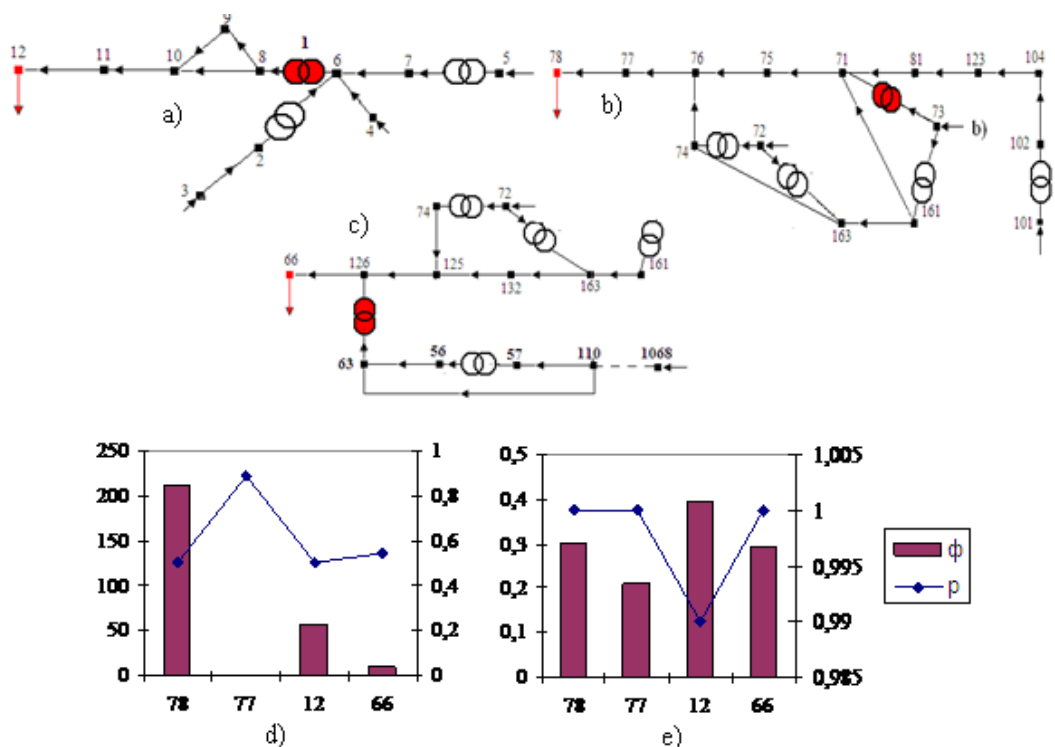


Рис. 13. Управление вероятностным потокораспределением ЭЭС.

Анализ путей передачи позволил выделить всего три управления (на рисунке выделены красным цветом) из 31 управления для изменения значений напряжений в критических узлах на требуемые величины. На рисунке также приведены значения индексов критичности и вероятностей нахождения критических переменных в допустимых границах для исходного режима d) и режима, полученного после реализации трех управлений e).

2.3.4. Разработка методики оценки балансовой надёжности электроэнергетических систем (ЭЭС) с учетом надёжности снабжения газом электрических станций.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.3.2. «Методические основы учета фактора надежности при управлении развитием систем энергетики».

Руководитель: д.т.н. Г.Ф. Ковалев.

Подразделение: отдел энергетической безопасности.

Обоснована необходимость совместного рассмотрения вопросов надежности функционирования газоснабжающей системы (ГСС) и электроэнергетической системы.

Предложено несколько методических подходов учета надежности работы ГСС при анализе балансовой надежности ЭЭС. В качестве первого приближения рассмотрен «*поузловой*» подход, суть которого заключается в учете надежности функционирования магистрального газопровода (МГ) в зависимости от аварийности его оборудования.

Предложен подход, отражающий взаимосвязь работы ГСС и ЭЭС и осуществляющий согласование принципов моделирования этих систем.

Комплексный анализ надежности интегрированной системы (ГСС и ЭЭС) предлагается осуществлять в виде передачи результирующих данных из модели оценки надёжности ГСС в модель оценки надёжности ЭЭС в качестве исходных данных (рис. 14).

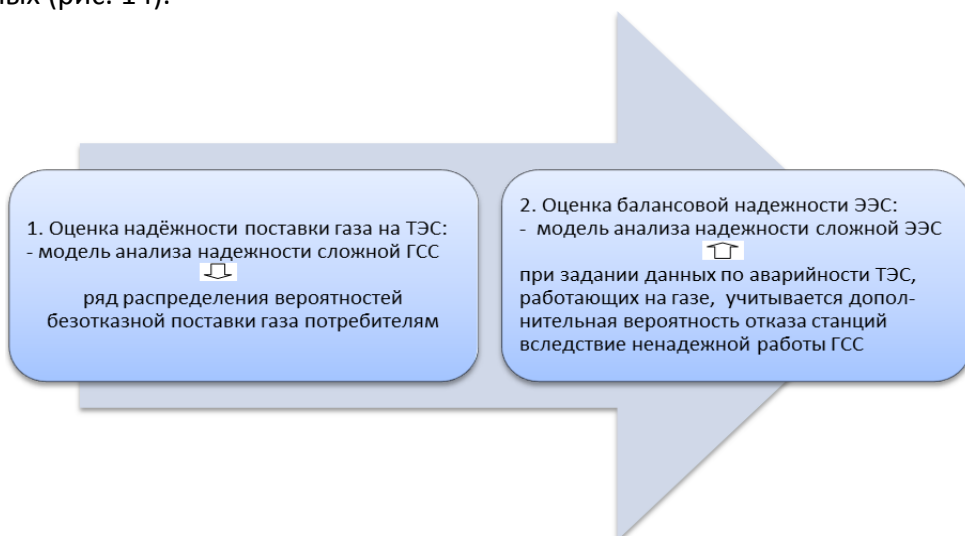


Рис. 14. Схема взаимодействия моделей ГСС и ЭЭС.

Экспериментальные исследования подхода к оценке надёжности электроэнергетической системы с учетом надежности обеспечения ТЭС газом проведены на схеме энергосистемы Северо-Западного федерального округа (СЗФО).

На рис. 15 представлены расчетные схемы системы газоснабжения и энергосистемы СЗФО, пунктирной линией отмечены функциональные связи взаимодействия данных систем.

Оценка надёжности газоснабжения потребителей и электрических станций проводилась для января. Все данные по ГСС и ЭЭС приведены на уровне 2015 г.

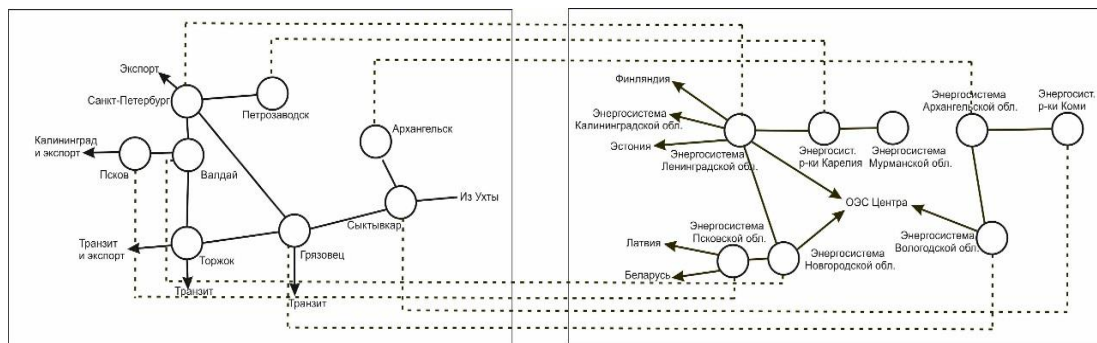


Рис. 15. Расчетные схемы ГСС и ЭЭС СЗФО.

2.3.5. Разработка программной платформы моделирования децентрализованных интеллектуальных систем мониторинга и управления режимами электроэнергетических систем (ЭЭС).

Источник финансирования: грант РФФИ № 14-19-00524 «Разработка интеллектуальной системы для предотвращения крупных аварий в энергосистемах», 2014–2016 гг.

Руководитель: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

Завершена разработка программной платформы моделирования децентрализованных интеллектуальных систем мониторинга и управления режимами. Данная платформа станет основой, позволяющей реализовать интеллектуальную систему предотвращения крупных аварий. Структура разработанной программной платформы моделирования децентрализованных интеллектуальных систем мониторинга и управления режимами ЭЭС приведена на рис. 16. Программная реализация включает в себя следующие программные компоненты:

- База данных аварийных возмущений, разработанная с использованием среды MATLAB и содержащая различные сценарии развития аварийной ситуации.
- Блок моделирования поведения ЭЭС, в рамках которого разработаны два варианта подпрограмм моделирования поведения ЭЭС.

- Динамическая модель ЭЭС, которая позволяет выполнять классическое исследование электромеханического движения ЭЭС с использованием дифференциально-алгебраических уравнений.
- Квазидинамическая модель ЭЭС, которая обеспечивает точность моделирования динамики, достаточную для исследования устойчивости по напряжению, токовой перегрузки связей, алгоритмов локальных автоматов и т.д.
- Блок режимного/противоаварийного управления. Разработан с использованием агентной платформы JADE, язык JAVA. Моделирует алгоритмы децентрализованного режимного/противоаварийного управления ЭЭС.
- Блок мониторинга. Разработан с использованием языка R (среда RStudio), с привлечением алгоритмов машинного обучения. Обеспечивает функции идентификации и предсказания возможных предаварийных / аварийных состояний в ЭЭС.
- Интерфейсы. Обеспечивают взаимодействие блока моделирования поведения ЭЭС с блоком режимного/противоаварийного управления (посредством бокс-агентов, разработанных с использованием языка JAVA и возможностей библиотек агентной платформы JADE) и блоком мониторинга (посредством агента R-интерфейса, разработанных с использованием языка JAVA и возможностей библиотек среды R).
- Блок анализа результатов.

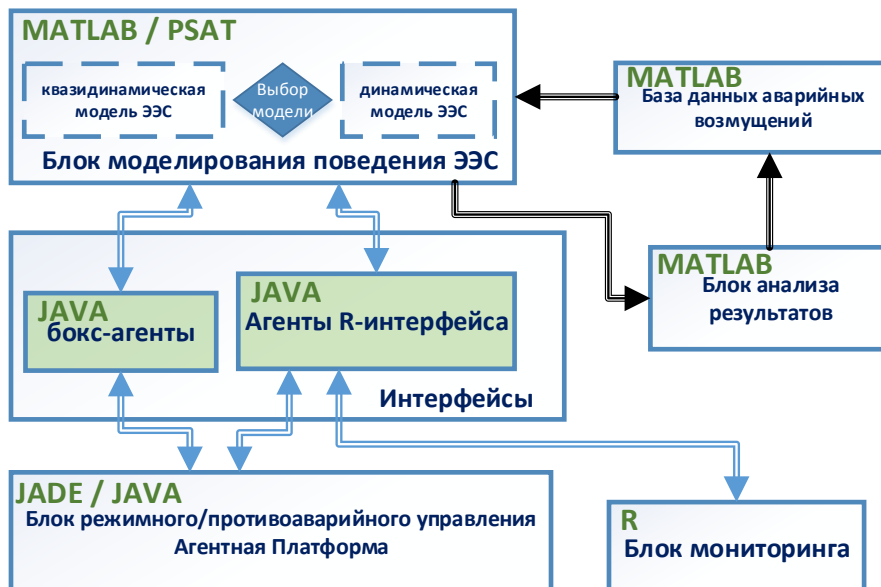


Рис. 16. Структура разработанной программной платформы моделирования децентрализованных интеллектуальных систем мониторинга и управления режимами ЭЭС.

Согласно методологии, принятой в проекте, блок мониторинга будет выдавать сигналы, используемые агентами нижнего уровня, устанавливаемые на объектах электроэнергетики. Сигналы, поступающие от блока мониторинга, используются для реализации следующих функций:

1. Выбор критериев управления режимной надёжностью в нормальных режимах (функция режимной автоматики);
2. Смена групп уставок систем противоаварийного управления в аварийных режимах (функция противоаварийной автоматики), в т.ч. повышение чувствительности пусковых органов и ускорение (снижение уставок по времени) в опасных и тяжелых режимах.

2.3.6. Применение технологии композиционных моделей классификации в задаче мониторинга и оценки режимной надёжности ЭЭС.

Источник финансирования: грант РНФ № 14-19-00524 «Разработка интеллектуальной системы для предотвращения крупных аварий в энергосистемах», 2014–2016 гг.

Руководитель: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

В рамках работы над проектом РНФ были исследованы композиционные методы на основе решающих деревьев для задачи мониторинга и оценки режимной надёжности ЭЭС. При выполнении расчётов были задействованы следующие модификации моделей случайных лесов (Random Forests, Random Uniform Forests, Oblique Random Forests) и моделей бустинга (Stochastic Gradient Boosting, AdaBoost). На рис. 17 представлена общая схема предлагаемого подхода. Основной принцип заключается в обучении математической модели на базе композиционного метода классификации с достаточной точностью автоматически оценивать режим энергосистемы по критерию надёжный/ненадёжный на базе значимых классификационных признаков состояния ЭЭС, такие как перетоки активной и реактивной мощности, напряжения на шинах и т.п. Множество таких признаков получают на основе случайно сгенерированной выборки данных, содержащей набор реально возможных состояний ЭЭС.

В зависимости от использования того или иного композиционного метода, каждое решающее правило будет обучаться по своей подвыборке по принципам бэггинга или бустинга. Окончательное решение по классификации того или иного состояния (режима) ЭЭС принимается в рамках обобщающего классификатора по различным принципам – простое мажоритарное голосование, взвешенное голосование или по выбору наиболее компетентного решающего правила.

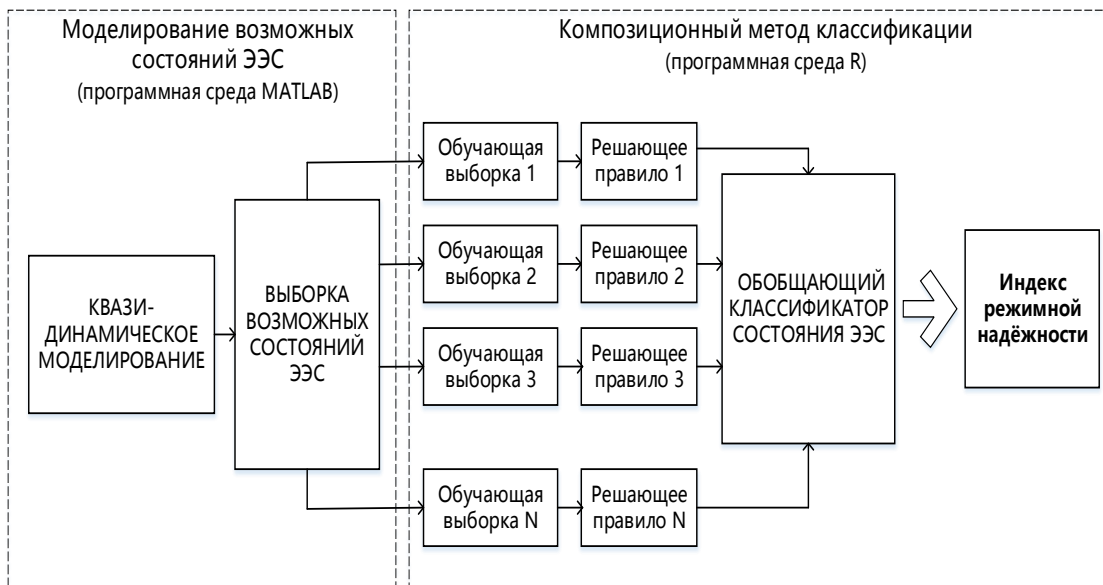


Рис. 17. Общая схема оценки режимной надёжности ЭЭС с использованием композиционных моделей.

Эффективность их применения подтверждена множеством расчётов на базе 118 узловой тестовой схемы ЭЭС. Результаты сравнительных расчётов представлены в табл. 2. Предложенные композиционные методы классификации реализованы в свободной программной среде вычислений R с открытым исходным кодом.

Таблица 2.

Результаты точности классификации состояний 118 узловой схемы ЭЭС на базе различных композиционных методов.

Метрики	Композиционные модели					
	Дереве решений J48	Модель CART	CART на основе бэггинга	Модель случайного леса Random Forest	Модель Extra Tress	Модель стохастического градиентного спуска
Точность, %	99.83	99.07	99.88	100.00	100.00	100.00
Индекс Каппа	99.72	98.52	99.81	100.00	100.00	100.00

2.3.7. Краткосрочное прогнозирование выработки мощности ветроэнергетических установок (ВЭУ) для обеспечения надёжности электрических сетей.

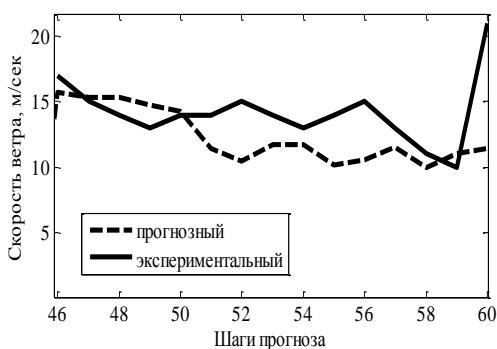
Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.1.1. «Теория и методы управления режимами интеллектуальных электроэнергетических систем».

Исполнители: д.т.н. В.Г. Курбацкий В.Г., к.т.н. Н.В. Томин.

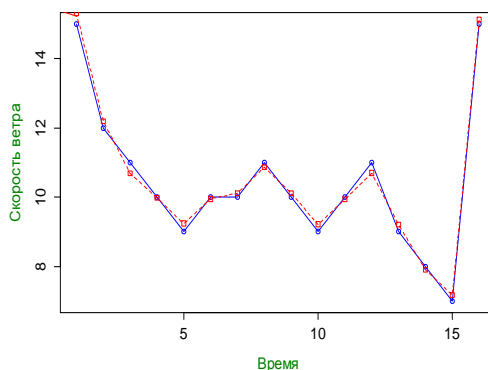
Подразделение: отдел электроэнергетических систем совместно с ООО «АзНИПИИЭ» (г. Баку, Азербайджан).

Проведены исследования краткосрочного прогнозирования величины мощности и скорости ветра для ВЭУ на базе моделей авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (auto-regressive integrated moving average, ARIMA) и нейросетевой модели Extreme Learning Machine, ELM. Расчёты выполнены с привлечением программных сред Matlab и R для распределительных сетей Апшеронского полуострова (Азербайджан), содержащих ВЭУ.

Расчёты выполнены для распределительных сетей Апшеронского полуострова (Азербайджан), содержащих ВЭУ (рис. 18). Подход на базе ARIMA позволяет получить модель прогноза скорости ветра и выработки мощности ВЭУ в явном виде. Результаты тестирования показали, что модель ARIMA позволяет прогнозировать скорость ветра с приемлемой точностью ($RMSE=3,388$; $MAE=2,4826$). В отличие от модели ARIMA, нейронная сеть ELM использует многомерную исходную выборку, содержащую помимо предыстории скорости ветра и массивы других зависимых параметров. Это обстоятельство, наряду с особым алгоритмом обучения, позволяет значительно повысить точность прогноза ($RMSE=0.1888$, $MAE=0.1642$).



а)



б)

Рис. 18. Прогнозирование скорости ветра для распределительных сетей Апшеронского полуострова (Азербайджан), содержащих ВЭУ: а) на базе модели ARIMA; б) на базе модели ELM.

2.3.8. Разработка подхода к определению виновника искажения напряжения и его вклада.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.1. «Теория и методы управления режимами интеллектуальных электроэнергетических систем».

Исполнитель: к.т.н. Л.И. Коверникова.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

В области качества электрической энергии существует проблема определения виновника ухудшения качества напряжения, в частности, виновника искажения формы кривой напряжения и величины его вклада в искажение. В настоящее время к узлам сетей высокого напряжения 110-220 кВ присоединено огромное количество нелинейных нагрузок большой мощности, являющихся источниками несинусоидальности напряжения, т.е. появления гармоник токов и напряжений в сети. Но экспериментально также установлено, что некоторые нелинейные нагрузки наоборот уменьшают искажение напряжения. Это объясняется особенностями режимов гармоник. В протяженных сетях высокого напряжения с большим количеством нелинейных нагрузок токи и напряжения гармоник зависят от множества факторов, и как следствие, их величины и фазы изменяются по сложным законам и имеют вероятностный характер. Результаты анализа активных мощностей гармоник, вычисленных по токам и напряжениям, измеренным в течение 24 часов с интервалом времени 1 минута в узле присоединения нелинейной нагрузки к питающей сети, показали, что часть времени активная мощность одной и той же гармоники течет из сети в нагрузку, а другую часть времени - в обратном направлении.

Таким образом, если активная мощность гармоники течет из нагрузки потребителя в сеть, потребитель является виновником искажения напряжения, если наоборот, то виновником является сеть. Получается, что напряжение в узле сети в течение 24 часов искажается то сетью, то потребителем. В качестве примера, на рис. 19 приведена диаграмма, показывающая времена протекания в двух направлениях активных мощностей гармоник через узел присоединения алюминиевого завода к питающей сети во время измерений. На диаграмме обозначено: “Время $P_n(+)$ ” – суммарное за 24 часа время, в течение которого активная мощность n -ой гармоники была направлена в нагрузку алюминиевого завода, “Время $P_n(-)$ ” - суммарное за 24 часа время, в течение которого активная мощность n -ой гармоники была направлена в сеть.

Отсюда следует вывод, что определение виновника искажения напряжения и оценку его вклада необходимо делать с учетом реальных процессов в сети

при помощи непрерывного мониторинга параметров с помощью автоматизированных систем измерения показателей качества электрической энергии и параметров режимов.

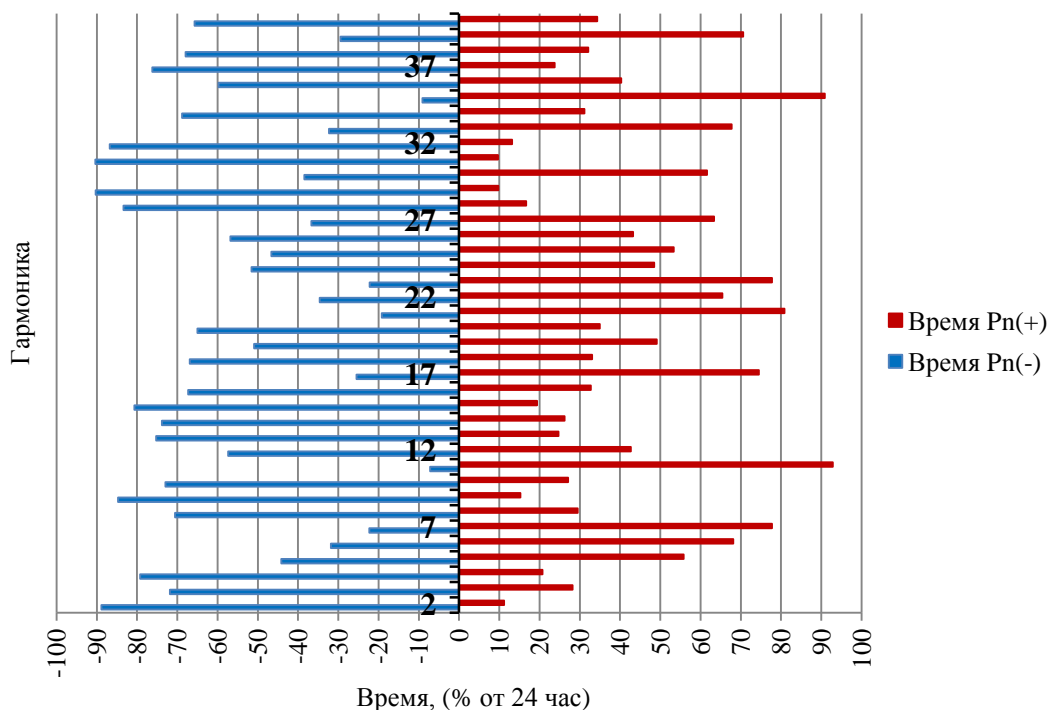


Рис. 19. Диаграмма времен направлений активных мощностей гармоник в узле присоединения алюминиевого завода к питающей сети.

2.3.9. Определение направлений совершенствования корпоративного управления в российских генерирующих компаниях электроэнергетики.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.1. «Теория и методы управления режимами интеллектуальных электроэнергетических систем»; грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

Руководитель работы: к.э.н. Г.И. Шевелева.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

Разработан подход к совершенствованию корпоративного управления (КУ) в российских генерирующих компаниях электроэнергетики в интересах инвесторов, включающий: методику определения стандартов корпоративного управления для этих компаний, основанную на адаптации к российской корпоративной практике международных стандартов корпоративного управления с

учетом национальных и отраслевых особенностей; имитационную финансово-экономическую модель (ФИНЭКОМ), разработанную в соответствии с международными требованиями финансовой отчетности, оценочные показатели эффективности корпоративного управления в которой определены в интересах инвесторов; рекомендации «назревших» изменений в выявленных значимых для инвесторов сферах внешней среды, в том числе предложенные дополнительные и обязательные положения в «Кодекс корпоративного управления» РФ.

При апробировании разработанного подхода определены стандарты корпоративного управления, получены достоверные данные о корпоративной практике в ОАО «ТГК-9», отмечен рост значений показателей эффективности компании в вариантах с улучшенной практикой корпоративного управления при расчетах на модели. Общая схема разработанного подхода представлена на рис. 20.

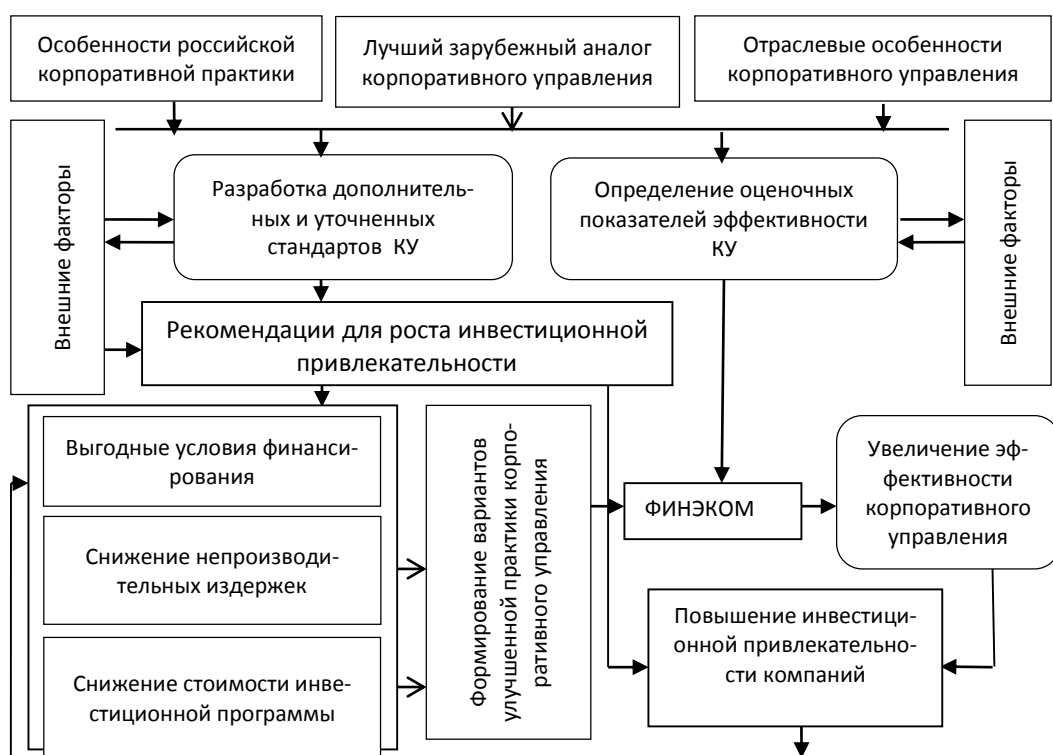


Рис. 20. Подход к совершенствованию корпоративного управления в российских генерирующих компаниях электроэнергетики.

2.3.10. Выявление и исследование сильных возмущений частоты в ЕЭС России.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.1.1. «Теория и методы управления режимами интеллектуальных электроэнергетических систем».

Руководитель работы: д.т.н. С.С. Смирнов.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

Был проведен анализ изменения частоты за 2011-2014 г. с целью выявления значительных отклонений, которые оказывают существенное влияние на резерв мощности на электростанциях и на максимально допустимую мощность по межсистемным ЛЭП. Фактические изменения частоты при коммутациях в энергосистемах могут превосходить нормативные значения для установившихся режимов и приводить к срабатыванию противоаварийной автоматики (рис. 21).

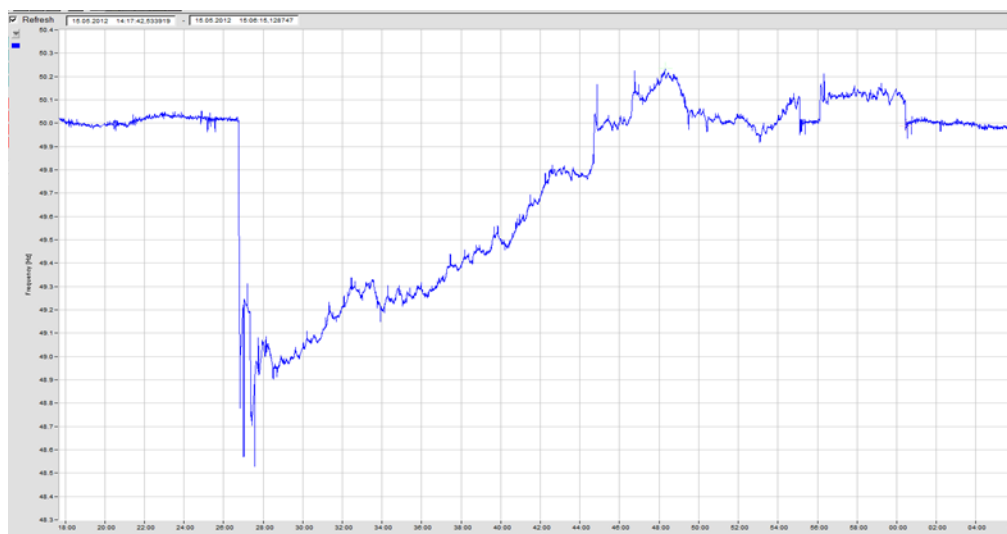


Рис. 21. Пример возмущения - провал частоты на 1300МГц.

Требования к величинам отклонения частоты из условия устойчивой работы энергосистемы определены в ГОСТ Р 55890-2013 и из условия совместимости с оборудованием потребителей в ГОСТ Р 54149-2010. В нормальных режимах работы среднее значение на интервале 1 секунда не должна выходить за пределы ± 50 МГц. При сильных возмущениях (маркированные режимы) и при выделении части системы на самостоятельную работу частота должна быть в пределах ± 200 МГц. Указанный режим требует наличие резерва на изменение мощности электростанций величиной 10% от номинальной

За рассматриваемый период были выделены следующие сильные возмущения режима:

- | | |
|---|----|
| 1. Провалы частоты на величину более 100МГц- | 11 |
| 2. Снижение частоты более 50МГц- | 4 |
| 3. Выбросы частоты на величину более 100МГц – | 8 |
| 4. Повышение частоты выше 50МГц – | 2 |
| 5. Колебания частоты в пределах более ± 100 МГц – | 3 |
| 6. Сложные отклонениями частоты более ± 100 МГц | 4 |

Наиболее тяжелые возмущения режима:

- | | |
|------------------------------|------------|
| 1. Провал 1300мГц | 15.05.2012 |
| 2. Провал 450мГц. | 28.04.2014 |
| 3. Выброс 1000мгц. | 07.02.2012 |
| 4. Выброс 520мГц. | 26.08.2014 |
| 5. Серия выбросов до 540мГц. | 02.07.2014 |

2.3.11. Анализ причин снижения эффективности рынков электроэнергии и мощности.

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.3. «Анализ механизмов организации функционирования и развития систем энергетики в рыночных условиях».

Руководитель работы: д.т.н. С.И. Паламарчук.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

Среди причин повышения стоимости электроэнергии для конечных потребителей выделяется использование упрощенных методик и искаженной информации при планировании загрузки электростанций. Упрощенное планирование ведет к снижению экономических показателей работы электроэнергетических систем. В условиях оптового рынка электроэнергии генерирующие компании формируют информацию о экономических характеристиках оборудования и возможности генерации мощности. Такая информация предоставляется системному оператору и используется при планировании электроэнергетических режимов энергосистем.

В рамках исследований по теме выполнен анализ эффективности среднесрочного планирования режимов электроэнергетических систем в условиях оптового рынка электроэнергии. Разработана двухуровневая оптимизационная модель, позволяющая анализировать поведение генерирующих компаний при планировании режимов.

Двухуровневая оптимизационная задача формулируется в форме задачи динамического программирования и решается стратегическими поставщиками электроэнергии с учетом равновесия интересов конкурирующих генерирующих компаний. Показана заинтересованность стратегических поставщиков в искажении предоставляемых Системному оператору данных для получения дополнительной прибыли. Полученные результаты дают возможность принять дополнительные меры по контролю обоснованности поведения генерирующих компаний для повышения эффективности организации отечественного оптового рынка электроэнергии.

2.3.12. Разработка методики среднесрочного планирования выработки электроэнергии в условиях оптового рынка.

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.1.3. «Анализ механизмов организации функционирования и развития систем энергетики в рыночных условиях».

Руководитель работы: д.т.н. С.И. Паламарчук.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем, отдел прикладной математики.

Важной задачей при управлении режимами электроэнергетических систем (ЭЭС) является среднесрочное планирование загрузки электростанций. В условиях оптового рынка, генерирующие компании формируют собственные стратегии поведения. Существовавшие ранее методики планирования, сокращающие суммарные затраты на выработку электроэнергии, не отражают особенности работы ЭЭС в рыночных условиях.

Предложена постановка двухуровневой оптимизационной задачи. Задача моделирует действия генерирующих компаний, максимизирующих свою прибыль на стадии подготовки технико-экономической информации о работе своего генерирующего оборудования. На втором уровне планирование выработки электроэнергии выполняют подразделения Системного оператора с использованием предоставленной им технико-экономической информации. Подзадача подготовки технико-экономической информации трактуется как Нэш-игра с несколькими участниками. Для моделирования действий генерирующих компаний ищется равновесие интересов участников рынка. Для энергосистем с ГЭС предложен алгоритм среднесрочного планирования загрузки электростанций на основе метода стохастического динамического программирования. Численный анализ новой методики показал результативность предложенных подходов и алгоритмов. Численные эксперименты свидетельствуют о заметном отклонении результатов планирования, получаемых по предложенной и ранее используемой методикам.

2.3.13. Анализ свойств функций предложения поставщиков электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии.

Источник финансирования: грант Президента РФ НШ-4711.2014.8 «Разработка теории, моделей и методов обоснования развития и управления функционированием структурно неоднородных электроэнергетических систем в рыночных условиях».

Исполнитель работы: к.т.н. М.Ю. Васильев.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

Выполнен анализ соответствия характеристик предложения поставщиков электрической энергии и мощности (КЭС) на оптовом рынке их издержкам. Изучены свойства характеристик предложения, соответствующих издержкам. Показано, что для рынка на сутки вперед и балансирующего рынка на снижающихся участках функции краткосрочных предельных издержек (КПИ) соответствующая ей характеристика предложения получает разрыв (рис. 22). Таким образом, требуемый Договором о присоединении к торговой системе вид заявки поставщика на продажу электроэнергии априори не может соответствовать краткосрочным предельным издержкам КЭС, имеющим убывающие участки функции КПИ. Показано, что число участков функции предложения, соответствующей издержкам, может не соответствовать числу блоков электростанции. Показано влияние наличия/отсутствия рынка мощности (или другого механизма компенсации условно-постоянных издержек поставщика) на среднесрочную характеристику предложения КЭС, соответствующую издержкам. Установлен характер характеристик предложения на рынке мощности, соответствующих издержкам (рис. 23). Показана принципиальная невозможность использовать характеристики, соответствующие издержкам в действующей модели рынка мощности.

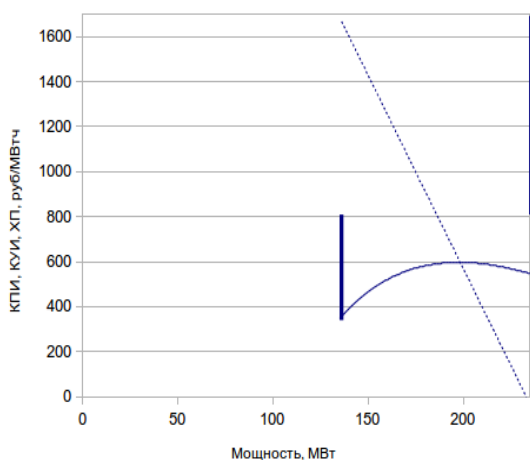


Рис. 22. Краткосрочные предельные (КПИ) и удельные (КУИ) издержки одноблочной КЭС и соответствующая им характеристика предложения (ХП) на рынке на сутки вперед. КПИ — пунктирная, КУИ — тонкая сплошная, ХП — толстая сплошная линия.

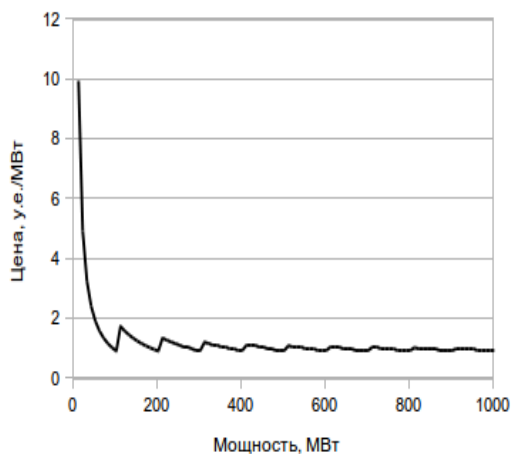


Рис. 23. Конкурентный отбор мощности с десятью одинаковыми электростанциями и заявками, соответствующими условно-постоянным издержкам.

2.3.14. Анализ эффективности рынков мощности. Исследование механизмов развития генерирующих мощностей.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.1.1. «Теория и методы управления режимами интеллектуальных электроэнергетических систем».

Руководитель работы: к.т.н. С.В. Подковальников.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

В ранее выполненных авторами исследованиях предполагалось, что прогноз электропотребления совпадал с его реализацией, что являлось идеализацией ситуации и, соответственно, завышало эффективность механизма договоров о предоставлении мощности (ДПМ). В реальности, имеет место отклонение (обычно снижение) электропотребления от прогнозов. При этом объекты, сооружаемые по ДПМ, продолжают вводиться, что приводит к созданию избыточных мощностей в энергосистеме. Проведены дополнительные исследования в предположении, что объекты сооружаются по ДПМ в соответствии с выполненным ранее прогнозом электропотребления. В случаях, когда прогноз электропотребления оказывается завышенным, часть сооружаемых по ДПМ объектов не используется, затраты, вложенные в них «омертвляются» и, соответственно, эффективность механизма развития мощностей снижается.

Для проведения исследования использовались равновесные рыночные модели развития электроэнергетики с учетом механизмов развития генерирующих мощностей, разработанные в ИСЭМ СО РАН. Рассматривалась ОЭС Центра на перспективу до 2030 г.

Рассмотрены две формы организации электроэнергетического рынка и механизмов развития генерирующих мощностей: олигополистический рынок электроэнергии и мощности и олигополистический рынок электроэнергии и мощности, дополненный ДПМ. Последняя форма фактически отражает существующую сейчас в России ситуацию. Причем она рассматривалась для двух случаев: совпадение прогноза электропотребления с его реализацией и завышенный прогноз электропотребления.

Первоначально прогноз электропотребления принимался на уровне 348 ТВт·ч/год, что соответствовало прогнозу, сделанному в Сценарных условиях развития электроэнергетики на период до 2030 г. (разработанных в 2011 г.). Позднее, учитывая ухудшившуюся экономическую ситуацию, как внутри страны, так и за рубежом, прогноз был снижен до 284 ТВт·ч/год, т.е. на 64 ТВт·ч/год или почти на 17 %.

Выполненные расчеты показали (рис. 25), что цена на электроэнергию при учете неточности прогноза для формы рынка с ДПМ повышается. Это повышение составляет 0,5 цент/кВт·ч или примерно 5 %. При этом доля ДПМ в общей

цене на электроэнергию составляет 30 %. В случае идеализированного прогноза она составляла несколько более 25 %. Как видно, учет неточности прогноза электропотребления снижает эффективность механизма ДПМ. Вместе с тем, при рынке с ДПМ требующиеся объемы генерирующей мощности гарантируются (с избытком), а цена электроэнергии остается ниже, чем при двухпродуктовом рынке электроэнергии и мощности (рис. 24).

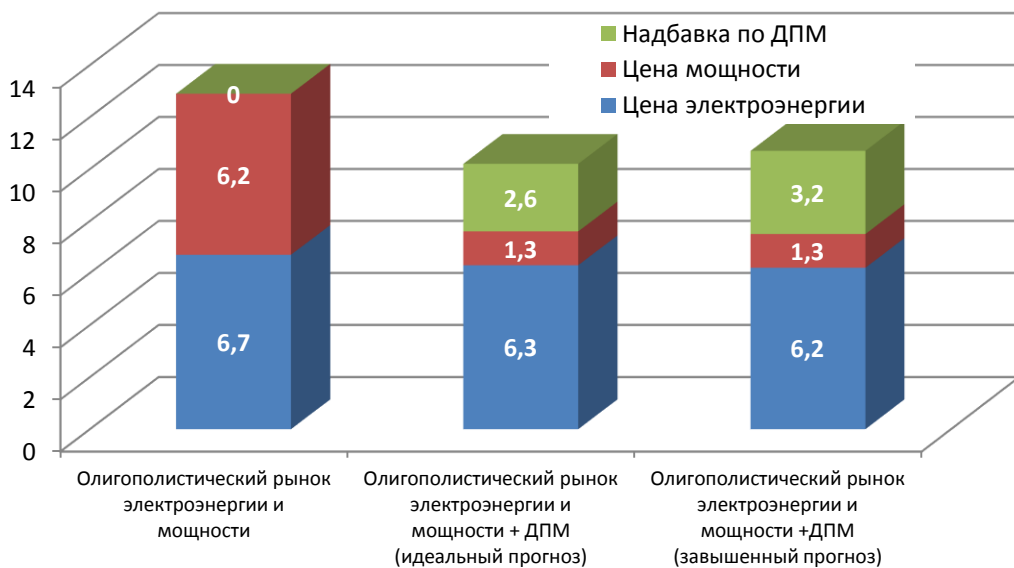


Рис. 24. Цены на электроэнергию при разных формах организации рынка и механизмах развития.

2.4. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.

2.4.1. Комплексная оптимизация автономных систем электроснабжения на основе возобновляемых источников и накопителей энергии.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.2.1. «Комплексные оптимизационные исследования перспективных энергетических установок и электрических станций».

Руководитель работы: д.т.н. А.М. Клер.

Подразделение: отдел теплосиловых систем.

Одним из основных перспективных направлений развития автономных систем электроснабжения (АСЭС) является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), причем самые «универсальные» виды возобновляемой энергии — это энергия Солнца и энергия ветра. Следует отметить, что мощность электрогенераторов, использующих указанные виды энергии имеет стохастический характер, связанный со случайными изменениями скорости ветра, облачности и других метеопараметров. Кроме того, мощность солнечных энергоустановок в ночное время равна нулю. В этих условиях эффективно применение в АСЭС накопителей энергии (НЭ) позволяющих приблизить график выдачи мощности от ВИЭ к графику нагрузки потребителей. При комплексной оптимизации АСЭС предлагается проводить расчеты для всех лет периода метеонаблюдений ближайшей к расположению АСЭС автоматической метеостанции с шагом равным одному часу. При этом параметры окружающей среды принимаются равными параметрам, замеренным на соответствующем трехчасовом интервале рассматриваемого года. Расчеты проводятся при ожидаемых графиках нагрузки потребителей. Принимая вероятность реализации сочетания метеоусловий каждого года наблюдений одинаковой, можно определить среднегодовую выработку электроэнергии на генераторах, использующих ВИЭ и дизель-генераторных установках, среднегодовой расход топлива, показатели экономической эффективности при заданном составе генерирующих мощностей и емкости НЭ. Для реализации подобного подхода в ИСЭМ СО РАН разработаны методика и реализующий её программно-вычислительный комплекс, в котором оптимизация мощностей генераторов разного типа и емкости накопителей энергии проводится методом покоординатного спуска.

В разработанном программно-вычислительном комплексе реализованы модели устройств генерации, распределения, преобразования и передачи электроэнергии. В качестве электрогенерирующих установок могут рассматриваться фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), ветроэнергетические установки (ВЭУ), ДГУ, а в качестве накопителей энергии – аккумуляторные батареи разных типов (АБ).

На рис. 25 показана структурная схема АСЭС, реализованная в программно-вычислительном комплексе оптимизации состава оборудования АСЭС.

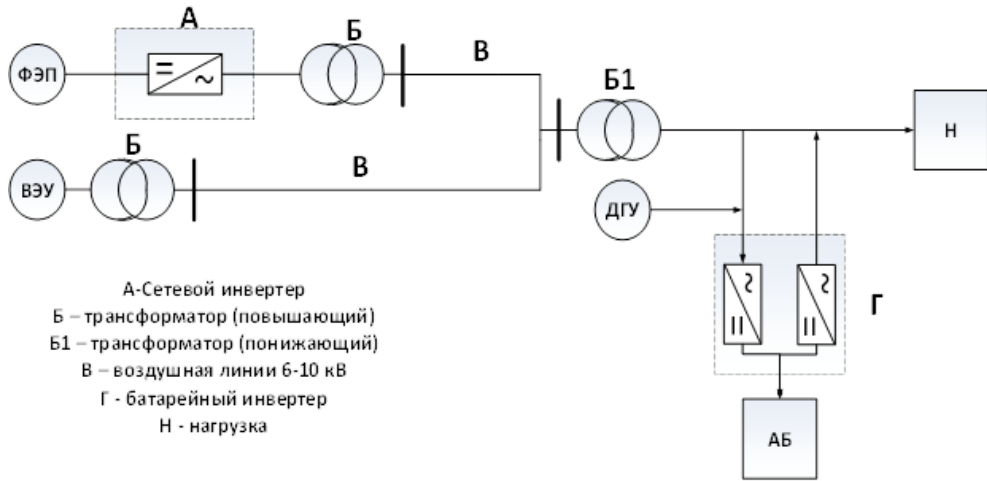


Рис. 25. Структурная схема АСЭС, использующей ВИЭ, элементы трансформации, преобразования, передачи и аккумулярования.

На рис. 26 показано изменение целевой функции (LCOE - приведенные затраты на единицу отпускаемой электроэнергии) на первой итерации метода по координатного спуска комплексной оптимизации АСЭС в прибрежной арктической зоне для метеоусловий н.п. «Тикси».

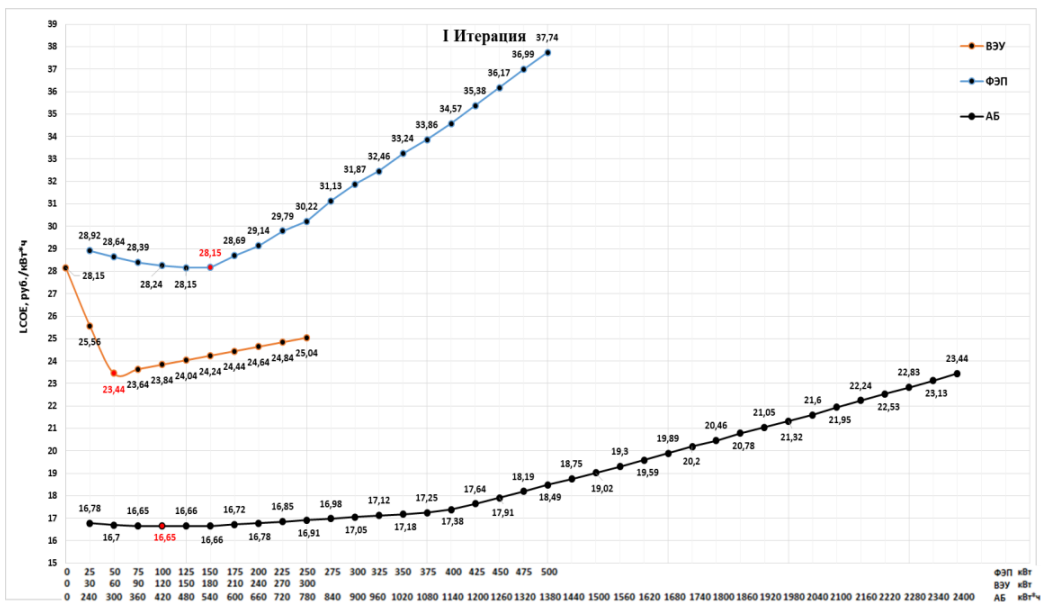


Рис. 26. Изменение целевой функции при комплексной оптимизации АСЭС в прибрежной арктической зоне на I итерации.

1 шаг – оптимизация установленной мощности ФЭП, 2 шаг – оптимизация установленной мощности ВЭУ, 3 шаг – оптимизация установленной емкости АБ.

Для поиска оптимального решения потребовалось 5 итераций. Результаты оптимизации приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Итоговые результаты комплексной оптимизации АСЭС

ВЭУ	АБ С-К Л-И	ДЭС	Кап.влож. млн. руб.	Годовой рас- ход топлива, т.	Годовая выработка по эле- ментам тыс. кВтч			LCOE руб./кВтч
Вариант 1 (Вариант электроснабжения от ДЭС)					ДЭС	Нагрузка		23,22
-	-	2x75	2,27	123,1	351,7	351,7		
Вариант 2 (Оптимальный вариант ВЭУ-ДЭС-АБ)					ВЭУ	ДЭС	Нагр.	14,30
150	720	2x75	14,144	47,6	228,6	134,3	351,7	
Вариант 3 (Оптимальный вариант ВЭУ-ДЭС-АБ)					ВЭУ	ДЭС	Нагр.	15,37
150	308	2x75	15,635	54,6	205,7	156,1	351,7	

• Вариант 2 использует свинцово-кислотные АБ, а вариант 3 - литий-ионные.

Согласно полученным результатам комплексной оптимизации АСЭС для метеоусловий населенного пункта Тикси оптимальной технологией производства электроэнергии является ветродизельный комплекс генерации со свинцово-кислотными АБ. Применение литий-ионных АБ позволяет исключить их замену на протяжении всего цикла эксплуатации, при этом их остаточная стоимость на конец расчетного периода составила 67,5 тыс. рублей. Стоимость произведенного кВт ч меньше в варианте со свинцово-кислотными АБ, за счет меньших капиталовложений в АБ и меньшего среднегодового потребления дизельного топлива (на 7 тонн).

2.4.2. Мультиагентная математическая модель регулируемого энергетического рынка с возобновляемыми источниками энергии.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Развитие методов технологического прогнозирования в энергетике».

Руководитель работы: к.т.н. О.В. Марченко.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

В разработанную ранее мультиагентную модель рынка электроэнергии, сформулированную в виде задачи поиска рыночного равновесия (равновесие Нэша) введены факторы, учитывающие воздействие на рыночное равновесие регулирующих органов.

В качестве таких факторов рассмотрены субсидии возобновляемым источникам энергии, плата за выбросы вредных веществ электростанциями на ор-

ганическом топливе и нормативы на долю производимой ВИЭ энергии, обеспечиваемые посредством эмиссии "зеленых" сертификатов и последующей торговлей ими (рис. 27).

Разработанные алгоритмы позволяют последовательно решать вначале задачу рыночного равновесия (с учетом выбранного механизма регулирования рынка), а затем – выбора оптимальной структуры и режима работы энергосистемы (оптимальный план) путем оптимизации по единому критерию. В качестве такого критерия выбрано математическое ожидание суммарного экономического эффекта (максимум общественного благосостояния). Сравнение результатов решения двух указанных задач позволяет оценить эффективность механизмов стимулирования новых энергетических технологий по критерию максимума функции общественного благосостояния. Новизна модели заключается в одновременном рассмотрении краткосрочных и долгосрочных периодов принятия решений агентами рынка и учете стохастических режимов работы ВИЭ в краткосрочном периоде.

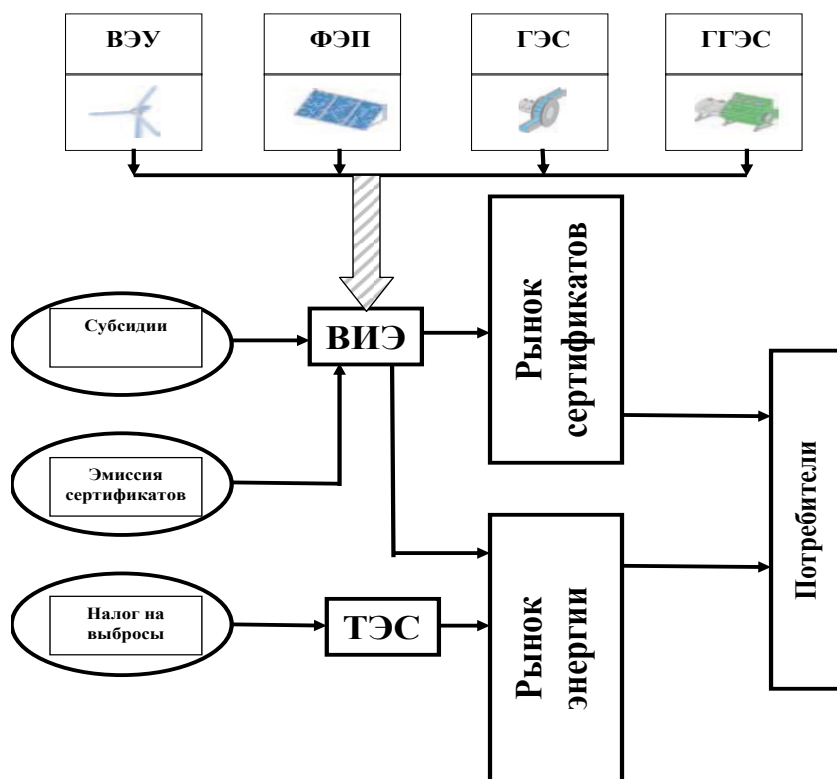


Рис. 27. Факторы, влияющие на принимаемые агентами решения на рынках электроэнергии и "зеленых" сертификатов.

2.4.3. Методика обоснования применения систем гелиоэнергетики на территории России.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.1. «Теория и методы управления режимами интеллектуальных электроэнергетических систем».

Исполнитель: к.т.н. В.В. Ханаев.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

Системы гелиоэнергетики получают все большее и большее применение. В силу целого ряда экономических и социальных причин они прочно вошли в структуру электроэнергетики большинства промышленно и экономически развитых стран. Не остается в этом вопросе в стороне и Россия. При этом предпочтение отдается гелиосистемам малой мощности, способным обеспечивать потребности в электроэнергии «мелкомоторных» потребителей и в частном секторе. Зачастую установка и эксплуатация оборудования осуществляются без предварительной оценки эффективности, что отрицательно сказывается на экономическом эффекте от его использования. Таким образом, объективная оценка эффективности применения гелиоустановок требует разработки определенных методик, одной из которых может стать определение стоимости вырабатываемой с её помощью электроэнергии и последующее сопоставление полученного результата с аналогичными показателями централизованного электроснабжения или иных альтернативных источников электроэнергии.

Выполнен обзор наиболее распространенных в настоящее время гелиосистем: состав оборудования, требования к его эксплуатации. Даны предложения по оценке эффективности использования гелиосистем, предлагается способ определения стоимости вырабатываемой ими электроэнергии. Предлагаемая методика, основывающаяся на соотношении затрат на строительство и последующую эксплуатацию гелиоустановки со сроком ее эксплуатации, протестирована на конкретных примерах – определении эффективности использования гелиоустановок малой мощности в условиях Иркутской области и Бурятии, областей с одним из наибольших значений инсоляции на территории Российской Федерации.

В соответствии с полученными результатами делается заключение о том, что в настоящее время массовая эксплуатация систем гелиоэнергетики в условиях России пока еще экономически не выгодна. Дополнительные сложности создает проблема сезонной эксплуатации гелиоустановок – так, в зимний период, когда потребность в электроэнергии на нужды освещения и обогрева возрастает, из-за сокращения светлого времени суток значительно снижается возможность задержания и накопления солнечной энергии, в летний же период наблюдается

её избыток, который остаётся невостребованным. Тем не менее, с учетом совершенствования технологий производства наиболее дорогих составляющих гелиоустановки – солнечных панелей и аккумуляторов, это оборудование имеет хорошие перспективы для широкого применения.

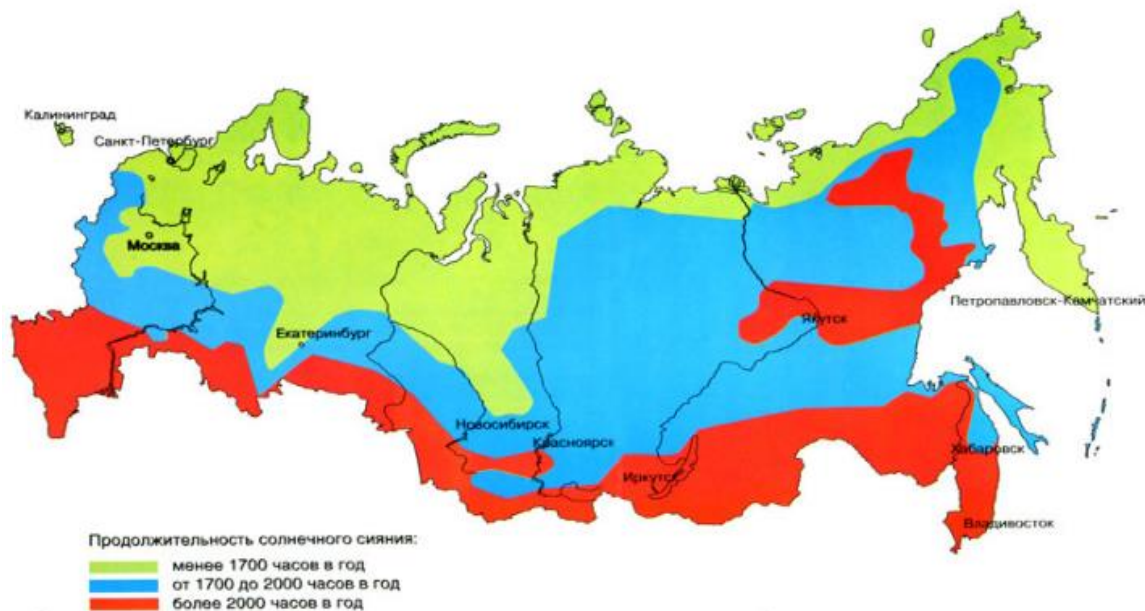


Рис. 28. Карта инсоляции территории Российской Федерации.

2.4.4. Влияние показателей ветропотенциала и его внутригодового распределения на соотношение оптимальной мощности ВЭС и нагрузки потребителя.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 88.2.3 «Исследование проблем и формирование стратегических направлений развития систем энерго-, топливоснабжения в северо-арктической зоне на востоке России».

Руководитель работы: к.т.н. И.Ю. Иванова.

Подразделение: отдел комплексных и региональных проблем энергетики.

В рамках проекта разработана имитационная модель определения оптимальной мощности ветроэлектростанций в составе ветродизельных комплексов, реализующая авторскую методику, основанную на совмещении графиков потребления и выработки электроэнергии возобновляемым источником энергии.

Результаты исследований с использованием модели позволили выявить зависимость оптимальной мощности ВЭС и максимума нагрузки потребителя с

учетом величины ветропотенциала и характера его распределения в течение года (рис. 29).

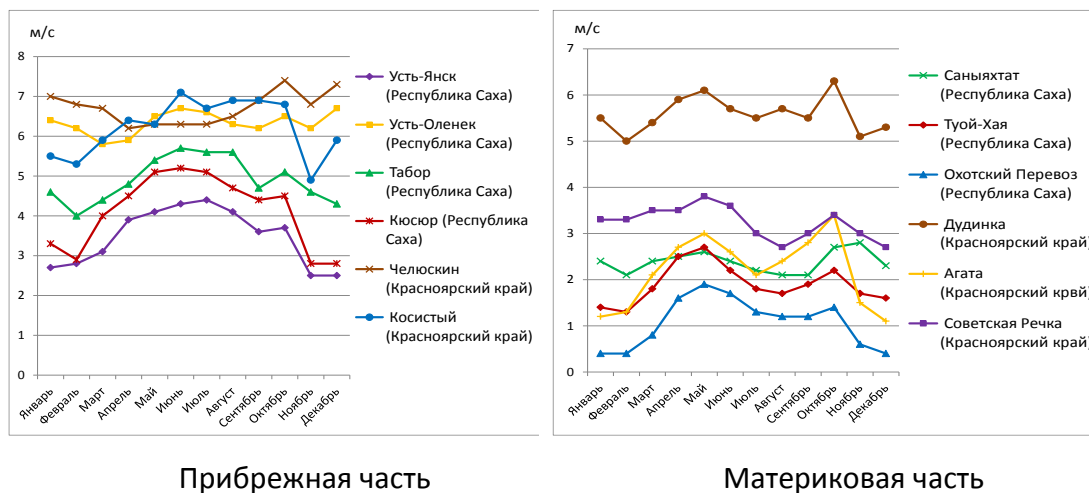


Рис. 29. Характерное для территорий внутригодовое распределение скоростей ветра.

Оптимальная мощность ВЭС в составе ветродизельных комплексов у потребителей, расположенных в прибрежных районах арктических территорий, практически совпадает с максимумом электрической нагрузки (рис. 30). У потребителей материковой части арктических территорий, даже при высоких значениях ветропотенциала, оптимальная мощность ВЭС в 2 раза превосходит максимум нагрузки.

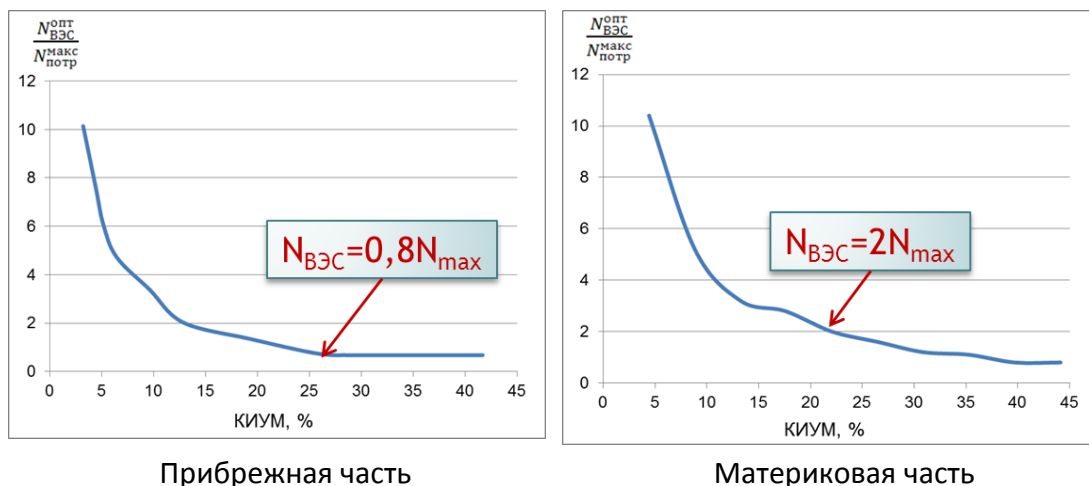


Рис. 30. Зависимости оптимальной мощности ВЭС и максимума нагрузки потребителя.

2.4.5. Интегрированная структура тепловых электростанций с нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии (НВИЭ) (на примере ВЭС).

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе».

Руководитель работы: д.т.н. В.А. Стенников.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Предложена интегрированная технология, учитывающая преимущества когенерции (теплофикации) и бестопливную работу ветроэлектростанций (ВЭС) и солнечных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). В отличие от традиционного включения ВЭС, ФЭП непосредственно в электрическую сеть ЭЭС, в ней электроэнергия, вырабатываемая ВЭС, ФЭП, направляется на прямое замещение топлива в тепловых циклах парогазовых установок (ПГУ) посредством трубчатого электронагревателя (ТЭНа), установленного в тракте газотурбинной установки (ГТУ) перед камерой сгорания топлива (КС) для подогрева воздуха, поступающего в КС (рис. 29). Наличие высокотемпературных электрических пароперегревателей (ТЭНов) позволяет оптимизировать тепловой цикл паротурбинной части ПГУ с переходом на цикл одного давления вместо 2-3 уровней давления с упрощением схемы котла-утилизатора и снижением его массы и повышением КПД ПГУ в целом. Для повышения надежности работы электростанции при недостаточной силе ветра и/или солнца ТЭНы ПТУ может сооружаться аварийно-резервный источник электроэнергии, в том числе с использованием водорода, получаемого электролизом на основе нестабилизированной электроэнергии ВЭС, ФЭП, что может способствовать последовательному переходу к водородной энергетике.

Эффективность совместного использования солнечной и ветровой энергии на одной электростанции (рис. 31) значительно повышается, т.к. колебания их интенсивности обычно не совпадают по времени. Предлагаемая технология снимает технологические ограничения на уровень ветровой и солнечной энергии в системах энергоснабжения территорий. Соответственно значительно расширяется возможность использования возобновляемых источников энергии без применения дорогостоящих аккумуляторов электроэнергии и, соответственно, сокращения выбросов CO₂ без дорогих технологий его выделения и захоронения.

Интегрированный комплекс ПГУ-ТЭЦ+ВЭС+ФЭП ориентирован на применение как в локальных энергосистемах, так и актуален для крупных ЭЭС. Такая

технология наиболее перспективна для реализации крупномасштабных проектов энергоснабжения северных городов типа Норильска и Калининграда, а также Крыма.

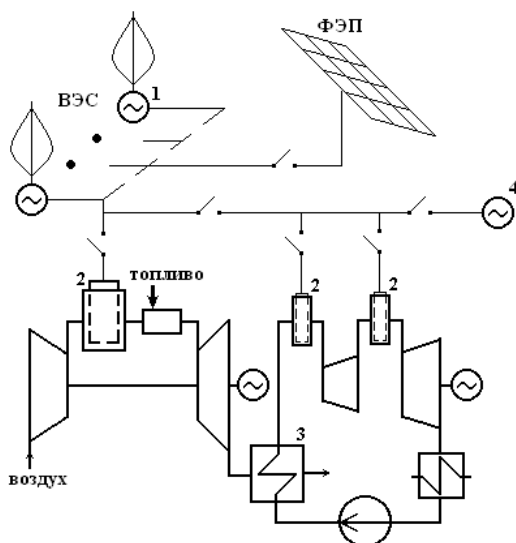


Рис. 31. Принципиальная схема использования нестабилизированной электроэнергии ВЭС и ФЭП в энергоснабжающем комплексе на базе ПГУ: 1 – ветрогенератор; 2 – ТЭН; 3 – котельная; 4 – резервный источник электроэнергии.

Солнечную и ветровую энергию наиболее эффективно использовать совместно на одной станции (рис. 29), т.к. колебания их интенсивности обычно происходят, не совпадая по времени. Предлагаемая технология снимает технологические ограничения на уровень ветровой и солнечной энергии в системах энергоснабжения территорий. Соответственно появляется возможность неограниченно широкомасштабного использования возобновляемых источников энергии без применения дорогостоящих аккумуляторов электроэнергии и, соответственно, сокращения выбросов CO₂ без дорогих технологий его выделения и захоронения. Предлагаемая технология обеспечивает широкомасштабное развитие ветровой и солнечной энергетики.

На предложенную технологию получен патент РФ № 2557049. МПК F 01 K 3/22, F 03 D 9/02 (2006.01). Способ работы паротурбинной установки /Жарков С.В., Кейко А.В., Постников И.В., Пеньковский А.В. / Патентообладатель ИСЭМ СО РАН. Опубликовано 20.07.2015. Бюл. № 20.

2.5. ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ.

2.5.1. Модифицированный метод узловых давлений для расчета потокораспределения в гидравлических цепях при нетрадиционных замыкающих соотношениях.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе».

Руководитель работы: д.т.н. Н.Н. Новицкий.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

1. Сформулирована проблема обеспечения общности методов теории гидравлических цепей в сфере реальных информационно-вычислительных технологий, которая является одним из основных сдерживающих факторов широкого практического применения этих методов при расчетах трубопроводных систем (ТПС) различного типа и назначения.

2. На примере задач моделирования установившихся гидравлических режимов ТПС предложено два взаимосвязанных пути ее решения: а) переход на концепцию объектно-ориентированного моделирования трубопроводных систем, обеспечивающую независимость расчетных методов от специфики законов течения среды по отдельным элементам системы; б) разработка новых методов расчета потокораспределения при произвольных законах течения.

3. Выделены основные типы соотношений для законов изотермического установившегося течения среды по отдельным элементам гидравлических цепей (ГЦ), включая традиционные, неявные по расходу и зависимые от давления. Для нетрадиционных соотношений введены формальные условия применимости, обеспечивающие единственность решения задачи потокораспределения.

4. Предложен новый модифицированный метод узловых давлений (рис. 32), который обладает универсальностью в отношении вида замыкающих соотношений, требует меньших вычислительных затрат по сравнению с известной методикой двойных циклов итераций, может выступать в роли базового метода в рамках концепции объектно-ориентированного моделирования ГЦ.

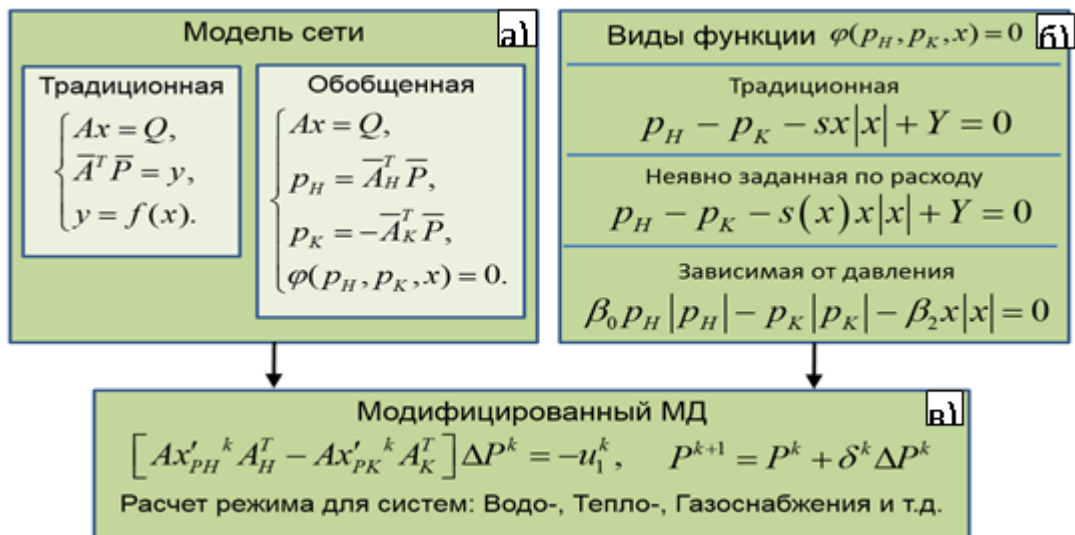


Рис. 32. Основные положения модифицированного метода узловых давлений для расчета потокораспределения при произвольных законах установившегося изотермического течения рабочей среды по отдельным элементам: а) обобщенная модель потокораспределения в сопоставлении с традиционной; б) примеры различных типов замыкающих соотношений (законов течения); в) основные расчетные соотношения.

2.5.2. Методология многоуровневого моделирования интеллектуальных трубопроводных систем на примере газоснабжения.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе».

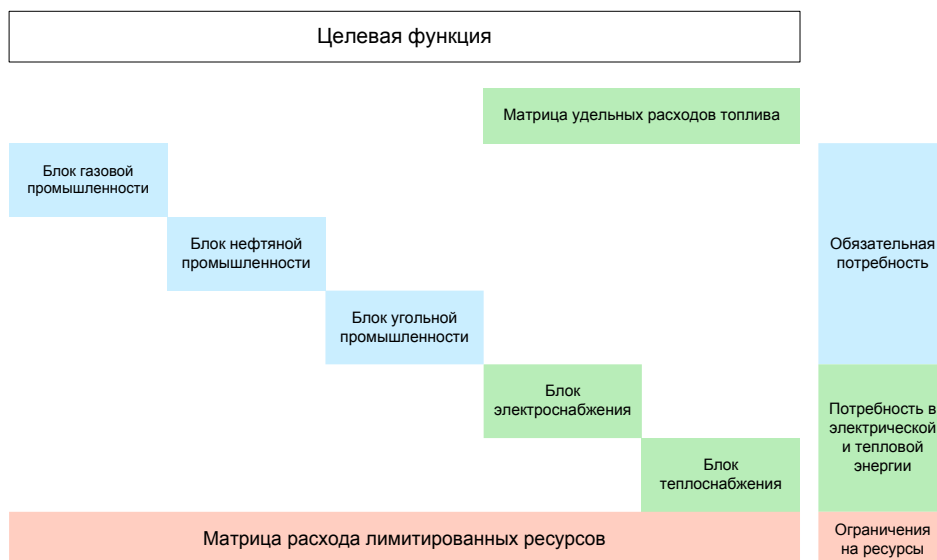
Руководитель работы: д.т.н. Н.И. Илькевич.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Обоснована целесообразность разработки методологии трехуровневого моделирования системы газоснабжения субъекта РФ (рис. 33). На первом уровне оптимизируется существующая структура топливно-энергетического хозяйства субъекта РФ. На втором уровне определяются (детализируются) рациональные объемы потребления газа в городских округах (районах, ареалах и агломерациях). На третьем уровне оптимизируются параметры вариантов подачи энергии в агломерацию из допустимого множества комбинаций источников традиционной и распределенной генерации и разных способов подачи газа и других энергоносителей.

Методический подход позволяет реконструировать существующие технологии энергетического хозяйства субъекта РФ, газораспределительной сети, принимающей «умные технологии, развиваемые в настоящее время.

Модель топливно-энергетического хозяйства субъекта РФ



Модель газоснабжения субъекта РФ



Модель энергоснабжения агломерации

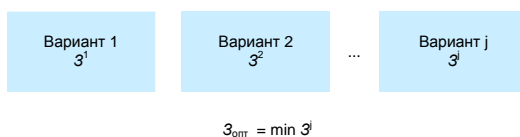


Рис. 33. Модели для решения задач развития энергетического хозяйства субъекта РФ.

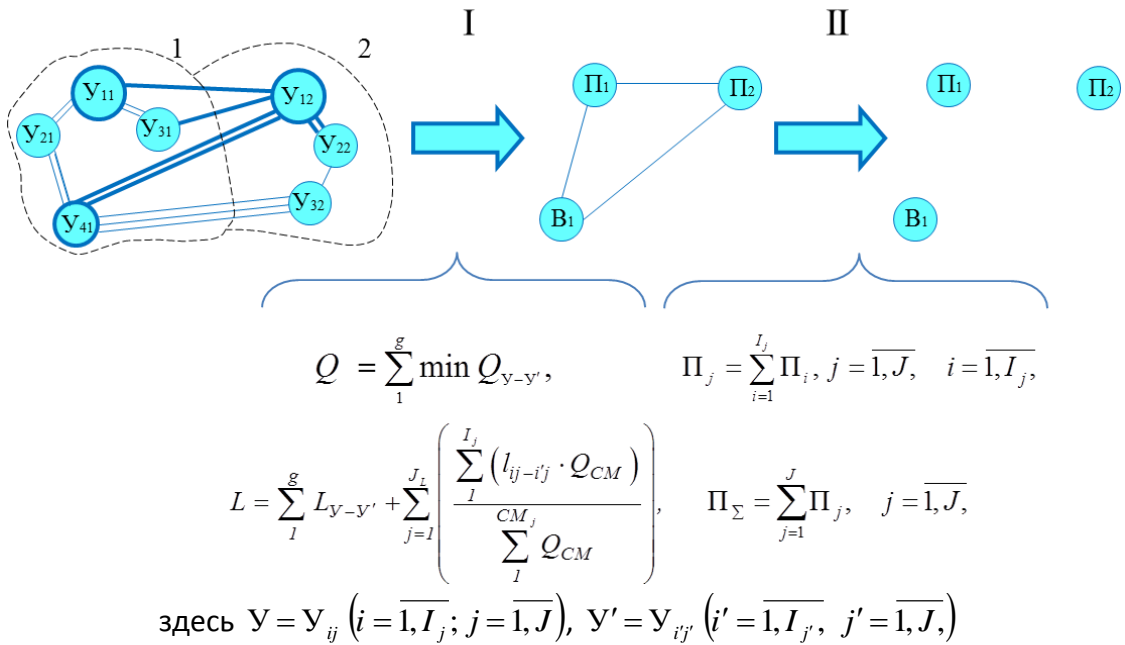
2.5.3. Разработка метода агрегирования ЕСГ для обоснования основных направлений ее развития на долгосрочную перспективу.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе».

Руководитель работы: д.т.н. Н.И. Илькевич.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Разработаны методы и алгоритмы агрегирования газоснабжающих систем, позволяющие создавать расчетные схемы газоснабжающей системы (модельные сети), адекватно отображающие реальную ЕСГ (рис. 34). На этой основе сформирована информационная база для многоуровневого моделирования развития системы газоснабжения России на период до 2030 г. С помощью информационной базы и вычислительного инструментария на сетевой потоковой модели были выполнены исследования развития структуры ЕСГ по пятилетиям. Предложенный методический подход позволяет оперативно корректировать (уточнять) большие объемы исходной информации и использовать их в модельных расчетах по оптимальному развитию ЕСГ.



Y_{12} – первый узел второго субъекта подробной схемы; Π_1 – узел потребитель (первый субъект агрегированной схемы); B_1 – узел ветвление (первый субъект агрегированной схемы); Q – производительность магистрали; L – длина магистрали; Π_j – агрегированный спрос на газ субъекта РФ

Рис. 34. Агрегирование магистральных газопроводов: узлов потребителей (I) и узлов ветвления (II).

2.5.4. Оценка балансовой надежности ЭЭС с учетом надежного снабжения газом электростанций.

Руководитель работы: д.т.н. Г.Ф. Ковалев.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики, отдел энергетической безопасности.

1) Обоснована необходимость разработки взаимоувязанного моделирования надежности электроэнергетической и газоснабжающей систем.

2) Предложены два методических подхода для оценки балансовой надежности ЭЭС с учетом надежного снабжения газом электрических станций, а именно: - «поузловой» и «системный» подходы. Суть «поузлового подхода» заключается в учете надежности функционирования магистрального газопровода в зависимости от аварийности оборудования при его изолированной работе. Суть «системного» подхода заключается в последовательной оценке надежности сначала системы газоснабжения, затем энергосистемы с учетом дополнительной вероятности отказа станций, работающих на газе, вследствие ненадежной работы ГСС.

3) В рамках «системного» подхода осуществлен анализ надежности газоснабжающей системы СЗФО и балансовой надежности электроэнергетической системы округа как без учета надежности снабжения электростанций газом, так и с учетом газоснабжения электростанций для января 2015 г.

2.5.5. Комплексная методика оптимизации параметров многоконтурных теплоснабжающих систем.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе».

Руководитель работы: д.т.н. В.А. Стенников.

Исполнители: к.т.н. Е.А. Барахтенко, к.т.н. Д.В. Соколов.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Для обеспечения эффективного управления интеллектуальными ТСС важное значение имеют решения, принятые на уровне их создания и развития. Фактически они должны обеспечить реализацию всех режимов, имеющих место при эксплуатации систем. Среди множества задач, возникающих при этом, сложной в математическом и вычислительном отношении является задача комплексной оптимизации параметров ТСС. Она нелинейная по своему характеру, имеет множество локальных оптимумов и ограничения в виде равенств и неравенств, отличается дискретностью, наличием и необходимостью реконструкции существующих элементов (теплопроводов, насосных станций и т.п.). Эта задача усложня-

ется в связи с тем, что решается на многоконтурных сетевых структурах. Она может иметь как самостоятельное значение, так и рассматриваться в качестве подзадачи общего процесса проектирования, направленного на реконструкцию и развитие современных ТСС. Для ее решения разработан новый методический подход и реализующие его новые алгоритмы численного решения задач оптимизации параметров разветвленных и многоконтурных ТСС на базе методов теории гидравлических цепей. Они позволяют эффективно решать задачи с применением автоматической многоуровневой декомпозиции модели тепловой сети. Предложенный в настоящей работе подход развивает следующие методические разработки:

- 1) принципы многоуровневой декомпозиции модели тепловой сети;
- 2) принципы «увязки» решений между уровнями иерархической модели тепловой сети в процессе оптимизации параметров ТСС;
- 3) алгоритм динамической декомпозиции модели сети на кольцевую часть и тупиковые ответвления;
- 4) алгоритм верхнего уровня для оптимизации параметров ТСС с учетом располагаемых напоров у потребителей;
- 5) алгоритмы методов многоконтурной оптимизации (МКО) и динамического программирования (ДП), ориентированные на решение задачи с учетом многоуровневой декомпозиции модели тепловой сети.

Эффективный алгоритм метода МКО, позволяет при решении задачи «увязывать» частные решения для различных уровней иерархической модели в рамках единого итерационного вычислительного процесса.

Новый алгоритм, реализующий метод динамического программирования, обладает высоким быстродействием, его особенность состоит в возможности проведения расчетов в рамках единого итерационного процесса различных компонентов иерархической модели.

Основная особенность предложенного алгоритма МКО состоит в том, что во время решения задачи тупиковые ответвления методом динамического программирования рассчитываются только один раз, а во время итерационного процесса МКО рассчитываются параметры только кольцевой части сети. При этом решения кольцевой части и тупиковых ответвлений «увязываются» в соответствии с предложенными в рамках работы принципами (рис. 35б). Практическая значимость этого алгоритма состоит в уменьшении размерности исходной сложной задачи за счет ее сведения к иерархически связанному набору подзадач меньшего размера и сложности. На практике этот подход позволяет решить сложную инженерную задачу за приемлемое время.

В литературе не известны аналоги перечисленных методов и подходов, позволяющие решать настоящую задачу в такой комплексной постановке.

Реализующий предложенный методический подход алгоритм решения задачи оптимизации параметров многоконтурных ТСС, ориентированный на иерархическую декомпозицию модели тепловой сети графически представлен на рис. 35а.

Разработанный подход позволяет организовать параллельные вычисления при решении задачи оптимизации параметров как разветвленных, так и многоконтурных ТСС. Основная идея нового алгоритма состоит в организации многопоточного вычислительного процесса, в ходе которого параметры некоторых элементов сети определяются одновременно с наиболее сложной в вычислительном плане подзадачи – «прямого хода» метода ДП (рис. 35б). Во время многошагового вычислительного процесса параметры элементов сети последовательно определяются в направлении от потребителей к теплоисточнику. Предложенный параллельный алгоритм позволяет использовать возможности современной многопроцессорной (многоядерной) вычислительной техники, что приводит к значительному сокращению времени решения прикладных задач.

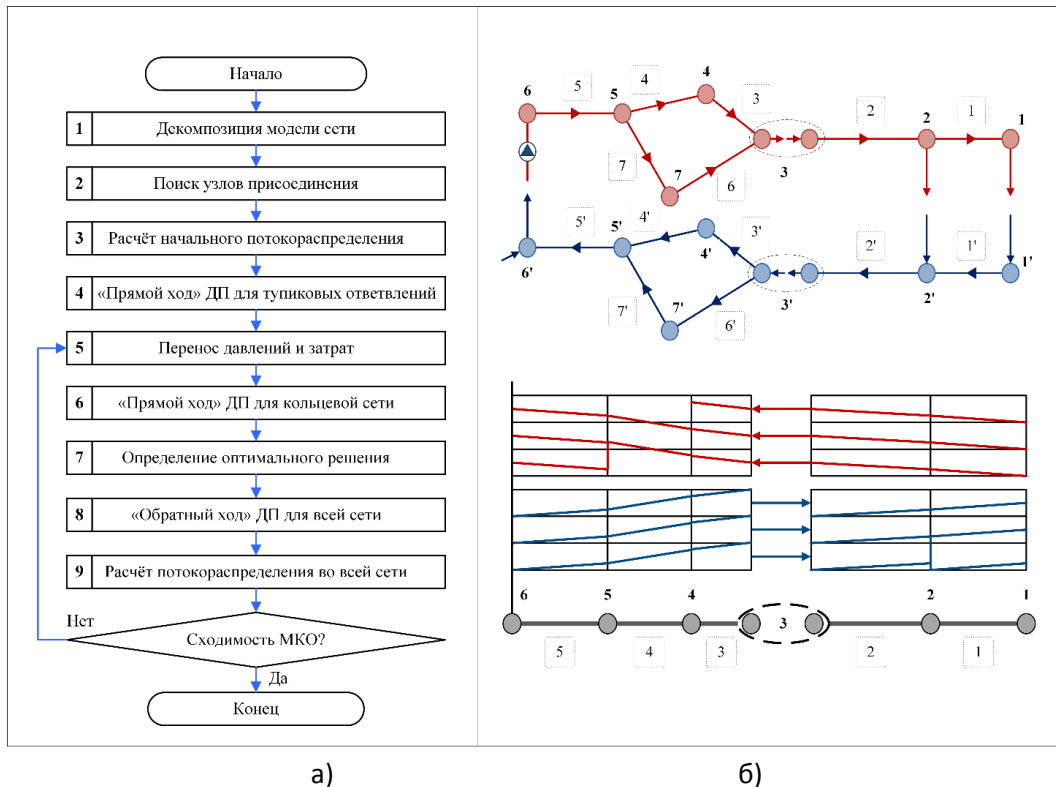


Рис. 35. Иллюстрация работы алгоритма многоконтурной оптимизации.

Преимущество предложенного методического подхода и реализующих его новых алгоритмов перед использовавшимися ранее состоит в возможности рассчитывать сети с любым количеством элементов (узлов и участков) и структурой любой сложности; высокой скорости работы и учете иерархического характера построения подсистем ТСС.

Выполнены многовариантные расчеты на основе предложенного алгоритма МКО, которые позволили определить оптимальные параметры и получить рекомендации по рациональной реконструкции и развитию ТСС Братска (рис. 36).

Предложенный алгоритм может применяться при проведении расчетов ТСС в научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных организациях, занимающихся вопросами теплоснабжения, и позволяет получать рекомендации по реконструкции и развитию ТСС, обеспечивающие повышение эффективности их работы и необходимое качество снабжения потребителей тепловой энергией.

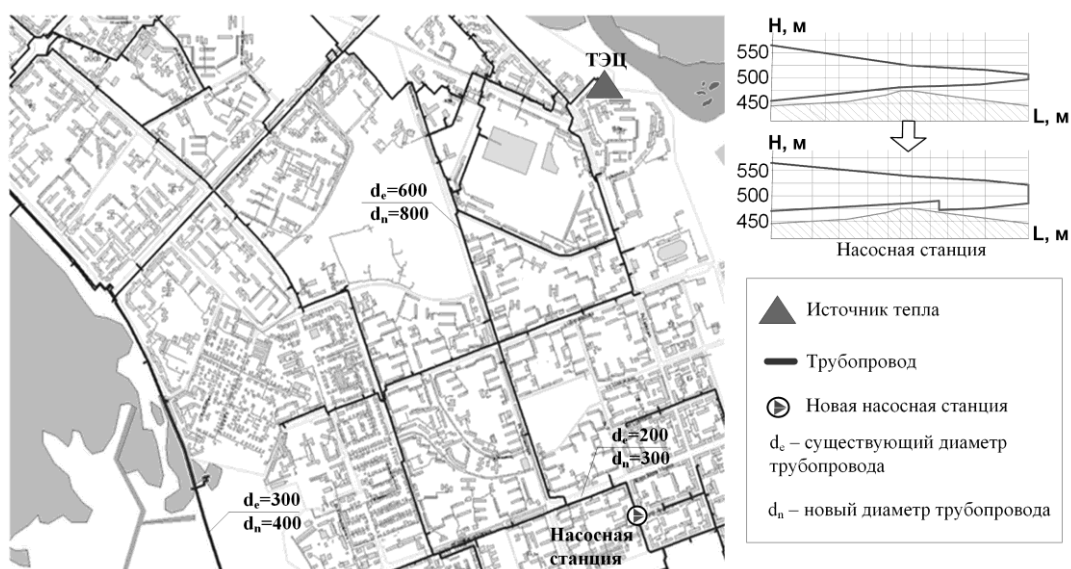


Рис. 36. Фрагмент схемы теплоснабжающей системы Братска, с обозначенными рекомендованными мероприятиями по ее реконструкции.

2.5.6. Методический подход к поиску рыночного равновесия Нэша на рынке тепловой энергии.

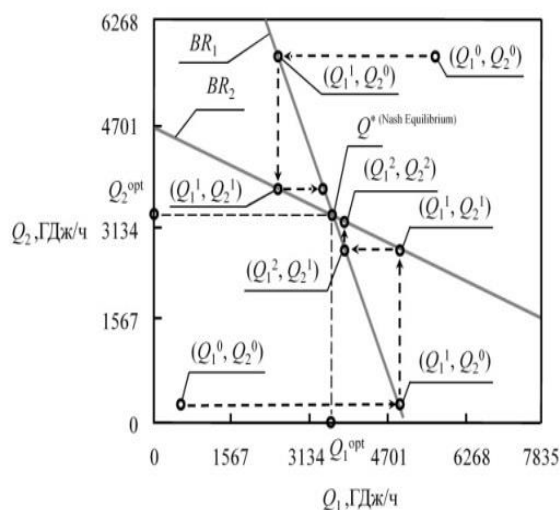
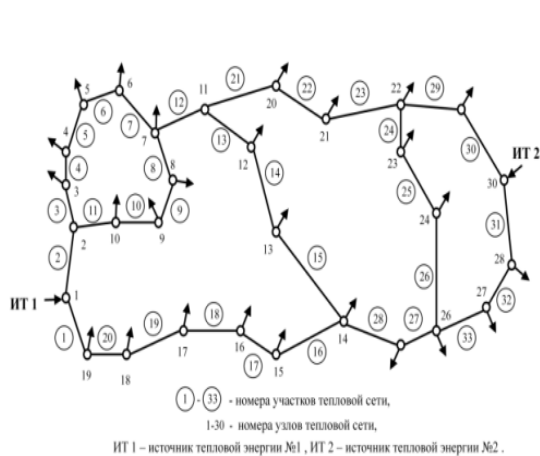
Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе».

Руководитель работы: д.т.н. В.А. Стенников.

Исполнитель: н.с. А.В. Пеньковский.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Разработана оригинальная математическая модель ТСС, работающая в условиях организационной структуры «Единый закупщик», обеспечивающая получение решения, удовлетворяющего рыночному равновесию Нэша. Научно-методической базой для ее описания и исследования приняты основополагающие принципы теории игр, базовые положения микроэкономики, модели и методы теории гидравлических цепей. Отличительной особенностью разработанной математической модели является то, что она, наряду с традиционно решаемыми задачами в рамках двухсторонних отношений - источники тепловой энергии – потребители тепла, учитывает сетевую составляющую с присущими ей физико-техническими свойствами тепловой сети, а также экономические факторы, связанные с затратами на производство и транспорт тепловой энергии.



а)

б)

Рис. 37. Практическая реализация разработанного методического подхода поиска рыночного равновесия Нэша на рынке тепловой энергии.

Предложен методический подход к поиску решения разработанной модели ТСС в формате «Единый закупщик», основанный на пошаговой итерационной процедуре оптимизации уровней загрузки источников тепловой энергии (процедура нащупывания по Курно). На примере теплоснабжающей системы с двумя источниками тепла рис. 37а), проведены практические исследования с графической интерпретацией разработанного методического подхода рис. 37б). Они подтверждают сходимостью вычислительного процесса и его реализуемость.

Практические результаты расчета по предложенным разработкам приведены на рис. 38 для г. Ангарска в Иркутской области. Для представленной на рис.

38а) схемы ТСС получены оптимальные уровни загрузки электростанций по тепловой энергии (рис. 38б), учитывающие спрос на тепловую энергию и возможности предложений со стороны электростанций при работе их на единые тепловые сети в условиях конкуренции.

Предложенные разработки актуальны для принятия решений по развитию теплоснабжающих систем в условиях рыночной конъюнктуры в проектной и эксплуатационной практике, при оценке эффективности организационных моделей теплового рынка для государственных органов, принимающих решения, а также будут полезны при формировании тарифной политики в теплоснабжении для органов государственного регулирования.

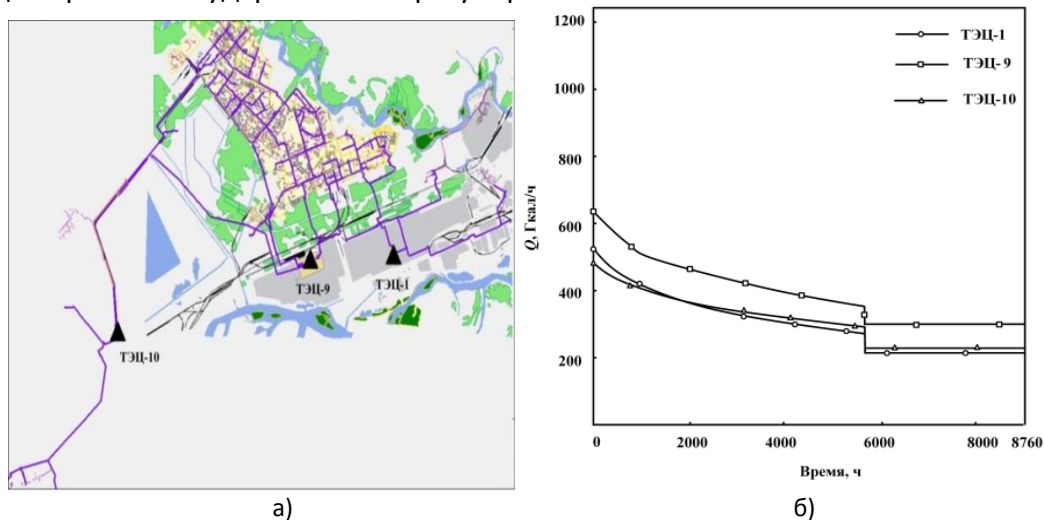


Рис. 38. Теплоснабжающая система г. Ангарска (а) и распределение тепловой нагрузки между теплоисточниками в течение года (б).

2.5.7. Управление элементной надежностью теплоснабжающих систем.

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе».

Руководитель работы: д.т.н. В.А. Стенников.

Исполнитель: к.т.н. И.В. Постников.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Разработана методика оптимизации элементной надежности теплоснабжающей системы (ТСС). Ее основные положения заключаются в экономически рациональном распределении по элементам системы суммарного эффекта повышения надежности, рассчитанного с помощью интегральных параметров их

надежности – интенсивностей отказов и восстановлений. Под интегральным параметром надежности элементов понимается интенсивность их отказов или восстановлений, имеющая условно одинаковое (усредненное) для этих элементов значение, при котором обеспечивается требуемый уровень показателей надежности. Методология решения поставленной задачи основана на использовании узловых показателей надежности теплоснабжения потребителей, моделей марковского случайного процесса, методов теории гидравлических цепей и общих закономерностей теплофикации и процессов теплопередачи. Выполненные исследования подтвердили обоснованность и практическую значимость разработанного методического и вычислительного инструментария. Результаты для одной из расчетных схем ТСС по выбору оптимальных параметров надежности ее элементов с требуемым уровнем узловых показателей надежности (коэффициента готовности и вероятности безотказной работы) приведены на рис. 39.

Представлена тестовая расчетная схема, на которой проведена апробация разработанных методов: она состоит из двух источников тепла (ИТ1, ИТ2), семи потребителей (узлы 1–7) и кольцевой тепловой сети (ТС) из 18 участков. Упрощенная схема обоих ИТ одинакова и показана в нижней части рисунка. Граф состояний, отражающий случайный процесс функционирования рассматриваемой ТСС, в сокращенном виде изображен на рис. 40. На этом графе показаны группы состояний отказов элементов отдельно для подсистем ТСС и группы попарно совмещенных отказов элементов для каждой из подсистем.

На рис. 40 проиллюстрирован поиск оптимального решения по выбору параметров надежности элементов ТСС с требуемым уровнем узловых показателей надежности (коэффициента готовности и вероятности безотказной работы).

На диаграмме рис. 40 приведены зависимость между интегральными параметрами надежности элементов (график 1) и изменение затрат на обеспечение требуемого уровня надежности теплоснабжения в зависимости от их (параметров) соотношения (график 2). Полученное для рассматриваемой системы решение соответствует затратам на обеспечение надежности в объеме 9,18 млн. руб. (в год) при значениях интегральной интенсивности отказов 0,0015 1/ч и интенсивности восстановления 0,06 1/ч. Значения интегральных параметров надежности распределены по элементам схемы ТСС в диапазоне интенсивностей отказов 0,00045–0,0023 1/ч и интенсивностей восстановлений 0,018–0,096 1/ч (рис. 41).

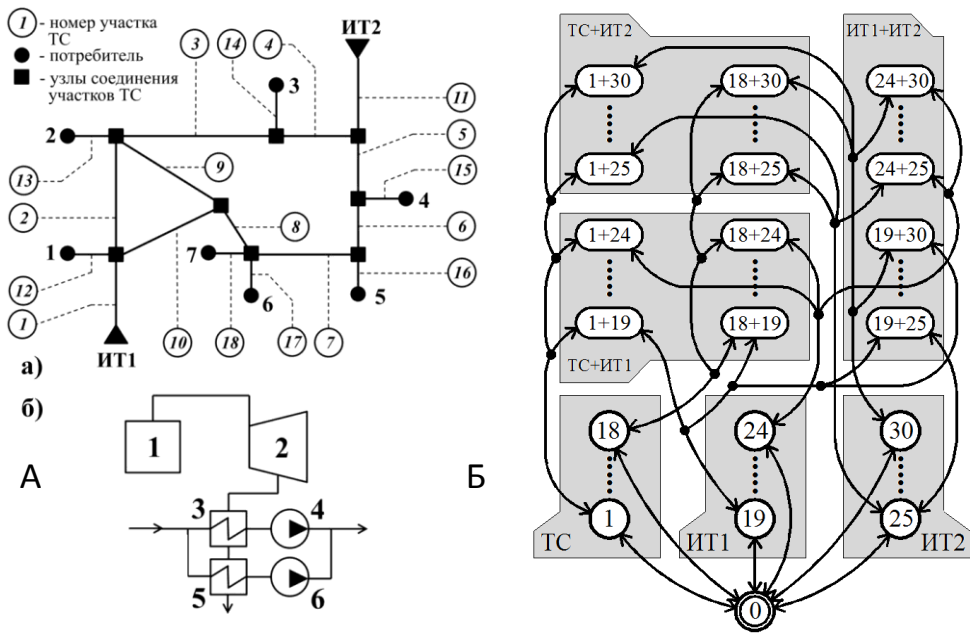


Рис. 39. Расчетные схемы теплоснабжающей системы: а) общая схема; б) принципиальная технологическая схема ИТ: 1 – котел, 2 – турбина, 3, 5 – сетевые подогреватели, 4, 6 – сетевые насосы. Б. Граф состояний ТСС в сокращенном виде.

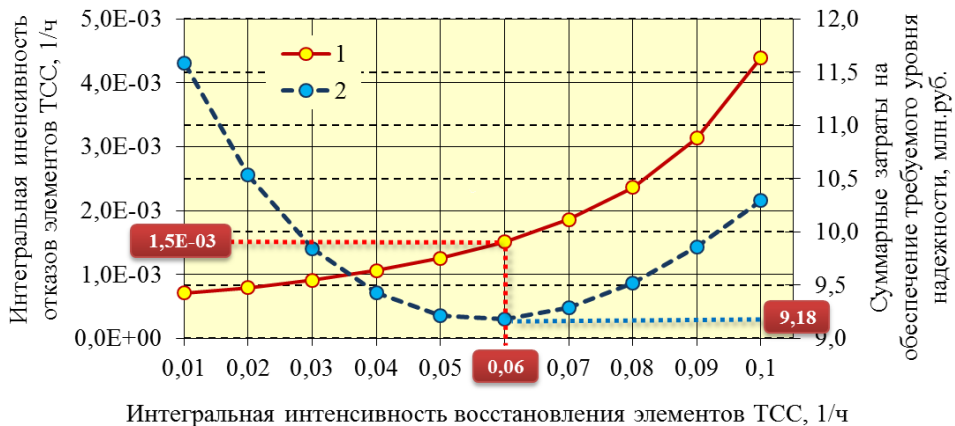


Рис. 40. Поиск оптимального соотношения отказовой и восстановительной частей элементной надежности ТСС.

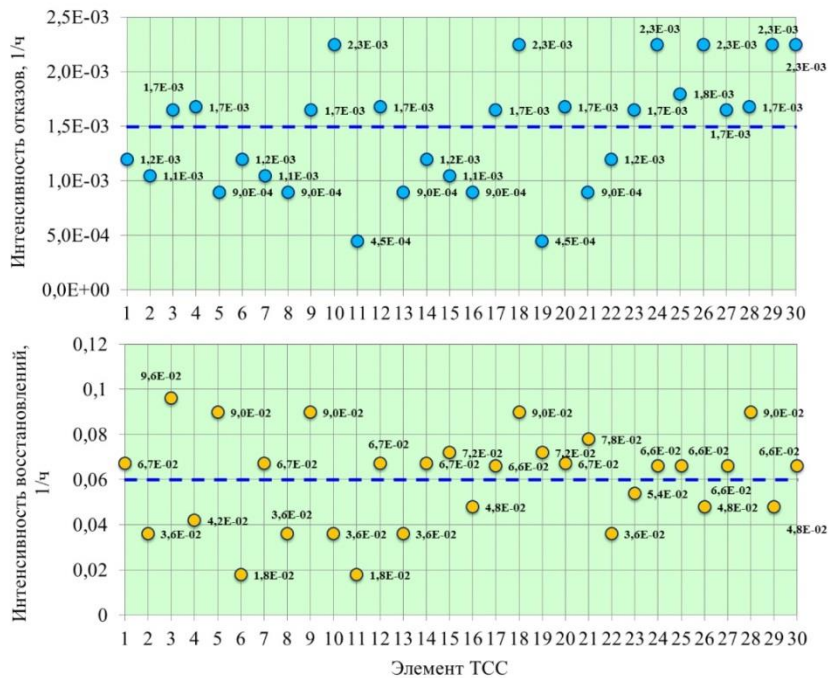


Рис. 41. Распределение интегральных значений параметров надежности элементов (интенсивностей отказов и восстановлений) по элементам схемы ТСС.

Преимущества предложенной методики по сравнению с существующими подходами к решению данной проблемы заключаются в следующем.

1. Совместная оптимизация надежности элементов схем ИТ и ТС позволяет наиболее рационально перераспределить средства на обеспечение (повышение) надежности теплоснабжения потребителей.
2. Предложенная методика объединяет поиск оптимального решения по снижению отказов и повышению восстанавливаемости элементов в едином вычислительном процессе оптимизации параметров надежности.
3. Применение интегральных параметров надежности элементов позволяет исключить итеративные процедуры расчета требуемых значений ПН, как изначально заданных параметров, а не использовать их в качестве критериев или ограничений при дальнейшей оптимизации (как в классических постановках).
4. Использование двух показателей надежности (вероятность безотказной работы и коэффициент готовности) в одной модели определения интегральных параметров надежности само собой разрешает известный конфликт резервирования 2-го типа.

Практическое применение предложенных разработок в практике проектирования и эксплуатации для обоснования решений по развитию ТСС позволит значительно повысить их надежность и управляемость, важнейших свойств интеллектуальных систем.

2.5.8. Методика комплексного планирования теплоснабжения территории.

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе».

Руководитель работы: д.т.н. В.А. Стенников.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

При решении задач планирования развития теплоснабжающих систем в рамках новой парадигмы интеллектуальных теплоснабжающих систем необходимо учитывать новые требования, предъявляемые к таким системам. Требования включают: наличие множества источников различных типов и мощности, в том числе возобновляемых; применение новых технологий транспорта тепловой энергии; внедрение в систему теплоснабжения хранилищ тепловой энергии для компенсации пиковых потребностей в тепловой энергии; требования к надежности систем теплоснабжения.

Для решения поставленных задач разработана методика комплексного планирования теплоснабжения территории. Методика представляет собой двухэтапный процесс, на первом этапе которого решается задача зонирования территории по типу теплоснабжения с выделением зон централизованного и децентрализованного теплоснабжения, на втором этапе оптимизируется уровень централизации систем и оценивается целесообразность сохранения существующих зон действия теплоисточников, либо осуществляется деление этих зон на несколько меньшей размерности, с организацией теплоснабжения каждой из них от своего теплоисточника.

Применение методики уже на уровне подготовки проектов детальной планировки городов позволит получить наиболее выгодные решения для развития ТСС, а затем уточнить их при разработке схем теплоснабжения городов и в процессе проектирования. Это значительно повысит обоснованность принимаемых решений и упростит процедуру их реализации. В качестве критериев ограничения масштабов систем (радиусов теплоснабжения) предлагается использовать нормативный показатель плотности тепловой нагрузки на единицу длины трубопровода, а определения вида теплоснабжения – нормативный показатель плотности тепловой нагрузки на единицу площади городской территории. Общий алгоритм решения задач зонирования территории и определения рациональных масштабов систем централизованного теплоснабжения с учетом новой парадигмы интеллектуальных теплоснабжающих систем представлен на рис. 42.

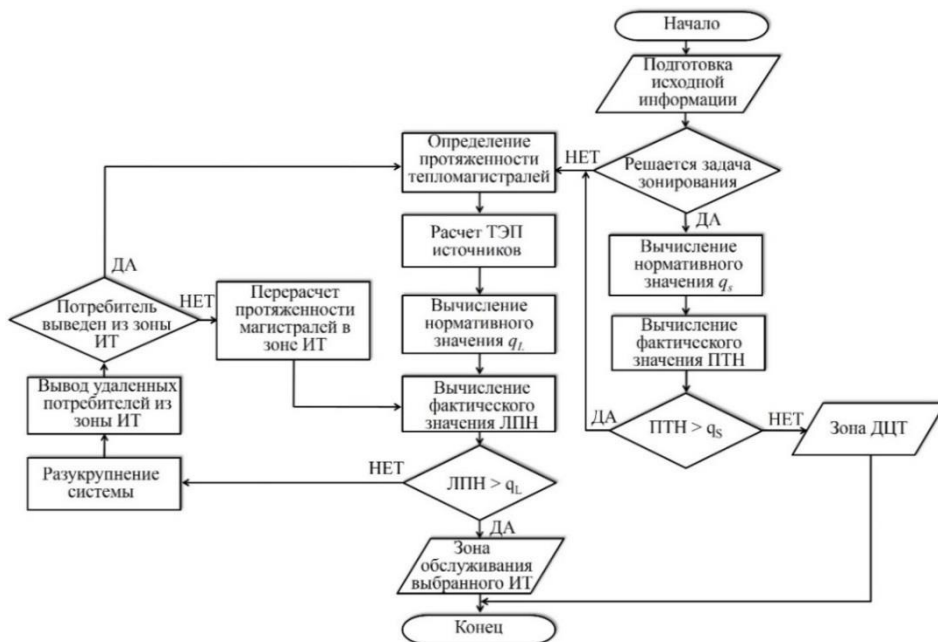


Рис. 42. Общий алгоритм решения задач зонирования территории и определения рациональных масштабов системы централизованного теплоснабжения.

Разработанная методика применима ко всем типам источников тепловой энергии, в том числе возобновляемым. В предлагаемых математических моделях учитываются технико-экономические характеристики источников, тепловых сетей и насосных установок, заданные уровни надежности теплоснабжения потребителей, температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе, таким образом, можно провести расчет для широкого диапазона мощности и типа оборудования.

При зонировании территории на области централизованного и децентрализованного теплоснабжения учитываются: тип застройки, класс энергетической эффективности зданий, технико-экономические характеристики тепловых сетей и источников тепловой энергии. При определении зон действия централизованных источников тепловой энергии учитываются технико-экономические характеристики тепловых сетей и источников тепловой энергии, хранилища тепловой энергии обеспечивают соблюдение теплового баланса в системе теплоснабжения.

Анализ полученных результатов позволит дать обоснованные решения для дальнейшего развития теплоснабжения территорий с учетом новой парадигмы интеллектуальных ТСС.

2.5.9. Методы оценки эффективности комбинированных производств.

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе».

Руководитель работы: д.т.н. В.А. Стенников.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Разработаны методы оценки эффективности комбинированного производства энергии. Эффективность их производства имеет многоаспектный характер и включает экономическую, энергетическую и экологическую составляющие. Для оценки каждой из них предложены соответствующие критерии эффективности, их обобщённый вид приведен в табл. 4.

Таблица 4.

Критерии оценки эффективности комбинированного производства энергии		
Экономическая эффективность	Энергетическая эффективность	Экологическая эффективность
$k_{КПp}^F = \frac{S_{КПp}^\Sigma}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{ij}^{КПp} s_{ij}^A}$ $s_{ij}^{КПp} = s_{ij}^A k_{КПp}^F$	${}^S k_i^R = \frac{R_i^\Sigma}{\sum_{j=1}^n A_j^S r_j^i}$ $s_{r_j^i} = {}^S k_i^R r_j^i$	${}^S k_i^V = \frac{V_i^\Sigma}{\sum_{j=1}^n A_j^V v_j^i}$ $s_{v_j^i} = {}^S k_i^V v_j^i$
Общая (интегральная) эффективность $k_S^\Sigma = k_S^F \varphi_F + {}^S k_S^R \varphi_R + {}^S k_S^V \varphi_V$		

Где $k_{КПp}^F$ – коэффициент экономии издержек, $S_{КПp}^\Sigma$ – полные издержки комбинированного производства (КПp); s_i^A – альтернативная (конкурентная, рыночная) стоимость i -го энергетического продукта; $A_{ij}^{КПp}$ – количество поставляемого i -го энергетического продукта j -му потребителю; s_{ij}^A – альтернативная (рыночная) стоимость i -го энергетического продукта для j -го потребителя; n – количество видов продуктов; m – количество потребителей.

Показатель $k_{КПp}^F$ ($k_{КПp}^F \rightarrow \min$; $(1 - k_{КПp}^F)100\%$ - эффект) характеризует финансовую (экономическую, коммерческую) эффективность производства энергетического продукта относительно сложившихся на текущий момент цен на поставляемые продукты и позволяет выбрать наиболее эффективные мероприятия по

повышению экономической эффективности. $k_{КПР}^P = 1/k_{КПР}^F$ – расчетный коэффициент прибыльности предприятия.

A_j^S – производство j -того энергетического продукта, R_i^Σ – расход i -того энергетического ресурса в системе (S), n – количество получаемых энергетических продуктов, ${}^S r_j^i$ – удельный расход i -того ресурса на производство j -ого энергетического продукта; r_j^i – нормативные (устанавливаемые) удельные расходы i -того ресурса (электроэнергия, тепло, трудовые ресурсы, сырье, оборудование, вода, топливо и т.д.) на производство j -ого энергетического продукта.

Общий коэффициент эффективности использования ресурсов:

$${}^S k_\Sigma^R = \sum_{i=1}^m {}^S k_i^R \varphi_i$$

где m – количество используемых ресурсов, φ_i – значимость (вес) i -того ресурса в общем потреблении предприятия. Например, φ_i – это доля i -того ресурса в общей стоимости потребляемых ресурсов, т.е. $\sum_{i=1}^m \varphi_i = 1$

V_i^Σ – объем i -го вида загрязнения, n – количество получаемых энергетических продуктов, ${}^S v_j^i$ – i -ое удельное загрязнение при производстве j -ого энергетического продукта, v_j^i – нормативные удельные i -ые загрязнения при производстве j -ого энергетического продукта.

Общий коэффициент загрязнения: ${}^S k_\Sigma^V = \sum_{i=1}^m {}^S k_i^V \varphi_i$

m – количество загрязнений, φ_i – опасность i -того загрязнения, принимается экспертно.

$\varphi_F, \varphi_R, \varphi_V$ – относительная важность различных аспектов деятельности, соответствующих условию $\varphi_F + \varphi_R + \varphi_V = 1$

Эффективность инвестиций:

1) по сокращению текущих издержек

$$E_I^F = (1 - \text{ож} k^F / {}^0 k^F) / K, k^F = (k_{ТЭЦ}^F, k_P^F, k_{КПР}^F, k_{СЭ}^F, k_S^F)$$

$$\text{или } E_I^F = \Delta k^F / K, \Delta k^F = (\Delta k_{ТЭЦ}^F, \Delta k_P^F, \Delta k_{КПР}^F, \Delta k_{СЭ}^F, \Delta k_S^F)$$

2) по экономии ресурсов $E_I^R = \Delta k_\Sigma^R / K$

3) по снижению загрязнения окружающей среды $E_I^V = \Delta k_\Sigma^V / K$

4) в общем $E_I^\Sigma = \Delta k^\Sigma / K$

$\Delta k^F, \Delta k_\Sigma^R, \Delta k_\Sigma^V, \Delta k^\Sigma$ - ожидаемые изменения коэффициентов в результате проведения мероприятий. Например, $\Delta k^F = {}^0k^F - {}^{ож}k^F$

${}^{ож}k^F, {}^{ож}k^R, {}^{ож}k^V, {}^{ож}k^\Sigma$ - ожидаемые (прогнозируемые) значения коэффициентов вследствие реализации мероприятий, 0k - начальное значение параметров, K - требуемые инвестиции, E_i - относительная эффективность инвестиций. Достижимый процент снижения удельных издержек (финансовых, ресурсных, экологических) определяется по выражению: $(1 - {}^{ож}k / {}^0k) \cdot 100\%$.

Графическая иллюстрация метода представлена на рис. 43. Вектор (последовательность) мероприятий: $A_0 \rightarrow A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow A_i$ при условиях $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \alpha_i$, где $\alpha_i = \arctg(\Delta k_i / K_i)$, где Δk_i - ожидаемые (прогнозируемые) изменения значения коэффициента вследствие реализации i -го мероприятия. В первую очередь будут выбираться мероприятия с небольшими капиталовложениями (требуемыми инвестициями) K_i , поскольку в настоящее время компании имеют значительные резервы повышения эффективности производства.

В качестве критерия инновационности (перспективности) технологии предлагается использовать показатель достигаемой экономии ресурсов по сравнению с существующим её уровнем в пересчете на единицу инвестиций.

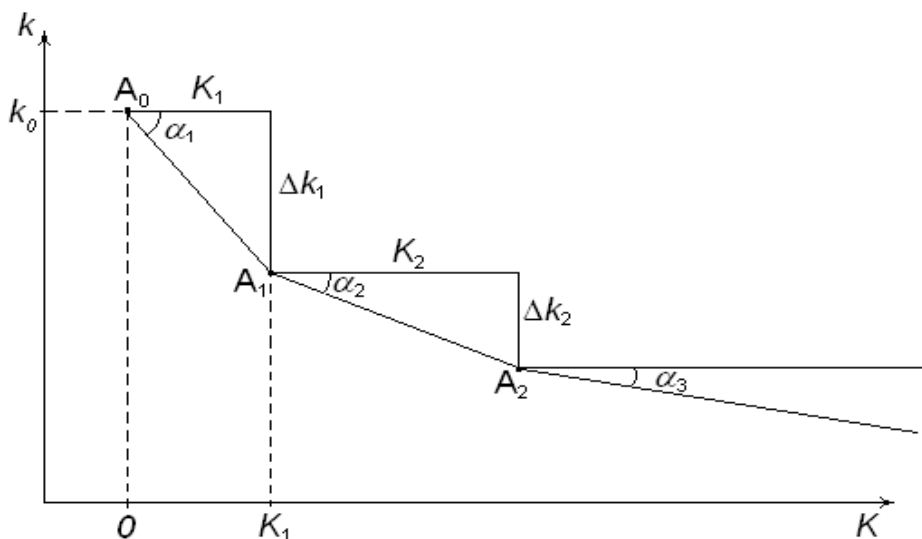


Рис. 43. Графическая иллюстрация метода определения вектора наиболее эффективного развития предприятия.

2.5.10. Методический подход обоснования атмосфероохранных мероприятий в теплоснабжении территорий.

Источники финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 17.1.2. «Научно-методические основы обоснования развития и функционирования инновационных трубопроводных систем на интеллектуальной основе».

Руководитель работы: д.т.н. В.А. Стенников.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

С использованием методического подхода выполнены математические описания технологических моделей и разработаны алгоритмы для их программной реализации. Задачи функционирования и развития систем теплоснабжения с учетом снижения атмосферного загрязнения и ожидаемые эффекты от практического применения моделей на основе этих задач приведены на рис. 44.

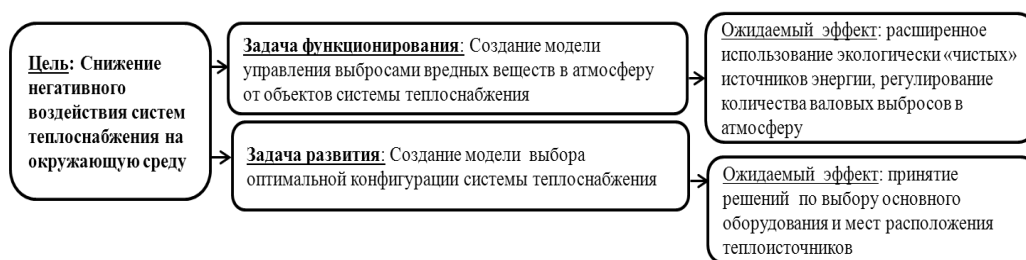


Рис. 44. Цели, задачи и ожидаемый эффект.

В рамках задачи развития сформулирована математическая постановка и разработаны алгоритмы для модели выбора основного оборудования теплоснабжающих систем с учетом атмосферного загрязнения. Модель позволяет выбирать эффективные технические и атмосфероохранные мероприятия в задачах оценки существующего состояния, а также в задачах реконструкции, модернизации и развития систем теплоснабжения различной конфигурации. Критерием в этой модели является поиск минимума функции затрат в системы теплоснабжения при заданной системе ограничений. Отличие этой модели от ранее предложенных заключается в полном переборе всех сочетаний энергетических и атмосфероохранных технологий с учётом конкуренции между вариантами теплосточников в рассматриваемой системе теплоснабжения.

В рамках задачи функционирования разработана математическая постановка задачи управления выбросами вредных веществ в атмосферу от объектов теплоснабжения, что позволит наиболее эффективно использовать экологически «чистые» источники энергии и в режиме реального времени регулировать количество валовых выбросов в атмосферу. Целью этой модели является нахождение минимума вредных выбросов от объектов теплоснабжения при заданной системе ограничений.

2.6. РАЗВИТИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.

2.6.1. Прогноз энергопотребления стран Северо-Восточной Азии на период до 2050 г.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 88.2.1. «Многофакторный анализ и прогнозирование рынков энергетических ресурсов Азиатской России и стран Северо-Восточной Азии».

Руководитель работы: д.т.н. Б.Г. Санеев.

Подразделение: отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел электроэнергетических систем.

Интегрированным результатом долгосрочного прогноза энергетики экономик региона Северо-Восточной Азии является сопоставление суммарных инвестиций в развитие и функционирование систем энергоснабжения и сальдо импорта/экспорта энергоносителей на период до 2050 г. Всего потребуются 12-15 трлн долларов США в ценах 2015 г. инвестиций в энергетическую инфраструктуру (рис. 45). В тот же период общее сальдо импорта энергоносителей стран Восточной Азии (за исключением Монголии и России) составит 29-34 трлн долларов США в ценах 2015 г. С учётом коэффициента мультипликации, характеризующего влияние инвестиций в энергетическую инфраструктуру, и отсутствием такового при оплате импорта энергоносителей, очевиден экономический стимул стран СВА к построению “малоуглеродной” экономики, так же, как и заинтересованность России и Монголии в наращивании экспорта энергоресурсов в этот регион.



Рис. 45. Сопоставление суммарных инвестиций в энергетическую инфраструктуру (левый столбец) и сальдо импорта/экспорта энергоносителей (правый столбец) за период 2013-2050 гг. для экономик Северо-Восточной Азии.

2.6.2. База данных для оценки внутреннего спроса Азиатской России на энергоресурсы в долгосрочной перспективе и ее верификация.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 88.2.1. «Многофакторный анализ и прогнозирование рынков энергетических ресурсов Азиатской России и стран Северо-Восточной Азии».

Руководитель работы: д.т.н. Б.Г. Санеев.

Подразделение: отдел комплексных и региональных проблем энергетики.

Сформирована база данных для оценки внутреннего спроса Азиатской России на энергоресурсы в долгосрочной перспективе. Формирование информационной базы увязывалось с методическим подходом и разработанной ранее в рамках проекта математической моделью долгосрочного прогнозирования энергопотребления страны в региональном разрезе и проводилось по двум направлениям:

А. Формирование ретроспективной базы данных с 1990 по 2013 г. (в отдельных случаях с 1970 по 2013 г.) для анализа и выявления тенденций и закономерностей изменения динамики и структуры макроэкономических показателей развития страны в отраслевом (агрегированном до 28 видов деятельности) и территориальном (по федеральным округам и субъектам РФ) разрезах;

Б. Формирование перспективной исходной информации, задаваемой в модели прогнозирования энергопотребления с учётом сценариев экономического развития страны до 2035 г. и на период до 2050 г.

Анализ ретроспективной информации позволил выявить закономерность, касающуюся устойчивости территориальной структуры инвестиций РФ по федеральным округам в периоды наиболее стабильного развития экономики страны (рис. 46-49), а также показателей инвестиционной отдачи. В советский период 1980-1990 гг. и за период 2005-2013 гг. уровень инвестиционной отдачи составлял 8-9 руб. валовой продукции на один рубль инвестиций.

На основе сформированной информационной базы данных проведена верификация модели относительно уровня достоверности получаемых прогнозов:

– выполнен прогноз валового выпуска продукции страны в целом в зависимости от инвестиций по отчётным данным за период 1995-2013 гг., как одного из базовых показателей для прогнозирования энергопотребления. Отклонение прогнозного валового выпуска на 2013 г. от фактического в 2013 г. составило менее 10%.

– проведена оценка уровня электропотребления в ретроспективе 2000-2013 гг. для страны в целом. Отклонение прогнозируемого с помощью модели уровня электропотребления от фактического показателя составило в пределах 15 %.

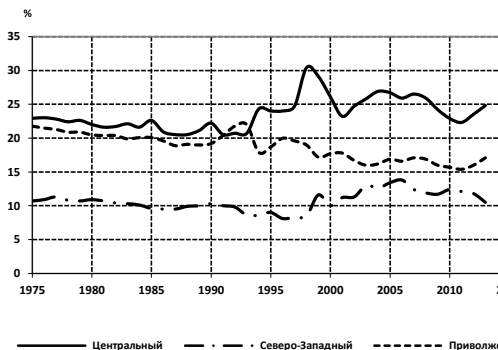


Рис. 46. Доля Центрального, Северо-Западного и Приволжского федеральных округов в инвестициях РФ.

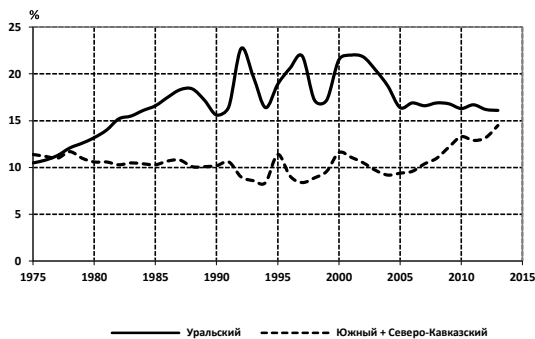


Рис. 47. Доля Уральского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в инвестициях РФ.

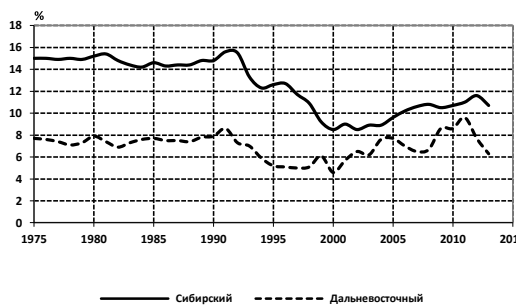


Рис. 48. Доля Сибирского и Дальневосточного федеральных округов в инвестициях РФ.

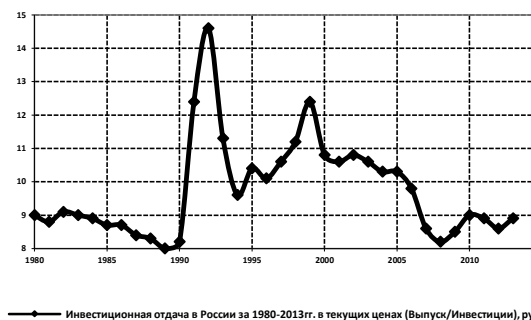


Рис. 49. Динамика инвестиционной отдачи в целом по РФ за 1980-2014 гг.

Верификация модели прогнозирования внутреннего спроса азиатской России на энергоресурсы показала её пригодность для практического применения.

2.6.3. Прогнозирование развития газового рынка России в первой половине 21 века (до 2050 г.): роль азиатских регионов России.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 88.2.2 «Многофакторное исследование стратегических направлений развития ТЭК азиатских регионов страны на фоне мировых и российских тенденций и закономерностей».

Руководитель работы: д.т.н. А.Д. Соколов.

Подразделение: отдел комплексных и региональных проблем энергетики.

Исследования, проведенные с использованием модели ТЭК страны, позволили (в увязке с развитием других отраслей):

- оценить эффективность, масштабы и направления развития газового рынка России в первой половине 21 века;
- показать рациональные направления использования природного газа азиатских регионов России, как для обеспечения внутренней потребности страны (рис. 50), так и для его экспорта в европейском и азиатском направлении (рис. 51).

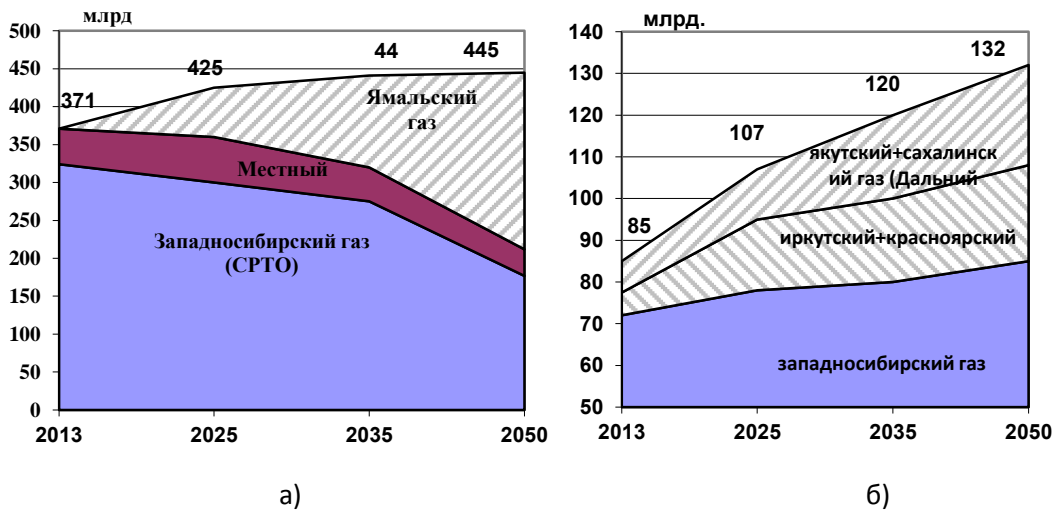


Рис. 50. Прогнозируемая динамика и структура покрытия внутренней потребности в газе: а) Европейской части России; б) Азиатской части России.

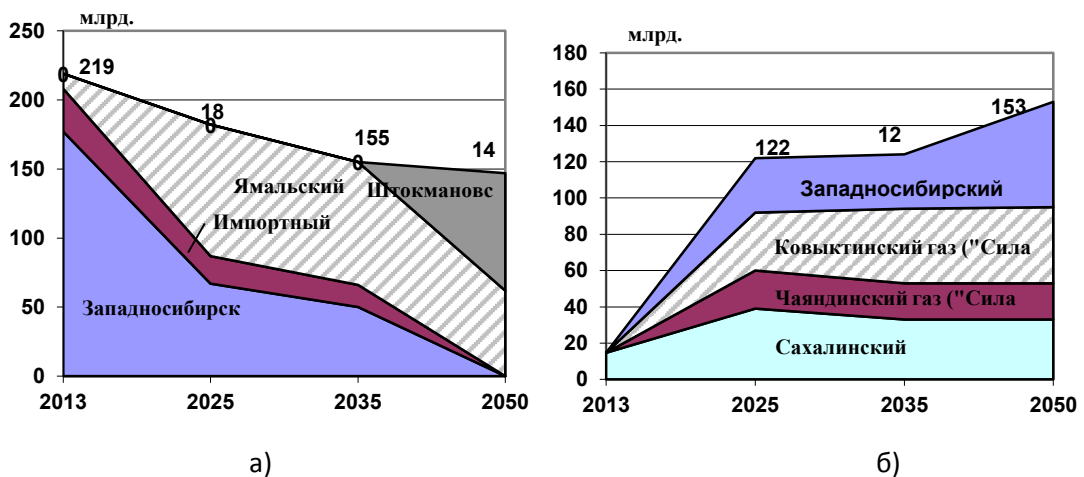


Рис. 51. Динамика и структура экспорта российского газа в: а) европейском направлении; б) азиатском направлении.

Наиболее емким внутренним рынком по потреблению газа в России на протяжении всего рассматриваемого периода будет оставаться европейская часть страны. За рассматриваемый период потребление газа в регионе может увеличиться на 17-20%. Потребность в газе будет обеспечиваться в основном за счет газа месторождений азиатских регионов России (СРТО, п-ов Ямал), при этом доля западносибирского газа (СРТО) будет снижаться, а ямальского – расти.

В целом объем потребления газа в азиатских регионах страны к 2050 г. оценивается в 120-132 млрд м³ (против 85 млрд. м³ в 2013 г.).

За рассматриваемый период объем экспортируемого газа в европейском направлении может сократиться в 1,5 раза (с 219 млрд м³ в 2013 г. до 140-147 млрд м³) при этом значительно (в 10 раз) увеличиться (с 15 млрд м³ до 145-155 млрд м³) в азиатском направлении.

Среди новых экспортных маршрутов на Востоке России приоритетная роль отводится газовым проектам «Сила Сибири» и «Алтай».

2.6.4. Информационная система для прогнозирования развития ТЭК восточных регионов.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 88.2.2 «Многофакторное исследование стратегических направлений развития ТЭК азиатских регионов страны на фоне мировых и российских тенденций и закономерностей».

Руководитель работы: д.т.н. А.Д. Соколов.

Подразделение: отдел комплексных и региональных проблем энергетики.

В рамках проекта в 2015 г. выполнено совершенствование информационной системы для прогнозирования развития ТЭК восточных регионов:

– выполнена актуализация информационной базы данных по развитию ТЭК восточных регионов;

– продолжена работа по созданию системы оптимизационных и имитационных моделей для прогнозирования развития ТЭК восточных регионов и составления отчетных и прогнозных региональных топливно-энергетических балансов на период до 2030 г. и на перспективу до 2050 г.;

– выполнен системный анализ данных по эффективности и возможным масштабам экспорта энергоресурсов (природный газ и уголь) из восточных регионов России в страны США.

В 2015 г. рамках проекта разработана схема формирования отчетных топливно-энергетических балансов (ТЭБ) и исследования на их основе показателей энергоэффективности субъектов РФ на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока (рис. 52).



Рис. 52. Схема формирования отчетных ТЭБ восточных регионов России и исследования на их основе показателей энергоэффективности.

2.6.5. Оценка геопространственных условий экспорта природного газа Ковыктинского месторождения в Китай.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 88.2.2 «Многофакторное исследование стратегических направлений развития ТЭК азиатских регионов страны на фоне мировых и российских тенденций и закономерностей».

Руководитель работы: д.т.н. А.Д. Соколов.

Подразделение: отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел энергетической безопасности.

Предварительная оценка технико-экономических показателей новых проектов магистральных нефте-, газопроводов в районах, не охваченных трубопроводной инфраструктурой, является сложной задачей в связи с отсутствием реализованных проектов в данных природно-климатических и горно-геологических условиях. Поэтому иногда единственной возможностью оценки технико-экономических показателей нефте-, газопроводов является использование средних удельных капиталовложений реализованных проектов с учетом коэффициентов удорожания.

Простое умножение средней удельной стоимости 1 км трубопровода соответствующего диаметра на его протяженность может привести к погрешности в расчетах, поскольку при этом не учитываются условия строительства трубопровода по конкретному маршруту.

Современные информационные технологии, в частности средства для работы с географической информацией и получение геопространственных решений, дают возможность эксперту получить достоверные данные о характеристиках того или иного маршрута. В результате выполненного анализа определяются протяженность и профиль (рис. 53) трасс газопроводов и длина участков с разными условиями строительства (рис. 54).

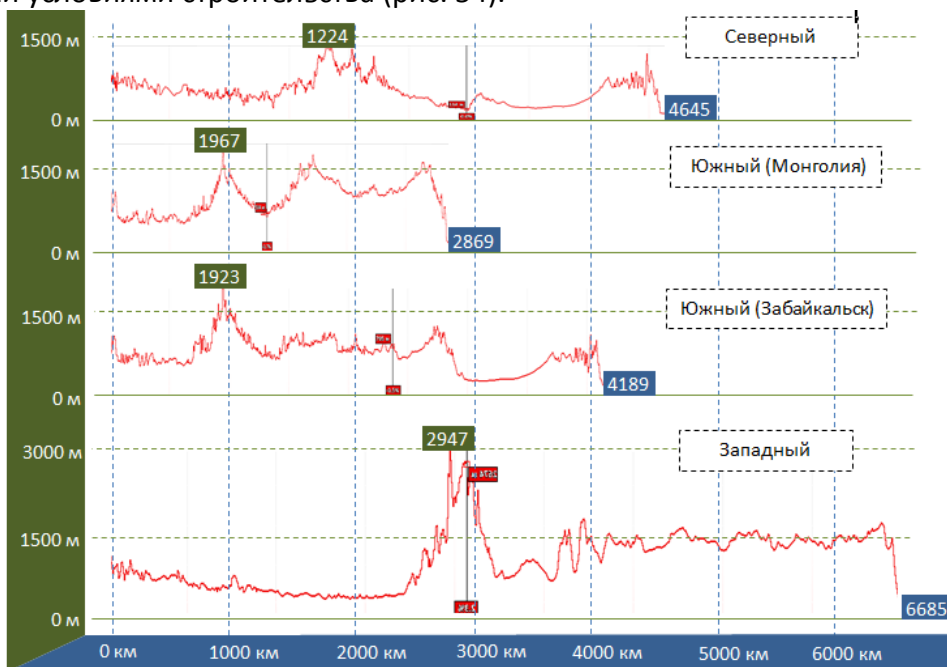


Рис. 53. Профили рельефа четырех вариантов трасс с указанием общей длины и максимальной абсолютной высоты для каждого из маршрутов.

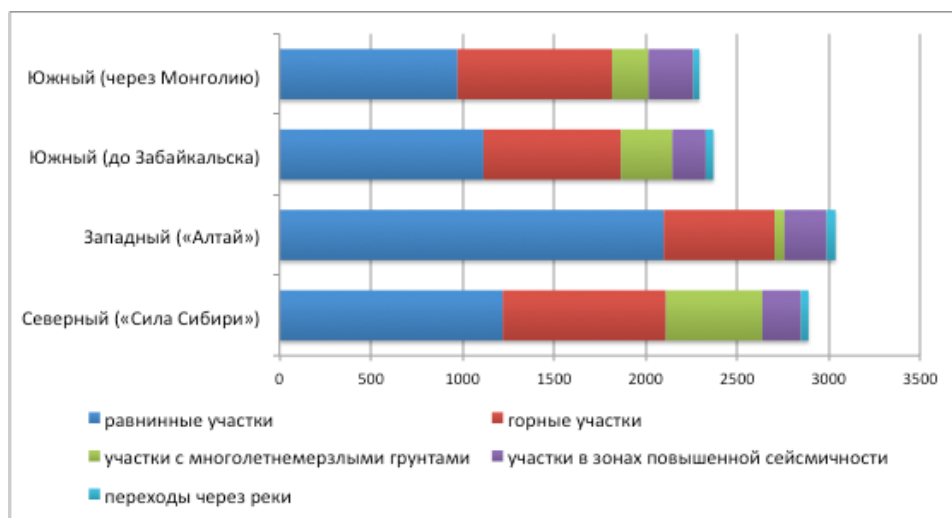


Рис. 54. Участки с различными условиями строительства по четырем вариантам трасс газопровода от Ковыктинского ГКМ.

Новый подход к решению геопространственных задач и инструментальные средства для работы с геопространственной информацией позволяют получить дополнительные данные для первичной экономической экспресс-оценки маршрутов трубопроводов. Возможности геосервисов позволяют эксперту визуально оценить возможные достоинства и недостатки каждого из сравниваемых маршрутов и выбрать наиболее удовлетворяющий требованиям.

2.6.6. Схема экологической оценки перспективного развития энергетики с учетом региональных особенностей.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 88.2.2 «Многофакторное исследование стратегических направлений развития ТЭК азиатских регионов страны на фоне мировых и российских тенденций и закономерностей».

Руководитель работы: д.т.н. А.Д. Соколов.

Подразделение: отдел комплексных и региональных проблем энергетики.

В рамках проекта проведен краткий обзор и авторское ранжирование методов оценки антропогенного воздействия объектов топливно-энергетического комплекса. Наибольшее негативное влияние на элементы природной среды оказывают крупные тепловые электростанции, использующие в качестве топлива уголь, а также многочисленные угольные котельные. В этой связи большее внимание уделено именно данной категории объектов энергетики, с их существенным влиянием на атмосферу. Каждый из рассматриваемых методов имеет свои достоинства и недостатки, и их применение зависит от задачи, которую необходимо решить.

В работе рассматривается формирование региональных особенностей и необходимость их учета в методах оценки воздействия энергетики. Учет же региональных особенностей связан, прежде всего, с территориальным подходом. В целом характеристики территорий (физико-климатические, природно-климатические, социально-экономические) и формируют региональные особенности, которые определяют, с одной стороны, уровень экономического развития и комфортности региона, с другой, допустимую антропогенную нагрузку на элементы природной среды и человека.

Схема экологической оценки развития энергетики на природную среду формируется с учетом региональных особенностей. Прогноз развития энергетики осуществляется на основе оценки последствий существующего состояния, и если в перспективе это состояние ухудшается, то необходимо разрабатывать новые или дополнительные природоохранные меры (рис. 55).

В настоящее время универсальной схемы или системы моделей для оценки влияния энергетики на природную среду не существует. В каждом конкретном случае необходимо вводить учет региональных особенностей при развитии энергетических предприятий, что позволяет выявлять конкретные экологические проблемы региона и разрабатывать конкретные природоохранные меры, экономически их обосновать и эффективно применять.

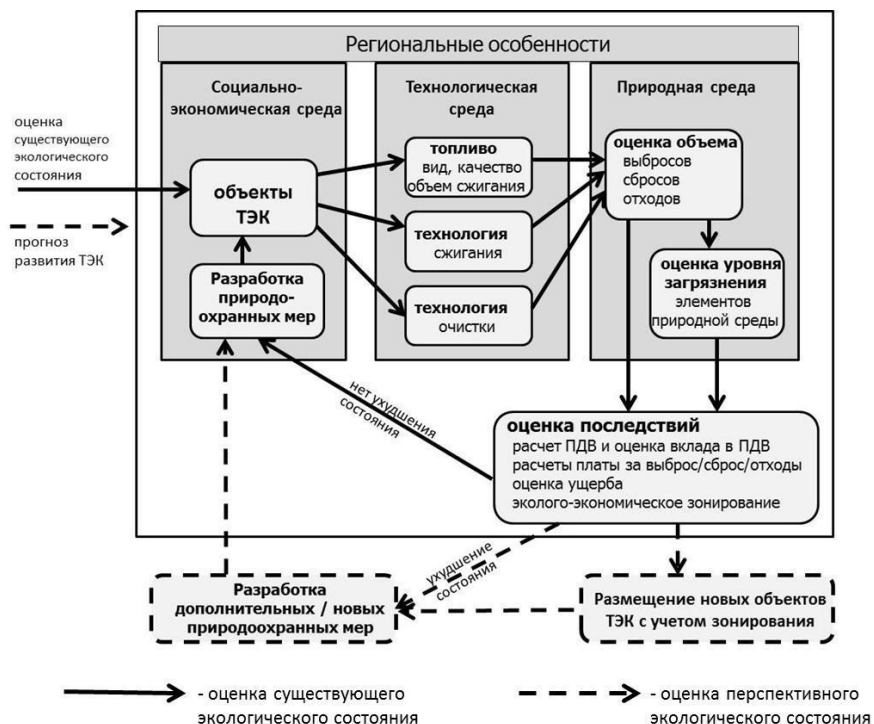


Рис. 55. Схема экологической оценки перспективного развития энергетики с учетом региональных особенностей.

2.6.7. Анализ проектов развития транспортной инфраструктуры в восточных регионах РФ.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект 88.2.3 «Исследование проблем и формирование стратегических направлений развития систем энерго-, топливоснабжения в северо-арктической зоне на востоке России».

Руководитель работы: к.т.н. И.Ю. Иванова.

Подразделение: отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел энергетической безопасности.

В ходе проекта для формирования базы данных локальной энергетики выполнен анализ проектов развития транспортной инфраструктуры в восточных регионах РФ. В различных программах и стратегиях предлагаются варианты маршруты строительства железнодорожных магистралей для повышения доступности северо-восточных регионов, в частности Северо-Сибирской, Ангаро-Енисейской, Полярной и Трансконтинентальной железных дорог (рис. 56).

Реализация перспективных проектов железнодорожных магистралей в восточных регионах РФ не окажет существенного влияния на транспортную доступность арктических территорий, за исключением Норильского промрайона и некоторых районов Чукотского АО. Арктические улусы Республики Саха (Якутии) все также будут оставаться в зоне труднодоступности. В связи с этим особую актуальность приобретают начавшееся возобновление действия Северного морского пути и строительство меридиональных автодорог круглогодичного действия.

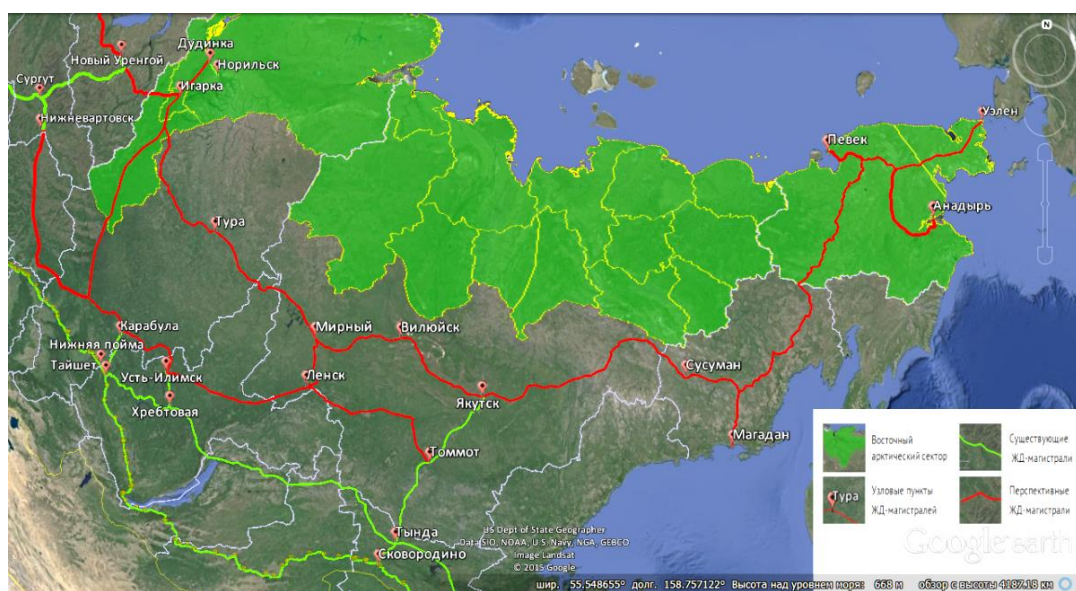


Рис. 56. Существующие и перспективные железнодорожные магистрали в восточных регионах РФ.

2.7. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

2.7.1. Развитие подходов к формированию перечня критически важных объектов газотранспортной сети России с позиций энергетической безопасности и пути снижения негативных последствий при ЧС на них.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.3.1. «Методические основы и инструментальные средства исследования особенностей взаимосвязанной работы энергетических отраслей в условиях чрезвычайных ситуаций при реализации стратегических угроз энергетической безопасности».

Руководитель работы: д.т.н. С.М. Сендеров.

Подразделение: отдел энергетической безопасности.

Сформирован перечень критически важных объектов (КВО) газотранспортной сети: узловые компрессорные станции (КС), подземные хранилища газа (ПХГ), линейная часть магистральных газопроводов. Критически важным при этом предлагается считать, каждый объект, при нарушении работы которого, суммарная относительная недопоставка газа потребителям составит 5% и более суммарной потребности в газе по системе. Данная величина (5%) обоснована в результате многоитерационных модельных исследований и позволяет говорить о считанном количестве потенциальных КВО.

Для ГТС России на предмет формирования перечня КВО с позиций энергетической безопасности рассмотрены многочисленные пересечения коридоров магистральных газопроводов или отдельно идущих магистральных газопроводов. При этом рассмотрены, как пересечения магистральных газопроводов на узловых КС, так и пересечения вне КС. Задача формирования перечня КВО ГТС с использованием ПВК «Нефть и газ России» состоит из следующих шагов:

- формирование полного списка пересечений магистральных газопроводов средствами ПВК «Нефть и газ России»;
- определение дефицита газа у потребителей при нарушении работы каждого из пересечений;
- ранжирование пересечений по величине суммарной относительной недопоставки газа потребителям при нарушении их работы;
- формирование предварительного перечня КВО газотранспортной сети;
- выделение перечня субъектов РФ потенциально страдающих от дефицита газа при нарушении работы конкретных пересечений;
- решение задачи оптимизации ГТС и определение мероприятий, позволяющие минимизировать дефицит газа у потребителей путем расшивки «узких мест», образовавшихся при нарушении работы конкретных пересечений;
- формирование перечня инвариантных мероприятий, реализация которых позволит снизить негативные последствия от нарушения работы большего числа

пересечений из перечня КВО и понижения рейтинга отдельных КВО вплоть до исключения их из списка КВО.

В процессе исследований выделены узловые КС и места пересечения коридоров магистральных газопроводов располагающихся между КС, отключение которых приведет к суммарному потенциальному дефициту газа у потребителей в относительном объеме 5%, таких объектов 33. Проведена оценка возможностей работы ГТС России при краткосрочном увеличении пропускных способностей отдельных дуг магистральных газопроводов. В случаях, когда после решения задачи обхода «узких» мест относительный суммарный дефицит газа по сети будет снижен до величин меньших, чем 5%, соответствующие узловые КС либо пересечения магистральных газопроводов, первоначально попавшие в данный список из него удалены. В итоге в перечне КВО ГТС осталось только 20 объектов.

В результате многих последовательных исследований выделены те дуги ГТС России, необходимость кратковременного увеличения производительности которых была выявлена в 80% анализируемых ситуаций. На основании такого анализа появляются основания для формирования предложения о технологической модернизации данных участков сети, позволяющих обеспечивать режим 10% увеличения их пропускной способности на более длительный срок, например до 15 суток. В итоге на примере ГТС России показан пример выбора КВО отрасли.

2.7.2. Разработка моделей анализа возможного сочетания и развития угроз энергетической безопасности и масштабов их реализации.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.3.1. «Методические основы и инструментальные средства исследования особенностей взаимосвязанной работы энергетических отраслей в условиях чрезвычайных ситуаций при реализации стратегических угроз энергетической безопасности».

Руководитель работы: д.т.н. С.М. Сендеров.

Подразделение: отдел энергетической безопасности.

Предложено создавать модели угроз с помощью подхода, позволяющего на основе использования байесовских сетей доверия (БСД) описывать причинно-следственные отношения между факторами, формирующими угрозы и приводящие к наступлению чрезвычайных ситуаций. Построенные с помощью БСД модели позволяют учитывать множество факторов и зависимостей между ними. Предложена методика моделирования угроз энергетической безопасности и разработаны модели угроз:

- 1) «Низкие темпы обновления электрогенерирующего оборудования»;
- 2) «Недостаток инвестиций» (на примере нефтедобывающей отрасли);

3) «Похолодание» с заданными параметрами переменных изменения температуры наружного воздуха, потребления и увеличения выработки тепло- и электроэнергии и котельно-печного топлива.

Модель угрозы «Низкие темпы обновления электрогенерирующего оборудования», построенная на основе статистических данных за 2000-2009 гг. по объемам капиталовложений, вводов мощностей и демонтажа по России в целом, подтвердила следующие закономерности:

- увеличение объемов капиталовложений приводит к повышенным уровням демонтажа и ввода оборудования;
- обновление более высокими темпами (по сравнению с демонтажем) может привести к незначительному повышению аварийности за счет ввода нового оборудования, при этом в достаточной степени снижается показатель аварийности, по сравнению с первоначальными значениями (рис. 57).

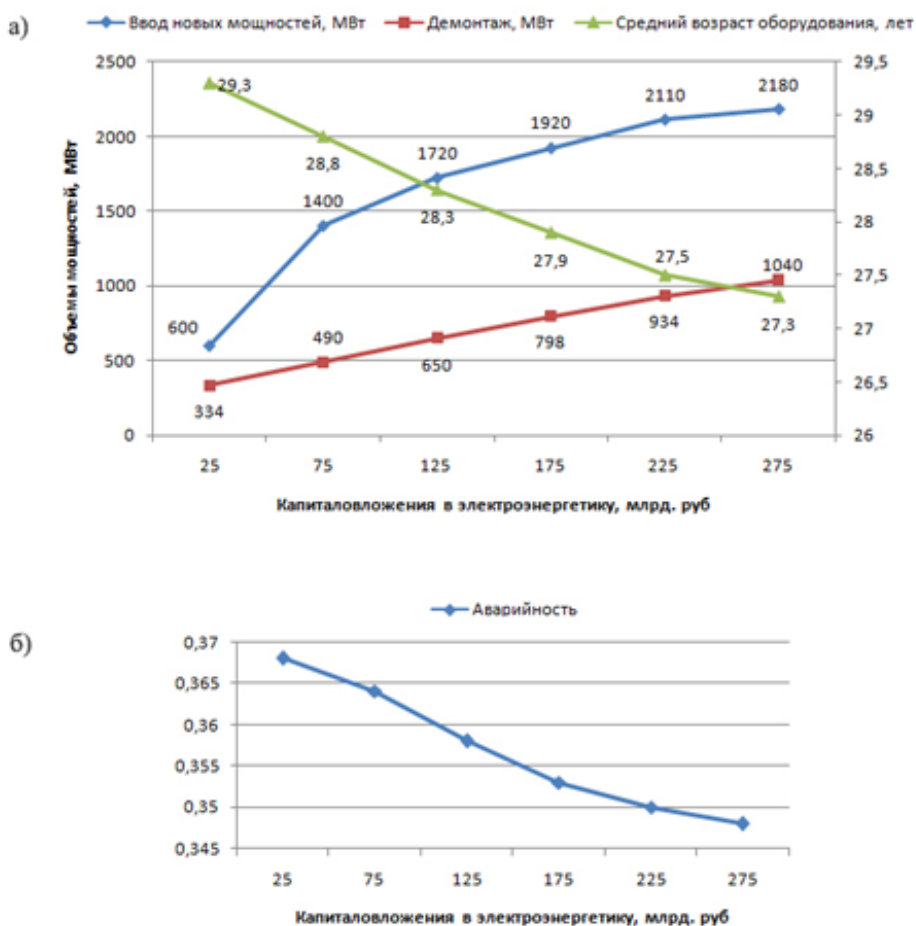


Рис. 57. а) объемы демонтажа и ввода оборудования и средний возраст оборудования; б) Изменения показателя аварийности в ответ на увеличение объемов капвложений.

Результаты разработки БСД-модели угрозы «Недостатка инвестиций (на примере нефтедобывающей отрасли)» представлены на рис. 58-60.



Рис. 58. Изменение значений мат. ожидания глубокого поисково-разведочного бурения (тыс. м), эффективности глубокого бурения (т у.т./м) и прироста запасов нефти (млн тонн) в ответ на изменение объемов инвестиций.

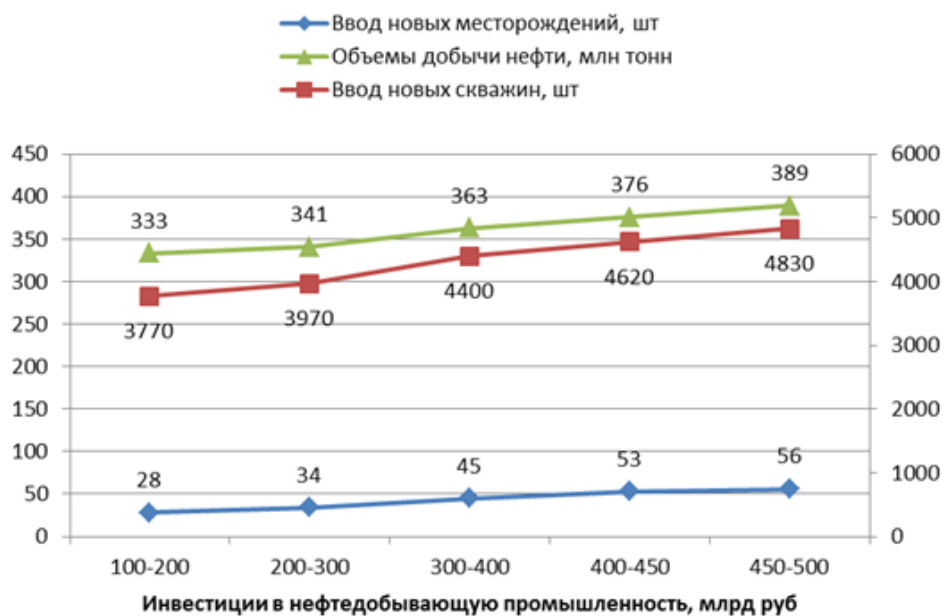


Рис. 59. Изменение значений мат. ожидания ввода новых месторождений, скважин (шт.) и объемов добычи нефти (млн т) в ответ на изменение объемов инвестиций.

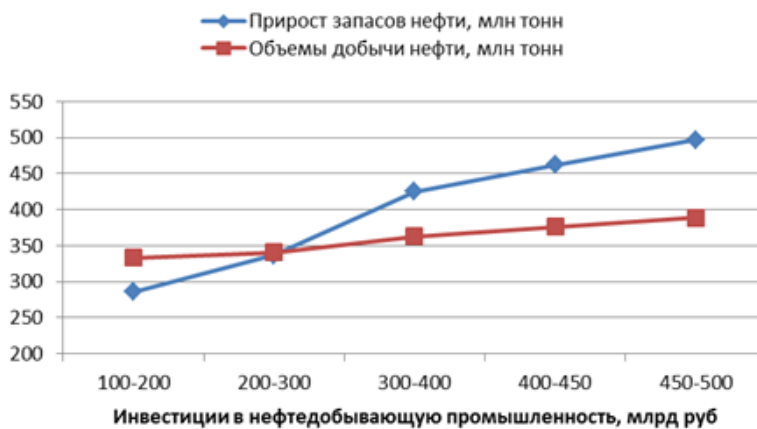


Рис. 60. Изменение значений мат. ожидания прироста запасов нефти и объемов добычи нефти (млн т) в ответ на изменение объемов инвестиций.

По полученным результатам видно, что при повышении объемов инвестиций и направлении на повышенные объемы разведочного бурения и его эффективности, можно получить значения прироста запасов нефти, покрывающие растущие объемы добычи нефти. При уровне инвестиций от 100 до 200 млрд. рублей, математическое ожидание прироста запасов нефти составляет 276 млн т (попадает в интервал от 200 до 300 млн. тонн с вероятностью 76%, интервал 300-400 с вероятностью 21%, а в 400-500 – с 3%) и не превышает уровня добычи нефти с мат. ожиданием 330 млн. тонн (попадает в интервал от 300 до 350 млн. тонн с вероятностью 87%, интервал 350-400 с вероятностью 11%, а в 400-450 – 2%). При более высоких уровнях инвестиций получаемый прирост запасов повышает уровень обеспеченности запасами от 0,8 (при минимальном уровне инвестиций) до 1,3 (при максимальном).

Для анализа угрозы "Снижение возможностей по увеличению объемов добычи газа" построена система моделей ухудшения/улучшения ситуации с использованием методов когнитивного моделирования (рис. 61).

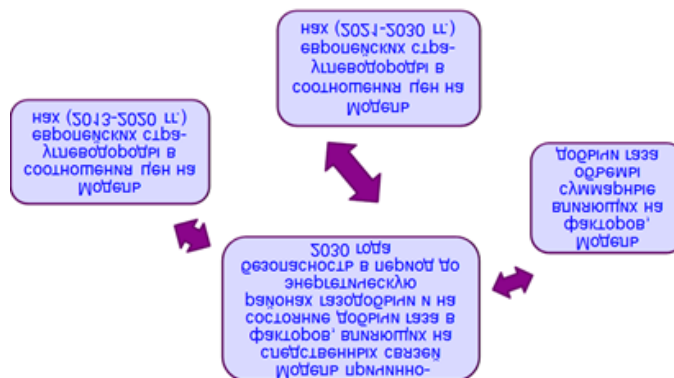


Рис. 61. Система моделей ухудшения/улучшения ситуации по стратегической угрозе ЭБ «Снижение возможностей по увеличению объемов добычи газа».

2.7.3. Разработка модели взаимосвязанной работы энергетических отраслей для оценки возможностей бездефицитного энергоснабжения потребителей в условиях ЧС в энергетике.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.3.1. «Методические основы и инструментальные средства исследования особенностей взаимосвязанной работы энергетических отраслей в условиях чрезвычайных ситуаций при реализации стратегических угроз энергетической безопасности».

Руководитель работы: д.т.н. С.М. Сендеров.

Подразделение: отдел энергетической безопасности.

Разработана экономико-математическая модель с учетом особенностей работы всех отраслевых систем энергетики в суточном разрезе. Основа - модельная база программно-вычислительного комплекса (ПВК) «Корректива». Для расчетов в суточном разрезе разработан дополнительный модуль. Ядро модуля (рис. 62) представляет собой несколько десятков скриптов на интерпретируемом языке программирования Lua. Решатель задач линейного программирования (ЛП) `Ip_solve` подключается в виде динамически загружаемой библиотеки, необходим для расчёта на модели ТЭК. База данных (БД), работающая под управлением `Firebird`, используется для хранения исходных данных и результатов расчёта. Ключевым компонентом ядра модуля является генератор моделей, который на основе исходных данных, считанных из БД или другого источника данных, создаёт задачу ЛП и передаёт её для оптимизации `Ip_solve`, а также записывает её в читабельном виде (LP-формате) для последующего контроля со стороны исследователя. Генератор моделей управляется набором правил, преобразующих исходные данные в задаваемые вектора и матрицы модели ТЭК. Исследователь имеет возможность изменять правила преобразования исходной информации.

Для анализа «узких мест», ограничивающих поток энергоресурсов, используется геоинформационная система (ГИС) `SAGA`, которая позволяет получить наглядное отображение исходной информации и графической интерпретации информации о работе любого из объектов ТЭК, полученной в результате расчёта, рис. 63.

После расчёта в ГИС `SAGA` создаются карты для каждого вида ТЭР. Карта состоит из трёх слоёв. Первый слой, представленный точечными объектами в виде кружков, характеризует состояние производителей ТЭР. Второй слой, представленный линиями, даёт представление о степени загруженности транспортной подсистемы. Третий слой, состоящий из площадных объектов, показывает, полностью ли удовлетворены нужды потребителей ТЭР.

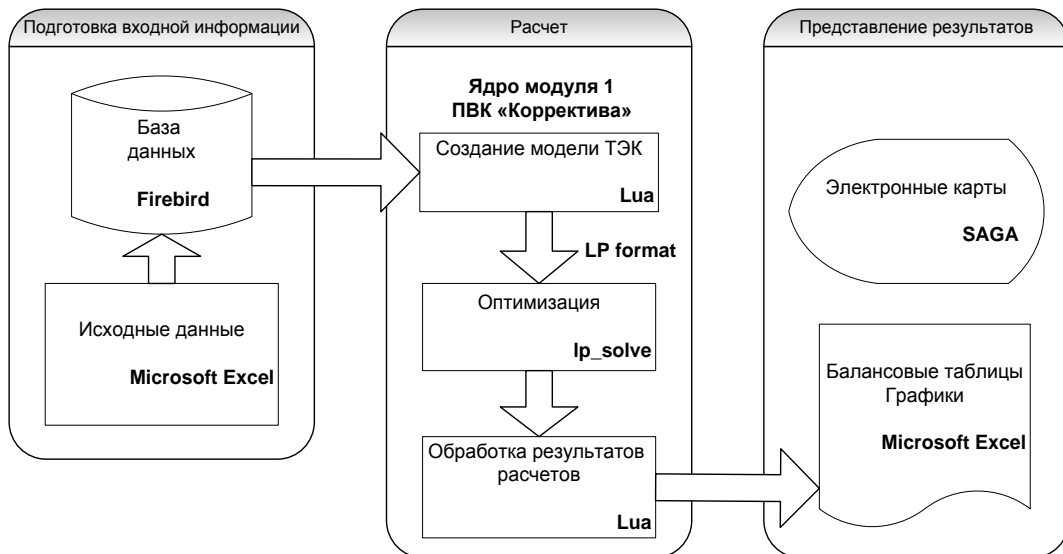


Рис. 62. Функциональная схема модуля ПВК «Корректива» для расчётов на суточной экономико-математической модели ТЭК.

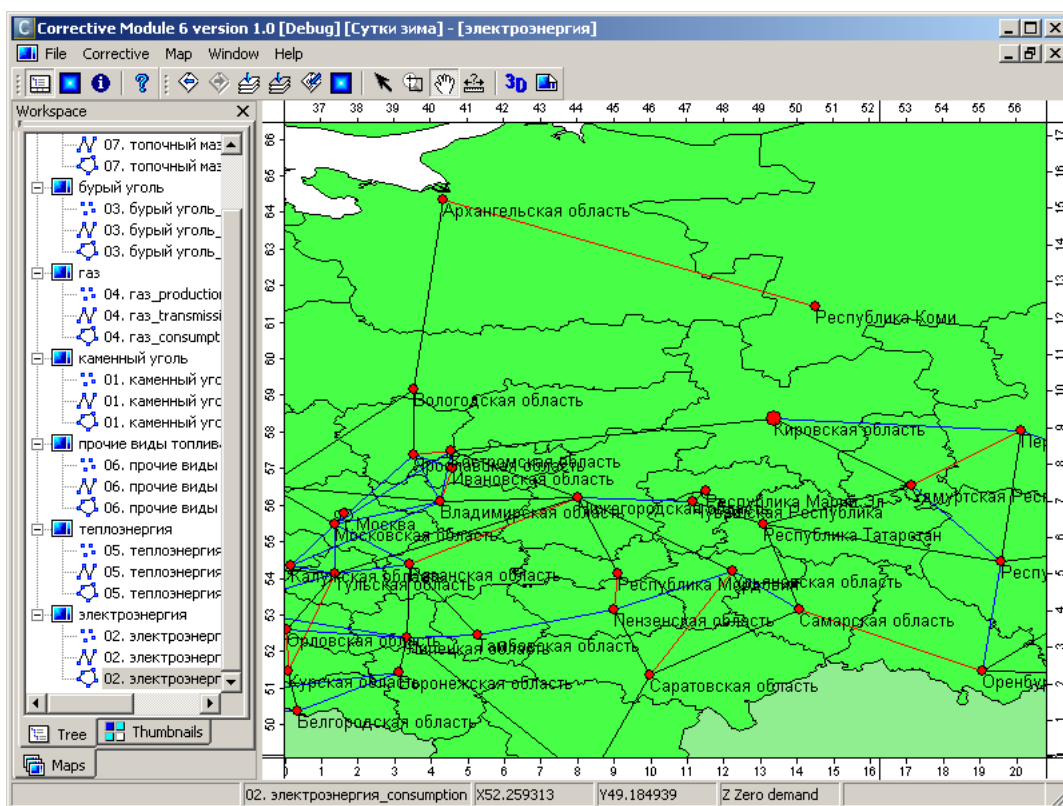


Рис. 63. Фрагмент работы модели.

2.7.4. Методические подходы к оценке вероятности и значимости угрозы дефицита мощностей в отраслях ТЭК и угрозы неприемлемой для потребителей динамики цен на энергоносители.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы, проект № 17.3.2. «Методы количественной оценки стратегических угроз, барьеров и пороговых значений индикаторов энергетической безопасности во взаимосвязи со сценариями развития экономики и энергетики».

Руководитель работы: д.э.н. Ю.Д. Кононов.

Подразделение: отдел взаимосвязей энергетики и экономики.

Разработаны методические подходы к оценке вероятности и значимости угрозы дефицита мощностей в отраслях ТЭК и угрозы неприемлемой для потребителей динамики цен на энергоносители. При этом используется разработанная в ИСЭМ СО РАН система моделей (рис. 64). Показана нелинейная зависимость возможных негативных макроэкономических последствий дефицита мощностей в ТЭК от его продолжительности (табл. 5) и величины (рис. 65).



Рис. 64. Система моделей для приближенной оценки макроэкономических последствий ценовой политики в ТЭК.

**Возможное годовое снижение ВВП из-за 1%-го дефицита мощности
в отраслях ТЭК, %**

Дефицит	Электроэнергия	Газ	Уголь	Жидкое топливо
Годовой	0,15	0,15	0,2	0,3
Пятилетний	0,45	0,5	0,47	0,65

Примечание: По сравнению с базовым вариантом для условий 2015 г.

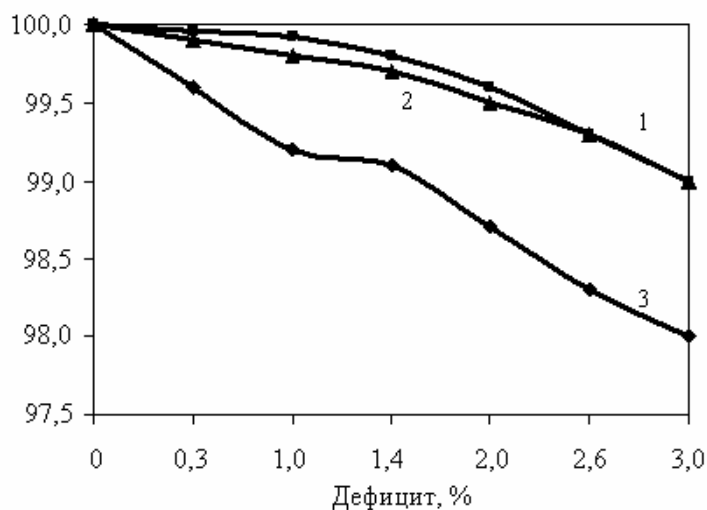


Рис. 65. Возможное снижение макропоказателей при дефиците электроэнергии. Снижение в процентах по сравнению с базовым вариантом (при ожидаемых условиях в 2020–2025 гг.). 1 – конечное потребление; 2 – ВВП; 3 – валовая продукция.

Обоснована взаимосвязь стратегических угроз возможного дефицита мощностей в отраслях ТЭК и неадекватного роста цен на энергоносители: прогнозная динамика цен на энергетических рынках влияет, с одной стороны, на инвестиционные возможности энергетических компаний, а с другой – на экономику потребителей топлива и энергии.

2.7.5. Модернизация ПВК "Нефть и газ России".

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.3.1. «Методические основы и инструментальные средства исследования особенностей взаимосвязанной работы энергетических отраслей в условиях чрезвычайных ситуаций при реализации стратегических угроз энергетической безопасности».

Руководитель работы: д.т.н. С.М. Сендеров.

Подразделение: отдел энергетической безопасности.

В последние годы ПВК "Нефть и газ России" базировался на основе библиотеки для решения задач целочисленного и смешанного целочисленного линейного программирования *Ip_solve*. Решатель *Ip_solve* был встроен в интегрированную инструментальную среду, представляющую собой специализированную геоинформационную систему (ГИС). В 2015 г. архитектура ПВК "Нефть и газ России" заменена с монолитной на модульную, так как появились дополнительные задачи и соответственно новые требования, рис. 66.

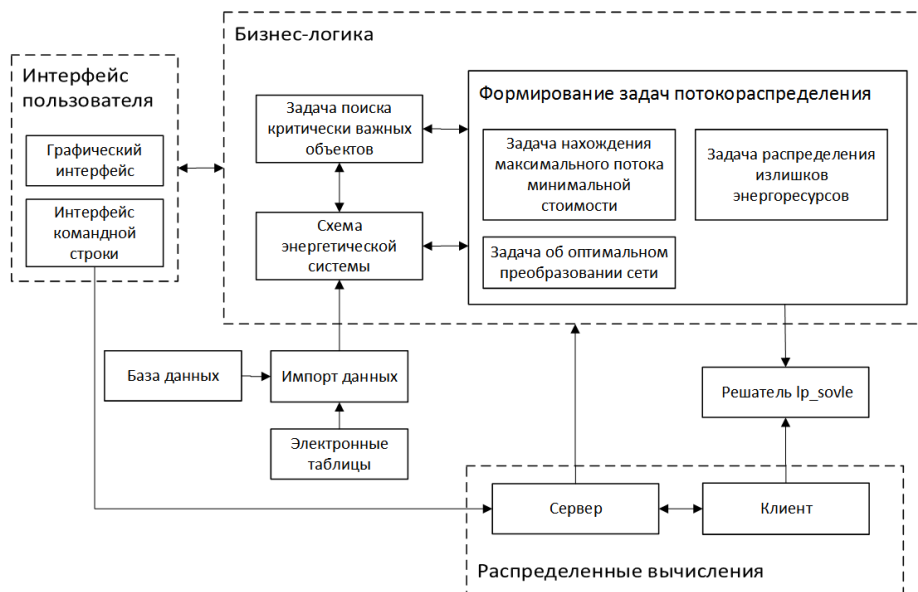


Рис. 66. Модернизированная архитектура ПВК "Нефть и газ России".

Исходная информация по СЭ импортируется из внешнего источника данных, на ее основе строится схема СЭ, представляющая собой ориентированный граф. В зависимости от цели исследования, с помощью решателя *Ip_solve*, решается одна из следующих задач потокораспределения:

- нахождение максимального потока минимальной стоимости;
- оптимальное преобразование сети;
- распределение излишков добытого или выработанного энергоресурса.

Модернизированная архитектура ПВК "Нефть и газ России" учитывает использование его модулей в распределённой вычислительной среде (РВС), поэтому в случае необходимости множественный расчёт задачи потокораспределения может быть распределён по вычислительным узлам РВС с помощью X-Com, инструментария для организации распределённых вычислительных экспериментов, разработанного в НГУ. Общая схема взаимодействия системы X-Com с ПВК "Нефть и газ России" представлена на рис. 67.

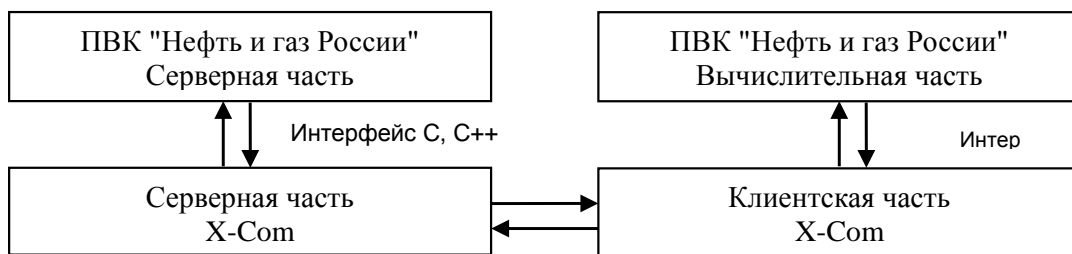


Рис. 67. Схема взаимодействия X-Com с ПВК "Нефть и газ России".

2.7.6. Научное обоснование допустимого диапазона колебаний уровня озера Байкал (Иркутского водохранилища) с учетом технических возможностей регулирования и социально-экономических ограничений в верхнем и нижнем бьефах Иркутской ГЭС в условиях нормальной, экстремально высокой и экстремально низкой водности.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.3.1. «Методические основы и инструментальные средства исследования особенностей взаимосвязанной работы энергетических отраслей в условиях чрезвычайных ситуаций при реализации стратегических угроз энергетической безопасности», грант РФФИ «Сибирь», №14-47-04155 «Разработка системы информационно-аналитического моделирования зон затопления в нижнем бьефе Иркутской ГЭС при экстремальных паводках в бассейне реки Ангары и озера Байкал».

Руководители работы: к.г.н. Т.В. Бережных, д.т.н. В.М. Никитин.

Подразделение: отдел энергетической безопасности.

Разрабатываемые правила использования водных ресурсов для регулирования уровня оз. Байкал в условиях жесткого метрового диапазона его водности (456.0- 457.0 м в Тихоокеанской системе согласно постановлению № 234 Правительства РФ от 2001г.) не учитывают сценарии экстремальной водности на оз. Байкал, когда неизбежны затопления как нижнего, так верхнего бьефов Иркутской ГЭС, а в условиях низкой водности, обеспечить в нижнем бьефе условий гарантированного водоснабжения населения, промышленности и устойчивого энергоснабжения. Для управления и планирования режимов ГЭС традиционно используются диспетчерские графики, позволяющие частично снизить риски (энергетические, водохозяйственные, экологические и др.), обусловленные стохастическими колебаниями приточности воды в водохранилища. Для определения количественных показателей полезного притока, гарантирующего соблюдение метрового диапазона амплитуды регулирования, были проведены

расчёты режимов работы Иркутской ГЭС по диспетчерский график правил использования водных ресурсов (ПИВР) 2013 г. для разных условий водности за период 1900-2015 гг. с учётом требований водопользователей и водопотребителей. По результатам расчётов были построены кривые обеспеченности среднегодового и годового полезного притока для разных условий водности рис. 68.

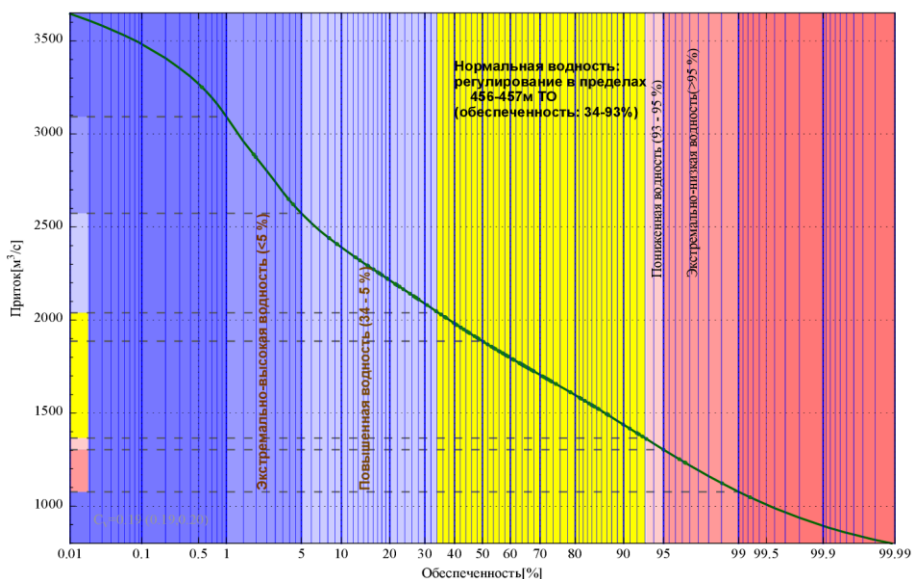


Рис. 68. Обеспеченность среднегодового полезного притока в оз. Байкал для разных условий водности.

Выяснено, что при выполнении существующего законодательства и ПИВР 2013 принятый метровый диапазон регулирования имеет обеспеченность 34% по верхней границе и 93% по нижней (рис. 69). Обеспеченность 34% соответствует среднегодовому полезному притоку 2030 м³/с или годовому – 64 км³/год. Вероятность нарушения нижней отметки происходит при среднегодовом полезном притоке менее 1370 м³/с (ниже 43 км³/год).

Результаты водохозяйственных расчетов, выполненных с учетом сформулированных экологических условий и ограничений, а также исходя из необходимости гарантированного обеспечения водными ресурсами населения и промышленности, позволили рекомендовать диапазон изменений уровня воды в озере Байкал, рис. 70. На основе полученных результатов сформулированы предложения по изменению Постановления Правительства РФ от 26 марта 2001 г. № 234 "О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности". На основании выполненного анализа работы водозаборов в условиях экстремального маловодья и оценок возможных затоплений при различных расходах через гидроузел, сформулированы требования (ограничения) к регулированию уровенного режима оз. Байкал с учётом социально-экономических условий в нижнем бьефе Иркутской ГЭС. Ос-

новными требованиями (ограничениями) являются: обеспечение устойчивой работы водозаборов, расположенных в нижнем бьефе, в условиях маловодья; снижение рисков затоплений г. Иркутска и других населённых пунктов в условиях высокой водности при повышенных сбросах воды через гидроузел. Особенно остро этот вопрос встал в экстремально маловодные годы 2014-2015 гг.

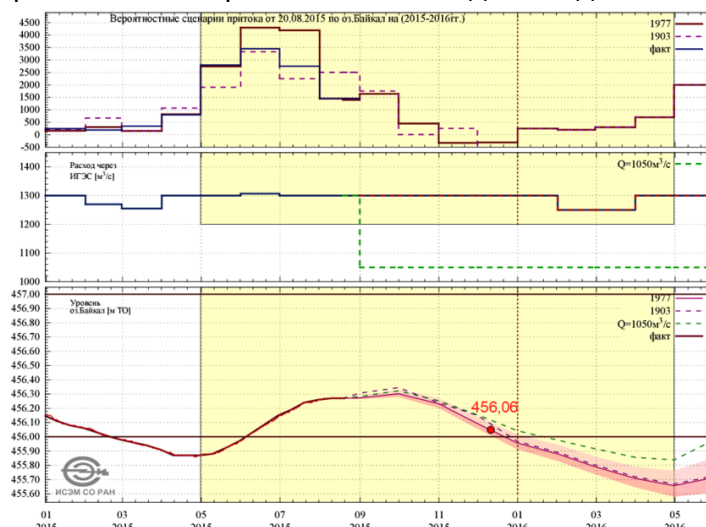


Рис. 69. График регулирования уровня оз. Байкал в 2015-2016 гг. (по сценариям притока 1977-1978 гг. и 1903-1904 гг.)

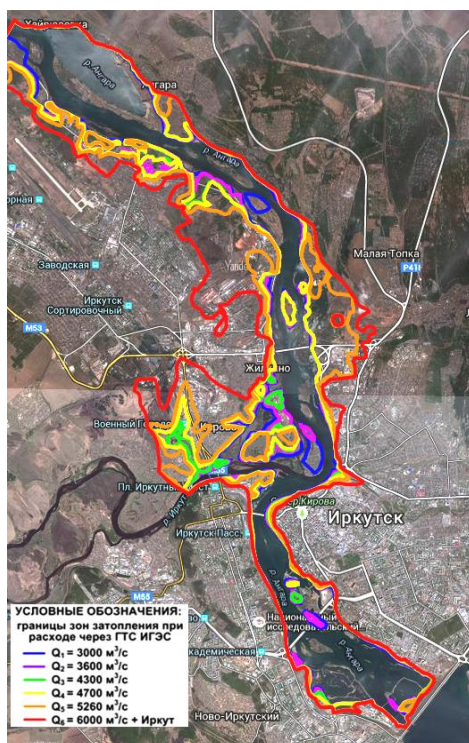


Рис. 70. Пример визуализации зон затопления в нижнем бьефе на участке Иркутская ГЭС – п. Боково при различных расходах воды.

2.8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА.

2.8.1. Развитие концепции ситуационного управления в энергетике на основе семантического моделирования: разработка семиотического подхода к построению интеллектуальных систем поддержки принятия решений при стратегическом ситуационном управлении развитием энергетических систем.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 35.1.1. «Методы, технологии и инструментальные средства интеллектуализации поддержки принятия решений в интегрированных интеллектуальных энергетических системах», гранты РФФИ № 13-07-00140, №12-07-00359, № 14-07-31268, №15-07-04074 Бел мол а.

Руководитель работы: д.т.н. Л.В. Массель.

Подразделение: отдел энергетической безопасности.

Выполнено отображение идеи ситуационного управления, сформулированной в 80-х гг. прошлого века Д.А. Поспеловым и его учениками, на современные информационные технологии, в том числе, технологии семантического моделирования. Определены основные методы ситуационного управления: ситуационный анализ, ситуационное моделирование и визуальная аналитика. Выполнен онтологический инжиниринг основных понятий ситуационного управления в условиях экстремальных ситуаций в энергетике (рис. 71).

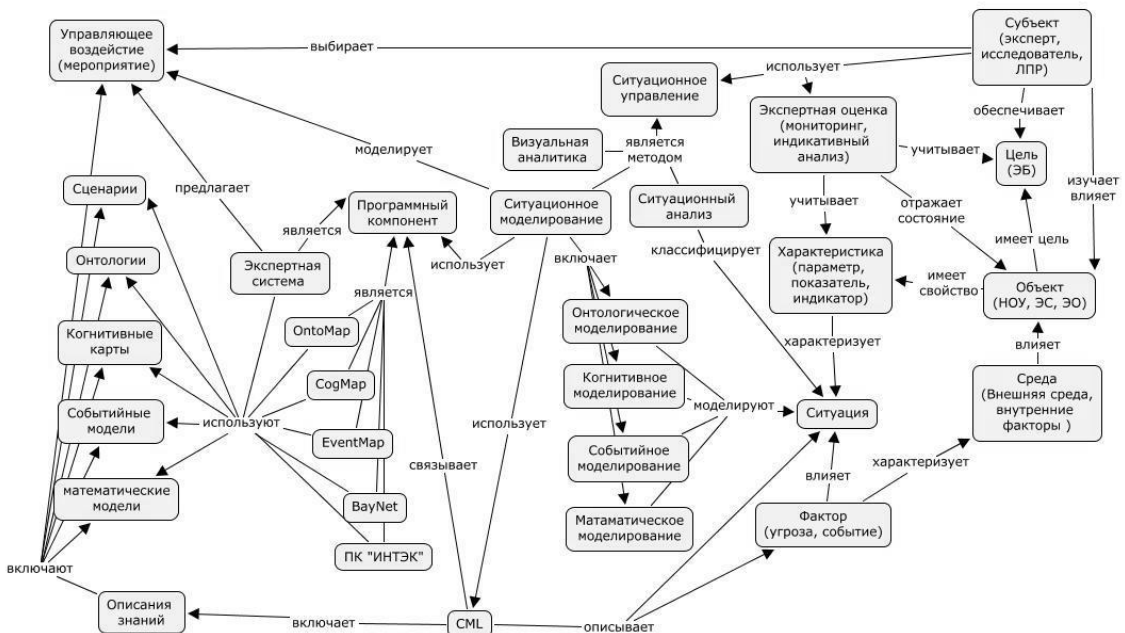


Рис. 71. Метаонтология пространства знаний для ситуационного управления в энергетике.

Разработаны основы семиотического подхода к построению интеллектуальных систем поддержки принятия решений при стратегическом ситуационном управлении развитием энергетических систем. Выполнена конкретизация общей схемы ситуационного управления (Д.А. Поспелов) с использованием технологий экспертных систем, семантического моделирования и разработанных в коллективе инструментальных средств их поддержки.

Предложена концепция языка ситуационного управления в энергетике (CML - Contingency Management Language) и выполнено его общее описание с использованием нотации Бэкуса-Наура. Разработана архитектура Ситуационного полигона (рис. 72), интегрирующего, с использованием языка CML, на основе Репозитария, инструментальные средства семантического моделирования (OntoMap, CogMap, EventMap, BayNet), экспертную систему Advice, Геокомпонент для 3D-геовизуализации предлагаемых решений, а также хранящиеся в Репозитории базы знаний экспертной системы и базы знаний о семантических моделях.



Рис. 72. Архитектура Ситуационного полигона.

OntoMap, CogMap, EventMap, BayNet – инструментальные средства для поддержки онтологического, когнитивного, событийного и вероятностного (на основе Байесовских сетей доверия) моделирования; Situational Awareness – Web- сервис «Ситуационная осведомленность в энергетике» для 3D-геовизуализации, использующий геосервис Google; ЭкС – экстремальная (критическая или чрезвычайная) ситуация в энергетике).

2.8.2. Методический подход к построению многоагентных систем для оценивания состояний электроэнергетических систем (ЭЭС).

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 35.1.1. «Методы, технологии и инструментальные средства интеллектуализации поддержки принятия решений в интегрированных интеллектуальных энергетических системах», гранты РФФИ № 13-07-00140, №12-07-00359, №15-07-04074 Бел мол_а.

Руководитель работы: д.т.н. Л.В. Массель.

Подразделение: отдел энергетической безопасности.

Предложен методический подход к построению многоагентных систем для оценивания состояний ЭЭС, включающий:

- 1) метод построения типовой многоагентной системы оценивания состояний ЭЭС.;
- 2) агентные сценарии для описания взаимодействия агентов;
- 3) алгоритмы взаимодействия и поведения агентов (рис. 73);
- 4) событийную модель (на основе Joiner–сетей) агентных сценариев (рис. 74);
- 5) метод проектирования конкретных систем оценивания состояний ЭЭС на основе типовой МАС.



Рис. 73. Общий алгоритм работы агентов.

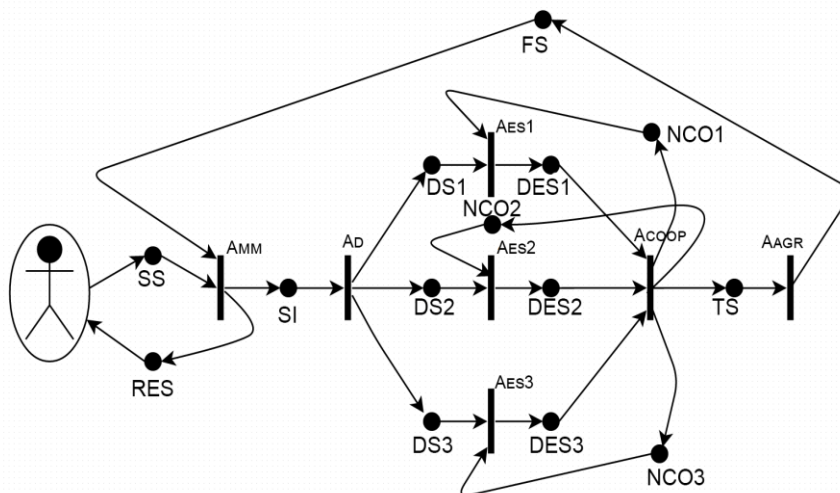


Рис. 74. Пример событийной модели агентного сценария.

Процессы:

AmM – Процесс работы главного модуля.

Ad – Процесс работы агента декомпозиции схемы.

Aes1, Aes2, Aes3 – Процесс работы агентов оценивания состояний.

Acoop – Процесс работы агента кооперации.

Aagr – Процесс работы агента агрегирования.

События:

SS – Пользователь отправил исходную схему.

SI – Передача исходных данных.

DS1, DS2, DS3 – Схема разделена на 3 подсистемы.

DES1, DES2, DES3 – Оценивание состояний подсистем завершена.

NCO1, NCO2, NCO3 – Согласование между схемами не достигнуто.

TS – Согласование достигнуто.

FS – Исходная схема собрана из разделенных подсистем.

RES – Результаты отправлены пользователю.

2.8.3. Неявные методы оптимизации в задачах равновесного билинейного программирования.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.1.4. «Оптимизация и слабо неустойчивые задачи вычислительной математики в системах энергетики».

Руководитель работы: д.ф.-м.н. О.В. Хамисов.

Подразделение: отдел прикладной математики.

Исследована задача поиска равновесия по Нэшу в билинейной игре двух лиц с квадратичными слагаемыми в функциях потерь и с независимыми множествами стратегий игроков. Для этого использовалась достаточно универсальная методика, позволяющая свести задачу поиска равновесия к задаче оптимизации с, вообще говоря, невыпуклой и неявно заданной целевой функцией (минимаксной задаче).

Для поиска равновесия при данных условиях разработан и реализован алгоритм локального поиска, основанный на разложении целевой функции в виде разности двух выпуклых функций и линеаризации невыпуклого слагаемого в текущей точке. Одна итерация алгоритма требует решения двух выпуклых квадратичных задач оптимизации. Проведен вычислительный эксперимент для тестирования алгоритма с использованием мультистарта. Расчёты показали возможность отыскания нескольких различных точек равновесия при старте из различных начальных приближений.

Для случая невыпуклых функций потерь разработан и реализован алгоритм глобального поиска, основанный на применении аппарата опорных функций. Одна итерация алгоритма требует решения двух квадратичных задач глобальной оптимизации. Результатом работы алгоритма является либо некоторая точка равновесия по Нэшу, либо утверждение об отсутствии равновесий в игре. Проведён вычислительный эксперимент для небольших размерностей (общее количество переменных до 10).

2.8.4. Методы решения интегральных и дифференциально-алгебраических уравнений.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект № 17.1.4. «Оптимизация и слабо неустойчивые задачи вычислительной математики в системах энергетики».

Руководитель работы: д.ф.-м.н. Д.Н. Сидоров.

Подразделение: отдел прикладной математики.

Предложен метод регуляризации вырожденных дифференциально-алгебраических уравнений на основе метода скелетных разложений линейных операторов путем сведения таких нерегулярных уравнений к неклассическим начальным задачам, имеющим единственное решение.

Доказана теорема существования и разработан численный метод решения систем нелинейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода с кусочно-непрерывными ядрами, возникающие в моделировании развивающихся динамических систем.

Предложен метод устойчивого дифференцирования на основе абстрактной схемы построения регуляризирующих уравнений методом возмущений.

В контексте исследования надёжности ЭЭС, проведен сравнительный анализ методов понижения размерности входных выборок для решения задачи мониторинга на основе методов машинного обучения. Как показали исследования, наиболее эффективными являются методы на основе композиций алгоритмов, прежде всего метод случайного леса – Random Forest, позволяющий помимо сокращения размерности, также участвовать в восстановлении пропущенных данных и давать оценки важности входных признаков. В результате был реализован системный подход к разработке предупредительной системы для выявления предаварийных состояний ЭЭС. В рамках этой задачи был реализован программный модуль на языке R.

2.8.5. Развитие численных методов решения неклассических интегральных уравнений в моделях типа В.М. Глушкова, описывающих развивающиеся системы энергетики.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.1.4. «Оптимизация и слабо неустойчивые задачи вычислительной математики в системах энергетики».

Руководитель работы: к.ф.-м.н. С.В. Солодуша.

Подразделение: отдел прикладной математики, отдел электроэнергетических систем.

Для численного решения неклассических интегральных уравнений Вольтерра I рода с N операторами, содержащими переменные верхние и нижние пределы интегрирования (такие операторы отражают вклад элементов данной возрастной группы в суммарный показатель уровня развития динамической системы), предложена модификация метода средних прямоугольников, дающая, как и в классическом случае, второй порядок сходимости по шагу сетки. На разработанный программно-вычислительный комплекс (ПВК) получено авторское свидетельство.

На рис. 75 приведены графики погрешностей численного решения тестового уравнения

$$\int_{\frac{t}{2}}^t x(s) ds + \int_{\frac{t}{4}}^{\frac{t}{2}} (1 + 20(t-s)) x(s) ds + \frac{1}{4} \int_0^{\frac{t}{4}} x(s) ds = \frac{61}{128} t^2 + \frac{55}{48} t^3, \quad t \in [0,1],$$

точное решение которого $x(t) = t$.

$$(h = 1/128)$$

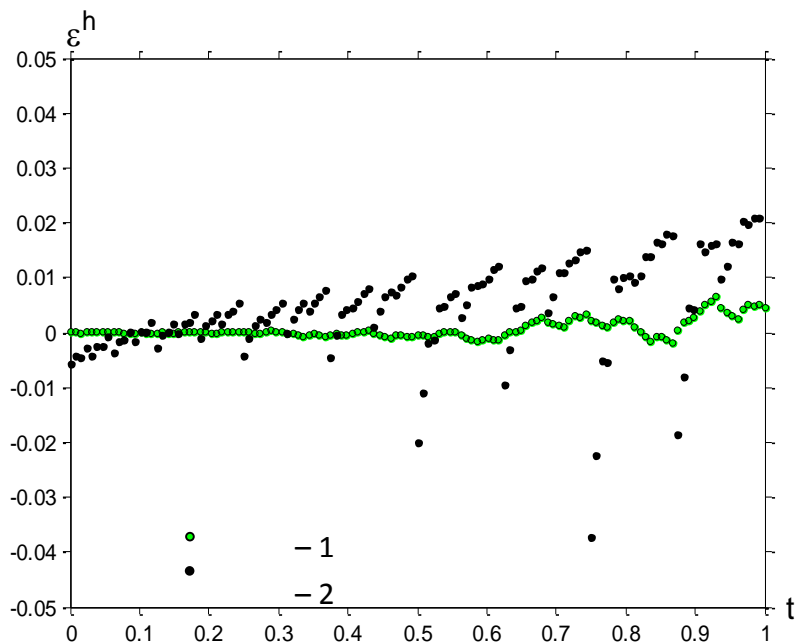


Рис. 75. Эффект неустойчивости численного решения, вызванный спецификой данного типа уравнений: 1 – погрешность модифицированного метода средних прямоугольников, 2 – погрешность разработанного ранее модифицированного метода левых прямоугольников.

2.8.6. Реализация в виде комплекса программ новых методов моделирования нелинейных динамических систем типа вход-выход с векторным входом.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.1.4. «Оптимизация и слабо неустойчивые задачи вычислительной математики в системах энергетики».

Руководитель работы: к.ф.-м.н. С.В. Солодуша.

Подразделение: отдел прикладной математики.

Предложены алгоритмы идентификации полиномов Вольтерра второй и третьей степени для описания нестационарных свойств энергетических систем. Алгоритмы учитывают необходимые условия разрешимости специальных многомерных интегральных уравнений Вольтерра I рода. Эталоном послужили две тестовые модели: модель, описывающая процесс теплообмена в элементе теплообменного аппарата и модель, описывающая изменение угловой скорости вращения элементов в ветроэнергетической установке с горизонтальной осью. С целью упрощения интегральных моделей проведен апостериорный анализ указанных динамических систем. На разработанный ПВК получено авторское свидетельство.

2.8.7. Теоретические основы рациональной организации функционирования и развития энергетики в рыночных условиях.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.1.3. «Анализ механизмов организации функционирования и развития систем энергетики в рыночных условиях».

Руководитель работы: д.т.н. В.И. Зоркальцев.

Подразделение: отдел прикладной математики, отдел электроэнергетических систем.

Экономико-математическое моделирование и теоретический анализ рынков несовершенной конкуренции. Разработан возможный вариант ценообразования на розничном рынке меню тарифов для энергоснабжения отдельного района Иркутска на основе решения задачи неблагоприятного отбора теоретико-игровыми методами. Специфика и оригинальность постановки состоит в возможности выбора потребителем схемы ценообразования из меню тарифов, а также участия нескольких типов (рациональных и с неполной рациональностью) потребителей при формировании оптимальной схемы электроснабжения. Сделана теоретико-игровая постановка с формализацией функций полезности, обеспечивающих единственное равновесие, в том числе для потребителя с неполной рациональностью, определены критерии для принципала и агентов. Решением поставленной задачи является нахождение смешанного и разделяющего равновесия. Протестировано меню тарифов, действующее на сегодняшний момент на розничном рынке электроэнергии Восточной Сибири, и показана неэффективность существующей схемы. На рис. 76 представлен суточный график нагрузки кампуса до переноса (I), после переноса нагрузки (I^*) и эквивалентные потребители, формирующие этот график: первый до ($A1$) и после ($A1^*$) переноса нагрузки, второй ($A2$).

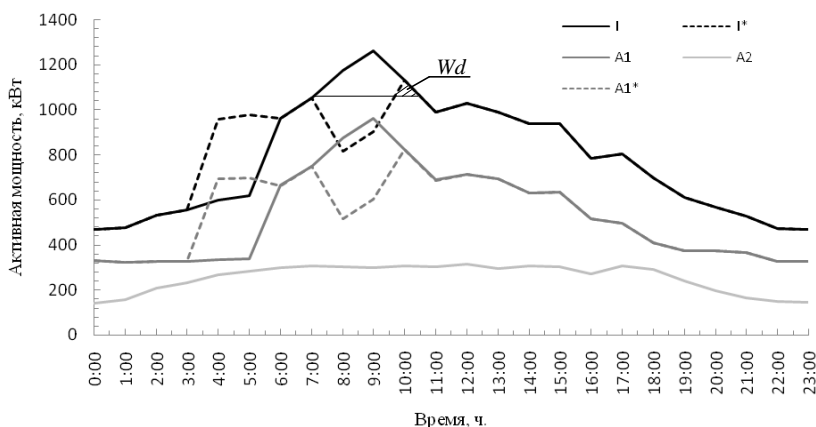


Рис. 76. Устранение дефицитной ситуации через стимулирование первого потребителя ($A1$) к оптимизации графика нагрузки.

2.8.8. Методические основы учета фактора надежности при управлении развитием систем энергетики.

Источник финансирования: гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, проект № 17.3.2. «Методические основы учета фактора надежности при управлении развитием систем энергетики».

Руководитель работы: д.т.н. Г.Ф. Ковалев.

Подразделение: отдел энергетической безопасности, отдел прикладной математики.

Сравнительный анализ методов оценки параметров экспоненциального закона распределения на основе вычислительных экспериментов. Экспоненциальный закон распределения случайной величины и родственные ему законы широко используются в анализе надежности технических объектов, в том числе в энергетике. Применяемые разные методы оценки параметров распределения, базирующиеся на обработке данных об историях функционирования отдельных объектов, приводят порой к различным результатам. Разработана и прошла апробацию методика сравнительного анализа этих методов на основе вычислительных экспериментов с использованием для имитации ситуаций метода Монте-Карло.

Рассмотрены несколько разных методов оценки параметров, при разных по численности наборах объектов. Для каждого из методов рассматривалось три способа задания весовых коэффициентов при суммировании квадратов отклонений экспериментально продуцируемых и расчетных, по исследуемому методу, данных разных периодов времени: 1) одинаковые; 2) пропорциональные численности объектов в разных временных группах; 3) пропорциональные обратным значениям дисперсий оценок. На рис. 77 представлены выявленные систематические отклонения средних значений коэффициента интенсивности отказов от их фактического значения (принятого в этих экспериментах равным 0.6) в зависимости от объемов выборки для одного из исследованных методов.

На рис. 78 представлены полученные численные значения среднеквадратических отклонений оценок этого же показателя. Из представленных на рис. 77, 78 данных сделан вывод о целесообразности использования второго способа взвешивания. Вычислительные эксперименты также доказывают, что для получения надежных оценок параметров экспоненциального закона распределения необходимо рассматривать объем выборки не менее 200 объектов.

Алгоритм оптимизации балансовой надежности с использованием математического ожидания двойственных оценок. Для решения задачи оптимизации надежности ЭЭС (минимизации приведенных затрат при достижении заданного уровня надежности ЭЭС) разработан алгоритм оптимизации надежности, базирующийся на использовании математического ожидания двойственных оценок,

соответствующих ограничениям на выработку и перетоки мощности. Математическое ожидание двойственных оценок находится в результате анализа надежности ЭЭС на основе метода статистических испытаний. Анализ математического ожидания двойственных оценок позволяет выявить узлы и связи системы, обладающие недостаточной генерирующей мощностью и пропускной способностью. Опираясь на данные показатели, возможно значительное сокращение общего числа рассматриваемых вариантов ввода энергетического оборудования в системе. Последующий анализ надежности вариантов позволяет выбрать состав средств повышения надежности с минимальными затратами.

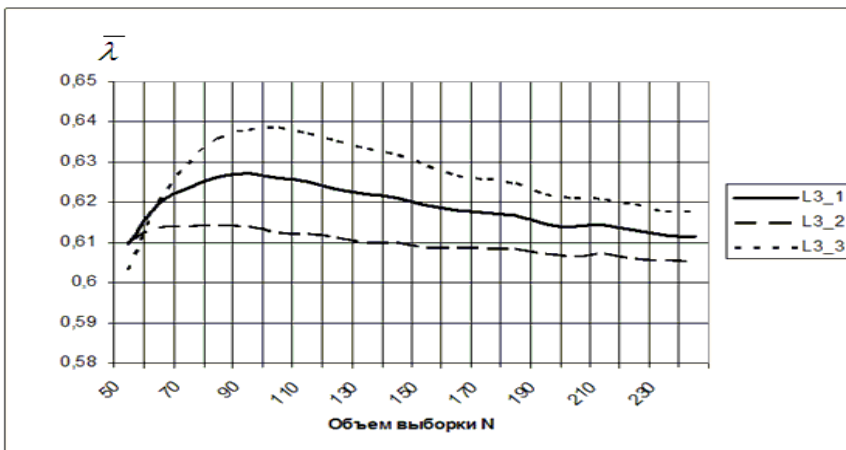


Рис 77. Изменения средних значений оценок интенсивности отказов $\bar{\lambda}$ в зависимости от объема выборки N (истинное значение $\lambda=0,6$).

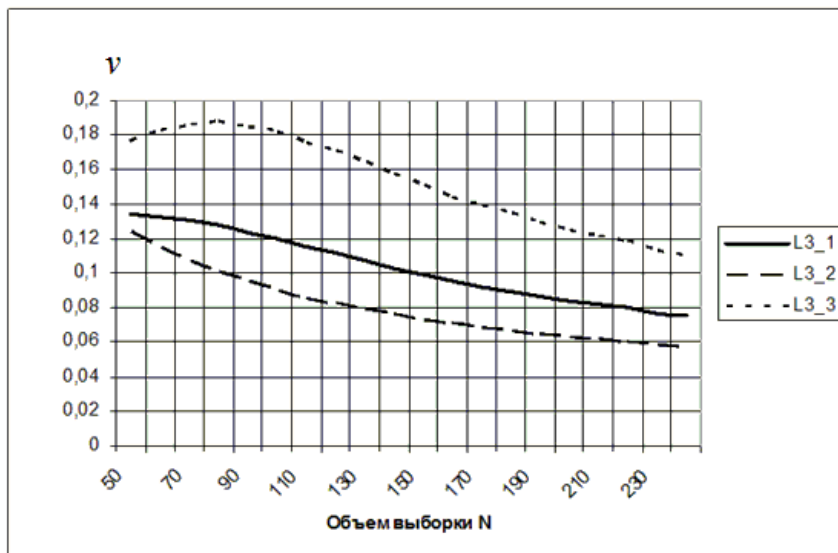


Рис 78. Средние квадратические отклонения от средних значений оценок коэффициента интенсивности отказов $\tilde{\lambda}_i$ по экспериментам $i=1, \dots, m$, в зависимости от объема выборки.

2.9. СВЕДЕНИЯ О РАБОТАХ ПО ГРАНТАМ РФФИ, РНФ, ВЕДУЩЕЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ И ДРУГИХ ФОНДОВ.

Институт выполняет фундаментальные исследования по грантам РФФИ, РГНФ и грантам других фондов и программ. Сведения о количестве грантов по подразделениям института приведены в табл. 6.

Таблица 6.

Количество грантов научных фондов по подразделениям института

Подразделение	РФФИ				Гранты РНФ, ВШ, Президента РФ и др.	ВСЕГО
	Исследовательские	На конференций	Внешних организаций	Всего		
Отдел взаимосвязей энергетики и экономики	1			1		1
Отдел энергетической безопасности	7	3	1	11		11
Отдел электроэнергетических систем	4	1		5	3	8
Отдел трубопроводных систем энергетики	2			2		2
Отдел комплексных и региональных проблем энергетики	1			1		1
Отдел теплосилового систем	5		2	7	1	8
Отдел прикладной математики	4		1	5	1	6
ИТОГО	24	4	4	32	5	37

2.9.1. Исследовательские гранты.

1. Грант Российского фонда фундаментальных исследований №15-08-00403 «Разработка принципов, методов и алгоритмов восстановления электроснабжения после аварийных отключений нагрузки», 2015-2017 гг. *Руководитель: член-корр. РАН Н.И. Воропай (Отдел электроэнергетических систем).*
2. Грант Президента РФ НШ-4711.2014.8 для поддержки ведущих научных школ «Разработка теории, моделей и методов обоснования развития и управления функционированием структурно неоднородных электроэнергетических систем в рыночных условиях», 2014-2015 гг. *Руководитель: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай (Отдел электроэнергетических систем).*
3. Грант РФФИ №15-07-01284 «Методы ситуационного управления и семантического моделирования в энергетике», 2015-2017 гг. *Руководитель: к.т.н. А.Г. Массель (Отдел энергетической безопасности).*

4. Грант РФФИ № 15-01-01425 «Математические модели развивающихся динамических систем на базе неклассических интегральных уравнений Вольтерра I рода: теория, численные методы, приложения в энергетике», 2015-2017 гг. *Руководитель: д.ф.-м.н. А.С. Апарцин (Отдел прикладной математики).*
5. Грант РФФИ № 15-07-07412_а «Организация и проведение вычислительных экспериментов на моделях энергетике», 2015-2017 гг. *Руководитель: В.И. Зоркальцев (Отдел прикладной математики).*
6. Грант РФФИ № 15-07-08986 «Алгоритмы глобальной оптимизации с нелинейными опорными функциями», 2015-2017 гг. *Руководитель: д.ф.-м.н. О.В. Хамисов (Отдел прикладной математики).*
7. Грант РФФИ № 14-19-00054-а «Разработка интеллектуальной системы для предотвращения крупных аварий в энергосистемах», 2014-2016 гг. *Руководитель: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай (Отдел электроэнергетических систем).*
8. Грант РФФИ № 13-0600303-а «Моделирование и долгосрочное прогнозирование цен и спроса на региональных энергетических рынках в условиях усложнения взаимосвязей энергетики и экономики и роста неопределенности», 2013-2015 гг. *Руководитель: к.т.н. Е.В. Гальперова (Отдел взаимосвязей энергетики и экономики).*
9. Грант РФФИ №13-07-00140 «Методология создания и интеграции интеллектуальных, агентных и облачных вычислений в Smart Grid (умных энергетических системах)», 2012-2015 гг. *Руководитель: д.т.н. Л.В. Массель (Отдел энергетической безопасности.)*
10. Грант РФФИ № 13-07-31268 «Методы и инструментальные средства интеллектуального контроля и преобразования данных для вычислительного эксперимента в исследованиях энергетической безопасности», 2013-2015 гг. *Руководитель: к.т.н. О.В. Курганская (Отдел энергетической безопасности).*
11. Грант РФФИ № 14-07-00116 «Методы поддержки коллективной экспертной деятельности для выработки и принятия решений в исследованиях и обеспечении энергетической безопасности», 2014-2016 гг. *Руководитель: к.т.н. А.Н. Копайгородский (Отдел энергетической безопасности).*
12. Грант РФФИ № 13-07-00297-а «Методы и технологии автоматизированного построения программного обеспечения на основе концепции модельно-управляемой разработки и применения онтологий в области проектирования теплоснабжающих систем», 2013-2015 гг. *Руководитель: д.т.н. В.А. Стенников (Отдел трубопроводных систем энергетики).*
13. Грант РФФИ № 14-08-31304-мол-а «Разработка методического обеспечения построения теплоснабжающих систем с учетом прогнозных уровней теплотребления в условиях множества интересов», 2014-2015 гг. *Руководитель: м.н.с. Е.Е. Якимец (Отдел трубопроводных систем энергетики).*

14. Грант РФФИ №13-08-00281-а «Исследование аллоавтотермических режимов термохимической конверсии твердого топлива с газообразным теплоносителем», 2013-2015 гг. *Руководитель: к.х.н. В.А. Шаманский (Отдел теплосиловых систем).*
15. Грант РФФИ №14-08-31666 мол_а «Исследование физико-химических особенностей газификации низкосортных твердых топлив в установках плотного слоя», 2014-2016 гг. *Руководитель: м.н.с. А.Н. Козлов (Отдел теплосиловых систем).*
16. Грант РФФИ №14-08-31622 «Методические подходы и комплекс программ для оптимизации режимов работы крупных ТЭЦ», 2014-2015 гг. *Руководитель: к.т.н. А.С. Максимов (Отдел теплосиловых систем).*
17. Грант РФФИ №13-06-00152а «Рынки несовершенной конкуренции в электроэнергетике: модели и механизмы функционирования», 2013-2015 гг. *Руководитель: к.т.н. Н.И. Айзенберг (Отдел прикладной математики).*
18. Грант РФФИ «Сибирь», №14-47-04155 «Разработка системы информационно-аналитического моделирования зон затопления в нижнем бьефе Иркутской ГЭС при экстремальных паводках в бассейне реки Ангары и озера Байкал», 2014-2016 гг. *Руководитель: д.т.н. С.М. Сендеров (Отдел энергетической безопасности).*
19. Грант РФФИ №14-48-04139-р_сибирь_а «Разработка научно-методических основ, модельного инструментария и обоснование на их основе концепции экологически чистого энерго-, топливоснабжения Байкальской природной территории», 2014-2016 гг. *Руководители: д.т.н., проф. Б.Г. Санеев, к.э.н. И.Ю. Иванова (Отдел комплексных и региональных проблем энергетики).*
20. Грант РФФИ и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) для молодых ученых №15-07-04074 Бел_мол_а «Методы интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике России и Беларуси при реализации угроз энергетической безопасности». 2015-2016 гг. *Руководитель: к.т.н. А.Г. Массель (Отдел энергетической безопасности).*
21. Стипендия Президента РФ 2013-2015 гг. для выполнения проекта «Макрокинетика термохимической конверсии низкосортных твердых топлив в энергетических установках». *Руководитель проекта: н.с. А.Н. Козлов. (Отдел теплосиловых систем).*

2.9.2. Работы по грантам других организаций.

1. Грант РФФИ № 14-19-00524 «Решение проблемы применения бедных промышленных и синтез-газов для выработки электроэнергии в комбинированном цикле», 2014-2017 гг. *Руководитель: д.т.н. А.Ф. Рыжков (УрФУ), исполнители (ИСЭМ): И.Г. Донской, Д.А. Свищев (Отдел теплосиловых систем).*

2. Международный грант на научную стажировку по программе Endeavour Scholarships and Fellowships, 2015-2016 гг., Университет Тасмании, Австралия. *Руководитель: к.т.н. Н.В. Томин (Отдел электроэнергетических систем).*
3. Грант РФФИ №15-11-20015 «Оптимизационные методы поиска равновесных решений в конфликтных и иерархических системах управления». *Руководитель: Р. Энхбат (Монголия), исполнитель: И.М. Минарченко (Отдел прикладной математики).*
4. Международный Российско-Китайский грант №2015DFR70850. Российский руководитель: д.ф.-м.н. Д.Н. Сидоров, Китайский руководитель: *проф. Йонг Ли (Хунаньский университет).*
5. Грант РФФИ №14-08-01226_a «Фундаментальные основы модернизации ПГУ для сжигания низкосортных твердых топлив» (совместно с кафедрой ТЭС Уральского федерального университета), 2014-2105 гг. *Руководитель: к.т.н. Т.Ф. Богатова, исполнитель от ИСЭМ СО РАН: к.т.н. Донской И.Г. (Отдел теплосиловых систем).*
6. Грант РФФИ №13-07-00422 «Методы и технологии создания, анализа и обработки интеллектуальных научных Интернет-ресурсов на основе онтологий и семантических сетей», совместно с ИСИ СО РАН, 2013-2015 гг. *Руководитель: Загоруйко Ю.А. (Отдел энергетической безопасности).*

2.9.3. Гранты на проведение мероприятий и на другие цели.

1. Грант РФФИ №15-08-20656 - на проведение Всероссийской научной конференции "Энергетика России в XXI веке. Инновационное развитие и управление", 1-3 сентября 2015 г. *Руководитель: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай (Отдел электроэнергетических систем).*
2. Грант РФФИ №15-07-20427 на проведение XX Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении», 30 июня-7 июля 2015 г. *Руководитель: д.т.н. Л.В. Массель (Отдел энергетической безопасности).*
3. Грант РФФИ №15-37-10216 – на проведение Всероссийской школы-семинара научной молодежи «Информационные и математические технологии в науке и управлении», 30 июня-7 июля 2015 г. *Руководитель: д.т.н. Л.В. Массель (Отдел энергетической безопасности).*
4. Грант РФФИ №15-07-20113 – на проведение Международного семинара «Ситуационное управление, интеллектуальные и агентные вычисления и кибербезопасность в энергетике», 5-10 марта 2015 г. *Руководитель: д.т.н. С.М. Сендеров (Отдел энергетической безопасности).*

3. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫХ РАБОТ ПО ЗАКАЗАМ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ВЛАСТИ, ГОСУДАРСТВЕННЫМ КОНТРАКТАМ И ХОЗЯЙСТВЕННЫМ ДОГОВОРАМ.

3.1. РАБОТЫ В ИНТЕРЕСАХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ, ФЕДЕРАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И КОМПАНИЙ

3.1.1. Программа развития гидроэнергетики России до 2030 г. и на перспективу до 2050 г.

Генеральный заказчик: ПАО «Русгидро» (договор № 1-14/1 с ЗАО «Институт энергетической стратегии» от 28.10.2014, срок выполнения: 28.10.2014 – 01.10.2015).

Руководитель работы: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай.

Ответственный исполнитель: к.т.н. С.В. Подковальников.

Подразделения: отдел электроэнергетических систем, отдел энергетической безопасности, отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел теплосиловых систем.

Выполнена оценка емкости национального рынка электроэнергии и мощности: структура действующих / планы ввода новых генерирующих мощностей; фактическая / прогнозная динамика электропотребления; прогноз балансовой ситуации по региональным энергосистемам (дефицит/избыток); динамика изменения максимумов нагрузок; схемы действующей сетевой инфраструктуры, ограничения пропускной способности, планы по ее развитию.

Проведен анализ состояния существующего основного генерирующего оборудования ТЭС, ГЭС и АЭС РФ, определено количество энергоблоков, эксплуатируемых свыше 50 лет, от 31 до 50 лет и менее 30 лет. На основе информации, полученной из документов и проектов по стратегии развития энергетики РФ сформирован список основного генерирующего оборудования ТЭС, ГЭС и АЭС РФ, предполагаемого к вводу в эксплуатацию в период 2015-2030 года при базовом варианте развития и модернизации электроэнергетики.

а) Балансы и вводы генерирующих мощностей.

Разработаны:

– прогноз ввода генерирующих мощностей (ГЭС, ГАЭС, АЭС, ТЭС) по крупным регионам страны;

– баланс электроэнергии по стране и регионам России до 2030 г. и на перспективу до 2050 г. с учетом ее поставок на Евроазиатские рынки;

– баланс первичных энергоресурсов по стране и регионам России до 2030 г. и на перспективу до 2050 г. с учетом их поставок на европейские и азиатские рынки.

Для достижения требуемого уровня развития генерирующих мощностей в рассматриваемой перспективе и компенсации выбывающих мощностей дается прогноз ввода мощностей (ГЭС-ГАЭС, АЭС, ТЭС) по регионам России (Европейская часть России, Сибирский ФО, Дальневосточный ФО). Показывается роль ГЭС, ГАЭС в перспективных топливно-энергетических балансах (баланс электроэнергии, баланс первичных энергоресурсов) по стране и регионам.

Полученный в результате прогноза рекомендуемый ввод мощностей на новых ГЭС Сибирского и Дальневосточного ФО на период до 2030 г. и на перспективу до 2050 г. приведен на рис. 79.

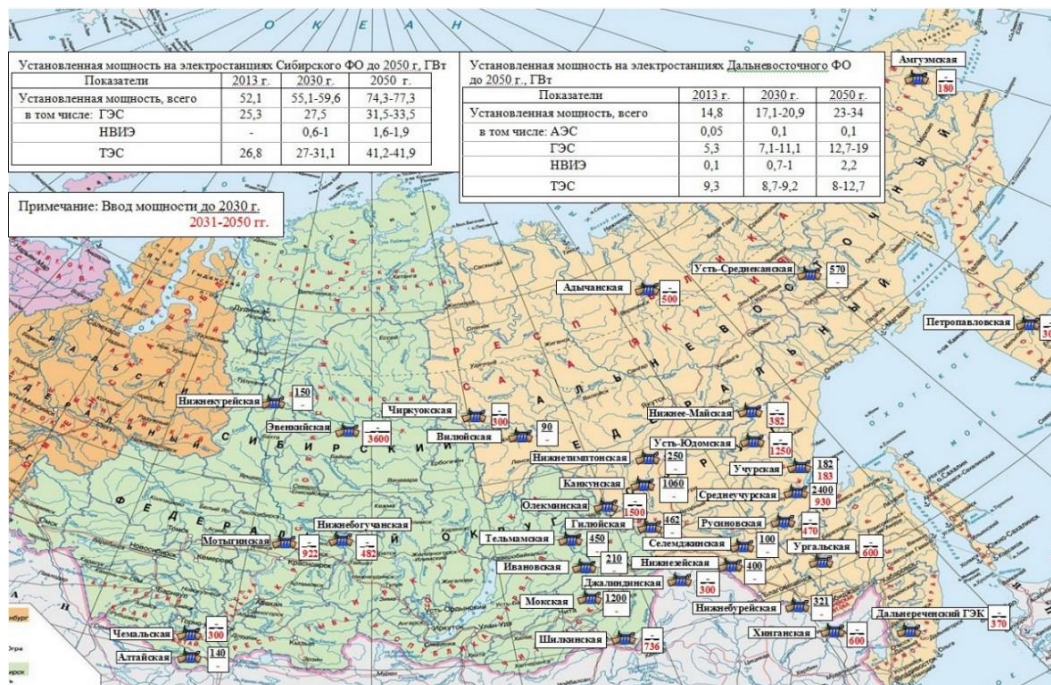


Рис. 79. Прогноз ввода мощностей на новых ГЭС Сибирского и Дальневосточного ФО на перспективу до 2050 г., МВт (целевой сценарий).

б) Вводы возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Для Восточной Сибири и Дальнего Востока выполнены:

- анализ потенциала ветро-, гелиоэнергетических ресурсов и ресурсов малых водотоков по субъектам РФ с зонированием территории по основным показателям;

- актуализация показателей локальной энергетики по субъектам РФ с выделением возобновляемых источников энергии;

- прогноз ввода генерирующих мощностей ветроэлектростанций, солнечных электростанций и малых ГЭС мощностью до 25 МВт с учетом потребности в электроэнергии на период до 2050 г.;

– перечень приоритетных проектов по типам ВИЭ.

Рациональные вводы мощности ВИЭ в районах децентрализованного и неустойчивого электроснабжения восточных регионов РФ в период до 2050 г. оцениваются в 875-1230 МВт (рис. 80).

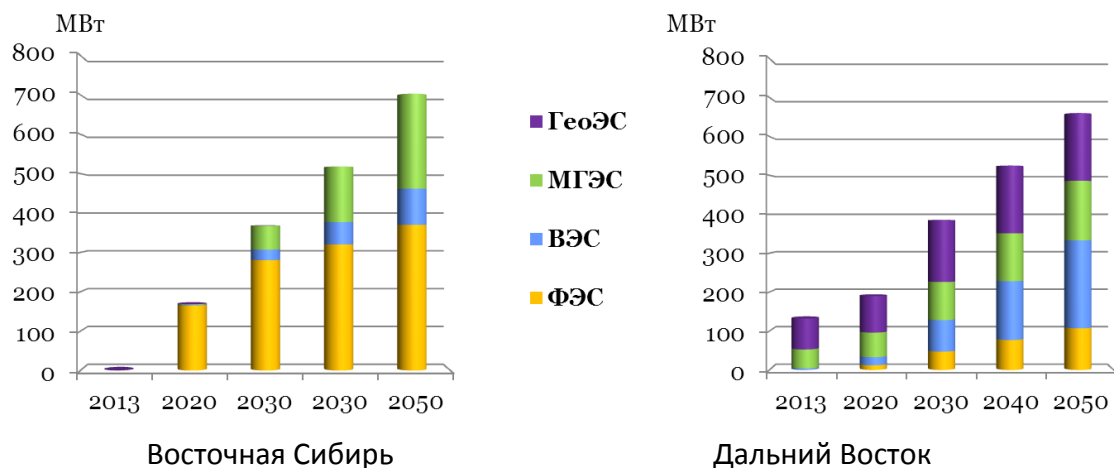


Рис. 80. Динамика установленной мощности возобновляемых источников энергии в восточных регионах РФ.

Перечень и характеристика основных крупных развивающихся горнорудных и перерабатывающих кластеров в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока, находящихся в зоне возможного строительства новых гидроэлектростанций

С учётом богатой минерально-сырьевой базы и имеющихся инвестиционных проектов, в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока, на территориях которых намечается строительство новых ГЭС, в рамках данной работы сформированы территориально-производственные кластеры (ТПК) (табл. 7, 8).

В рассматриваемой перспективе до 2050 г. развитие указанных кластеров должно происходить синхронно со строительством новых ГЭС.

Оценка спроса бизнес-групп (кластеров) на электроэнергию в зонах строительства новых ГЭС в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока

Выполнен прогноз потребности в электроэнергии по территориально-производственным кластерам в зонах строительства новых ГЭС в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Он показал тесную взаимозависимость реализуемости промышленных инвестиционных проектов, входящих в кластеры, и гидроэнергетических проектов относительно сбыта производимой электроэнергии. Потребность ТПК регионов Восточной Сибири в электроэнергии (20780 млн кВт·ч) в рассматриваемый период до 2050 г. находится примерно на уровне её производства на новых ГЭС (20200 млн кВт·ч) (табл. 9).

Таблица 7.

**Территориально-производственные кластеры в зонах строительства новых ГЭС в
Восточной Сибири**

ТПК	Основные виды специализации ТПК	Наименование ГЭС
Нижнее Приангарье (Красноярский край)	Гидроэнергетика, добыча нефти и газа, переработка углеводородного сырья (газопереработка и газохимия), лесозаготовка и лесопереработка (деревообработка и лесохимия), добыча и переработка металлических руд (железных руд, золота, руд редких металлов и др.)	Выдумская (Мотыгинская) и Нижнебогучанская ГЭС
Ленско-Бодайбинский (Иркутская область)	Гидроэнергетика, добыча нефти и газа, газохимия, добыча золота, добыча железных руд и черная металлургия, деревообработка и лесохимия, производство удобрений и др.	Тельмамская и Бодайбинская ГЭС
Северо-Восточный (Республика Бурятия, Забайкальский край)	Гидроэнергетика, добыча золота; добыча и обогащение урана; производство молибдена, меди, олова; добыча полиметаллических руд, кварца, глинозема, нефелинов, асбеста и др.	Мокская и Ивановская ГЭС

Таблица 8.

**Территориально-производственные кластеры в зонах строительства новых ГЭС на
Дальнем Востоке**

ТПК	Основные направления специализации ТПК	Наименование ГЭС
Зейско-Селемджинский (Амурская область)	Гидроэнергетика, добыча и переработка железных руд и руд цветных металлов, апатитов; нефтепереработка, деревообработка, космические исследования (космодром «Восточный») и инновационные технологии и др.	Нижне-Бурейская, Граматухинская, Селемджинская,
Южно-Амурский (Амурская область и Еврейская АО)	Добыча железной руды, черная металлургия, трубопроводный транспорт и др.	Русиновская и Гилюйская ГЭС
Западно-Якутский (Республика Саха (Якутия))	Добыча нефти и газа, газопереработка и переработка нефти, добыча золота, трубопроводный транспорт и др.	Канкунская, Нижне-Тимптонская,
Южно-Якутский (Республика Саха (Якутия))	Гидроэнергетика, добыча угля, урана, золота, трубопроводный транспорт и др.	Средне-Учурская и Учурская ГЭС
Яно-Колымский (Магадаская область)	Добыча золота, производство медно-цинкового и железорудного концентрата, извлечение из золоторудного сырья сопутствующих редкоземельных металлов и др.	Усть-Среднеканская ГЭС

Таблица 9.

Потребность территориально-производственных кластеров в электроэнергии и её производство на новых ГЭС в Восточной Сибири в 2050 г., млн кВт·ч

Наименование ТПК	Потребность ТПК в электроэнергии	Производство электроэнергии на новых ГЭС
Нижнее Приангарье (Красноярский край)	7200	9460
Ленско - Бодайбинский (Иркутская область)	6680	5000
Северо-Восточный (Республика Бурятия, Забайкальский край)	6900	5740
Всего	20780	20200

Потребность ТПК регионов Дальнего Востока в электроэнергии может составить в 2050 г. 15785 млн кВт·ч, а её производство на новых ГЭС – 32660 млн кВт·ч (табл. 10).

Таблица 10.

Потребность территориально-производственных кластеров в электроэнергии и её производство на новых ГЭС на Дальнем Востоке в 2050 г., млн кВт·ч

Наименование ТПК	Потребность ТПК в электроэнергии	Производство электроэнергии на новых ГЭС
Зейско-Селемджинский (Амурская область)	2500	23500
Южно-Амурский (Амурская область и Еврейская АО)	4100	
Западно-Якутский Республика Саха (Якутия)	2710	7370
Южно-Якутский Республика Саха (Якутия)	3475	
Яно-Колымский (Магаданская область)	3000	1790
Всего	15785	32660

Выполнено исследование по определению характеристик физической и экологической безопасности энергетики России.

Проведена оценка неиспользуемого гидроэнергетического потенциала рек с учетом ограничений по режимным требованиям и с учетом водохозяйственных и водноэнергетических характеристик участков рек, планируемых к использованию, и планируемых к строительству объектов. На рис. 81 представлена карта бассейна р. Ангара с выделением ее отдельных водотоков. Отмеченные бассейны 1-6 определяются предполагаемыми створами проектируемых ГЭС, 7-8 для Богучанской и Усть-Илимской ГЭС соответственно. Группа бассейнов 9 (а-

д) определяет боковой приток в Братское водохранилище с выделением бассейнов крупных рек: Ия, Ока, Белая, Китой, Иркут.

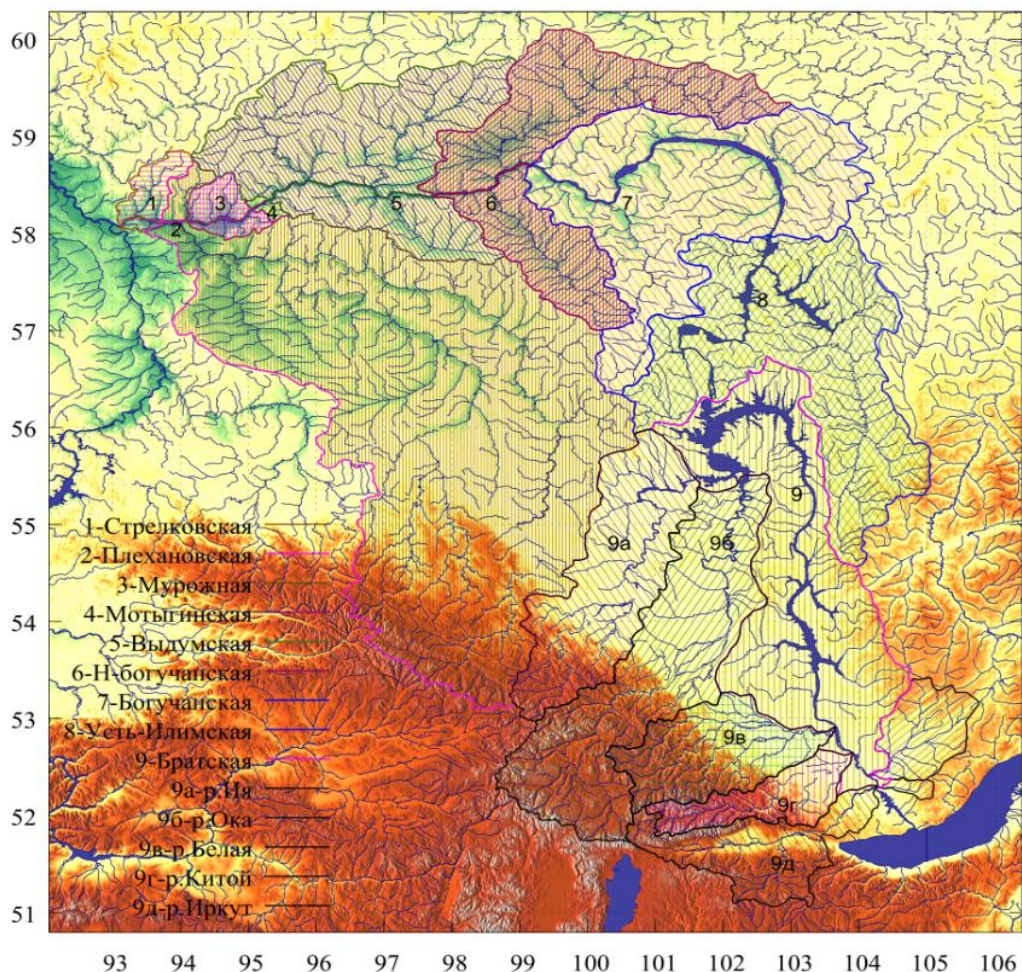


Рис. 81. Бассейны водосбора рек водохранилищ Ангарского каскада с отображением рельефа (без учёта бассейна озера Байкал).

3.1.2. Исследование и разработка проекта интеграции гидроэнергетических ресурсов России в глобальные электроэнергетические рынки.

Заказчик: ЗАО «Институт энергетической стратегии» (договор № 2-14/1 от 04.11.2014, срок выполнения: 11.03.2015 – 15.10.2015).

Руководитель работы: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай.

Ответственный исполнитель: к.т.н. С.В. Подковальников

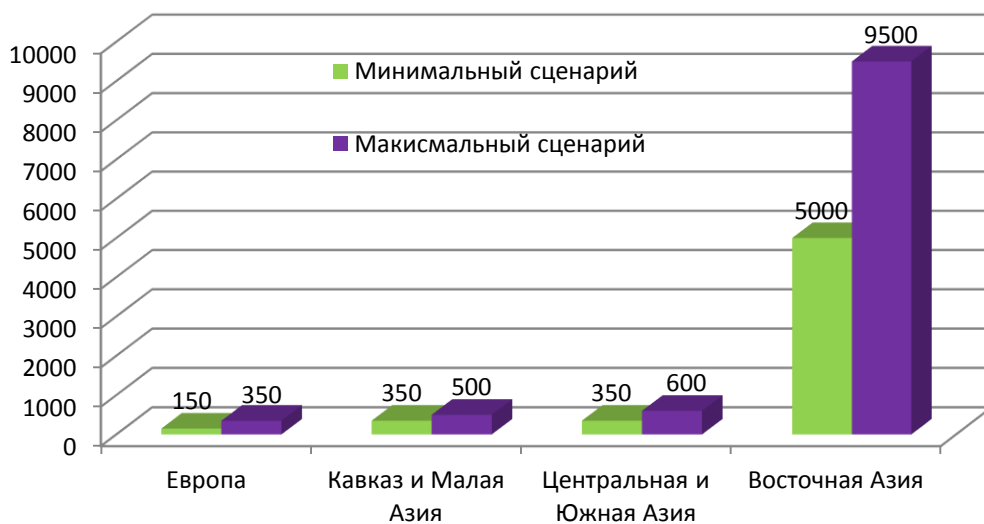
Подразделение: отдел электроэнергетических исследований, отдел комплексных и региональных проблем энергетики.

Выполнен анализ перспектив формирования Глобального, Евразийского и Восточно-Азиатского энергообъединений. Рассмотрены направления электро-энергетической интеграции России, включая Европейское, Восточно-Азиатское, а также Северо-Американское. Приведены результаты оптимизационных исследований формирования межгосударственного энергообъединения в Северо-Восточной Азии, а также экономического обоснования межгосударственной линии электропередачи из России в Северную Америку, в т.ч. с рассмотрением роли гидроэнергетических ресурсов в обеспечении электроэнергией потребителей в странах северной части Азиатско-Тихоокеанского региона.

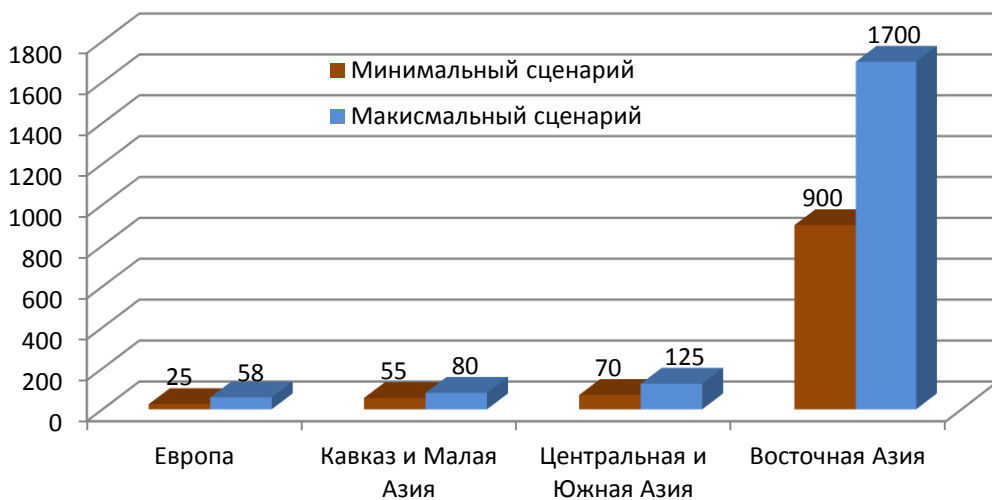
Выполнен прогноз экономического развития регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока в увязке со строительством новых ГЭС на их территориях в перспективе до 2050 года, включая оценку возможностей энергетического использования угольных месторождений регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Выполнен анализ современного состояния и дан прогноз развития энергосистем сопредельных с Россией стран Евразии, в том числе в Скандинавии и Прибалтике, Восточной Европе, на Кавказе и в Малой, Центральной, Южной и Северо-Восточной Азии. Согласно базовому сценарию к 2030 г. спрос на электроэнергию в указанных регионах может превысить 17 трлн. кВт·ч, а к 2050 г. – достигнуть уровня 22,6 трлн. кВт·ч. При этом ситуация существенно различается в разных регионах Евразии.

Страны с высокими темпами прироста электропотребления и характеризующиеся дефицитом собственных природных энергоресурсов могут рассматриваться как первоочередные рынки сбыта для российской электроэнергии. Такие центры роста расположены в Азиатской части Евразии. Прежде всего, это Китай, Южная Корея, страны Южной Азии, Турция, Япония. В целом, восточноазиатское направление электроэнергетической кооперации может рассматриваться для России как перспективное, учитывая при этом мощный российский восточноазиатский гидроэнергетический потенциал. Центрально-, южно- и малоазиатское направления электроэнергетической кооперации также могут представлять интерес для России, особенно с учетом российских электроэнергетических (в т.ч. гидроэнергетических) активов, размещенных (а также ожидаемых в перспективе) за пределами России, и вхождения в межгосударственные электроэнергетические проекты третьих стран в указанных регионах. Поскольку рассматриваемые европейские страны в расчетной перспективе характеризуются в основном относительно небольшими приростами электропотребления, то, соответственно, имеется меньше возможностей для выхода российской электроэнергии на электроэнергетические рынки этих стран. Предварительные оценки экспортного потенциала России по электроэнергии и мощности представлены на рис. 82.



а) электроэнергия, ТВт·ч/год



б) мощность, ГВт

Рис. 82. Теоретический потенциал для российского экспорта.

Электроэнергетическая интеграция России в европейском направлении предусматривает создание ряда относительно мелких энергомоств для приграничной торговли со скандинавскими странами, а также мощных межгосударственных линий электропередачи постоянного тока высокого напряжения, связывающих Россию, в т.ч ее эксклавную территорию, Калининградскую область, со странами ближнего и дальнего европейского зарубежья, включая Беларусь, Литву, Польшу Германию. При этом определенную роль в загрузке указанных линий могут сыграть перспективные объекты гидроэнергетики, как ГЭС, так и ПЭС,

преимущественно Северо-Запада России. Для электроэнергетической интеграции России в восточноазиатском направлении существуют благоприятные энергетические предпосылки (различие в обеспеченности собственными топливно-энергетическими ресурсами и степени их использования, в структуре генерирующих мощностей, экономических показателей электростанций, времени наступления годовых максимумов нагрузки и др.). Объединение национальных энергосистем с отмеченными выше различиями позволяет получить интеграционные системные эффекты. Эффективным направлением развития МГЭС для России является экспортная электрическая связь сахалинских тепловых и южно-якутских гидравлических электростанций с Японией. Согласно выполненным исследованиям, на уровне 2050 г. экспорт мощности из России в данном направлении может превысить 10 ГВт, а электроэнергии – 60 ТВт·ч. С точки зрения реализации системных эффектов значительным потенциалом будут обладать МГЭС "Россия-Китай" и "Россия-Корейский полуостров" (рис. 83).

Помимо экспорта электроэнергии, возможны и представляются целесообразными обмены электроэнергией и мощностью между странами для реализации системных интеграционных эффектов, включая режимный, мощностной, экологический и другие.



Рис. 83. Направления интеграции России в электроэнергетическое пространство Евразии, Северной Америки и Глобальное МГЭО.

3.1.3. Разработка межгосударственного стандарта РФ ГОСТ 27.002-16 «Надёжность в технике. Термины и определения».

Руководитель работы: д.т.н. Г.Ф. Ковалев.

Подразделение: отдел энергетической безопасности; отдел электроэнергетических систем.

Подготовлен раздел 5 «Техническое обслуживание, восстановление и ремонт» ГОСТа 27.002. Подготовлена окончательная редакция указанного стандарта. В проекте нашли отражения современные представления о надёжности и

уделено внимание согласованию отечественного стандарта с международными стандартами в данной области.

3.1.4. Разработка межгосударственного стандарта РФ ГОСТ 18322 “Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения”.

Руководитель работы: к.т.н. Г.А. Федотова.

Подразделение: отдел энергетических систем.

Работа выполняется по Договору № 119/73-2015 от 08.06.2015 г. с Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации и сертификации в машиностроении (ВНИИНМАШ). Разработана первая редакция проекта стандарта.

3.2. РАБОТЫ СО СКОЛКОВСКИМ ИНСТИТУТОМ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ (СКОЛТЕХ).

3.2.1. Формирование интегрированных интеллектуальных систем электро- и теплоснабжения с активными потребителями и координированное управление режимами этих систем.

Заказчик: Автономная некоммерческая образовательная организация высшего профессионального образования «Сколковский институт науки и технологий» (договор №199-MPA от 01 ноября 2013 г.).

Руководитель работы: д.т.н. В.А. Стенников.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

Цель работы – разработка концептуальных положений по созданию интегрированных интеллектуальных систем электро- и теплоснабжения с активными потребителями и координированного управления режимами этих систем, подготовка предложений по направлениям формирования и развития интегрированных энергообъединений в странах Северо-Восточной Азии.

Разработана концепция интегрированных интеллектуальных систем электро- и теплоснабжения с активными потребителями и координированного управления режимами этих систем. Сформирован комплекс задач по формированию методической и технологической базы для перехода к интеллектуальным интегрированным системам энергоснабжения городов. Рассмотрен комплекс задач по управлению режимами интеллектуальных интегрированных систем энергоснабжения городов.

Предложен методический подход к созданию информационно-коммуникационной платформы для моделирования, анализа и управления режимами интеллектуальных интегрированных систем энергоснабжения. Согласованное решение задач управления и развития интегрированных интеллектуальных систем энергоснабжения предлагается осуществлять в единой информационной платформе, в основу которой будут заложены уникальные методические, алгоритмические и программные разработки, создаваемые в ИСЭМ СО РАН, современные информационные и интеллектуальные технологии.

Проведены исследования совместного функционирования систем электро- и теплоснабжения микрорайона Ново-Ленино города Иркутска, которые показали достаточно сильную технологическую взаимосвязь этих систем. В то же время они отразили проблемы, связанные с отдельным проектированием, созданием и развитием систем электро- и теплоснабжения. Значительную помощь для предотвращения и прохождения аварийных ситуаций в системах электро-, и, прежде всего, теплоснабжения может оказать наличие систем автоматики и регулирования. Все это приводит к необходимости совместного интегрированного рассмотрения проблем электро- и теплоснабжения, с одной стороны, а, с другой стороны, вопрос о техническом преобразовании систем энер-

госнабжения потребителей. Схема совмещенных систем электро- и теплоснабжения микрорайона Ново-Ленино города Иркутска и некоторые результаты расчетов представлены на рис. 84.

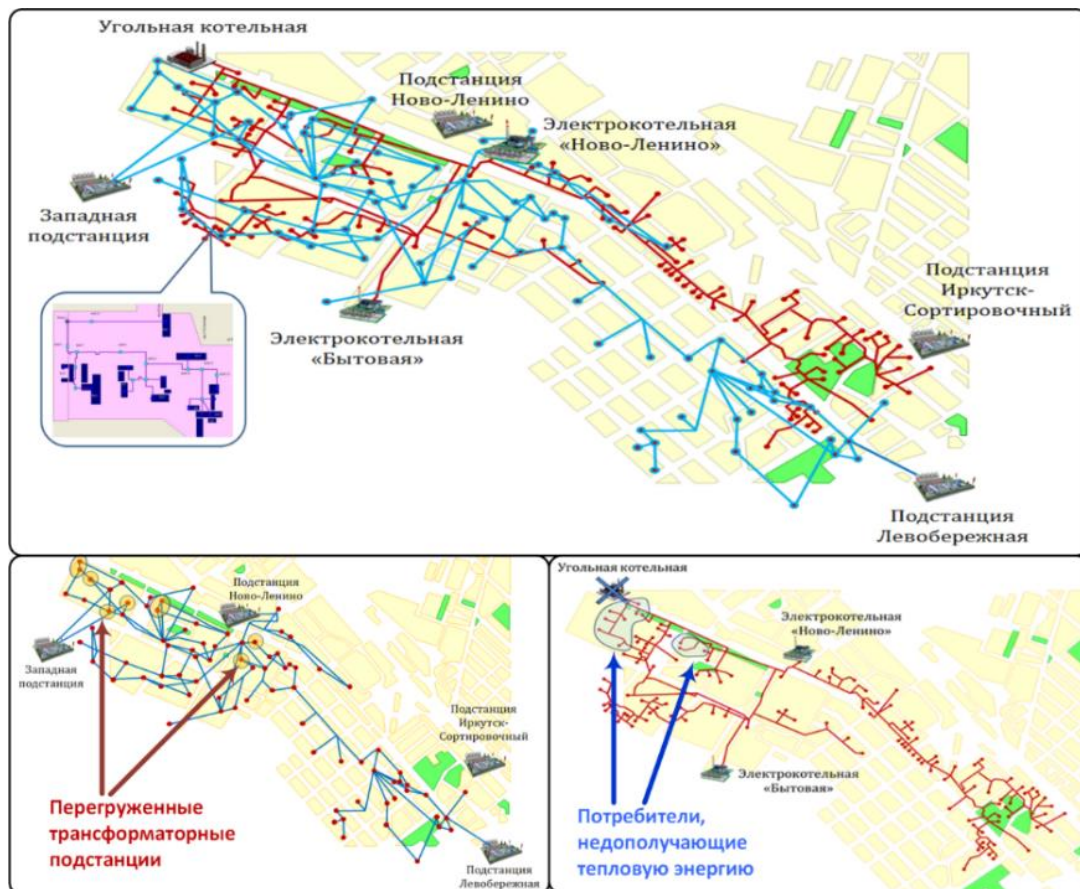


Рис. 84. Схема систем электро- и теплоснабжения микрорайона Ново-Ленино г. Иркутска.

3.2.1. Эффективность участия отдельных стран в межгосударственном энергообъединении.

Заказчик: Автономная некоммерческая образовательная организация высшего профессионального образования «Сколковский институт науки и технологий» (договор №199-MRA от 01 ноября 2013 г.).

Руководитель работы: к.т.н. С.В. Подковальников.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем, отдел прикладной математики.

В развитие впервые проведенных в 2014 г. комплексных энергобалансовых и режимных исследований формирования межгосударственного энергообъединения (МГЭО) в регионе СВА с расчетом системных интеграционных эффектов (в т.ч. снижения годовых затрат, экономии топлива, установленных мощностей и инвестиций) выполнялось разделение этих эффектов между входящими в МГЭО странами. Был сформулирован подход для оценки эффективности участия отдельных стран в межгосударственном энергообъединении. При этом активно использовались двойственные оценки, полученные на модели развития электроэнергетических систем ОРИРЭС, которая применялась для проведения упомянутых выше энергобалансовых и режимных исследований формирования МГЭО в СВА. Двойственные оценки выступали в качестве цен на электроэнергию, торгуемую странами в рамках МГЭО. Предложенный подход был использован для определения индивидуальных интеграционных эффектов, которые получает каждая страна от участия в указанном МГЭО. При этом рассматривались мощностная (в части экономии капиталовложений и постоянных затрат в новые генерирующие мощности), топливная (экономия топлива), торговая (разность доходов от продажи/экспорта электроэнергии и затрат на её закупку/импорт) составляющие этих эффектов. Из индивидуальных эффектов вычитались затраты на сооружение межгосударственных электрических связей (МГЭС), относимые на каждую страну-участника МГЭО. В результате было получено, что большие эффекты от формирования МГЭО имеют Китай и Япония, как самые крупные его участники. Эффект для России от участия в МГЭО относительно невелик, но и её доля в энергообъединении небольшая (рис. 85).

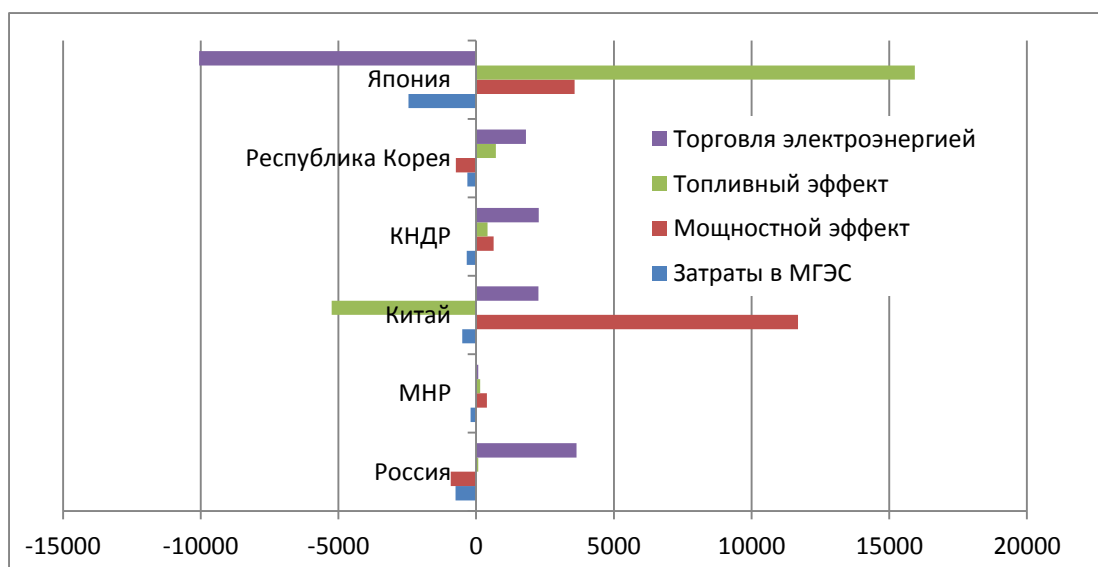


Рис. 85. Системные эффекты стран при вхождении в МГЭО СВА, млн.долл./год.

3.2.2. Разработка адаптивного противоаварийного управления в нелинейных электроэнергетических системах.

Заказчик: Автономная некоммерческая образовательная организация высшего профессионального образования «Сколковский институт науки и технологий» (договор №1070/1 -MRA от 01 августа 2015 г.).

Руководитель работы: к.т.н. Д.Н. Ефимов.

Подразделение: отдел электроэнергетических систем.

В ходе выполнения проекта разработаны и исследованы принципы построения и функционирования распределенной адаптивной автоматики отключения нагрузки, а также система алгоритмов формирования (дозировки) управляющих воздействий этой автоматики в целях обеспечения устойчивости ЭЭС и ликвидации токовой перегрузки элементов сети.

Интеллектуализация любых устройств, и, в частности, устройств автоматического противоаварийного управления (ПАУ), сводится к расширению спектров выполняемых ими функций и доступных путей выполнения этих функций. В связи с этим обостряются проблемы взаимного согласования работы различных видов автоматики, выполняющих разные функции, но использующих для этого общие управляющие воздействия. Соответственно, усложняются задачи выбора и сочетания видов и дозировок управляющих воздействий и возникает необходимость в повышении адаптивности автоматики.

В ходе выполнения проекта сформулированы требования к разработке противоаварийной автоматики ЭЭС нового поколения, проанализированы известные алгоритмы адаптивного распределенного автоматического управления в ЭЭС, разработаны, протестированы и проанализированы алгоритмы выделения района противоаварийного управления (рис. 86) и формирования управляющих воздействий при перегрузке связей.

Представленная автоматика отключения нагрузки является адаптивной системой, обеспечивающей отключение нагрузки потребителей с целью повышения надежности и живучести ЭЭС. В результате выполнения разработанных алгоритмов выявляются места (подстанции энергосистемы) и объемы заведения нагрузки под распределенную автоматику отключения. К достоинствам алгоритмов относятся высокая отказоустойчивость и адаптивность, слабая зависимость от текущей режимной ситуации и низкая вычислительная ресурсоемкость.

Основное практическое назначение результатов работы авторы видят в реализации разрабатываемых принципов построения и алгоритмов распределенной адаптивной автоматики отключения нагрузки в необходимых местах ЭЭС для обеспечения устойчивости и ликвидации токовой перегрузки элементов сети при возмущениях. Внедрение предлагаемых решений позволит, с одной стороны, снизить инвестиции в электросетевое строительство, а с другой – обес-

печать подключение новых потребителей к существующей электросетевой и генерирующей инфраструктуре. Методические результаты работы имеют общий характер и поэтому могут иметь более широкую область применения.

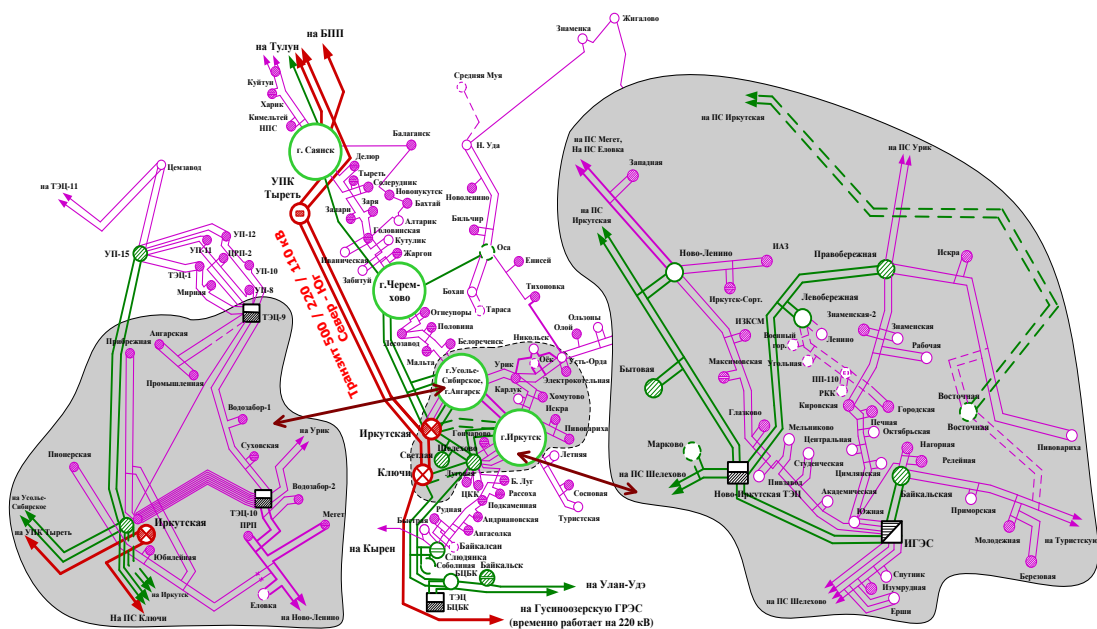


Рис. 86. Пример выделения районов противоаварийного управления контролируемых подсистем.

3.2.3. Разработка интеллектуальной системы управления режимами интегрированной системы электро- и тепло-/хладоснабжения локальных территорий на основе концепции виртуальной электростанции.

Заказчик: Автономная некоммерческая образовательная организация высшего профессионального образования «Сколковский институт науки и технологий» (договор №1070/2 -MRA от 01 августа 2015 г.).

Руководитель работы: к.т.н. Е.А. Барахтенко.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Целью проекта является разработка интеллектуальной системы управления режимами интегрированной системы электро- и тепло-/хладоснабжения локальных территорий на основе концепции виртуальной электростанции.

Предложены концептуальные положения виртуальной электростанции с учетом интеграции систем электро- и тепло-/хладоснабжения, управление режимами которых охватывает установки распределенной когенерации и источники возобновляемой энергии, накопители энергии, активно-адаптивные средства электрических и тепловых сетей и включает активных потребителей электроэнергии и тепла/холода. Виртуальные электростанции образуются путем сочетания энергоблоков децентрализованной генерации, хранения и потребления

электроэнергии, находящихся в конкретных районах энергоснабжения. Такое сочетание характеризуется надёжным, предсказуемым и управляемым поведением, свойственным большим централизованным узлам генерации. Виртуальная электростанция состоит из следующих составных частей (рис. 87): генерирующих технологий; технологий накопления энергии; технологий систем активного энергопотребления; информационно-коммуникационных технологий.



Рис. 87. Технологическая структура виртуальной электростанции.

Разработан метод координации суточных режимов систем электроснабжения и активных потребителей электроэнергии. Выполнена актуализация информации о параметрах существующих систем электро- и хладо/ теплоснабжения острова Русский.

3.2.4. Информационно-вычислительные технологии анализа и обеспечения идентифицируемости и управляемости трубопроводных систем энергетики.

Заказчик: Автономная некоммерческая образовательная организация высшего профессионального образования «Сколковский институт науки и технологий» (контракт №1070/3 -MRA от 1 августа 2015 г.).

Руководитель работы: д.т.н. Н.Н. Новицкий.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Основная проблема, рассматриваемая в проекте, связана с отсутствием пригодных для практического применения общих методов количественного анализа и обоснования требуемой степени идентифицируемости и управляемости трубопроводных систем (ТПС) энергетики (тепло-, водо-, нефте-, газоснабжения и др.), что является одним из основных сдерживающих факторов на пути интеллектуализации процессов управления ТПС. В 2015 г. выполнена систематизация

проблематики идентифицируемости и управляемости (рис. 88) ТПС, а также имеющихся результатов в этой области, включая разработанные в ИСЭМ СО РАН методы качественного и количественного, дифференциального и интегрального анализа идентифицируемости, оптимизации расстановки измерений, активной идентификации. Показано, что управляемость ТПС следует рассматривать как комплексное свойство, требующее самостоятельного изучения, разработки и развития соответствующего методического аппарата. Предложено определение технологической управляемости ТПС, а также новые вероятностные модели и методика вероятностной оценки этого свойства. Сформулированы задачи планирования гидравлических режимов как задачи дискретно-непрерывной и многокритериальной оптимизации по экономическим и технологическим критериям. Предложены и апробированы оригинальные методы их решения.

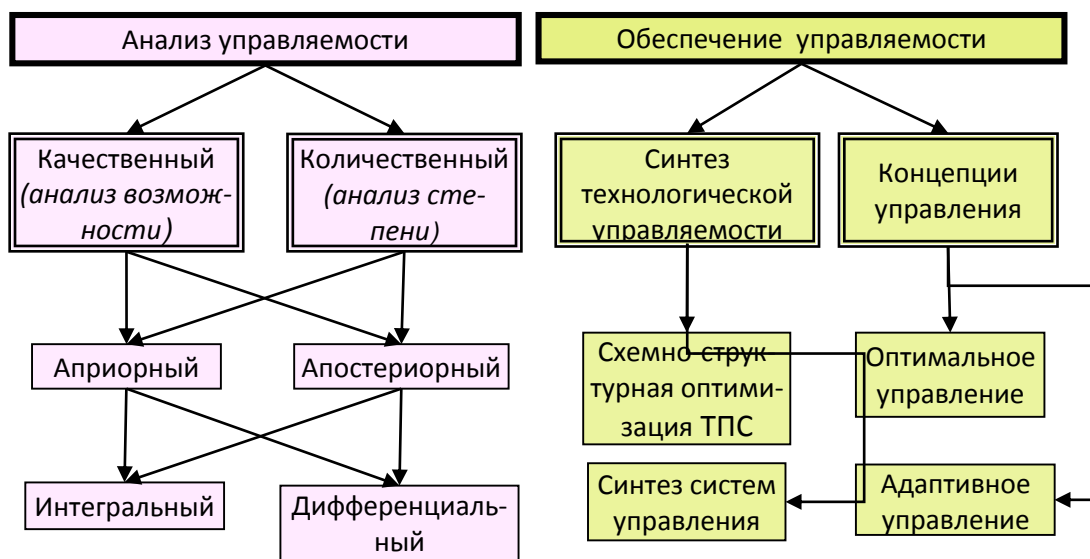


Рис. 88. Проблематика управляемости трубопроводных систем.

3.2.5. Инновационные направления построения интеллектуальных теплоснабжающих систем.

Заказчик: Автономная некоммерческая образовательная организация высшего профессионального образования «Сколковский институт науки и технологий» (договор №1070-MRA от 01 августа 2015 г.).

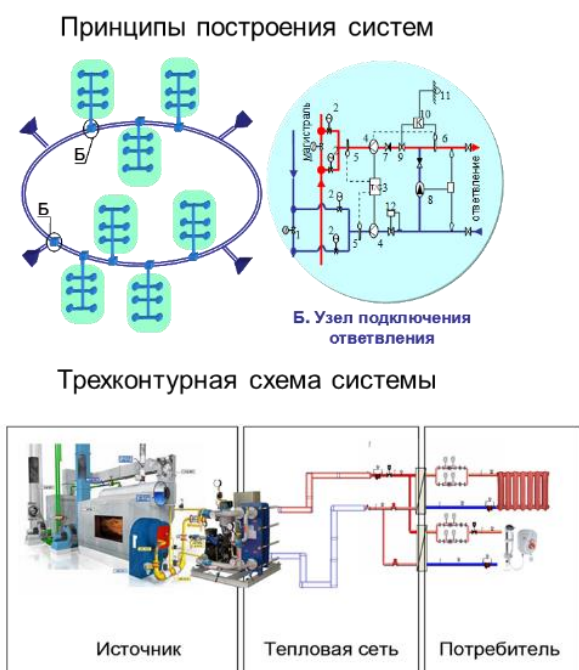
Руководитель работы: к.т.н. Д.В. Соколов.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Цель проекта – разработка методов и подходов к интеллектуализации систем электро- и теплоснабжения.

В проекте предложено решить актуальную задачу разработки методического обеспечения в виде методов и подходов к интеллектуализации теплоснабжающих систем. Интеллектуальная теплоснабжающая система предусматривает интеграцию традиционных и нетрадиционных подсистем и технологических процессов с новыми коммуникационными технологиями. Кроме широких возможностей информационных технологий большое внимание уделяется перспективным энергетическим технологиям, таким как когенерация, тепловые насосы, возобновляемые источники энергии (ветер, солнце, биотехнологии и пр.) и другие.

В результате проведенных исследований предложены методические рекомендации по разработке технических решений по структуре систем, их топологии, конфигурации и компонентному составу. В связи с этим рассмотрены инновационные технологии построения управляемых гидравлических цепей, которые являются основой построения интеллектуальных теплоснабжающих систем. На рис. 89 представлены структурные преобразования теплоснабжающей системы и ее системно-технологические инновации.



Системы будущего

- ✓ Совместная работа источников на единые тепловые сети
- ✓ Структурная и параметрическая избыточность
- ✓ Закрытая, независимая схема
- ✓ Разделение контуров источников, сетей и потребителей
- ✓ Переход от постоянного к переменному расходу
- ✓ Снижение максимальной температуры
- ✓ Уменьшение давления

Рис. 89. Технологические принципы создания интеллектуальной теплоснабжающей системы.

3.3. РАБОТЫ ПО РЕГИОНАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ И ПРОЕКТАМ.

3.3.1. Схема и программа развития электроэнергетики Иркутской области на период 2016-2020 годы.

Заказчик: ОГКУ «Центр энергоресурсосбережения» при Правительстве Иркутской области (*государственный контракт № 2/2150307 от 22 декабря 2014 г.*)

Руководитель работы: д.т.н. В.А. Стенников.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики, отдел электроэнергетических систем.

Разработана «Схемы и программы развития электроэнергетики Иркутской области на период 2016-2020 годы», утверждена Указом Губернатора Иркутской области 23.07.2015 № 179-уг.

В рамках работы выполнены:

- анализ существующего состояния электроэнергетики области;
- разработка предложений по скоординированному развитию объектов генерации (с учетом демонтажей) и электросетевых объектов номинальным классом напряжения 110 кВ и выше по энергосистеме Иркутской области на пятилетний период, с учетом:

- обеспечения надёжного функционирования в долгосрочной перспективе;
- динамики спроса на электрическую мощность;
- обеспечения баланса между производством и потреблением в ЭС, в т.ч. предотвращение возникновения локальных дефицитов производства электрической энергии и мощности и ограничения пропускной способности электрических сетей;
- обеспечение координации планов развития топливно-энергетического комплекса, планов развития энергокомпаний (рис. 90).

Результаты работы представлены в 5 томах, в том числе обосновывающие расчеты электрических режимов, перспективные принципиальные схемы электрических сетей.



Рис. 90. Структура прогнозируемого электропотребления Иркутской области в 2020 г., млн. кВт.ч.

3.3.2. Выполнение работ по составлению топливно-энергетического баланса Иркутской области за 2014 год и расчет целевых показателей региональной программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Заказчик: ОГКУ «Центр энергоресурсосбережения» при Правительстве Иркутской области (государственный контракт №1/261150200 от 23 июня 2015 г. Сроки выполнения: июнь-ноябрь 2015 г.).

Руководитель работы: д.т.н. А.Д. Соколов.

Подразделение: отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел трубопроводных систем энергетики.

Выполнен анализ динамики производства и потребления топливно-энергетических ресурсов в Иркутской области, в том числе по отраслям ТЭК: нефтяной, газовой, угольной, электроэнергетики и теплоэнергетики. Рассчитан потенциал гидроэнергетических и возобновляемых природных энергетических ресурсов. Результатом анализа является заключение: топливно-энергетический комплекс области обеспечивает необходимые объемы потребления энергоресурсов в экономике области и позволяет вывозить значительные их объемы за пределы региона, в том числе и на экспорт, однако, существуют проблемы, которые могут ограничить его развитие в будущем.

Разработан документ, содержащий взаимосвязанные показатели количественного соответствия поставок энергетических ресурсов на территории Иркутской области и их потребления, устанавливающего распределение энергетических ресурсов между системами теплоснабжения, потребителями, группами потребителей и позволяющего определить эффективность использования энергетических ресурсов.

ТЭК Иркутской области способен практически полностью обеспечить потребность экономики региона в топливно-энергетических ресурсах. На долю области в 2014 г. приходилось 6,1% потребляемого в стране угля, 5,3% электроэнергии, 3,1% тепловой энергии, 2,7% нефтепродуктов. Доля Иркутской области в СФО ещё более значительна: в потреблении электроэнергии – 25,2%, тепловой энергии – 18,7%, в потреблении нефтепродуктов – 18,4%, прочих видов топлива – 21,9%, угля – 11,1% (рис. 91).

В связи со сложившимися в последние годы неблагоприятными для России внешними условиями, связанными с санкциями западных стран и резким падением мировых цен на нефть, наблюдается падение темпов экономического развития как в стране в целом, так и в её регионах, что оказывает непосредственное влияние и на сокращение энерго-, топливопотребления. В Иркутской области снижение электропотребления в 2013-2014 гг. (по сравнению с 2012 г.) свя-

зано в основном с замедлением строительства и ввода ряда электроёмких проектов, таких как Тайшетский алюминиевый завод, металлургический завод в Братске и др.

Потребление тепловой энергии в 2014 г. снизилось на 16% по сравнению с 2010 г., что обусловлено общим спадом промышленного производства.

Топливо в области расходуется на энергетические нужды (ТЭС и котельные) и на конечное потребление (в отраслях экономики и населением). В течение последних десяти лет потребление топлива находится в диапазоне 10-15 млн. т у.т., достигнув максимума в 2012 г. с последующим снижением к 2014 г. до 14 млн. т у.т.

Основными потребителями топлива в области являются электростанции и котельные – 71–86%. Основным видом топлива, потребляемым на электростанциях и котельных в Иркутской области, является уголь, доля которого доходит до 80–85% на ТЭС и до 50–60% в котельных.

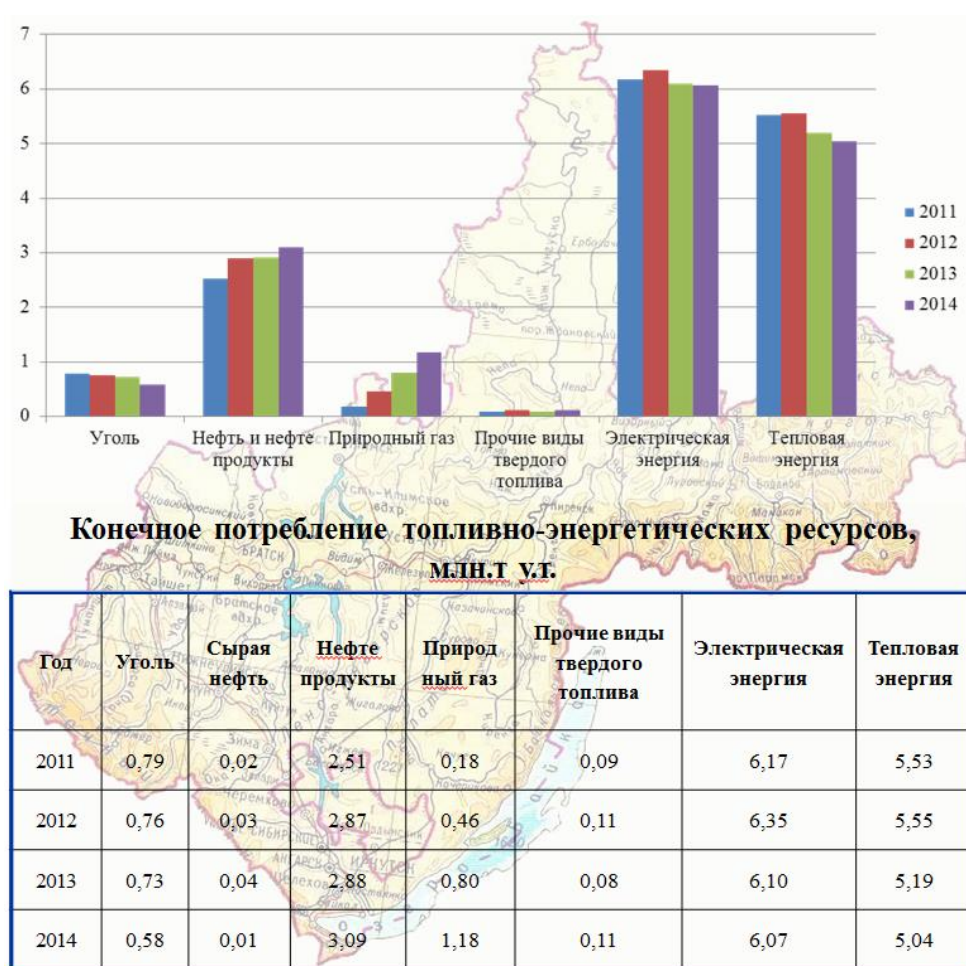


Рис. 91. Динамика конечного потребления топливно-энергетических ресурсов в Иркутской области в период с 2011 по 2014 гг.

3.3.3. Обоснование допустимого диапазона колебаний уровня озера Байкал (Иркутского водохранилища) с учетом различных возможностей регулирования и социально-экономических ограничений в нижнем бьефе Иркутской ГЭС в условиях нормальной, экстремально высокой и экстремально низкой водности.

Заказчик: Енисейское бассейновое водное управления МПР, г. Красноярск (гос. контракт №167 от 10.09.2015 г. и №167 от 17.09.2015 г. совместно с ИВП РАН и ИНЦ СО РАН).

Руководитель работы: к.г.н. Т.В. Бережных.

Подразделение: отдел энергетической безопасности.

По результатам моделирования расходов воды 3000 м³/с в нижний бьеф Иркутской ГЭС (от плотины до устья р. Белая) по 6 участкам, общая площадь затопления может составить 2728 га, из них территории, занятые жилыми домами, дачными и садовыми участками, объектами отдыха – 135 Га.

Аналогичные оценки затопления были выполнены для всего участка нижнего бьефа (от плотины Иркутской ГЭС до устья р. Белая) при максимально возможных расходах (4700, 6000 м³/с + расход р. Иркут).

При максимальных расходах в зону затопления попадают значительные территории с жилыми зданиями, объектами социальной сферы, инфраструктуры, промышленными предприятиями (около 2 тыс. га). При этом, наиболее высокому риску затопления подвержена территория г. Иркутска (до п. Боково – ст. Батарейная).

При максимальных расходах 6000 м³/с (с учётом расхода р. Иркут) затопляются значительные территории г. Иркутска. В зону затопления попадают более 260 многоэтажных жилых домов, около 1600 – малоэтажных, большое количество социальных и промышленных объектов. Для оценки экономических ущербов от затопления необходимо специальное исследование.

На рис. 92 приведены полученные по результатам моделирования обобщённые зависимости площадей затопления в нижнем бьефе Иркутской ГЭС от расходов через гидроузел.

Для обеспечения в нижнем бьефе условий гарантированного водоснабжения населения, промышленности и устойчивого энергоснабжения в маловодных условиях, необходимо установить минимальный уровень сработки Иркутского водохранилища на отметке 455,54 м. Отметка минимального уровня воды озера Байкал 455,54 м ТО соответствует полезной емкости водохранилища, которая обеспечивает водоснабжение объектов энергоснабжения и жилищно-коммунального хозяйства, а также санитарное состояние нижнего бьефа в суровых климатических условиях с вероятностью 98-99% по числу бесперебойных лет.

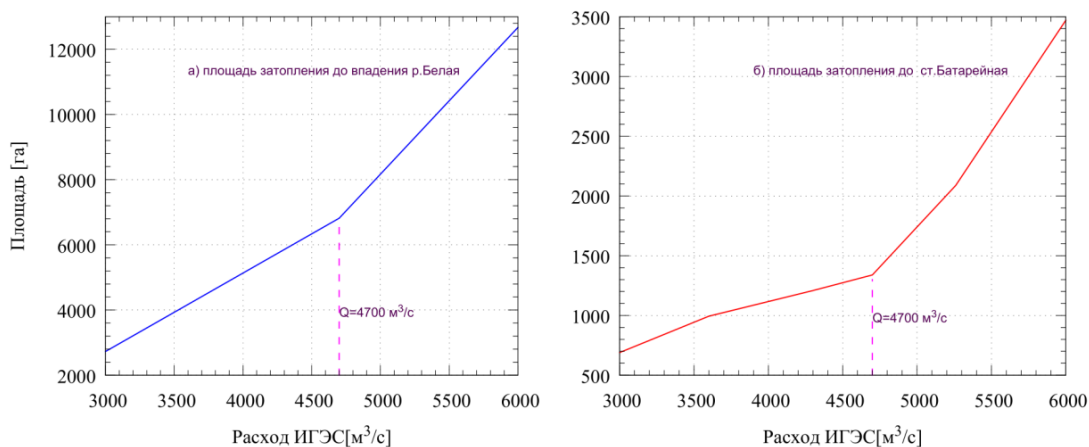


Рис. 92. График зависимости площадей затопления в нижнем бьефе Иркутской ГЭС от расхода через ее створы: а) участок до устья р. Белая; б) участок до ст. Батарейная.

3.3.4. Техничко-экономическое обоснование оптимального варианта энергообеспечения Нюрбинского ГОКа.

Заказчик: Акционерная компания «АЛРОСА» (договор № 036-14/18 от 5 марта 2015 г. Срок выполнения: март-ноябрь 2015 г.).

Руководитель работы: д.т.н. Б.Г. Санеев.

Подразделение: отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел трубопроводных систем энергетики

Цель работы – обоснование оптимального варианта энергоснабжения Нюрбинского ГОКа на период отработки месторождения. Основные задачи НИР: определить технико-экономические показатели конкурирующих вариантов энергообеспечения и провести их сравнение с показателями базового (существующего) варианта энергоснабжения в сопоставимых условиях.

В рамках работы выполнены:

- прогноз потребности в электрической и тепловой энергии;
- анализ схемы доставки различных видов топлива (нефть, мазут, СПГ, природный трубопроводный газ, пропан-бутан, газовый конденсат);
- оценки стоимости различных видов топлива на промплощадке;
- описание технических особенностей переоборудования действующих станций и котельных с учетом их перевода на другие виды топлива;
- оценки капитальных затрат на переоборудование;
- сравнительные технико-экономические оценки вариантов в сравнении с базовым.

Рассчитана цена поставок всех видов топлива на площадку Нюрбинского ГОКа. Сверх задания предложен вариант газоснабжения промплощадки и маршрут газопровода от Среднетюнгского месторождения до площадки №2.

Одним из разделов работы является экологическая оценка работы энергообъектов Нюрбинского ГОКа в настоящее время и в перспективе с 2016 по 2046 гг. Анализ текущего состояния показал, что при сжигании дизельного топлива в котельных Нюрбинского ГОКа выброс вредных веществ в атмосферу составил 43,4 т/год, соответственно плата за выброс в 2014 г. составила 57,3 тыс. руб., из которой существенная часть приходится на ДЭС Wartsila a, плата за выброс прочих ДЭС комбината не превышает 1000 руб. в год.

Перспективное развитие энергокомплекса Нюрбинского ГОКа связано с переводом котельных на другие виды топлива, например, мазут или нефть. При этом нагрузка на окружающую среду несколько увеличится, в том числе и за счет того, что наряду с существующими загрязняющими веществами в атмосферу будет поступать мазутная зола, состоящая из оксидов металлов.

Результаты вариантных расчетов выбросов показали, что наименьшее количество образуется при сжигании природного газа и в зависимости от вариантов выброс изменяется от 9,2 тыс. т (в варианте нового строительства без перевода горного оборудования на электропривод) для газопоршневых двигателей и до 13,7 тыс. т за рассматриваемый период в варианте перевода энергообъектов на природный газ.

Наиболее неблагоприятным является вариант перевода энергообъектов НГОКа на мазут, и нефть. Размер платы за выброс при переводе энергоисточников с дизельного топлива на газовое снизится в 3–3,6 раза. При переводе дизельных установок на нефть и мазут размер платы за выброс увеличится на 15-25%. Таким образом, наиболее экологически предпочтительным является перевод энергоисточников НГОКа на природный газ, что позволит снизить как объем и состав загрязняющих веществ, так и платежи за загрязнение природной среды.

3.3.5. Расчет гидравлических режимов участков тепловых сетей с последующим внесением результатов в программный комплекс «АНГАРА».

Заказчик: ПАО «Камчатскэнерго», г. Петропавловск-Камчатский» (х/д № 04/13 от 14.07.2015, сроки: 14.07.15 – 20.03.16).

Руководитель работы: д.т.н. Н.Н. Новицкий.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Выполнено три из 8-ми этапов работ, предусмотренных календарным планом на 2015 г. В том числе разработана графическая база данных по 2-му энергорайону г. Петропавловск-Камчатский, включающая: адресный план застройки района; схемы тепловых сетей, центральных тепловых пунктов, насосных станций и 15 котельных; параметры элементов сетей и др. информацию необходимую для проведения расчетов (рис. 93). На основе проведения многова-

риантных расчетов режимов тепловых сетей 2-го района разработаны рекомендации по нормализации теплоснабжения потребителей и наладочным мероприятиям. Выполнены расчеты температурных графиков отпуска тепла от котельных и ЦТП 3-го энергорайона.

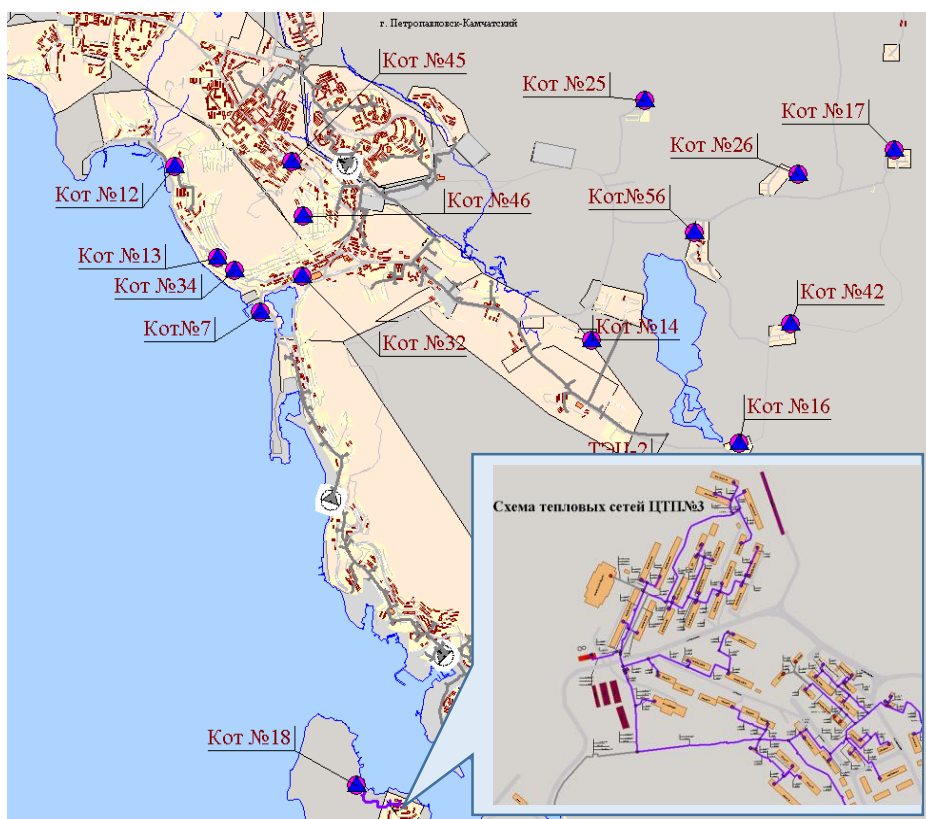


Рис. 93. Размещение котельных 2-го энергорайона филиала «Коммунальная энергетика» ПАО «Камчатскэнерго» г. Петропавловск-Камчатский и пример одной из распределительных тепловых сетей.

3.3.6. Модификация ИВС АНГАРА для интеграции АРМ диспетчера и информационных систем МУП «Водоканал» г. Иркутска.

Заказчик: МУП «Водоканал» г. Иркутска (х/д № 15/14у от 11.12.2014, сроки: 11.12.14 – 30.09.15).

Руководитель работы: д.т.н. Н.Н. Новицкий.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Внедрена новая версия информационно-вычислительной среды (ИВС) «АНГАРА», обеспечивающая базовые возможности для создания и применения единого информационного пространства предприятия, как необходимого усло-

вия интеллектуализации процессов управления функционированием систем водоснабжения и водоотведения г. Иркутска. Реализованы возможности интеграции в БД ИВС «АНГАРА» баз данных по обновляемой электронной карте г. Иркутска, БД абонентского отдела по договорам с потребителями и договорным нагрузкам, БД SCADA-систем по телеизмерениям технологических параметров работы оборудования (рис. 94).

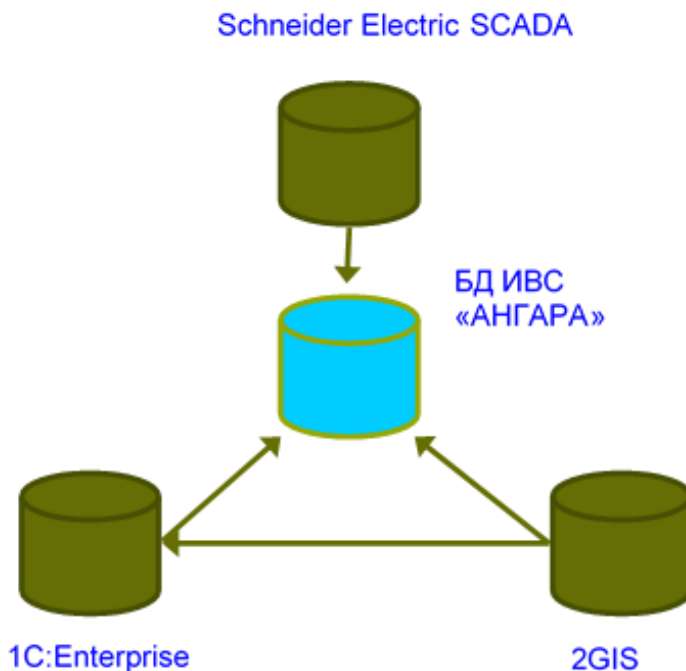


Рис. 94. Интеграция информационного пространства МУП «Водоканал» г. Иркутска на основе ИВС «АНГАРА» за счет объединение баз данных: Shneider Electric SCADA - оперативная информация о параметрах режима на НС и в диктующих точках сети; 1С: Enterprise – информация о договорных и текущих нагрузках потребителей; 2GIS – актуальная адресная электронная план-карта г. Иркутска.

3.3.7. Разработка схемы теплоснабжения Нижнеудинского муниципального образования на период до 2029 г.

Заказчик: Администрация Нижнеудинского муниципального образования Иркутской области (муниципальный контракт №ОК/01, х/д №11/14).

Руководитель работы: к.т.н. М.В. Ермаков.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Проанализирована существующая схема теплоснабжения и реализуемые на момент выполнения работы мероприятия по развитию схемы теплоснабжения г. Нижнеудинска. Установлены причины неудовлетвори-

тельной работы, определены оптимальные радиусы централизованного теплоснабжения, предложены комплексные мероприятия по развитию теплоисточников и тепловых сетей в рамках Нижнеудинского МО на период до 2029 г.

Развитие схемы теплоснабжения Нижнеудинского МО предлагается по двум основным направлениям. 1) Прокладка тепловой сети от бывшей котельной ВРД с переключением на эту котельную потребителей южной части города. При этом выводятся из эксплуатации электрокотельные с высокими затратами на производство тепловой энергии. Данный вариант уже реализуется. 2) Развитие котельной ШПЗ и тепловых сетей от неё с переключением потребителей центральной части города. При этом в центре города практически не остается мелких теплоисточников. Таким образом, перспективная схема теплоснабжения Нижнеудинского МО предполагает развитие двух крупных теплоисточников с выводом из эксплуатации большого количества теплоисточников малой мощности (рис. 95).

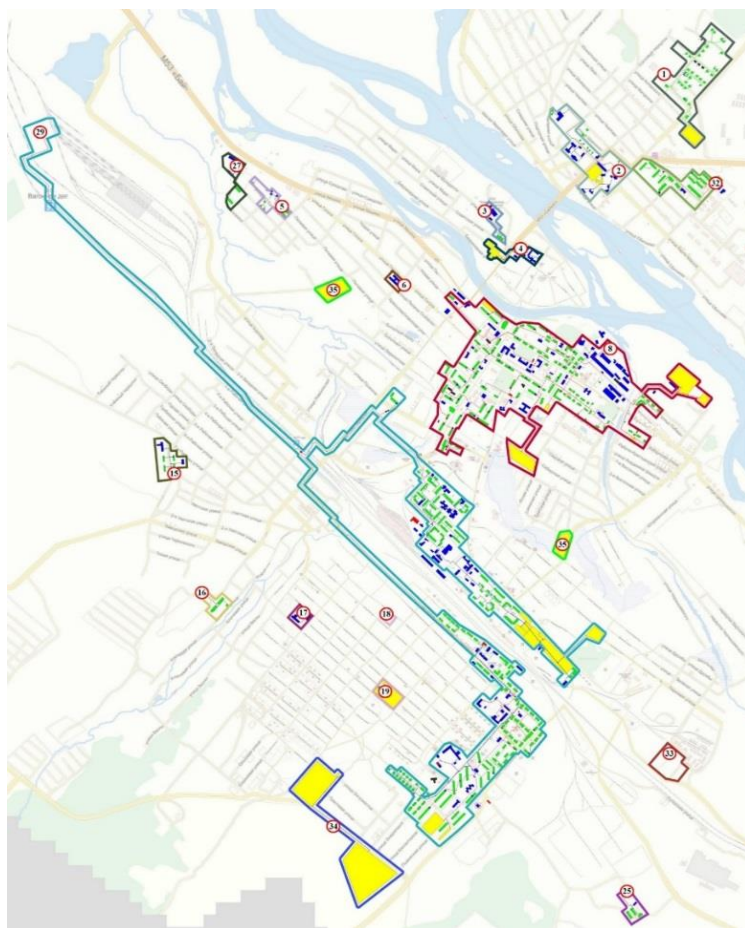


Рис. 95. Предполагаемые зоны действия систем теплоснабжения г. Нижнеудинск на третьем этапе (2025-2029 гг.).

3.4. ПРОЕКТЫ В ИНТЕРЕСАХ ЗАРУБЕЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ.

3.4.1. Оценка ёмкости Российского рынка газотурбинных установок в диапазоне единичных мощностей 25–120 МВт до 2030 г.

Заказчик: Mitsubishi Hitachi Power Systems (договор 2/15 У от 16 января 2015 г.).

Руководитель работы: д.т.н. А.М. Клер.

Подразделение: отдел теплосиловых систем.

Описание результата. Проведены исследования объемов ввода на ТЭС РФ газотурбинных установок в диапазоне единичных мощностей 25-120 МВт, работающих в составе ПГУ в период 2010-2014 гг. и на перспективу до 2030 г. Целью проводимых исследований является определение средних удельных капиталовложений в строительство и средних удельных расходов топлива на отпуск электро- и теплоэнергии для введенных в период 2010-2014 гг. газотурбинных установок по объединенным энергетическим системам РФ, а так же проведение оценки потребности РФ во вводе газовых турбин на период 2015-2030 гг.

3.4.2. Программа гидравлических расчетов водоснабжения и самотечной канализации с компанией «Georgian Water&Power».

Заказчик: компания «Georgian Water & Power» г. Тбилиси, Грузия (договор №687-14 от 15.10.2014, сроки: 01.10.14 – 30.06.15).

Руководитель работы: д.т.н. Н.Н. Новицкий.

Подразделение: отдел трубопроводных систем энергетики.

Внедрена и адаптирована для условий систем водоснабжения и водоотведения г. Тбилиси новая версия информационно-вычислительного комплекса (ИВК) «АНГАРА-ВС» для расчета и обоснования гидравлических режимов сетей большой размерности с учетом регулирующего и аккумулирующего оборудования. Выполнена конвертация геоинформационных данных по электронной карте г. Тбилиси в формат БД ИВС АНГАРА, передано программное обеспечение, выполнены работы по обучению персонала предприятия правилам пользования ИВК и методике проведения расчетов режимов, совместно со специалистами компании выполнены расчеты некоторых проблемных фрагментов систем водоснабжения г. Тбилиси.

4. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО.

4.1. Международные научные проекты.

- Методы интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике России и Беларуси при реализации угроз энергетической безопасности, проект РФФИ и БРФФИ №15-57-04074 Бел_мол_а совместно с **Институтом энергетики НАН, Республика Беларусь**, 2015-2016 гг.
- Программно-вычислительный комплекс для гидравлических расчетов систем водоснабжения и водоотведения, договор №687-14 от 15.10.2014, компания **«Georgian Water & Power»**, г. **Тбилиси, Грузия**, 2014-2015 гг.
- В рамках Рабочей группы по энергетической политике и планированию межправительственного совместного механизма по энергетическому сотрудничеству в Северо-Восточной Азии ЭСКАТО ООН, ИСЭМ СО РАН выполнена российская часть отчета «Страновой доклад: Российская Федерация» для секретариата ЭСКАТО ООН, **Республика Корея**, 2014-2015 гг.
- Оценка ёмкости Российского рынка газотурбинных установок в диапазоне единичных мощностей 25–120 МВт до 2030 г., договор 2/15 У от 16 января 2015 г., **Mitsubishi Hitachi Power Systems, Япония**.

4.2. Международные соглашения.

ИСЭМ СО РАН в 2015 г. заключил соглашения о сотрудничестве с:

- Институтом экономических исследований Северо-Восточной Азии (ERINA), **Япония**;
- Институтом экономики энергетики Японии (IEEJ), **Япония**;
- Корейским институтом экономики энергетики Японии (KEEI), **Республика Корея**.

4.3. Зарубежные командировки.

В 2015 г. для участия в международных симпозиумах и конференциях, для проведения совместных работ, для обсуждения вопросов научного сотрудничества 41 сотрудник института совершили 23 выезда в 16 стран мира. Сводные данные по выездам приведены в табл. 11.

Большинство выездов (более 90%) связаны с участием в международных симпозиумах и конференциях, проходящих в Европе и Азии. Подробные сведения о датах и назначении выездов приведены в табл. 12.

Таблица 11.

Страна, регион	Количество выездов / человек			
	Конференции, семинары, школы	Совместная работа по проектам	Контакты, стажировки и прочее	ВСЕГО
Европа (всего)	13/ 21		1/1	14/22
<i>Азербайджан</i>	1/1			1/1
<i>Беларусь</i>	2/6			2/6
<i>Великобритания</i>	1/1			1/1
<i>Голландия</i>	1/1			1/1
<i>Германия</i>			1/1	1/1
<i>Дания</i>	1/1			1/1
<i>Испания</i>	1/1			1/1
<i>Италия</i>	2/1			2/1
<i>Польша</i>	1/1			1/1
<i>Гонконг</i>	1/1			1/1
<i>Нидерланды</i>	1/6			1/6
<i>Чехия</i>	1/1			1/1
Азия (всего)	8/ 18			8/18
<i>Китай</i>	5/8			5/8
<i>Монголия</i>	1/9			1/9
<i>Япония</i>	2/1			2/1
Прочие (всего)	1/1			1/1
<i>Кипр</i>	1/1			1/1
ИТОГО	22 / 40		1/1	23/ 41

Таблица 12.

Страна	Город, организация	Цель командировки	Сроки	Сотрудники
Азербайджан	Сумгаит	Участие в междунар. конф. «Современные научно-технические и прикладные проблемы энергетики»	26-30 октября	Сеңдеров С.М., Курбацкий В.Г.,
Беларусь	Минск	Обсуждение в Белорусском Национальном техническом университете организации проведения на базе университета Международного научного семинара	16-20 апреля	Воропай Н.И.
		Участие в работе междунар. семинара "Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики"	12-19 сентября	Воропай Н.И. Ефимова Л.М. Ефимов Д.Н. Сеңдеров С.М. Колосок И.Н.

Велико-британия	Глазго	Участие в работе междунар. конф. по исследованию операций	11-16 июля	Хамисов О.В.
Германия	Зельб	Индивидуальное обучение работе на приборах NEZSCH Geratebau	19 апреля-3 мая	Козлов А.Н.
Голландия	Эйндховер	Участие в работе Международной конференции	28-29 июня	Голуб И.Н.
Дания	Копенгаген	Участие в междунар. конф. «Интеллектуальные энергетические системы и системы централизованного теплоснабжения 4-го поколения».	24-30 августа	Якимец Е.Е.
Испания	Валенсия	Участие в междунар. конф. «Global Summit on Electronics and Electrical Engineering», представление доклада	2-5 ноября	Воропай Н.И.
Италия	Рим	Участие в междунар. конф. "Окружающая среда и электроэнергетика"	10-13 июля	Паламарчук С.И.
		Участие в работе международной конференции	21-27 сентября	Копайгородский А.Н.
Кипр	Ларнака	Участие в работе междунар. конф. по физико-технической информатике CPT2015	28-31 октября	Массель Л.В., Копайгородский А.Н.,
Китай	Пекин	Участие в работе второго заседания Российско-Китайской Рабочей группы по оценке конъюнктуры энергетических рынков	17 апреля	Санеев Б.Г.
		Обсуждение направлений сотрудничества с Институтом экономических и технологических исследований Китайской национальной нефтегазовой корпорации	4-6 мая	Воропай Н.И. Санеев Б.Г. Соколов Д.А.
		Участие в междунар. семинаре "Перспективы развития противоаварийного управления в ЭЭС", Международный конгресс по промышленной и прикладной математике ICIAM2015	10-24 августа	Сидоров Д.Н. Панасецкий Д.А.
Китай Гонконг	Пекин	Участие в работе 21 ^й междунар. конф. по электроэнергетике ICSEE 2015 с докладом	4-11 июля	Подковальников С.В.

Китай	Харбин	Участие в работе в работе II Международного форума Аналитического центра кит-айско-российского экономического сотрудничества: Международное партнерство в строительстве экономического пояса Шелкового пути и Евразийского экономического союза.	11 октября	Санеев Б.Г.,
Монголия	Улан-Батор	Организация и участие в Международном семинаре (СМ/ІАС/СS/ЕS-2015)	5-10 марта	Массель Л.В., Макагонова Н.Н., Массель А.Г., Ворожцова Т.Н., Пяткова Е.В., Блохин А.А., Копайгородский А.Н Пяткова Н.Н., Воробьев С.В.
	Улан-Батор	Участие в международной конференции	16-18 марта	Санеев Б.Г.
Польша	Вроцлав	Участие в международной конференции	15-21 июня	Голуб И.Н.
Нидерланды	Эйндховен	Участие в междунар. конф. «IEEE Power Tech», представление докладов, участие в организационном заседании Международного руководящего комитета	28 июня-3 июля	Воропай Н.И. Голуб И.Н. Курбацкий В.Г. Глазунова А.М. Панасецкий Д.А Драчев П.С.
Чехия	Прага	Стажировка в Center for Economic Research and Graduate Education - Economics Institute (CERGE)	1-30 сентября	Айзенберг Н.И.
Япония	Ниигата	Участие в ежегодной конференции APERC	25-29 марта	Воропай Н.И.
	Ниигата	Участие в 8-м Японо-Российском диалоге по вопросам энергетики и экологии в Ниигата	2-6 ноября	Иванова И.Ю.

4.4. Прием иностранных ученых.

Из организации (страны)	Сроки визита	Цели и результаты визита
Вьетнам Германия	30 июня- 7 июля	Вьетнамские аспиранты из Иркутского национального исследовательского технического университета Нгуен Ван Дык, Нгуен Ван Ты и Нгуен Л.Г. и студент из Германии Нелле Даниэль приняли участие в XX Байкальской всероссийской конференции с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении», которая состоялась 29 июня – 7 июля 2015 года.
Монголия	5-10 марта	Баатар Чадра, профессор Института физики и технологий Монгольской академии принял участие в международном семинаре «Ситуационное управление, интеллектуальные, агентные вычисления и кибербезопасность в энергетике», который прошел 5-10 марта 2015 г. в Монголии, п. Ханх.
США	8 октября	Прием Михаила Черткова, профессора Масачусетского технологического института (США), сотрудника Лос-Аламосской национальной лаборатории (США), профессора Центра энергетических систем Сколковского института науки и технологий (Сколтех). Основная цель визита – знакомство с научными исследованиями отдела трубопроводных систем и обсуждение направлений дальнейшей совместной деятельности. Иркутск.
Монголия	31 августа- сентября	Прием зав. кафедрой Монгольского Государственного университета Техники и Технологии академика Батмунха С. Цель визита: 1. Участие в работе конференции «Энергетика России в XXI веке. Инновационное развитие и управление». 2. Обеспечение развития научно-технического сотрудничества в области энергетики между Институтом теплотехники и промышленной экологии Монгольского государственного университета науки и технологии и ИСЭМ СО РАН.

4.5. Членство в международных организациях.

Сотрудники института являются членами международных научных организаций:

- чл.-корр. РАН Н.И. Воропай – член CIGRE, Conseil International des Grands Reseaux Electriques (Международный Совет по большим электроэнергетическим системам);

- чл.-корр. РАН Н.И. Воропай – член бюро советников Asia Pacific Energy Research Center, Tokyo, Japan (Азиатско-Тихоокеанский Центр Энергетических Исследований, Токио, Япония);

- чл.-корр. РАН Н.И. Воропай – член International Federation of Automatic Control (IFAC);

- чл.-корр. РАН Н.И. Воропай, д.т.н. Б.Г.Санеев, д.т.н. С.М.Сендеров, к.т.н. С.В. Подковальников – члены International Association of Energy Economics (IAEE);

- IEEE PES Russian Siberian Chapter (Российская Сибирская группа международной ассоциации инженеров-электриков и электронщиков общества энергетики и электроэнергетики) в составе: Воропай Н.И., Ковалев Г.Ф., Ефимов Д.Н., Коверникова Л.И., Паламарчук С.И., Голуб И.И., Колосок И.Н., Панасецкий Д.А., Гришин Ю.А., Курбацкий В.Г., Томин Н.В., Федотова Г.А., Подковальников С.В., Крупенев Д.С.;

- чл.-корр. Н.И. Воропай избран на 2014-2015 гг. президентом международной ассоциации «Институт практических инфраструктур»;

- чл.-корр. РАН Н.И. Воропай – член IEEE Fellow;

- д.т.н. Б.Г. Санеев - ведущий эксперт от РФ в рабочей группе по энергетической политике и планированию Межправительственного совместного механизма по энергетическому сотрудничеству в Северо-Восточной Азии ЭСКАТО ООН;

- д.т.н. Б.Г. Санеев – член исполнительного комитета Международного Форума по природному газу и газопроводам в Северо-Восточной Азии (NAGPF);

- д.т.н. Б.Г. Санеев – член Российско-Китайской рабочей группы по оценке конъюнктуры энергетических рынков;

- д.т.н. Г.Ф. Ковалёв, к.т.н. Д.С. Крупенёв Д.С. – члены международной организации IEEE (Senior Member и Member).

4.6. Работа в международных организациях.

Научный сотрудник *Д.А. Соколов* закончил работу в Центре энергетических исследований АТЭС (г. Токио, Япония). В настоящее время *Д.А. Соколов* по направлению Министерства энергетики РФ работает по контракту на должности начальника отдела в Организации стран-экспортёров газа (г. Доха, Катар).

Научный сотрудник А.Н. Козлов проходил стажировку по индивидуальному обучению работе на приборе комплексного термического анализа STA 449 F1 совмещенного с квадрупольным масс-спектрометром. Германия, г. Зельб, 20–30 апреля 2015 г.

К.т.н. Айзенберг Н.И., проходила стажировку в Center for Economic Research and Graduate Education - Economics Institute, Charles University in Prague and the Economics Institute of the Czech Academy of Sciences, Чехия, г. Прага, 1– 20 сентября 2015 г.

5. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.

5.1. Организация и проведение конференций и семинаров.

5.1.1. XX Байкальская Всероссийская с международным участием конференция «Информационные и математические технологии в науке и управлении», включающая школу-семинар научной молодежи в области информационных технологий, 29 июня - 7 июля 2015 г.

С 29 июня по 7 июля 2015 г. в ИСЭМ СО РАН проходила традиционная XX Байкальская Всероссийская конференция с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении», включающая школу-семинар научной молодежи в области информационных технологий.

Конференция включала две сессии: Иркутскую с 29 по 30 июня (г. Иркутск, ИСЭМ СО РАН) и Байкальскую с 30 июня по 7 июля (Байкал, Малое море, б/о «Хадарта» и «Уюга»).

В конференции приняли участие более 200 человек из 3-х стран (Россия, Вьетнам, Германия) и 13 городов России из них 126 чел. приняли участие в Байкальской сессии, 40 – в Иркутской сессии, 36 – с заочным участием (публикацией статей). В числе участников были 20 докторов наук, 46 кандидатов наук, 25 аспирантов, 5 студентов.

На конференции работали 10 секций и 2 круглых стола, на которых были сделаны и обсуждены 90 докладов и сообщений (26 докладов на Иркутской сессии и 64 на Байкальской), докладывались и обсуждались 4 докторских и две кандидатских диссертации, проведены научные дискуссии.

Параллельно с конференцией проходила школа–семинар научной молодежи, в которой приняли участие более 60 человек, на заседаниях были заслушаны 30 докладов молодых ученых и 12 пленарных докладов-лекций их старших коллег.

Конференция и Школа–семинар были поддержаны грантами РФФИ, №15-07-20427_г и №15-37-10216-мол_г.

5.1.2. International Workshop «Contingency management, intelligent, agent-based computing and cyber security in energy sector» (CM/IAC/CS/ES-2015), Mongolia, lake Hovsgol, 5-10 марта 2015 г.

В рамках семинара были проведены секции, рабочие совещания и круглые столы по проблемам создания, развития и применения интеллектуальных, агентных и облачных вычислений в интеллектуальных энергетических системах (ИЭС) с учетом требований кибербезопасности.

На семинаре были представлены 25 докладов, еще 11 - опубликованы. Всего в семинаре приняли участие 50 человек (27 – очных участников) из восьми организаций трех городов России (Иркутск, Ангарск, Москва) и Монголии (один

участник). Опубликованы тезисы докладов, сделанных в ходе семинара (на английском языке), 18 из них были посвящены проектам, поддержанным грантами РФФИ, грантами программы Президиума РАН и грантами интеграционных проектов СО РАН.

Научная тематика семинара:

1. Ситуационное управление, основанное на интеграции математических и интеллектуальных технологий: теория, методы, направления развития;
2. Ситуационная осведомленность и метакартосемиотика, их применение в энергетике.
3. Теоретические и методологические вопросы разработки и интеграции интеллектуальных, агентных и облачных вычислений для ситуационного управления в энергетике.
4. Обработка потоков данных в интеллектуальных электроэнергетических системах: требования к информационным технологиям.
5. Применение интеллектуальных, агентных и облачных вычислений для поддержки принятия решений в исследованиях и обеспечении энергетической безопасности.
6. Поддержка коллективной экспертной деятельности в энергетике.
7. Кибербезопасность критически важных инфраструктур.

5.1.3. Всероссийский научный семинар им. Ю.Н. Руденко с международным участием «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», 7-11 сентября 2015.

ИСЭМ СО РАН, Белорусский национальный технический университет (БНТУ) и Институт энергетики НАН Беларуси провели в г. Минске очередное 87-е заседание семинара на тему «*Актуальные проблемы надежности систем энергетики*».

Тематика заседания семинара включала следующие направления:

- тенденции развития систем энергетики и проблемы их надежности;
- инновационные технологии в системах энергетики и надежность энергоснабжения потребителей;
- надежность «активных» систем энергетики на основе самодиагностики, самовосстановления, реконфигурации и др.;
- новые методы и информационные технологии в проблеме надежности систем энергетики.

Специалистами в области надежности систем энергетики из России, Азербайджана, Беларуси, Австралии было представлено 73 доклада.

Рассматривался широкий круг вопросов, связанных с актуальными проблемами надежности систем энергетики, тенденции развития систем энергетики и проблемы их надежности, инновационные технологии в системах энергетики, вопросы надежности энергосбережения потребителей, активных систем энергетики на основе самодиагностики и самовосстановления. Предлагались новые методы при решении проблем надежности систем энергетики.

По результатам работы семинара издан сборник.

5.1.4. Всероссийская конференция «Энергетика России в XXI веке: инновационное развитие и управление», 1-3 сентября 2015 г.

Конференция проведена Институтом систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН при поддержке РФФИ, грант № 15-08-20656-г. В конференции приняли участие около 150 человек из более 40 организаций из городов России, а также из Монголии. Было представлено более 80 докладов. 5 статей представлены заочно.

На конференции обсуждены такие перспективные направления в энергетике как разработка интеллектуальных энергосистем с активными потребителями (Smart Grid), в том числе интегрированных интеллектуальных систем электро-, тепло-, газоснабжения и систем распределенной генерации, рассмотрены вопросы, связанные с надежностью и качеством энергоснабжения на всех уровнях в нормальных и аварийных ситуациях. Было уделено внимание активно развивающимся технологиям генерации, транспортировки, потребления энергии в сочетании с новыми методами интеллектуального управления функционированием и развитием энергетических систем и комплексов разного масштаба. Проведено обсуждение путей стратегического развития топливно-энергетического комплекса России с учетом энергетической безопасности страны и энергетического сотрудничества на Евразийском пространстве.

По итогам конференции выпущен сборник статей в виде отдельной книги в электронной и печатном вариантах.

5.1.5. 6-я объединенная международная конференция CRIS "Проблемы критических инфраструктур" и "Либерализация и модернизация энергетических систем", 25-27 июня 2015 г., Санкт-Петербург, Россия.

Тематика объединенной конференции:

- Проблемы развития и функционирования критических инфраструктур
- Интеграция критических инфраструктур
- Киберфизическая безопасность критических инфраструктур
- Моделирование критических инфраструктур
- Управление функционированием критических инфраструктур
- Обоснование решений по развитию критических инфраструктур

- Комплексное развитие и функционирование интегрированных критических инфраструктур.

5.1.6. 45-я конференция-конкурс научной молодежи «Системные исследования в энергетике», 17 марта – 2 апреля 2015 г.

На конференции рассматривались вопросы в области исследования, функционирования и развития систем энергетики и управление ими. Обсуждались подходы к описанию процессов в энергетических установках, трубопроводных и электроэнергетических системах, а также топливно-энергетический комплекс, возможность применения новых информационных технологий для решения задач энергетики.

Был заслушан 31 доклад на 4-х секциях. По итогам конкурса присуждены:

1-е место – *Якимец Е.Е.* за работу «Нормирование показателей плотности нагрузки при решении задач планирования теплоснабжающих систем»;

2-е место – *Луценко А.В.* за работу «Иерархическая оптимизация гидравлических режимов теплоснабжающих систем»;

3-е место – *Козлову А.Н.* за работу «Исследование стадии выхода летучих веществ при термохимической конверсии низкосортных твердых топлив».

По результатам работы был издан сборник трудов конференции.

5.2. Участие в конференциях, семинарах и других научных мероприятиях.

Сотрудники института регулярно выступают с докладами на различных международных и всероссийских конференциях, семинарах, совещаниях и т.п. Структура по статусу мероприятий (международные, всероссийские, региональные) и по типам докладов приведена в табл. 13.

Таблица 13.

Конференции	Количество докладов	в том числе		
		пленарные	секционные	стендовые
Международные	118	15	98	5
Всероссийские	122	14	106	3
Региональные	51	4	47	-

5.2.1. Участие в международных конференциях с приглашенными докладами.

1. Подковальников С.В. 1-я Международная конференция по постоянному току HVDC 2015 (High Voltage Direct Current), 18-22 октября 2015 г., Сеул, Корея.

2. Подковальников С.В. 3-й Международный форум по энергобезопасности в Северо-Восточной Азии, 17 декабря 2015 г.
3. Новицкий Н.Н. 16th Applied Stochastic Models and Data Analysis (ASMDA2015) International Conference, Piraeus, Greece, 30 June – 4 July 2015.
4. Черепенников В.Б. International Conference on Differential and Difference Equation & Applications, Amadora, Portugal. 2015.
5. Стенников В.А. 10-й Международный энергетический семинар (МЭС-10) «Распределенная генерация как фактор инновационного развития современных энергосистем», г. Алматы, Казахстан, 30 марта - 3 апреля 2015 г.
7. Иванова И.Ю.. 8-й японо-российский диалог по энергетике и экологии, Япония, Ниигата, 4 ноября 2015 г.
8. Хамисов О.В. Международная научная школа для молодежи «Высокопроизводительные вычисления, оптимизация и приложения», Нижний Новгород, 16–20 ноября 2015 г.
9. Апарцин А.С. 7-я Международная молодежная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач», посвященная 90-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука. Новосибирск, 19-24 октября. 2015.

5.2.2. Участие в международных научно-организационных мероприятиях.

1. V Международная научно-техническая конференция «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2015), 19-21 февраля 2015, Минск, Беларусь.
2. International Conference on Computing for Physics and Technology (CPT'2015), 10-17 мая 2015, Ларнака, Кипр.
3. 17th International Workshop on Computer Science and Information Technologies, 17-22 September 2015, Roma, Italia.
4. International Workshop «Contingency management, intelligent, agent-based computing and cyber security in energy sector» (CM/IAC/CS/ES-2015), 5-10 марта 2015, lake Hovsgol, Mongolia.
5. III Международная конференция «Ситуационные центры и геоинформационные системы для задач мониторинга и безопасности: 10 лет НеоГеографии (SC-NeoGeo-VRTerro2015)», 24–27 ноября 2015, Москва, Россия.
6. 21-я Международная конференция ИнтерКарто-ИнтерГИС «Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение», 12-13 ноября 2015, Краснодар, Россия, совместно с Pacific GIS&RS Conference, November, 16-19, Fiji Islands, Suva, 2015.
7. International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'15), 25-27 March 2015, La Coruña, Spain.

8. 12-th Conference – Seminar «International School on Nonsinusoidal Currents and Compensation», 15-18 June 2015, Łagów, Poland.
9. IEEE PowerTech 2015, 29 June - 2 July, 2015, Eindhoven.
10. VI International Conference on Problem of Critical Infrastructures, June 25-27, 2015, Saint Petersburg, Russia.
11. XVII International Scientific Conference “Present-day Problems of Power Engineering”, 17-19 June, 2015, Poland.
12. IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering, June 10-13, Rome, Italy.
13. International Conference of Electrical Engineering (ICEE-2015), 5-9 July 2015, University of Hong Kong.
14. 1-я международная конференция по постоянному току HVDC 2015 (High Voltage Direct Current), 18-21 октября 2015, Сеул, Корея.
15. 3-й Международный форум по энергобезопасности в Северо-Восточной Азии, 17 декабря 2015.
16. 16th International Conference Applied Stochastic Models and Data Analysis (ASMDA2015), 30 June-4 July 2015, Piraeus, Greece.
17. International Conference on Differential and Difference Equation & Applications, 18-22 May 2015, Amadora, Portugal.
18. XVII International Conference Dynamical System Modeling and Stability Investigations, 25-27 мая 2015, Kiev, Ukraine.
19. 10-й Международный энергетический семинар (МЭС-10) «Распределенная генерация как фактор инновационного развития современных энергосистем», 30 марта - 3 апреля 2015, Алматы, Казахстан.
20. II Международный форум аналитического центра Китайско-российского экономического сотрудничества: Международное партнерство в строительстве экономического пояса Шелкового пути и Евразийского экономического союза, 11-12 сентября 2015, Харбин, Китай.
21. 14th International Conference on Northeast Asian Natural Gas and Pipeline, 27-28 August 2015, Seoul, Republic of Korea.
22. Northeast Asian Energy Connectivity Workshop, 17-18 марта 2015, Ulaan Bator, Mongolia.
23. 8-й японо-российский диалог по энергетике и экологии в Ниигате, 4 ноября 2015, Ниигата, Япония.
24. 14th International Conference on Sustainable Energy Technologies, 25-27 августа 2015, Ноттингем, Великобритания.
25. 27th European Conference on Operational Research, July 12-15 2015, Glasgow, UK.
26. SICIAM 2015 Congress, 10-14 августа 2015, Пекин, Китай.
27. 4th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (SMARTGREENS-2015), 20-22 May 2015, Lisbon, Portugal.

28. International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST) CIGRE SC C6 Colloquium, 8-11 September 2015, Vienna, Austria.
29. Международный научный семинар им. Ю.Н. Руденко «Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики» 87-е заседание «Надёжность либерализованных систем энергетики», 7–11 сентября 2015, Минск, Беларусь.
30. Российско-корейский семинар ESI SB RAS – KEEI «Shuttle Workshop 2015», Иркутск, 15 сентября 2015.
31. XLIII Международная конференция «Информационные технологии в науке, образовании и управлении», 23–31 мая 2015, Ялта-Гурзуф, Крым.
32. III Международная конференция «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (ITIDS'2015), 18-21 мая 2015, Уфа, Россия.
33. Международная конференция «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем», 1-5 июня 2015, Сочи, Россия
34. 8-я Международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2015)», 29 сентября–1 октября 2015, Москва, Россия.
35. Международная научно-практическая интернет конференция «Компьютерные технологии в городском и региональном хозяйстве», 23–28 ноября 2015, Харьков, Украина.
36. Третий Международный форум “Возобновляемая энергетика. Пути повышения энергетической и экономической эффективности REENFOR-2015”, 17-19 ноября 2015, Ялта, Россия.
37. International Workshop “Contingency management intelligent, agent-based computing and cyber security in energy sector” (CM/IAC/CS/ES-2015), 5-10 March 2015, Buryatia, Mondy.
38. XLIV международная конференция и XIV международная конференция молодых учёных «Информационные технологии в науке, образовании и управлении» (IT + S&E`15), 1-10 октября, 2015, Гурзуф.
39. Десятая Международная энергетическая неделя, 28-29 октября 2015, Москва, Россия.
40. NEA Government-Business Dialogue on Power Trade and Inter-Grid Connectivity in North-East Region, 17.09.2015, Irkutsk, Russia.
41. III Международная конференция «Развитие возобновляемой энергетики на Дальнем Востоке России», 25-27 июня 2015, Якутск, Россия.
42. Международная научная конференция «Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической зоны», 29-30 сентября 2015, Архангельск, Россия.
43. Вторая международная научно-практическая конференция «Развитие российско-китайских отношений: новая международная реальность», 21-22 сентября 2015, Иркутск, Россия.

44. XIX Международная конференция по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2015), 24–31 мая 2015, Алушта, Россия.
45. Международный конгресс. Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность, 27-28 октября 2015, Москва, Россия.
46. III Международная конференция «Возобновляемая энергетика на Дальнем Востоке России», 25-27 июня 2015, Якутск, Россия.
47. VI Международная конференция «Проблемы оптимизации и экономические приложения», 28 июня-4 июля 2015, Омск, Россия.
48. Expert conference on Advanced Mathematical Methods for Energy Systems: From Theory to Practice, June 9-10 2015, Moscow, Russia.
49. Международная научная школа для молодежи «Высокопроизводительные вычисления, оптимизация и приложения», 16-20 ноября 2015, Нижний Новгород, Россия.
50. The Fourth International Workshop on Mathematical Models and their Applications, 24-26 November 2015, Красноярск, Россия.
51. International Workshop on Inverse and Ill-Posed Problems, 19-21 November 2015, Moscow, Russian.
52. 1st IFAC Conference on Modelling, Identification and Control of Nonlinear Systems, 24-26 June 2015, Saint Petersburg, Russia.
53. Международная научно-техническая конференция "Computer Modeling 2015" (COMOD-2015), 1-3 июля 2015, Санкт-Петербург, Россия.
54. Всероссийская конференция с международным участием «Энергетика России в XXI веке. Инновационное развитие и управление», 1-3 сентября 2015, Иркутск.
55. IX Международная школа-симпозиум «Анализ, Моделирование, Управление, Развитие социально-экономических систем» (АМУР-2015), 12-21 сентября 2015, Севастополь, Россия.
56. XIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых по региональной экономике, 29-30 октября 2015, Екатеринбург, Россия.
57. Международный семинар-конференция «Управление надежностью электроснабжения конечных потребителей», организованный Корпоративным энергетическим университетом, 19–20 марта 2015, Москва, Россия.
58. IV Всероссийская научная конференция с международным участием «Информационные технологии и системы, 24 февраля–1 марта 2015, Челябинск.
59. VIII Международная научно-техническая конференция «Энергетика: Управление, качество и эффективность использования энергоресурсов», 27-29 мая 2015, Благовещенск, Россия.

60. VI Международная молодёжная научно-техническая конференция «Электроэнергетика глазами молодёжи», 9-13 ноября 2015, Иваново, Россия.
61. 7-я Международная молодежная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач», посвященная 90-летию со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука, 19-24 октября 2015, Новосибирск, Россия.
62. Международный научный семинар по обратным и некорректно поставленным задачам, 19-21 ноября 2015, Москва, Россия.
63. V Всероссийская научная конференция с международным участием «Знания, онтологии, теории», 6-8 октября 2015, Новосибирск.

5.2.3. Участие во всероссийских научно-организационных мероприятиях.

1. XVI Всероссийская конференция молодых ученых СО РАН «Математическое моделирование и информационные технологии», 28-30 октября 2015, Красноярск.
2. XXI Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Энергетика: эффективность, надежность, безопасность», 2-4 декабря 2015, Томск.
3. XXII конференция "Перспективы развития электроэнергетики и высоковольтного электротехнического оборудования. Коммутационные аппараты, преобразовательная техника, микропроцессорные системы управления и защиты", 18-19 ноября 2015, Москва.
4. Научно-практическая конференция «Ассоциации по электротехническому оборудованию ТРАВЭК», 24 июня 2015.
5. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири», 21-25 апреля 2015, Иркутск.
6. Второй Крымский энергетический форум, 30 сентября–4 октября 2015, Ялта, Россия.
7. XXI Всероссийская научно-технической конференции «Энергетика: эффективность, надежность, безопасность», 4 декабря 2015, Томск.
8. Всероссийская конференция «Северный пояс развития Сибири: Северо-Иркутская территориально-производственная зона», 5–6 июля 2015, г. Братск.
9. XX Байкальская Всероссийская конференция «Информационные и математические технологии в науке и управлении», г. Иркутск – Байкал, 29 июня–7 июля 2015 г.
10. XVII краевой конкурс молодых ученых и аспирантов «Молодые ученые - Хабаровскому краю», г. Хабаровск, 22-23 января 2015 г.
11. Всероссийский семинар "Моделирование неравновесных систем – 2015", 2–4 октября 2015 г., Красноярск.

12. IV Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве» (ТИМ'2015) с международным участием, посвященная 95-летию основания кафедры и университета, Екатеринбург, 26-27 марта 2015 г.
13. III Международный молодежный форум «Интеллектуальные энергосистемы», Томск, 28 сентября–02 октября 2015 г.
14. IX Всероссийская конференция с международным участием «Горение топлива: теория, эксперимент, практика», Новосибирск, 16-18 ноября 2015 г.
15. XXXII Всероссийская конференция «Сибирский теплофизический семинар», Новосибирск, 19-20 ноября 2015 г.
16. 13-я международная научная конференция «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики», Алушта, 21-27 сентября 2015 г.
17. XV Всероссийская конференция «Математическое программирование и приложения», г. Екатеринбург, 2-6.03.2015,
18. VII Традиционная молодёжная школа «Управление, информация и оптимизация», г. Москва, 14-20.06.2015
19. Математические методы распознавания образов ММРО-17, Светлогорск, 19-25 сентября
20. Первый Открытый Российский статистический конгресс, 20-22 октября 2015, Новосибирск, Россия.

5.3. Выставочная деятельность.

В 2015 г. институт принял участие в выставке **«Энергоэффективность. ЖКХ. Газоснабжение»**, Иркутск, Сибэкспоцентр, 14-17 октября 2015 г. На выставке был открыт Первый инвестиционный Форум "Муниципальные инвестиции: Байкальский акцент", организованный Правительством Иркутской области совместно с Российской Ассоциацией энергосервисных компаний (РАЭСКО), Ассоциацией развития регионов и Аналитическим центром при Правительстве РФ. Стенников В.А., Ермаков М.В. выступили с докладами. Ермаков М.В. выступил в качестве модератора круглого стола *«Коммунальные системы: технологии, оборудование, эксплуатация»*.

5.4. Экспертная деятельность.

5.4.1. Экспертиза проектов государственных решений.

1. Подготовка проекта постановления Правительства РФ «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в осенне-зимний период 2014-2015 года» по заказу Минприроды РФ. Исполнитель: д.т.н. В.М. Никитин.

2. Заключение на проект «Энергетическая стратегия России на период до 2035 года» по заказу Минэнерго РФ. Исполнитель: д.т.н. В.А. Стенников.

5.4.2. Экспертиза научных и технических проектов.

1. Заключение на «Концепцию автономной газификации объектов и перевода автотранспорта, водного транспорта и сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо в Иркутской области», выполненную ЗАО «НефтеГазТоп», г. Москва. По заказу администрации Иркутской области. Исполнители: д.т.н. Б.Г. Санеев, к.т.н. Г.Г. Лачков, А.К. Ижбулдин, к.т.н. А.П. Головин.

2. Заключение на отчет об исполнении Целевой Программы поддержки научных исследований, опытно-конструкторских, опытно-технологических работ и инновационной деятельности Фонда поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности «Энергия без границ» за 2014 год. По заказу ПАО «ИнтерРАО». Исполнители: д.т.н. В.А. Стенников, к.т.н. С.В. Жарков.

3. Заключение на проект «Правил использования водных ресурсов Иркутского водохранилища и озера Байкал». По заказу администрации Иркутской области. *Исполнитель:* д.т.н. В.М. Никитин.

4. Заключение на проект модернизации Океанской ГеоТЭС, выполненный Агентством по развитию Курильских островов и инвестиционных программ Сахалинской области, г. Южно-Сахалинск. По заказу администрации Сахалинской области. *Исполнители:* д.т.н. Б.Г. Санеев, к.э.н. И.Ю. Иванова, к.т.н. Т.Ф.Тугузова.

5. Заключение на данные по выработке электроэнергии фотоэлектрической станцией и экономии дизельного топлива проектной документации проекта «Источник возобновляемой энергии в Баяндаевском районе, урочище «За мельницей», выполненной ООО «Радиян Проект». По заказу администрации Иркутской области. *Исполнители:* к.э.н. И.Ю. Иванова, к.т.н. Т.Ф. Тугузова, Н.А. Халгаева.

5.4.3. Экспертная деятельность на постоянной основе.

Массель Л.В. – эксперт Федеральных целевых программ Министерства образования и науки.

Массель Л.В. – эксперт и член экспертного совета РФФИ по направлению 07 (инфокоммуникационные технологии и вычислительные системы) – 81 экспертиза.

Массель А.Г. – эксперт РФФИ по направлению 07 (инфокоммуникационные технологии и вычислительные системы) – 42 экспертизы.

Стенников В.А. – эксперт рабочей комиссии по энергосбережению Совета Федерации РФ.

Стенников В.А. – эксперт научно-технической сферы при Министерстве образования и науки Российской Федерации ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ.

Таиров Э.А. – член экспертной коллегии инновационного центра «Сколково».

Крупенёв Д.С. – эксперт международной организации МЭК/ТК56 по стандартизации от Российской Федерации.

5.5. Членство в общественных организациях, научно-технических советах, редколлегиях журналов Российской Федерации.

5.5.1. Членство в общественных организациях, научно-технических советах.

- чл.-корр. РАН Н.И. Воропай – член научно-технических советов ОАО «ИнтерРАО ЕЭС» и ОАО «Россети», член экспертного совета по экономическим проблемам Совета Федерации РФ.

- д.т.н. Стенников В.А. – председатель научно-экспертного Совета по энергоэффективности при Губернаторе Иркутской области; Председатель Правления Некоммерческого партнерства «Восточно-Сибирское объединение энергоаудиторов»; член Научного совета по комплексным проблемам энергетики РАН.

- д.т.н. Никитин В.М. – член Межрегиональной рабочей группы по регулированию режимов водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада ГЭС и оз. Байкал (Енисейское бассейновое водное управление); член экспертной группы по предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации при пожарах в Иркутской области; член экспертной группы по изучению изменения уровня оз. Байкал от 13.04.2015 г. при Минприроды РФ.

- к.т.н. Ермаков М.В. – член Научно-экспертного совета по энергоэффективности при Правительстве Иркутской области.

- д.т.н. Ковалёв Г.Ф. – член технического комитета по стандартизации ТК-119 «Надёжность в технике» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии РФ.

5.5.2. Членство в редколлегиях ведущих рецензируемых российских и международных журналов.

- чл.-корр. Воропай Н.И. – член редколлегий международных журналов: «Energy Problems», «Electroenergetics, Electrotechnics, Electromechanics+Control», «Global Journal of Technology and Optimization», член редколлегий журналов «Электричество», «Известия РАН. Энергетика», «Энергетическая политика», «Научный вестник НГТУ», «Вестник ИрННТУ», «Вестник ИргУПС», «Известия НТЦ ЕЭС», «Надёжность и безопасность энергетики»;

- д.т.н. Черепенников В.Б. – член редколлегий журналов «International Journal of Mathematics and Computations», «International Journal of Mathematics

and Statistics»; референт международного журнала *Mathematical Reviews*, *American Mathematical Society (USA)*;

- д.т.н. Клер А.М. – член редакционной коллегии сборника «Энергетика и теплотехника» издательства Новосибирского государственного технического университета;

- д.т.н. Массель Л.В. – член редколлегии журнала «Онтология проектирования» (Самара, Институт проблем управления сложными системами);

- д.т.н. Санеев Б.Г. – член редакционной коллегии журналов «Регион: экономика и социология» (СО РАН, г. Новосибирск), «Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки»;

- д.т.н. Ковалёв Г. Ф. – член редколлегии журнала «Главный энергетик».

- д.ф.-м.н. Сидоров Д.Н. – член редколлегии журнала «International Journal of Artificial Intelligence»

- д.т.н. В.И. Зоркальцев– член редколлегии журнала «ЭКО», сборника «Управление Большими системами», член научно-редакционного совета украинского журнала «Країна Знань» («Страна Знаний»).

5.6. Инновационная деятельность.

В целях научно-производственной кооперации и организации эффективного взаимодействия образования, науки, производства, бизнеса, государства и гражданского общества институт стал действительным членом всех технологических платформ в области энергетики:

14. Интеллектуальная энергетическая система России;

15. Экологически чистая тепловая энергетика высокой эффективности;

16. Перспективные технологии возобновляемой энергетики;

17. Малая распределенная энергетика.

Для реализации научных разработок в составе института действуют специальные инновационные подразделения.

5.6.1. Взаимодействие со Сколковским институтом науки и технологий (Сколтех).

В 2015 г. институт продолжил взаимодействие со Сколковским институтом науки и технологий в рамках пилотной инновационной научно-исследовательской программы, направленной на создание концепции интегрированных интеллектуальных систем электро- и теплоснабжения с активными потребителями и координированного управления режимами этих систем, разработку структуры и содержания комплекса взаимосвязанных задач по формированию данных систем. Институт является базовой организацией в России по созданию Центра исследований, обучения и инноваций в области энергетики Сколтеха.

5.6.2. СКБ электротехнического приборостроения (СКБ ЭП, инновационное подразделение).

СКБ ЭП создан в форме малого предприятия в 1991 г., сегодня состоит из инжинирингового центра и производственной базы.

Основным направлением деятельности СКБ ЭП является разработка и производство приборов для безразборного контроля и диагностики состояния высоковольтных выключателей. По данному направлению СКБ ЭП занимает лидирующее положение в России и странах ближнего зарубежья. Линейка приборов насчитывает более 20 моделей, в разработке ещё 3.

Продукцию СКБ ЭП знают и применяют в энергосистемах, на железных дорогах и промышленных предприятиях на всей территории России, в Белоруссии, Украине и Казахстане.

5.6.3. Научно-технический центр энергосбережения (НТЦ-54, инновационное подразделение).

НТЦ создан в 1998 г. в форме неструктурного подразделения с целью выполнения энергетических обследований по заказам предприятий, в том числе и энергетических.

Основные направления деятельности:

- Исследование систем энергоснабжения различной мощности.
- Технико-экономическое обоснование реконструкции систем энергоснабжения.
- Режимная наладка котельного оборудования и тепловых сетей.
- Разработка котлов малой мощности.
- Проведение энергетических обследований промышленных предприятий и ЖКХ.

Сотрудники НТЦ имеют высокую квалификацию, позволяющую выполнять работы различной сложности и с различной глубиной исследований технологических процессов. Научно-технический центр имеет полную приборную базу для проведения энергетических обследований.

В течение 2015 г. сотрудники НТЦ выполняли работы в области энергоаудита и энергетические обследования по заказам муниципальных образований Иркутской области.

5.7. Взаимодействие с вузами.

5.7.1. Направления сотрудничества, соглашения.

Развитие сотрудничества с вузами проводилось по следующим направлениям:

- выполнение совместных исследований в рамках хоздоговорных прикладных НИР;
- преподавание сотрудников института на кафедрах вузов;

- вовлечение студентов вузов в исследовательский процесс института;
- осуществление научно-образовательной деятельности в рамках совместных кафедр.

В том числе, можно отметить:

- 1) Взаимодействие с Иркутским государственным техническим университетом (ИрНТУ) в рамках договора о сотрудничестве. Важнейшие задачи – это развитие научных исследований, подготовка квалифицированных кадров и внедрение инновационных разработок.
- 2) Взаимодействие со Сколковским университетом науки и технологий (Сколтех).
- 3) Участие в совместных проектах (РФФИ, РФН) с кафедрой тепловых электростанций Энергетического института Уральского федерального университета, в рамках которых подготовлены совместные доклады и публикации.

5.7.2. Участие в работе кафедр, учебных центров.

На базе ИСЭМ СО РАН в структуре института энергетики ИрНТУ созданы базовые кафедры «Энергетические системы и комплексы», «Электроэнергетические системы», «Теплоэнергетические системы». Преподаватели кафедр имеют многолетний опыт проведения как российских, так и совместных международных исследований. Магистерские программы нацелены на подготовку нового поколения специалистов, обладающих системными и фундаментальными знаниями в области энергетики.

Сотрудники института являются заведующими следующими кафедрами в Иркутском национальном исследовательском техническом университете (ИрНТУ):

- чл.-корр. РАН Воропай Н.И. – заведующий кафедрой «Электроснабжение и электротехника»;
- д.т.н. Голуб И.И. - заведующий базовой кафедрой «Электроэнергетические системы» ИрНТУ и ИСЭМ СО РАН;
- д.т.н. Соколов А.Д. - заведующий базовой кафедрой «Энергетические системы и комплексы» ИрНТУ и ИСЭМ СО РАН;
- д.т.н. Тюрина Э.А. - заведующий базовой кафедрой «Теплоэнергетические системы» Института энергетики ФГБОУ ВО ИрНТУ.

Институт ведет совместную с Институтом математики и экономики Иркутского государственного университета (ИГУ) кафедру «Математической экономики».

Другие сотрудники являются членами постоянных комиссий и советов:

- д.т.н. Стенников В.А. - председатель ГЭК на кафедре «Теплоэнергетика» ИрНТУ; член Межвузовского координационного совета по энергосбережению, действующего на базе ИрНТУ; член комиссии по связям с ВУЗами ИЦ СО РАН;

- к.т.н. Подковальников С.В. – председатель ГАК ИрННТУ;
- д.т.н. Ковалёв Г.Ф. – председатель ГАК ИрННТУ по специальности «Электрические станции, сети и системы»;
- д.т.н. Колосок И.Н. - председатель ГАК в ИрННТУ;
- к.т.н. Глазунова А.М. – председатель ГАК в ИрННТУ;
- д.т.н. Таиров Э.А. - председатель ГАК в ИрННТУ;
- к.т.н. Гришин Ю.А.- председатель ГЭК в ИрННТУ и Ангарской государственной технической академии (АГТА);
- к.т.н. Марченко О.В. – член ГАК Института математики, экономики и информатики (ИМЭИ) Иркутского государственного университета (ИГУ);
- к.т.н. Гурина Л.А – член ГАК ИрННТУ;
- к.т.н. Ермаков М.В. –член ГЭК ИрННТУ;
- д.э.н. Кононов Ю.Д. – председатель ГАК в Иркутском государственном университете (ИГУ) и в Байкальском государственном университете экономики и права (БГУЭП).

5.7.3. Преподавательская деятельность.

Многие сотрудники института по совместительству осуществляют преподавательскую деятельность в следующих вузах:

Иркутский государственный университет (ИГУ, г. Иркутск)

Кафедра «Математическая экономика» ИМЭИ:

- профессора: д.т.н. Зоркальцев В.И.
- доценты: к.т.н. Марченко О.В., к.т.н. Айзенберг Н.И.
- преподаватели: Киселёва М.А.

Кафедра «Методы оптимизации» ИМЭИ:

- профессора: д.ф.-м.н. Хамисов О.В.

Кафедра «Информационные технологии» ИМЭИ:

- доценты: к.ф.-м.н. Сидоров Д.Н.

Кафедра географического факультета:

- доцент к.г.н. Бережных Т.В.

Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИрННТУ, г. Иркутск)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника» Института энергетики:

- профессора: чл.-корр. РАН Воропай Н.И. (зав.кафедрой), д.т.н. Балышев О.А., д.т.н. Голуб И.И, д.т.н. Паламарчук С.И.;
- доценты: вед. инж. Захаров А.А., к.т.н. Лебедева Л.М., к.т.н. Коверникова Л.И., к.т.н. Ефимов Д.Н.; к.т.н. Чемезов, к.т.н. Крупенев Д.С.
- преподаватели: к.т.н. Усов И.Ю., к.т.н. Попов С.П., к.т.н. Панасецкий Д.А.

Кафедра «Теплоэнергетика» Института энергетики:

- профессора: д.т.н. Клер А.М., д.т.н. Стенников В.А., д.т.н. Тюрина Э.А.

Кафедра «Автоматизированные системы» Института кибернетики:

- профессора: д.т.н. Массель Л.В. (зав. кафедрой);
- доценты: к.т.н. Макагонова Н.Н., к.т.н. Массель А.Г., к.т.н. Скрипкин С.К., к.т.н. Копайгородский А.Н., к.т.н. Береснева Н.М.

Кафедра «Городское строительство и хозяйство» Архитектурно-строительного института:

- профессора: д.т.н. Новицкий Н.Н.;
- доценты: к.т.н. Алексеев А.В, к.т.н. Вантеева О.В., к.т.н. Гребнева О.А.

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»:

- профессора: д.т.н. Илькевич Н.И.;

Кафедра «Самолетостроение и эксплуатация авиационной техники»:

- профессора: д.т.н. Черепенников В.Б.;

Кафедра «Управление промышленным производством»:

- профессора: д.т.н. Соколов А.Д.;

Кафедра «Технология машиностроения»:

- доценты: к.т.н. Барахтенко Е.А.;

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС, г. Иркутск)

- доценты: к.т.н. Войтов О.Н.

Иркутская сельскохозяйственная академия (ИрГСХА, Иркутск)

- профессора: д.т.н. Таиров Э.А., д.т.н. Черепенников В.Б.

Амурский Государственный Университет (АмГУ, Благовещенск)

- профессора: чл.-корр. РАН Воропай Н.И., д.т.н. Курбацкий В.Г.

Ангарская государственная техническая академия (АГТА, г. Ангарск)

- доценты: к.т.н. Кононов Д.Ю.

В институте проходят преддипломную практику, выполняют курсовые и дипломные работы, работают по совместительству в лабораториях многие студенты иркутских вузов.

5.8. Награды и премии.

5.8.1. Государственные, федеральные.

Звания «Почетный работник науки и техники РФ» удостоен д.т.н. Санеев Б.Г.

5.8.2. Ведомственные, региональные.

Почетная грамота губернатора Иркутской области: д.т.н. Клер А.М.

Благодарность губернатора Иркутской области: д.т.н. Соколов А.Д., Труфанов В.В., к.т.н. Постников И.В., Корнеев А.Г.

Почетная грамота мэра г. Иркутска: д.ф.-м.н. Хамисов О.В., д.т.н. Таиров Э.А.

Благодарность мэра г. Иркутска: к.т.н. Гребнева О.А., к.т.н. Музычук С.Ю., к.т.н. Алексеев А.В.

Почетная грамота РАН: Беляев Л.С., к.т.н. Глазунова А.М, д.э.н. Кононов Ю.Д., Сбродова М.А., д.т.н. Каганович Б.М., к.т.н. Абасов Н.В., Савельев В.А., д.т.н. Ковалев Г.Ф., к.т.н. Рабчук В.И., Сидлер Л.Е., Якимова О.П., д.т.н. Балышев О.А., к.т.н. Ханаева В.Н., д.т.н. Смирнов С.С.

Почетная грамота СО РАН: чл.-к. Воропай Н.И., к.т.н. Еделев А.В., к.т.н. Крупенев Д.С., д.т.н. Колосок И.Н., д.т.н. Труфанов В.В., к.т.н. Барахтенко Е.А., к.т.н. Попов С.П., к.т.н. Майсюк Е.П., к.т.н. Максимов А.С., д.ф.-м.н. Сидоров Д.Н., к.т.н. Айзенберг Н.И., Цветкова И.С., Воробьева Т.В., к.т.н. Локтионов В.И.

5.8.3. Другие награды и премии.

А.Н. Козлов получил стипендию British Petroleum на период 2015-2016 гг.

5.9. Ученый совет.

Заседания ученого совета института проходили в соответствии с планами, составляемыми на основе предложений членов ученого совета, дирекции и подразделений института. За отчетный период было проведено 11 заседаний. На заседаниях рассматривались следующие вопросы:

- обсуждение результатов научно-исследовательских работ, итогов деятельности и дальнейшей научной направленности отдельных научных подразделений;
- утверждение планов и отчетов института по научной и редакционно-издательской деятельности;
- конкурс НИР института;
- о международном сотрудничестве института;
- кадровые (избрание на научные должности, выдвижение на ученое звание, утверждение тем диссертационных работ и др.);
- финансовые и др.

Дирекцией института осуществлялся контроль за выполнением решений ученого совета и эффективностью его работы.

Работали четыре секции ученого совета: "Межотраслевые, региональные и экологические проблемы развития энергетического комплекса", "Научно-технический прогресс в энергетике", "Специализированные системы энергетики", "Прикладной математики и информатики", на которых обсуждались планы работ, постановки задач, важнейшие научно-исследовательские работы по соответствующим направлениям, диссертационные работы на соискание ученых степеней, публикации, отчеты и т.п.

5.10. Диссертационный совет.

5.10.1. Работа диссертационного совета Д003.017.01.

Диссертационный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 003.017.01 проводит защиты докторских и кандидатских диссертаций по следующим специальностям:

- Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Шифр 05.13.18
- Энергетические системы и комплексы. Шифр 05.14.01
- Электрические станции и электроэнергетические системы. Шифр 05.14.02

Состав диссертационного совета в 2015 г.

п/п	ФИО	Ученая степень, звание, специальность
1.	Воропай Николай Иванович – председатель совета	доктор технических наук, чл.-корр. РАН, 05.14.02
2.	Стенников Валерий Алексеевич – заместитель председателя	доктор технических наук, профессор, 05.14.01
3.	Клер Александр Матвеевич – ученый секретарь	доктор технических наук, профессор, 05.13.18
4.	Беляев Лев Спиридонович	доктор технических наук, профессор, 05.14.01
5.	Голуб Ирина Ивановна	доктор технических наук, профессор, 05.14.02
6.	Деканова Нина Петровна	доктор технических наук, профессор, 05.13.18
7.	Каганович Борис Моисеевич	доктор технических наук, профессор, 05.13.18
8.	Кононов Юрий Дмитриевич	доктор экономических наук, профессор, 05.14.01
9.	Крюков Андрей Васильевич	доктор технических наук, профессор, 05.14.02
10.	Курбацкий Виктор Григорьевич	доктор технических наук, профессор, 05.14.02
11.	Массель Людмила Васильевна	доктор технических наук, профессор, 05.13.18
12.	Наумов Игорь Владимирович	доктор технических наук, профессор, 05.14.02
13.	Новицкий Николай Николаевич	доктор технических наук, старший научный сотрудник, 05.13.18
14.	Паламарчук Сергей Иванович	доктор технических наук, профессор, 05.14.02
15.	Санеев Борис Григорьевич	доктор технических наук, профессор, 05.14.01

16.	Смирнов Сергей Сергеевич	доктор технических наук, старший научный сотрудник, 05.14.02
17.	Соколов Александр Даниилович	доктор технических наук, старший научный сотрудник, 05.14.01
18.	Степанов Владимир Сергеевич	доктор технических наук, профессор, 05.14.01
19.	Федяев Андрей Витальевич	доктор технических наук, старший научный сотрудник, 05.14.01
20.	Хамисов Олег Валерьевич	доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, 05.13.18
21.	Чупин Виктор Романович	доктор технических наук, профессор, 05.13.18

На заседаниях диссертационного совета Д 003.017.01 по защите докторских диссертаций были проведены следующие защиты:

По специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы – 1 кандидатская диссертации:

- *Чалбышев А.В.* - «Оптимизация режимов работы ТЭЦ с учетом современных условий их функционирования в составе электроэнергетической системы

По специальности 05.14.02 – Электрические станции и энергетические системы – 1 докторская и 2 кандидатские диссертации:

Докторская

- *Труфанов В.В.* - «Методическое обеспечение перспективного развития электроэнергетических систем России в современных условиях»

Кандидатские

- *Сташкевич Е.В.* - «Разработка математических моделей и методов координации суточных режимов систем электроснабжения и потребителей»;
- *Устинов А.А.* - «Разработка и совершенствование методов определения места повреждения на трехфазных и четырехфазных воздушных линиях электропередачи высокого напряжения».

Кроме этого рассматривались диссертации, представленные к защите, утверждались официальные оппоненты и ведущие организации по работам, обсуждался план работы совета.

5.10.2. Защиты диссертаций сотрудников института в других диссертационных советах.

В 2015 г. в других диссертационных советах состоялась защита диссертации:

Шевелева Г.И. «Корпоративное управление как фактор инвестиционной привлекательности российских генерирующих компаний электроэнергетики» по специальности 08.00.05 на соискание кандидата экономических наук, в совете Д 212.070.05 при Байкальском государственном университете экономики и права.

5.11. Аспирантура.

Аспирантура института осуществляет обучение аспирантов по следующим специальностям:

- 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
- 05.14.01 Энергетические системы и комплексы
- 05.14.02 Электрические станции и электроэнергетические системы

Сведения о численности и движении аспирантов (чел.)

Показатели	Специальность			Всего
	05.13.18	05.14.01	05.14.02	
Обучались на 01.01.2015	11	5	4	20
очно	11	5	2	18
заочно	0	0	2	2
Закончили, отчислены	6	2	4	12
с представлением диссертации	3	0	0	3
без представления диссертации	1	2	2	5
отчислены досрочно	2	0	2	4
Поступило в 2015 г.	3	1	4	8
Обучаются на 01.01.2016	8	4	4	16
очно	8	4	1	13
заочно	0	0	3	3

5.12. Научно-техническая библиотека.

В 2015 г. фонды библиотеки составили 21235 экз. книг, 44735 экз. журналов, 312 диссертаций, 3125 экз. спец видов (отчеты, авторефераты), всего 69407 экз.

В электронном каталоге отражены все книги, журналы, диссертации, авторефераты, электронные ресурсы. В течение года перед вводом сведений о книгах в электронный каталог учеными института просматривались книги и отбирались морально устаревшие экземпляры для списания.

На компьютерах библиотеки поставлена новая модификация программы «ИРБИС 64: электронный каталог». Теперь электронный каталог библиотеки свободно доступен онлайн в сети Интернет любому пользователю.

Новости о доступах к электронным ресурсам помещаются на сайте института, слайд-экране, доске объявлений библиотеки и рассылаются по электронной почте руководителям научных подразделений и ведущим специалистам.

С 2015 г. на сайте института в разделе *Библиотека Новости* помещается список поступивших за неделю журналов с возможностью просмотра содержания номеров.

Проведено 2 занятия с молодыми сотрудниками и магистрантами по ознакомлению с фондами библиотеки и возможностями по работе с электронными ресурсами и электронным каталогом библиотеки.

Отремонтировано и переплетено 142 экземпляров книг и журналов, сделано 122 переплета.

Движение фонда библиотеки ИСЭМ СО РАН

Наименование показателей	Состояло на 01.01.2015 г.	Поступило в 2015 г.	Выбыло в 2015 г.	Состоит на 01.01.2016г.
Книги, брошюры (всего),	21488	200	453	21235
в т.ч.	180	10	0	190
- на электронных носителях	944	3	13	934
- иностранные издания				
Периодические издания (всего), в т.ч.	43989	746	0	44735
	35	0	0	35
- на электронных носителях.	10552	50	0	10602
- иностранные издания				
Спецвиды литературы (отчеты, авторефераты)	3051	94	20	3125
Рукописи (диссертации)	307	5	0	312
ВСЕГО	68835	1045	473	69407

5.13. Издательская деятельность.

Редакционно-издательский отдел института в 2015 г. выполнил более 100 заявок. Выполнен выпуск следующей печатной продукции:

- книги, сборники научных трудов;
- отчеты;
- авторефераты;
- диссертационные работы;
- проспекты института;
- визитки для сотрудников;
- рекламные листки, цветные иллюстрации и др.

5.14. Совет научной молодежи.

Существующий Совет научной молодежи (СНМ) начал свою деятельность с января 2013 г., после завершения сроков полномочий предыдущего

председателя. Проведено анкетирование молодых сотрудников института с целью формирования базы контактов и выявления основных проблем, волнующих молодежь института.

Председатель СНМ к.т.н. Медников А.С. является членом стипендиальной комиссии и аттестационной комиссии аспирантов.

Секретарь СНМ Якимец Е.Е. является секретарем профкома института.

Совет научной молодежи традиционно оказывает финансовую поддержку в организации экономико-математической школы с международным участием «Байкальские чтения», проводимой на базе ИМЭИ ИГУ, и Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении», в которых активно участвует молодежь института.

СНМ участвовал в организации и проведении 45-й конференции-конкурса научной молодежи «Системные исследования в энергетике».

СНМ организовал проведение Школы научной молодежи для молодых ученых и аспирантов.

5.15. Меры по повышению эффективности работы института.

5.15.1. Поддержка молодых ученых.

В целях стимулирования научного роста и творческой активности научной молодежи, а также закрепления наиболее талантливых, перспективных молодых ученых в институте создан фонд материальной поддержки молодых ученых и соответствующая стипендиальная комиссия. До 20-25 молодых ученых по ежегодному решению стипендиальной комиссии получают дополнительную «молодежную» надбавку.

Для поощрения наиболее талантливых молодых ученых в институте учреждены ежегодные стипендии имени выдающихся ученых-энергетиков. Стипендии выплачиваются в виде ежемесячных надбавок.

В 2015 г. молодежные именные стипендии присуждены следующим молодым сотрудникам:

стипендия им. Л.А. Мелентьева – за работы в области общей энергетики, системных исследований в энергетике и ТЭК:

- *Барахтенко Е.А.* (Отдел трубопроводных систем энергетики);
- *Козлов А.Н.* (Отдел теплосиловых систем)

стипендия им. Ю.Н. Руденко – за работы в области электроэнергетики, живучести и безопасности систем энергетики:

- *Крупнев Д.С.* (Отдел энергетической безопасности);
- *Массель А.Г.* (Отдел энергетической безопасности)

стипендия им. А.П. Меренкова – за работы в области трубопроводных систем энергетики, новых информационных технологий и математических методов в энергетике:

- *Максимов А.С.* (Отдел теплосиловых систем);
- *Пеньковский А.В.* (Отдел трубопроводных систем энергетики)

стипендия им. Е.И. Ушакова - за работы по устойчивости электроэнергетических систем и управления ими:

- *Панасецкий Д.А.* (Отдел электроэнергетических систем).

Решением дирекции ежегодно создается Молодежный фонд, распределением которого занимается Совет научной молодежи института. Согласно действующему Положению о Совете, Фонд предусматривает средства для командирования молодых ученых на конференции, стажировки и т.д., а также на оплату, в отдельных случаях, за обучение английскому языку.

Ежегодно проводится конференция-конкурс научной молодежи института, по результатам которого докладчики, занявшие призовые места, премируются из премиального фонда института. Труды конференции издаются в виде сборника «Системные исследования в энергетике», распространяемого в ряде академических институтов и вузов Сибири и Дальнего Востока. В 2015 г. прошла 45-я конференция. Был представлен 31 доклад, тексты докладов опубликованы в виде сборника трудов.

5.15.2. Повышение публикационной активности.

В целях повышения результативности научной деятельности и стимулирования активности научных сотрудников в институте введено ежемесячное премирование по индивидуальным показателям результативности научной деятельности (ПРНД). Индивидуальный ПРНД молодых исследователей до 33 лет, не являющихся аспирантами, в течение 5 лет после окончания ВУЗа умножается на повышающий коэффициент 2. Индивидуальный ПРНД аспирантов очной формы обучения, работающих по совместительству, умножается на повышающий коэффициент 3.

С 2014 г. для повышения числа публикаций в журналах с международным индексом цитирования Web of Science и Scopus введено положение о стимулировании публикационной активности сотрудников ИСЭМ СО РАН. Премия за опубликование научной работы выплачивается одновременно научным и инженерно-техническим работникам научных подразделений, для которых институт является основным местом работы. За публикацию научной работы в рецензируемом журнале, входящем в международный индекс цитирования Web of Science и (или) Scopus, сумма премиальных выплат определяется как базовая ставка премии, умноженная на импакт-фактор журнала по соответствующей базе данных за последний доступный год. Для

молодых сотрудников до 33 лет включительно применяется повышающий коэффициент равный 1,5.

5.15.3. Другие направления.

При институте основана детская компьютерная школа "Алиса", в которой обучаются школьники старших классов, овладевая компьютерными знаниями на вполне профессиональном уровне. Многие выпускники компьютерной школы становятся лауреатами всероссийских и региональных олимпиад по компьютерному программированию, успешно поступают в ВУЗы. В школе на добровольных началах сотрудники института преподают курсы информатики различной направленности.

6. ПУБЛИКАЦИИ.

Общее количество публикаций института по видам с динамикой за последние 7 лет приведено в таблице.

Публикации	Год						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Монографии	7	12	11	11	7	6	10
Главы монографий	23	9	6	3	3	4	7
Статьи в зарубежных журналах	20	24	14	23	18	21	18
Статьи в рецензируемых российских журналах	66	114	116	90	98	88	115
Доклады международных конференций	116	117	89	118	122	88	99
Доклады российских конференций	71	65	103	54	59	98	129
Учебники, учебные пособия	2	-	1	-	-	-	-
Патенты, свидетельства о регистрации	-	1	1	3	8	3	6

6.1. Монографии.



1. Воропай Н.И. Надежность систем электроснабжения. - Новосибирск: "Наука", 2015. - 208 с. ISBN 978-5-02-019201-0.



2. Г.Ф. Ковалев, Л.М. Лебедева. Надежность систем электроэнергетики / Под ред. чл.-корр. РАН Воропая. - Новосибирск: "Наука", 2015. - 224 с. ISBN 978-5-02-019164-8.



3. Обоснование развития электроэнергетических систем: Методология, модели, методы, их использование / Под ред. Н.И. Воропая. - Новосибирск: "Наука", 2015. - 448 с. ISBN 978-5-02-019212-6.



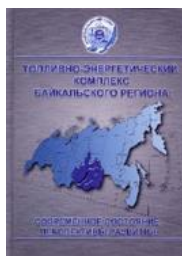
4. Кононов Ю.Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК - Новосибирск: "Наука", 2015. - 147 с. ISBN 978-5-02-038662-4.



5. Каганович Б.М. Равновесная термодинамика. Проблемы и перспективы. 2-я ред. - Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2015. - 240 p.



6. Теоретические основы, методы и модели управления большими электроэнергетическими системами / Под ред. Н.И. Воропая. - ОАО "НТЦ ФСК ЕЭС", 2015. - 188 с. ISBN 978-5-9904113-2-6.



7. Топливо-энергетический комплекс Байкальского региона: современное состояние, перспективы развития / Под ред. д.т.н. Б.Г. Санеева. - Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2015. - 176 с. ISBN 978-5-906284-86-0.



8. Трубопроводные системы энергетики: Методические и прикладные проблемы математического моделирования / Под ред. Н.Н. Новицкий, А.Д. Тевяшев. - Новосибирск: "Наука", 2015. - 476 с. ISBN 978-02-019202-7.



9. Модели рынков несовершенной конкуренции: приложения в энергетике / Под ред. В.И. Зоркальцев, Н.И. Айзенберг. - Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. - 286 с. ISBN 978-5-93908-124-5.



10. Зоркальцев В.И. Многолетние колебания температур и проблемы надежности топливоснабжения - Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. - 88 с. ISBN 978-5-93908-146-7.

6.2. Главы в монографиях.

1. Voropai N.I., Gamm A.Z., Glazunova A.M. et al. Application of meta-heuristic optimization algorithms in electric power systems - P.1292-1369.
2. Makarov YV, Etingov P.V., P Du. Improve System Performance with Large Scale Variable Generation Addition // Power Grid Operation in a Market Environment: Economic Efficiency and Risk Mitigation - John Wiley-IEEE Press, 2015. – 280 p.
3. Sokolov A.D., Saneev B.G., Sokolov D.A. Russian Federation // Energy conservation policies of the countries in north-east Asia. Country reports of the countries in northeast Asia - Korea Energy Economics Institute, 2015. - P. 89-101.
4. Воропай Н.И., Санеев Б.Г., Иванова И.Ю. и др. Прогнозирование стратегических направлений энергетического сотрудничества России и Монголии // Научное сотрудничество Сибирского отделения РАН с Монголией в первой половине XXI в. / Под ред. И.В. Бычков, Д.П. Гладкочуб. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. – С.123-140.
5. Воропай Н.И., Санеев Б.Г., Иванова И.Ю. и др. Сравнительная эффективность использования атомных станций малой мощности в локальных энергосистемах на востоке России // Атомные станции малой мощности: новое направление развития атомной энергетики: Т.2 / Под ред. А.А. Саркисова. - М.: Академ-Принт, 2015. – С.59-71.
6. Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Ижбулдин А.К. и др. Экологические проблемы энергетики Байкальской природной территории и возможные пути их решения // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. Выпуск 1. / Под ред. И.В. Бычкова, А.Л. Казакова. - Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы, 2015. - С.206-211.
7. Воропай Н.И., Сендеров С.М. Энергетическая безопасность: история проблемы, схема и технология проведения исследований // Экономическая безопасность территориально - производственных комплексов: энергетика,

экология, информационные технологии / Под ред. Лукьяненко С.А., Караевой Н.В. - Киев: «МП Леся», 2015. — С. 87–93.

6.3. Список статей в рецензируемых научных журналах.

Журнал	
№ п/п	Библиографическая ссылка
Acta Energetica	
1	Golub I.I., Voitov O.N., Boleev E.V. Probability constrained load flow on the basis of tracing method // Acta Energetica. - 2015. - No.2/23. - P.91-96.
Advances in Energy Research	
2	Tyurina E.A., Mednikov A.S. Energy efficiency analyses of combined-cycle plant // Advances in Energy Research. - 2015. - Vol.3. - No.4. - P.195-203. - DOI: 10.12989/eri.2015.3.4.000
Bulletin of the South Ural State University, Series: Mathematical Modelling, Programming and Compute	
3	Muftahov I. R., Sidorov D.N., Sidorov N.A. On perturbation method for the first kind equations: Regularization and application // Bulletin of the South Ural State University, Series: Mathematical Modelling, Programming and Compute. - 2015. - T.8. - №2. - C.69-80. - DOI: 10.14529/mmp150206
4	Solodusha S.V., Gerasimov D.O., Suslov K.V. Construction of an integral model by the example of wind turbine dynamics // Bulletin of the South Ural State University, Series: Mathematical Modelling, Programming and Compute. - 2015. - T.8. - №4. - C.40-49. - DOI: 10.14529/mmp150404
Cybernetics and Systems Analysis	
5	Zorkaltsev V.I., Perzhabinsky S.M., Stetsyuk P.I. Using the Interior Point Method to Find Normal Solutions to a System of Linear Algebraic Equations with Bilateral Constraints on Variables* // Cybernetics and Systems Analysis. - 2015. - Vol.51. - No.6. - P.896-904. - DOI: 10.1007/s10559-015-9782-1
Energy Reports	
6	Tyurina E.A., Skripchenko O.V. Combined production of synthetic liquid fuel and electricity from coal using H ₂ S and CO ₂ removal systems // Energy Reports. - 2015. - Vol.1. - No.10. - P.50-56. - DOI: 10.1016/j.egy.2014.11.005
Functional Differential Equations	
7	Cherepennikov V.B., Sorokina P.G. Smooth solutions of linear functional differential equations // Functional Differential Equations. - 2015. - Vol.22. - No.1-2. - P.3-12.
Geography and Natural Resources	
8	Bychkov I.V., Nikitin V.M. Water-level regulation of lake Baikal: Problems and possible solutions // Geography and Natural Resources. - 2015. - T.36. - №3. - C.215-224. - DOI: 10.1134/S1875372815030014
Global Journal of Technology and Optimization	
9	Voropai N.I. Power system expansion planning – state of the problem // Global Journal of Technology and Optimization. - 2015. - Vol.6. - No.2. - P.1-7. - DOI: 10.4172/2229-8711.1000176
IFAC-PapersOnLine	
10	Solodusha S.V., Suslov K., Gerasimov D. A New Algorithm for Construction of Quadratic Volterra Model for a Non-Stationary Dynamic System // IFAC-PapersOnLine. - 2015. - Vol.48. - No.11. - P.982-987. - DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.09.320

International Journal of Artificial Intelligence	
11	Gao, D., Khamisov O.O., Sidorov D.N. Editorial for special issue on methods of optimisation and their applications // International Journal of Artificial Intelligence. - 2015. - Vol.3. - No.1. - P.120-122.
12	Tomin N.V., Zhukov, A., Sidorov D.N. et al. Random forest based model for preventing large-scale emergencies in power systems // International Journal of Artificial Intelligence. - 2015. - Vol.3. - No.1. - P.211-228.
International Journal of Energy Optimization and Engineering	
13	Zharkov S.V. Assessment and enhancement of the energy supply system efficiency with emphasis on the cogeneration and renewable as main directions for fuel saving // International Journal of Energy Optimization and Engineering. - 2015. - Vol.4. - No.2. - P.1-21. - DOI: 10.4018/IJEOE.2015040101
International Journal of Hydrogen Energy	
14	Kler A.M., Tyurina E.A., Potanina Y.M. et al. Estimation of efficiency of using hydrogen and aluminum as environmentally-friendly energy carriers // International Journal of Hydrogen Energy. - 2015. - Vol.40. - No.43. - P.14775-14783. - DOI: doi: 10.1016/j.ijhydene.2015.09.041
15	Marchenko O.V., Solomin S.V. The future energy: hydrogen versus electricity // International Journal of Hydrogen Energy. - 2015. - Vol.40. - No.10. - P.3801-3805. - DOI: 10.1016/j.ijhydene.2015.01.132
Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	
16	Kozlov A.N., Svichev D.A., Donskoi I.G. et al. A technique proximate and ultimate analysis of solid fuels and coal tar // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. - 2015. - Vol.122. - No.3. - P.1213-1220. - DOI: 10.1007/s10973-015-5134-7
17	Kozlov A.N., Svichev D.A., Donskoi I.G. et al. Impact of gas-phase chemistry on the composition of biomass pyrolysis products // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. - 2015. - Vol.122. - No.3. - P.1089-1098. - DOI: 10.1007/s10973-015-4951-z
Mathematical Notes	
18	Khamisov O.V. Finding roots of nonlinear equations using the method of concave support functions // Mathematical Notes. - 2015. - T.98. - №3-4. - C.484-491. - DOI: 10.1134/S000143461509014X
Numerical Analysis and Applications	
19	Bychkov I. V., Zorkaltsev V.I., Kazazaeva A. V. Weight coefficients in the weighted least squares method // Numerical Analysis and Applications. - 2015. - T.8. - №3. - C.223-224. - DOI: 10.1134/S1995423915030039
20	Solodusha S.V., Yaparova, N.M Numerical solving an inverse boundary value problem of heat conduction using Volterra equations of the first kind // Numerical Analysis and Applications. - 2015. - T.8. - №3. - C.267-274. - DOI: 10.1134/S1995423915030076
21	Zorkaltsev V.I., Kiseleva M. Oligopolistic interacting markets // Numerical Analysis and Applications. - 2015. - T.8. - №4. - C.293-298.
Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)	
22	Kovernikova L.I. Active powers at the connection nodes of the non-linear loads to the high voltage network // Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review). - 2015. - Vol.91. - No.11. - P.145-148. - DOI: 10.15199/48.2015.11.36
Reliability: Theory & Applications	
23	Kovalev G.F., Lebedeva L.M. Reliability assessment model of electric power systems in long-term operation planning // Reliability: Theory & Applications. - 2015. - Vol.9. - No.4 (35). - P.14-28.
Renewable Energy & Power Quality Journal	

24	Kovernikova L.I. Analysis of probabilistic properties of harmonic currents of loads connected to the high voltage networks // Renewable Energy & Power Quality Journal. - 2015. - No.13.
Science Time	
25	Марченко О.В., Соломин С.В. Мультиагентная модель рынка электроэнергии с участием возобновляемых источников энергии // Science Time. - 2015. - №3 (15). - С.367-372.
26	Марченко О.В., Соломин С.В. О мерах по стимулированию развития возобновляемых источников энергии // Science Time. - 2015. - №4 (16). - С.472-477.
27	Соломин С.В. Прогноз развития энергетики Иркутской области до середины XXI века // Science Time. - 2015. - №6 (18). - С.473-478.
Studies on Russian Economic Development	
28	Podkovalnikov S.V., Savelev V.A., Chudinova L. Prospects of Electric Energy Cooperation Between Russia and Northeast Asian Countries // Studies on Russian Economic Development. - 2015. - Т.26. - №4. - С.403-412. - DOI: 10.1134/S1075700715040085
Sustaining Power Resources through Energy Optimization and Engineering	
29	Stennikov V.A., Barakhtenko E.A., Sokolov D.V. et al. Problems of Modeling and Optimization of Heat Supply Systems: New Methods and Software for Optimization of Heat Supply System Parameters // Sustaining Power Resources through Energy Optimization and Engineering. - 2015. - DOI: 10.4018/ijeoe.201
Thermal Engineering	
30	Penkovsky A.V., Stennikov V.A., Khamisov O.O. Optimum load distribution between heat sources based on the Cournot model // Thermal Engineering. - 2015. - Т.62. - №8. - С.598-606. - DOI: 10.1134/S0040601515080054
Thermophysics and Aeromechanics	
31	Donskoi I.G., Marinchenko A.Y., Kler A.M. et al. Optimizing modes of a small-scale combined-cycle power plant with atmospheric-pressure gasifier // Thermophysics and Aeromechanics. - 2015. - Т.22. - №5. - С.639-646. - DOI: 10.1134/S0869864315050121
32	Donskoi I.G., Marinchenko A.Y., Kler A.M. et al. Optimizing modes of a small-scale combined-cycle power plant with atmospheric-pressure gasifier // Thermophysics and Aeromechanics. - 2015. - Т.22. - №5. - С.639-646.
Академия энергетики	
33	Ковалев Г.Ф. К проекту документа "Правила технологического функционирования электроэнергетических систем" // Академия энергетики. - 2015. - №1. - С.24-27.
Вестник ИргТУ	
34	Верхозина В.А., Головных Н.В, Верхозина Е.В и др. Разработка экологически безопасных циклов фторсодержащего сырья в производстве алюминия // Вестник ИргТУ. - 2015. - №9(104). - С.60-67.
35	Воробьев С.В. Анализ возможных последствий для европейских стран и России от нарушений транзита российского газа через территорию Украины // Вестник ИргТУ. - 2015. - №7 (102). - С.179-186.
36	Глазунова А.М., Съемщиков Е.С. Метод достоверизации синхронизированных векторных измерений при оценивании состояния электроэнергетических систем // Вестник ИргТУ. - 2015. - №11(106). - С.153-159.
37	Илькевич Н.И., Дзюбина Т.В., Сурнин Н.В. Рационализация развития систем газоснабжения на примере газоснабжающей системы Северо-Западного федерального округа с учетом заданной надежности // Вестник ИргТУ. - 2015. - №11. - С.216-220.

38	Карамов Д.Н. Математическое моделирование автономной системы электроснабжения использующей возобновляемые источники энергии // Вестник ИрГТУ. - 2015. - №9(104). - С.133-140.
39	Клер А.М., Жарков П.В., Сушко С.Н. Особенности оптимизации состава оборудования и режимов работы локальных систем энергоснабжения // Вестник ИрГТУ. - 2015. - №10(105). - С.188-194.
40	Ковалев Г.Ф., Крупенев Д.С., Дзюбина Т.В. Взаимосвязь между снабжением электростанций газом и надежным функционированием электроэнергетической системы // Вестник ИрГТУ. - 2015. - №10. - С.195-200.
41	Ковалев Г.Ф., Крупенев Д.С., Дзюбина Т.В. Комплексный подход к оценке балансовой надежности электроэнергетических систем с учетом надежного снабжения электростанций газом // Вестник ИрГТУ. - 2015. - №9. - С.140-146.
42	Корнеев А.Г., Агафонов Г.В., Цапах А.С. Социально-экономическое положение Байкальского региона и потенциал его развития в зонах строительства новых электроэнергетических источников // Вестник ИрГТУ. - 2015. - №12. - С.17-28.
43	Лачков Г.Г., Федяев А.В. Совершенствование энергоснабжения региона путем использования распределенной когенерации // Вестник ИрГТУ. - 2015. - №11.
44	Лачков Г.Г., Федяев А.В., Колегов Ю.Е. и др. Эффективность применения газовых мини-ТЭЦ в энергодефицитном регионе // Вестник ИрГТУ. - 2015. - №9. - С.146-151.
45	Массель Л.В., Гальперов В.И. Проектирование и разработка многоагентной системы оценивания состояний электроэнергетических систем // Вестник ИрГТУ. - 2015. - №10. - С.27-32.
46	Степанова Е.Л., Сушко С.Н. Определение средних удельных капиталовложений в строительство ПГУ, введенных в РФ за период 2010-2014 гг. // Вестник ИрГТУ. - 2015. - №11(106). - С.171-175.
47	Шалагинова З.И., Токарев В.В., Гребнева О.А. Методика наладочного расчета распределительных сетей централизованного горячего водоснабжения // Вестник ИрГТУ. - 2015. - №3. - С.165-174.
Вестник КрасГАУ	
48	Карамов Д.Н. Влияние объектов агропромышленного комплекса на результат комплексной оптимизации децентрализованных систем электроснабжения, использующих возобновляемые источники энергии // Вестник КрасГАУ. - 2015. - №8. - С.107-112.
Вестник науки Сибири	
49	Клер А.М., Максимов А.С., Степанова Е.Л. и др. Оптимальное распределение нагрузок между агрегатами теплоэлектроцентралей при работе на рынке на сутки вперед // Вестник науки Сибири. - 2015. - №1915). - С.63-67.
Вестник Тамбовского ун-та.Сер.: естественные и технические науки	
50	Апарцин А.С., Маркова Е.В., Сидлер И.В. и др. Об управлении возрастной структурой в интегральной модели ЭЭС России // Вестник Тамбовского ун-та.Сер.: естественные и технические науки. - 2015. - №5. - С.1006-1009.
51	Апарцин А.С., Сидлер И.В. Об одном устойчивом методе численного дифференцирования // Вестник Тамбовского ун-та.Сер.: естественные и технические науки. - 2015. - Т.20. - №5. - С.1010-1012.
52	Колосницын А.В. Использование параметрического описания субдифференциала в модифицированном методе симплексных погружений. // Вестник Тамбовского ун-та.Сер.: естественные и технические науки. - 2015. - Т.20. - №5. - 1214 с.
53	Минарченко И.М. Метод опорных функций в билинейной игре двух лиц // Вестник Тамбовского ун-та.Сер.: естественные и технические науки. - 2015. - Т.20. - №5. - С.1313-1316.

54	Солодуша С.В., Мокрый И.В. О вычислении ядра интегрального уравнения, возникающего в обратной граничной задаче теплопроводности // Вестник Тамбовского ун-та. Сер.: естественные и технические науки. - 2015. - Т.20. - №5. - С.1444-1446.
Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование»	
55	Солодуша С.В., Герасимов Д.О., Суслов К.В. Построение интегральной модели на примере динамики ветроэнергетической установки // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование». - 2015. - №4. - С.40-49. - DOI: 10.14529 / mmp150404.
Газовая промышленность	
56	Лагереv А.В., Ханаева В.Н. Оценка экономической эффективности газовых проектов для экспорта российского трубопроводного газа в Китай // Газовая промышленность. // Газовая промышленность. - 2015. - №4. - С.8-12.
57	Санеев Б.Г., Лагереv А.В., Ханаева В.Н. Развитие газового рынка России в долгосрочной перспективе: роль азиатских регионов // Газовая промышленность. - 2015. - №8. - С.14-18.
География и природные ресурсы	
58	Бычков И.В., Никитин В.М. Регулирование уровня озера Байкал: проблемы и возможные решения // География и природные ресурсы. - 2015. - №3. - С.5-16.
Государственный советник	
59	Елсуков П.Ю. Управление с использованием информационных методов // Государственный советник. - 2015. - №2(10). - С.29-33.
Деловой журнал Neftegaz.RU	
60	Стенников В.А., Жарков С.В. Основы технической политики в энергоснабжении // Деловой журнал Neftegaz.RU. - 2015. - №9. - С.14-26.
Изв. вузов. Проблемы энергетики	
61	Донской И.Г. Влияние смолообразования на эффективность процесса воздушной газификации биомассы // Изв. вузов. Проблемы энергетики. - 2015. - №5-6. - С.93-100.
Изв. вузов. Ядерная энергетика	
62	Марченко О.В., Соломин С.В. Исследование влияния экологических ограничений на конкурентоспособность атомных электростанций // Изв. вузов. Ядерная энергетика. - 2015. - №3. - С.20-30.
Известия Иркутского государственного университета. Серия Математика	
63	Колосницын А.В. Применение модифицированного метода симплексных погружений для решения специального класса задач выпуклой недифференцируемой оптимизации // Известия Иркутского государственного университета. Серия Математика. - 2015. - Т.11. - С.54-69.
64	Сидоров Н.А., Сидоров Д.Н., Муфтахов И.Р. О роли метода возмущений и теоремы Банаха-Штейнгауза в вопросах регуляризации линейных уравнений первого рода // Известия Иркутского государственного университета. Серия Математика. - 2015. - Т.14. - С.82-89.
65	Солодуша С.В. Применение численных методов для уравнений Вольтера I рода, возникающих в обратной граничной задаче теплопроводности // Известия Иркутского государственного университета. Серия Математика. - 2015. - №11. - С.96-105.
Известия РАН. Энергетика	
66	Балышев С.О., Балышев О.А. Задачи регулирования в разветвленных гидравлических цепях // Известия РАН. Энергетика. - 2015. - №5. - С.135-151.
67	Береснева Н.М. Методические вопросы модификации экономико-математических моделей в исследованиях энергетической безопасности России // Известия РАН. Энергетика. - 2015. - №2. - С.30-41.

68	Клер А.М., Максимов А.С., Чалбышев А.В. и др. Выбор оптимальных состава включенного оборудования и режима работы ТЭЦ на рынке на сутки вперед // Известия РАН. Энергетика. - 2015. - №4. - С.116-129.
69	Клер А.М., Потанина Ю.М., Епишкин Н.О. Влияние котельных сталей на показатели угольного энергоблока // Известия РАН. Энергетика. - 2015. - №5. - С.103-111.
70	Паламарчук С.И. Формирование данных о технико-экономических характеристиках генерирующего оборудования для планирования режимов ЭЭС // Известия РАН. Энергетика. - 2015. - №3. - С.18-29.
71	Подковальников С.В., Савельев В.А., Чудинова Л.Ю. Исследование системной эффективности формирования межгосударственного энергообъединения Северо-Восточной Азии // Известия РАН. Энергетика. - 2015. - №5. - С.16-32.
72	Пяткова Н.И., Славин Г.Б., Пяткова Е.В. Недостаточный уровень инвестиций в отраслях ТЭК – одна из стратегических угроз энергетической безопасности страны // Известия РАН. Энергетика. - 2015. - №2. - С.42-48.
73	Сендеров С.М., Рабчук В.И. Проблемы анализа энергетической безопасности России на федеральном уровне: подходы к оценке пороговых и текущих значений важнейших индикаторов // Известия РАН. Энергетика. - 2015. - №5. - С.3-15.
Известия Томского политехнического университета	
74	Массель Л.В., Гальперов В.И. Разработка многоагентных систем распределенного решения энергетических задач с использованием агентных сценариев // Известия Томского политехнического университета. - 2015. - Т.326. - №5. - С.45-53.
Информационные технологии	
75	Стенников В.А., Барахтенко Е.А., Соколов Д.В. Методический подход на основе концепции Model-Driven Engineering и онтологий к разработке программного обеспечения для проектирования теплоснабжающих систем // Информационные технологии. - 2015. - Т.21. - №3. - С.201-209.
Кибернетика и системный анализ	
76	Зоркальцев В.И., Пержабинский С.М., Стецюк П.И. Поиск нормальных решений СЛАУ при двусторонних ограничениях на переменные методом внутренних точек // Кибернетика и системный анализ. - 2015. - Т.51. - №6. - С.71-80.
Математические заметки	
77	Хамисов О.В. Нахождение корней нелинейного уравнения методом вогнутых опорных функций // Математические заметки. - 2015. - Т.98. - №3. - С.427-435.
Надежность и безопасность энергетики	
78	Ковалев Г.Ф., Воропай Н.И., Федотова Г.А. Надежность технических объектов. Вопросы стандартизации // Надежность и безопасность энергетики. - 2015. - №4 (31). - С.2-6.
Наука и образование: научное издание МГТУ им. Баумана	
79	Массель Л.В., Гальперов В.И. Разработка многоагентной системы оценивания состояний электроэнергетических систем с использованием событийных моделей // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Баумана. - 2015. - №9. - DOI: 10.7463/0915.0811180.
Научно-технические ведомости СПбГПУ	
80	Новицкий Н.Н., Михайловский Е.А. Модифицированный метод узловых давлений для расчета потокораспределения в гидравлических цепях при нетрадиционных замыкающих соотношениях // Научно-технические ведомости СПбГПУ. - 2015. - №2 (218). - С.30-42. - DOI: 10.5862/JPM.218.3
Научный вестник Новосибирского государственного технического университета	

81	Донской И.Г., Свищев Д.А., Шаманский В.А. и др. Математическое моделирование процесса ступенчатой пылеугольной газификации // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. - 2015. - №1(58). - С.231-245.
82	Ханаев В.В. Вопросы эффективности применения гелиосистем малой мощности // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. - 2015. - №2. - С.98-107.
Проблемы прогнозирования	
83	Подковальников С.В., Савельев В.А., Чудинова Л.Ю. Перспективы кооперации электроэнергетики России и стран Северо-Восточной Азии // Проблемы прогнозирования. - 2015. - №4. - С.118-130.
Проблемы социально-экономического развития Сибири	
84	Корнеев А.Г., Агафонов Г.В. Байкальский регион: новые электроэнергетические источники и перспективы экономического развития // Проблемы социально-экономического развития Сибири. - 2015. - №11. - С.10-15.
Проблемы управления	
85	Еделев А.В., Сендеров С.М., Пяткова Н.И. Применение геоинформационных технологий для исследования проблем энергетической безопасности // Проблемы управления. - 2015. - №2. - С.68-74.
Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом	
86	Ижбулдин А.К., Иванов Р.А. Применение геосервисов для задач сравнительной экспресс-оценки маршрутов нефте-, газопроводов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. - 2015. - №12. - С.21-28.
Промышленная энергетика	
87	Колосок И.Н., Тихонов А.В. Алгоритмы моделирования статических тиристорных компенсаторов при оценивании состояния электроэнергетических систем // Промышленная энергетика. - 2015. - №10. - С.30-35.
88	Марченко О.В., Соломин С.В. Влияние ограничения эмиссии диоксида углерода на конкурентоспособность электростанций // Промышленная энергетика. - 2015. - №9. - С.57-60.
Пространственная экономика	
89	Мазурова О.В. Оценка ценовой эластичности спроса на моторное топливо в транспортном комплексе // Пространственная экономика. - 2015. - №1. - С.109-122.
90	Попов С.П. Тенденции энергопотребления: Китайский фокус // Пространственная экономика. - 2015. - №3. - С.142-157.
Регион: экономика и социология	
91	Никитин В.М., Савельев В.А., Бережных Т.В. и др. Гидроэнергетические проблемы озера Байкал: прошлое и настоящее // Регион: экономика и социология. - 2015. - №3 (87). - С.273-295.
Региональная экономика: теория и практика	
92	Гальперова Е.В., Кононов Д.Ю. Один подход к оценке влияния неопределенности исходных данных при долгосрочном прогнозировании энергоснабжения региона // Региональная экономика: теория и практика. - 2015. - №1. - С.36-43.
Сибирские электронные математические известия / Siberian Electronic Mathematical Reports	
93	Solodusha S.V., Gerasimov D.O., Suslov K.V. et al. Mathematical modeling of a dynamic behavior of isolated energy systems by Volterra polynomials // Сибирские электронные математические известия / Siberian Electronic Mathematical Reports. - 2015. - №12. - С.163-172.

94	Апарцин А.С. К исследованию устойчивости решений тестовых неклассических уравнений Вольтерра I рода // Сибирские электронные математические известия / Siberian Electronic Mathematical Reports. - 2015. - №12. - С.15-20.
Сибирский журнал вычислительной математики	
95	Бычков И.В., Зоркальцев В.И., Казазаева А.В. Весовые коэффициенты в методе наименьших квадратов // Сибирский журнал вычислительной математики. - 2015. - Т.18. - №3. - С.275-288. - DOI: 10.15372/SJNM20150303
96	Зоркальцев В.И., Киселева М.А. Олигопольные взаимодействующие рынки // Сибирский журнал вычислительной математики. - 2015. - Т.18. - №4. - С.361-368. - DOI: 10.15372/SJNM20150402
97	Солодуша С.В., Япарова Н.М. Численное решение обратной граничной задачи теплопроводности с помощью уравнений Вольтерра I рода // Сибирский журнал вычислительной математики. - 2015. - Т.18. - №3. - С.321-329.
Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии	
98	Донской И.Г. Математическое моделирование процесса слоевой газификации твердых топлив с использованием вторичного дутья // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. - 2015. - №1(16). - С.43-48.
Современные проблемы науки и образования	
99	Иванова И.Ю., Ноговицын Д.Д., Тугузова Т.Ф. и др. Оценка экономической эффективности использования ветроэлектростанций в Олекминском улусе Республики Саха (Якутии) // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - №1. - С.629-638.
Современные технологии и научно-технический прогресс	
100	Дьякович М.П., Блохин А.А. Моделирование индикаторов качества жизни с помощью когнитивных карт // Современные технологии и научно-технический прогресс. - 2015. - Т.1. - №1. - С.109-110.
Современные технологии управления	
101	Музычук С.Ю. Анализ энергоэффективности экономики и проблем топливно-энергетического комплекса Дальневосточного федерального округа на основе топливно-энергетического баланса // Современные технологии управления. - 2015. - №9 (57). - С.13-21.
Современные технологии. Системный анализ. Моделирование	
102	Герасимов Д.О., Солодуша С.В., Суслов К.В. Алгоритмы управления элементами активно-адаптивных сетей, основанные на применении интегро-степенных рядов Вольтерры // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2015. - №1(45). - С.97-101.
Стратегия устойчивого развития регионов России	
103	Соломин С.В. Прогноз развития электроэнергетики Иркутской области до 2050 года // Стратегия устойчивого развития регионов России. - 2015. - №27. - С.41-44.
Тепловые процессы в технике	
104	Быкова С.М., Таиров Э.А. Экспериментальное исследование истечения влажного пара через слой шаровых частиц // Тепловые процессы в технике. - 2015. - №6. - С.258-262.
105	Левин А.А., Таиров Э.А. Исследование влияния скорости потока недогретой жидкости на условия взрывного вскипания // Тепловые процессы в технике. - 2015. - №5. - С.210-214.
Теплофизика и аэромеханика	
106	Донской И.Г., Маринченко А.Ю., Клер А.М. и др. Оптимизация режимов работы парогазовой мини-ТЭС с атмосферным газогенератором // Теплофизика и аэромеханика. - 2015. - Т.22. - №5. - С.663-671.

Теплоэнергетика	
107	Стенников В.А., Пеньковский А.В., Хамисов О.В. Оптимальное распределение нагрузки между источниками тепла на основе модели Курно // Теплоэнергетика. - 2015. - №8. - С.62-71.
Туберкулез и болезни легких	
108	Зоркальцева Е.Ю, Зоркальцев В.И., Шугаева С.Н. Имитационная модель эпидемического процесса туберкулеза среди детского населения Иркутской области // Туберкулез и болезни легких. - 2015. - №3. - С.24-28.
Управление большими системами	
109	Зоркальцев В.И., Киселева М.А. Взаимодействующие олигопольные и олигопсонные рынки Курно // Управление большими системами. - 2015. - №56. - С.95-107.
110	Крупнев Д.С., Пержабинский С.М. Алгоритм оптимизации надежности электроэнергетических систем с использованием математического ожидания двойственных оценок // Управление большими системами. - 2015. - №54. - С.166-178
ЭКО	
111	Головин А.П. О решении задач газоснабжения южных районов Иркутской области // ЭКО. - 2015. - №12(498). - С.108-111.
112	Зоркальцев В.И. Всё для фронта! Всё для победы! // ЭКО. - 2015. - №5(491). - С.169-180.
113	Зоркальцев В.И., Хажеев И.И. Как климат влияет на экономику? // ЭКО. - 2015. - №7(493). - С.147-162.
Экономический анализ: теория и практика	
114	Локтионов В.И. Адаптивность вариантов развития энергетических систем как показатель энергетической безопасности // Экономический анализ: теория и практика. - 2015. - №40(439). - С.11-21.
115	Локтионов В.И. Влияние неопределенности исходных данных на варианты долгосрочного развития топливно-энергетического комплекса // Экономический анализ: теория и практика. - 2015. - №31 (430). - С.51-60.
Электрические станции	
116	Кононов Д.Ю. Учет региональных особенностей и характера неопределенности при прогнозировании цен на генерацию электроэнергии // Электрические станции. - 2015. - №5. - С.2-5.
Электричество	
117	Глазунова А.М. Метод обнаружения систематических ошибок в измерениях электроэнергетической системы // Электричество. - 2015. - №5. - С.15-22.
118	Голуб И.И., Хохлов М.В. Алгоритмы синтеза наблюдаемости ЭЭС на основе синхронизированных векторных измерений // Электричество. - 2015. - №1. - С.26-33.
119	Крупнев Д.С., Домышев А.В. Оценка режимной надежности электроэнергетических систем на основе метода Монте-Карло // Электричество. - 2015. - №2. - С.4-11.
120	Смирнов С.С., Осак А.Б. Управляемый подмагничиванием трансформатор // Электричество. - 2015. - №9. - С.20-26.
Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность	
121	Воропай Н.И., Осак А.Б. Будущие электроэнергетические системы – тенденции и проблемы // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. - 2015. - №4. - С.2-4.
Электроэнергия. Передача и распределение	
122	Воропай Н.И. О принципах обоснования развития ЕНЭС России в рыночных условиях // Электроэнергия. Передача и распределение. - 2015. - №4. - С.44-45.

Энергетик	
123	Жарков С.В. Некоторые комментарии к мнению рецензента по поводу предложенного метода оценки экономической, топливной и экологической эффективности систем энергоснабжения // Энергетик. - 2015. - №10. - С.24-27.
124	Клер А.М., Максимов А.С., Степанова Е.Л. и др. Задачи внутренней оптимизации режимов функционирования ТЭЦ при работе на рынке на сутки вперед // Энергетик. - 2015. - №8. - С.20-23.
125	Клер А.М., Потанина Ю.М., Епишкин Н.О. Угольные энергоблоки на суперкритических параметрах пара. Оптимизация параметров по критериям максимума технической и экономической эффективности // Энергетик. - 2015. - №9. - С.60-63.
Энергетика за рубежом	
126	Савельев В.А., Чудинова Л.Ю. Электроэнергетика Республики Корея: состояние, проблемы, перспективы // Энергетика за рубежом. - 2015. - №5. - С.2-10.
Энергетическая политика	
127	Воробьев С.В., Рабчук В.И., Сендеров С.М. Возможные последствия от нарушения поставок российского газа для энергетики европейских стран // Энергетическая политика. - 2015. - №1. - С.58-65.
128	Воропай Н.И., Стенников В.А., Барахтенко Е.А. и др. Интегрированные инфраструктурные энергетические системы регионального и межрегионального уровня // Энергетическая политика. - 2015. - №3. - С.24-32.
129	Гальперова Е.В., Кононов Д.Ю., Мазурова О.В. Оценка конкурентоспособности вариантов энергоснабжения крупных потребителей в условиях неопределенности // Энергетическая политика. - 2015. - №2. - С.37-46.
130	Кононов Ю.Д. Оценка влияния на энергетическую безопасность прогнозного роста цен на энергоносители // Энергетическая политика. - 2015. - №1. - С.42-48.
131	Корнеев К.А., Попов С.П. На пути к либерализации электроэнергетического сектора Японии // Энергетическая политика. - 2015. - №1. - С.84-89.
132	Стенников В.А., Славин Г.Б. Структуризация уровней централизации энергоснабжения // Энергетическая политика. - 2015. - №2. - С.55-63.
Энергоэксперт	
133	Воропай Н.И. Методология обоснования развития электроэнергетических систем // Энергоэксперт. - 2015. - №4. - С.14-17.

6.4. Патенты, свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и баз данных.

1. Жарков С.В., Кейко А.В., Пеньковский А.В., Постников И.В. Способ работы паротурбинной установки. Патент N 2557049 от 22.06.2015.

2. Сидлер И.В. Программное средство для численного решения неклассических уравнений Вольтерра I рода модифицированным методом средних прямоугольников. Свидетельство регистрации программ для ЭВМ № 2015612208 от 13.02.2015.

3. Сидлер И.В. Программное средство для численного решения неклассических уравнений Вольтерра I рода модифицированным методом левых прямоугольников. Свидетельство регистрации программ для ЭВМ № 2015612206 от 13.02.2015.

4. Солодуша С.В. Программное средство для моделирования динамических процессов с нестационарными свойствами на основе кубичных полиномов Вольтерра (векторный случай). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660174 от 23.09.2015.

5. Маркова Е.В. Программный комплекс для численного решения уравнения Вольтерра I рода с переменными пределами интегрирования. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015663003 от 09.12.2015.

6. Массель Л.В., Курганская О.В., Гальперов В.И. Настольное приложение для интеллектуального контроля и преобразования данных для вычислительного эксперимента в исследованиях энергетической безопасности IntDataNransformer Lite. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015612394 от 18.02.2015.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева
Сибирского отделения Российской академии наук.

Отчет о научно-исследовательской работе и
научно-организационной деятельности
за 2015 г.

Составитель: *к.т.н. А.В. Михеев*
Компьютерная верстка: *О.М. Ковецкая*
Цветная печать: *Л.С. Даньшина*

Утверждено Ученым советом ИСЭМ СО РАН
Подписано к печати 22.12.2015

Отпечатано полиграфическим участком ИСЭМ СО РАН.
Тираж - 50 экз.