

ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ  
ИМ. МЕЛЕНТЬЕВА СО РАН



**КРАТКИЙ ОТЧЕТ  
О НАУЧНОЙ И  
НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**2014**



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 2014 г.

**ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ И  
НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ЗА 2014 г.**

Иркутск  
2014

Реферат

Отчет 169 с., 83 рис., 11 табл.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА 2014 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 2014 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.....	10
2.1.	ТЕХНОЛОГИИ, УСТАНОВКИ, ПРОЦЕССЫ.....	10
2.2.	ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА.....	24
2.3.	ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ.....	47
2.4.	РАЗВИТИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....	65
2.5.	ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	71
2.6.	ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА.....	82
2.7.	СВЕДЕНИЯ О РАБОТАХ ПО ГРАНТАМ РФФИ, РНФ, ВЕДУЩЕЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ И ДРУГИХ ФОНДОВ.....	97
3.	КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫХ РАБОТ ПО ЗАКАЗАМ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ВЛАСТИ, ГОСУДАРСТВЕННЫМ КОНТРАКТАМ И ХОЗЯЙСТВЕННЫМ ДОГОВОРАМ.....	101
3.1.	РАБОТЫ В ИНТЕРЕСАХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ, ФЕДЕРАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И КОМПАНИЙ.....	101
3.2.	РАБОТЫ ПО РЕГИОНАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ И ПРОЕКТАМ.....	110
4.	МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО.....	121
4.1.	МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ.....	121
4.2.	СОГЛАШЕНИЯ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ.....	122
4.3.	ЗАРУБЕЖНЫЕ КОМАНДИРОВКИ.....	122
4.4.	ПРИЕМ ИНОСТРАННЫХ УЧЕНЫХ.....	125
4.5.	ЧЛЕНСТВО В МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ.....	127
4.6.	РАБОТА В МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ.....	128
5.	НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	129
5.1.	ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ КОНФЕРЕНЦИЙ И СЕМИНАРОВ.....	129
5.2.	УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ, СЕМИНАРАХ И ДРУГИХ НАУЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ.....	133
5.3.	ВЫСТАВОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	140
5.4.	ЭКСПЕРТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	140
5.5.	ЧЛЕНСТВО В ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СОВЕТАХ, РЕДКОЛЛЕГИЯХ ЖУРНАЛОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	143
5.6.	СВЯЗЬ С ОТРАСЛЯМИ.....	143

5.7.	ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	144
5.8.	ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВУЗАМИ.....	146
5.9.	НАГРАДЫ И ПРЕМИИ.....	149
5.10.	УЧЕНЫЙ СОВЕТ.....	150
5.11.	ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ.....	151
5.12.	АСПИРАНТУРА.....	154
5.13.	НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА.....	154
5.14.	ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	155
5.15.	СОВЕТ НАУЧНОЙ МОЛОДЕЖИ.....	155
5.16.	МЕРЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИНСТИТУТА.....	156
6.	ПУБЛИКАЦИИ.....	159
6.1.	МОНОГРАФИИ.....	159
6.2.	ГЛАВЫ В МОНОГРАФИЯХ.....	160
6.3.	СТАТЬИ В ЗАРУБЕЖНЫХ ИЗДАНИЯХ.....	161
6.4.	СТАТЬИ В ВЕДУЩИХ РОССИЙСКИХ РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ЖУРНАЛАХ.....	163
6.5.	ПАТЕНТЫ, СВИДЕТЕЛЬСТВА О РЕГИСТРАЦИИ ПРОГРАММ ДЛЯ ЭВМ И БАЗ ДАННЫХ.....	169

## 1. ВВЕДЕНИЕ.

В 2014 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 энергетику.

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*

Проекты по программе №1 «Физико-технические принципы создания технологий и устройств для интеллектуальных активно-адаптивных электрических сетей» (координаторы: ак. Шейндлин А.Е., ак. Костюк В.В.).

Системный анализ эффективности технологий и устройств для интеллектуальных активно-адаптивных электрических сетей. *Руководитель: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай.*

Разработка интеллектуальных методов оптимизации схем и параметров локальных электроэнергетических систем и управления режимами их работы. *Руководитель: д.т.н. А.М. Клер.*

Проекты по программе №2 «Вещество при высоких плотностях энергии» (координаторы: ак. Фортов В.Е., ак. Стишов С.М.)

Равновесное термодинамико-кинетическое моделирование экстремальных свойств вещества при высоких параметрах. *Руководитель: д.т.н. Б.М. Каганович.*

Проекты по программе №3 «*Энергетические аспекты глубокой переработки ископаемого и возобновляемого углеродсодержащего сырья*» (координатор: ак. Моисеев И.И.)

Энергоэффективные технологии комбинированного производства экологически чистых синтетических топлив и электроэнергии на базе органических топлив. *Руководитель: д.т.н. Э.А. Тюрина.*

Проекты по программе №15 «*Информационные, управляющие и интеллектуальные технологии и системы*» (координаторы: ак. Емельянов СВ., ак. Журавлев Ю.И.)

Информационные и интеллектуальные технологии для исследования трубопроводных систем энергетики. *Руководитель: д.т.н. В.А. Стенников.*

Методы и инструментальные средства поддержки принятия решений в исследованиях и обеспечении энергетической безопасности на основе интеллектуальных вычислений. *Руководитель: д.т.н. Л.В. Массель.*

Проекты по программе №25 «*Фундаментальные проблемы механики и смежных наук в изучении многомасштабных процессов в природе и технике*» (координатор: ак. Морозов Н.Ф.):

Моделирование взаимосвязанной работы энергетических систем при резких похолоданиях и крупномасштабных проявлениях других природно-климатических процессов и оценка возможных путей удовлетворения потребителей энергоресурсами в указанных условиях. *Руководитель: д.т.н. С.М. Сендеров.*

Проекты по программе №26 «*Горение и взрыв*» (координаторы: ак. Мержанов А.Г., ак. Левин В.А.)

Исследование макрокинетических ограничений при конверсии низкосортных твердых топлив. *Руководитель проекта: к.х.н. В.А.Шаманский.*

Проекты по программе фундаментальных исследований по стратегическим направлениям развития науки №1 «*Фундаментальные проблемы математического моделирования*»:

Проблемы математического моделирования взаимосвязанной работы больших систем энергетики в рамках единого топливно-энергетического комплекса и математические методы определения критически важных объектов для функционирования этих систем на примере газовой отрасли. *Руководитель проекта: к.т.н. Н.И. Пяткова.*



## **Программы фундаментальных научных исследований Отделения энергетики, механики, машиностроения и процессов управления РАН.**

Проекты по программе №2 *«Исследование роли централизованного управления в развитии больших систем энергетики»* (координатор: ак. Макаров А.А.):

Исследование роли централизованного управления в системах энерго- и топливоснабжения северных и арктических территорий на востоке РФ. *Руководитель: д.т.н. Б.Г. Санеев.*

Проекты по программе №4 *«Интенсификация теплообмена при фазовых переходах и химических реакциях»* (координаторы: ак. Леонтьев А.И., ак. Накоряков В.Е.):

Динамика неравновесных процессов при интенсивных фазовых переходах в потоке недогретой жидкости. *Руководитель: д.т.н. Э.А. Таиров.*

Проекты по программе №7 *«Теплофизические проблемы при создании и эксплуатации высокоэффективных парогазовых энергоустановок нового поколения»* (координатор: ак. Фаворский О.Н.):

Математическое моделирование и оптимизационные исследования парогазовых установок со сложным циклом с учётом охлаждения проточной части газовых турбин. *Руководитель: д.т.н. А.М. Клер.*

Проекты по программе №9 *«Разработка научных основ инновационных экологически чистых высокоэффективных технологий комплексного использования органических топлив в централизованной и распределенной системах энергетики»* (координаторы: ак. Новиков И.И., чл.-корр. РАН Батенин В.М.):

Разработка научных основ создания интегрированных технологий для производства электрической и тепловой энергии в централизованных и распределенных системах энергетики. *Руководитель: д.т.н. В.А. Стенников.*

Проекты по программе №10 *«Анализ и оптимизация функционирования систем многоуровневого интеллектуального и децентрализованного управления в условиях неопределенности»* (координаторы: ак. Васильев С.Н., ак. Куржанский А.Б.):

Методы анализа и оптимизации режимов электроэнергетических систем и управления ими. *Руководитель: чл.-корр. РАН Н.И. Воропай.*

### **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.*

Исследования проводились под научно-методическим руководством Научного совета по комплексным проблемам энергетики ОЭММПУ РАН, Научного совета по проблемам надежности и безопасности больших систем энергетики ОЭММПУ РАН, Объединенного ученого совета по энергетике, механике, машиностроению и процессам управления СО РАН, Объединенного ученого совета по экономике СО РАН и Объединенного ученого совета по информационным и нанотехнологиям СО РАН.

## 2. ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

### 2.1. ТЕХНОЛОГИИ, УСТАНОВКИ, ПРОЦЕССЫ.

#### 2.1.1. Выполнены оптимизационные исследования энергоблока на повышенные параметры пара.

*Источник финансирования:* грант РФФИ №13-08-00835-а «Комплексные оптимизационные исследования угольного паротурбинного энергоблока на ультрасверхкритические параметры пара».

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

*Подразделение:* отдел теплосиловых систем.

Разработана подробная математическая модель угольного энергоблока мощностью 660 МВт на суперсверхкритические параметры пара. В результате проведения оптимизационных расчётов градиентными методами построены зависимости минимальных удельных капиталовложений от КПД нетто рассматриваемого энергоблока для двух вариантов изготовления выходных пакетов пароперегревателей острого пара и промежуточного перегрева: 1) из никелевого сплава Haynes 282 (предельная температура металла 800 °С); 2) из стали 10X16H16B2МБР (предельная температура 700 °С). Из представленных на рис.1 зависимостей видно, что минимальные удельные капиталовложения для варианта 1 составляют 1886,2 дол./кВт и достигаются при КПД нетто 44,5%, а для варианта 2 они составляют 1776 дол./кВт и достигаются при КПД 43,9%. При КПД, меньших 47,4% более низкие удельные капиталовложения имеет вариант 2, а при более высоких – вариант 1. Из этого можно сделать вывод, что сплав Haynes 282 целесообразно использовать лишь с целью достижения КПД нетто более высокого, чем 47,4%.

В точке минимума удельных капиталовложений для варианта 2 были определены цены на электроэнергию, обеспечивающие получение одного и того же уровня нормы возврата капиталовложений при различных ценах топлива (30, 100, 200, 300 дол./т у.т.). Для этих значений цен топлива на рис. 1 построены линии равной экономичности с постоянными ценами электроэнергии, выходящие из точки минимума удельных капиталовложений для варианта 2. Если точка (сочетание удельных капиталовложений и КПД) лежит ниже соответствующей цене используемого топлива линии равноэкономичности, то установка в этой точке экономически эффективнее, чем в точке минимума, а если выше линии равноэкономичности – то менее эффективна. Поскольку все линии равной экономичности лежат ниже зависимостей 1 и 2, то при рассмотренном диапазоне цен на топливо параметры установки, определённые в точке минимума удельных капиталовложений варианта 2 обеспечивают максимальную эффективность.

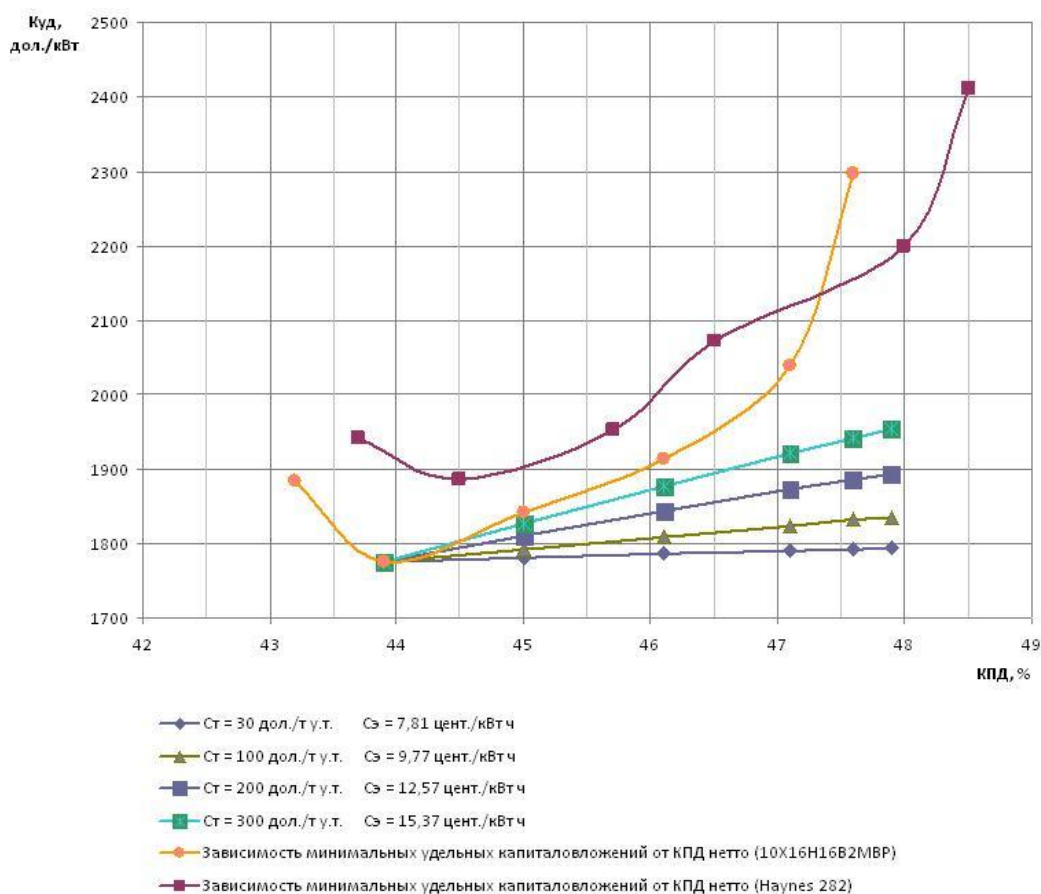


Рис. 1. Линии равной экономической эффективности показателей энергоблока при различных ценах топлива.

### 2.1.2. Определение затрат, связанных с заменой проектного топлива на альтернативное, включая отходы углеобогащения

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН № 3 проект «Энергетические аспекты глубокой переработки ископаемого и возобновляемого углеродсодержащего сырья»

*Руководитель работы:* д.т.н. Тюрина Э.А.

*Подразделение:* отдел теплосиловых систем.

Изменение качественных характеристик твердого топлива оказывает влияние не только на работу основного и вспомогательного котельного оборудования, но и на эксплуатационные показатели работы систем топливоподачи и золошлакоудаления. Последствия от изменения состава сжигаемого топлива на эксплуатацию оборудования необходимо учитывать по всей технологической цепочке использования топлива: от разгрузки и складирования угля до выбро-

сов вредных веществ в атмосферу, транспортирования и хранения золошлаковых отходов и т.д.

Для учета указанных последствий в работе используется разработанная в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН методика определения затрат при использовании на ТЭС твердого топлива различного состава. Данная методика позволяет определять затраты, связанные с заменой проектного топлива на альтернативное, и оценить экономическую целесообразность использования альтернативного топлива.

Часть суммарных ежегодных затрат, связанная с изменением свойств топлива и его цены, может быть представлена в виде суммы

$$Z^T = U^{\text{топл.}} + U^{\text{т.скл.}} + U^{\text{рем.скл.}} + U^{\text{рем.кот.}} + U^{\text{з.улав.}} + U^{\text{рем.з.улав.}} + U^{\text{з.удал.}} + U^{\text{рем.з.удал.}} + U^{\text{з.хр.}} + U^{\text{з.выбр.}} + U^{\text{SOx выбр.}}$$

и включает в себя:  $U^{\text{топл.}}$  - затраты на покупку и перевозку топлива;  $U^{\text{т.скл.}}$  - затраты на эксплуатацию и ремонт системы разгрузки, складирования и подачи топлива;  $U^{\text{рем.скл.}}$  - затраты на ремонт основного и вспомогательного котельного оборудования;  $U^{\text{з.улав.}}$  - затраты на эксплуатацию и ремонт систем золоулавливания;  $U^{\text{рем.з.улав.}}$  - затраты на эксплуатацию и ремонт систем золошлакоудаления;  $U^{\text{з.хр.}}$  - затраты на хранение золы и шлака;  $U^{\text{з.выбр.}}$ ,  $U^{\text{SOx выбр.}}$  - плата за выбросы золы и оксидов серы.

Методика позволяет учесть затраты, связанные с изменением скорости низкотемпературной коррозии воздухоподогревателя 1-й ступени через изменение срока его эксплуатации, что отражается на затратах на ремонт основного котельного оборудования. Проведена оптимизация затрат, связанных с изменением состава топлива, включая отходы углеобогащения и связующий окислы серы компонент (мраморную крошку). В результате получены данные, на основании которых построены зависимости, представленные на рис. 2–7.

В таблице 1 приведены граничные значения стоимостей добавляемых компонентов (битумной эмульсии и мраморной крошки), при достижении которых, без изменения стоимости угля, использование приведенных составов смеси становится целесообразным. В последней строке таблицы также приведена стоимость угля, при которой, без изменения стоимости вводимых в состав смеси компонентов, использование приведенных составов становится равноэкономичным использованию исходного угля.

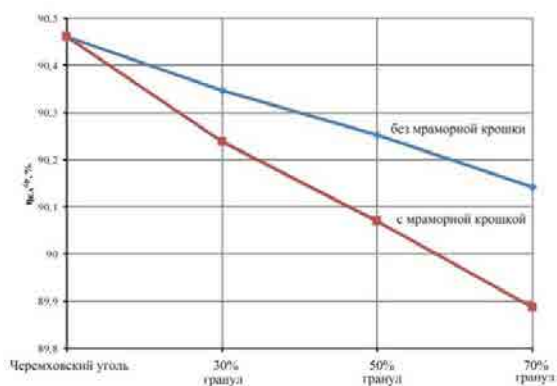


Рис. 2. Изменение КПД котла brutto ( $\eta_{кв}^{бр}$ ) при сжигании топлива различного состава.

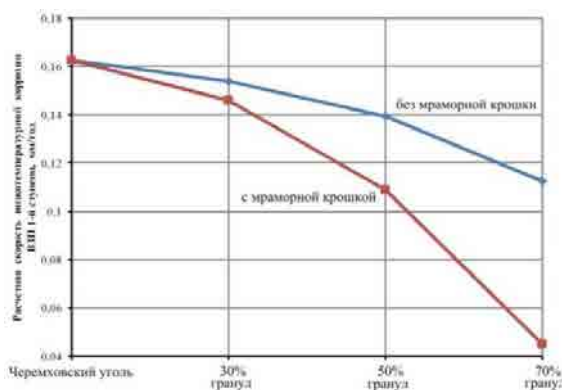


Рис. 3. Изменение скорости низкотемпературной коррозии ВЗП 1-й ступени.

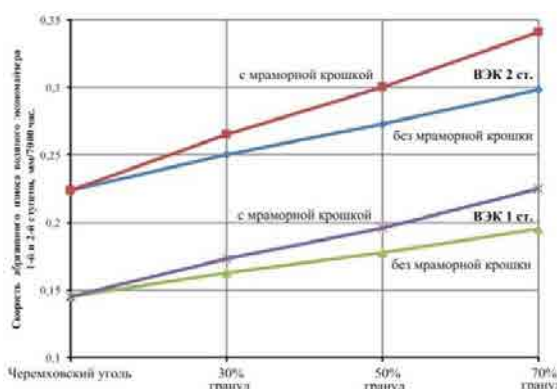


Рис. 4. Изменение скорости абразивного износа водяного экономайзера 1-й и 2-й ступеней.

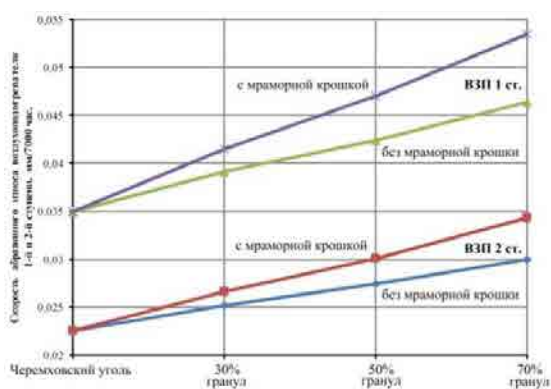


Рис. 5. Изменение скорости абразивного износа воздухоподогревателя 1-й и 2-й ступеней.

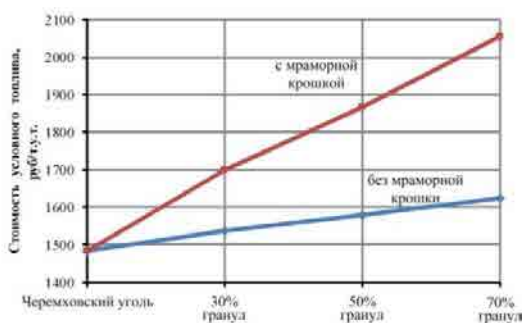


Рис. 6. Стоимость условного топлива для рассматриваемых вариантов.

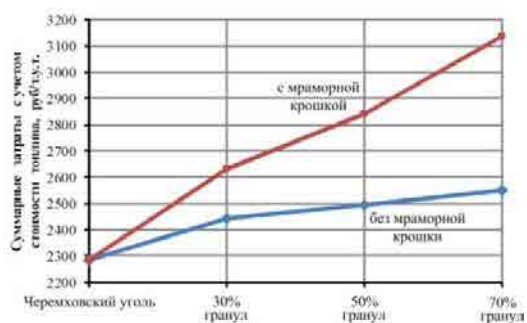


Рис. 7. Суммарные затраты с учетом стоимости топлива для рассматриваемых вариантов.

**Условия равноэкономичности альтернативного топлива проектному  
(по суммарным затратам)**

Состав топлива	70% угля, 30% гранул	50% угля, 50% гранул	30% угля, 70% гранул	70% угля, 30% гранул с мр. крошкой	50% угля, 50% гранул с мр. крошкой	30% угля, 70% гранул с мр. крошкой
Стоимость битумной эмульсии, руб./т	3240	3890	4170	1660	2210	2130
Стоимость мраморной крошки, руб./т	-	-	-	500	500	500
Стоимость угля, руб./т.н.т.	1168	1088	1054,5	1653	1574	1589

### 2.1.3. Математическая модель слоевого процесса ступенчатой газификации угля

*Источник финансирования:* грант РФФИ №13-08-00281 «Исследование алло-автотермических режимов термохимической конверсии твердого топлива с газообразным теплоносителем»

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

*Подразделение:* отдел теплосиловых систем.

Построена модель процесса ступенчатой газификации угля в плотном слое. Рассматривается процесс, в котором топливо последовательно подвергается пиролизу (полу-коксованию) и газификации. При газификации в качестве дутья используются продукты сгорания пирогаза. Теплота, необходимая для пиролиза угля, получается при сжигании части произведенного синтез-газа. Такая организация процесса позволяет получать бессмольный газ (за счет сжигания смолистых веществ после стадии пиролиза) и избавиться от дорогостоящих систем очистки. При расчете реакторов горения горючих газов применяется термодинамическая модель конечного равновесия при постоянных давлении и энтальпии. Построенная модель применяется для исследования влияния управляющих параметров – коэффициента рециркуляции синтез-газа и коэффициента избытка окислителя в камере сгорания пирогаза. Расчеты показывают, что существуют диапазоны изменения этих параметров, в пределах которых эффективность процесса (химический КПД) является достаточно полой их функцией. Уменьшение коэффициента рециркуляции ниже оптимального значения (около 6-7 %) приводит к нехватке теплоты для осуществления пиролиза и, как след-

ствии, к резкому снижению эффективности процесса. При увеличении доли сжигаемого синтез-газа выше 15 % увеличивается общий избыток окислителя в системе, что также уменьшает КПД газификации. Изменение избытка окислителя при сжигании пирогаза в широких пределах (1-1,8) практически не влияет на эффективность процесса, что связано с полезным использованием избыточного кислорода в реакторе газификации (рис. 8). Разработанный подход позволяет рассчитать оптимальные режимы работы блока газификации в ГТУ.

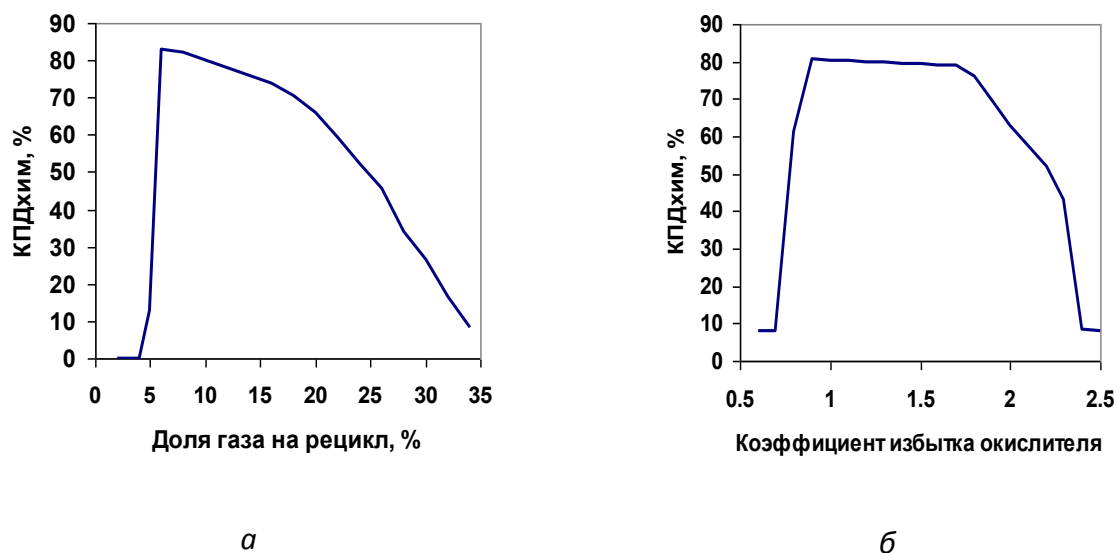


Рис. 8. Зависимость химического КПД ступенчатой газификации от доли возвращаемого генераторного газа (а) и коэффициента избытка окислителя в реакторе (б).

#### 2.1.4. Применено равновесное термодинамико-кинетическое моделирование при расчете нестационарного потокораспределения.

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН № 2 «Вещество при высоких плотностях энергии»

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

*Подразделение:* отдел теплосиловых систем.

Эффективность применения равновесного термодинамико-кинетического моделирования иллюстрируется на примере расчета нестационарного потокораспределения в четырёхконтурной гидравлической цепи, включающего стадию гидравлического удара. Суммарная продолжительность процесса разбивается на три этапа: 1) стационарное движение вязкой жидкости до перекрытия потока на одной из ветвей; 2) мгновенное торможение потока на перекрытой ветви и гидравлический удар в жидкости, ставшей из-за невозможности мгновенного проявления трения идеальной и 3) стационарное движение жид-



кости, вновь ставшей вязкой после образования в точке удара разрыва трубы. Расчетные схемы приведены на рис. 9 (а, б).

Первый и третий этапы рассчитывались на основе МЭПС, а второй по согласующейся с принципами равновесия формуле Жуковского, выводимой авторами из принципа виртуальных перемещений и из фундаментальных уравнений Гиббса. При расчёте третьего этапа было сделано предположение о том, что в узле 1 как и на первом этапе поддерживается давление равное атмосферному, а жидкость к точке разрыва поступает с двух сторон (от узлов 3 и 4). Принятая послеаварийная схема цепи отображена на рис. 9б.

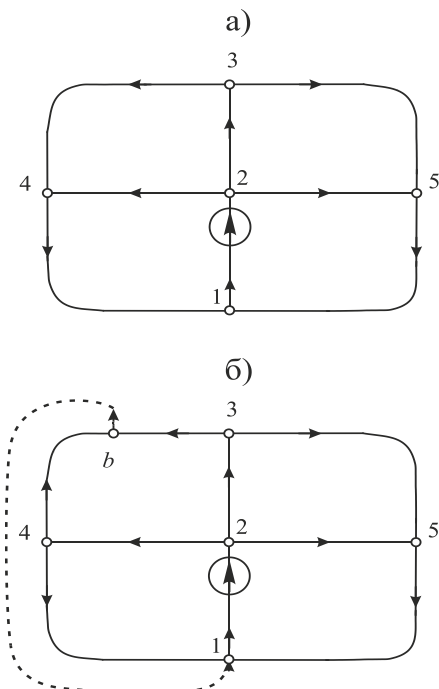



Рис. 9. Схемы гидравлической цепи: исходная (а) и условная третьей (послеударной) стадии процесса (б).  – источник движущего давления; *b* – точка мгновенного торможения потока; ----- – условная линия движения потока между точкой разрыва и узлом 1.

В рассматриваемом примере обнаружился наряду с переходом от вязкой движущейся среды к идеальной и переход на ветви 3–5 в связи с резким уменьшением объёмного расхода (более чем на три порядка) в послеаварийной ситуации от турбулентного режима течения к ламинарному (изменению показателя степени  $\beta$  в уравнении (2) от двух до единицы). Следовательно, на основе единого вычислительного процесса удалось анализировать протекающие в различных частях моделируемой системы разные по направленности и физической природе процессы самоорганизации и деградации.

### 2.1.5. Анализ динамики захлаживания перегретой поверхности потоком недогретой жидкости.

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных исследований ОЭММПУ РАН, проект по программе № 4 «Интенсификация теплообмена при фазовых переходах и химических реакциях»

*Руководитель работы:* д.т.н. Таиров Э.А.

*Подразделение:* отдел теплосиловых систем.

Проведено экспериментальное исследование автоколебательного режима захлаживания трубчатого нагревателя в условиях вынужденного движения этанола. Выявлено существование режима охлаждения нагревателя, при котором пульсация пленки пара на поверхности нагревателя сопровождается кратковременным образованием областей кипения, обладающих высоким уровнем теплоотдачи. Определены мгновенные значения нестационарного коэффициента теплоотдачи для режимов с пузырьковым и пленочным режимами кипения в этих условиях. Для случая переходного режима кипения характерно образование паровой оболочки вокруг нагревателя с кратковременными локальными контактами жидкости с перегретым металлом стенки, что интенсифицирует ее охлаждение. Как видно из рис. 10б, рассчитанные значения коэффициента теплоотдачи стремятся к максимуму  $\alpha=8$  кВт/(м<sup>2</sup>К), что соответствует уровню теплоотдачи в режиме пузырькового кипения. Если учесть неравномерность теплоотдачи по поверхности через соотношение площади зон переходного режима кипения к площади всего нагревателя, то нестационарный коэффициент теплоотдачи в

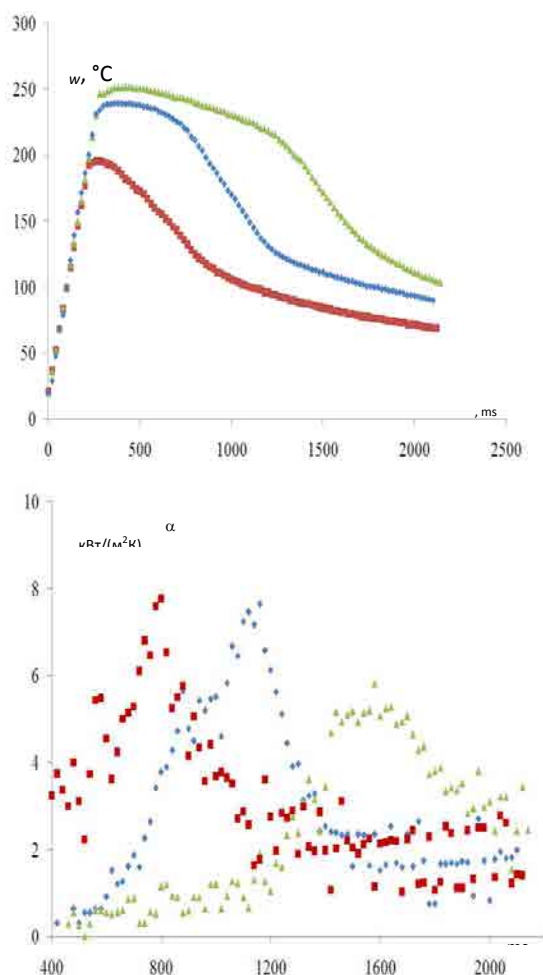


Рис. 10. Динамика температуры нагревателя (а) и коэффициента теплоотдачи (б) при набросе тепловой мощности в условиях вынужденного движения. Условия экспериментов:  $\Delta T_{нед} = 86$  К;  $dT_w/dt = 830$  К/с;  $p_0=0,3$  МПа;  $w_0=0,4$  м/с; Режимы кипения: 1) пленочный; 2) переходный; 3) пузырьковый.

этих зонах примерно равен  $40 \text{ кВт}/(\text{м}^2\text{К})$ . При этом, учет времени существования переходного режима кипения в условиях пульсаций пленки пара может увеличить мгновенные значения коэффициента теплоотдачи на порядок, т.е. локальные тепловые потоки в этом режиме могут составлять до  $80 \text{ МВт}/\text{м}^2$ .

#### **2.1.6. Количественная оценка эффективности схемы ТЭЦ на базе ПТУ противодавления**

*Источники финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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. Стенников В.А.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем энергетики.

На основе анализа возможных перспективных технологий и климатических особенностей регионов РФ была предложена универсальная схема ТЭЦ, включающая ПТУ противодавления с энергетическим котлом, снабженным системой утилизации теплоты конденсации водяных паров из дымовых газов (СУТВП), например, на базе абсорбционных теплонасосных установок (АТНУ), использующих в качестве греющей среды пар из производственных отборов турбин. Такая ПТУ+СУТВП (рис. 11) может покрывать базовые и полупиковые электрические и тепловые нагрузки, для которых в климатических условиях РФ она является практически идеальной по показателям топливной эффективности, надежности, долговечности, простоты и оперативности перевода в маневренный режим.

Эффективность настоящей установки подтверждается достаточно простым и наглядным примером расчета системы энергоснабжения (СЭ) с параметрами, соответствующими условиям Москвы, где зимние электрические и тепловые нагрузки соотносятся приблизительно как 1:3,5. Для наглядности выделяется система энергоснабжения с зимними электрическими нагрузками, равными  $100 \text{ МВт}$  (э), а тепловыми –  $350 \text{ МВт}$  (т). В соответствии с ними теплофикационная мощность ТЭЦ с учетом коэффициента теплофикации ( $0,55$ ) составит  $Q_{\text{СЭ}}=350 \cdot 0,55=193 \text{ МВт(т)}$ . Результаты расчетов приведены в табл. 2.



Проведенные исследования технологических направлений комплексного энергоснабжения потребителей позволяют сделать вывод о том, что ориентация энергетики РФ на бинарные ПГУ и крупные ГТУ нецелесообразна. При этом, компоновка станций такими установками в принципе не позволяет достичь уровень показателей эффективности ТЭЦ, выполненной по предлагаемой схеме. Для успешной реализации данного проекта необходимо организовать крупномасштабное производство ТНУ (на базе существующих, например, в Новосибирске и Красноярске) и систем СУТВП в целом.

Для теплофикации не всегда следует ориентироваться на высокие показатели КПД установки. Для определения необходимого КПД энергоустановки ТЭЦ ( $\eta_{ЭУ}$ ) при заданных нагрузках и ее КИТТ разработан метод, в основе которого лежит выполнение следующих условий:

$$\frac{N_{CЭ}}{Q_{CЭ}} = \frac{\eta_{ЭУ}}{КИТТ_{ЭУ} - \eta_{ЭУ}}, \text{ следовательно}$$

$$N_{CЭ}(КИТТ_{ЭУ} - \eta_{ЭУ}) = \eta_{ЭУ}Q_{CЭ}$$

$$\eta_{ЭУ}N_{CЭ} + \eta_{ЭУ}Q_{CЭ} = N_{CЭ}КИТТ_{ЭУ}$$

$$\eta_{ЭУ} = \frac{N_{CЭ}КИТТ_{ЭУ}}{N_{CЭ} + Q_{CЭ}} = КИТТ_{ЭУ} \frac{N_{CЭ}}{N_{CЭ} + Q_{CЭ}}$$

Для рассмотренных условий при  $КИТТ_{ЭУ}=1,05$  КПД<sub>ЭУ</sub> должен быть:

$$\eta_{ЭУ} = КИТТ_{ЭУ} \frac{N_{CЭ}}{N_{CЭ} + Q_{CЭ}} = 1,05 \frac{100}{100 + 193} = 0,358$$

### 2.1.7. 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 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. Стенников В.А.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем энергетики.

Представлена интегрированная технология, учитывающая преимущества когенерции (теплофикации) и бестопливную работу ВЭС. В отличие от традиционного включения ВЭС непосредственно в электрическую сеть ЭЭС, в ней электроэнергия, вырабатываемая ВЭС, направляется на прямое замещение

топлива в тепловых циклах парогазовых установок (ПГУ) посредством электронагревателя (ТЭНа), установленного в тракте газотурбинной установки (ГТУ) перед камерой сгорания топлива (КС), подогревать воздух, поступающий в КС (рис. 12). Это обеспечивает снижение расхода топлива, определяемого изменяющейся мощностью ТЭНа, поддерживающего заданную температуру газов на входе в турбину. Кроме того, за счет таких ТЭНов предусматривается осуществлять перегрев пара паротурбинной установки ПГУ. Наличие высокотемпературных электрических пароперегревателей 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 ПГУ при недостаточной силе ветра ТЭНЫ ПТУ могут снабжаться электроэнергией от аварийно-резервного источника электроэнергии, например, от (газо)дизельного генератора. В качестве топлива (или добавки к нему) для дизельгенератора может использоваться водород, получаемый электролизом на основе нестабилизированной электроэнергии ВЭС, что может способствовать плавному переходу к водородной энергетике.

Схема, прежде всего, ориентирована на применение в локальных энергосистемах, но в связи с существующими проблемами использования энергии ветра в крупных энергосистемах из-за возрастающей доли ВЭС в генерации, она актуальна и для крупных ЭЭС. Такая технология наиболее перспективна для реализации крупномасштабных проектов энергоснабжения северных городов типа Норильска и Калининграда, а также Крыма.

Применение интегрированных комплексов ПГУ-ТЭЦ+ВЭС+СЭС перспективно для стран, имеющих слаборазвитые и ненадежные электрические сети, расширяющие в связи с этим использования распределенных источников энергии на базе ТЭЦ и местных НВИЭ, например, таких как Индия, Монголия, страны Средней Азии, Латинской Америки, Африки и т.д.

ТЭНЫ, питаемые от ВЭС, также могут быть установлены (например, параллельно основным) в парогенерирующих и пароперегревающих трактах как существующих, так и новых ПТУ-ТЭЦ. При этом тепловая энергия от ТЭЦ может использоваться как для отопления, горячего водоснабжения и обессоливания морской или подземных вод, так и для кондиционирования воздуха посредством абсорбционных преобразователей тепла.

В последнее время произошло значительное снижение стоимости фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) солнечной энергии, но стоимость фотоэлектрических станций снизилась в меньшей степени. Это обусловлено тем, что в стоимости последних значительную долю занимают различного рода уже традиционные, практически не имеющие потенциала снижения стоимости электрические устройства: выпрямители, инверторы, трансформаторы, коммутаторы и т.д. Поскольку в предлагаемой схеме ПГУ замещает аккумулятор, инвертор и



## 2.1.8. Ветрогидроэнергетический комплекс с гидравлическим накопителем энергии гравитационного типа как источник надёжного электроснабжения

*Источники финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.3.2. «Методические основы учета фактора надежности при управлении развитием энергетики», Программа Президиума РАН № 43.

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

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

Проведен анализ возможности использования ветрогидроэнергетического комплекса с гидравлическим накопителем энергии «гравитационного» типа (ГЭГТ). Основной подход состоит в том, чтобы использовать воду в качестве гидравлического домкрата для поднятия физической массы. В целом, гравитационная система включает в себя следующие компоненты (рис. 13): рабочее тело (диск или поршень); система защитной оболочки (корпус камеры, в которой поршень движется); механизм поддержки и рабочей среды (с использованием воды в качестве гидравлической жидкости); система преобразования энергии (электрические или механические гидронасосы, гидротурбины с электрогенераторами, вспомогательные устройства).

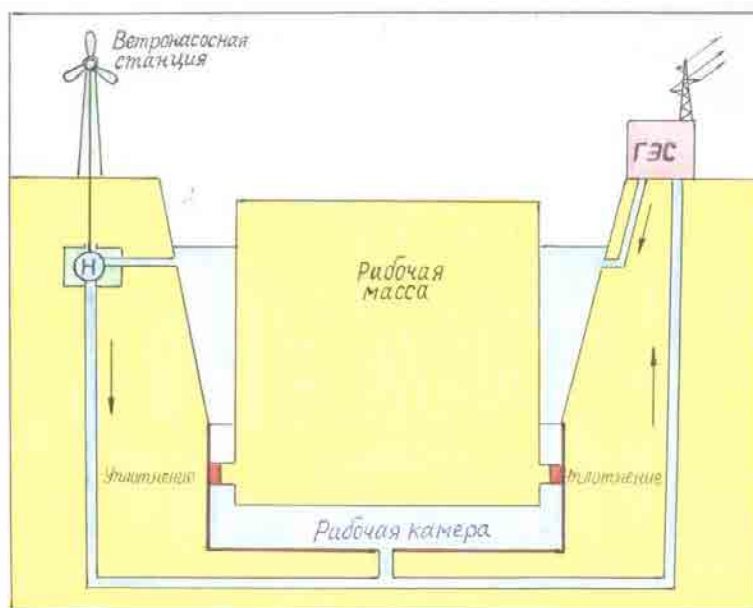


Рис. 13. Принципиальная схема ГЭГТ для накопления энергии, получаемой из ветра.



## **2.2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА.**

### **2.2.1. Исследованы условия формирования межгосударственного электроэнергетического объединения и обмена энергоемкими продукцией и услугами в Северо-Восточной Азии**

*Источники 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»; Проект со Сколковским институтом науки и технологий

*Руководители работы:* чл.-корр. РАН Н.И. Воропай, к.т.н. С.В. Подкопальников

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Впервые выполнены комплексные оптимизационные энергобалансовые и режимные исследования условий формирования межгосударственного энергообъединения (МГЭО) в Северо-Восточной Азии с рассмотрением перспективы до 2035 г.

Показано, что создание межгосударственной электросетевой инфраструктуры в СВА приведет к весьма значительным обменам электроэнергией и мощности между странами региона. В перспективе до 2035 г. объемы международной торговли электроэнергией в регионе могут достичь 400 ТВт.ч/год. При этом осуществляются обмены электроэнергией между Россией и Китаем, Россией и Японией. Интенсивный переток электроэнергии происходит в направлении Китай – Корейский полуостров – Япония. Указанные обмены электроэнергией обусловлены различием стран в структуре электропотребления и генерирующих мощностей, затратах на сооружение электростанций и производство электроэнергии.

Объединение национальных энергосистем с указанными выше различиями приводит к реализации системных эффектов. Системные эффекты, получаемые в результате формирования межгосударственного энергообъединения в СВА, согласно выполненным исследованиям, составляют более 24 млрд. долл./год в части экономии затрат на функционирование и развитие этого объединения (учитывая затраты в электросетевую инфраструктуру), более 65 ГВт экономии установленных генерирующих мощностей, около 80 млрд. долл. экономии инвестиций (рис. 14). Топливный эффект по МГЭО достигает 10 млрд. долл./год. При этом значительная доля эффектов приходится на Японию и Китай.

Формирование МГЭО в СВА требует довольно интенсивного развития электрических связей между странами и регионами СВА. Общая пропускная способность МГЭС России с другими странами СВА превышает 30 ГВт. Поэтому разрыв таких тесных связей приводит к весьма существенным потерям для энергообъединения. Неучастие России в МГЭО СВА приводит к частичной утрате

системных эффектов и экономическим потерям в энергообъединении (рис. 15). Согласно выполненным оценкам, потеря мощностного эффекта от неучастия России в МГЭО составляет 27 ГВт установленных мощностей. Экономические потери составляют порядка 7 млрд. долл./год. Также возрастает на 27 млрд. долл. потребность в инвестициях.

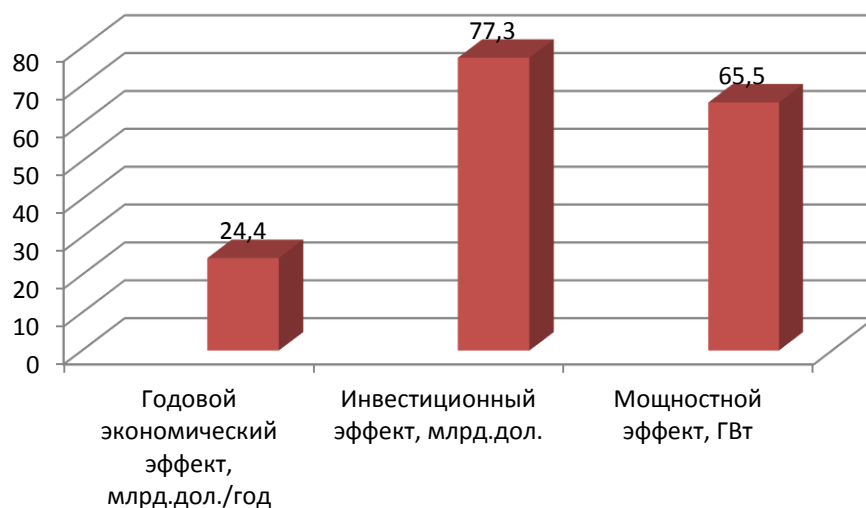


Рис.14. Системная эффективность сценариев.

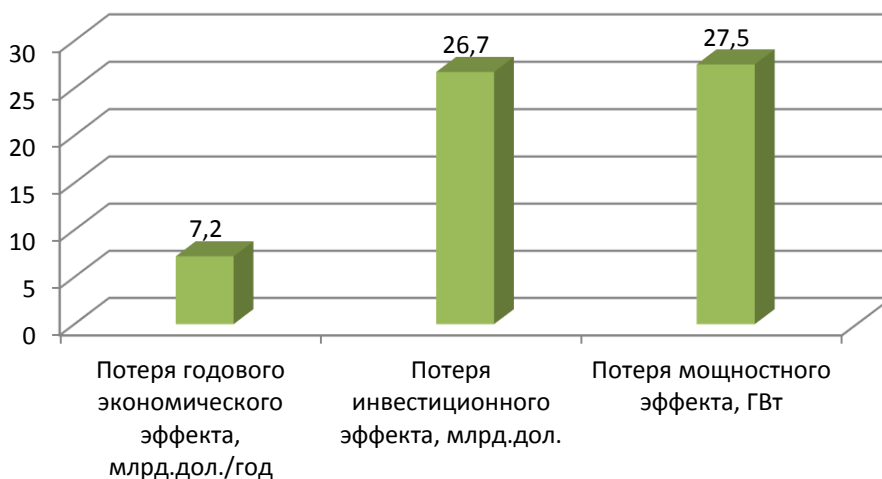


Рис. 15. Потеря эффективности МГЭО СВА при отказе России от участия в энергообъединении.

Для России эффективным является и экспортное направление в Японию. Эффективна МГЭС от экспортных тепловых электростанций Сахалина, а в перспективе и от гидростанций в Южной Якутии, в Японию. Как показали выпол-

ненные исследования, более эффективно использование экспортных электростанций не как чисто экспортных, а как участвующих в покрытии местной нагрузки и экспортного спроса.

Кроме того, эффективным является предоставление Россией системных услуг по выравниванию неравномерной энергоотдачи возобновляемых источников электроэнергии преимущественно в Китае. Для реализации этого также требуется взаимный обмен мощностью и электроэнергией между Россией и странами-контрагентами в рамках МГЭО.

### 2.2.2. Разработана мультиагентная математическая модель энергетического рынка с возобновляемыми источниками энергии

*Источники 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. О.В. Марченко

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Мультиагентная модель рынка электроэнергии сформулирована в виде задачи поиска рыночного равновесия (равновесие Нэша). В качестве агентов рассматриваются инвесторы, фирмы, производящие электроэнергию на электростанциях разных типов, и потребители (рис. 16).

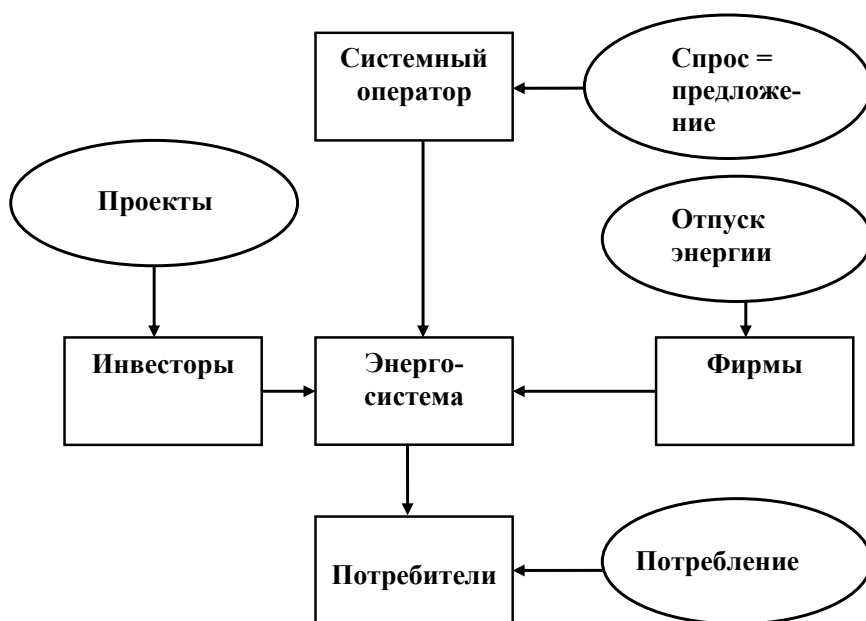


Рис. 16. Агенты на рынке электроэнергии и принимаемые ими решения.

Решения агентов моделируются для трех периодов времени: долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного. В долгосрочном периоде (годы) инвесторами планируется набор оптимальных с их точки зрения проектов и определяется установленная мощность электростанций, которая затем остается постоянной. В среднесрочном периоде (месяцы) потребители оптимизируют свое электропотребление с учетом ценовой ситуации на рынке. В краткосрочном периоде (текущее состояние рынка) системный оператор обеспечивает равенство объемов производства и потребления электроэнергии, ограничивая электропотребление, если в этом возникает необходимость.

Вследствие существенной специфики рынка электроэнергии рыночное равновесие может не обеспечивать максимум экономической эффективности всей системы в целом (максимум общественного благосостояния). Поэтому для оценки эффективности рыночного механизма рассмотрен также вариант централизованного выбора оптимальной структуры и режима работы энергосистемы (оптимальный план) путем оптимизации по единому критерию. В качестве такого критерия выбрано математическое ожидание суммарного экономического эффекта.

Новизна модели заключается в учете краткосрочного периода, в котором происходит согласование производства электроэнергии ВИЭ, работающими в стохастическом режиме, и переменной во времени нагрузкой потребителей. Без такого учета, при усреднении выработки ВИЭ по году, как это обычно делается в зарубежных исследованиях, возможны погрешности в определении оптимальной структуры энергосистемы (соотношения установленных мощностей энергоисточников разных типов).

В качестве примера рассмотрено влияние субсидий ВИЭ (ветроэнергетических установок (ВЭУ), работающих в стохастическом режиме) на структуру энергосистемы, включающей наряду с ВЭУ тепловые электростанции на органическом топливе. Принято, что субсидии формируются путем нормирования количества "зеленой энергии", которую должны купить потребители (например, в рамках системы "зеленых сертификатов", применяющейся в ряде европейских стран).

На рис. 17 показано изменение структуры энергосистемы в зависимости от величины субсидий: с их увеличением установленная мощность ВИЭ увеличивается, а электростанций на органическом топливе уменьшается. Предложенная модель позволяет описать действия рыночных агентов, найти рыночное равновесие и оценить эффективность рынка (с учетом возможных управляющих воздействий государства) путем сопоставления с решением оптимизационной задачи.

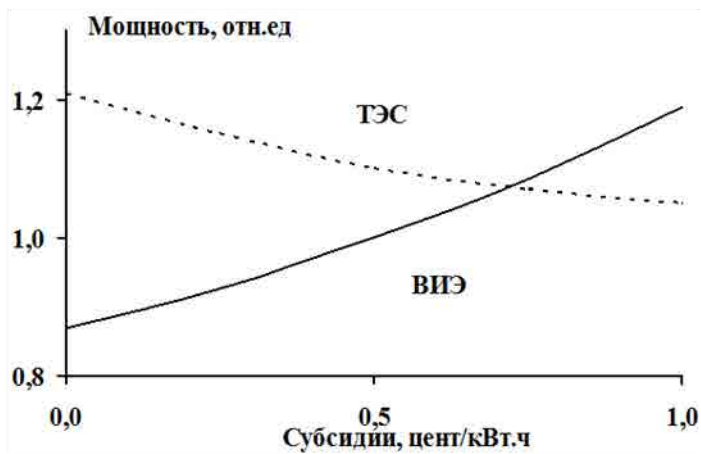


Рис. 17. Влияние субсидий возобновляемым источникам на структуру электроэнергетической системы.

**2.2.3. Выполнена адаптация метода контрольных уравнений для трехфазного линейного оценивания состояния (ОС) электроэнергетической системы (ЭЭС) по данным синхронизированных векторных измерений (данных PMU) и их достоверизации.**

*Источники 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»; Грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

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

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Для реализации алгоритмов достоверизации синхронизированных векторных измерений (СВИ) и трехфазного линейного оценивания состояния была выполнена адаптация разработанного в ИСЭМ СО РАН метода контрольных уравнений. Для проверки работоспособности новых алгоритмов в среде SIMULINK были разработаны: 1) трехфазная модель тестовой 7-узловой схемы напряжением 500 кВ с транспозицией фазных проводов и 2) блок преобразования синусоидальных величин фазных токов и напряжений в модули и углы комплексов узловых напряжений и токов в ветвях (модель PMU). Моделирование было выполнено на коротком отрезке времени - 0,1 с. За это время было получено 1600 измерений и выполнено 1600 операций трехфазного линейного оценивания состояния. Высокая частота дискретизации выбрана для того, чтобы продемонстрировать быстроедействие алгоритма. Качество оценивания состояния определялось величиной среднеквадратической ошибки относительно эта-

лонных значений. На рис. 18 представлены графики измерения среднеквадратической ошибки.

Из рисунка видно, что в результате работы алгоритма оценивания состояния среднеквадратическая ошибка значительно снизилась и это демонстрирует эффективность алгоритма трехфазного линейного оценивания состояния.

Полученные в результате локального ОС значения параметров режима энергетических объектов, наблюдаемых по СВИ, могут использоваться для мониторинга состояния этих объектов и участвовать в реализации функций управления их оборудованием, а также передаваться в центр управления для координации и формирования режима полной схемы.

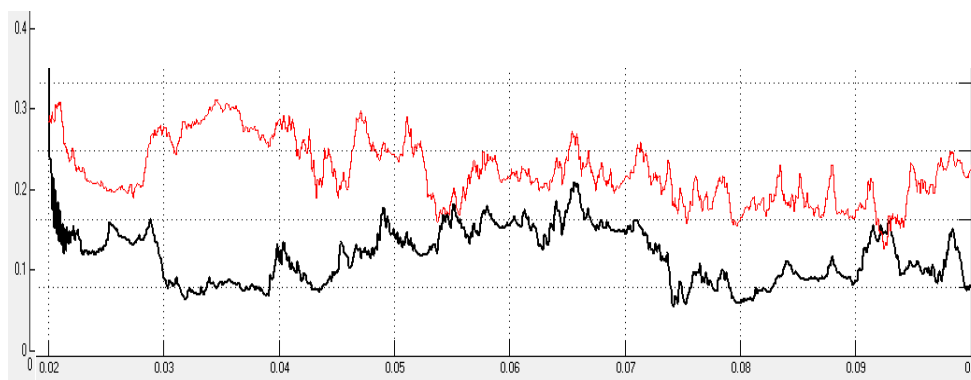


Рис. 18. Среднеквадратические ошибки измерений (красная кривая) и оценок (черная кривая).

#### 2.2.4. Разработан метод обнаружения систематических ошибок в измерениях при низкой информационной избыточности.

*Источники 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»; Грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

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

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Метод идентификации систематической ошибки в измерении основан на утверждении, что при отсутствии ошибки в измерении значения математических ожиданий измерения  $M(\bar{y})$  и оценки  $M(\hat{y})$  равны.

Разработанный метод позволяет улучшить качество получаемых оценок за счет корректировки ошибочных измерений. Процесс корректировки заключается в исключении математического ожидания систематической ошибки из величины измерения. На рис. 19 показано ошибочное измерение до и после

обнаружения и подавления ошибки. Показано, что математическое ожидания (МО) оценки (1) и измерения (2) равны между собой, что не позволяет выявить ошибку. В результате анализа вектора критериев данное измерение идентифицируется как ошибочное. На рис. 20 показаны МО оценки (1), МО измерения (2), разность МО (3).

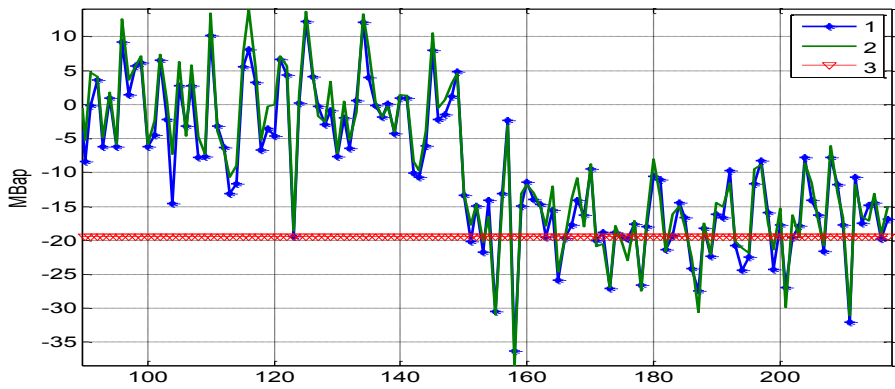


Рис. 19. Поведение значений до и после корректировки (1 – оценка, 2 – измерение, 3 – эталон).

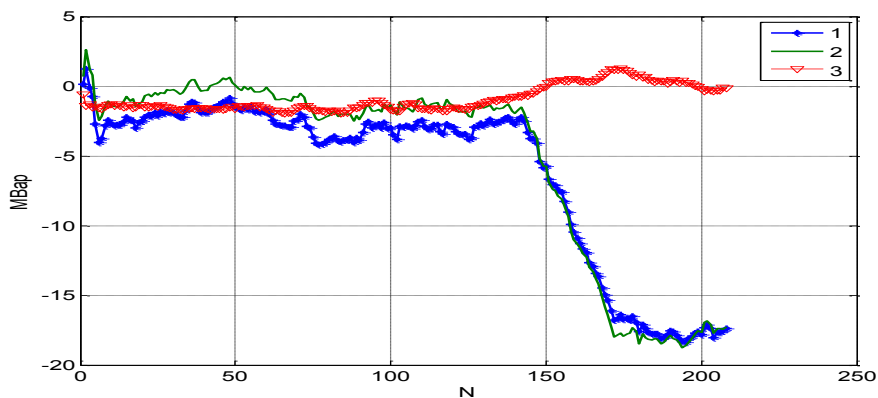


Рис. 20. Поведение значений МО до и после корректировки (1 – МО оценки, 2 – МО ошибочного измерения, 3 – разность МО).

### 2.2.5. Разработан алгоритм выбора минимального числа управляющих воздействий, обеспечивающих выполнение ограничений – неравенств при управлении режимами ЭЭС

*Источники 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»; Грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

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

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Разработан алгоритм выбора минимального числа управляющих воздействий, обеспечивающих выполнение с заданной вероятностью ограничений неравенств, накладываемых на сенсорные и критические переменные. Для выбора управляющих воздействий на основе анализа адресности потокораспределения в электрической сети формируется граф поставок, который содержит пути между узлами или ветвями с управлениями и с каждым узлом или ветвью, в описание которых входит критическая переменная. В качестве переменных выступают генерации реактивной мощности и коэффициенты трансформации. Ранее был предложен и рассмотрен алгоритм, в котором в качестве управлений использовались только генерации активной мощности.

Проверена работоспособность алгоритма для реальных схем ЭЭС. Для схемы содержащей 207 узлов, 224 линии и 32 источника реактивной мощности приведены граф ЭЭС в координатах первых двух сингулярных векторов, позволяющий выделить сенсорные узлы, и граф поставок, содержащий управления, среди которых ищется вариант с минимальным числом управлений, обеспечивающий требуемую вероятность выполнения ограничения неравенства на критическую переменную (рис. 21, 22).

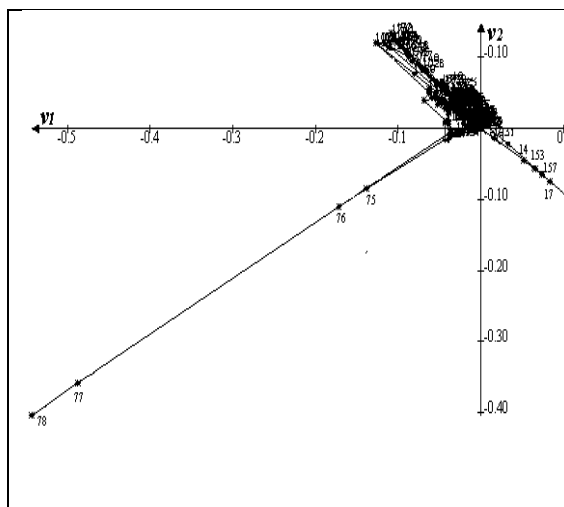


Рис. 21. Проекция графа ЭЭС схемы (207 узлов, 224 линии) на плоскость в координатах первых двух сингулярных векторов  $v_1$  и  $v_2$ , соответствующих узловым напряжениям.

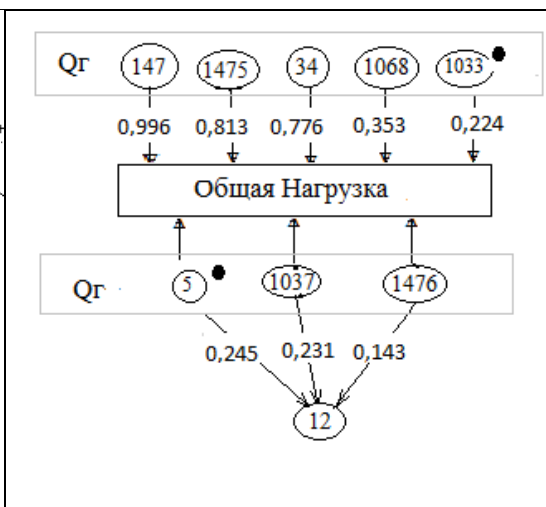


Рис. 22. Граф поставок отображающий адресность участия в покрытии общей нагрузки и нагрузки в узле 12 управлений (генераций реактивной мощности). Точками помечены найденные управления.



## **2.2.6. Разработана интеллектуальная система для предотвращения крупномасштабных аварий в электроэнергетических системах**

*Источник финансирования:* грант Российского научного фонда № 14-19-00054 «Разработка интеллектуальной системы для предотвращения крупных аварий в энергосистемах»

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

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

В последние десятилетия отключения в энергообъединениях (ЭО) Северной Америки, Европы и Азии наглядно демонстрируют увеличение числа крупных системных аварий. Подобные аварии обычно происходят в результате определённых чрезвычайных событий в электроэнергетических системах (ЭЭС). Эти типы нарушений, в большинстве случаев, характеризуются с довольно низкой вероятностью возникновения, но имеют очень высокую социальную цену, так как приводят к огромным экономическим ущербам.

В 2013 г. была предложена концепция интеллектуальной системы, практическая реализация которой позволяет минимизировать угрозы крупномасштабных аварий. Предлагаемая система состоит из двух основных частей:

- предупредительная система на базе моделей машинного обучения для раннего выявления предаварийных состояний в энергосистеме;
- иерархическая мультиагентная автоматика (МАО) для предотвращения каскадного развития аварии.

В 2014 г. разработана программная реализация предлагаемой интеллектуальной системы предотвращения крупных аварий, включающая три компонента:

Блок моделирования – программа, моделирующая динамическое поведение ЭЭС;

Расчётный блок мониторинга, реализующий модель идентификации предаварийных состояний ЭЭС;

Программный блок управления, моделирующий поведение агентов противоаварийной автоматики (ПАА).

Программная реализация системы, объединяет блоки моделирования и мониторинга с агентной платформой и обладает возможностью реализации параллельных вычислений (рис. 23).

Взаимодействие различных программных сред осуществляется с помощью агентов-посредников, которые предоставляют доступ блоков к мультиагентной платформе JADE посредством сетевого интерфейса. В результате удалось объединить программные среды JADE, в которой реализована МАО, и R, в которой разработана предупредительная система мониторинга и оценки режимной надёжности.

Если в расчётном блоке мониторинга модель машинного обучения идентифицирует предаварийное состояние ЭЭС, то посредством специального

R-interface агента (рис. 23) может быть активирована МАА в среде JADE для предотвращения аварийной ситуации и дальнейшего ухудшения режима работы сети.

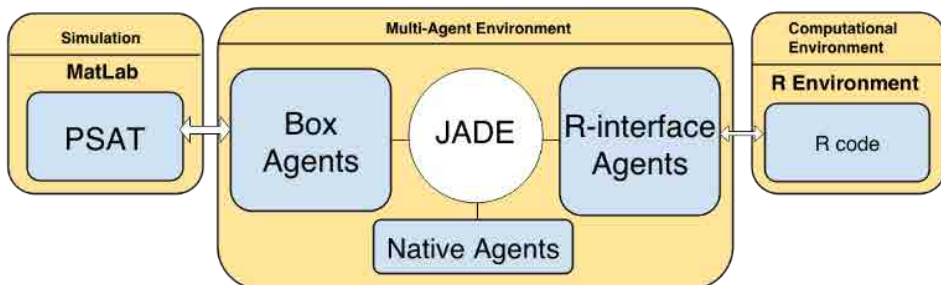


Рис. 23. Общая диаграмма предлагаемого интеллектуального подхода для предотвращения крупномасштабных аварий.

На рис. 24 проиллюстрированы результаты работы предлагаемой интеллектуальной системы при возникновении следующих аварийных возмущений в тестовой схеме:  $t=5$ с. - отключение генератора;  $t=15$ с. - отключение трансформатора.

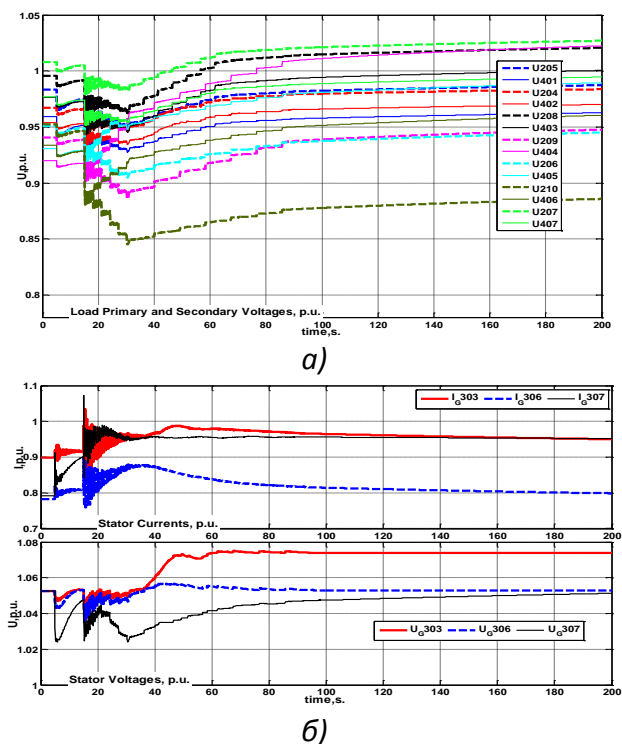


Рис. 24. Изменение параметров режима в 53-узловой электрической сети при реализации аварийного сценария: а) первичные/вторичные напряжения узлов; б) токи и напряжения статора на соответствующих генераторах.

## 2.2.7. Интеллектуальное прогнозирование параметров режима и характеристик электроэнергетических систем

*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»; Грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

*Руководитель работы:* д.т.н. В.Г. Курбацкий

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Многие современные модели не позволяют строить приемлемый прогноз для временных рядов, порожденных нестационарными нелинейными процессами. При разработке систем мониторинга электроэнергетических систем (ЭЭС) актуальной является задача прогнозирования компонент вектора состояния. Для таких временных рядов, как правило, характерно нестационарное поведение, которое сложно прогнозировать.

Предложена новая модификация гибридного подхода краткосрочного прогнозирования параметров режима и характеристик ЭЭС (рис. 25), которая включает следующие блоки:

- *Блок восстановления данных* с применением разновидности метода множественного восстановления – Multivariate Imputation by Chained Equations (MICE);
- *Блок анализа нестационарного временного ряда* на базе преобразования Гильберта-Хуанга – Hilbert-Huang Transform (ННТ)
- *Блок отбора значимых переменных* с применением мер важности на основе алгоритма случайного леса, Random Forest – усредненное уменьшение индекса Джини, усредненное уменьшение точности

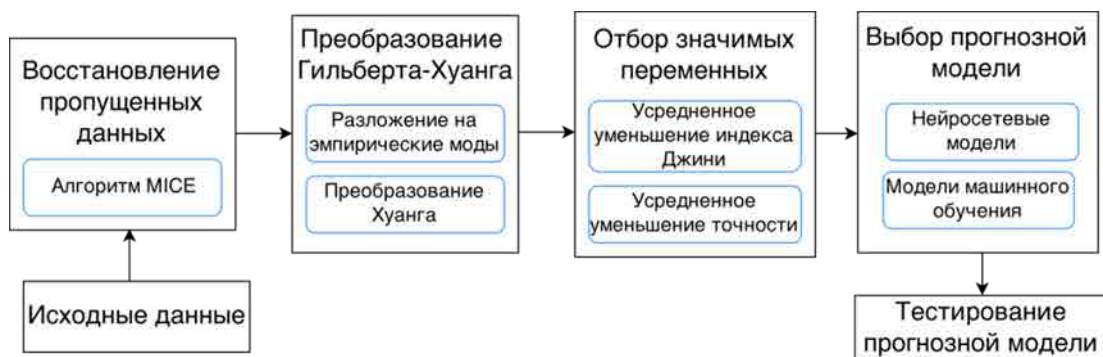


Рис. 25. Общая диаграмма гибридного подхода для создания прогнозных моделей.

- Блок выбора оптимальной прогнозной модели с привлечением нейросетевых моделей (многослойный перцептрон, радиально-базисная сеть) и моделей машинного обучения (машины опорных векторов, модели случайного леса, бустинг деревьев решений).

Предложенный интеллектуальный подход был реализован в программной среде R в виде программного кода. Эффективность данного метода прогнозирования была продемонстрирована в совместном исследовании с Университетом Корка (Ирландия) для краткосрочного прогнозирования скорости ветра (на 4, 6 и 24 часа вперёд) для ветряных электростанций Ирландской энергосистемы на основе данных с буев Атлантического шельфа (рис. 26).

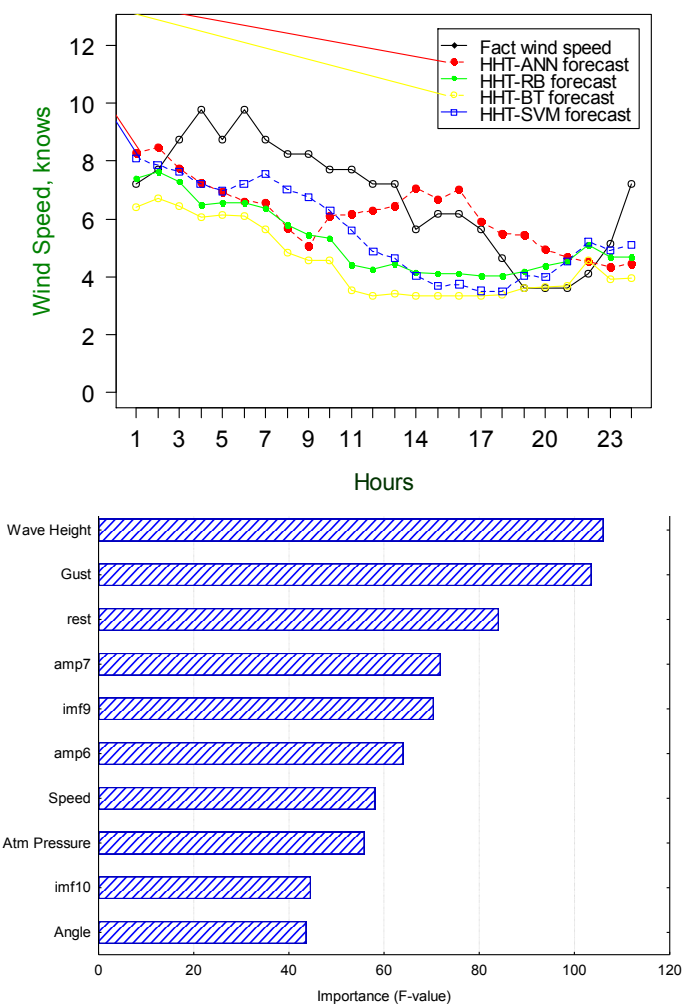


Рис. 26. Результаты тестирования предложенного интеллектуального подхода для прогноза скорости ветра ветропарка станций в регионе Валентия, Ирландия: а) прогноз на 24 часа вперёд на базе различных моделей; б) оценка важности входных переменных при прогнозировании на 4 часа вперёд.

### **2.2.8. Разработка методики обоснования развития основной электрической сети**

*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»; Грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

*Руководитель работы:* к.т.н. В.В. Труфанов

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

В ходе работ по совершенствованию методики перспективного развития основной электрической сети проведены исследования по формированию линейных функций спроса на электроэнергию на основе анализа коэффициентов эластичности групп промышленных потребителей. Проведены практические расчеты по оптимизации основной сети ЕЭС России на перспективу до 2020 г. Сопоставительный анализ результатов расчетов с предложениями по развитию Единой национальной электрической сети ЕЭС России в утвержденной «Схеме и программе развития электроэнергетики ЕЭС России до 2020 года» показал близость этих решений. В тоже время, в расчетах определены некоторые направления развития сети, не отраженные в Схеме (в частности, большее развитие электрических связей Сибири с европейскими районами России).

Продолжалась работа по развитию программно-информационного комплекса оптимизации развития электрических сетей: формирование единой базы данных, перевод комплекса на СУБД MySQL.

### **2.2.9. Разработка методов управления нагрузкой при оптимизации развития электроэнергетических систем**

*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»; Грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

*Руководитель работы:* к.т.н. В.В. Ханаев

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Разработана методика комплексной оптимизации развития электроэнергетических систем (ЭЭС) с учетом осуществляемых у потребителей мероприятий по электросбережению и обеспечению эффективности электропотребления. Это позволило избежать прямого противопоставления управления нагрузкой с наращиванием генерирующих мощностей и рассмотреть их как разумное и сбалансированное дополнение друг другу. Проведен анализ структуры и характера потребителей электроэнергии, позволивший определить ряд высокопотенци-

альных мероприятий по управлению электрической нагрузкой, выполнены оптимизационные расчеты по выбору рациональной структуры ЭЭС по типам оборудования, где выбранные мероприятия рассматривались как один из способов покрытия электрической нагрузки, т.е. сопоставлялись с выработкой электроэнергии на электростанциях. В ходе оптимизационных расчетов получены несколько вариантов развития ЭЭС России. Базовый вариант подразумевал использование только «традиционных» источников электроэнергии. Альтернативные варианты предусматривали частичное «покрытие» нагрузки с помощью перспективных мероприятий по электросбережению и обеспечению эффективности электропотребления, в качестве которых рассматривались:

- замена ламп накаливания на энергоэффективные лампы;
- регулирование бытового электропотребления с помощью теплового аккумулялирования в системах электроотопления;
- регулирование электропотребления промышленных и сельскохозяйственных потребителей;
- применение электромобильного транспорта в качестве потребителей-регуляторов.

Сопоставление базового и альтернативных вариантов развития ЭЭС показало, что управление электрической нагрузкой позволяет достичь значительной экономии по топливу, капиталовложениям и эксплуатационным затратам за счет заметного снижения вводов нового генерирующего оборудования (табл.3).

Таблица 3

**Показатели экономической эффективности использования мероприятий по регулированию электропотребления, 2030 г.**

Показатель	Регион							
	СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	УФО	СФО	ДФО	РФ
Затраты на топливо, млн. долл.	4	17	130	117	-113	107	-138	124
Расход топлива, тыс. тут	-573	117	901	1365	-2545	2364	-2120	-491
Капитальные вложения, млн. долл.	-712	0	0	712	-1871	1398	-3457	-3930
Расчетные затраты, млн. долл.	-134	23	133	260	-488	392	-809	-623

### 2.2.10. Разработка стандартов качества корпоративного управления в российской электроэнергетике

*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»; Грант Президента РФ по поддержке ведущей научной школы НШ-4711.2014.8.

*Руководитель работы:* Г.И. Шевелева

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Определены характерные компоненты стандартов качества корпоративного управления (КУ) из лучшей зарубежной практики, общепризнанные мировым инвестиционным сообществом. Они основаны, главным образом, на компонентах КУ одного из передовых зарубежных аналогов в российской электроэнергетике - ОАО «Э.ОН Россия» и международного рейтингового агентства Standard and Poor's, используемых им при присвоении рейтингов КУ российским компаниям.

Выполнено сопоставление компонентов зарубежной практики КУ с текущей корпоративной практикой в российских генерирующих компаниях электроэнергетики по четырем направлениям: нарушения, отсутствие, специфика, усиление. При *нарушениях* выявлялись не соблюдаемые большинством отраслевых компаний существенные компоненты зарубежного КУ, при *отсутствии* - полностью отсутствующие в отечественных компаниях электроэнергетики компоненты. *Спецификой* определялись характерные нарушения в российских компаниях электроэнергетики, не присущие передовому зарубежному КУ. При *усилении* выявлены недостатки инфорсмент, внешнего корпоративного контроля со стороны российских банков и фондового рынка. Предложены альтернативные направления его осуществления, главным образом, через повышение эффективности и усиление контролирующих функций Советов директоров.

По результатам анализа выявленных несоответствий были разработаны стандарты качества КУ для российских генерирующих компаний (справедливость, прозрачность и ответственность, эффективность и подотчетность Советов директоров, эффективность системы вознаграждений и аудита, добросовестность) и дополнительные компоненты по каждому из этих стандартов. Общая схема разработки стандартов качества КУ для российских компаний электроэнергетики приведена на рис. 27.

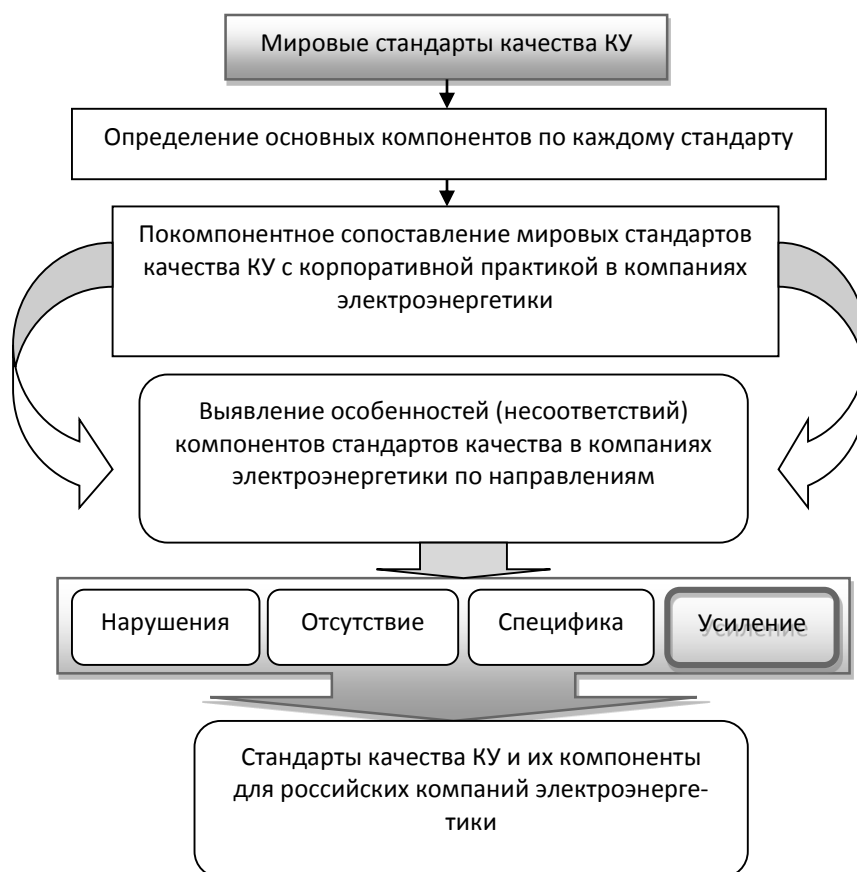


Рис. 27. Схема разработки стандартов качества КУ для российских компаний электроэнергетики.

### 2.2.11. Инновационные направления развития интегрированных систем энергоснабжения города на интеллектуальной основе

*Источник финансирования:* интеграционный проект СО РАН № 145 «Инновационные направления развития интегрированных систем энергоснабжения города на интеллектуальной основе»

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

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Выполнен анализ литературы, рассматривающей проблемы создания интеллектуальных интегрированных систем электроснабжения городов. Существуют различные интегрированные системы электроснабжения в зависимости от назначения, решаемых задач, используемых технологий производства электрической и тепловой энергии, различных видов распределенной генерации, накопителей энергии, интеллектуальных систем управления и т.д.



Самые современные интегрированные системы электроснабжения предназначены для:

- содействия эффективной интеграции возобновляемых энергоресурсов,
- продвижение использования альтернативных источников углерода, таких как природный газ, биомасса, уголь для производства химических продуктов, легко транспортируемых видов топлива,
- уменьшения воздействия на окружающую среду,
- совершенствования управления, как электрической мощностью, так и энергией,
- поддержки интеграции различных энергетических источников и полезных ископаемых внутри существующих энергетической и топливной инфраструктур.

Выполнены исследования аварийных режимов системы электроснабжения района Ново-Ленино г. Иркутска и их влияния на систему теплоснабжения (рис. 28).

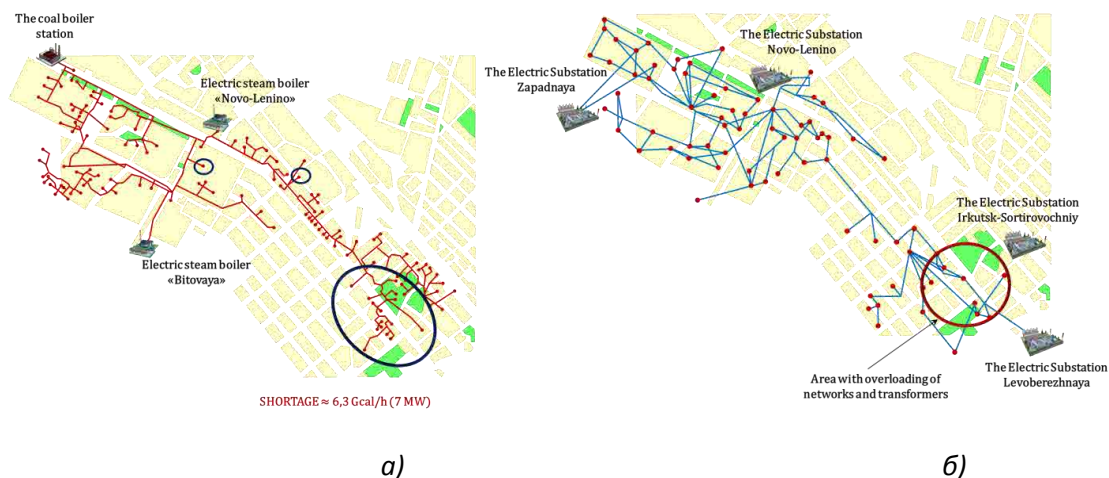


Рис. 28. Системы электро- и теплоснабжения микрорайона «Ново-Ленино» Иркутска при аварийной ситуации: а) система теплоснабжения; б) система электроснабжения.

Сценарий одной из исследованных ситуаций состоит в следующем:

Аварийно отключается электродотельная «Ново-Ленино» тепловой мощностью 80 МВт (рис. 28а).

Тепловая нагрузка распределяется между оставшимися тепловыми источниками – электродотельной «Бытовая» и угольной котельной.

Ограниченные мощности источников тепла и пропускные способности тепловой сети не обеспечивают полное теплоснабжение всех потребителей - дефицит тепла около 10 МВт тепловых; проблемные зоны выделены на рис. 28а.

Тепловые потребители в проблемных зонах включают электрообогреватели.

Электрическая нагрузка в результате возрастает на 7 МВт. На рис.28б выделена зона с перегрузками линий и трансформаторов до 1,5 раз от номинальной пропускной способности линий и мощности трансформаторов.

Зона с перегруженными сетевыми элементами отключается от системы электроснабжения, что приводит к невозможности поддержания допустимой внутренней температуры в жилых домах.

### **2.2.12. Анализ вероятностных характеристик параметров режимов высших гармоник на основе измерений**

*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. Л.И. Коверникова

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Качество электрической энергии, соответствующее установленным требованиям, является ключевой проблемой, которая должна быть решена в интеллектуальных энергетических системах. Одной из самых серьезных проблем в электрических сетях России всех напряжений в области качества электрической энергии является проблема несинусоидальности, т.е. проблема режимов сетей на различных гармониках. Режимы гармоник характеризуются непредсказуемостью. Для управления ими необходимо иметь инструменты анализа - вычислительные программы, использующие в качестве исходных данных нелинейных нагрузок информацию о генерируемых ими токах, измеренных в реальных сетях. На основе измеренной информации должны быть разработаны модели нелинейных нагрузок для расчета параметров режимов гармоник. К настоящему времени выполнен анализ особенностей параметров режимов нелинейных нагрузок, присоединенных к узлам сетей высокого напряжения в состав которых входят тяговые нагрузки, нагрузки алюминиевого завода, целлюлозно-бумажного комбината. Анализ измеренных параметров показывает, что измеренные массивы содержат аномальные элементы, массивы являются нестационарными, корреляционные связи между величинами напряжений гармоник и соответствующими гармоническими токами нагрузок, присоединенных к рассматриваемым узлам, слабые, что подтверждает вероятностный характер параметров режимов. Законы распределения случайных величин гармонических

токов нагрузок и напряжений в узлах, как правило, сложные, очень сильно отличающиеся от известных законов распределения. Очень небольшое число гармонических токов согласуется с законами Гаусса и Релея. На рис. 29 приведены гистограмма тока 11-ой гармоник целлюлозно-бумажного комбината, построенная по измеренным данным, и теоретическая кривая функции плотности распределения при проверке на нормальный закон распределения измеренных данных по критерию согласия Пирсона. Проверка подтвердила распределение токов 11-ой гармоники по нормальному закону.

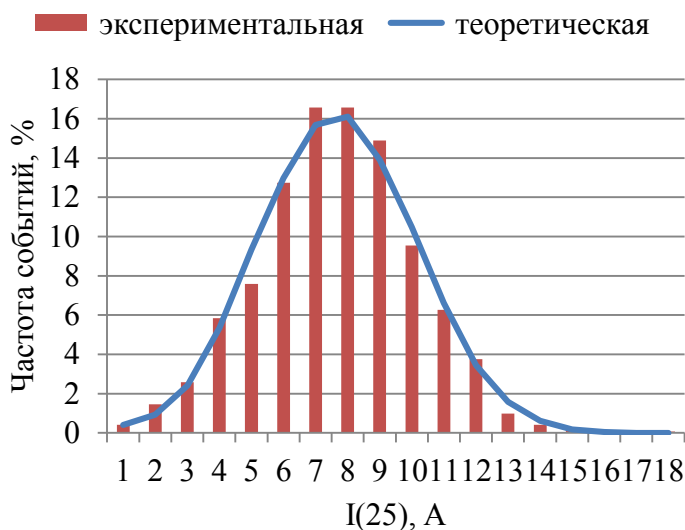


Рис. 29. Экспериментальная и теоретическая функции плотности вероятностей для  $I(25)$ , соответствующие нормальному закону распределения.

### 2.2.13. Разработка принципов построения и алгоритмы распределенной адаптивной специальной автоматики отключения нагрузки

*Источник финансирования:* грант Российского научного фонда № 14-19-00054 «Разработка интеллектуальной системы для предотвращения крупных аварий в энергосистемах»

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

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Выполнен анализ существующих алгоритмов автоматического отключения нагрузки для ликвидации токовой перегрузки (рис. 30) и разработаны принципы и алгоритм интеллектуальной специальной автоматики отключения нагрузки с использованием коэффициентов чувствительности, отвечающие следующим целям: 1) Обеспечение устойчивости работы мощных транзитных электропередач с реализацией балансирующих управляющих воздействий в виде отключения нагрузки в рамках автоматики предотвращения нарушения устой-

чивости; 2) Предотвращение токовой перегрузки элементов контролируемых подсистем с быстрым отключением минимального объема потребителей, достаточного для разгрузки одной или более перегруженных связей.

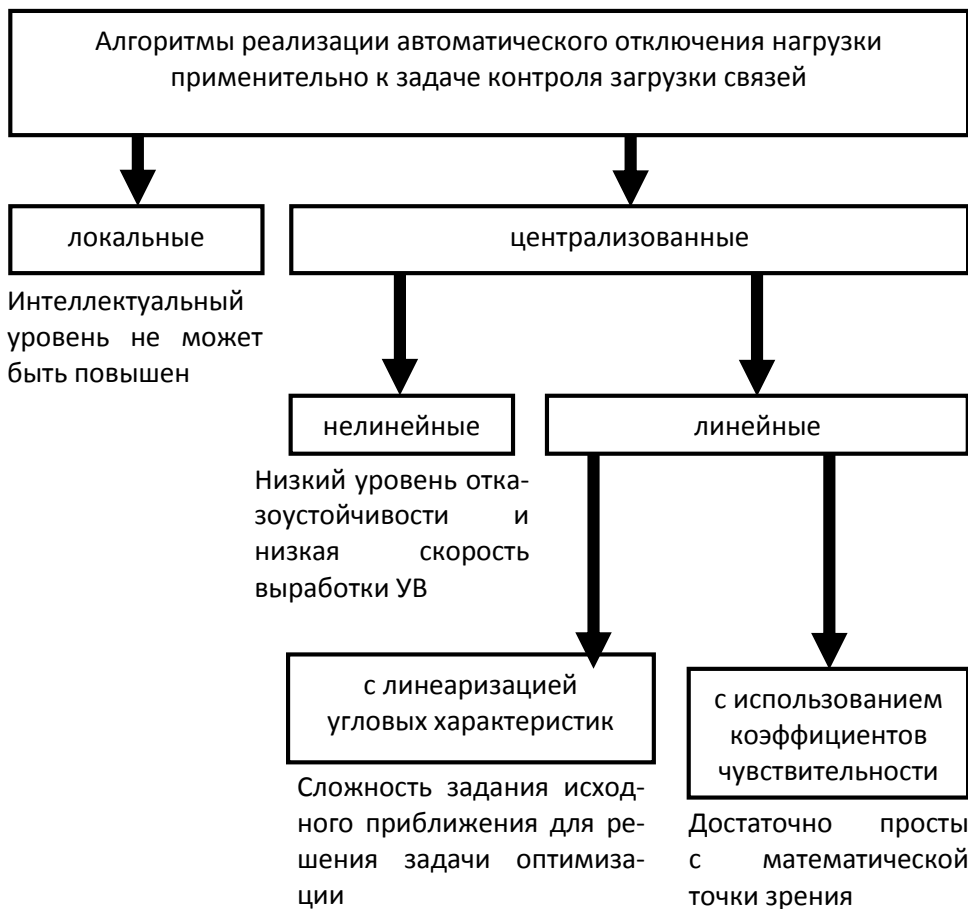


Рис. 30. Структура и краткая характеристика существующих алгоритмов распределенного управления перетоками мощности в ЭЭС.

Массовые расчеты для проверки работоспособности алгоритма на примерах тестовой и реальной схем энергосистем подтвердили, что: 1) Алгоритм обладает высокой отказоустойчивостью и адаптивностью, благодаря чему для формирования управляющих воздействий требуется минимальный объем информации о текущих перетоках и топологии; 2) Результаты работы алгоритма зависят от текущей топологии схемы, а не от режимной ситуации, что позволяет успешно использовать вычисленные off-line коэффициенты; 3) Реализация алгоритма не требует большого объема вычислительных ресурсов, поскольку база коэффициентов может формироваться заранее (без привязки к текущему режиму).

## 2.2.14. Выявление экстремальных режимов по частоте в ЕЭС за 2011-2014 гг.

*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

Экстремальные режимы относятся к маркированным режимам и не учитываются при оценке качества электроэнергии, но учитываются при назначении мероприятий по обеспечению устойчивости системы и предупреждению аварийных режимов. Записи этих режимов регистрируются и сохраняются до 5 лет. Были выделены режимы повышения или понижения частоты более чем на 100 мГц, неустойчивость режима регулирования частоты с размахом колебаний более 200 мГц, колебания частоты связанной с отключением одной из параллельных ЛЭП. Было выявлено 33 режима. Экстремальным является снижение частоты на 1300 мГц произошедшее в 2012 г., которое отражено ниже. Зарегистрированы повышения и понижения частоты более 400 мГц, на которые рассчитаны вращающиеся резервы мощности электростанций (рис. 31).

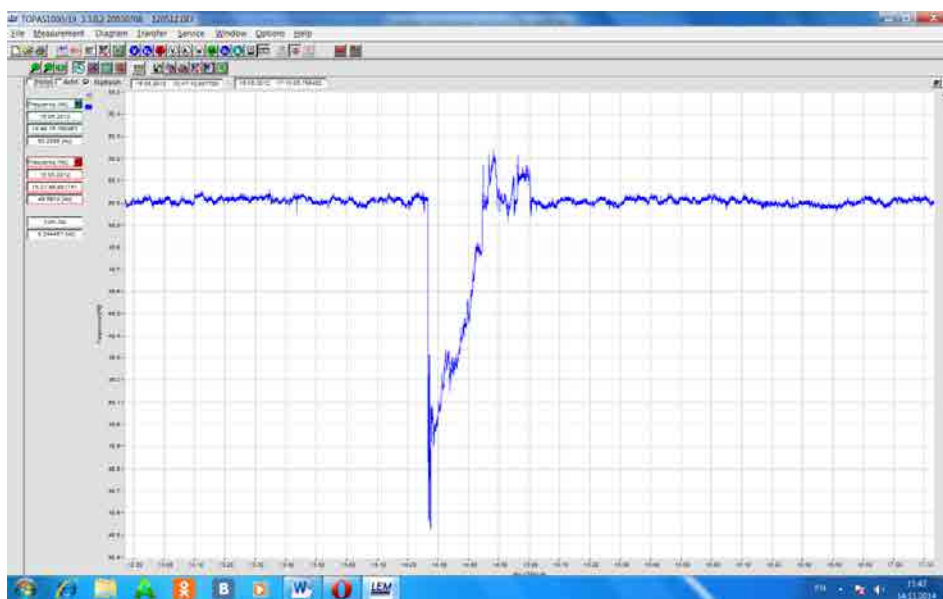


Рис. 31. Осциллограмма частоты в ЕЭС России.

## 2.2.15. Разработана методика среднесрочного планирования режимов электроэнергетических систем (ЭЭС)

*Источник 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:* д.т.н. С.И. Паламарчук

*Подразделение:* отдел электроэнергетических систем

Методика рассматривает две стадии планирования режимов: а) формирование информации о технико-экономических характеристиках генерирующего оборудования; б) планирование выработки электроэнергии в ЭЭС, содержащих ГЭС. Постановка задачи формирования информации отличается использованием двухуровневых оптимизационных задач, моделирующих поведение генерирующих компаний и последующие действия подразделений системного оператора. Совместные решения поставщиков на оптовом рынке формируются при условии достижения равновесия Нэша интересов генерирующих компаний.

Задача планирования выработки электроэнергии сформирована в виде задачи стохастического динамического программирования. Решение задачи использует принцип обратной индукции с формированием функций будущих затрат покупателей на обратном ходе вычислений (рис. 32).

Методика включает разработку алгоритмов и численных методов решения задач. Методика соответствует требованиям среднесрочного планирования электроэнергетических режимов при работе ЭЭС в условиях современных оптовых рынков электроэнергии.



Рис. 32. Взаимодействие задач при планировании электроэнергетических режимов энергосистем.

### **2.2.16. Разработка алгоритма дискретной оптимизации балансовой надёжности электроэнергетических систем**

*Источники финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.3.2. «Методические основы учета фактора надёжности при управлении развитием энергетики», Программа Президиума РАН № 43.

*Руководитель:* д.т.н. Г.Ф. Ковалев

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

Разработана методика и алгоритм дискретной оптимизации балансовой надёжности электроэнергетических систем для решения задачи создания достаточных резервов генерирующей мощности и пропускных способностей связей ЭЭС для покрытия возможного ущерба из-за отказа оборудования. Особое внимание уделено дискретному характеру решаемой задачи, т.к., вводы электроэнергетического оборудования носят дискретный характер. Поставленная задача заключается в поиске минимума затрат на ввод энергетического оборудования при учете требований норматива по балансовой надёжности. Методика базируется на использовании вероятностно взвешенных двойственных оценок для генерирующего оборудования в узлах системы и для связей ЭЭС, получаемых при оценке балансовой надёжности ЭЭС по методу статистических испытаний.

### **2.2.17. Методика оценки режимной надёжности электроэнергетических систем на основе метода статистических испытаний**

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 17.3.2. «Методические основы учета фактора надёжности при управлении развитием энергетики», Программа Президиума РАН № 43.

*Руководитель:* д.т.н. Г.Ф. Ковалев

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

Разработаны методика оценки режимной надёжности ЭЭС, основанная на методе статистических испытаний и соответствующий алгоритм. Методика позволяет выявить «слабые» места в ЭЭС, превентивное воздействие на которые должно привести к минимизации недоотпуска электроэнергии потребителям (рис. 33).

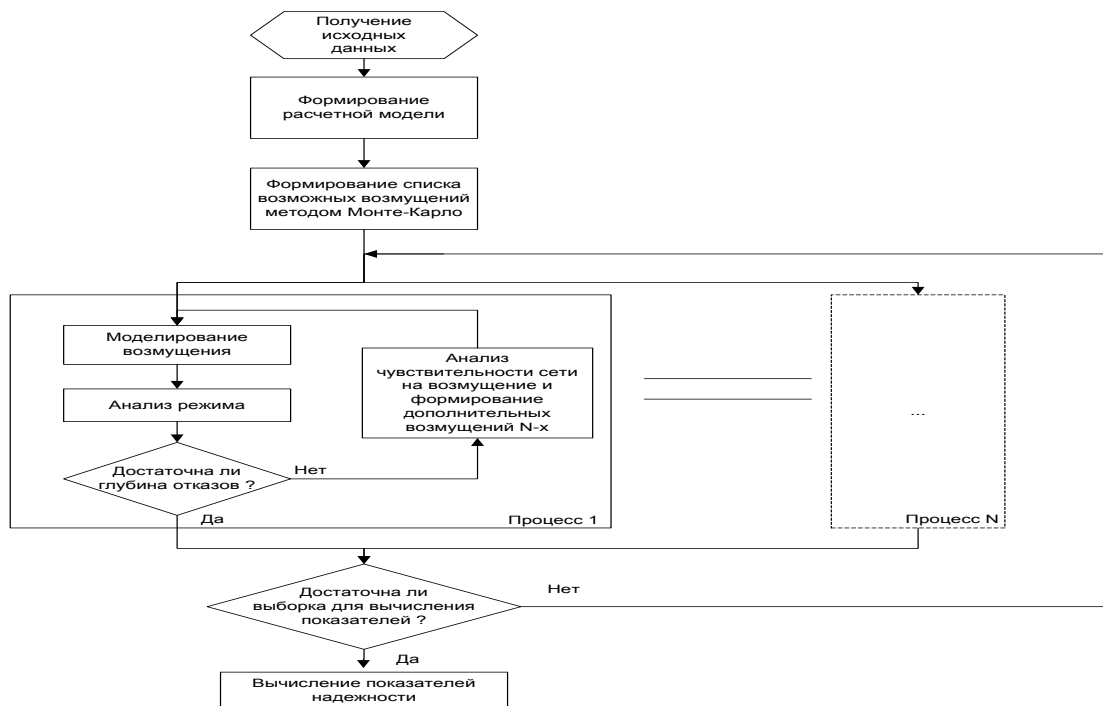


Рис. 33. Укрупнённая блок-схема алгоритма оценки режимной надёжности ЭЭС.

## 2.3. ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

### 2.3.1. Разработана методика количественного анализа управляемости трубопроводных систем

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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. Новицкий Н.Н.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем энергетики

Обеспечение высокой степени режимной управляемости трубопроводных систем (ТПС) – необходимое условие их интеллектуализации. В настоящее время отсутствуют нормативы управляемости и методики количественной оценки этого свойства. На основе исследования этой проблемы были получены следующие результаты.

1. Раскрыт многоаспектный (целевой, временной, пространственный и информационный аспекты) и многофакторный (структура и параметры объекта управления и системы управления, стратегии управления, степень информаци-



онной обеспеченности) характер проблематики управляемости ТПС. На этой основе выполнена структуризация составляющих ее задач анализа и синтеза. Предложено альтернативное определение режимной (технологической) управляемости, как способности системы управления обеспечивать допустимость режимов работы ТПС.

2. Предложены вероятностные модели управляемого потокораспределения в условиях случайных воздействий внешней среды регулярного характера, а также показатель технологической управляемости ТПС, определяемый максимальной вероятностью принадлежности режима допустимой области, которую может обеспечить система управления (рис. 34).

3. Впервые формализована взаимосвязь управляемости и параметрической идентифицируемости, позволяющая количественно оценивать вклад идентифицируемости ТПС в ее управляемость.

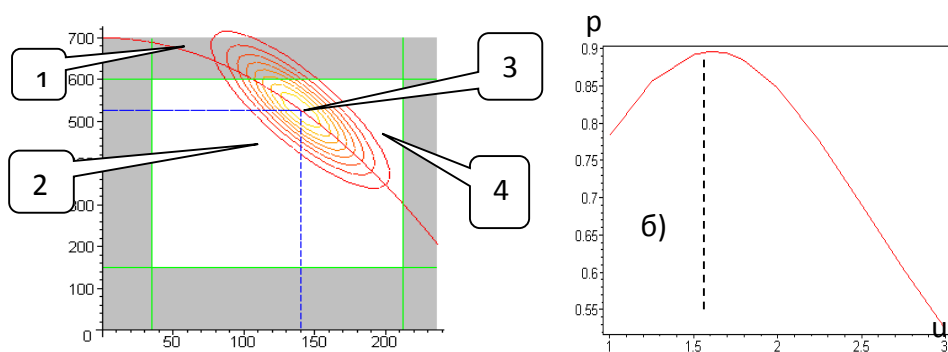


Рис. 34. Иллюстрация вероятностного анализа управляемости: а) область значений параметров режима; б) зависимость вероятности ( $p$ ) принадлежности режима допустимой области от управления ( $u$ ). 1 – детерминированная взаимосвязь параметров режима; 2 – допустимая область; 3 – точка математического ожидания режима; 4 – область случайного отклонения режима.

### 2.3.2. Совершенствование многоуровневого моделирования газоснабжающей системы с учетом требований надежности

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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. Илькевич Н.И.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем энергетики

Разработан многоуровневый методический подход для определения рациональных способов резервирования газоснабжающей системы (ГСС). В соответствии с этим подходом на первом уровне моделируются оптимальные пара-

метры структуры сложной ГСС, на втором – детализируется схема газоснабжения с учетом работы системы в зимний и летний периоды и на третьем – решается двухэтапная задача оптимизации способов резервирования.

Методический подход был апробирован при обосновании рационального развития системы газоснабжения Северо-Западного ФО с учетом сезонной неравномерности и заданной надежности обеспечения газом субъектов Округа в наиболее напряженный зимний период 2030 г. (рис. 35).

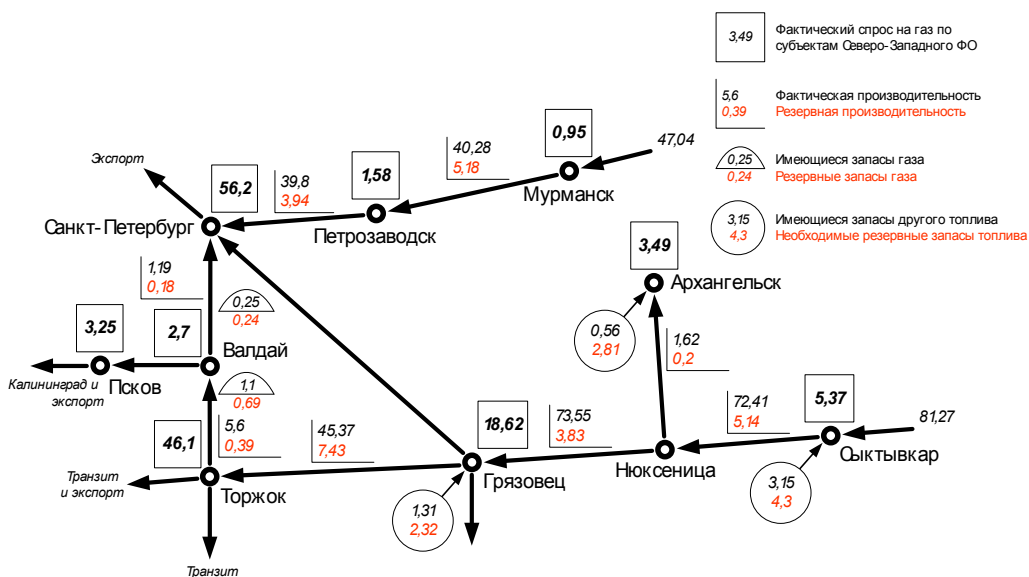


Рис. 35. Оптимальное резервирование системы газоснабжения Северо-Западного ФО в зимний период 2030 г.

На рис. 35 показано, что для того чтобы удовлетворить фактический спрос в газе субъектов Округа с коэффициентом обеспеченности  $K_H = 0,99$  необходимо фактическую производительность магистральных газопроводов (МГ) резервировать соответствующей дополнительной производительностью. Она может быть обеспечена установкой дополнительных газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях соответствующего магистрального газопровода. В рассматриваемой схеме ГСС дополнительная резервная производительность МГ может изменяться от 5 до 15% от фактической производительности для разных участков магистралей.

Дополнительно к запасам газа в подземных хранилищах газа (ПХГ) должны быть созданы резервные запасы других видов топлива у потребителей (например, мазута). Их уровни показаны на рис. 35. В частности, для Архангельска с объемом спроса 3,49 млн. т.у.т. и коэффициентом обеспеченности  $K_H = 0,99$  необходимо к фактической производительности МГ Нюксеница-Архангельск, равной 1,62 млн. т.у.т., добавить резервную производительность в

размере 0,2 млн. т.у.т., и увеличить имеющиеся запасы резервного топлива 0,56 млн. т.у.т. на величину 2,81 млн. т.у.т.

### 2.3.3. Моделирование рационального взаимодействия потребителей и монопольного поставщика природного газа

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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

В работе проанализированы особенности формирования спроса на природный газ в рамках рассредоточенных рынках, а также его добычи и транспорта (предложение) в естественной монополии. Выполнены исследования поведения предприятий добычи и транспорта природного газа в условиях совершенной конкуренции и чистой монополии. Получили дальнейшее развитие модель определения рационального (равновесного) спроса и предложения на природный газ и метод решения экстремальной задачи. Предложенный методический подход был успешно апробирован при исследовании локального рынка газоснабжения Уральского ФО (рис. 36).

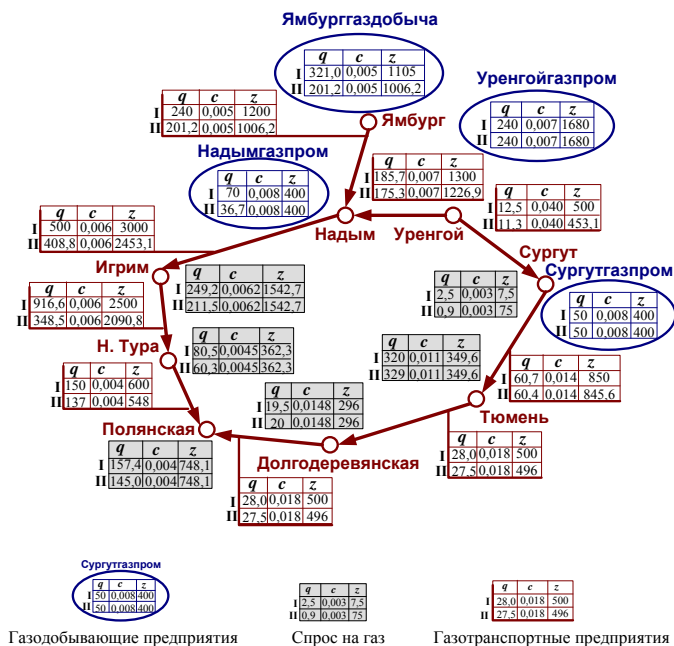


Рис. 36. Результаты моделирования потребителей и поставщиков Уральского ФО.

Таблицы: синие – газодобывающие предприятия; черные – газотранспортные предприятия; красные – спрос на газ

В таблицах: цифра I – желаемые (заявленные) объемы покупки, добычи и транспорта газа, цены и стоимости; цифра II – эти же показатели, полученные в результате оптимизации;  $q$  – объемы потребления, транспорта и добычи газа, млрд.м<sup>3</sup>/год;  $c$  – цена потребления, транспорта и добычи газа, дол/м<sup>3</sup>;  $z$  – стоимость покупки, транспорта и добычи газа (млн. дол./год).

#### **2.3.4. Разработка математических моделей инновационного развития интеллектуальных теплоснабжающих систем**

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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. Стенников В.А.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем энергетики

Проблема инновационного преобразования развивающихся теплоснабжающих систем (ТСС) представляет собой комплекс задач, который включает в свой состав следующие подзадачи: оптимизация структуры системы, выбор оптимальных параметров системы, расчёт показателей надёжности, расчёт нормальных и аварийных режимов, расчёт параметров источников тепла и определение их влияния на окружающую среду, расчёт показателей экономической эффективности полученного решения по системе.

Новые наиболее важные результаты в развитии методического обеспечения для оптимизации параметров сложных ТСС: 1) Новая методика решения задачи, основанная на многоуровневой декомпозиции модели тепловой сети, которая позволяет от исходной задачи перейти к подзадачам меньшей размерности и сложности. 2) Новые алгоритмы численного решения задач оптимизации параметров разветвленных и многоконтурных ТСС на базе методов теории гидравлических цепей, позволяющие решать задачи с применением многоуровневой декомпозиции модели тепловой сети и параллельных вычислений.

В рамках разработанной методики предлагается выделение следующих уровней иерархической модели тепловой сети (рис. 37):

- тепловая сеть в целом;
- подающая и обратная магистрали;
- кольцевая и древовидные части (тупиковые ответвления) подающей и обратной магистралей;
- отдельные элементы тепловой сети (участки, насосные станции и т.д.).

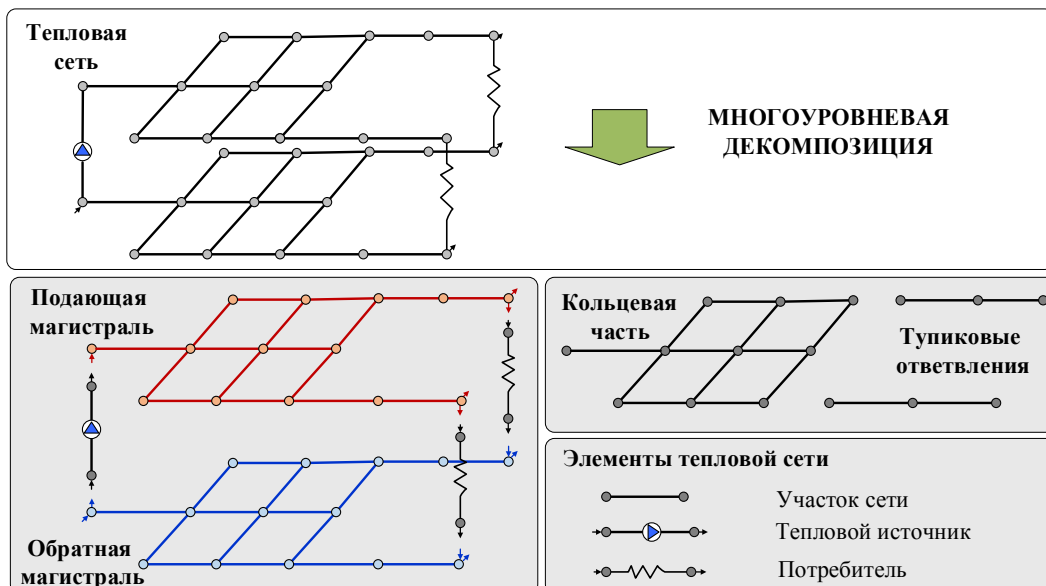


Рис. 37. Уровни иерархической модели тепловой сети.

Разработанные методика и алгоритмы позволяют решать практические задачи оптимизации параметров ТСС большой (реальной) размерности и применяются для оптимизации параметров многоконтурных сетей при решении практических задач оптимального развития ТСС.

### 2.3.5. Практические исследования в области комплексного анализа надежности теплоснабжения

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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. Стенников В.А.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем энергетики

Разработанная методика комплексного анализа надежности теплоснабжения получила дальнейшее развитие и была апробирована при проведении исследований по надежности теплоснабжающей системы (ТСС) г. Шелехова. Она представлена источником тепловой энергии (ИТ) мощностью 440 Гкал/ч (ТЭЦ-5 ОАО «Иркутскэнерго») и тепловой сетью (ТС) протяженностью магистральной части 15,7 км. На рис. 38 показаны расчетные схемы ТСС города и ИТ, а также сформированная путем их объединения расчетная схема для вероятностного моделирования отказов состояний системы.

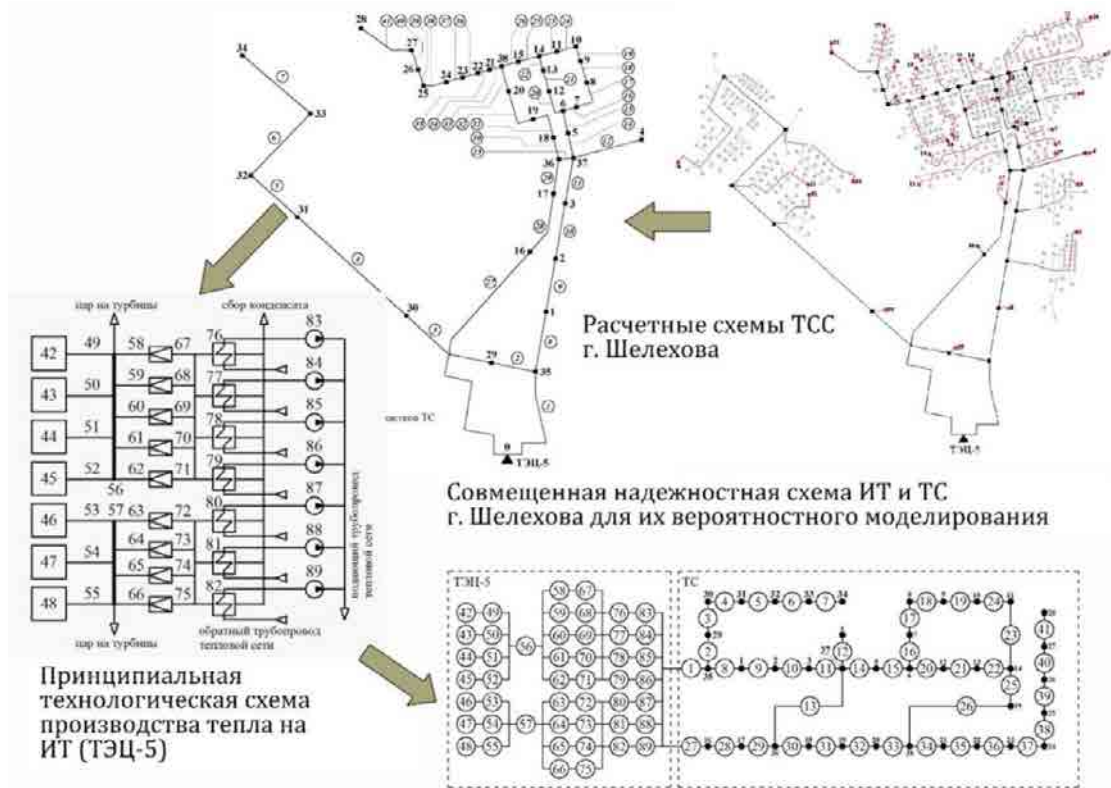


Рис. 38. Расчетные схемы для анализа надежности ТСС г. Шелехова.

По результатам имитационного моделирования топливоснабжения ИТ, проведенного с помощью метода статистических испытаний на базе фактических данных о поставках и потребностях топлива на станции, получены значения возможных дефицитов топлива. Для учета этих дефицитов в общей структуре состояний теплоснабжающего комплекса (ТСК) в граф состояний ТСС, изображенный на рис. 39, добавлены два дополнительных состояния, соответствующие диапазону значений дефицитов топлива. Они выделены красными кружками с номерами 90 и 91 и соответствуют отказам системы топливоснабжения (СТС). Эти состояния сочетаются с отказами ИТ и ТС и расширяют граф новыми группами совместных с этими подсистемами состояний.

Вероятностное моделирование функционирования ТСК г. Шелехова для оценки его надежности осуществлялось с помощью марковской модели в соответствии со структурой состояний и событий, отображенной представленным графом.

Определение уровней подачи тепловой энергии потребителям в различных состояниях осуществлялось путем проведения многовариантных расчетов потокораспределения в ТС с помощью методов теории гидравлических цепей (ТГЦ).

Проведена декомпозиционная оценка надежности по подсистемам ТСК, на основе которой определены степени влияния каждой из них на итоговый уровень надежности теплоснабжения потребителей.

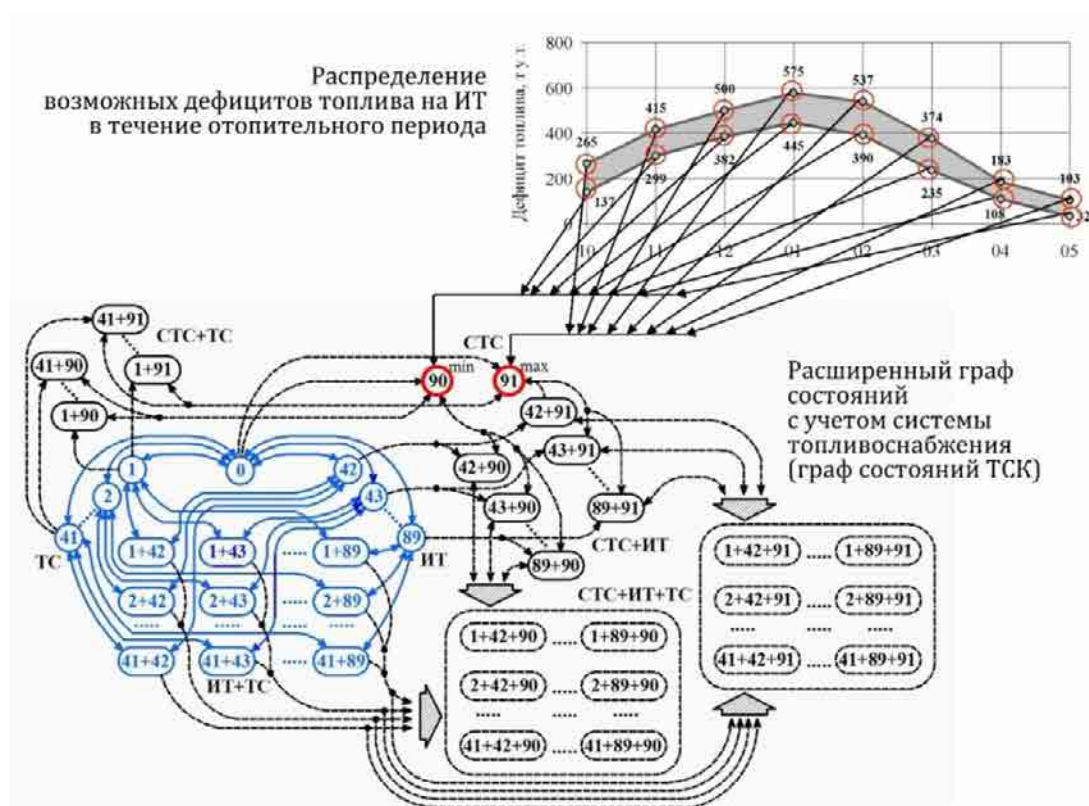


Рис. 39. Граф состояний ТСС г. Шелехова с учетом возможных нарушений топливоснабжения ИТ.

Результаты комплексного и декомпозиционного анализа надежности теплоснабжения потребителей г. Шелехова в обобщенном виде представлены на рис. 40, где даны диапазоны значений коэффициента готовности (K) и вероятности безотказной работы (R) для ТСК и его подсистем. В границах этого диапазона содержатся значения узловых показателей для всех потребителей. Сравнение полученных показателей с нормативами показало, что требования по коэффициенту готовности не выполняются для всех потребителей системы, по вероятности безотказной работы – для 32% потребителей системы. Из рисунка также видно, что наиболее высокие значения показателей надежности соответствуют ИТ. Наибольшая величина коэффициента готовности получена для СТС, вероятности безотказной работы – для ТС.

На основе полученных результатов сформулирован ряд выводов и предложений. В частности, диапазон увеличения коэффициента готовности до нормативного уровня за счет увеличения запасов топлива составляет от 1% до 9,3%



(относительно различных потребителей). Укрупненная оценка необходимых дополнительных запасов топлива дает в среднем (для обеспечения расчетного уровня коэффициента готовности всех потребителей) значение около 5% от существующего уровня.

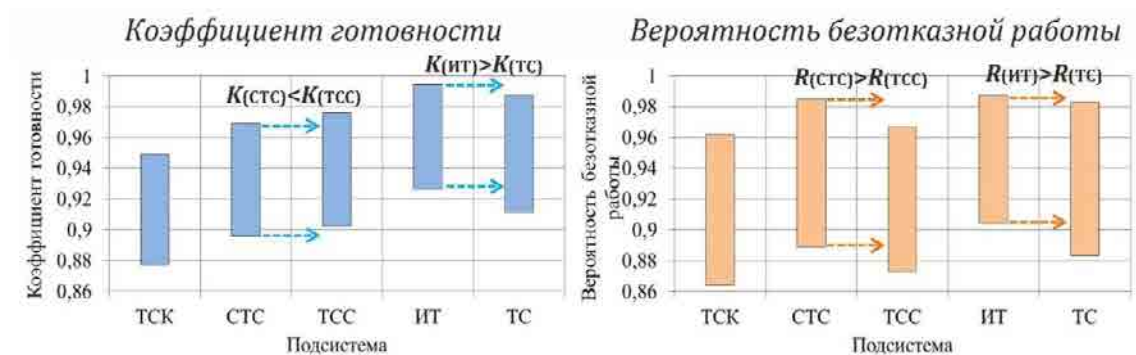


Рис. 40. Обобщенный результат комплексного анализа надежности теплоснабжения потребителей г. Шелехова.

Кoeffициент готовности, рассчитанный относительно ИТ, имеет самые высокие значения из всех подсистем ТСК, а для некоторых потребителей соответствует нормативу. Достижение требуемого уровня коэффициента готовности ИТ потребует незначительного усиления некоторых элементов схемы ИТ (проведение мероприятий по резервированию схемы ИТ, снижающих интенсивность отказа его основных элементов на 5-10%).

Декомпозиция ПН показала, что менее надежной подсистемой является ТС, которой соответствуют более низкие по сравнению с ИТ значения коэффициента готовности и вероятности безотказной работы. В связи с этим, одно из основных направлений повышения надежности ТСС должно быть связано с реализацией комплекса мероприятий по элементному и структурному резервированию ТС.

Представленные результаты анализа надежности теплоснабжения г. Шелехова направлены на формирование рекомендаций для принятия дальнейших решений по оптимальному соотношению мер повышения надежности подсистем ТСК. Рациональное распределение надежности как по подсистемам ТСК, так и по способам ее обеспечения представляет собой комплекс специальных задач синтеза надежности.

### 2.3.6. Равновесное моделирование рынка тепловой энергии в условиях организационной модели «Единая теплоснабжающая организация»

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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. Стенников В.А.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем

Разработана оригинальная равновесная математическая модель теплоснабжающей системы, действующей в условиях организационной модели «Единая теплоснабжающая организация» (ЕТО). Она базируется на основополагающих принципах теории игр, микроэкономики и методах теории гидравлических цепей. В ее основе лежит принцип равновесия спроса и предложения на тепловую энергию за любой рассматриваемый период времени. Отличительной особенностью разработанной математической модели является то, что она наряду с источниками тепловой энергии описывает тепловые сети со всеми их физико-техническими свойствами, а также учитывает технико-экономические факторы, связанные с затратами на производство и транспорт тепловой энергии. Предложенный методический подход для решения задач развития теплоснабжающих систем обеспечивает поиск наилучшего распределения тепловой нагрузки между источниками (если на рассматриваемом рынке присутствуют два и более источника тепла) тепловой энергии, обеспечивающего заданный спрос на тепловую энергию со стороны потребителей с учетом получения ЕТО максимальной прибыли в рассматриваемый период времени. Именно это является действенным механизмом, стимулирующим пресективное развитие теплоисточников и тепловых сетей. Вычислительный процесс поиска оптимального распределения тепловых нагрузок между теплоисточниками согласно предложенному методическому подходу, основанному на нахождении равновесия спроса и предложения показан на рис. 41. Для представленной на рисунке теплоснабжающей системы с двумя источниками тепловой энергии работающими на единые тепловые сети в условиях модели ЕТО, на графике справа проиллюстрирован процесс поиска оптимальных нагрузок источников, на графике а) слева процедура определения оптимального ценового равновесия. При этом точка равновесия (F) соответствует минимуму средних затрат по системе, соответствующему точке А. На графике б) показана функция изменения суммарных затрат, выручки и получаемой прибыли поставщиков тепла в зависимости от распределения нагрузок между теплоисточниками. Из него видно, что точка равновесия спроса и предложения (F) соответствует максимальной прибыли (PR) поставщиков тепла.

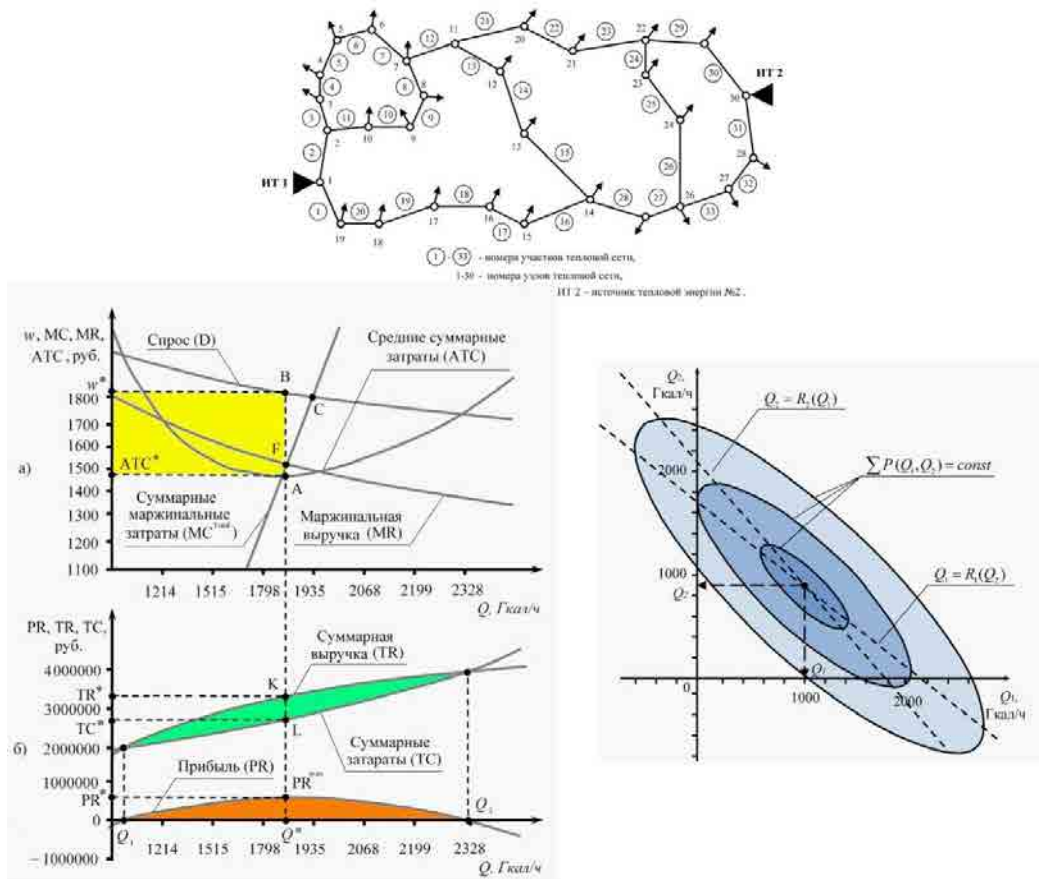


Рис. 41. Поиск равновесия на рынке тепловой энергии в условиях организационной модели «Единая теплоснабжающая организация».

### 2.3.7. Методика обоснования зонирования территории населенных пунктов и уровней централизации теплоснабжения

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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. Стенников В.А.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем

Разработана методика для решения задач зонирования территории на централизованное и децентрализованное теплоснабжение и определения оптимальных уровней централизации теплоснабжающих систем. Она базируется на методах и алгоритмах теории гидравлических цепей и является естественным продолжением ее развития. Методика может применяться на предпро-

ектном уровне при разработке планов детальной планировки населенных пунктов, для выделения зон централизованного теплоснабжения (ЦТ) и децентрализованного теплоснабжения (ДЦТ) и предварительного определения мест размещения источников тепла в зоне ЦТ. Кроме того, применение данной методики значительно сокращает размерность задач, возникающих в дальнейшем при развитии и реконструкции теплоснабжающих систем. Для существующих систем методика позволяет оценить эффективность расширения зоны действия ИТ при появлении новых потребителей, либо целесообразность разукрупнения системы.

Методика представляет собой двухэтапный процесс: на первом этапе которого решается задача зонирования территории по типу теплоснабжения с выделением зон ЦТ и ДЦТ; на втором этапе оценивается уровень централизации систем и определяется его целесообразность с возможностью сохранения существующих зон действия теплоисточников, либо их разделение на несколько, со снабжением каждой из них от своего теплоисточника. Принципиальная схема методики приведена на рис. 42.

Методика включает следующие этапы:

1. Подготовка исходной информации (территория районов, тип застройки, подключенные нагрузки потребителей, информация о существующих тепловых сетях и ИТ).

2. Расчет нормативного значения  $q_s$  плотности тепловой нагрузки (ПТН) на единицу площади территории.

3. Расчет фактического значения ПТН для территории населенного пункта/ отдельных районов населенного пункта.

4. Оценка полученных фактических значений ПТН относительно нормативной величины  $q_s$ .

4.1. При фактическом ПТН больше нормативной величины рассматриваемый район относят к зоне централизованного теплоснабжения ЦТ.

4.2. При фактическом ПТН ниже нормативной величины рассматриваемый район относят к зоне децентрализованного теплоснабжения ДЦТ.

5. В зоне централизованного теплоснабжения рассчитывается потокораспределение, выделяются основные тепломагистрали, определяется их протяженность и рассчитывается фактический показатель линейной плотности нагрузки (ЛПН).

6. Оценка технико-экономических показателей существующих источников и предварительное определение мест расположения, типа и мощности новых источников, а также их основных показателей.

7. Расчет нормативного значения  $q_l$  плотности тепловой нагрузки на единицу длины трубопровода (ЛПН) для планируемого/существующего источника теплоснабжения.

8. Расчет фактического значения ЛПН для планируемого/ существующего источника теплоснабжения.

9. Оценка полученных фактических значений ЛПН относительно нормативной величины  $q_L$ .

9.1. При фактическом ЛПН больше нормативной величины рассматриваемые потребители относятся к зоне обслуживания заданного источника тепла.

9.2. При фактическом ЛПН ниже нормативной величины проводится разукрупнение системы: рассчитывается показатель ЛПН при последовательном отключении наиболее удаленных потребителей (вернуться к п.8).

10. При необходимости разукрупнения системы вернуться к пункту 5 и провести расчет для отключенных в п. 9.2 потребителей.

Общий алгоритм решения задачи зонирования территории и определения рациональных масштабов системы при планировании теплоснабжения, а также результаты выполненных исследований для г. Иркутска представлены на рис. 42.

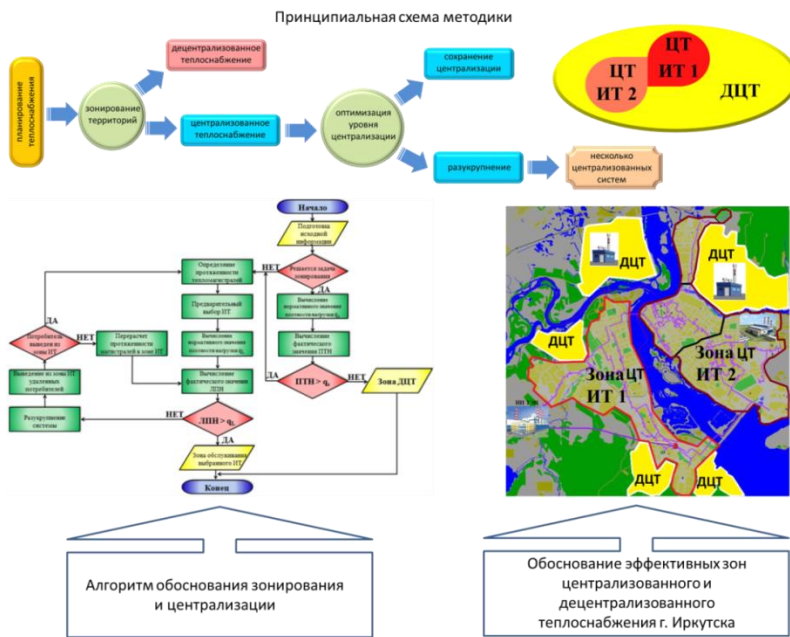


Рис. 42. Принципиальная схема и алгоритм методики обоснования зонирования территорий населенных пунктов и уровней централизации теплоснабжения.

### **2.3.8. Построение и анализ математических моделей наилучшего приближения для разномасштабных и неравномерных временных рядов на ретроспективном отрезке времени**

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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. Стенников В.А.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем

Целью данной работы является установление зависимостей изменения основных технических и экономических показателей в теплоснабжении, что позволит создать инструмент для прогнозирования развития отрасли и отдельных показателей. Зависимость показателей друг от друга определяется с помощью уравнений линейной регрессии.

Настоящая работа посвящена обработке информации, представленной временными рядами, в приложении к построению математических моделей динамических процессов. Под динамическими процессами подразумеваются процессы, параметры которых изменяются во времени и могут наблюдаться посредством измерений. Одной из задач при изучении динамических процессов является задача расчетного определения прогнозных значений параметров, для ее решения необходим специальный математический инструмент. Если анализ временных рядов технических объектов, можно осуществлять на базе определенных физических, химических и других законов и формулировать математические модели процессов, протекающих в них, то для социальных, экономических и подобных им объектов, основной информацией являются временные ряды и некоторые качественные законы развития. Это требует более тщательного анализа временных рядов, построение моделей, максимально учитывающих тенденции, выявленные в результате анализа и описания процессов. Соответственно этим задачам, привлекается разнообразный математический аппарат и методы численного анализа.

В представляемой работе даны реализации с применением математического пакета Maple в виде фрагментов программ. На рис. 43 представлены диалоговые окна программы с выполненными расчетами.

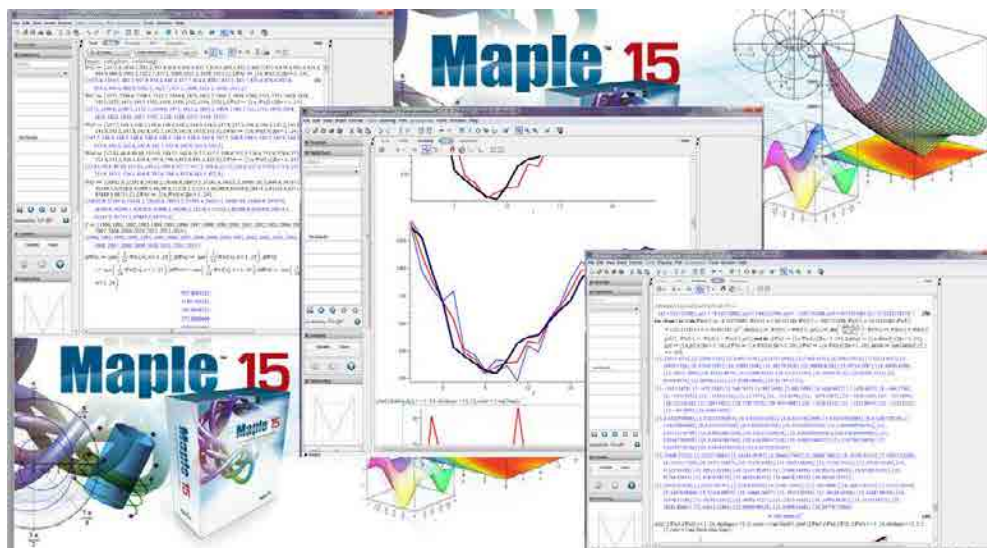


Рис. 43. Диалоговые окна программы Maple с выполненными расчетами.

### 2.3.9. Разработка Информационно-вычислительной системы для решения задач развития теплового хозяйства страны и регионов с использованием ГИС

*Источники финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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. Стенников В.А.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем

Для решения задач анализа и мониторинга теплоснабжения страны и регионов разработана специализированная информационно-вычислительная система (ИВС).

Основная задача ИВС – представление статистической информации в табличном и графическом виде для осуществления различных выборок, сортировки, агрегирования и расчета отдельных показателей, отражающих ситуацию по теплоснабжению в стране и ее регионах.

ИВС состоит из четырех независимых подсистем, изображенных на рис. 44:

- Подсистема массовой загрузки данных (ETL) считывает различные источники статистической информации и преобразует их в единую структуру базы данных (БД). Одновременно с этим проверяется целостность информации.

- Подсистема представления данных позволяет просматривать и агрегировать необходимые объекты теплоэнергетики и их параметры, с помощью графического интерфейса.
- Подсистема обработки и анализа позволяет проводить редактирование и различные вычисления над параметрами объектов теплоэнергетики и агрегированными данными.
- Подсистема геокодирования отображает на интерактивной карте объекты теплоэнергетики, субъекты РФ и их параметры, получаемые из подсистемы представления данных или из подсистемы обработки и анализа.

При разработке ИВС используются совместно Delphi и Java-технологии построения программных комплексов. Также применяются API-Google для отображения гео-пространственных данных из БД.

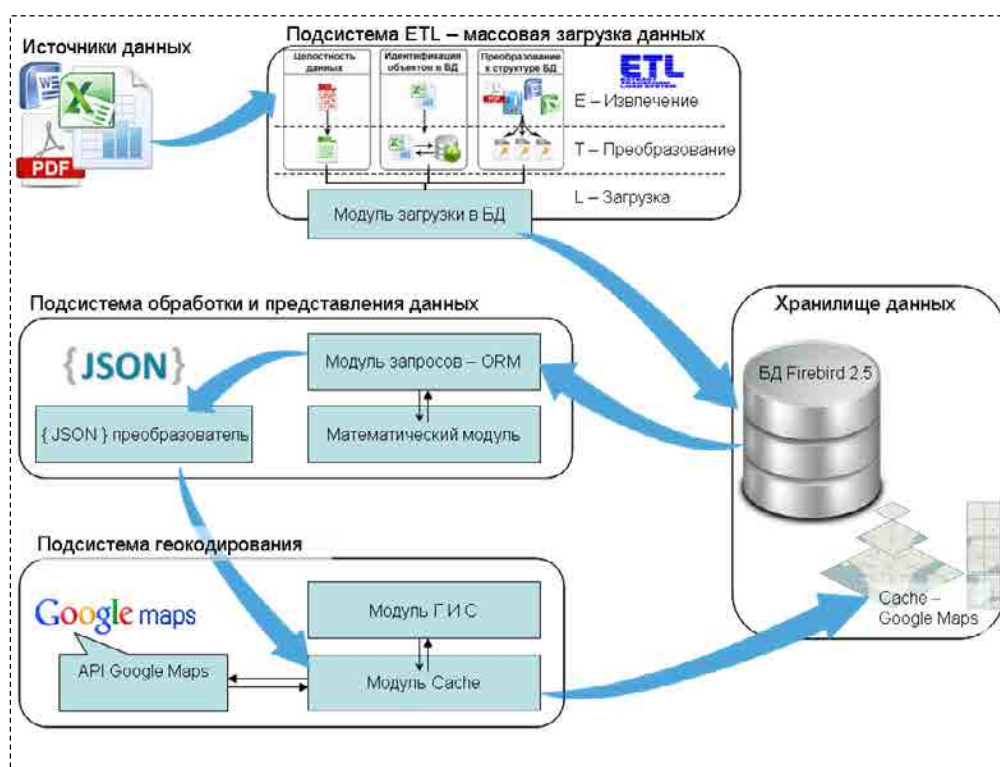


Рис. 44. Схема программных блоков ИВС.

Общие принципы разработки ИВС заключаются в следующем:

- 1) Спроектирована и разработана база данных на СУБД Firebird, объектами которой являются:
  - территориально-административные единицы РФ (федеральные округа, экономические районы, области и населенные пункты)

- территориально-генерирующие компании
- промышленные предприятия – потребители тепло- и электроэнергии
- тепло- и электрогенерирующие установки (ТЭС и котельные, ГЭС, ГРЭС, ВЭС, АЭС и др.)

Записи в БД представлены в виде таблиц, которые включают в себя набор показателей, и их значения, указанные в определенные промежутки времени: с 1990- года по настоящий день.

2) Разработаны автоматизированные модули ИВС, предназначенные для наполнения и редактирования объектов БД. Источниками наполнения БД могут быть:

- отчетные статистические таблицы о работе ТЭС, принадлежащих различным регионам и ведомствам
- характеристики оборудования ТЭС – типы турбин, виды топлива, на котором работает станция, установленная мощность
- отчетные данные о работе котельных и видах потребляемого топлива
- социально-экономические показатели регионов – динамика изменения численности населения, количества крупных предприятий-потребителей
- климатические данные, необходимые для прогнозирования теплопотребления регионов России
- данные о местности – топологические карты, карты со спутников компании Google Inc., векторные карты)
- балансы производства и потребления тепло- и электроэнергии по России в целом, экономическим регионам и областям.

Значения параметров объектов теплоснабжения могут быть представлены в интерфейсе пользователя ИВС за любой из представленных в ней год, они могут агрегироваться на каждом из вышеперечисленных уровней – на уровне объекта теплоснабжения или же на уровне города, области / края / республики, федерального округа или всей России в целом.

### **2.3.10. Разработка эскизного проекта водогрейного котла мощностью 1 Гкал/ч**

*Источники финансирования:* Госконтракт ЗАО «Стройсервис»

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

*Подразделение:* научно-технический центр энергосбережения

Разработана конструкция водогрейного котла мощностью 1 Гкал/ч, предназначенного для работы на низкокачественных бурых углях Восточной Сибири. В конструкции котла реализованы принципы высокоэффективной работы малых угольных котлов, сформулированные в рамках научных исследований лабора-



тории и апробированные многолетней практикой. Общий вид котла представлен на рис. 45.

В топочной камере предусмотрены подвесные теплоотражающие своды. За счёт использования огнеупорного материала обеспечивается дополнительный прогрев слоя топлива, более быстрое его просушивание и более полное выгорание коксового остатка. Также подвесные своды организуют пережим в топочном пространстве, за счёт чего турбулизируется поток газов, улучшается перемешивание продуктов сгорания с воздухом, увеличивается время нахождения газов в топочной камере, интенсифицируется процесс горения и, соответственно, повышается полнота сгорания топлива. Конструкция котла обеспечивает оптимальные скорости воды в трубах, за счёт чего снижается возможность пережога труб и появляется возможность длительной надёжной эксплуатации при использовании неподготовленной воды. Эти и другие принципы позволяют получить высокую эффективность и надёжность работы котла в реальных условиях эксплуатации.

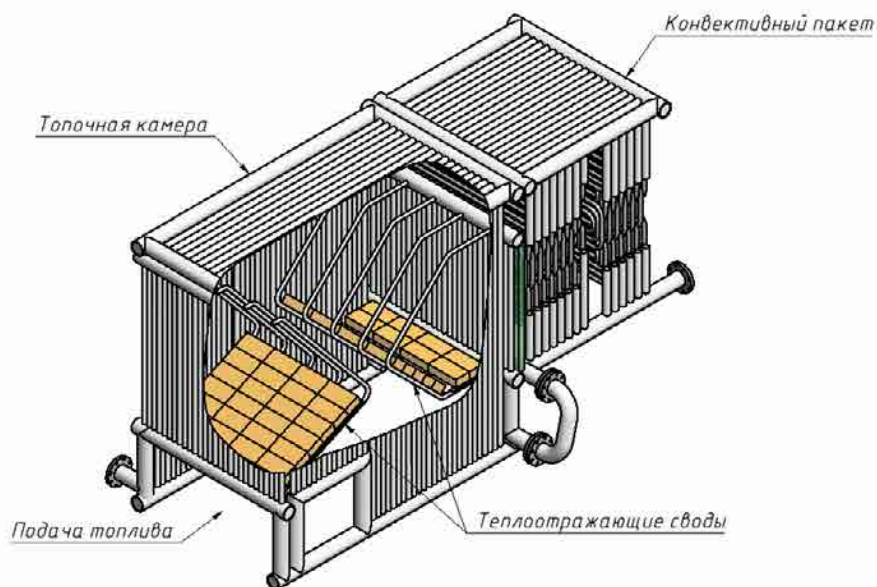


Рис. 45. Общий вид котла.

В настоящее время на базе ЗАО «Стройсервис» организуется производство опытного образца. После изготовления котёл будет установлен в котельной ЗАО «Стройсервис», после чего планируется проведение теплотехнических испытаний для установления фактических характеристик работы котла.

## 2.4. РАЗВИТИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

### 2.4.1. Топливо-энергетические балансы Китая для четырёх макроэкономических регионов и четырёх приграничных с Россией провинций Китая на период до 2035 г.

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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

На основе прогноза темпов развития экономики Китая и его регионов (рис. 46) разработаны предварительные балансы для четырёх макроэкономических регионов и четырёх приграничных с Россией провинций Китая на период до 2035 г. Кроме того, для оценки импортной ниши для российских энергоресурсов в Китае выполнен анализ реформирования институтов внутреннего ценообразования на уголь и газ в Китае, и на региональной основе даны прогнозы цен на уголь и газ.

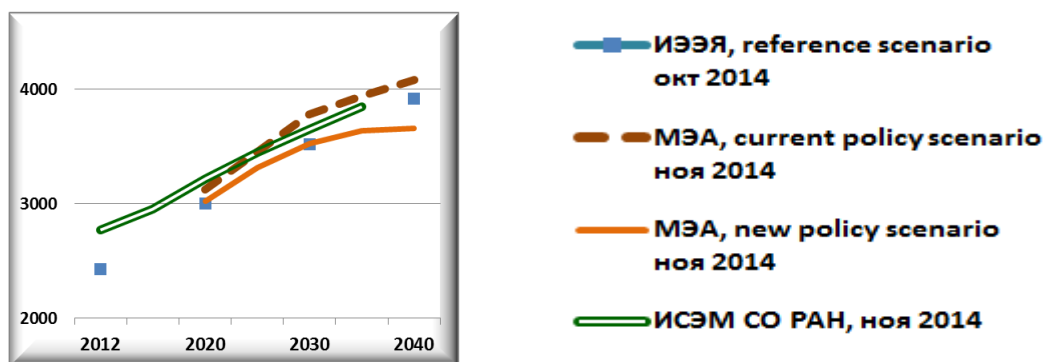


Рис. 46. Сравнение прогнозов конечного потребления энергии в Китае на период до 2040 г.

### 2.4.2. Прогноз поставок российских энергоресурсов на рынки стран СВА и их влияние на роль восточных регионов в ТЭК страны

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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:* к.т.н. Лагерева А.В.

*Подразделение:* отдел комплексных и региональных проблем энергетики

Для двух сценариев развития экономики России (базового и умеренно-оптимистического) дается оценка перспективных поставок российских энерго-ресурсов на рынки стран СВА в период до 2035 г.

Исследования показали: в рассматриваемый период будет отмечаться тенденция опережающего роста экспорта российских энергоресурсов в восточном направлении (рис. 47).

Прогнозируется, что объем экспорта энергоресурсов в восточном направлении к 2025 г. может увеличиться в 2,4-2,7 раза и составит 320-365 млн т у.т. и в 2,6-2,9 раза к 2035 г. и достигнет 355-400 млн т у.т.

При этом доля восточного направления:

- в экспорте нефти и нефтепродуктов из России увеличится с 14% в 2013 г. до 27-29% к 2025 г. и до 33-34% к 2035 г.,
- в экспорте природного газа – с 6% до 36-41% и 37-39%,
- в экспорте угля – с 42% до 48-55% и 55-60%,
- в экспорте электроэнергии – с 25% до 30-45% и 30-68%.

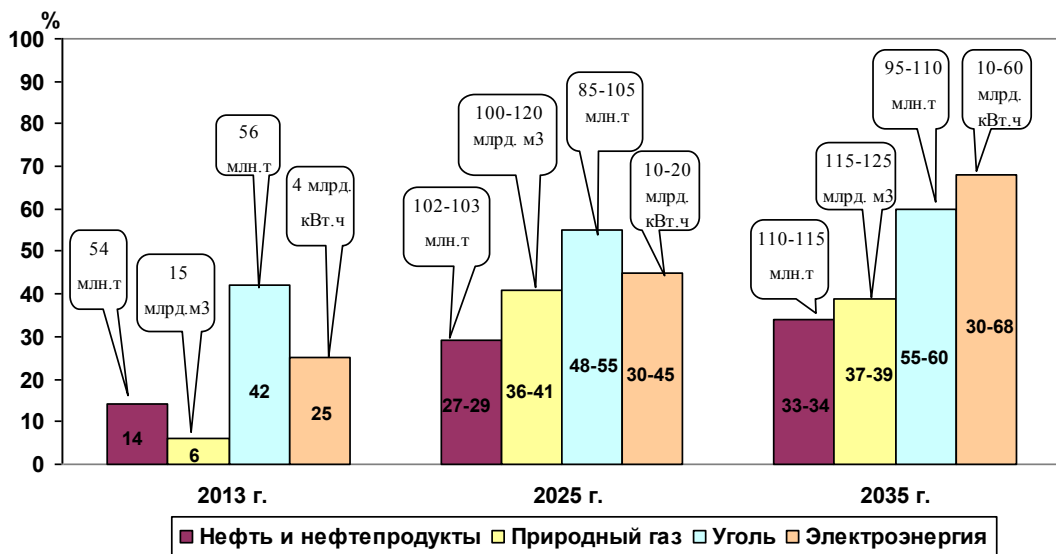


Рис. 47. Доля восточного направления в экспорте топливно-энергетических ресурсов из России.

В результате доля восточных регионов (рис. 48):

- в добыче нефти в стране возрастет с 10% в 2013 г. до 18% к 2025 г. и 21-23% к 2035 г.;
- в добыче природного газа - с 6% до 13-14% и 14-15%;
- в добыче угля - с 35% до 42-45% и 46-49%.

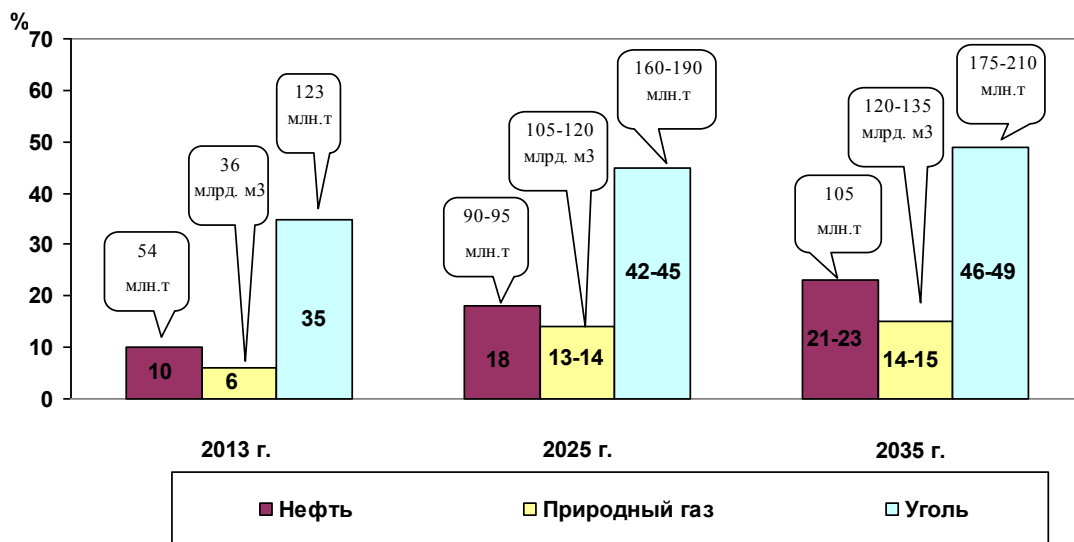


Рис. 48. Доля восточных регионов в добыче (производстве) топливно-энергетических ресурсов в России.

### 2.4.3. Разработка модели прогнозирования развития хозяйственного комплекса в регионально-отраслевом разрезе России или регионов.

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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:* с.н.с. Корнеев А.Г.

*Подразделение:* отдел комплексных и региональных проблем энергетики

Разработанная модель развития хозяйственного комплекса в регионально-отраслевом разрезе России или регионов, как на уровне федеральных округов, так и отдельных субъектов РФ, предназначена для оценки социально-экономических последствий от различных стратегий развития ТЭК и позволяет прогнозировать в долгосрочной перспективе до 15, 20 и более лет:

- производство валового выпуска продукции и валового регионального продукта по видам деятельности России и регионов;
- потребность в энергетических ресурсах и объёмы их производства;
- потребность в трудовых ресурсах;
- налоговые доходы от энергетических видов деятельности и другие экономические показатели.

Укрупнённая схема внутреннего содержания модели и расчётный механизм приведены на рис. 49.

Основные элементы новизны модели, позволяющие обеспечить её корректной исходной информацией и упростить расчётную схему:

- валовой выпуск продукции прогнозируется по эластичности к инвестициям;
- в модель заложены, в качестве исходных, нормативы эластичности по видам деятельности ( $k_i$ ), полученные по ретроспективным данным и характеризующиеся устойчивостью во времени;
- энергопотребление по видам энергии в натуральном выражении прогнозируется по темпам роста материальных затрат в денежном выражении.



Рис. 49. Укрупнённая схема модели прогнозирования развития хозяйственного комплекса.

#### 2.4.4. Разработка информационной системы для исследования развития угольной промышленности России и ее восточных регионов

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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. Соколов А.Д.

*Подразделение:* отдел комплексных и региональных проблем энергетики

Для решения задач мониторинга и исследования перспектив развития угольной промышленности России в целом и ее восточных регионов создана информационная система (ИС) «УГОЛЬ» (рис. 50).

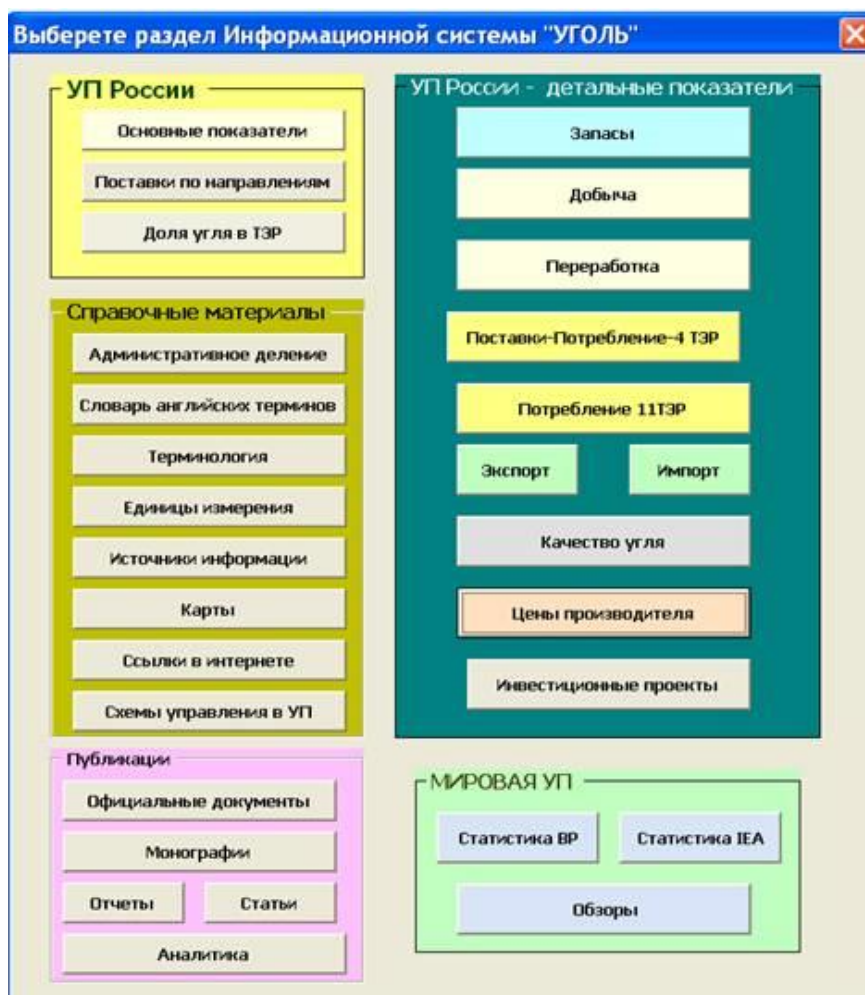


Рис. 50. Интерфейс ИС «УГОЛЬ».

ИС «УГОЛЬ» содержит аналитическую и статистическую информацию по развитию угольной промышленности регионов России и мира. Информация в ИС детализирована, начиная с уровня предприятий и месторождений (регионального уровня) до России в целом и мирового уровня. В ИС содержатся также официальные документы, статьи, главы монографий и отчетов исследователей.

ИС «УГОЛЬ» используется для мониторинга развития отрасли и подготовки данных для прогнозирования развития угольной промышленности.

ИС представляет собой открытую систему. Структура и организация ИС позволяют нетрудоемко расширять ее, дополнять новыми разделами и подразделами. ИС может служить основой для создания подобных систем для исследований перспектив развития других отраслей ТЭК.

#### **2.4.5. Разработка методических подходов и модельного инструментария для определения условий конкурентоспособности атомных станций малой мощности**

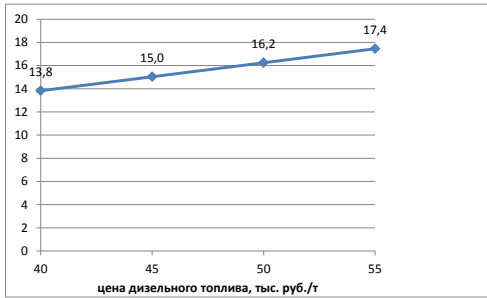
*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект 88.2.3. «Исследование проблем и формирование стратегических направлений развития систем энерго-, топливоснабжения в северо-арктической зоне на востоке России»

*Руководитель работы:* к.э.н. Иванова И.Ю.

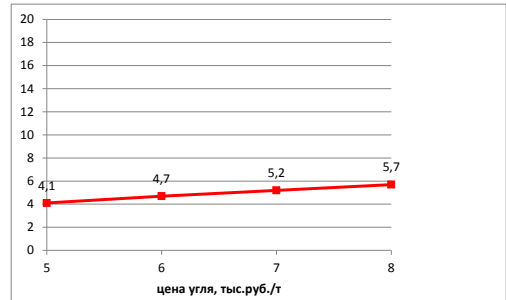
*Подразделение:* отдел комплексных и региональных проблем энергетики

Исходя из анализа электрических нагрузок новых предприятий в арктической зоне восточных регионов РФ, выделено два диапазона требуемой единичной мощности атомных блоков: 6-12 МВт для электроснабжения изолированных от энергосистемы потребителей и 50-100 МВт для организации электроснабжения крупных потребителей и/или для работы в энергосистеме. Разработана расчетная модель для оценки сравнительной эффективности использования атомных станций малой мощности, на основе которой определены граничные значения себестоимости производства электроэнергии для достижения их конкурентоспособности:

- как автономный энергоисточник 13-17 руб./кВт·ч (рис. 51а);
- в локальной энергосистеме 4-6 руб./кВт·ч (рис. 51б).



а



б

Рис. 51. Граничные значения себестоимости производства электроэнергии для достижения конкурентоспособности АСММ, руб./кВт·ч:

а) автономный энергоисточник; б) в составе локальной энергосистемы.

## 2.5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

### 2.5.1. Анализ поведения отдельных групп потребителей ТЭР в условиях ограничения поставок им энергоресурсов в условиях ЧС в энергетике. Формирование состава возможных мероприятий по минимизации последствий от ЧС в ТЭК с анализом условий их реализации

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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», Программа Президиума РАН № 25

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

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

На примере потребителей природного газа проведен анализ поведения отдельных групп потребителей ТЭР в условиях ограничения поставок им соответствующих энергоресурсов. При этом выделены группы крупнейших типовых потребителей газа в промышленной сфере, в электроэнергетике и в коммунально-бытовом секторе. Рассмотрены вопросы управления режимами работы различных типовых газопотребителей при нарушении их газоснабжения. Определены особенности и алгоритмы управления режимами их функционирования в условиях снижения, прекращения и восстановления поставок газа при крупномасштабных нарушениях работы систем газоснабжения. Сформулирован состав возможных мероприятий по предотвращению (минимизации) негативных последствий на данных типовых объектах в условиях ЧС с газоснабжением. Схема принятия решений по выбору режима функционирования объекта – потребителя газа при ЧС с газоснабжением представлена на рис. 52.



Проведен анализ ситуации с объемами инвестиций в ТЭК в последнее десятилетие (отраслевая структура инвестиций, соотношение с требуемыми объемами). Сформулированы негативные последствия недофинансирования энергетических отраслей, построена когнитивная карта факторов, влияющих на инвестиционные возможности отраслей ТЭК, рис. 53.



Рис. 52. Схема принятия решений по выбору режима функционирования объекта – потребителя газа при ЧС с газоснабжением.

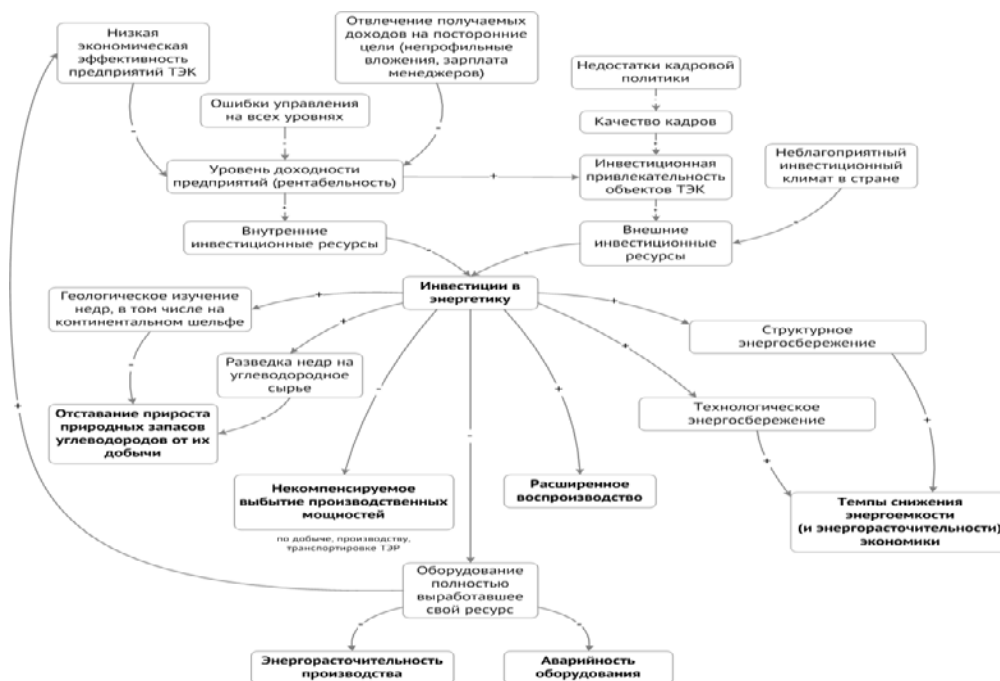


Рис. 53. Схема причинно-следственных связей факторов, влияющих на инвестиционные возможности отраслей ТЭК.

## 2.5.2. Особенности взаимосвязанной работы больших систем энергетики в рамках единого топливно-энергетического комплекса и методы определения критически важных объектов для функционирования этих систем на примере газовой отрасли

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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», Программа Президиума РАН № 43

*Руководитель работы:* к.т.н. Пяткова Н.И.

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

Адаптирована двухуровневая система моделей для исследований взаимосвязанной работы больших систем энергетики в рамках единого ТЭК, в которой взаимодействуют модели отраслей энергетики и ТЭК. Предлагаемая технология позволяет оценить возможности удовлетворения потребителей конечных видов энергии требуемыми энергоресурсами в условиях чрезвычайных ситуаций различного характера.

Для исследования угроз, вызывающих возникновение чрезвычайных ситуаций, разработана методика моделирования угроз и построены модели угроз с использованием байесовских сетей доверия. Взаимосвязь решаемых задач, используемых методов и моделей показана на рис. 54.

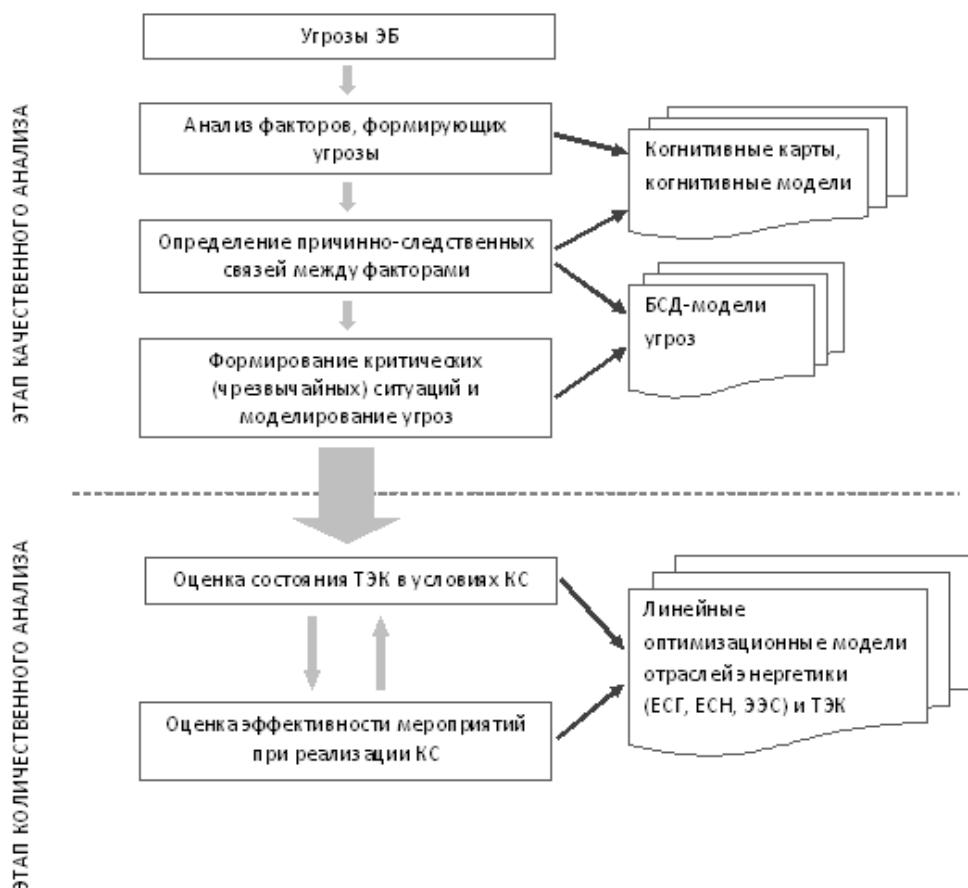


Рис. 54. Схема взаимодействия задач, методов и моделей при исследовании взаимосвязанной работы больших систем энергетики в рамках единого топливно-энергетического комплекса.

Обоснован подход к определению критически важных объектов при функционировании крупных энергетических систем на примере газовой отрасли. Определен состав интеллектуальной инструментальной среды, интегрирующей как разработанные авторами, так и внешние инструментальные средства интеллектуальных вычислений. При реализации использован многоагентный подход и разработанные сотрудниками отдела методы интеллектуальных вычислений: интеллектуальные методы ситуационного анализа (онтологическое, когнитивное и событийное моделирование в энергетике), оценка риска чрезвычайных ситуаций в энергетике с использованием байесовских сетей доверия, а также

экспертные системы, в частности, экспертная система, основанная на прецедентах ЧС в энергетике.

### **2.5.3. Разработка методики и инструментария распределенных вычислений для поиска рациональных путей развития ТЭК с позиций обеспечения энергетической безопасности (программное обеспечение "Корректива")**

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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», Программа Президиума РАН № 25, 43

*Руководители работы:* д.т.н. Сендеров С.М., к.т.н. Пяткова Н.И.

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

В ППП "Корректива" (рис. 55) сформированы следующие основные программные модули:

формирования базовых сценариев развития ТЭК (m1),

создания графа развития ТЭК (m2),

оценки допустимости состояния ТЭК (m3),

поддержки экспертного анализа конечного графа развития ТЭК (m4).

После создания графа развития ТЭК каждый его узел полностью независим от других с точки зрения проведения расчётов. При большом размере графа время вычислений существенно сокращается с помощью распределённых вычислений при разбиении графа на отдельные фрагменты и их одновременном расчете на узлах распределенной вычислительной среды (РВС).

Информационно-логические связи объектов предметной области пакета представлены на рис. 55 в виде двудольного ориентированного графа, при этом модули m1, m2, m3, m4 представлены серыми овалами, а входные и выходные параметры – окружностями.

Для проведения вычислительных экспериментов организована РВС, включающая узлы высокопроизводительного вычислительного кластера Матросов и ряд кластеров невыделенных рабочих станций ИДСТУ СО РАН и функционирующих под управлением различных операционных систем.

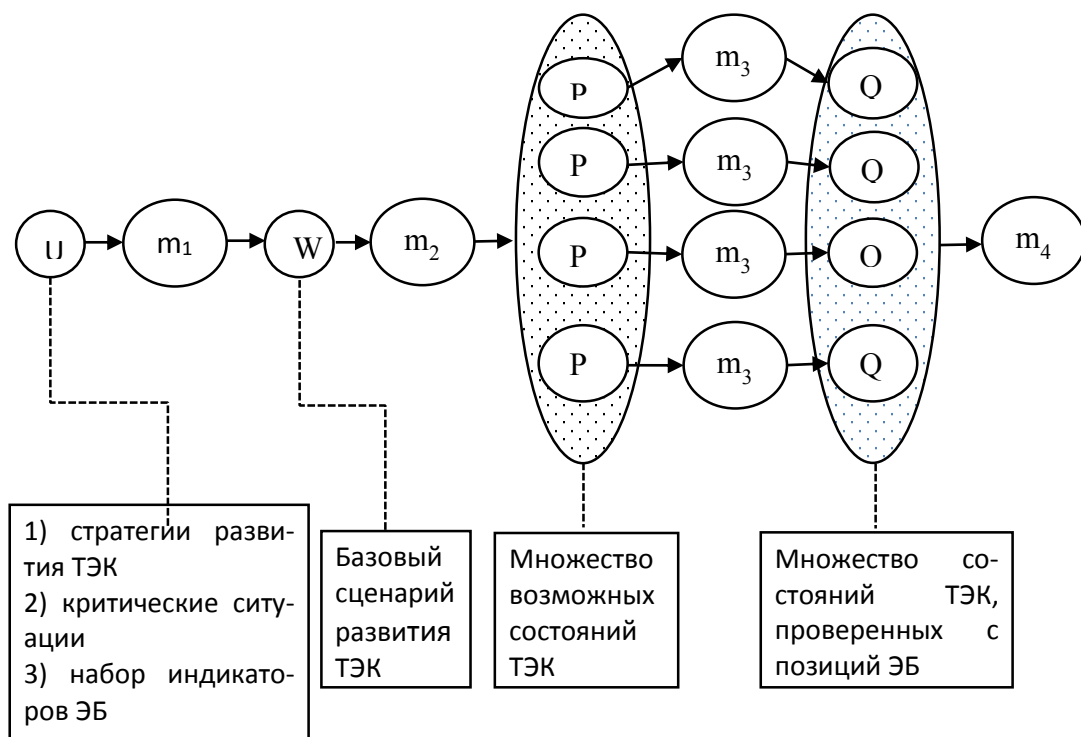


Рис. 55. Основные составляющие ППП «Корректива».

#### 2.5.4. Методические вопросы модификации экономико-математических моделей исследований энергетической безопасности России

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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», Программа Президиума РАН № 25, 43

*Руководители работы:* д.т.н. Сендеров С.М., к.т.н. Пяткова Н.И.

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

Сформулированы основные положения модификации используемых в исследованиях ЭБ России экономико-математических моделей с применением апробированных модельных решений. Оценены содержательные аспекты моделей (задачи исследования, представленная в моделях территориально-производственная структура ТЭК, информационная база модели) и их составляющие. В системной идеологии формализованы этапы модификации моделей (рис. 56) на базе сформулированных ключевых положений, уточняющих факторы оценки моделей, требования к составу и качеству информации, алгоритмов ее преобразования. Для каждого этапа приведена декомпозиция действий,

обозначены критерии принятия решения в каждом из них. В целом, представленный подход, опирающийся на процедуры преобразования и анализа данных, позволяет создавать новые версии моделей исследования ЭБ России для решения различных исследовательских задач.

Данный подход применен при модификации экономико-математической модели надежного топливо- и энергоснабжения потребителей в условиях реализации ЧС различного рода.

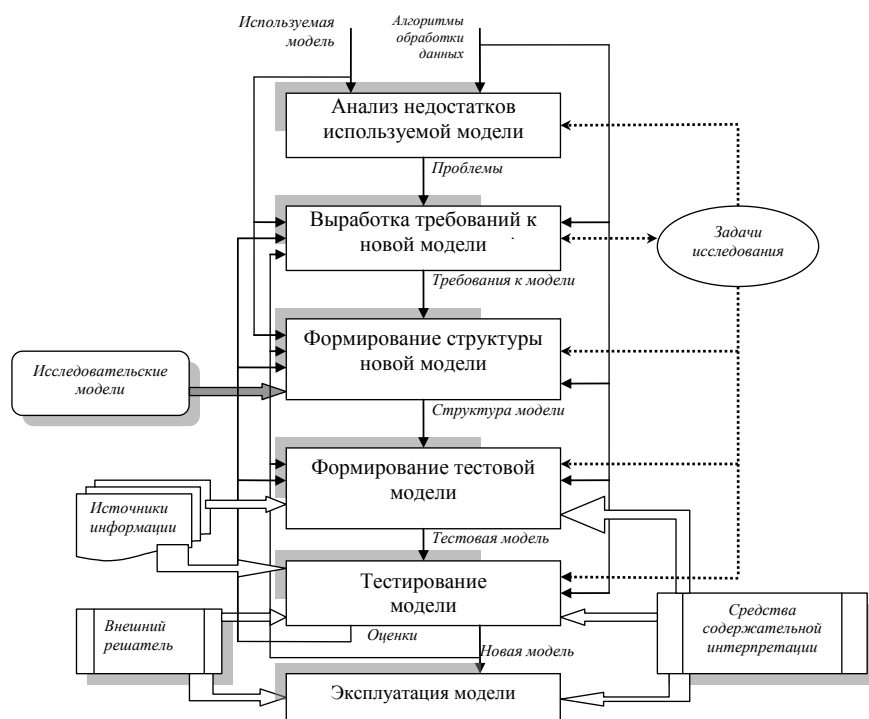


Рис. 56. Этапы модификации модели исследования с применением существующих модельных решений.

### 2.5.5. Подход к формированию файлов математических моделей в формате решателя

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 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», Программа Президиума РАН № 25, 43

*Руководители работы:* д.т.н. Сендеров С.М., к.т.н. Пяткова Н.И.

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

Предложен подход к организации хранения данных любой линейной математической модели в предметно-ориентированной базе данных (БД), к формированию ее расчетного файла в формате внешнего решателя. Подход позволяет описывать модели в традиционном математическом представлении без привлечения TRV-технологии за счет особенностей организации БД, а именно:

- за счет описания в БД структуры модели;
- за счет структурного разграничения в БД модельных и предметных данных.

Ключевое звено подхода – предметно-ориентированная БД, состоящая из предметной, модельной и связующей частей. Модельная часть содержит таблицы состава и структуры модели, предметная – таблицы численных значений ее параметров в терминологии предметной области, связующая обеспечивает взаимодействие модельной и предметной части. Создание расчетного файла сводится к обходу таблиц БД (задание переменных и коэффициентов модели, ее уравнений и целевой функции) с последующим преобразованием заданных параметров в файл формата решателя (рис. 57).

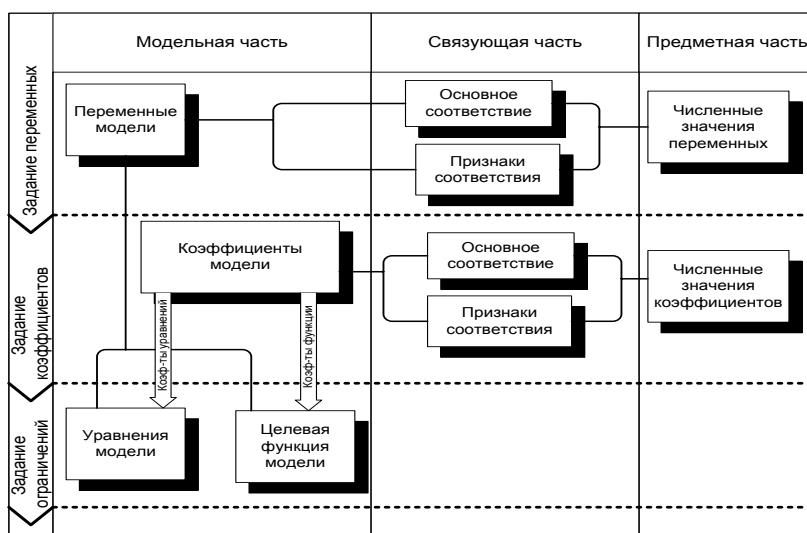


Рис. 57. Принципы организации предметно-ориентированной базы данных, этапы создания файла математической модели в формате решателя.

В рамках подхода реализованы структурно-неизменные предметная и связующая части БД. Предметная часть (структурно непостоянная) спроектирована для одной из версий модели надежности топливо- и энергоснабжения потребителей в условиях реализации ЧС.

## **2.5.6. Разработаны методы количественной оценки стратегических угроз, барьеров и пороговых значений индикаторов энергетической безопасности во взаимосвязи со сценариями развития экономики и энергетики.**

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект № 17.3.3. «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

*Подразделения:* отдел взаимосвязей энергетики и экономики

1. Предложены *методические подходы к количественной оценке барьеров и стратегических угроз развитию ТЭК на разных иерархических уровнях* (рис. 58). Показана особая роль цен на энергоносители в формировании инвестиционных и спросовых барьеров и стратегических угроз энергетической безопасности. Результаты исследований вошли в подготовленную к печати монографию «Пути повышебния обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК».

2. Разработана концепция модельно-программного комплекса для прогноза ценовой эластичности спроса на топливо на региональных рынках с учетом интервальной неопределенности ожидаемых условий (рис. 59).

3. Исследовано влияние отдельных факторов и характера неопределенности на прогнозируемые значения цен на электро- и теплоэнергию (рис. 60 и табл. 4)

4. Предложен методический подход к долгосрочному прогнозированию цен генерации на региональных энергетических рынках, основанный на оценке эффективности и конкурентоспособности разных способов удовлетворения заданной потребности в электроэнергии в ожидаемых условиях. При этом учитываются инвестиционные риски электростанций, замыкающих баланс мощности и определяющих предельные цены на генерацию. Сочетание оптимизации с методом статистических испытаний, используемое при решении задачи долгосрочного прогнозирования, маржинальных и средних цен позволяет учесть неопределенность стоимости топлива и других исходных данных, задаваемых интервалами своих вероятных значений.

Результаты экспериментальных расчетов показали работоспособность предлагаемого подхода к долгосрочному прогнозу цен на генерацию электроэнергии, а также подтвердили существенную зависимость этих цен от региональных особенностей и характера неопределенности (табл. 5).

Средневзвешенная цена производимой электроэнергии всеми вошедшими в оптимальное решение электростанциями в Европейской части страны



примерно на 15% выше, чем в Сибири, а различие в стоимости генерации на станциях, замыкающих баланс электроэнергии, достигает 20%.



Рис. 58. Основные ограничения развитию ТЭК на разных иерархических

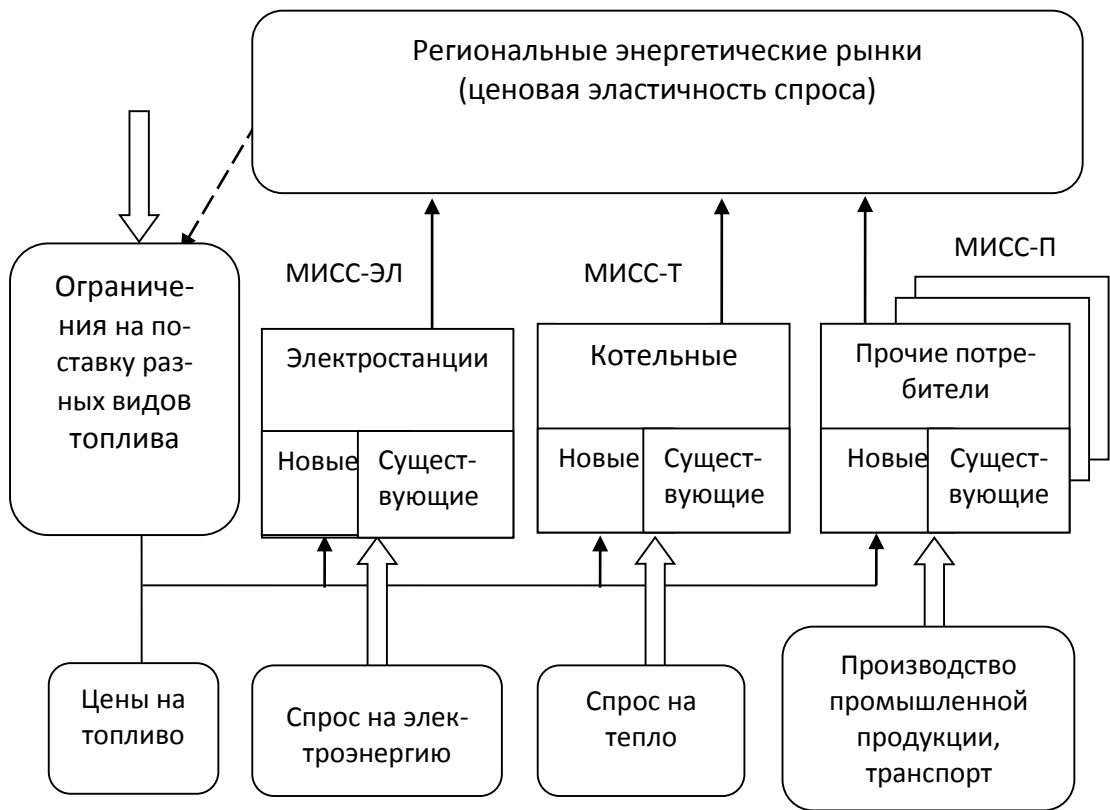


Рис. 59. Модельно-программный комплекс для прогноза ценовой эластичности спроса на топливо на региональных рынках.

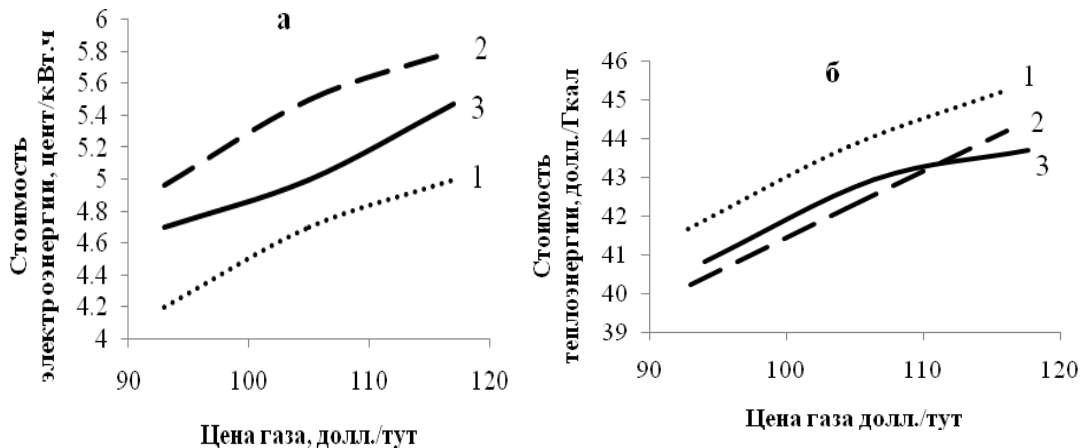


Рис. 60. Изменение средней стоимости производства электроэнергии на новых ПГУ (а) и теплотехники на новых крупных котельных (б) в Восточной Сибири в зависимости от цены газа и характера неопределенности исходных данных (для предполагаемых условий в 2020 г.). 1 - полная неопределенность, 2 - нормальное распределение, 3 - детерминированное решение.

Таблица 4.

**Влияние отдельных факторов на возможное снижение цен на генерацию электроэнергии**

Фактор	Изменение	Снижение стоимости, %			
		ТЭС угольные	ПГУ	АЭС	ГЭС
Себестоимость	Снижение на 10%	5,7...6,2	7,8...8,3	3,8...4,3	2,2...2,7
Цена топлива	Снижение на 10%	3,5...4	6,7...7,2	1,5...1,7	–
Число часов использования мощности	Повышение на 10%	3,5...4	1,5...2	5,2...5,7	6,7...7,2
Капиталоемкость	Снижение на 10%	5,2...5,7	1,8...2,3	5,8...6,3	7,3...7,8
Срок строительства	Снижение на 1 год	1,3...1,8	0,4...0,9	1,9...2,3	2,5...2,8
Процент на капитал (дисконт)	Снижение на 1 проц. пункт	3,5...4	2,1...2,6	4,5...5	5,5...6

Таблица 5.

**Цена на генерацию электроэнергии, цент(2013)/кВтч.**

Сценарий	Средняя цена		Предельная цена	
	Европа	Сибирь	Европа	Сибирь
Дешевое топливо	6,2-6,6	5,4-5,8	6,6-7,1	5,6-6,2
Дорогое топливо	6,8-7,3	5,8-6,4	7,0-7,6	6,0-6,8

## 2.6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА.

### 2.6.1. Методы интеллектуального взаимодействия системы ГеоГИПСАР с web-сервисами, обеспечивающими актуальность, целостность и эффективность обработки разнородных данных по различным интернет-источникам и локальным хранилищам

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект № 35.11.1. «Методы, технологии и инструментальные средства интеллектуализации поддержки принятия решений в интегрированных интеллектуальных энергетических системах», Программа Президиума РАН № 15

*Руководители работы:* д.т.н. Массель Л.В.

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

Разработана технология интернет-мониторинга по обеспечению актуальности срочных метеорологических данных для Сибири с учетом климатических особенностей Монголии и Северного Китая. Разработана технология доступа к прогностическим данным глобальной системы прогнозирования CFS с включением специальных методов формирования вероятностных прогностических распределений метеопараметров для выбранного региона и задаваемого прогностического периода до 9 месяцев.

Согласно результатам глобальной прогностической модели CFS по формированию прогностических (и фактических) распределений температур января 2015 г. для Иркутска и Улан-Удэ в январе 2015 г. (рис. 61), на юге Сибири в январе 2015 г. ожидается понижение температуры по сравнению с январем 2014 г., что может понизить температуру воздуха в этих пунктах ниже нормы на 2-3 градуса Цельсия.

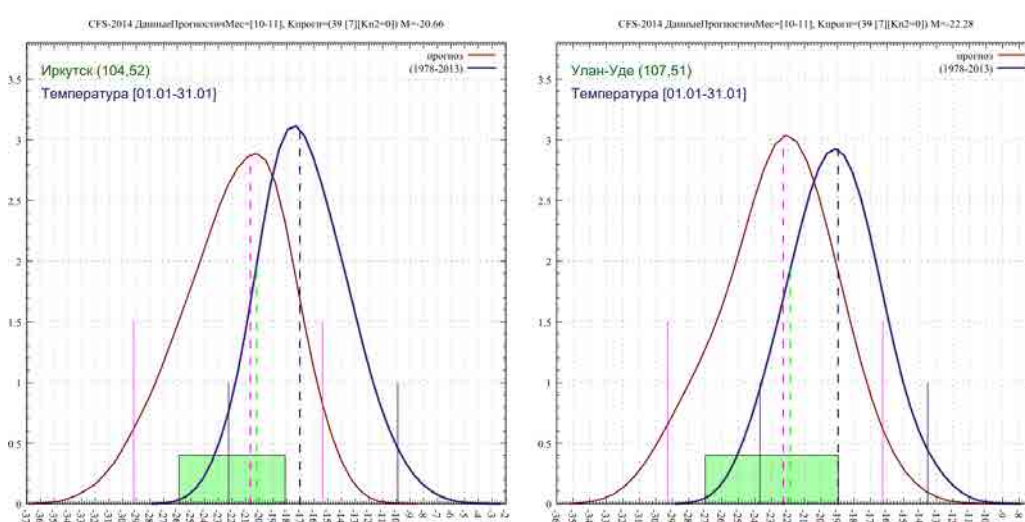


Рис. 61. Пример обработки данных глобальной прогностической модели CFS по формированию прогностических (и фактических) распределений температур января 2015 г. для Иркутска и Улан-Удэ (по 39 прогностическим ансамблям и выделению 7-ми последних зеленым цветом) с выделением медиан.

## **2.6.2. Технология формирования прогностических показателей водности в виде сценария с различными вероятностными распределениями на основе применения методов искусственного интеллекта и программные компоненты метамоделирования для оценок регулирования уровневых режимов оз. Байкал и водохранилищ Ангарского каскада ГЭС**

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект № 35.11.1. «Методы, технологии и инструментальные средства интеллектуализации поддержки принятия решений в интегрированных интеллектуальных энергетических системах», Программа Президиума РАН № 25

*Руководитель работы:* к.т.н. Абасов Н.В.

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

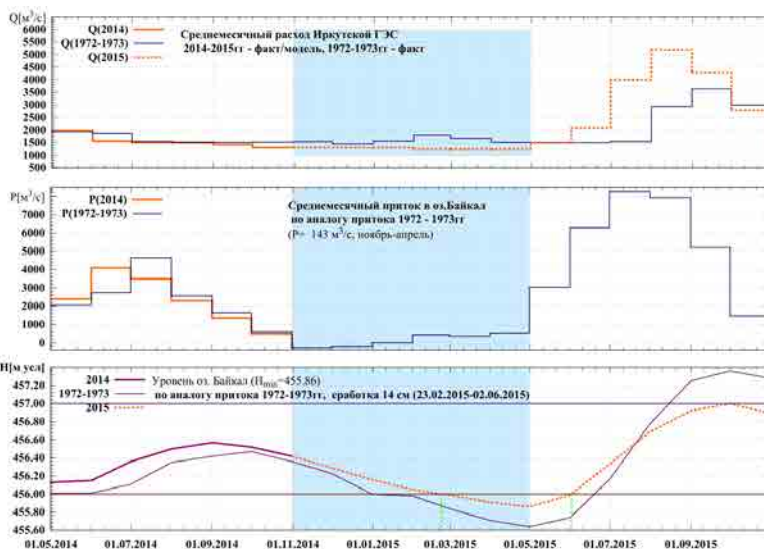
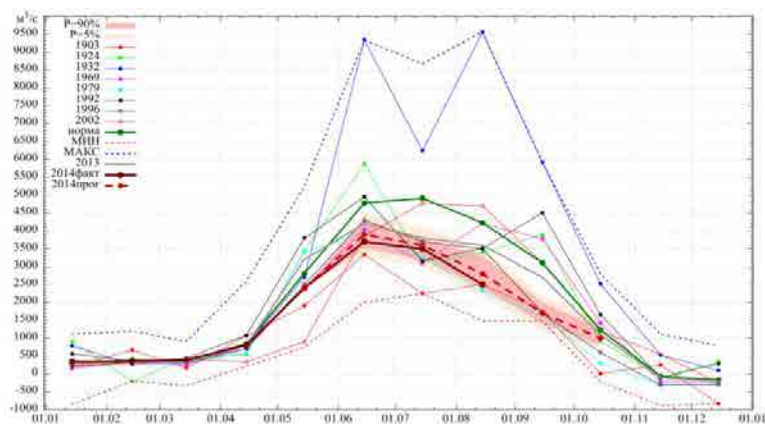
Представление долгосрочных прогнозов в виде сценария с различными вероятностными распределениями (90% и 5%) гидрографа (рис. 62а) притока в оз. Байкал в 2014 г. на фоне их предыдущих аналогов многоводных или маловодных лет, позволяет более качественно анализировать состояния прошедшего и прогнозировать предстоящий сток реки (приток воды в водохранилища ГЭС).

Моделирование уровневого режима притока воды в оз. Байкал (рис. 62б) на весенне-летний-осенний период 2014 г. и предстоящий зимнее-весенний период 2014-2015 гг. по сценарию 1972-1973 гг. с учетом сложившегося чрезвычайного маловодья на оз. Байкал в 2014 г. показало необходимость снижения минимальной допустимой отметки 456,0 м (в тихоокеанской системе высот) на 20 см в период с 15 февраля по 15 июня 2015 г.

Предложенный режим работы Иркутского водохранилища (оз. Байкал) в условиях чрезвычайного маловодья 2014 г. вызван необходимостью снижения риска оголения водозаборов на р. Ангаре, в первую очередь для г. Ангарска, в том числе ТЭЦ 10, в целях предотвращения в период зимы–весны 2014–2015 гг. возможных социально-экономических ущербов при прекращении водоснабжения населения и промышленных объектов.

Внесено предложение в Министерство природных ресурсов Иркутской области и далее в Министерство природных ресурсов РФ, внести временные изменения в Постановление Правительства от 26 марта 2001 г. № 234 в части допускаемого снижения минимальной отметки 456,0 м (в тихоокеанской системе высот) на 20 см в период с 15 февраля по 15 июня 2015 г.

а)



б)

Рис. 62. Прогноз притока на 2014 г. в озеро Байкал (а) и моделирование уровневого режима (б) по сценарию аналога притока 1972-1973 гг. с отображением неизбежного понижения уровня ниже отметки 456.0 м ТО, определённого Постановлением Правительства РФ 2001 г.

### 2.6.3. Разработка системы информационно-аналитического моделирования зон затопления в нижнем бьефе Иркутской ГЭС при экстремальных паводках в бассейне реки Ангары и озера Байкал

*Источник финансирования:* 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»

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

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

Разработаны программные компоненты формирования структуры течения в нижнем бьефе р. Ангара (в виде направленного графа с балансowymi соотношениями притока и стока в каждом узле) с целью определения зон вероятного затопления при различных экстремальных сбросах воды через створы Иркутской ГЭС.

На основе представленного графа и балансовых моделей расхода строится динамическая модель установившегося течения реки с использованием одномерных и двумерных уравнений Сен-Венана.

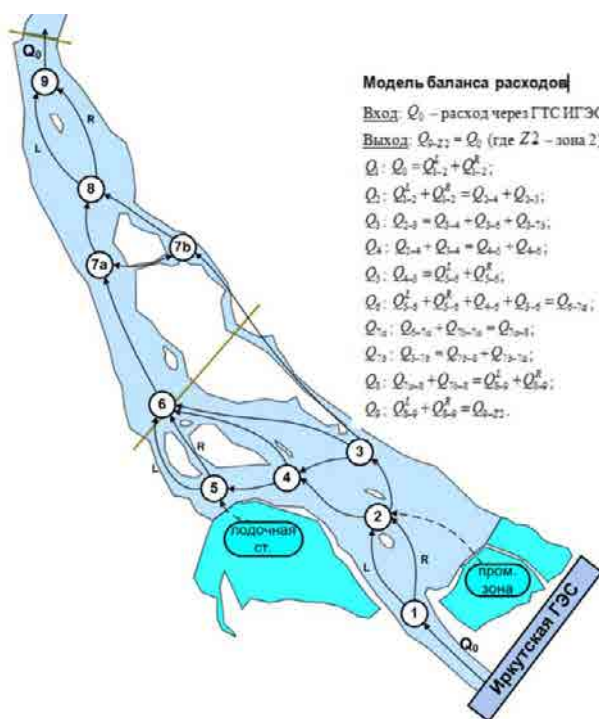


Рис. 63. Пример графа модели разветвления русла р. Ангара от Иркутской ГЭС до Ангарского моста (на карте отмечены основные острова, включая о. Юность; узлы отражают характерные участки изменения течения р. Ангара; дуги соответствуют направлению течения).

#### 2.6.4. Развитие методического подхода к поддержке коллективной экспертной деятельности в энергетике, базирующегося на использовании репозитория (хранилища метаданных и метазнаний) и интеллектуальной ИТ-среды

*Источник финансирования:* гос. задание по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013-2020 годы, проект № 35.1.1. «Методы, технологии и инструментальные средства интеллектуализации поддержки принятия решений в интегрированных интеллектуальных энергетических системах», Программа Президиума РАН № 15, гранты РФФИ №12-07-00359, №14-07-00116, № 13-07-31268

*Руководители проекта:* д.т.н. Массель Л.В.

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

Предложена технология принятия коллективных решений, включающая девять основных этапов:

- формирование задания от ЛПР эксперту;

- экспертный анализ задания, с использованием семантических технологий (при поддержке интеллектуальной ИТ-среды);
- сбор данных и/или извлечение их из баз данных и проведение многовариантных расчетов с использованием имеющихся программных комплексов;
- анализ и интерпретация результатов расчетов;
- рекомендации по обоснованию предлагаемых решений (используются аналитические и графические средства интерпретации и 3D-визуализации);
- компьютерный анализ динамики развития ситуации на основе предложенных вариантов с использованием событийного моделирования и анализ рисков с использованием Байесовских сетей доверия (интеллектуальная ИТ-среда);
- согласование вариантов решений, предложенных разными экспертами, и формирование коллективного решения с использованием репозитория (хранилища метаданных и метазнаний);
- анализ предложенного решения ЛПР, используются средства 3D-визуализации предлагаемого решения (геокомпонент);
- реализация и анализ последствий принятых решений.

Разработанные инструментальные средства могут быть использованы для отладки предложенной технологии, а впоследствии – как прототипы инструментальных средств, которые будут реализованы как агенты и/или Web-сервисы в рамках корпоративного облака для поддержки коллективной экспертной деятельности (рис. 64).

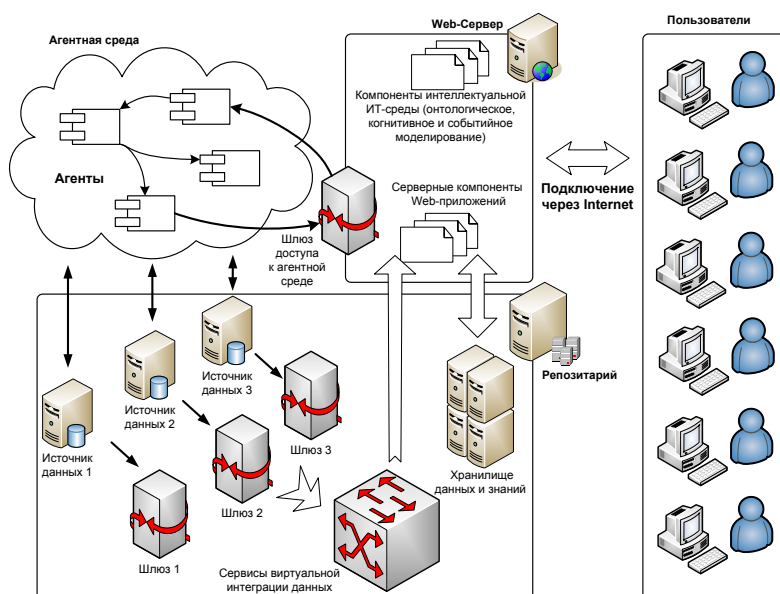


Рис. 64. Архитектура среды для поддержки коллективной экспертной деятельности.



## **2.6.5. Разработка концепции ситуационного управления в энергетике на основе семантического моделирования и способов ее реализации с использованием агентных и облачных технологий**

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

*Руководитель проекта:* д.т.н. Массель Л.В.

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности

Предложена современная трактовка идеи ситуационного управления, сформулированной в 80-х гг. прошлого века Д.А. Поспеловым и его учениками, базирующаяся на семантическом моделировании и современных информационных технологиях. Определены понятия текущей и целевой ситуаций и их отображения при ситуационном управлении. Для ситуационного моделирования предложено использовать технологии когнитивного и событийного моделирования и моделирования с использованием Байесовских сетей доверия. На основе развития интеллектуальной ИТ-среды для поддержки исследований энергетической безопасности предложена разработка Ситуационного полигона, который рассматривается, с одной стороны, как платформа ситуационного моделирования, с другой – как средство поддержки принятия решений при ситуационном управлении в энергетике (рис. 65).

Предусмотрены два режима использования Ситуационного полигона: в стабильной обстановке и в обстановке экстремальных (критических и чрезвычайных) ситуаций. В первом случае системы могут быть использованы для разработки моделей и как тренажеры персонала; во втором – для выработки превентивных и оперативных мероприятий, предотвращающих наступление критических ситуаций в энергетике или смягчающих их последствия. Предложена реализация компонентов ситуационного полигона как интеллектуальных агенто-сервисов, интегрируемых в рамках частного облака (private cloud).

Реализация Ситуационного полигона на основе агентных и облачных вычислений рассматривается как прообраз интеллектуальных систем управления в энергетике на основе целеполагания.

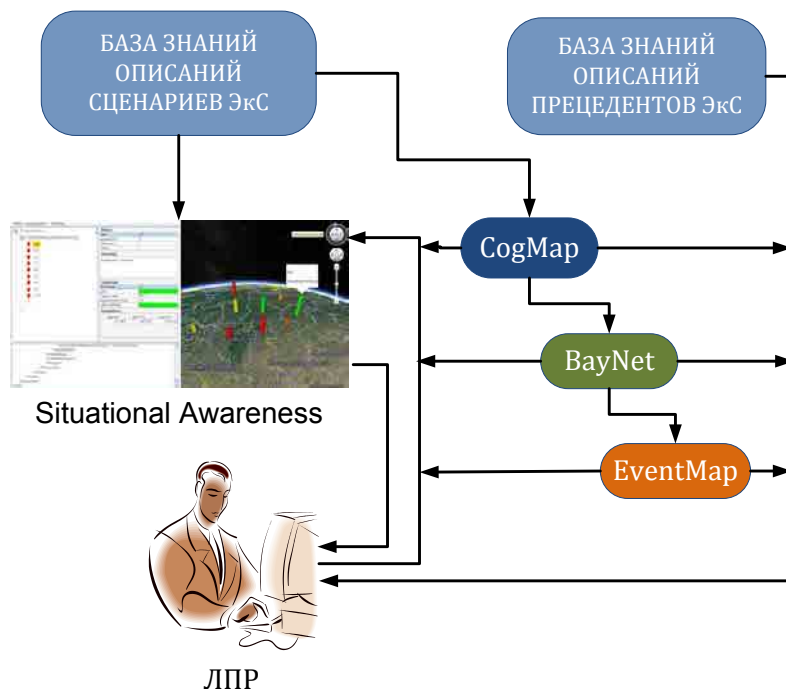


Рис. 65. Общая схема ситуационного полигона.

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

## 2.6.6. Моделирование рынка тепловой энергии

*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 энергетике»

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

*Подразделение:* отдел прикладной математики

Существенные усилия в 2014 г. были направлены на разработку математических моделей, связанных с моделированием рынков энергетике. На основе модели Курно была разработана модель поведения источников тепла (ИТ) на рынке тепловой энергии с учётом сетевых ограничений. Математическая сложность исследуемой модели состояла в том, что следствием учёта сетевых ограничений было неявное задание обратной функции спроса, которая в данном случае оказалась не линейной. Было показано, что функции прибыли ИТ, рассматриваемые, как функции выигрыша участников некой оперативной игры,

являются квазивогнутыми по своим стратегиям, откуда следует, что рассматриваемая игра имеет равновесие по Нэшу. Для нахождения равновесия использовался известный «метод нащупывания», при помощи которого удавалось находить равновесия в тестовых примерах с более, чем 10-ю узлами. На основании этих исследований была подготовлена статья, принятая к печати в один из рейтинговых отечественных журналов.

#### **2.6.7. Разработана методика поиск равновесия в условиях стохастической неопределённости**

*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. Хамисов О.В.

*Подразделение:* отдел прикладной математики

Данная неопределённость порождалась неопределённостью спроса потребителей. Предполагалось, что эта неопределённость носит случайный характер, задаваемый известной функцией распределения. В основу предлагаемой методики был положен двухэтапный подход. На первом этапе определялись условия, при которых случайный спрос был удовлетворён заданным уровнем надёжности, например, с вероятностью 0,9. Следствием первого этапа являлось нахождение объёмов выпуска продукции поставщиками. Поскольку предполагалось, что и поставщики и потребители находятся в узлах сети, то на втором этапе решалась задача поставки продукции от поставщиков к потребителям с минимальными затратами. Если пропускные способности сети не позволяли доставить объём продукции, найденный на первом этапе, то на втором этапе определялись «узкие» места и величины расширения пропускных способностей этих «узких» мест. Математическую основу данного подхода составляла методология решения задач стохастического программирования с ограничениями по вероятности. Вычислительный эксперимент, проведённый на тестовом примере, содержащем несколько десятков узлов потребителей, около десяти узлов производителей продукции и несколько десятков линий связи показал хорошую работоспособность этого подхода. В данном примере предполагалось, что случайный спрос потребителей удовлетворяет нормальному закону с известным математическим ожиданием и средним квадратическим отклонением.

#### **2.6.8. Разработка интегральных моделей для исследования стратегий развития электроэнергетических систем с учетом старения оборудования электростанций**

*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:* к.ф.-м.н. Солодуша С.В.

*Подразделение:* отдел прикладной математики; отдел энергетической безопасности

Одной из актуальных проблем современной электроэнергетики является старение генерирующего оборудования. Исследования посвящены поиску и анализу оптимальных стратегий замены устаревающего генерирующего оборудования в интегральной модели развития электроэнергетической системы (ЭЭС) России. В основу моделирования положено интегральное уравнение

$$\int_{t-T_1}^t x(s)ds + \beta_2(t) \int_{t-T_2}^{t-T_1} x(s)ds + \beta_3(t) \int_{t-T_3}^{t-T_2} x(s)ds = y(t), t \in [t_0, T], \quad (1)$$

включающее разбиение всех элементов системы на 3 возрастные группы.

Рассматривалась задача оптимизации момента вывода оборудования из эксплуатации  $T_3$  с дополнительными ограничениями на фазовую переменную  $x(t) \leq \bar{x}(t)$ ,  $t \in [t_0, T]$ . В качестве целевого был принят функционал затрат. Для решения задачи оптимального управления применялся эвристический алгоритм, основанный на дискретизации всех элементов задачи на сетке с шагом  $h = 1$  (год) и замене допустимого множества управлений на множество констант, а прогнозные значения экономических показателей задавались, исходя из экспертной оценки смены технологий производства электроэнергии. Допустимая стратегия, дающая выигрыш в 0,64% от базового варианта, а также соответствующая динамика  $T_3^*$  приведены на рис. 66.

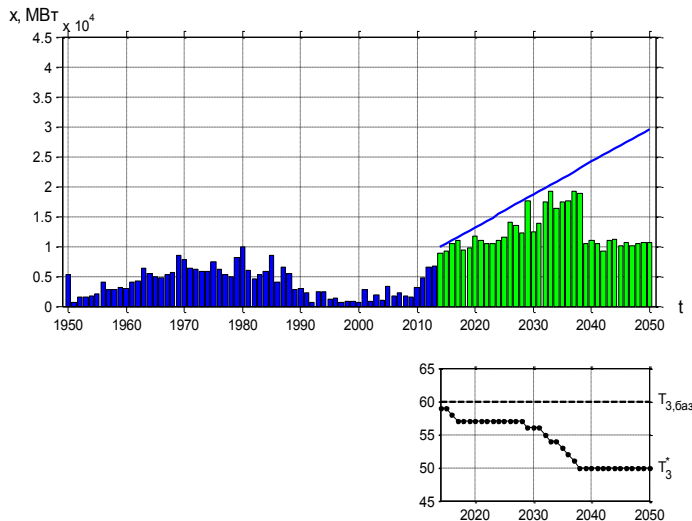


Рис. 66. Динамика вводов мощностей, соответствующая  $T_3^*$ ,  $I(T_3^*) = 99,36\% \cdot I(60)$

## 2.6.9. Моделирование динамики ветрогенератора на базе полиномов Вольтерра

*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:* к.ф.-м.н. Солодуша С.В.

*Подразделение:* отдел прикладной математики

Разработаны алгоритмы определения характеристик активных элементов энергетической сети, основанные на описании нелинейной динамики в виде квадратичного полинома Вольтерра:

$$y(t) = \sum_{i=1}^2 \int_0^t K_i(s_1)x_i(t-s_1)ds_1 + \sum_{i=1}^2 \int_0^t \int_0^t K_{ii}(s_1, s_2)x_i(t-s_1)x_i(t-s_2)ds_1ds_2 + \int_0^t \int_0^t K_{12}(s_1, s_2)x_1(t-s_1)x_2(t-s_2)ds_1ds_2, \quad x(t) = (x_1(t), x_2(t)), \quad t \in [0, T]. \quad (2)$$

В качестве эталонной динамической системы использовалась математическая модель ветрогенератора с горизонтальной осью вращения, представленная в виде нелинейного дифференциального уравнения первого порядка:

$$\frac{d\omega_T}{dt} = \left( \frac{\rho S C_p(t) V^3(t)}{2\omega_T(t)} - M_C(t) \right) / J, \quad C_p(t) = 0.22 \left( \frac{116}{z(t)} - 0.4b(t) + 5 \right) \exp \left( -\frac{12.5}{z(t)} \right),$$

где  $M_C$  ( $H \cdot m$ ) – момент сопротивления нагрузки,  $J$  ( $кг \cdot м^2$ ) – момент инерции движущихся частей ветровой турбины,  $\rho$  ( $кг/м^3$ ) – плотность воздуха,  $S$  ( $м^2$ ) – ометаемая площадь,  $C_p$  – коэффициент использования энергии ветра,  $z$  – текущее значение быстроходности. Исследовалось влияние угла наклона лопастей  $\Delta b(t) \equiv x_1(t)$  и скорости ветра  $\Delta V(t) \equiv x_2(t)$  на угловую скорость вращения  $\Delta \omega_T(t) \equiv y(t)$ . При построении квадратичного полинома Вольтерра вида (2) использовались отклики эталонной модели на специальные тестовые входные воздействия  $\Delta b(t) = b(t) - b_0$ ,  $\Delta V(t) = V(t) - V_0$ , полученные экспериментальным образом на равномерной сетке с шагом  $h = 1$  (с). Рис. 67 иллюстрирует результат моделирования отклика  $\Delta \omega_T(t)$  на входные сигналы  $\Delta b(t), \Delta V(t)$  произвольного вида при  $b_0 = 20$  (град),  $V_0 = 5$  (м/с) с помощью интегральной модели вида (2).

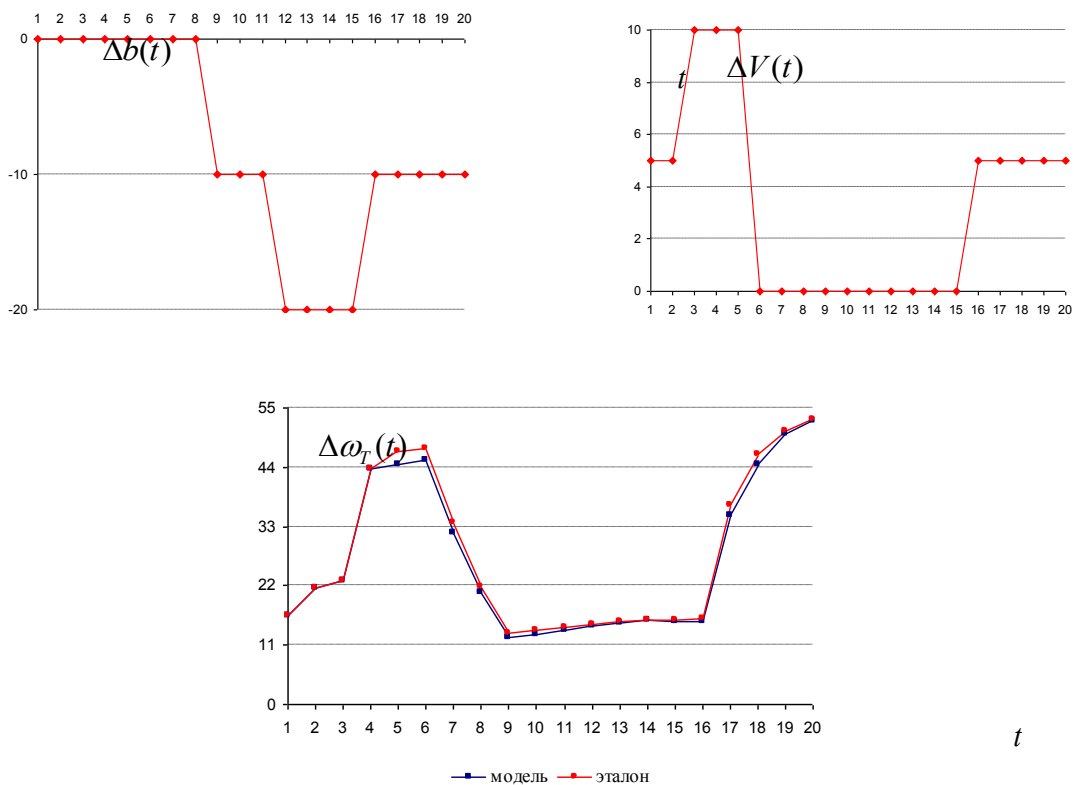


Рис. 67. Сравнение интегральной и эталонной моделей.

Результаты расчетов показали, что интегральная модель описывает физический процесс с приемлемой точностью, что позволит в дальнейшем применять данный математический аппарат в задаче автоматического управления активными элементами энергетической системы.

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

*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.т.н. Зоркальцев В.И.

*Подразделение:* отдел прикладной математики

Исследована математическая модель формирования равновесия Нэша в ситуации, когда ограниченное количество субъектов выступают на нескольких взаимодействующих рынках в качестве олигопсонистов и олигополистов. Такая ситуация в частности объективно присуща электроэнергетике, производствен-

ные мощности которой являются олигополистами на взаимодействующих территориально и во времени распределенных рынках электроэнергии и электрической мощности. При этом они выступают в качестве олигополистов на рынках разных видов котельно-печного топлива. Исследованы возможности использования процедур линеаризации для сведения исходных непотенциальных игр к последовательности потенциальных игр. Доказаны теоремы сводимости игры к потенциальной, существования и единственности решения в случае олигопольных (олигопсонных) рынков с линейными функциями спроса (с линейными функциями предложения общего ресурса) при наличии у каждого субъекта «собственных» ограничений в виде системы уравнений и неравенств, а также, в некоторых случаях, при наличии общих для нескольких субъектов ограничений.

Вопрос потенциальности модели рынка Курно-Нэша поднимался и исследовался в работах Bergstrom and Varian, M. Slade, Monderer and Shapley, Кукушкин. Полученные в ходе выполнения данного проекта результаты являются развитием исследований указанных зарубежных и некоторых отечественных (в т.ч. А.А.Васина) ученых в части перехода к нескольким взаимодействующим олигопольным и олигопсонным рынкам. В качестве новых на мировом уровне научных результатов участников проекта в 2014 г. можно также рассматривать учет при формировании потенциальной игры совместных ограничений на функционирование отдельных субъектов (участников распределенных олигопольных и олигопсонных рынков), разработку алгоритмов последовательной линеаризации для представления проблем согласования интересов в виде последовательности потенциальных игр.

На основе данных о ценовых заявках на площадке торговли электроэнергией на сутки вперед проанализирована динамика цен в заявках (стратегическое поведение генерирующих компаний). Выявлено повышение цен в заявках в 2013-2014 г., не зависящее от сезона и роста цен на топливо.

На рис. 68 показано снижение количества заявок в ценовом сегменте от 500 до 700 руб./МВтч. в 2014 г. по сравнению с 2013 г.. Этот ценовой сегмент относится к средним. Продемонстрированный эффект наряду с тенденцией повышения количества "дорогих" заявок (рис.69) свидетельствует о стратегической игре генерирующих компаний на повышение цен на рынке, не зависящей от общих инфляционных процессов (цены в заявках скорректированы на индекс цен).

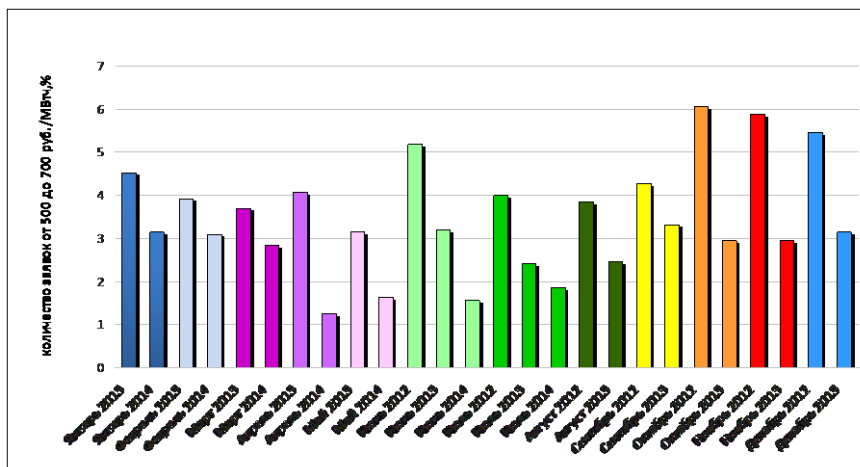


Рис.68. Количество заявок в % в ценовом сегменте от 500 до 700 руб./МВтч. в 2014 г. по сравнению с 2013 г.

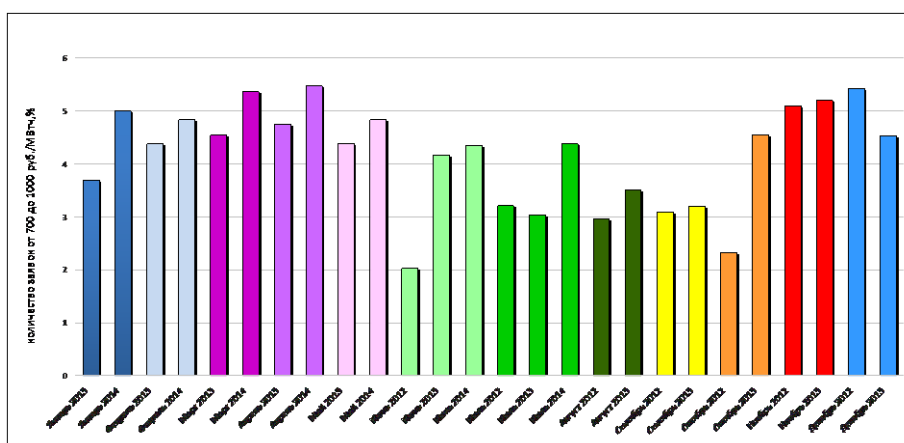


Рис.69. Количество заявок в % в ценовом сегменте от 700 до 1000 руб./МВтч. в 2014 г. по сравнению с 2013 г..

### 2.6.11. Методические основы учета фактора надежности при управлении развитием систем энергетики

*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.т.н. Зоркальцев В.И.

*Подразделение:* отдел прикладной математики

Отработана методика исследований интенсивности колебаний потребности в топливе на отопление по населенным пунктам Российской Федерации на



основе построения показателя интегральной разности температур внутри и вне зданий за многолетний период (рис.70). Исследованы возможности прогнозирования объемов расхода топлива на отопление за весь отопительный период на основе расчетных дат начала отопительного периода и оценок расхода топлива на отопление за первые месяцы отопительного года. На основе данных о многолетних наблюдениях температур в отдельных пунктах России установлено наличие обратной корреляционной зависимости между датой начала отопительного года и интегральной разностью температур за отопительный период. Установлено также наличие прямой статистической зависимости между накопленной за начальные месяцы отопительного периода и остаточной интегральной разностью температур. Это позволяет уверенно говорить о возможности использования, как расчетной даты текущего отопительного периода, так и наблюдаемых температур наружного воздуха в первые месяцы отопительного периода для прогнозирования интегральной разности температур за весь отопительный период.

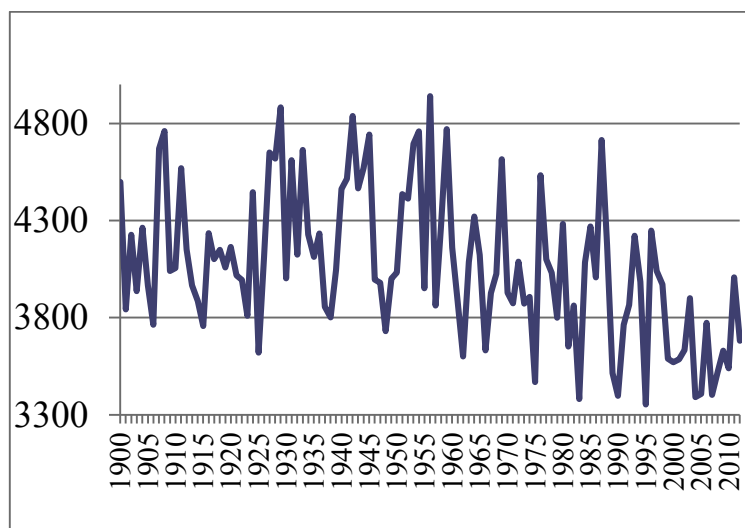


Рис. 70. Интегральная разность температур внутри и вне здания, г. Волгоград.

Результаты исследований предназначены для совершенствования процессов регулирования топливоснабжения в целях повышения его надежности. Как известно колебания зимних температур и продолжительностей отопительных периодов являются главными факторами, влияющими на надежность обеспечения котельно-печным топливом.

## 2.7. 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 по подразделениям института**

Подразделение	РФФИ			Всего грантов РФФИ	Другие гранты, стипендии	ВСЕГО
	Исследовательские	Проведение конференций	Доступ, издание книг и другие			
Отдел 20	2		1	2	-	2
Отдел 30	6	2		8	-	8
Отдел 40	1	1		2	2	4
Отдел 50	2			2	-	5
Отдел 60	1			1		1
Отдел 70	5			5		5
Отдел 90	2			2	-	2
<b>ИТОГО</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>25</b>

### 2.7.1. Исследовательские гранты.

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).*

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).*

Грант РФФИ № 12-06-00090-а «Разработка методического инструментария и исследование влияния характера неопределенности будущих условий на эффективность и реализуемость вариантов развития и модернизации систем энергетики», 2012-2014 гг. *Руководитель: д.э.н. Кононов Ю.Д. (Отдел взаимосвязей энергетики и экономики).*

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. Гальперова Е.В. (Отдел взаимосвязей энергетики и экономики).*

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. Массель Л.В. (Отдел энергетической безопасности).*

Грант РФФИ № 12-07-00359 «Методы, технологии и инструментальные средства когнитивного моделирования для исследований и поддержки принятия решений в энергетике», 2012-2014 гг. *Руководитель: к.т.н. Массель А.Г. (Отдел энергетической безопасности).*

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. Курганская О.В. (Отдел энергетической безопасности).*

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. Копайгородский А.Н. (Отдел энергетической безопасности).*

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. Стенников В.А. (отдел трубопроводных систем энергетики).*

Грант РФФИ № 14-08-31304-мол-а «Разработка методического обеспечения построения теплоснабжающих систем с учетом прогнозных уровней теплоснабжения в условиях множества интересов», 2014-2015 гг. *Руководитель: м.н.с. Якимец Е.Е. (Отдел трубопроводных систем энергетики).*

Грант РФФИ №13-08-00281 «Исследование аллоавтотермических режимов термохимической конверсии твердого топлива с газообразным теплоносителем», 2013-2015 гг. *Руководитель: к.х.н. Шаманский В.А. (Отдел теплосиловых систем).*

Грант РФФИ №14-08-31666 «Исследование физико-химических особенностей газификации низкосортных твердых топлив в установках плотного слоя», 2014-2016 гг. *Руководитель: м.н.с. Козлов А.Н. (Отдел теплосиловых систем).*

Грант РФФИ №13-08-00835-а «Комплексные оптимизационные исследования угольного паротурбинного энергоблока на ультрасверхкритические параметры пара», 2013-2014 гг. *Руководитель: д.т.н. Клер А.М. (Отдел теплосиловых систем).*

Грант РФФИ №14-08-31622 «Методические подходы и комплекс программ для оптимизации режимов работы крупных ТЭЦ», 2014-2015 гг. *Руководитель: к.т.н. Максимов А.С. (Отдел теплосиловых систем).*

Грант РФФИ №12-08-00734а «Экспериментальное исследование экстремальных характеристик парожидкостного потока в плотноупакованном слое шаровых частиц», 2012-2014 гг. *Руководитель: д.т.н. Э.А. Таиров. (Отдел теплосиловых систем).*

Грант РФФИ №12-01-00722 «Развитие теории неклассических интегральных уравнений типа Вольтерра, возникающих при моделировании нелинейных динамических систем, и разработка вычислительных алгоритмов и программного обеспечения с приложением к задачам энергетики», 2012-2014 гг. *Руководитель: д.ф.-м.н. Апарцин А.С. (Отдел прикладной математики).*

Грант РФФИ №13-06-00152а «Рынки несовершенной конкуренции в электроэнергетике: модели и механизмы функционирования», 2013-2015 гг. *Руководитель: к.т.н. Айзенберг Н.И. (Отдел прикладной математики).*

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. Сендеров С.М. (Отдел энергетической безопасности).*

Региональный проект по гранту РФФИ №14-48-04139-р\_сибирь\_a «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, совместно с отделом региональных экономических исследований БНЦ СО РАН, к.э.н. Борисов Г.О.).*

### **2.7.2. Работы по грантам других организаций.**

Грант РФФИ №14-08-01226 «Фундаментальные основы модернизации ПГУ для сжигания низкосортных твердых топлив» (совместно с кафедрой ТЭС Уральского федерального университета). *Руководитель к.т.н. Т.Ф. Богатова, исполнитель от ИСЭМ СО РАН: к.т.н. Донской И.Г. (Отдел теплосиловых систем).*

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).*

### **2.7.3. Гранты на проведение мероприятий и на другие цели**

Грант РФФИ №14-07-06014\_г - на проведение XVIII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении», 27 июня-7 июля. *Руководитель: д.т.н. Л.В. Массель (Отдел энергетической безопасности).*

Грант РФФИ №14-07-06808-мол\_г – на проведение Всероссийской школы-семинара научной молодежи «Информационные и математические технологии в науке и управлении», 27 июня-7 июля. *Руководитель: д.т.н. Л.В. Массель (Отдел энергетической безопасности).*

Грант РФФИ № 14-06-20208\_г – на проведение Международной конференции «Энергетическая кооперация в Азии», 23-24 сентября. *Руководитель: д.т.н. Б.Г. Санеев (Отдел комплексных и региональных проблем энергетики).*

Грант РФФИ № 14-00-10377 - на предоставление доступа к онлайн-ресурсам ведущих международных научных издательств: Springer, Elsevier, Wiley. *Руководитель: к.т.н. А.В. Михеев.*

### **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. Прогнозирование стратегических направлений энергетического сотрудничества России и Китая с учетом тенденций энергетической кооперации в Северо-Восточной Азии.**

*Заказчик:* Министерство энергетики РФ (в рамках государственного контракта №14/0411.3070019.241/12/190 от 17 октября 2014 г.).

*Руководитель:* д.т.н. Санеев.

*Подразделения:* отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел электроэнергетических систем, отдел взаимосвязей энергетики и экономики, отдел теплосиловых систем.

Цель НИР – сформировать рациональные сценарии энергетического сотрудничества России и Китая на перспективу до 2025 года с учетом тенденций энергетической кооперации в Северо-Восточной Азии.

В работе дано обоснование восточного вектора энергетической политики России как приоритетного направления развития энергетики в первой половине 21-го века и определена роль китайского фактора в реализации восточного вектора энергетической политики России.

Проведен анализ экономики России, ее восточных регионов и Китая. На основе анализа современного состояния энергетики и ресурсной базы России, ее восточных регионов и Китая, выявлены тенденции развития национальных топливно-энергетических комплексов. Определена емкость энергетических рынков стран СВА для российских энергоресурсов. Разработаны сценарии развития энергетики России и Китая в первой четверти 21-го века с учетом энергетической кооперации в СВА.

Проведен SWOT анализ крупных межстрановых проектов Китая и России в электроэнергетике, в угольной промышленности, в нефтегазовом секторе, в области «зеленой» энергетики. Разработаны предложения к механизмам реализации приоритетных направлений взаимовыгодного сотрудничества России и Китая в энергетической сфере.

Скорректированы с учетом новых тенденций прогнозы энергопотребления, мировых и внутренних цен на топливо по макрорегионам РФ. Дана ориентировочная оценка вероятной динамики цен на генерацию электроэнергии (табл. 7).

**Прогноз цен на генерацию электроэнергии по макрорегионам,  
цент(2012)/кВтч.**

Регион	Г о д			
	2015	2020	2025	2030
Европейская часть РФ	6,0-7,4	6,2-7,6	6,3-7,9	6,5-8,0
Урал	5,4-6,6	5,8-6,9	6,1-7,2	6,2-7,3
Западная Сибирь	5,2-6,4	6,0-7,0	6,4-7,3	6,5-7,5
Восточная Сибирь	4,8-5,7	5,0-6,0	5,3-6,3	5,5-6,5
Дальний Восток	6,2-7,1	6,7-7,6	6,9-7,9	7,0-8,1



*Рис. 71. Проблемы российско-китайского электроэнергетического сотрудничества (слева) и потенциальные проекты российско-китайской электроэнергетической кооперации (справа).*

Выполнено описание и проведен научный анализ современного состояния и перспектив развития до 2035 г. энергосистем России и Китая, включая ОЭС Сибири, Востока, Северного, Северо-Западного и Северо-Восточного Китая. Предлагаются возможные проекты электроэнергетической кооперации России и Китая (рис. 71), включая сооружение противопаводковых ГЭС в ОЭС Востока, с экспортом их избыточной электроэнергии в Китай, создание межгосударственной электрической связи «Сибирь – Северный Китай» для реализации системных интеграционных эффектов, включая выравнивание неравномерной стохастической энергоотдачи возобновляемых источников электроэнергии в Китае за счет использования мощностей сибирских ГЭС, сооружение тепловых электро-

станций на бортах угольных разрезов в непосредственной близости от государственной российско-китайской границы, работающих на дешевом угольном отсеве, для экспорта их электроэнергии в Китай. Кроме того, вместо непосредственного экспорта электроэнергии сибирских электростанций предлагается использование её для производства энергоёмкой продукции (алюминия) с последующим экспортом в Китай, а также для электроснабжения центров обработки данных с предоставлением инновационных информационных услуг китайским потребителям.

### **3.1.2. Разработка Межгосударственного стандарта Российской Федерации ГОСТ 27.002-16 “Надежность в технике. Термины и определения”.**

*Руководитель:* д.т.н. Г.Ф. Ковалев.

*Подразделения:* отдел энергетической безопасности; отдел электроэнергетических систем.

В состав рабочей группы по разработке стандарта от ИСЭМ входят: Н.И. Воропай, Г.Ф. Ковалев, Г.А. Федотова. В рамках работы изучены действующие в России ГОСТ 18322-78 и ГОСТ 27.002-89, международный стандарт МЭК IEC 60050-192 и др., используемые в качестве базовых. Разработана и согласована с членами рабочей группы структура раздела 5 “Техническое обслуживание, восстановление и ремонт” ГОСТ 27.002-16, ответственным разработчиком которого является ИСЭМ СО РАН (отв. исполнитель Г.А. Федотова). Согласованы структуры других разделов с их разработчиками. Разработаны определения терминов раздела 5, выполнена работа по редактированию определений терминов всех разделов. Разработана и зарегистрирована в Росстандарте первая редакция ГОСТ 27.002-16 “Надежность в технике. Термины и определения”. Работа продолжается в части редактирования и согласования со всеми членами рабочей группы определений раздела 5 и других разделов с их разработчиками. Ведется подготовка второй редакции стандарта. Дата введения ГОСТ 27.002-16 – 1 января 2016 г.

### **3.1.3. Анализ топливно-энергетического комплекса Дальневосточного федерального округа, состояния работ по разработке перспективных топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, входящих в ДФО, разработки предложений по обеспечению энергетической безопасности ДФО в целом и отдельных его регионов.**

*Заказчик:* Российское энергетическое агентство Минэнерго России (в рамках государственного контракта «Проведение аудита энергообеспечения Дальневосточного федерального округа, содержащего анализ функционирования топливно-энергетического комплекса и основные проблемы, препятствующие



щие его эффективному функционированию, и по подготовке предложений по направлениям развития ТЭК региона»).

*Руководитель:* д.т.н. Б.Г. Санеев.

*Подразделения:* отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел энергетической безопасности.

Основные цели работы:

- проведение анализа состояния топливно-энергетического комплекса ДФО и топливно-энергетических балансов субъектов России, входящих в ДФО;
- разработка предложений по обеспечению энергетической безопасности ДФО в целом и отдельных его регионов.

В работе дан анализ текущего состояния ТЭК ДФО, определена его структура, показана общая роль ТЭК региона в экономике ДФО и в России, основные тенденции и направления развития.

Сформированы топливно-энергетические балансы в целом по ДФО и его регионам. Укрупненно топливно-энергетический баланс ДФО в 2012 г. представлен на рис.72.

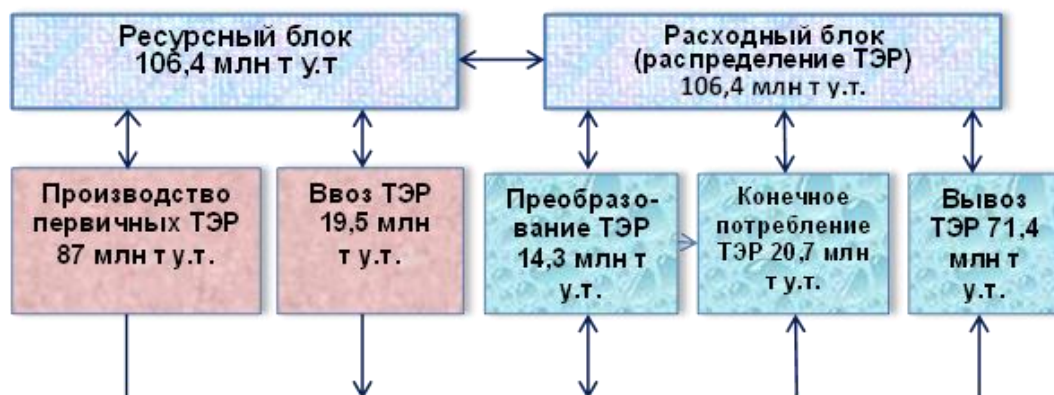


Рис. 72. Схема энергетических потоков в ДФО.

Анализ топливно-энергетического баланса (ТЭБ) ДФО показал, что производство первичных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в ДФО может полностью обеспечить собственную потребность, однако по объективно сложившимся условиям завозятся нефть, нефтепродукты и в небольших количествах уголь из соседних регионов, а также осуществляются межрегиональные поставки электроэнергии.

Проведенный анализ единого ТЭБ ДФО и региональных ТЭБ позволил определить профицитные и дефицитные регионы по электроэнергии и другим видам ТЭР. В целом ДФО является избыточным по производству электроэнергии, однако электродефицитны - Приморский край, Хабаровский край, Еврейская

автономная область. По производству собственных ТЭР только два субъекта ДФО являются избыточными: Сахалинская область и Республика Саха (Якутия), остальные регионы – дефицитны.

В результате проведенной работы выявлены ключевые проблемы и даны предложения по обеспечению энергетической безопасности ДФО в целом и отдельных его регионов. В заключении отмечено комплексное решение существующих в отраслях ТЭК ДФО проблем возможно при наличии согласованной долгосрочной стратегии энергетического взаимодействия регионов путем создания общего рынка топливно-энергетических ресурсов с учетом их экспорта в страны СВА, что позволит рационально использовать имеющийся на востоке России огромный энергетический потенциал.

#### **3.1.4. Обоснование уровней пороговых значений индикаторов энергетической безопасности, исходя из положений Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации.**

*Заказчик:* ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго РФ.

*Руководитель:* д.т.н. С.М. Сендеров.

*Подразделения:* отдел энергетической безопасности.

Актуализирован перечень индикаторов энергетической безопасности федерального уровня на период с 2015 по 2017 гг. и представлен порядок количественной оценки индикаторов из этого перечня. Оценены пороговые значения актуализированного перечня индикаторов энергетической безопасности федерального уровня на краткосрочную перспективу (2015-2017 гг.), исходя из положений Доктрины энергетической безопасности РФ при учете наиболее значимых внешних и внутренних факторов. Разработана логическая модель улучшения/ухудшения ситуации с обеспечением энергетической безопасности страны на федеральном уровне и оценка возможностей адаптации методов ситуационного управления в ТЭК с целью повышения уровня энергетической безопасности страны.

#### **3.1.5. Аналитические записки «Угрозы энергетической безопасности и направления (мероприятия) по обеспечению энергетической безопасности в Сибирском федеральном округе» и «Оценка состояния энергетической безопасности Сибирского федерального округа и субъектов, входящих в округ»**

*Заказчик:* по поручению Аппарата Полномочного представителя Президента по СФО по запросу Аппарата Совета Безопасности РФ.

*Руководитель:* д.т.н. С.М. Сендеров.

*Подразделения:* отдел энергетической безопасности.

Выполнен анализ основных угроз энергетической безопасности СФО и сформулированы направления и меры по обеспечению энергетической безопасности Сибирского федерального округа и его субъектов по отдельным отраслям энергетики округа.

Выполнена оценка состояния энергетической безопасности Сибирского федерального округа и субъектов, входящих в округ, по следующим блокам индикаторов энергетической безопасности:

- производственной и ресурсной обеспеченности системы топливо- и энергоснабжения региона (три индикатора);
- надежности топливо- и энергоснабжения региона (три индикатора);
- состояния ОПФ систем энергетики на территории региона (два индикатора).

### **3.1.6. Раздел «Теплоснабжение» в проекте «Энергетической стратегии России на период до 2035 года».**

*Заказчик:* по поручению Правительства РФ от 18.07.2013 г. № АД-П9-5120.

*Руководитель:* д.т.н. Стенников В.А.

*Подразделения:* отдел трубопроводных систем энергетики.

*Ответственный исполнитель:* вед. инж. Добровольская Т.В.

Перспективы теплоснабжения России и ее регионов определяются целями и задачами долгосрочного развития экономики и энергетического сектора страны на рассматриваемый период, приоритеты и ориентиры, а также механизмы государственной политики в сфере теплоснабжения на отдельных этапах ее реализации, обеспечивающие его инновационное преобразование для эффективного удовлетворения социально-экономических потребностей.

В рамках Стратегии выполнены расчеты по корректировке потребностей страны в тепловой энергии и обоснована структура ее производства с учетом вхождения Крыма в состав России, сформированы инновационные направления развития теплоснабжения. Среди них следует выделить следующие: технологическая модернизация на основе оптимального сочетания централизованного и децентрализованного теплоснабжения; расширение сферы теплофикации (когенерации) на область средних и мелких нагрузок (поселений); повышение гибкости и управляемости тепловых рынков в результате создания маневренных мощностей, сетевой структуры, систем автоматики и регулирования; повышение конкурентности всех секторов теплоснабжения; обеспечение развитой инфраструктуры с ориентацией на отечественные проекты и рынок энергоэффективных технологий оборудования; формирование институциональных структур и эффективных механизмов развития тепловых рынков, обеспечивающих расширение и доступности услуг по тепло-, хладоснабжению. Принципиальные поло-

жения методики стратегического планирования развития теплоснабжения страны схематично представлены на рис. 73.

В связи с вхождением в состав России Крыма, для него в рамках Стратегии был выполнен анализ сложившейся в теплоснабжении ситуации, на основе которого сформированы стратегические направления его инновационного преобразования. Особенности теплоснабжения Крыма отражены на рис. 74.

Основные целевые установки предполагают реализацию следующих положений: сокращение потерь тепловой энергии по всей технологической цепочке, включающей производство, транспорт и потребление в результате применения энергосберегающих технологий и оборудования и формирование мотивации в энергосбережении; замена природного газа местными видами топлива; широкое развитие когенерации и применение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.



Рис. 73. Методика разработки Стратегии теплоснабжения России и динамика структуры производства тепловой энергии на период до 2035 г.



Рис. 74. Теплоснабжение Крыма.

### 3.1.7. 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» (Сколтех, договор на выполнение научно-исследовательских работ по Программе стратегического развития №199-MRA от 1 ноября 2013 г.).

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

*Подразделения:* отдел трубопроводных систем энергетики, 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.

Дано определение и предложено содержательное описание ИИЭС. Во-первых, это технологический состав, представленный разными типами систем, во-вторых, это иерархия систем, представленная тремя уровнями, в-третьих, это функциональное назначение различных подсистем ИИЭС.

Сформулированы основные требования к информационно-коммуникационной платформе для управления ИИЭС. Согласованное решение

задач управления и развития ИИСЭ 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. Применение современных информационных и интеллектуальных технологий позволит организовать единый итерационный вычислительный процесс решения этих задач, выполнить его автоматическую адаптацию к особенностям моделируемых энергетических систем.

Система управления является интеллектуальной основой эффективного функционирования ИИЭС. В работе рассмотрен состав технологий, формирующий систему управления ИИЭС, ее назначение и функциональные задачи.

В качестве пилотного выбран проект по созданию интегрированной интеллектуальной системы энергоснабжения микрорайона Ново-Ленино г. Иркутска. Данный микрорайон является типичным городским районом с централизованным электро- и теплоснабжением. Принципиальная схема предполагаемой системы электро- и теплоснабжения микрорайона Ново-Ленино г. Иркутска представлена на рис. 75.

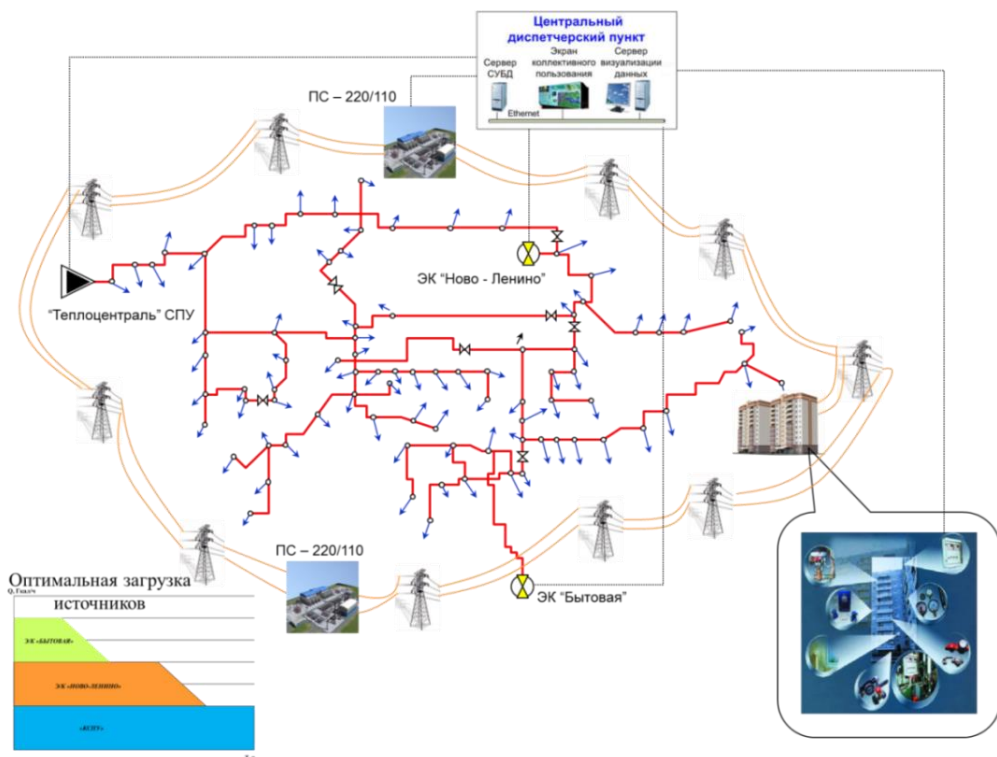


Рис. 75. Принципиальная схема электро- и теплоснабжения Ново-Ленино г. Иркутска.



## **3.2. РАБОТЫ ПО РЕГИОНАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ И ПРОЕКТАМ**

### **3.2.1. Разработка схемы и программы развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2014-2018 годы**

*Заказчик:* Государственный комитет Республики Саха (Якутия) по инновационной политике и науке (государственный контракт № 402К-Л8 от 12 ноября 2013 г., сроки: ноябрь 2013 г. – май 2014 г.).

*Руководитель:* д.т.н. Б.Г. Санеев.

*Подразделения:* отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел трубопроводных систем энергетики, отдел электроэнергетических систем ИСЭМ СО РАН совместно с ИФТПС СО РАН и ООО «Премьер-Энерго».

В работе представлена ретроспективная динамика производства и потребления электрической и тепловой энергии по энергорайонам Республики Саха (Якутия), дана характеристика генерирующих и электросетевых компаний, проанализирована структура потребления энергии. Выполнен анализ динамики изменения максимума нагрузки якутской энергосистемы, структуры установленной мощности и выработки электроэнергии. Отражены особенности и проблемы функционирования якутской энергосистемы.

Сформулированы основные направления развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на период 2014-2018 гг. и до 2020 г. Выполнен прогноз потребности в электрической и тепловой энергии, максимума нагрузки энергосистемы с указанием основных крупных потребителей. Приведен перечень планируемых к вводу и выводу из эксплуатации генерирующих мощностей, включая возобновляемые источники энергии, разработаны предложения по модернизации системы централизованного теплоснабжения республики. В состав приложения к отчету входят обосновывающие материалы и карта схема развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на период 2014-2018 гг. и до 2020 г.

Определены направления развития электрической сети напряжением 110 кВ на 2014-2018 гг. и 2020 г. (с разбивкой по годам) на основании расчетов электрических режимов зимних и летних максимальных нагрузок электрических режимов (рис. 76). При этом для каждого из рассматриваемых режимов выполнены расчёты наиболее тяжёлых послеаварийных режимов для нормальной и ремонтных схем.

Выполнен анализ существующего состояния систем теплоснабжения территорий региона, представлен ретроспективный баланс производства и потребления тепловой энергии с выделением структуры производства и потребления тепла за последние 5 лет, определен перечень основных потребителей тепловой энергии за 2012 год, представлена оценка состояния теплосетевого хозяйства республики, рассмотрены основные проблемы функционирования тепло-

снабжения региона, а также выполнен прогноз развития системы теплоснабжения на период до 2020 года.

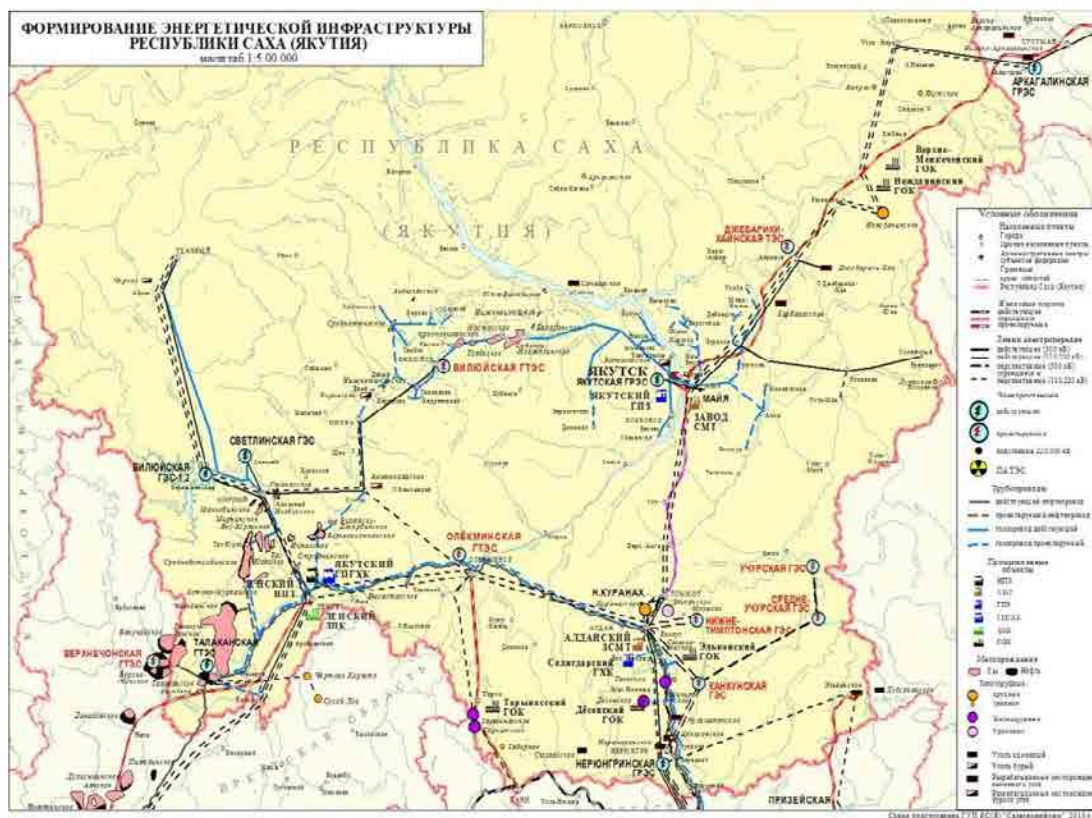


Рис. 76. Формирование энергетической инфраструктуры республики Саха (Якутия).

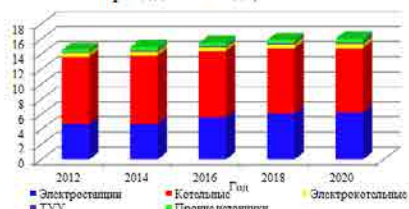
Перспективное развитие теплового хозяйства республики с размещением теплоисточников по территории республики, учитывающего перспективное изменение теплоснабжения и производства тепла, а также выбытие и на период до 2020 года представлено на рис. 77.



**Схема развития источников тепловой энергии  
Республики Саха (Якутия) на период до 2020 года**



**Структура производства тепловой энергии  
на период до 2020 года, тыс. Гкал**



**Структура потребления тепловой энергии  
на период до 2020 года, тыс. Гкал**



**Ввод и выбытие тепловой мощности  
на период до 2020 года, Гкал/ч**



Рис. 77. Развитие теплового хозяйства Республики Саха (Якутия) на период до 2020 года.

**3.2.2. Разработаны принципы построения и алгоритмы распределенной адаптивной САОН.**

*Заказчик:* ОАО «Иркутскэнерго».

*Руководитель:* к.т.н. Д.Н. Ефимов.

*Подразделения:* отдел электроэнергетической систем.

Разработаны принципы построения и алгоритмы распределенной адаптивной специальной автоматики отключения нагрузки (САОН).

Выполнен анализ существующих алгоритмов автоматического отключения нагрузки для ликвидации токовой перегрузки и разработаны принципы и алгоритм интеллектуальной специальной автоматики отключения нагрузки с использованием коэффициентов чувствительности, отвечающие следующим целям: 1) Обеспечение устойчивости работы мощных транзитных электропередач с реализацией балансирующих управляющих воздействий в виде отключения нагрузки в рамках автоматики предотвращения нарушения устойчивости; 2) Предотвращение токовой перегрузки элементов контролируемых подсистем

с быстрым отключением минимального объема потребителей, достаточного для разгрузки одной или более перегруженных связей (рис. 78).

Назначением интеллектуальной специальной автоматики отключения нагрузки (САОН) в Иркутской энергосистеме является:

1) Обеспечение устойчивости работы транзита 500 кВ Братск-Иркутск (в т.ч., и как части потенциального транзита Север-Юг) посредством балансирующих управляющих воздействий в рамках системы АПНУ. В этой связи расчетным способом обоснована целесообразность и направления реконструкции первичного оборудования и управляющих комплексов противоаварийной автоматики Усть-Илимской и Братской ГЭС.

2) Предотвращение перегрузки элементов контролируемых подсистем за счет быстрого отключения минимального объема потребителей посредством разработанного алгоритма и произведены массовые расчеты по формированию управляющих воздействий на схеме Иркутской ЭЭС при различных сочетаниях отключений связей.

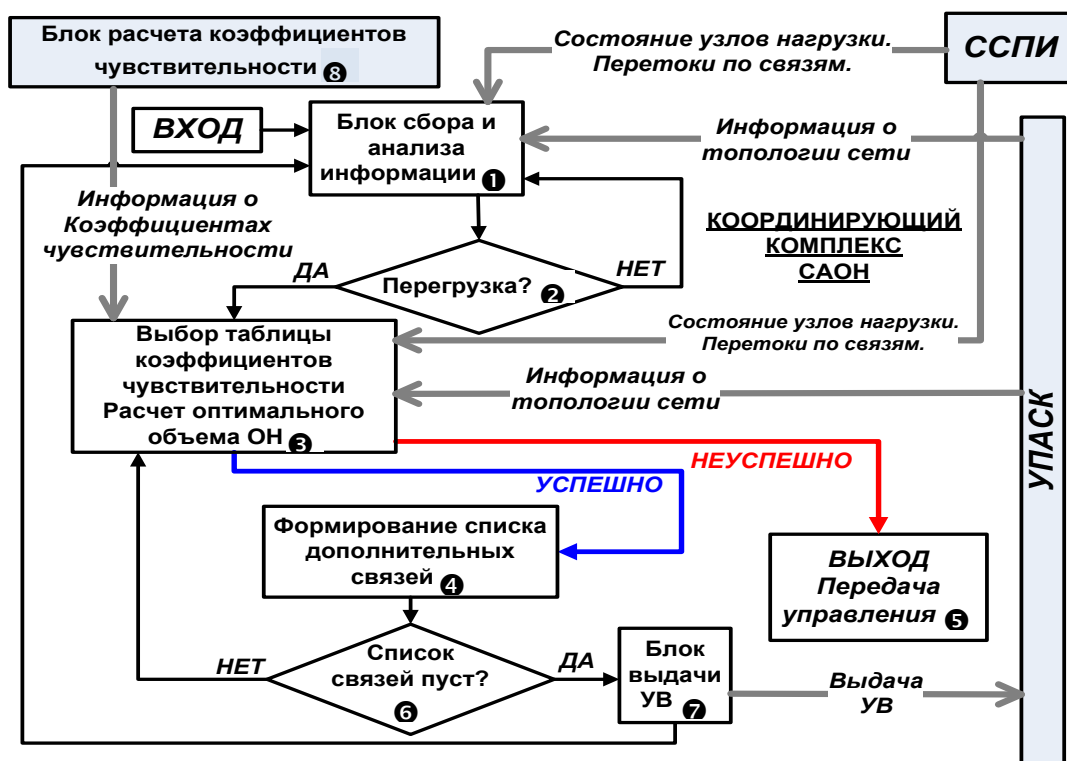


Рис. 78. Упрощенная блок-схема алгоритма координирующего комплекса интеллектуальной САОН.

### **3.2.3. Выполнен анализ режима межсистемных связей между Иркутской и Бурятской районными энергосистемами.**

Инициативная разработка.

*Руководитель:* д.т.н. С.С. Смирнов.

*Подразделения:* отдел электроэнергетических систем.

По результатам анализа сделаны следующие выводы. В настоящее время построена ЛЭП 500кВ между Иркутской энергосистемой (подстанция Ключи) и Бурятской энергосистемой (Гусиноозерская ГРЭС), которая подключена на напряжение 220кВ. Анализ прогнозных режимов работы энергосистемы на 2014-2018год показывает, что активная мощность по данной ЛЭП является незначительной – менее 20МВт или даже протекает встречно относительно двухцепной ЛЭП. Ограничивающим фактором по мощности является режим параллельной двухцепной ЛЭП. Кроме того, практически по одной трассе расположена двухцепная ЛЭП 220кВ Мысовая - Гусиноозерская ГРЭС протяженностью 140 км, мощность по которой протекает встречно. С учетом особенностей режима необходимо от рассматриваемой ЛЭП сделать перемышку до подстанции Мысовая протяженностью 5 км. Режимы межсистемной связи кардинально улучшаются и значительно снижаются потери. Допустимая мощность увеличивается до 200мВт. На межсистемных ЛЭП необходимы специальные технические мероприятия, обеспечивающие учет режима соединяемых узлов и взаимное расположение ЛЭП.

### **3.2.4. Разработана стратегия развития энергетики Чаун-Билибинского энергоузла Чукотского автономного округа на перспективу до 2035 г.**

*Заказчик:* НО «Фонд «Территория» (Правительство Чукотского АО).

*Руководители:* д.т.н. Б.Г. Санеев, д.т.н. А.Д. Соколов.

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

В работе выполнен анализ текущего состояния и проблем развития электро- и теплоэнергетики Чаун-Билибинского энергоузла Чукотского АО. На основе анализа перспектив развития на территории энергоузла выделено 3 центра нагрузок (рис. 79), оценены возможности использования ресурсной базы, рассмотрены перспективные схемы топливоснабжения с расчетом транспортных расходов по каждой из них (рис. 80).

В работе сформированы 27 сценариев развития генерирующих мощностей и электрических сетей для обеспечения централизованного энергоснабжения потребителей. По результатам комплексной оценки эффективности этих сценариев обозначены ключевые проблемы развития централизованного электроснабжения в энергоузле и обоснована стратегия выбора рационального варианта развития энергетики Чаун-Билибинского энергоузла Чукотского АО на

перспективу до 2035 г. в зависимости от развития и трансформации внешних условий.



Рис 79. Центры электрических нагрузок Чаун-Билибинского энергоузла.

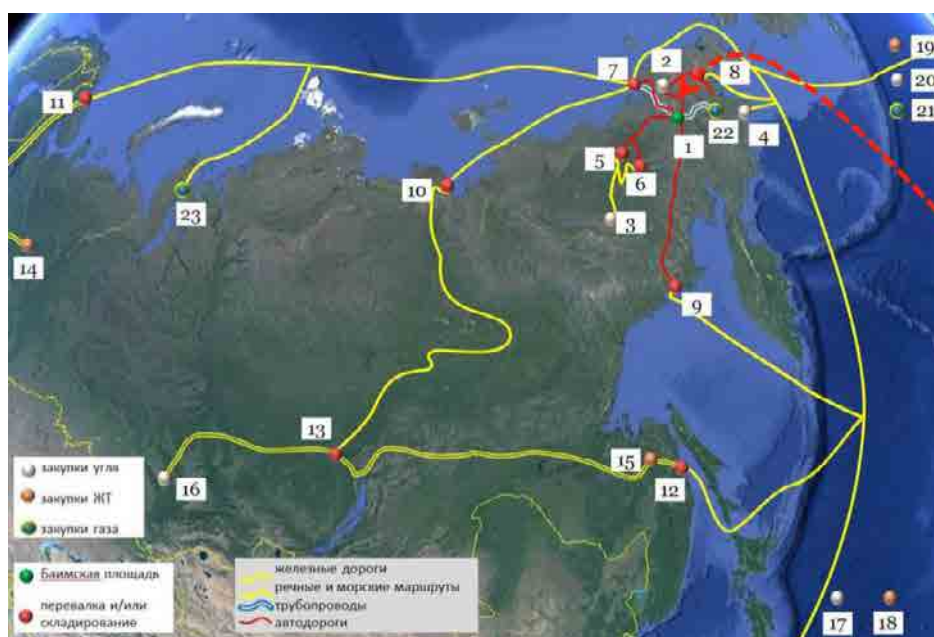


Рис. 80. Перспективные схемы топливоснабжения потребителей Чаун-Билибинского энергоузла.

### **3.2.5. Научное сопровождение Стратегии развития топливно-энергетического комплекса Иркутской области**

*Заказчик:* Министерство промышленной политики и лесного комплекса Иркутской области.

*Руководитель:* д.т.н. Б.Г. Санеев.

*Подразделения:* отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел энергетической безопасности, отдел трубопроводных систем энергетики.

Цель НИР: мониторинг и анализ развития топливно-энергетического комплекса Иркутской области в соответствии с распоряжением Правительства Иркутской области от 12.10.2012 г. № 491-рп.

В работе проведен анализ:

- основных показателей социально-экономического развития Иркутской области;
- современного состояния ТЭК;
- экологической ситуации, с оценкой вклада ТЭК в загрязнение окружающей среды.

Дана оценка ресурсного потенциала ТЭК области с анализом современного состояния и выявлением перспектив его дальнейшего развития.

Проведен мониторинг развития отраслей топливно-энергетического комплекса Иркутской области за период 2010-2013 гг.

### **3.2.6. Научное обоснование концепции и разработка мер развития Восточно-Сибирского нефтегазохимического кластера на территории Иркутской области**

*Заказчик:* Министерство промышленной политики и лесного комплекса Иркутской области.

*Руководитель:* ак. И.В. Бычков.

*Ответственный исполнитель от ИСЭМ СО РАН:* д.т.н. Б.Г. Санеев.

*Подразделение:* отдел комплексных и региональных проблем энергетики, отдел трубопроводных систем энергетики ИСЭМ СО РАН в качестве соисполнителя по контракту с Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Иркутский научный центр СО РАН в составе коллектива авторов.

Цель работы: научное обоснование концепции формирования газонефтехимического кластера Иркутской области и разработка системы мер и мероприятий, направленных на его развитие, в целях получения максимального социально-экономического эффекта для территории Иркутской области.

В отчете ИСЭМ СО РАН по первому этапу выполнен анализ современного состояния и проблем развития предприятий нефтегазохимического комплекса в

Иркутской области и сформулированы основные положения перспектив развития Восточно-Сибирского нефтегазохимического кластера на ее территории.

Выполнен анализ существующего состояния теплового хозяйства Иркутской области (рис. 81). Потребление тепловой энергии в регионе в 2013 году сократилось на 4,9% по сравнению с уровнем предыдущего года.

### *Существующее состояние теплового хозяйства Иркутской области (данные 2013 г.)*

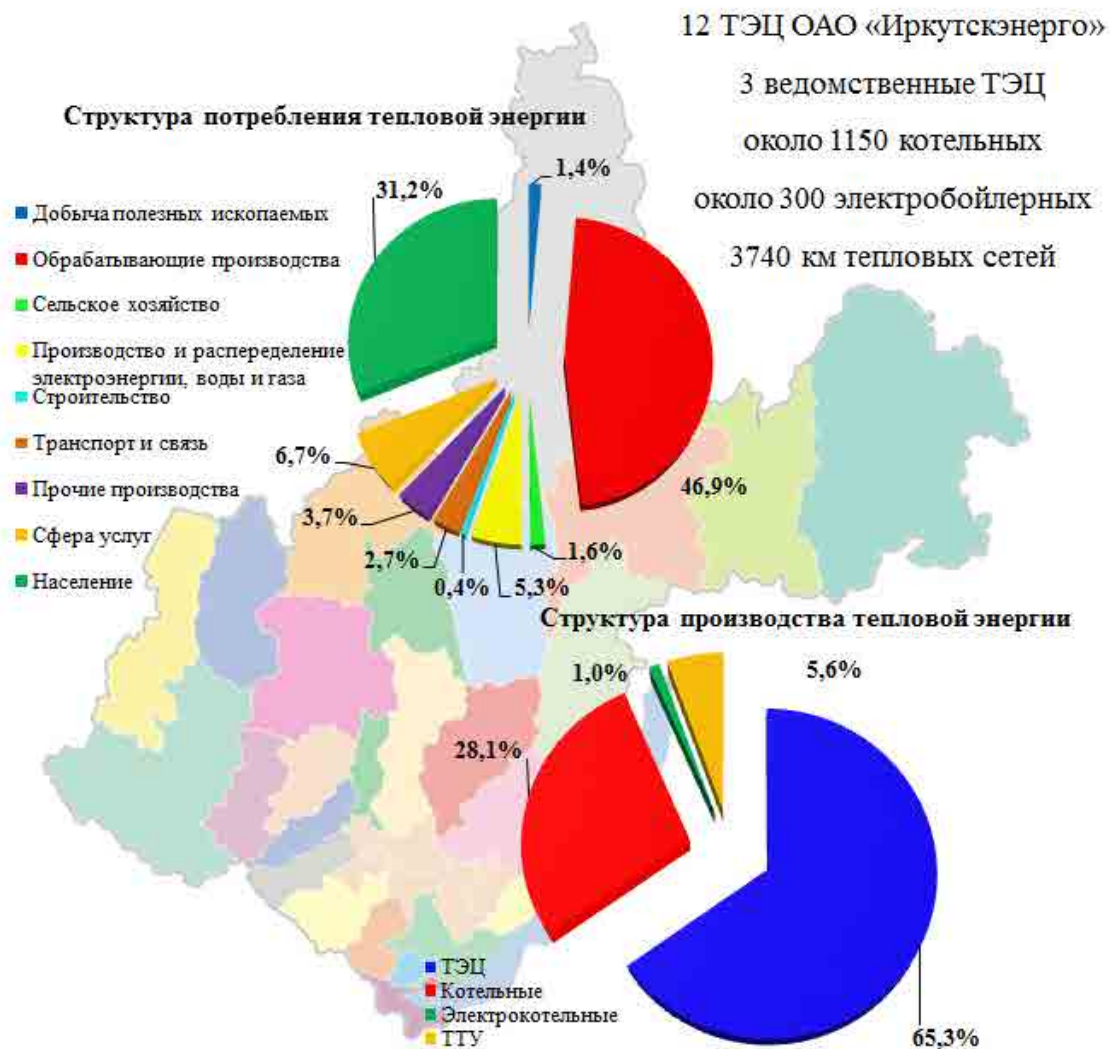


Рис. 81. Существующее состояние теплового хозяйства Иркутской области.



**3.2.7. Прогнозирование годовых, квартальных и месячных притоков воды в водохранилища Ангаро-Енисейского каскада ГЭС: Иркутское (оз.Байкал), Братское, Усть-илимское, Богучанское, Саяно-Шушенское, Красноярское с заблаговременностью – год, квартал, месяц, начиная с ноября 2013 г. и по сентябрь 2014г. и моделирование режимов работы соответствующих ГЭС.**

*Заказчик:* Енисейское бассейновое управление МПР РФ, ОДУ Сибири.

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

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности.

Результаты прогнозов и моделирования режимов представлялось в поквартально и помесечно на заседания Межведомственной рабочей группы по регулированию режимов работы водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада ГЭС и Северных ГЭС, уровня воды озера Байкал Енисейского бассейнового управления МПР РФ (г. Красноярск) и ОДУ Сибири (г. Кемерово).

**3.2.8. Определение и картирование зон затопления р. Ангары в нижнем бьефе Иркутской ГЭС.**

*Заказчик:* филиал ОАО «Иркутскэнерго» Иркутская ГЭС.

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

*Подразделение:* отдел энергетической безопасности (совместно с ИДСТУ СО РАН).

Разработана карта с изображением р. Ангары в нижнем бьефе Иркутской ГЭС от ее плотины до г. Ангарска (рис. 82). Вдоль реки выделены цветом два максимальных возможных уровня затопления (5 и 7м) с учетом экстремально высоких летних паводков р. Иркут. Эта работа выполняется в рамках Постановления Правительства РФ №360 от 18 апреля 2014г. «Об определении границ зон затопления, подтопления».



*Рис. 82.* Границы зон затопления нижнего бьефа Иркутской ГЭС при равномерном подъёме уровня р. Ангары на 5 и 7 м.

**3.2.9. Разработка новой версии программы «Байкал-2012» расчёта и анализа гидроэнергетических режимов каскада Ангарских ГЭС с учётом ввода в эксплуатацию Богучанской ГЭС и усовершенствования алгоритма и функций предыдущей версии программы «Байкал-10»**

*Заказчик:* ОАО «Иркутскэнерго».

*Руководитель:* д.т.н. Клер А.М.

*Подразделение:* отдел теплосиловых систем.

Разработан программно-вычислительный комплекс для расчёта и анализа гидроэнергетических режимов каскада Ангарских ГЭС. Разработаны математические модели ГЭС, ориентированные на расчёт каскада при заданных мощностях станций или при заданных расходах воды через их плотины.

**3.2.10. Разработка рекомендаций по организации эксплуатационных режимов и наладке тепловых сетей г. Байкальска.**

*Заказчик:* ОАО «Управление жилищно-коммунальными системами г. Байкальска» (в рамках работ по договору № 6 от 28 мая 2013 г., сроки: 30.05.13 – 13.01.14).

*Руководитель:* д.т.н. Новицкий Н.Н.

*Подразделения:* отдел трубопроводных систем энергетики.

Ответственный исполнитель: к.т.н. Гребнева О.А.

В 2014 г. завершена работа по анализу и обоснованию наладочных мероприятий для тепловых сетей г. Байкальска (рис. 83), в рамках этой работы получены следующие результаты. Разработан комплекс наладочных мероприятий для нормализации теплоснабжения потребителей не только в расчетном режиме, но и в годовом разрезе времени (в зимнем, переходном и летнем режимах) с учетом всех технологических требований. Выполнен расчет экономической эффективности рекомендуемых мероприятий, который составляет порядка 71 млн. руб./год. Выполнен анализ целесообразности предложенных заказчиком мероприятий на перспективу (переход на повышенный температурный график источника, завершение строительства тепловой магистрали по проекту ОАО «Сибгипробум»).





Рис. 83. Наладочные мероприятия для нормализации теплоснабжения г. Байкальска (красным – источник и насосные станции).

### 3.2.11. Работы в области энергосбережения и энергоаудита.

*Руководитель:* к.т.н. М.В. Ермаков.

*Подразделение:* отдел трубопроводных систем энергетики (научно-технический центр энергосбережения).

- Исследование режимов работы систем энергоснабжения и энергопотребления ОАО «Фармасинтез».
- Исследование режимов работы тепловых сетей г. Шелехова с определением фактических потерь тепловой энергии (по заказу МУП «Шелеховские тепловые сети»).
- Энергетическое обследование ООО «Сетевая компания «Радиан».
- Разработка схемы теплоснабжения Нижнеудинского муниципального образования на период до 2029 года (по заказу Администрации Нижнеудинского муниципального образования).

## **4. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО.**

### **4.1. Международные научные проекты.**

#### **4.1.1. Страновой доклад: Российская Федерация (ЭСКАТО ООН).**

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 для секретариата ЭСКАТО ООН. Итоговый отчет рассмотрен секретариатом ЭСКАТО ООН в ходе Заседания старших должностных лиц (СДЛ) по энергетическому сотрудничеству в Северо-Восточной Азии в декабре в Сеуле, Республика Корея.

#### **4.1.2. Комплексная энергоэкономическая оценка приоритетных проектов энергетического сотрудничества России и Монголии и механизмы их реализации (Монголия).**

Проект выполнялся совместно с Монгольским государственным университетом науки и технологий (Улан-Батор, Монголия). Основными результатами в текущем году является формирование перечня приоритетных проектов энергетического сотрудничества России и Монголии в отраслях энергетики, в котором представлено 4 проекта в электроэнергетике, 5 – в нефтегазовом комплексе; 3 – угольной промышленности; 2 – возобновляемой энергетике.

#### **4.1.3. Программно-вычислительный комплекс для гидравлических расчетов систем водоснабжения и водоотведения (Грузия).**

НИР выполняется в рамках договора № 687-14 от 25.09.2014 (сроки: 01.10.2014 – 30.06.2015) по заказу «Georgian Water & Power» (г. Тбилиси). Цель работы – внедрение программных разработок ИСЭМ СО РАН для автоматизации анализа и разработки эксплуатационных режимов работы систем водоснабжения и водоотведения г. Тбилиси. В задачи работы входит: 1) передача программного обеспечения для поддержки графических баз данных (БД) по схемам водоснабжения и водоотведения (ИВС «АНГАРА»); 2) настройка программ для расчетов гидравлических режимов систем водоснабжения и канализации; 3) конвертация имеющейся в Компании электронной топоосновы г. Тбилиси в формат БД ИВС «АНГАРА»; 4) обучение специалистов Компании применению программ для занесения информации и проведению расчетов.

#### **4.1.4. Методы построения интеллектуальной инструментальной среды для поддержки принятия решений при определении стратегии развития энергетики России и Беларуси с позиций энергетической безопасности (Республика Беларусь).**

Продолжалась совместная работа с Институтом энергетики НАН Беларуси в рамках интеграционного проекта СО РАН и НАН Беларуси (2012-2014) №18. Цель проекта: разработка методов построения интеллектуальной инструмен-

тальной среды для поддержки принятия решений при определении стратегии развития энергетики России и Беларуси с позиций энергетической безопасности.

#### 4.1.5. Гоби-ТЭК и Азиатская супер-электроэнергетическая сеть (Республика Корея, Бельгия, Монголия, Япония).

Совместно с организациями-партнерами в рамках Меморандума о взаимопонимании осуществляет совместное исследование по проекту «Гоби ТЭК и Азиатская супер-электроэнергетическая сеть» для возобновляемых источников энергии в Северо-Восточной Азии.

#### 4.2. Соглашения о сотрудничестве.

Соглашения о сотрудничестве с международными и зарубежными организациями представлены в табл. 8.

Таблица 8.

**Соглашения о сотрудничестве**

Страна, организация	Аннотация
<b>Япония</b> , Институт экономических исследований Северо-Восточной Азии	Заключено международное соглашение о сотрудничестве между ИСЭМ СО РАН и Институтом экономических исследований Северо-Восточной Азии (ERINA, Япония).
<b>Япония</b> , Институт экономики энергетики Японии	Заключено международное соглашение о сотрудничестве между ИСЭМ СО РАН и Институтом экономики энергетики Японии (IEEJ, Япония).
<b>Республика Корея</b> , Корейский институт экономики энергетики Японии	Заключено международное соглашение о сотрудничестве между ИСЭМ СО РАН и Корейским институтом экономики энергетики Японии (KEEI, Республика Корея).
<b>Германия</b> , Университет Магдебурга	Соглашение о сотрудничестве между Университетом Магдебурга и ИрННТУ о совместной подготовке магистров по электроэнергетике и электротехнике при участии в этом процессе ИСЭМ СО РАН.

#### 4.3. Зарубежные командировки.

В 2014 г. для участия в международных симпозиумах и конференциях, для проведения совместных работ, для обсуждения вопросов научного сотрудничества 40 сотрудников института совершили 20 выездов в 13 стран мира. Сводные данные по выездам приведены в табл. 9. 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. 10.

Таблица 9.

**Сводные данные по количеству выездов сотрудников за рубеж**

Страна, регион	Количество выездов / человек			
	Конференции, семинары, школы	Совместная работа по проектам	Контакты, стажировки и прочее	ВСЕГО
Европа (всего)	7/ 10	1/1	1/1	9/12
Великобритания	1/1			1/1
Грузия	1/1	1/1		2/1
Германия			1/1	1/1
Испания	1/1			1/1
Италия	1 / 1			1/1
Польша	2/4			2/4
Хорватия	1/2			1 / 2
Азия (всего)	10/ 26			10/26
Вьетнам	1 / 2			1 / 2
Китай	1/1			1/1
Республика Корея	2/8			2/8
Монголия	4/12			4/12
Япония	2/3			2/3
Прочие (всего)	1/2			1/2
Кипр	1 / 2			1 / 2
<b>ИТОГО</b>	<b>18 / 38</b>	<b>1/1</b>	<b>1/1</b>	<b>20/ 40</b>

Таблица 10.

**Сведения о выездах сотрудников за рубеж**

Страна	Город, организация	Цель командировки	Сроки	Сотрудники
Великобритания	Глазго	Участие в заседание Технического программного комитета Международной PSCC по отбору докладов на конференцию	1-5 апреля	Воропай Н.И.
Вьетнам	Ханой	Участие в международной конференции «GREEN GROWTH & ENERGY FOR ASEAN 2014»	6-14 декабря	Сендеров С.М. Еделев А.В.
Грузия	Тбилиси	Участие в работе Международной конференции South Caucasus Infrastructure and New Energy Investment Summit	6-7 февраля	Воропай Н.И.
		Выполнение первого этапа работ по хоздоговору №687-14 от 25.09. 2014 между ИСЭМ СО РАН и Компаней «Georgian Water & Power»	16-30 ноября	Алексеев А.В.

Германия	Магдебург	Участие в защите диссертации PhD в качестве оппонента в университете Магдебурга	7-9 июля	Воропай Н.И.
Испания	Кордова	Участие в работе Международной конференции «Energies and Power Quality» (ICREPQ'14)	8-10 апреля	Коверникова Л.И.
Италия	Рим	Участие в работе 14 <sup>й</sup> международной Европейской энергетической конференции «Устойчивая энергетическая политика и стратегии для Европы» (14 <sup>th</sup> IAEE European Conference)	28-31 октября	Подковальников С.В.
Кипр	Лимассол	Участие в 9-ой международной конференции о безопасности критических информационных инфраструктур (CRITIS 2014)	12-16 октября	Воропай Н.И. Колосок И.Н.
Китай	Ченгду	Участие в работе Международной конференции «Power System Technology» (POWERCON 2014)	20-22 октября	Панасетский Д.А.
Республика Корея	Сеул	Участие в ежегодном совместном рабочем семинаре ИСЭМ СО РАН – KEEI	28-29 мая	Воропай Н.И. Санеев Б.Г., Сендеров С.М. Стенников В.А. Соколов А.Д. Соколов Д.А. Лагереv А.В.
	Ченджу	Участие в работе 20 <sup>й</sup> международной конференции по электроэнергетике ICEE 2014 с докладом «Исследование формирования электроэнергетического объединения и обмена электроемкой продукцией и услугами в Северо-Восточной Азии»	16-20 июня	Подковальников С.В.
Монголия	П. Ханх (Хубсугул)	Организация и участие в Международном семинаре «Intelligent, agent-based, cloud computing and cyber security in energy sector» (IACCCSES-2014)	23-28 января	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 "Энергетическая безопасность в Северо-Восточной Азии"	29 апреля - 3 мая	Воропай Н.И.
		Презентация разработок ИСЭМ, консультации по проведению гидравлических расчетов	19 мая – 2 июня	Токарев В.В.
		Обсуждение работ по ТЭО строительства ГЭС в Монголии	март	Никитин В.М.
Польша	Вроцлав	Участие в 18-ой международной конференции Power Systems Computation Conference (PSCC)	17-23 августа	Воропай Н.И. Коркина Е.С. Томин Н.В.
	Краков	Участие в 11-ой международной конференции European Energy Market (EEM14)	28-30 мая	Голуб И.Н.
Хорватия	Дубровник	Участие в международной конференции «EnergyCon2014»	12-16 мая	Глазунова А.М. Колосок И.Н.
Швеция	Стокгольм	Участие в 14-ом Международном симпозиуме по теплоснабжению и кондиционированию	5-10 сентября	Якимец Е.Е.
Япония	Токио	Участие в ежегодной конференции APERC	25-29 марта	Санеев Б.Г. Воропай Н.И.
	Ниигата	Участие в «7-м Японо-Российском диалоге по вопросам энергетики и экологии в Ниигата»	29 октября - 1 ноября	Иванова И.Ю.

#### 4.4. Прием иностранных ученых

Из организации (страны)	Сроки визита	Цели и результаты визита
Япония Монголия	23-24 сентября	Участие в Международной конференции «Энергетическая кооперация в Азии» Brantley Tomas Liddle (Вице-президент Энергетического исследовательского центра АТЭС, Япония), Батхуяг Со-

		довын (профессор Энергетического института Монгольского университета науки и технологий), Зафар Самадов (Старший эксперт Секретариата Энергетической хартии), Д.А. Соколов (Научный сотрудник Энергетического исследовательского центра АТЭС, Япония)
Монголия	12-16 мая	Директора Института теплотехники и промышленной экологии Монгольского государственного университета науки и технологий Б. Жаргалсайхана и зав. кафедрой Монгольского Государственного университета Техники и Технологии академика Батмунха С. Сроки пребывания: с 12.05.2014 г. по 16.05.2014 г. Цель визита: Обеспечение развития научно-технического сотрудничества в области энергетики между Институтом теплотехники и промышленной экологии Монгольского государственного университета науки и технологии и ИСЭМ СО РАН. Обсуждение совместных работ по теме «Концепция развития энергетики Монголии»
Великобритания	20-21 октября	Знакомство с достижениями иркутских ученых и обсуждение направлений дальнейшей совместной деятельности директора Центра энергетических систем Сколковского института науки и технологий (Сколтех) – профессора Януша Бялэка
Корея (КЕЕИ)	23-24 сентября	Делегация корейских специалистов для участия в работе российско-корейского семинара на тему «Российско-Корейское сотрудничество в области электроэнергетики» в соответствии с договором о сотрудничестве между Корейским институтом экономики энергетики (Республика Корея) и ИСЭМ СО РАН. Список делегации: 1.Управляющий директор КЕЕИ Mr. Yong Duk PAK 2.Директор департамента КЕЕИ Mr. Sung Kyu LEE 3.Ведущий научный сотрудник KERI Mr.Jae Young YOON 4.Директор Дивизиона КЕЕИ Mr. Nam Yil KIM В институте проведен российско-корейский семинар Семинар был посвящен вопросам электроэнергетики и электроэнергетического сотрудничества между обеими странами.
Корея Япония Бельгия Монголия	26-27 сентября	Международный семинар «ГобитЭК и Азиатское супер-энергообъединение», состоялся на базе института 26-27 сентября 2013 г. Семинар был посвящен перспективной тематике формирования Азиатского суперэнергообъединения в Северо-Восточной Азии на базе возобновляемых энергоресурсов пустыни Гоби.

		<p>Список делегации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Директор Дивизиона KEEI Mr. Nam Yll KIM;</li> <li>2. Ведущий научный сотрудник Japan Renewable Energy Foundation Mr. Shuta MANO;</li> <li>3. Ведущий научный сотрудник KERI Mr. Jae Young YOON;</li> <li>4. Senior Expert at Energy Charter Secretariat (Belgium) Zafar Samadov;</li> <li>5. Директор Физико-технического института АН Монголии, академик Б. Чадраа;</li> <li>6. Профессор Энергетического института Монгольского университета Науки и Технологий, С. Батхуяг;</li> <li>7. Советник Министра Энергетики Монголии, Ц. Баярхуу.</li> </ol>
--	--	---

#### 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, Токио, Япония (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* – 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., Этингов П.В., Паламарчук С.И., Голуб И.И., Колосок И.Н., Панаецкий 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).

#### **4.6. Работа в международных организациях.**

Научный сотрудник Д.А. Соколов по направлению Министерства энергетики РФ работает в Центре энергетических исследований Азиатско-Тихоокеанского региона (АPERC, Токио, Япония) с ноября 2011 г. по настоящее время в должности исследователя. Директор института чл.-корр. РАН Воропай Н.И. – член бюро советников центра.

Старший научный сотрудник П.В. Этингер работает в Тихоокеанской Северо-Западной национальной лаборатории (США) в должности исследователя.

## 5. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

### 5.1. Организация и проведение конференций и семинаров

#### 5.1.1. XIX Байкальская Всероссийская конференция с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении», включающая школу-семинар научной молодежи в области информационных технологий, 28 июня – 7 июля 2014 г.

Традиционно конференция включала две сессии: Иркутскую - с 28 по 29 июня (г. Иркутск, ИСЭМ СО РАН) и Байкальскую - с 30 июня по 7 июля (Бурятия, с. Максимиха, б/о «Кумуткан»). В конференции приняли участие 160 человек из 6 стран (Россия, Беларусь, Казахстан, Вьетнам, Германия, Южная Корея), 15 городов России (Москва, Санкт-Петербурга, Уфа, Самара, Оренбург, Пенза, Псков, Омск, Томск, Новосибирск, Красноярск, Иркутск, Якутск, Владивосток, Петропавловск-Камчатский), из них 73 чел. – в Байкальской сессии, 53 – в Иркутской сессии, 33 – с заочным участием (публикацией статей); в числе участников: 23 доктора наук, 39 кандидатов наук, 29 аспирантов, 5 студентов.

На конференции работали 11 секций и 4 круглых стола, на которых были сделаны и обсуждены около 90 докладов и сообщений (32 доклада на Иркутской сессии и 55 на Байкальской), обсуждены две докторских диссертации и одна кандидатская, состоялись научные дискуссии.

Параллельно с конференцией была проведена Школа–семинар научной молодежи, в которой приняли участие более 60 человек, на заседаниях были заслушаны 40 докладов молодых ученых и 16 пленарных докладов-лекций их старших коллег.

Конференция была поддержана грантом РФФИ.

#### 5.1.2. Всероссийский научный семинар им. Ю.Н. Руденко с международным участием «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», 30 июня – 4 июля 2014 г.

С 30 июня по 4 июля 2014 г. в г. Санкт-Петербурге на базе Петербургского энергетического института повышения квалификации (ПЭИПК) прошло очередное 86-е заседание семинара на тему: "Надежность либерализованных систем энергетики".

Тематика заседания семинара включала следующие направления:

- проблемы обеспечения надежности либерализованных систем энергетики;
- модели надежности либерализованных систем энергетики;
- методы оценки надежности систем энергетики и обоснования средств по ее повышению;

- информационные технологии в задачах надежности систем энергетики;
- программно-информационные средства для оценки и обеспечения надежности либерализованных систем энергетики.

Специалистами в области надежности систем энергетики из России, Азербайджана, Австралии, Белоруссии, Латвии, Молдавии было представлено 72 доклада.

Особый интерес аудитории вызвали доклады по следующим проблемам:

- энергетическая безопасность стран и регионов, индикаторы для ее оценки;
- интеллектуальные инновационные технологии и их влияние на надежность систем энергетики;
- информационная и кибербезопасность в системах энергетики;
- новые средства и технологии управления для повышения надежности систем энергетики;
- распределенная генерация энергии и надежность систем энергетики;
- диагностика состояния оборудования как фактор повышения надежности систем энергетики.

По результатам работы семинара будет издан сборник.

### **5.1.3. 9-я международная конференция “Энергетическая кооперация в Азии”, 23-24 сентября 2014 г.**

Конференция состоялась в г. Иркутске, Россия, 23-24 сентября 2014 г. на базе Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН (<http://sei.irk.ru/aec2014>). Конференция организована Институтом систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Международным исследовательским центром энергетической инфраструктуры в Азии при поддержке официального партнера и спонсора конференции - ОАО «НОВАТЭК», а также при поддержке ООО “Газпром добыча Иркутск”, ОАО “Иркутскэнерго”, Российского фонда фундаментальных исследований.

В работе конференции приняли участие около 60 специалистов и экспертов из России, Китая, Японии, Республики Корея, Монголии и от Европейского Союза. Всего было представлено 20 докладов, из них 8 пленарных, 5 в электроэнергетической, и 7 в газовой секции.

Были обсуждены следующие направления:

- Роль России на европейских и азиатских энергетических рынках в новых геополитических условиях
- Коллективная энергетическая безопасность в Азии

- Сотрудничество Россией с Северо-Восточной Азией в нефтегазовой промышленности
- Формирование газопроводной сети в Северо-Восточной Азии
- Межгосударственные электроэнергетические объединения в Северо-Восточной Азии

Параллельно с работой конференции прошло заседание исполнительного комитета Форума Газопроводов Северо-Восточной Азии (Northeast Asian Gas and Pipeline Forum, NAGPF), на котором обсуждались дальнейшие перспективы работы и проведение встреч NAGPF будущего года.

#### **5.1.4. 14-й Всероссийский научный семинар «Математические модели и методы анализа и оптимального синтеза развивающихся трубопроводных и гидравлических систем», 8-13 сентября 2014 г.**

Организован совместно с Институтом водных и экологических проблем СО РАН (г. Новосибирск) и Российским государственным университетом нефти и газа им. И.М. Губкина (г. Москва).

Председатель – Новицкий Н.Н., уч. секретарь – Гребнева О.А.

Заседание состоялось 8 - 13 сентября 2014 г. в бизнес-отеле «Россия» г. Белокуриха Алтайского края.

В работе заседания семинара приняло участие 36 специалистов, в том числе 4 доктора и 16 кандидатов наук из научных, проектных, образовательных и других организаций городов Иркутска, Москвы, Санкт-Петербурга, Красноярска, Новосибирска и др.

#### **5.1.5. XVI Байкальская международная школа-семинар «Методы оптимизации и их приложения», 30 июня – 6 июля 2014 г.**

Школа семинар проведена на о. Ольхон. В работе школы-семинара приняло участие 94 человека из 10 стран мира - России, Монголии, Колумбии, Франции, Великобритании, Швеции, Австралии, Италии, Германии и США.

На конференции было сделано в общей сложности 85 докладов. Учёные из разных стран выступили с 23 пленарными докладами. Байкальская школа-семинар работала по пяти научным направлениям и было сделано 62 секционных докладов на следующих секциях:

1. Оптимальное управление - 11 докладов;
2. Дискретная оптимизация - 23 доклада;
3. Непрерывная оптимизация - 15 докладов;
4. Равновесное и двухуровневое программирование - 7 докладов;
5. Методы оптимизации в обратных задачах - 6 докладов.

Из общего числа участников приняло непосредственное участие в работе школы-семинара докторов науки и профессоров - 36 человек; кандидатов науки - 29; аспирантов и магистрантов различного года обучения - 18.

На Байкальскую школу-семинар приехали учёные из 13 городов России: Омск - 13 человек; Нижний Новгород - 5; Челябинск - 2; Борисоглебск - 1; Новосибирск - 15; Ульяновск - 1; Иркутск - 24; Красноярск - 1; Владивосток - 3; Москва - 7; Екатеринбург - 1; Санкт-Петербург - 4; Уфа - 2 человека.

#### **5.1.6. 44-я конференция-конкурс научной молодежи «Системные исследования в энергетике», 17 марта – 9 апреля 2014 г.**

Было заслушано 27 докладов на 4-х секциях, из которых 10 докладов были отобраны для финального этапа, который состоялся 9 апреля на заседании Ученого совета института. По итогам конкурса присуждены:

1-е место - Якимец Е.Е. за работу «Обоснование рациональных уровней централизации теплоснабжения»;

2-е место - Луценко А.В. за работу «Разработка и исследование методов структурно-параметрической оптимизации гидравлических режимов тепловых сетей»;

3-е место - Минарченко И.М. за работу «Поиск равновесия в рыночной модели ОРПЭС».

Был издан сборник трудов конференции в электронном и бумажном виде.

#### **5.1.7. Международный семинар «Intelligent, agent-based, cloud computing and cybersecurity in energy sector» (IACCCSES-2014).**

Международный семинар «Intelligent, agent-based, cloud computing and cybersecurity in energy sector» (IACCCSES-2014), проводился впервые, в п. Ханх (оз. Хубсугул, Монголия), при поддержке Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. Сопредседатели программного комитета: член-корр. РАН Н.И. Воропай и д.т.н. Л.В. Массель, председатель оргкомитета – Л.В. Массель.

IACCCSES-2014 был организован в форме пленарных заседаний, заседаний секций и круглых столов по соответствующим темам. Каждая секция завершалась дискуссией с обменом мнениями по тематике секции. Рабочий язык – английский.

Доклады были представлены по следующим направлениям:

1. Теоретические и методологические вопросы разработки и интеграции интеллектуальных, агентных и облачных вычислений.

2. Применение интеллектуальных, агентных и облачных вычислений для поддержки принятия решений в исследованиях и обеспечении энергетической безопасности.

3. Применение интеллектуальных, агентных и облачных вычислений для поддержки принятия решений в исследованиях качества жизни с учетом обеспеченности энергоресурсами.

4. Поддержка коллективной экспертной деятельности в энергетике.

5. Требования к интеллектуальным, агентным и облачным вычислениям в Smart Grid с точки зрения кибербезопасности.

На семинаре были представлены 27 докладов, еще 6 - опубликованы. Всего в семинаре приняли участие 27 человек из семи организаций (ИСЭМ СО РАН, ИДСТУ СО РАН, ИГУ, ИргТУ, АГТА, Восточно-Сибирский центр экологии человека, Иркутский консультативно-диагностический центр) двух городов России (Иркутск, Ангарск) и Монголии (один участник). Опубликованы тезисы докладов, сделанных в ходе семинара (на английском языке), 13 из них были посвящены проектам, поддержанным грантами РФФИ, грантами программы Президиума РАН и грантами интеграционных проектов СО РАН.

## 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. 11.

Таблица 11.

### Сводные данные о количестве докладов сотрудников на конференциях

Конференции	Количество докладов	в том числе		
		пленарные	секционные	стендовые
Международные	140	15	118	7
Всероссийские	101	4	93	
Региональные	3	2	1	-

#### 5.2.1. Участие в международных конференциях с приглашенными докладами

1. Сендеров Сергей Михайлович. International Conference on "Green Growth and Energy for ASEAN 2014" (GGEA), Institute of Energy Science (IES) Ba Dinh, Hanoi, 10-12 December 2014.

2. Воропай Николай Иванович. International Conference "South Caucasus Infrastructure and New Energy Investment Summit", Georgia, Tbilisi, February 6-7, 2014 г.

3. Воропай Николай Иванович. Asia Pacific Energy Research Centre (APERC–2014), Tokyo, Japan 25-28 March 2014.
4. Санеев Борис Григорьевич. Asia Pacific Energy Research Centre (APERC–2014), Tokyo, Japan 25-28 March 2014.
5. Воропай Николай Иванович. Международная конференция «Энергетическая безопасность в Северо-Восточной Азии», Монголия, Улан-Батор, 29 апреля-3 мая 2014 г.
6. Подковальников Сергей Викторович. The International Conference on Electrical Engineering (20th ICEE- 2014), June 15-19, 2014, Jeju, Korea.
7. Черепенников Валерий Борисович. International Conference «Functional differential equations and applications». Ariel, Israel, 2014.
8. Черепенников Валерий Борисович. International Symposium on Differential and Difference Equation. Homburg, Germany, 2014.
9. Стенников Валерий Алексеевич. «Энергетическая стратегия России». Корейский институт экономики энергетики (KEEI, Korea Energy Economics Institute, Республика Корея) 27-30 мая 2014 г.
10. Санеев Борис Григорьевич. Ulaanbaatar Energy Charter Forum: Developing Renewable Energy across Gobitec and Asian Super Grid in Northeast Asia, Ulaanbaatar, Mongolia, 24-28 June 2014.
11. Санеев Борис Григорьевич. VI международный форум «Развитие регионального сотрудничества в Северо-Восточной Азии», г. Харбин, Китай, 13-16 июня 2014 г.
12. Санеев Борис Григорьевич. Международная конференция «Великий шелковый путь и Трансевразийский пояс – Развитие - Стыковка», г. Шанхай, Китай, 18-19 июля 2014 г.
13. Попов Сергей Петрович. 1-я Международная конференция «Central Asia Gas», г. Алма-Ата, Казахстан, 23-27 июня 2014 г.
14. Соколов Дмитрий Александрович. Международный Форум по газу, г. Пекин, КНР, 18-19 ноября 2014 г.
15. Сидоров Денис Николаевич. INV 6th Follow-up meeting, Институт И. Ньютона, Кэмбридж, Великобритания, 9-14 февраля 2014 г.

#### **5.2.2. Участие в международных научно-организационных мероприятиях.**

1. XLIV Международная научно-практическая конференция «ФЕДОРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2014» 12-14 ноября 2014 г. в Национальном исследовательском университете МЭИ г. Москва.
2. Международный российско-корейский научный семинар, г. Сеул, Корея, 31 мая - 2 июня 2014 г.

3. Международная конференция «Green Growth and Energy for ASEAN», г. Ханой, Вьетнам, 10-12 декабря 2014 г.
4. International Conference “South Caucasus Infrastructure and New Energy Investment Summit”, Georgia, Tbilisi, February 6-7, 2014.
5. 18th International Power System Computation Conference (PSSC-2014), Poland, Wroclaw, August 18-22, 2014.
6. Международная конференция Азиатско-Тихоокеанского энергетического центра, Япония, Токио, 25-29 марта 2014.
7. Участие в заседании Технического программного комитета Международной конференции PSSC-2014, Великобритания, Глазго, 1-5 апреля 2014.
8. Совместный семинар ИСЭМ-КЕЕИ, Республика Корея, Сеул, 27-30 мая 2014.
9. Международная энергетическая неделя, Москва, 10-11 декабря 2014.
10. Russian-American Research Symposium, Moscow, December 15, 2014.
11. Международная конференция «Энергетическая безопасность в Северо-Восточной Азии», Монголия, Улан-Батор, 29 апреля-3 мая 2014.
12. XVII Международная научно-техническая конференция «Перспективы развития электроэнергетики и высоковольтного электротехнического оборудования. Энергоэффективность и энергосбережение», Россия, Москва, 25-26 марта 2014.
13. 9th Intern. Conf. on Critical Information Infrastructures Security, Cyprus, Limassol, Oct. 13-15, 2014.
14. International Conference “EnergyCon 2014”, 12-16 May 2014, Croatia, Dubrovnik.
15. International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ’14), Spain, Cordoba, April 8-10, 2014.
16. Международные выставка и научно-практическая конференция «Релейная защита и автоматика энергосистем 2014», Россия, Москва, 27-29 мая 2014.
17. Intern. Conf. on Power System Technology (POWERCON 2014), China, Chengdu, 20-22 Oct. 2014.
18. Workshop “Demand Side Response (DSR): can international experiences be transferred to Russia?”, Moscow, Skoltech Center for Energy Systems, 2-3 October 2014.
19. 20-я Международная конференция по электроэнергетике (ICEE 2014), Республика Корея, Чеджу, 15 июля 2014.
20. 14-я Международная Европейская энергетическая конференция «Устойчивая энергетическая политика и стратегии для Европы», Италия, Рим, 28-31 октября 2014.
21. Международная конференция «Управление качеством электрической энергии», Москва, 26-28 ноября 2014.



22. XX Международная научно-техническая и практическая конференция «Интеллектуальная электроэнергетика, автоматика, высоковольтное управляемое и коммутационное оборудование», Москва, 11-12 ноября 2014.
23. IV Международная научно-техническая конференция «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2014). – Беларусь, Минск, БГУИР, 20-22 февраля 2014.
24. The International Conference on Computing for Physics and Technology (СРТ'2014). - Кипр, Ларнака, 11-18 мая 2014.
25. XLII Международная конференция «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе». Крым, Ялта-Гурзуф, 22 мая – 1 июня 2014.
26. Международный конгресс по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'14», п. Дивноморское, 1-8 сентября 2014.
27. 24-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (CriMiKo' 2014), Севастополь, 9-13 сентября 2014.
28. The 16<sup>th</sup> International Workshop on Computer Science and Information Technologies, 17-22 September, 2014. - England, Sheffield.
29. The 12<sup>th</sup> World Congress on Semiotic (IASS/AIS). – Bulgaria, Sofia, 17-21 сентября 2014.
30. Международная суперкомпьютерная конференция «Научный сервис в сети Интернет: многообразие суперкомпьютерных миров», Новороссийск, 22-27 сентября 2014.
31. International conference "Advanced mathematics, computations and applications - 2014". Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk, IC-MMG SB RAS, 8-11 June, 2014.
32. 2th International Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support an Intended International Workshop on Robots and Robotic Systems. – Уфа, 18-21 мая 2014.
33. Международная научная конференция «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного эксперимента». Украина, Херсон, 19-23 мая 2014.
34. Научно-практическая конференция: «Усовершенствование планирования режимов систем централизованного теплоснабжения», Улан-Батор, Монголия, 30.05.2014. Национальный диспетчерский центр энергосистем Монголии.
35. X Международная научно-практическая конференция «Moderní vymoženosti vědy – 2014», Чехия, Прага, 27.01 - 05.02.2014.
36. International Conference «Functional differential equations and applications». Ariel, Israel, 2014.

37. International Symposium on Differential and Difference Equation. Homburg, Germany, 2014.
38. The Seven International Conference on Differential and Functional Differential Equations. Moscow, 2014.
39. 11-th International Conference «European Energy Market» (EEM 14), Krakow, Poland, 28–30 may 2014.
40. International Workshop “Intelligent, agent-based, cloud computing and cyber security in energy sector” (IACCCSES-2014); Khankh, Mongolia, 23-28 January 2014.
41. 14-й Международный симпозиум «Централизованное теплоснабжение и кондиционирование», 6-10 сентября, Стокгольм, Швеция, 2014.
42. Московский Форум Энергетической хартии «Трансграничная торговля и инвестиционные потоки как основа международной энергетической безопасности», г. Москва, 3 апреля 2014 г.
43. Форум Энергетической Хартии «Развитие возобновляемой энергетики посредством ГобиТЭК и Азиатской супергрид», г. Улан-Батор, Монголия, 24-28 июня 2014 г.
44. Шестой международный форум «Развитие регионального сотрудничества в Северо-Восточной Азии», г. Харбин, Китай, 13-16 июня 2014 г.
45. Международная конференция «Великий шелковый путь и Трансевразийский пояс – Развитие - Стыковка», г. Шанхай, Китай, 18-19 июля 2014 г.
46. XVI международная научно-практическая конференция «Энергетическая безопасность России: новые подходы к развитию угольной промышленности» в рамках Кузбасского международного угольного форума-2014, г. Кемерово. 7-10 октября 2014 г.
47. Первый международный Нерюнгринский бизнес-форум, г. Нерюнгри, 17-18 апреля 2014 г.
48. Первая международная конференция «Центрально-Азиатский газовый форум» (Central Asia Gas), г. Алма-Ата, Казахстан, 23-27 июня 2014 г.
49. Форум Китайского Международного Энергетического Сотрудничества, Народный университет Китая, г. Пекин, Китай, 3-6 сентября 2014 г.
50. Круглый стол «Энергетическое сотрудничестве в рамках концепции возрождения Великого Шёлкового пути» в рамках форума Китайского Международного Энергетического Сотрудничества, Народный университет Китая, г. Пекин, Китай, 3-6 сентября 2014 г.
51. Рабочая группа по энергетической политике и планированию Межправительственного совместного механизма по энергетической кооперации в Северо-Восточной Азии, г. Сеул, Корея, 2-5 июля 2014 г.
52. Международный Форум по газу, г. Пекин, КНР, 18-19 ноября 2014 г.
53. Ежегодная конференция АPERC-2014, г. Токио, Япония, 26-27 марта 2014 г.
54. II международная конференция «Возобновляемая энергетика в изолированных системах Дальнего Востока России», г. Якутск, 19-21 июня 2014 г.

55. 7-й Японо-российский диалог по вопросам энергетики и экологии, ERINA, г. Ниигата, Япония, 30 октября 2014 г.
56. 1-й международный СПГ конгресс, г. Москва, 13-14 марта 2014 г.
57. II Международная научно-техническая конференция «Использование твёрдых топлив для эффективного и экологически чистого производства электроэнергии и тепла», г. Москва, 28-29 октября 2014 г.
58. 4-й International Symposium on Gasification and its Applications (ISGA4), Австрия, г. Вена, 2-5 сентября 2014 г.
59. 42-th Annual conference of the North American Thermal Analysis Society (NATAS42), Санта Фе, Нью Мексика, США, 14–19 сентября 2014 г.
60. X Международная конференция по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ'2014), г. Алушта, 25–31 мая 2014 г.
61. Международная конференция-выставка «Russia Power 2014. Поддерживая модернизацию, эффективность и инновации». Россия, г. Москва, 4-6 марта 2014 г.
62. Международная конференция «Возобновляемая энергетика. Прикладные аспекты разработки и практического использования», 30 июня – 2 июля 2014 г., г. Черноголовка.
63. Международный форум по энергоэффективности и энергосбережению ENES-2014. 21 ноября 2014 года, г. Москва.
64. VII Международная конференция по математическому моделированию. 30 июня-4 июля 2014 г. Якутск, Россия.
65. Всероссийская конференция с международным участием “Алгоритмический анализ неустойчивых задач”. Челябинск, 10–14 ноября 2014.
66. VII Международный симпозиум «Обобщенные постановки и решения задач управления» 26 – 30 сентября 2014 (GSSCP), г. Геленджик – с. Дивноморское, Краснодарский край, Россия.
67. IX Международной научно-технической конференции «Аналитические и численные методы моделирования естественно-научных и социальных проблем», 28–31 октября 2014 г. Пенза, Россия.
68. Международная конференция «Управление качеством электрической энергии» (ICPQM-2014), МЭИ, Москва, 26-28 ноября 2014.
69. 2014 International Conference on Power System Technology (POWERCON 2014), Chengdu, 20-22 Октября 2014 г.
70. INV 6<sup>th</sup> Follow-up meeting, Институт И. Ньютона, Кэмбридж, Великобритания 9-14 февраля
71. Семинар по прикладной математике, школа математики, ун-т Кардиффа, Великобритания 19 февраля 2014.
72. XV Апрельская международная научная конференция «Модернизация экономики и общества», Москва, 1-4 апреля 2014.
73. The Second International Conference on Information Technology and Quantitative Management, ITQM-2014, Moscow, 3-5 June 2014.

74. Third International conference "Industrial Organization and Spatial Economics" August 25th - 26th, 2014, Saint Petersburg.
75. III международная научно-практическая конференция «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии», г. Иркутск, 27 – 29 мая 2014.
76. The international conference «Advanced mathematics, computations and applications – 2014», Novosibirsk, 8 – 11 June 2014.
77. VIII Международная школа-симпозиум «Анализ, Моделирование, Управление, Развитие экономических систем» (АМУР – 2014), г. Севастополь, 12 – 21 сентября.

### **5.2.3. Участие во всероссийских научно-организационных мероприятиях**

1. V международная научно-техническая конференция «Электроэнергетика глазами молодежи – 2014», г. Томск, 10-14 ноября 2014.
2. III Всероссийская научная конференция с международным участием «Информационные технологии и системы, Челябинск, 26 февраля – 2 марта 2014.
3. XII Всероссийское совещание по проблемам управления, Москва, 16-19 июня 2014:
4. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири», Иркутск, ИрНИТУ, 22-26 апреля 2014.
5. Научно-техническая конференция «Энергосистема: Исследование свойств, Управление, Автоматизация», Новосибирск, 30 сентября – 2 октября 2014:
6. Научно-практическая конференция «Релейная защита и противоаварийная автоматика. Перспективы развития», Кемерово, 11-12 сентября 2014:
7. Заседание Проектного комитета при Рабочей группе Минэнерго России по внедрению интеллектуальных энергетических систем, ФГБУ «РЭА», Москва, 29 апреля 2014 г.
8. Научно-технический совет ОАО «Интер РАО». 9-10 ноября, 2014 г. г. Москва
9. Шестая российская национальная конференция по теплообмену, г. Москва, 27-31 октября 2014 г.
10. XXXI Сибирский теплофизический семинар, г. Новосибирск, 17-19 ноября 2014 г.
11. XVII Всероссийский семинар «Моделирование неравновесных систем-2014», 3 – 5 октября 2014 г., Красноярск.

### **5.3. Выставочная деятельность**

В 2014 г. институт принял участие в следующих выставках-ярмарках:

1. XXI Международная специализированная выставка **«Энергетика и электротехника 2014»**, С-Петербург, 17-20 июня 2014

2. 4-я Международная выставка оборудования и технологий по энергетике и электротехнике, Республика Казахстан, Павлодар, 27-29 мая 2014

3. XVII специализированная выставка **«Электрические сети России – 2014»**, Москва, 2-5 декабря 2014

4. Выставка **«Энергетика и ЖКХ»**, Иркутск, Сибэкспоцентр, 14-17 октября 2014 г. Совещание *«Повышение энергоэффективности в Иркутской области»*. Организаторы: Министерство жилищной политики и энергетики, ОГКУ «Центр энергоресурсосбережения» Иркутской области. Д.т.н. Стенников В.А. выступил с пленарным докладом *«Энергосбережение в Иркутской области: барьеры и пути их преодоления»*.

### **5.4. Экспертная деятельность**

#### **5.4.1. Экспертиза проектов государственных решений**

Заключение на проект *«Программы оптимизации локальной энергетики Республики Саха (Якутия) на период до 2018 г.»*, разработанный Министерством экономики и промышленной политики Республики Саха (Якутия), Министерством жилищно-коммунального хозяйства и энергетики Республики Саха (Якутия), ОАО РАО «Энергетические системы Востока» и ОАО АК «Якутскэнерго» (исполнители: д.т.н. Б.Г. Санеев, к.э.н. И.Ю. Иванова, к.т.н. Т.Ф. Тугузова).

Заключение на проект документа *«Правила технологического функционирования ЭЭС»*, разработанного Минэнерго РФ (исполнитель: д.т.н. Ковалёв Г.Ф.).

#### **5.4.2. Экспертиза научных и технических проектов**

1. Заключение о технологическом присоединении оборудования «УАЗ СУАЛ» к электрическим сетям по поручению 17-го арбитражного апелляционного суда по Пермскому краю от 12.12.2013 г. (исполнители: к.т.н. Гришин Ю.А., д.т.н. Голуб И.И., к.т.н. Войтов О.Н.).

В ходе проведения экспертизы были даны ответы на вопросы: к сетям какой организации, Открытого акционерного общества «Межрегиональная распределительная компания Урала» (ОАО «МРСК Урала») или Открытого акционерного общества «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ОАО «ФСК ЕЭС»), технологически присоединено оконечное оборудование Открытого акционерного общества «Сибирско-Уральская Алюминиевая компания» (ОАО «СУАЛ»); о наличии у ОАО «МРСК Урала» технологической возможности передачи электроэнергии ОАО «СУАЛ» через часть оборудования

подстанции ПС 220 кВ «Электролизная» (масляные выключатели ВМШ-1, ВМШ-2, ВМШ-3, ВМШ-4, переданные по договору аренды 06.09.2011 г. № ЭСХ-2011/1) без использования остального оборудования подстанции.

2. Заключение заявки на участие в Конкурсе на предоставление субсидии на возмещение затрат на научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы, возникшие в связи с реализацией мероприятий по модернизации и технологическому развитию отраслей экономики Республики Саха (Якутия) от ОАО «Сахаэнерго» (исполнители: д.т.н. Б.Г. Санеев, к.э.н. И.Ю. Иванова).

Экспертиза проведена для трех видов инновационной деятельности предприятия: исследование эффективности использования вакуумного солнечного коллектора для горячего водоснабжения на Производственном Центре ОАО «Сахаэнерго»; испытания композитной одноствоечной опоры 6-10 кВ в условиях Якутии; разработка и изготовление опытного образца солнечной станции, оснащенной поворотным механизмом, мощностью 40 кВт в изолированных районах Крайнего Севера в с. Эйик Оленекского улуса. В экспертном заключении отражено, что все представленные на конкурс работы носят инновационный характер и направлены на обеспечение надежного и экологически чистого энергоснабжения потребителей Республики Саха (Якутия). Отмечается высокий уровень представленных работ с позиций ресурсосбережения, повышения энергоэффективности, обеспечения надежности и качества энергоснабжения. Делается вывод о высокой коммерциализуемости научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, оплаченных хозяйствующими субъектами.

3. Заключение об экономической эффективности применения солнечных электростанций в поселках Батамай и Ючюгей Республики Саха (Якутия) (исполнители: к.э.н. И.Ю. Иванова, к.т.н. Т.Ф. Тугузова, н.с. Н.А. Халгаева).

В экспертном заключении приведены оценки экономической эффективности на основании данных отчетов отдела альтернативных источников энергии и новых технологий ОАО «Сахаэнерго» с учетом внутригодового распределения гелиопотенциала и совмещения графиков потребления электроэнергии и ее выработки солнечными электростанциями. Экспертные оценки показали, что применение солнечных электростанций в поселках Батамай и Ючюгей при тенденции снижения стоимости на фотоэлектрические преобразователи экономически целесообразно, а сроки окупаемости, составляющие менее 10 лет, свидетельствуют о достаточно эффективной их работе.

4. Заключение на проект целевой программы поддержки научных исследований, опытно-конструкторских, опытно-технологических работ и инновационной деятельности фонда «Энергия без границ» на 2015-2019 гг. (исполнители: д.т.н. Стенников В.А., к.т.н. Жарков С.В.).

5. Заключение по инновационному проекту "Выполнение опытно-конструкторской и технологической работы по разработке нового солнечного коллектора для теплоснабжения и горячего водоснабжения объектов социальной и жилищной сферы Иркутской области" по запросу Администрации Иркутской области (исполнитель: к.т.н. Жарков С.В.).

6. Заключение по проекту «Стратегия развития энергомашиностроения России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года» (исполнители: д.т.н. Стенников В.А., к.т.н. Жарков С.В.).

7. Заключение по поручению Арбитражного суда Приморского края по соответствию качества и объема работ по проекту «Разработка электронной модели схемы теплоснабжения Уссурийского городского округа» условиям контракта №60/313 от 11.03.2013, находящемуся в производстве Арбитражного суда Приморского края дела №А51-783/2014 по заявлению открытого акционерного общества «Газпром промгаз» к Администрации Уссурийского городского округа Приморского края (исполнители: д.т.н. В.А. Стенников, к.т.н. М.В. Ермаков, к.т.н. И.В. Постников, А.В. Пеньковский).

#### **5.4.3. Экспертная деятельность на постоянной основе**

Сотрудники института принимают постоянное участие в экспертной деятельности:

- *д.т.н. Массель Л.В.* – эксперт и член экспертного совета РФФИ по направлению 07 (инфокоммуникационные технологии и вычислительные системы, 79 экспертиз), эксперт Федеральных целевых программ Министерства образования и науки РФ;
- *к.т.н. Массель А.Г.* – эксперт РФФИ;
- *д.т.н. Клер А.М.* – эксперт РФФИ и РНФ;
- *д.т.н. Тюрина Э.А.* – эксперт РФФИ и РНФ;
- *д.т.н. Таиров Э.А.* – член экспертной коллегии инновационного центра “Сколково”;
- *д.т.н. Стенников В.А.* – эксперт рабочей комиссии по энергосбережению Совета Федерации РФ, эксперт научно-технической сферы при Министерстве образования и науки Российской Федерации ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, председатель научно-экспертного совета по энергоэффективности при Правительстве Иркутской области.
- *к.т.н. Ермаков М.В.* – член Научно-экспертного совета по энергоэффективности при Правительстве Иркутской области.

## 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 совета по энергоэффективности при Правительстве Иркутской области;
- *д.т.н. Никитин В.М.* – член Комиссии по чрезвычайным ситуациям Иркутской области; член Межведомственной рабочей группы по регулированию режимов ГЭС и оз. Байкал.

### 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», «Надежность и безопасность энергетики»;
- *д.т.н. Черепенников В.Б.* – член редколлегий журналов «International Journal of Mathematics and Computations», «International Journal of Mathematics and Statistics»;
- *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 журнала «Регион: экономика и социология» (СО РАН, г. Новосибирск);
- *д.т.н. Ковалёв Г. Ф.* – член редакционного совета журнала «Главный энергетик».

## 5.6. Связь с отраслями

Институт имеет широкие связи с научно-исследовательскими и проектными организациями Министерства энергетики РФ, ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «ИнтерРАО», ОАО «Газпром» и другими. Институт внедряет свои разработки непосредственно на энергетических предприятиях – в территориальных и региональных электроэнергетических и теплоснабжающих системах, угле-, нефте- и



газоснабжающих компаниях, в объединенных диспетчерских управлениях энергосистем.

Институт участвует в разработках энергетических стратегий и программ для России, Сибири, Дальнего Востока и отдельных территорий (Иркутской области, Республики Бурятия и др.). Результаты данных работ используются федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации при разработке и реализации мер государственного регулирования в сфере ТЭК, при подготовке долгосрочной программы развития ТЭК для представления ее Правительству Российской Федерации, а также при составлении федерального и региональных балансов добычи и использования топливно-энергетических ресурсов.

### **5.7. 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.

#### **5.7.1. Взаимодействие со Сколковским институтом науки и технологий (Сколтех)**

В 2014 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.

#### **5.7.2. СКБ электротехнического приборостроения (СКБ ЭП, инновационное подразделение)**

СКБ ЭП создан в форме малого предприятия на базе института в 1991 году, 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.

### **5.7.3. 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 2014 г. сотрудники НТЦ выполняли работы в области энергоаудита и энергетические обследования по заказам муниципальных образований Иркутской области.

Сотрудники НТЦ продолжали принимать участие в работе СРО НП «ВСОЭ» в области энергетического обследования. В рамках этой деятельности разрабатывалась нормативно-техническая документация – Стандарты и Правила СРО, касающиеся порядка проведения энергетического обследования и оформления документации по его результатам. Также проводились семинары для членов СРО по вопросам инструментального обследования, порядка проведения энергоаудита и оформления документации

## **5.8. Взаимодействие с вузами.**

### **5.8.1. 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 (ИрННТУ) в рамках договора о сотрудничестве. Важнейшие задачи договора – это развитие научных исследований, подготовка квалифицированных кадров и внедрение инновационных разработок.

Завершена работа в рамках многостороннего соглашения о сотрудничестве между ИСЭМ СО РАН, ИрННТУ, ОАО Иркутскэнерго, Университетом им. Отто фон Герике, Магдебург, Германия, Институтом им. Фраунгофера, Магдебург, Германия, ООО «Сименс», Москва, Россия. Целью данного соглашения является формирование усовершенствованной научно-исследовательской инфраструктуры в рамках проекта «Умные сети для энергоэффективной электроэнергетической системы будущего («проект Байкал»).

Сотрудники института ведут работу в рамках соглашения о сотрудничестве между Университетом Магдебурга и ИрННТУ о совместной подготовке магистров по электроэнергетике и электротехнике.

2) Продолжается работа по созданию научно-образовательного центра «Кибернетика и информационные технологии» (ИрННТУ, ИСЭМ СО РАН, ИДСТУ СО РАН).

3) Велась совместная научно-исследовательская работа по проекту «Разработка технологии подготовки рабочего тела для перспективной ПГУ с внутрицикловой газификацией» с кафедрой тепловых электрических станций Энергетического института УрФУ (г. Екатеринбург) в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2008-2013 годы».

4) Сотрудники отдела теплосиловых систем участвуют в совместных научных работах с кафедрой термодинамики и теплопередачи Московского Государственного Университета Инженерной Экологии.

### 5.8.2. Участие в работе кафедр, учебных центров

На базе ИСЭМ СО РАН в структуре института энергетики ИрННТУ созданы базовые кафедры «Энергетические системы и комплексы» и «Электроэнергетические 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 ТЭК и электроэнергетики.

Сотрудники института являются заведующими следующими кафедрами в Иркутском национальном исследовательском техническом университете (ИрННТУ):

- *чл.-корр. РАН Воропай Н.И.* – заведующий кафедрой «Электроснабжение и электротехника»;

- *д.т.н. Голуб И.И.* - заведующий базовой кафедрой «Электроэнергетические системы» ИрННТУ и ИСЭМ СО РАН

- *д.т.н. Соколов А.Д.* - заведующий базовой кафедрой «Энергетические системы и комплексы» ИрННТУ и ИСЭМ СО РАН.

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» ИрННТУ; член Межвузовского координационного совета по энергосбережению, действующего на базе ИрННТУ; 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. Заика Р.А.* – член ГАК ИрННТУ;

- *к.т.н. Гурина Л.А.* – член ГАК ИрННТУ;

- д.э.н. Кононов Ю.Д. – председатель ГАК в Иркутском государственном университете (ИГУ) и в Байкальском государственном университете экономики и права (БГУЭП).

### **5.8.3. Преподавательская деятельность**

Многие сотрудники института по совместительству осуществляют преподавательскую деятельность в следующих вузах:

#### **Иркутский государственный университет (ИГУ, г. Иркутск)**

*Кафедра «Математическая экономика» ИМЭИ:*

- профессоры: д.т.н. Зоркальцев В.И.
- доценты: к.т.н. Марченко О.В., к.г.н. Бережных Т.В., к.т.н. Айзенберг Н.И.
- преподаватели: Киселёва М.А.

*Кафедра «Методы оптимизации» ИМЭИ:*

- доценты: 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 (ИрНТУ, г. Иркутск)**

*Кафедра «Электроснабжение и электротехника» Института энергетики:*

- профессоры: 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.

*Кафедра «Теплоэнергетика» Института энергетики:*

- профессоры: д.т.н. Клер А.М., д.т.н. Стенников В.А., д.т.н. Тюрина Э.А.

*Кафедра «Автоматизированные системы» Института кибернетики:*

- профессоры: 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:*

- профессоры: 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.

К.т.н. Ермаков М.В. читал лекции представителям бюджетных организаций различного уровня в рамках программы повышения квалификации «Практические вопросы реализации государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности», которая проходила в мае-июне 2014 г. на базе Байкальского государственного университета экономики и права.

К.т.н. Ермаков М.В. читал лекции сотрудникам ОАО «Иркутскэнерго» в рамках курсов повышения квалификации по программе «Перспективные направления в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности», проходивших 22-26.09.2014 г. на базе КУИЦ ОАО «Иркутскэнерго» - ИрНИТУ.

В институте проходят преддипломную практику, выполняют курсовые и дипломные работы, работают по совместительству в лабораториях многие студенты иркутских вузов.

## **5.9. Награды и премии**

### **5.9.1. Государственные, федеральные**

Звания «Почетный работник науки и техники РФ» удостоен д.т.н. Стенников В.А.

### **5.9.2. Ведомственные, региональные**

*Премией Правительства Иркутской области в сфере науки и техники 2014 за работу «Разработка методических и информационно-вычислительных технологий для обоснования эксплуатационных режимов работы трубопроводных систем и их применение для городов и населенных пунктов Иркутской области» награжден авторский коллектив лаборатории трубопроводных и гидравлических систем: д.т.н. Новицкий Н.Н., к.т.н. Шалагинова З.И., к.т.н. Токарев В.В., к.т.н. Алексеев А.В., к.т.н. Гребнева О.А.*

Звание заслуженный деятель науки и высшей школы Иркутской области присуждено д.т.н. Новицкому Н.Н.

Почетной грамотой Минэнерго РФ, почетной грамотой Губернатора Иркутской области за высокие достижения в области теплоэнергетической науки, подготовку научных кадров награжден д.т.н. Стенников В.А.

### **5.9.3. Другие награды и премии**

Грамота Национального диспетчерского центра энергосистемы Монголии вручена к.т.н. Токареву В.В. за доклад «Технология расчетов и опыт использования информационно-вычислительного комплекса (ИВК) «АНГАРА-ТС» при разработке режимов работы систем теплоснабжения крупных городов» на научно-практической конференции «Усовершенствование планирования режимов систем централизованного теплоснабжения», Улан-Батор, Монголия.

Пеньковский А.В., Постников И.В., Якимец Е.Е., Добровольская Т.В. получили диплом III степени журнала «ГеоИнжиниринг» за научные и технические разработки в области ТЭК за работу «Пути развития энергетики Иркутской области на период до 2018 года».

За доклад на V Международной молодежной научно-практической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи — 2014», Томск, 2014, 11-14 ноября получили:

- диплом I степени к.т.н. Максимов А.С.
- диплом II степени к.т.н. Осипчук Е.Н.

### **5.10. Ученый совет**

Заседания ученого совета института проходили в соответствии с полугодовыми планами, составляемыми на основе предложений членов ученого совета, дирекции и подразделений института. За отчетный период было проведено 8 заседаний. На заседаниях рассматривались следующие вопросы:

- проблемы безопасности в гидроэнергетике Сибири и Дальнего Востока;

- доклады финального этапа 44-й конференции-конкурса научной молодежи «Системные исследования в энергетике»;
- восточное направление электроэнергетической кооперации Россия-Китай;
- методологический аппарат, результаты прогнозирования развития угольной промышленности;
- моделирование динамики сложных химических систем;
- сотрудничество со Сколковским институтом науки и технологий (Сколтех);
- прошлое, настоящее, будущее теплоэнергетики;
- обсуждение хода реформы РАН;
- 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;
- кадровые (избрание на научные должности, выдвижение на ученое звание, утверждение тем диссертационных работ и др.), финансовые и другие вопросы.

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.

## **5.11. Диссертационный совет**

### **5.11.1. 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 2014 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 Данилович	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 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» 1 кандидатская диссертация:

- Науен Хак Диеп – "Моделирование теплоэнергетических установок на основе теории дифференциально-алгебраических уравнений в частных производных" (18 декабря).

По специальности 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы» 1 кандидатская диссертация:

- Донской И.Г. - «Моделирование и оптимизация режимов работы газогенератора плотного слоя для парогазовой мини-ТЭС» (27 июня).

По специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» 1 кандидатская диссертация:

- Панасецкий Д.А. – «Совершенствование структуры и алгоритмов противоаварийного управления ЭЭС для предотвращения лавины напряжения и каскадного отключения линий» (27 июня).

Кроме этого рассматривались диссертации, представленные к защите, утверждались официальные оппоненты и ведущие организации по работам, обсуждался план работы совета.

### **5.11.2. Защиты диссертаций сотрудников института в других диссертационных советах**

В 2014 г. в других диссертационных советах состоялась защита диссертации:

Сидоров Д.Н. "Интегральные динамические модели: приближенные методы и приложения" по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» на соискание доктора физико-математических наук, в совете Д212.074.01 при ФГБОУ ВПО Иркутский государственный университет (19 декабря).

### **5.11.3. Работа в диссертационных советах других организаций**

Сотрудники института участвуют в работе диссертационных советов в других организациях:

- д.т.н. Массель Л.В. - член диссертационного совета Д 003.021.01 при ИДСТУ СО РАН, член диссертационного совета Д 218.004.01 при ИргУПС.

- д.т.н. Таиров Э.А. – член диссертационного совета Д212.070.07 при Байкальском государственном университете экономики и права, член диссертационного совета ДМ220.037.01 при Красноярском государственном аграрном университете.

- *д.т.н. Илькевич Н.И.* - член диссертационного совета Института архитектуры и строительства ИрНТУ;
- *д.т.н. Новицкий Н.Н.* - член Диссертационного совета при ИрНТУ.

## 5.12. 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 01.01.2014	11	5	5	<b>21</b>
Закончили:	2	1	2	<b>5</b>
- с представлением	2	-	1	<b>3</b>
- без представления	-	1	1	<b>2</b>
Отчислено досрочно	1	-	1	<b>2</b>
Поступило в 2014 г.	3	1	1	<b>5</b>
Обучаются на 31.12.2014	11	5	4	<b>20</b>

## 5.13. Научно-техническая библиотека

В 2014 г. фонды библиотеки составили 21488 экз. книг, 43989 экз. журналов, 307 диссертация, 3051 экз. спец видов (отчеты, авторефераты), всего 68835 экз.

В электронном каталоге <http://elibrary.sei.irk.ru> отражен весь фонд библиотеки.

В течение года перед вводом сведений в электронный каталог учеными института просматривались и предлагались к списанию морально устаревшие книги. В 2014 г. списано 2467 экз.

Отремонтировано и переплетено 208 экземпляров книг и журналов, сделано 96 переплета.

Новости о доступах к электронным ресурсам помещаются на сайте института, на слайд-экране, доске объявлений библиотеки и рассылаются по электронной почте руководителям научных подразделений и ведущим специалистам. Электронные журналы рассылаются при поступлении руководителям научных подразделений и научным сотрудникам по их тематике.

### Движение фонда библиотеки ИСЭМ СО РАН

Наименование	Состояло на 01.01.2014 г.	Поступило в 2014 г.	Выбыло в 2014 г.	Состоит на 01.01.2015 г.
Книги, брошюры (всего), в т.ч.	23729	132	2373	21488
на электронных носите- лях	166	14	0	180
иностранные издания	915	30	1	944
Периодические изда- ния (всего), в т.ч.	43278	805	94	43989
на электронных носите- лях	24	11	0	35
иностранные издания	10477	750	0	10522
Спецвиды литературы (отчеты, авторефераты)	3018	33	0	3051
Рукописи	301	6	0	307
<b>ВСЕГО</b>	<b>70326</b>	<b>976</b>	<b>2467</b>	<b>68835</b>

#### 5.14. Издательская деятельность

Редакционно-издательский отдел института в 2014 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.

#### 5.15. 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 участи-

ем «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».

Разработана программа лекций Школы научной молодежи, рассчитанная на 2 года. К настоящему моменту в рамках Школы прочитаны более тридцати лекций, в том числе курс лекций по численным методам, и запланирован курс лекций по методам оптимизации. Посещение лекций является обязательным для очных аспирантов, для контроля посещаемости ведется табель, который ежемесячно направляется руководителям аспирантов. Презентации и материалы лекций выкладываются в публичный доступ.

## **5.16. Меры по повышению эффективности работы института**

### **5.16.1. 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 2014 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:

- *Якимец Е.Е.* (Отдел трубопроводных систем энергетики)

- *Донской И.Г.* (Отдел теплосиловых систем)

*стипендия им. Ю.Н. Руденко* – за работы в области электроэнергетики, живучести и безопасности систем энергетики:

- *к.т.н. Постников И.В.* (Отдел трубопроводных систем энергетики)

- *Добровольская Т.В.* (Отдел трубопроводных систем энергетики)

*стипендия им. А.П. Меренкова* – за работы в области трубопроводных систем энергетики, новых информационных технологий и математических методов в энергетике:

- *к.т.н. Жарков П.В.* (Отдел теплосиловых систем)

- *к.т.н. Соколов Д.В.* (Отдел трубопроводных систем энергетики)

*стипендия им. Е.И. Ушакова* - за работы по устойчивости электроэнергетических систем и управления ими:

- *Аксаева Е.С.* (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 2014 г. прошла 44-я конференция. Было представлено 27 докладов, тексты докладов опубликованы в виде сборника трудов.

#### **5.16.2. 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.

### **5.16.3. Методологический семинар, лекции и доклады**

С целью поиска и обсуждения новых идей теоретических и методических исследований в области систем энергетики в институте работает методологический семинар. Заседания семинара проводятся по всем ключевым аспектам научных направлений института. В 2014 году одно из важных заседаний семинара было посвящено влиянию территориальных и климатических особенностей на экономику и энергетику России. С докладами выступили д.т.н. В.И. Зоркальцев (ИСЭМ СО РАН) и д.г.н. Л.А. Безруков (ИГ СО РАН).

### **5.16.4. 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

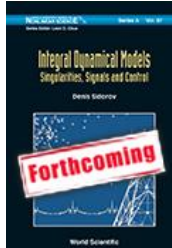
Общее количество публикаций института по видам с динамикой за последние 7 лет приведено в таблице.

Публикации	Год						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Монографии	6	7	12	11	11	7	6
Главы монографий	13	23	9	6	3	3	4
Статьи в зарубежных журналах	9	20	24	14	23	18	21
Статьи в рецензируемых российских журналах	78	66	114	116	90	98	88
Доклады международных конференций	80	116	117	89	118	122	88
Доклады российских конференций	84	71	65	103	54	59	98
Учебники, учебные пособия	1	2	-	1	-	-	-
Патенты, свидетельства о регистрации	-	-	1	1	3	8	3

### 6.1. Монографии



1. Monitoring, Control and Protection of Interconnected Power Systems // Hager Ulf, Rehtanz Christian, Воронай Н.И. - New York: Springer, 2014. – 391 p.



2. Sidorov D.N. Integral Dynamical Models: Singularities, Signals and Control - World Scientific Series on Nonlinear Science Series A, 2014. – 260 p.





3. Илькевич Н.И., Дзюбина Т.В., Калинина Ж.В. Многоуровневое моделирование развития систем газоснабжения. - Новосибирск: "Наука", 2014. – 217 с.



4. Надежность систем энергетики: Проблемы, модели и методы их решения / под ред. Н.И. Воропая. - Новосибирск: "Наука", 2014. – 284 с.



5. Трубопроводные системы энергетики: математическое и компьютерное моделирование / под ред. Н.Н. Новицкий. - Новосибирск: Наука, 2014. – 274 с.



6. Балышев О.А., Балышев С.О. Параметрическое регулирование и структурное управление динамическими процессами в многоконтурных гидравлических цепях. – Акад. Изд-во «Гео», 2014. – 415 с.

## 6.2. Главы в монографиях

1. Санеев Б.Г., Соколов Д.А. A long-term Vision of Natural Gas Infrastructure in Northeast Asia // Northeast Asian Gas and Pipeline Forum - 2014. - P.2-11.
2. Попов С.П., Xu Q. International energy initiatives and their effectiveness analysis // China International energy cooperation report – 2013/2014 - 2014. - P.43-53.
3. Saneev B.G., Sokolov D.A. Russia's energy development in Eastern Siberia and the Far East and relations with East Asian countries in the energy sector // Russia and East Asia: informal and gradual integration / Tsuneo Akaha, Anna Vassilieva. - 2014. - P.181-200.
4. Кошелев А.А. Топливо-энергетический комплекс // Территориальное планирование Центральной экологической зоны Байкальской природной территории / В.М. Плюснин, И.Н. Владимиров; отв. ред. И.В. Бычков. - Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2014. - С.158-165.

### 6.3. Статьи в зарубежных изданиях

1. Apartsyn A.S. On Some Classes of Linear Volterra Integral Equations // Abstract and Applied Analysis. - 2014. - Vol.2014. - 6 pp.
2. Voitov O.N., Golub I.I., Boloiev E. Preventive control of electric power system state variables by the methods of probabilistic load flow // Acta Energetica. - 2014. - Vol.1. - No.14. - P.18-25.
3. Golub I.I., Voitov O.N., Boloiev E.V. Preventive control of electric power system state variables the methods of probabilistic load flow // Acta Energetica. - 2014. - No.1/14. - P.18-25.
4. Sidorov D.N. Generalized Solution to the Volterra Equations with Piecewise Continuous Kernels // Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society. - 2014. - Vol.37. - No.3. - P.757-768.
5. Voropai N.I., Naumann A., Bielchev I. et al. Smart grid automation using IEC 61850 and CIM standards // Control Engineering Practice // Control Engineering Practice. - 2014. - Vol.25. - P.102-111.
6. P. Lombardi, Chris. Rohrig, Kr. Rudion et al. An A-CAES pilot installation in the distribution system: A technical study for RES integration // Energy Science & Engineering. - 2014. - No.4. - P.1-12.
7. Massel L.V., Arshinsky V.L., Massel A.G. Intelligent computing on the basis of cognitive and event modeling and its application in energy security studies // International Journal of Energy Optimization and Engineering. - 2014. - Vol.3. - No.1. - P.83-91.
8. Nechaev I.A., Palamarchuk S.I. Generation Scheduling Based on Two-Level Optimization Problem // International Journal of Energy Optimization and Engineering. - 2014. - Vol.3. - No.1. - P.1-11.
9. Ayzenberg N.I., Kiseleva M. Models of Imperfect Competition in Analysis of Siberian Electricity Market // International Journal of Energy Optimization and Engineering. - 2014. - Vol.3. - No.1. - P.12-27.
10. Kolosok I.N., Korkina E.S., Glazunova A.M. PMU Placement Based on Heuristic Methods, when Solving the Problem of EPS State Estimation // International Journal of Energy Optimization and Engineering. - 2014. - Vol.3. - No.1. - P.28-64.
11. Kurbatsky V.G., Sidorov D.N., Tomin N.V. et al. Optimal Training of Artificial Neural Networks to Forecast Power System State Variables // International Journal of Energy Optimization and Engineering. - 2014. - Vol.3. - No.1. - P.65-82.
12. Marchenko O.V., Solomin S.V. Economic Efficiency of Renewable Energy Sources in Autonomous Energy Systems in Russia // International Journal of Renewable Energy Research. - 2014. - Vol.4. - No.3. - P.548-554.
13. Negnevitsky M., Томин Н.В., Rehtanz Ch. Preventing Large-Scale Emergencies in Modern Power Systems: AI Approach // Journal of Advanced Computation-

- al Intelligence and Intelligent Informatics. - 2014. - Vol.18. - No.5. - P.714-727.
14. Pavlenko A.N., Tairov E.A., Zhukov V.E. et al. Dynamics of transient processes at liquid boiling-up in the conditions of free convection and forced flow in a channel under nonstationary heat release // Journal of Engineering Thermophysics. - 2014. - Vol.23. - No.3. - P.173-193.
  15. Ivanova I.Y., Tuguzova T.F., D. Nogovitsyn et al. On Efficiency of Wind Power Use for Power Supply of the Arctic Districts of Yakutia // Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety. - 2014. - Vol.8. - P.636-641.
  16. Cherepennikov V.B., Gorbatskaia N., Sorokina P. Polynomial Quasi solutions Method for Some Linear Functional Differential Equations of Mixed Type // Journal of Mathematics and System Sciences. - 2014. - Vol.4. - No.4. - P.225-230.
  17. Palamarchuk S.I. Generation Scheduling in Power Systems with Hydro Electric Plants. //J. of Technology Innovations in Renewable Energy // Journal of Technology Innovations in Renewable Energy. - 2014. - P.99-106.
  18. Golub I.I., Voitov O.N., Boloev E. Feasibility of operating conditions and the location of sensor variables in the electric power system // Reliability: Theory & Applications. - 2014. - Vol.9. - No.2 (33). - P.50-61.
  19. Kovernikova L.I. Results of the research into the harmonics of loads connected to the nodes of high voltage network // Renewable Energy & Power Quality, 2014, №12, pp.31-37 // Renewable Energy & Power Quality Journal. - 2014. - No.12. - P.31-37.
  20. Chudinova L.Y., Podkovalnikov S.V., Volkova E.D. System Effects of Integration of Electric Power Complexes in CIS Countries // Studies on Russian Economic Development. - 2014. - Vol.25. - No.2. - P.132-140.
  21. Pokusaev B.G., Tairov E.A., Safarov A.S. et al. Equilibrium acoustic velocity in vapor-liquid mixture in layer of spherical particles // Thermal Science Journal. - 2014. - Vol.18. - No.2. - P.591-602.

#### 6.4. Статьи в ведущих российских рецензируемых журналах

1. Solodusha S.V. Modeling heat exchangers by quadratic Volterra polynomials // Automation and Remote Control. - 2014. - Т.75. - №1. - С.87-94.
2. Markova E.V., Sidorov D.N. On one integral Volterra model of developing dynamical systems // Automation and Remote Control. - 2014. - Т.75. - №3. - С.413-421.
3. Kurbatsky V.G., Sidorov D.N., Spiryayev V.A. и др. Forecasting nonstationary time series based on Hilbert–Huang transform and machine learning // Automation and Remote Control. - 2014. - Т.75. - №5. - С.922-934.
4. Sidorov D.N. Existence and Blow-Up of Kantorovich Principal Continuous Solutions of Nonlinear Integral Equations // Differential Equations. - 2014. - Т.50. - №9. - С.1217-1224.
5. Novitskiy N.N. Calculation of the flow distribution in hydraulic circuits based on their linearization by nodal models of secants and chords // Thermal Engineering. - 2014. - Т.60. - №14. - С.1051-1060.
6. Grebneva O.A., Novitskiy N.N. Optimizing the composition of measurements for identifying pipeline systems // Thermal Engineering. - 2014. - Т.61. - №9. - С.685-690.
7. Grebneva O.A., Novitskiy N.N. Optimal planning and processing of the results of tests for hydraulic and heat losses in heat systems // Thermal Engineering. - 2014. - Т.61. - №10. - С.754-759.
8. Shalaginova Z.I. Estimating the energy saving potential from carrying out adjustment works in heat supply systems on the basis of modeling their thermal-hydraulic operating modes // Thermal Engineering. - 2014. - Т.61. - №11. - С.829-835.
9. Kler A.M., Zakharov Y.B., Potanina Y.M. Coordinated optimization of the parameters of the cooled gas-turbine flow path and the parameters of gas-turbine cycles and combined-cycle power plants // Thermophysics and Aeromechanics. - 2014. - Т.21. - №3. - С.383-392.
10. Курбацкий В.Г., Сидоров Д.Н., Спирыев В.А. и др. Прогнозирование нестационарных временных рядов на основе преобразования Гильберта-Хуанга и машинного обучения // Автоматика и телемеханика. - 2014. - Т.75. - №5.
11. Солодуша С.В. К задаче моделирования динамики теплообменников квадратичными полиномами Вольтерра // Автоматика и телемеханика. - 2014. - №1. - С.105-114.
12. Маркова Е.В., Сидоров Д.Н. Об одной интегральной модели Вольтерра в развивающихся динамических системах // Автоматика и телемеханика. - 2014. - №3. - С.3-13.
13. Абасов Н.В., Чернышов М.Ю., Осипчук Е.Н. Применение технологии метамоделирования в управлении технологическими режимами ГЭС // Вестник Бурятского государственного университета. Математика, информа-

тика. - 2014. - №9/2. - С.45-52.

14. Абасов Н.В., Чернышов М.Ю., Каверзина А.В. Программный комплекс для синтеза прикладных программных моделей и метамodelей на основе принципов математического программирования // Вестник Бурятского государственного университета. Математика, информатика. - 2013. - №9. - С.45-52. (не учтено в отчете за предыдущий год)

15. Массель Л.В., Серый А.С., Сидорова Е.А. Подход к повышению уровня доверия к информации на основе интеграции текстовых и семантических моделей данных // Вестник ИрННТУ. - 2013. - №11(82). - С.29-36. (не учтено в отчете за предыдущий год)

16. Илькевич Н.И., Дзюбина Т.В., Калинина Ж.В. и др. Модель оптимизации спроса на рассредоточенных рынках потребителей газа и монопольного предложения ОАО «Газпром» // Вестник ИрННТУ. - 2014. - №4. - С.133-138.

17. Степанова Е.Л., Сушко С.Н. Оптимизация состава основного оборудования ТЭЦ при нормальных режимах работы // Вестник ИрННТУ. - 2014. - №5 (88). - С.160-164.

18. Быкова С.М., Таиров Э.А. Влияние параметров засыпки на истечение пароводяной смеси // Вестник ИрННТУ. - 2014. - №9. - С.197-201.

19. Шевелева Г.И. Финансово-экономическая модель электроэнергетической компании // Вестник ИрННТУ. - 2014. - №10. - С.265-269.

20. Усов И.Ю., Драчев П.С., Гущина А.С. Задачи и методы обоснования инвестиционных решений в электроэнергетике // Вестник ИрННТУ. - 2014. - №7. - С.128-136.

21. Бучинский Е.А. Проверка достоверности синхронизированных векторных измерений методом контрольных уравнений // Вестник ИрННТУ. - 2014. - №2(85). - С.176-182.

22. Тихонов А.В. Опыт внедрения ПВК Оценивания состояния в Иркутской энергосистеме // Вестник ИрННТУ. - 2014. - №1. - С.107-112.

23. Алексеев А.В., Новицкий Н.Н., Мелехов Е.С. Информационно-вычислительный комплекс для автоматизации диспетчерского управления системами водоснабжения и водоотведения // Вестник ИрННТУ. - 2014. - №6. - С.12-18.

24. Илькевич Н.И., Дзюбина Т.В., Калинина Ж.В. и др. Исследование рационального взаимодействия потребителей и монопольного поставщика природного газа // Вестник ИрННТУ. - 2014. - №5. - С.154-160.

25. Сидоров Д.Н., Тында А.Н., Муфтахов И.Р. Численное решение интегральных уравнений Вольтерра I рода с кусочно-непрерывными ядрами // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование». - 2014. - Т.7. - №3. - С.107-115.

26. Массель Л.В., Массель А.Г. Разработка интеллектуальной советующей системы для поддержки принятия решений в экстремальных ситуациях в энерг // Вычислительные технологии. - 2013. - Т.18. - спец.номер. - С.37-44.

(не учтено в отчете за предыдущий год)

27. Массель Л.В., Массель А.Г. Технологии и инструментальные средства интеллектуальной поддержки принятия решений в экстремальных ситуациях в энергетике // Вычислительные технологии. - 2013. - Т.18. - Спец.вып. - 44 с. (не учтено в отчете за предыдущий год)

28. Минарченко И.М. Численный поиск равновесия в модели Курно с S-образными функциями издержек // Дискретный анализ и исследование операций. - 2014. - Т.21. - №5. - С.40-53.

29. Сидоров Д.Н. Существование и разрушение главных по Канторовичу непрерывных решений нелинейных интегральных уравнений // Дифференциальные уравнения. - 2014. - Т.50. - №9. - С.1231-1237.

30. Нечаев И.А., Паламарчук С.И. Среднесрочное планирование выработки электроэнергии в условиях оптового рынка. // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №3. - С.8-21.

31. Подковальников С.В., Хамисов О.В., Семенов К.А. Развитие генерирующих мощностей и структурная организация электроэнергетических рынков // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №4. - С.3-14.

32. Марченко О.В., Соломин С.В. Сравнительная оценка экономической эффективности производства и аккумулирования водорода и электроэнергии // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №3. - С.114-123.

33. Крупнев Д.С., Пержабинский С.М. Алгоритм оптимизации балансовой надежности электроэнергетических систем // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №2. - С.96-106.

34. Пяткова Н.И., Сендеров С.М., Пяткова Е.В. Методические особенности исследования проблем энергетической безопасности на современном этапе // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №2. - С.81-87.

35. Каганович Б.М., Воропай Н.И., Стенников В.А. и др. Термодинамика, теория цепей и их совместные применения в энергетических исследованиях // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №5. - С.3-15.

36. Кононов Ю.Д. Поэтапный подход к повышению обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК и к оценке стратегических угроз // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №2. - С.61-70.

37. Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф., Халгаева Н.А. Определение оптимальной мощности возобновляемого источника энергии для изолированного от энергосистемы потребителя // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №3. - С.22-28.

38. Клер А.М., Максимов А.С., Чалбышев А.В. и др. Оптимизация режимов работы ТЭЦ для максимизации прибыли в условиях балансирующего рынка электроэнергии // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №2. - С.71-80.

39. Воропай Н.И., Стенников В.А. Интегрированные интеллектуальные энергетические системы // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №1. - С.64-71.

40. Воропай Н.И., Стычински З., Козлова Е.В. и др. Оптимизация суточных

графиков активных потребителей // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №1. - С.84-90.

41. Илькевич Н.И., Дзюбина Т.В., Калинина Ж.В. Рационализация структуры системы газоснабжения РФ на перспективу до 2030 г. // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №1. - С.56-63.

42. Рабчук В.И., Илькевич Н.И., Сендеров С.М. и др. Рациональные режимы работы крупных потребителей природного газа в условиях нарушения и возобновления его поставок // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №4. - С.36-49.

43. Лагереv А.В., Смирнов К.С. Методический подход для оценки сравнительной эффективности экспортных проектов электроэнергетики // Известия РАН. Энергетика. - 2014. - №4. - С.15-26.

44. Тюрина Э.А., Ижганайтис М.И. Оптимизационные исследования способов снижения низкотемпературной коррозии конвективных поверхностей котлоагрегата предварительным подогревом воздуха // Известия Томского политехнического университета. - 2014. - Т.325. - №4. - С.176-183.

45. Массель А.Г., Тюрюмин В.О. Интеграция семантических моделей в исследованиях проблем энергетической безопасности // Известия Томского политехнического университета. - 2014. - Т.324. - №5. - С.70-78.

46. Федотова Г.А. Резервирование как составная часть проблемы надежности в электроэнергетике // Надежность. - 2014. - №1. - С.60-69.

47. Локтионов В.И. Положение России на мировом энергетическом рынке // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. - 2014. - №38(275). - С.56-64.

48. Курбацкий В.Г., Томин Н.В., Воропай Н.И. и др. Раннее выявление предаварийных состояний в энергосистемах на базе алгоритмов машинного обучения // Оперативное управление в электроэнергетике. - 2014. - №5. - С.33-39.

49. Волкова Е.Д., Подковальников С.В., Чудинова Л.Ю. Системные эффекты интеграции электроэнергетических комплексов стран постсоветского пространства // Проблемы прогнозирования. - 2014. - №2. - С.33-43.

50. Кононов Ю.Д. Оценка стратегических угроз в прогнозных исследованиях ТЭК // Проблемы прогнозирования. - 2014. - №3. - С.46-52.

51. Попова О.М., Усов И.Ю. Алгоритмы упрощенного анализа надежности при оптимизации системообразующей электрической сети // Проблемы управления. - 2014. - №2. - С.49-55.

52. Еделев А.В., Воробьев С.В. Методика определения узких мест в работе больших трубопроводных систем // Программные продукты и системы. - 2014. - №3. - С.174-177.

53. Стенников В.А., Жарков С.В., Соколов П.А. Применение геотермальных источников в теплоснабжении // Промышленная энергетика. - 2014. - №4. - С.50-54.

54. Мазурова О.В. Электроемкость промышленности: глобальные тенденции // Промышленная энергетика. - 2014. - №8. - С.18-22.
55. Воропай Н.И., Санеев Б.Г., Батхуяг С. и др. Энергетическое сотрудничество Монголии и России: современное состояние и стратегические направления // Пространственная экономика. - 2013. - №3. - С.108-122. (не учтено в отчете за предыдущий год)
56. Лагереv А.В., Смирнов К.С. Сравнительная эффективность проектов экспорта электроэнергии // Пространственная экономика. - 2014. - №2. - С.93-105.
57. Стенников В.А., Добровольская Т.В., Постников И.В. Направления развития электро- и теплоснабжения Иркутской области // Регион: экономика и социология. - 2014. - №3(83). - С.203-218.
58. Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Музычук С.Ю. и др. Использование конкурентных преимуществ Иркутской области для повышения энергоэффективности экономики // Региональная экономика: теория и практика. - 2014. - №18 (345). - С.26-39.
59. Соколов А.Д., Такайшвили Л.Н. Реализация информационного обеспечения для прогнозирования развития угольной промышленности регионов России // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2014. - №1 (41). - С.126-133.
60. Клер А.М., Захаров Ю.Б., Потанина Ю.М. Согласованная оптимизация параметров охлаждаемой проточной части газовой турбины и параметров цикла ГТУ и ПГУ. // Теплофизика и аэромеханика. - 2014. - Т.21. - №3. - С.401-410.
61. Гребнева О.А., Новицкий Н.Н. Оптимизация состава измерений для идентификации трубопроводных систем // Теплоэнергетика. - 2014. - №9. - С.70-75.
62. Гребнева О.А., Новицкий Н.Н. Оптимальное планирование и обработка результатов испытаний тепловых сетей на гидравлические и тепловые потери // Теплоэнергетика. - 2014. - №10. - С.62-67.
63. Шалагинова З.И. Оценка потенциала энергосбережения от проведения наладочных мероприятий в системах теплоснабжения на основе моделирования теплогидравлических режимов // Теплоэнергетика. - 2014. - №11. - С.62-69.
64. Хамисов О.В. Глубокие отсечения в вогнутом и линейном 0-1 программировании // Труды Института математики и механики УрО РАН. - 2014. - Т.20. - №2. - С.294-304.
65. Паламарчук С.И. Что сдерживает эффективную работу рынков в электроэнергетике // ЭКО. - 2014. - №4. - С.136-151.
66. Айзенберг Н.И. Анализ механизмов функционирования олигопольного рынка в электроэнергетике, реализованного в виде двустороннего аукциона // ЭКО. - 2014. - №6. - С.97-112.



67. Беляев Л.С. Российские рынки электроэнергетики: требования регулирования // ЭКО. - 2014. - №4. - С.112-125.
68. Труфанов В.В. Электросетевое хозяйство в условиях рыночных преобразований энергетики // ЭКО. - 2014. - №4. - С.126-135.
69. Беляев Л.С. Неоиндустриализация и вертикальная интеграция: взгляд энергетика // Экономист. - 2014. - №9. - С.28-34.
70. Локтионов В.И. Оценка эффективности инвестиционных проектов в энергетике с учетом предельных цен на энергоносители // Экономический анализ: теория и практика. - 2014. - №33. - С.17-22.
71. Болоев Е.В., Войтов О.Н., Голуб И.И. и др. Анализ переменных режима ЭЭС с использованием методов вероятностного потокораспределения // Электричество. - 2014. - №1. - С.12-20.
72. Воропай Н.И., Негневицкий М, Томин Н.В. и др. Интеллектуальная система для предотвращения крупных аварий в энергосистемах // Электричество. - 2014. - №8. - С.19-31.
73. Колосок И.Н., Коркина Е.С., Бучинский Е.А. Линейное оценивание состояния методом контрольных уравнений для локальных СМПП // Электричество. - 2014. - №3. - С.4-10.
74. Колосок И.Н., Гурина Л.А. Прогнозирование параметров режима при мониторинге и управлении электроэнергетической системой // Электричество. - 2014. - №1. - С.21-27.
75. Воропай Н.И., Ефимов Д.Н., Курбацкий В.Г. и др. Интеллектуальные технологии противоаварийного управления электроэнергетическими системами // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. - 2014. - №1. - С.13-15.
76. Апарцин А.С. Неклассические уравнения Вольтерры I рода в интегральных моделях развивающихся систем // Электронное моделирование / Электронное моделирование. - 2014. - Т.36. - №3. - С.3-14.
77. Апарцин А.С., Сидлер И.В. Интегральные модели развития систем электроэнергетики с учетом старения оборудования электростанций // Электронное моделирование / Электронное моделирование. - 2014. - Т.36. - №4. - С.81-88.
78. Жарков С.В. О методах оценки эффективности энергоснабжения и стимулирования снижения энергоемкости экономики РФ // Энергетик. - 2014. - №3. - С.34-40.
79. Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф. Возобновляемые источники энергии в региональных программах энергетики на востоке России: предпосылки и рациональные масштабы // Энергетик. - 2014. - №3. - С.6-9.
80. Савельев В.А., Чудинова Л.Ю. Электроэнергетика Китайской Народной Республики: состояние, проблемы, перспективы // Энергетик. - 2014. - №7. - С.33-36.

81. Кононов Ю.Д. Подходы к количественной оценке стратегических угроз энергетической безопасности // Энергетическая политика. - 2014. - №2. - С.74-82.

82. Мазурова О.В., Гальперова Е.В. Долгосрочные тенденции электропотребления в экономике и ее основных секторах в России и в мире // Энергетическая политика. - 2014. - №1. - С.39-50.

83. Воропай Н.И., Осак А.Б. Электроэнергетические системы будущего // Энергетическая политика. - 2014. - №5. - С.60-63.

84. Сендеров С.М., Рабчук В.И. Основные факторы угрозы снижения производственных возможностей газовой отрасли в аспекте обеспечения энергетической безопасности России до 2030 года // Энергетическая политика. - 2014. - №2. - С.83-90.

85. Воропай Н.И., Подковальников С.В., Санеев Б.Г. Межгосударственная энергетическая кооперация в Северо-Восточной Азии: состояние, потенциальные проекты, энергетическая инфраструктура // Энергетическая политика. - 2014. - №2. - С.55-64.

86. Кошелев А.А. «Зеленые деяния». Воспоминания и размышления в связи с «пиратами» Печорского моря // Энергия: экономика, техника, экология. - 2014. - №5. - С.66-74.

87. Кошелев А.А., Овсепян Р.С. Несостоявшаяся реконструкция истока Ангары // Энергия: экономика, техника, экология. - 2014. - №8. - С.60-64.

88. Стенников В.А., Славин Г.Б. Концепция «альтернативной котельной» - разрушитель теплофикации // Энергорынок. - 2014. - №2. - С.22-29.

## **6.5. Патенты, свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и баз данных**

1. *Панасецкий Д.А.* Способ автоматического распределенного управления электрическими устройствами, способными регулировать свое продольное сопротивление, для разгрузки элементов сети энергообъединения при их перегрузке. Патент номер: 2530836. Заявка: 25.11.2009 г. Дата решения: 20.08.2014 г.

2. *Алексеев А.В., Новицкий Н.Н.* Информационно-вычислительная среда "АНГАРА" 1.4. Свидетельство регистрации программ для ЭВМ № 2014660408 от 13.05.2014.

3. *Запов В.В.* Программа для создания исполняемой среды имитационных моделей энергоустановок тепловых электростанций / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014617913 от 06.09.2014.

**Отчет о научно-исследовательской работе и  
научно-организационной деятельности за 2014 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 22.05.2015.

Отпечатано полиграфическим участком ИСЭМ СО РАН.  
Тираж - 30 экз.