



Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН

Интегрированные интеллектуальные энергетические системы – энергетика будущего

Открытый семинар
**«Экономические проблемы
энергетического комплекса»
(Семинар А.С. Некрасова)**

**Институт народнохозяйственного
прогнозирования
22 ноября 2016 г.
Москва**

Н.И. Воропай
чл.-корр. РАН,
В.А. Стенников
чл.-корр. РАН

ИРКУТСК 2016 г.



ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (ИИЭС)

СОДЕРЖАНИЕ ДОКЛАДА



1. Ситуация в энергетике
2. Структура ИИЭС
3. Предпосылки создания ИИЭС
4. Тенденции новой парадигмы в энергетике
5. основополагающие принципы

создания ИИЭС

6. Архитектура ИИЭС
7. Концепция ИИЭС
8. Задачи и перспективы создания ИИЭС
9. Практические исследования
10. Выводы





□ **Обострение** организационного и технологического несоответствия

Аварии, неудовлетворительное качество энергоснабжения
Технические системы были выстроены по одному технологическому принципу, а **управление осуществляется несоответствующими ему организационными структурами и механизмами.** Изменились отношения собственности, система управления энергетикой, вместе с тем **философия управления, техническая система остались прежними.**

Они не были ориентированы тогда и **не ориентированы сейчас на потребителя,** не учитывают его интересы, не формируют равноправные отношения. Приватизация, либерализация в энергетике, организация оптового, розничного рынков не способствовали демократизации отношений на энергетическом рынке, не обеспечили должного уровня развития и управления энергетикой.





СИТУАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ (2)

□ Наличие **противоречий между поставщиками энергоресурсов и их потребителями**



Тарифы растут, качество не улучшается.

Для поддержания крупных компаний **вводятся различные механизмы**: ДПМ (договоры на поставку мощности), RAB-регулирование (метод доходности инвестированного

капитала) в электроэнергетике,

модель альтернативной котельной в теплоснабжении, индексация и др.

При этом, вся эта дополнительная нагрузка, зачастую, падает на население, на бюджет и малый бизнес.





СИТУАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ (3)

□ Рост конкуренции между различными типами систем энергетики

Системы конкурируют за ресурсы на топливном рынке, за сбыт на потребительском рынке и др. сферах деятельности.

Усиливается конкуренция между видами энергоснабжения и типами систем:

между централизованным и децентрализованным энергоснабжением,

между крупной и распределенной генерацией энергии.

Растет конкуренция за дешевые энергоресурсы, платежеспособного потребителя

Системы энергетики работают на одном потребительском рынке, конкурируют за получение интеллектуального ресурса, инвестиций и т.п.





СИТУАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ (4)

□ Повышение требований к качеству и надежности энергоснабжения, растет активность потребителя

Этому способствует рост требований со стороны оборудования, к комфорту в помещениях, с другой стороны, появление альтернативных видов энергоснабжения с

новыми возможностями, например, развитие распределенной генерации энергии (иногда в ущерб общей эффективности, например, котельнизация в теплоснабжении) формирует конкурентную среду по выбору наиболее эффективных источников энергоснабжения





СИТУАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ (5)

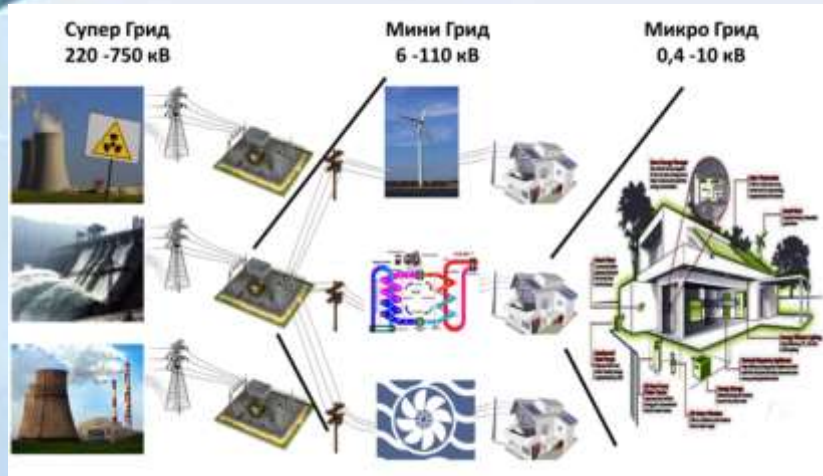
- ❑ Конкуренция, проводимая в рамках отдельных систем, не обеспечивает должного технологического, экономического, инвестиционного и других ожидаемых эффектов.





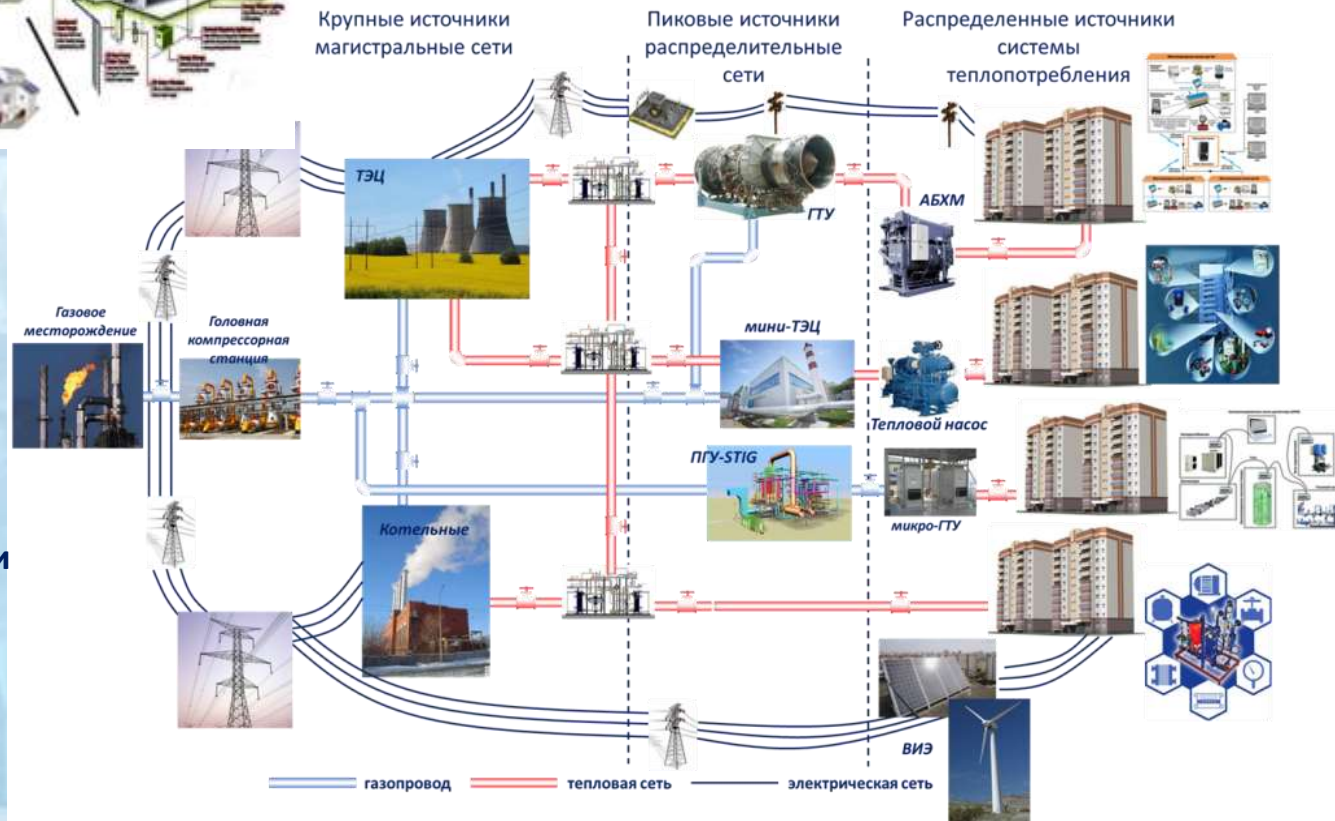
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Комплексное использование различных видов энергии
- Комплексное применение информационных технологий и телекоммуникаций
- Интеграция традиционных и нетрадиционных энергетических систем и процессов



Клиенто-ориентированная инфраструктура

- ❖ Повышение энергетической и экономической эффективности систем
- ❖ Повышение надежности и качества энергоснабжения





Интеграция на уровне генерации, распределения и потребления

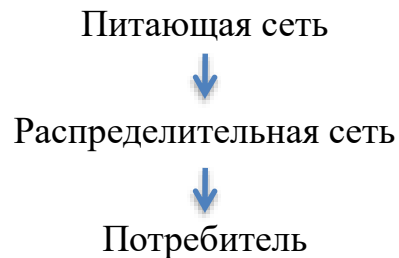
Традиционные системы

- Недостаточно оборудованы системами регулирования, автоматизации и дистанционного управления
- Контроль и управление разделены по разным системам, отсутствует координация и согласование принимаемых решений
- Недостаточное резервирование

Интеллектуальные интегрированные энергетические системы (ИИЭС)

- Комплексное использование различных видов энергии
- Интегрированное применение информационных технологий и телекоммуникаций
- Интеграция традиционных и нетрадиционных энергетических систем и процессов

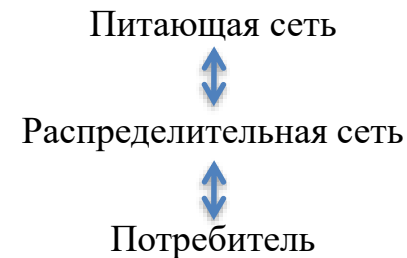
Электроснабжение



Теплоснабжение



Электроснабжение



Теплоснабжение



Значительные потери энергии

Завышенные материальные и финансовые расходы

Повышение энергетической и экологической эффективности систем

Повышение надежности и качества



Иерархия в интеграции энергетических систем

Национальный уровень

Крупные электростанции, газовые месторождения, подземные хранилища газа, транспортные электрические и газовые сети



Межрегиональный уровень

Источники энергии (ТЭЦ, ветропарки, фотоэлектрические комплексы и др.), распределительные электрические и магистральные тепловые сети

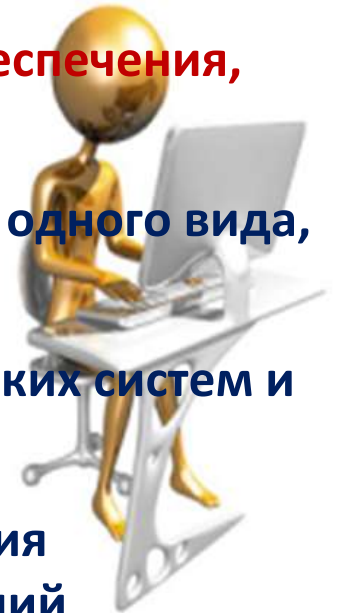
Уровень городов и производственных агломераций

Распределительные электрические, тепловые и газовые сети, источники энергии, подключаемые к распределительным электрическим, тепловым и газовым сетям



ПРЕДПОСЫЛКИ ПЕРЕХОДА К НОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

- ❑ Формирование **новой парадигмы** развития энергетики, соответствующей постиндустриальному обществу
- ❑ **Адаптация потребителей** к рыночной неопределенности в развитии энергоснабжения
- ❑ **Адаптация самих энергетических систем** к неопределенности рыночных условий развития экономики
- ❑ Развитие **доступного рынка** технологий и оборудования
- ❑ Формирование высокого уровня **информационного обеспечения**, телекоммуникационных технологий
- ❑ **Ценовая дифференциация** производимой энергии (как одного вида, так и различных видов)
- ❑ **Инфраструктурная и территориальная общность** энергетических систем и их раздельное существование
- ❑ Повышение требований к **эффективности** использования энергоресурсов и ужесточение **экологических** требований





ДРАЙВЕРЫ ИНТЕГРАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

- **Новая технологическая парадигма** предполагает повышение роли потребителей, снижение приоритета централизованного управления и поиск компромиссных решений (изменение роли и места потребителей)
- **Активное развитие распределенной генерации** энергии, конкурирующей с крупной генерацией
- **Появление новых технологий, в частности, «интернета вещей»** — информационной сети физических объектов («вещей») со встроенными технологиями взаимодействия, исключающей из действий и операций необходимость участия человека



ИНТЕГРИРУЮЩИЕ ПОСЫЛЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ

- **Единая цель** - создание комфортных условий труда и быта населения, эффективное содействие развитию экономики страны
- **Взаимодействие между системами** в нормальных и аварийных режимах функционирования
- **Взаимозаменяемость** первичных энергоресурсов и поставляемых энергоносителей
- **Формирование** интеллектуальной, информационной, телекоммуникационной **систем**
- **Относительная самостоятельность** систем, с **координированным их участием** в решении главной задачи, связанной с жизнеобеспечением социальной и экономической деятельности



ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

- ❑ **Традиционные и современные технологии технологически интегрируют системы** электро- и тепло-/хладоснабжения городов и промышленных центров, локальных территорий
 - ТЭЦ – на стороне производства электроэнергии и тепла/холода
 - альтернативные приборы использования различных видов энергии у активных потребителей, управляющих собственным энергопотреблением

- ❑ В результате такой интеграции **необходимо совместное рассмотрение электрических, тепловых, газовых сетей, их взаимосвязанных режимов**, особенно аварийных, и управления этими режимами

- ❑ Развиваемая в мире концепция Smart Grid актуальна для России для систем электро- и тепло-/хладоснабжения городов и промышленных центров, локальных территорий, **требующих модернизации, реконструкции и** развития на основе инновационных технологий

- ❑ Становится **актуальным** применение распределенной генерации энергии, **идеологии виртуальной электростанции** применительно к **интегрированным** системам электро- и тепло-/хладоснабжения

- ❑ **Задача** создания и управления интегрированными системами в России только зарождается, а за рубежом уже получает развитие



ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МИРЕ

Масштабный европейский пилотный проект «Объединенные эффективные крупномасштабные интегрированные городские системы» (ОЭКИГС) включает 64 города из 18 стран.

Наиболее активно реализация ИИЭС осуществляется в 5 крупных городах: Кельн (Германия), Генуя (Италия), Гетеборг (Швеция), Лондон (Великобритания), Роттердам (Нидерланды).

В рамках программы предусматривается:

- *Интеграция систем электро-, тепло-, хладоснабжения*
- *Интеллектуализация систем*
- *Использование традиционных, возобновляемых и вторичных энергоресурсов*
- *Создание централизованных тепловых хабов (узлов) с накопителями энергии.*
- *Строительство зданий с краткосрочным аккумулярованием тепла для сглаживания пиковой нагрузки.*





ЦЕЛЕВЫЕ ОРИЕНТИРЫ ИНТЕГРАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

- Обеспечение **активного участия потребителя**
- **Согласованное использование** различных способов выработки и хранения **различных форм энергии**
- Возможность создания новых продуктов, услуг и рынков
- Обеспечение **качества энергоснабжения**
- Комплексное **применение информационно-коммуникационных технологий**
- Оптимальное использование ресурсов и **обеспечение эффективной работы энергосистемы**
- Самовосстановление системы
- Устойчивость системы к внешним воздействиям



Активный потребитель

Активный потребитель – потребитель, имеющий возможность оптимизировать график загрузки своих мощностей как с целью минимизации затрат на электроэнергию, так и с целью получения дохода от продажи энергии и мощности.



активный потребитель включает:

- **умный учет** энергоресурсов;
- **управление** энергопотреблением;
- **контроль** качества энергоснабжения и условий комфорта;
- **планирование** энергопотребления
- **интеллектуализацию** энергопотребления

Мотивация активного поведения потребителя

Рост числа технологий: отопление, кондиционирование, электричество, системы охраны и безопасности, водоснабжение, рольставни, электрифицированные шторы и приводы окон, современные аудио- и видеоборудование, системы доставки информации, охранно-пожарной сигнализации и др.

Рост объема информации, сложность управления, ужесточение требований комфорта, стремление к ощущению своего присутствия в другом времени и пространстве

Реализация адаптивных функций активных потребителей достигается путем интеграции систем управления всеми видами нагрузок и распределенными генераторами энергии



Двухсторонняя связь между системами энергопотребления и сетью



Энергетический хаб, интегрирующий системы энергоснабжения на стороне потребителя

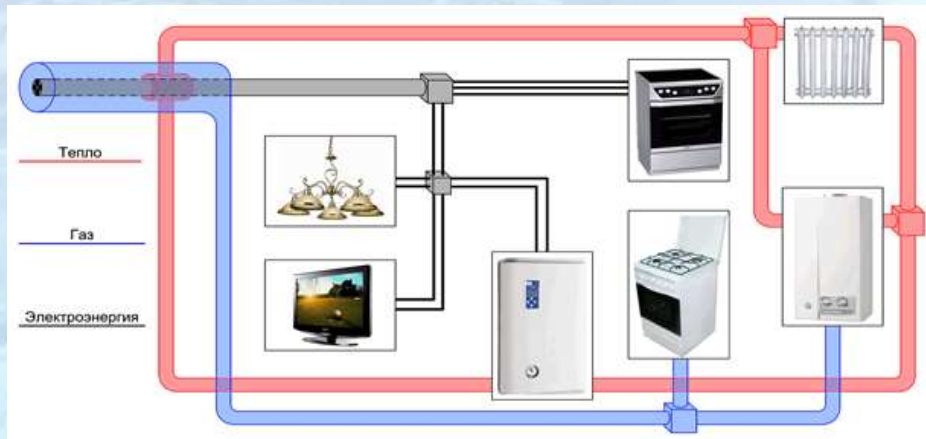
Основные компоненты

- средства управления устройствами потребления и преобразования энергии
- центр управления, в котором собирается информация о внутреннем состоянии устройств энергетического хаба и о состоянии внешней среды (тариф на электроэнергию, прогноз погоды и др.)
- телекоммуникационные технологии (радиосвязь, компьютерная сеть и др.), связывающие различные устройства и центр управления и обеспечивающие управление энергетическим хабом

По количеству используемых и получаемых энергоресурсов возможно 4 вида энергохабов

Обеспечивает:

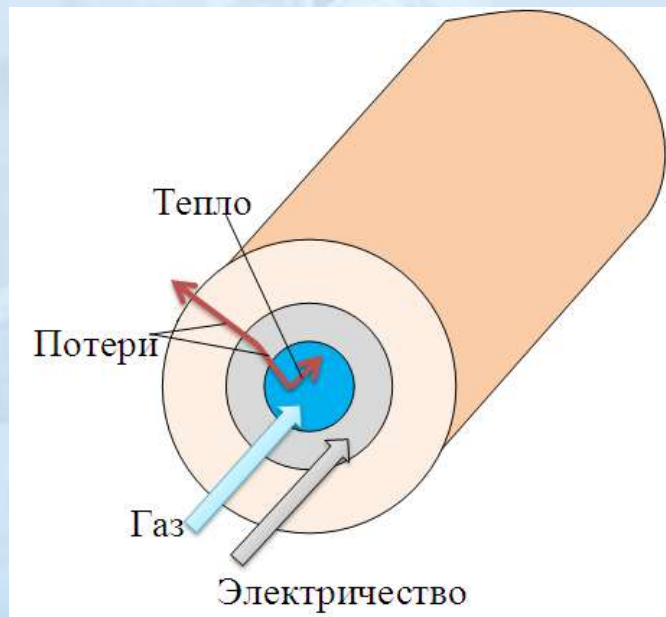
- сочетание различных энергоносителей
- создание многокомпонентных систем
- гибкое использование технологий преобразования и хранения энергии



1. Энергетический центр для преобразования, хранения и распределения различных видов энергии и энергоносителей
2. Интерфейс между энергетической инфраструктурой, потребителями и производителями



Инновационные технологии транспорта энергоресурсов



Системы транспорта интегрированных систем должны обеспечивать эффективную транспортировку различных энергоносителей (электроэнергии, тепла, холода и т.п.)

Интегрированная транспортировка различных энергоносителей в одном технологическом устройстве (различные конструкции подземных каналов, интегрированные проводники и другие устройства) используются потери в процессе транспортировки



*Композитные трубопроводы, и проводники
Сверхпроводящая кабельная линия*



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ИИЭС

- **Силовые**

- распределенная генерация
- FACTS
- силовая электроника
- ППТ
- накопители энергии
- сверхпроводимость
- виртуальные электростанции

- **Для измерения, обработки, передачи и представления информации**

- РМУ и концентраторы данных через спутниковую навигационную сеть
- оптоволокно
- радиосвязь
- цифровая основа устройств
- информационные технологии
- Интернет



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ИИЭС

- ***системы мониторинга и управления***

- искусственный интеллект
- сетевые подходы к мониторингу и координации управления
- новые методы теории управления
- новые возможности локального управления на основе искусственного интеллекта и информационных технологий
- Интернет

- ***для обеспечения активности потребителей***

- цифровые системы сбора, обработки и представления информации
- Интернет
- тарифные и ценовые механизмы



ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

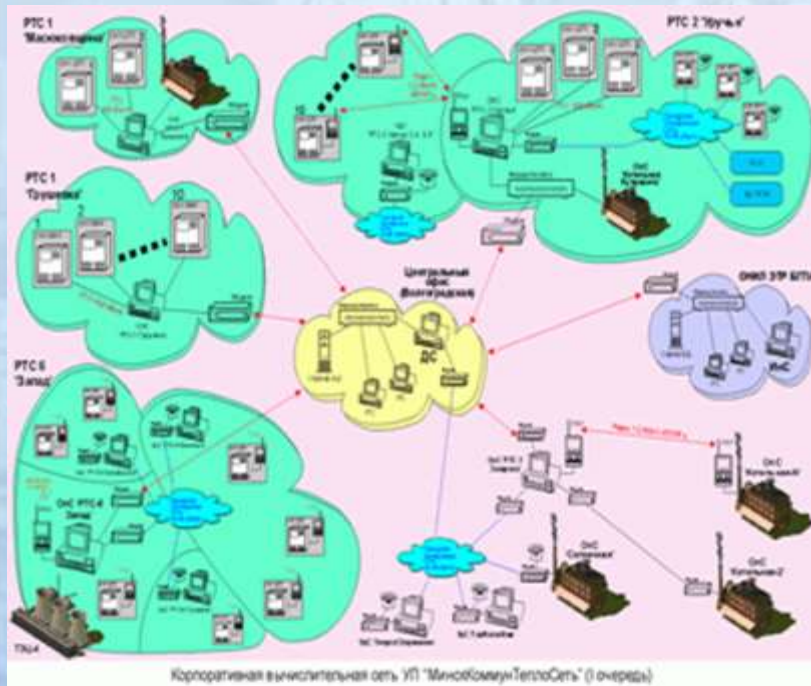
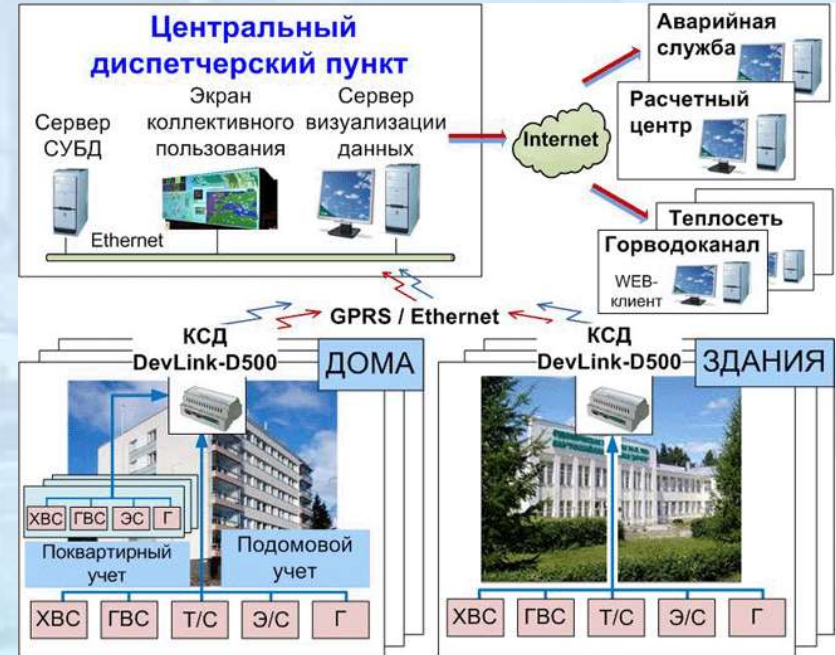
Интеграция и интеллектуализация

включает:

Источники энергии (производство)

Сети (транспорт)

Активные потребители



Цель:

Организация скоординированного процесса развития и эксплуатации систем энергоснабжения, рассмотрение разнотипных энергетических систем в виде единой интегрированной системы энергоснабжения

создание клиенто-ориентированной инфраструктуры



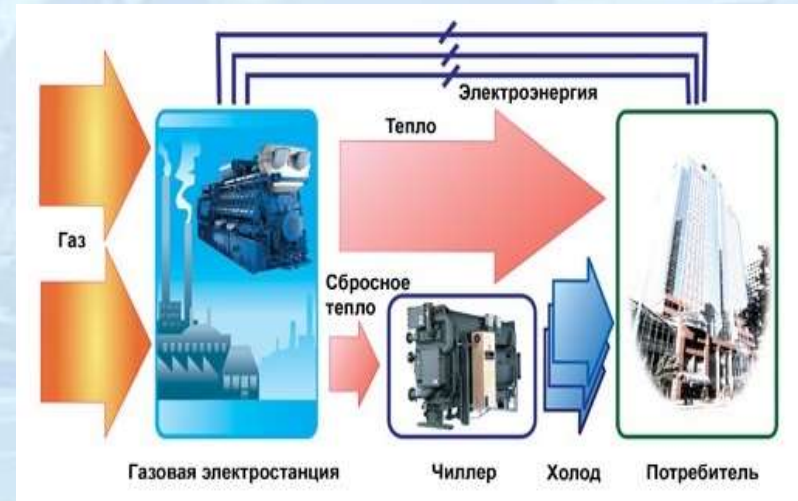
ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Организация скоординированного процесса развития и эксплуатации систем

Единство систем:

- технологических
- телекоммуникационных
- информационных
- кибернетических

Ключевые компоненты



создание клиенто-ориентированной инфраструктуры



ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ (1)

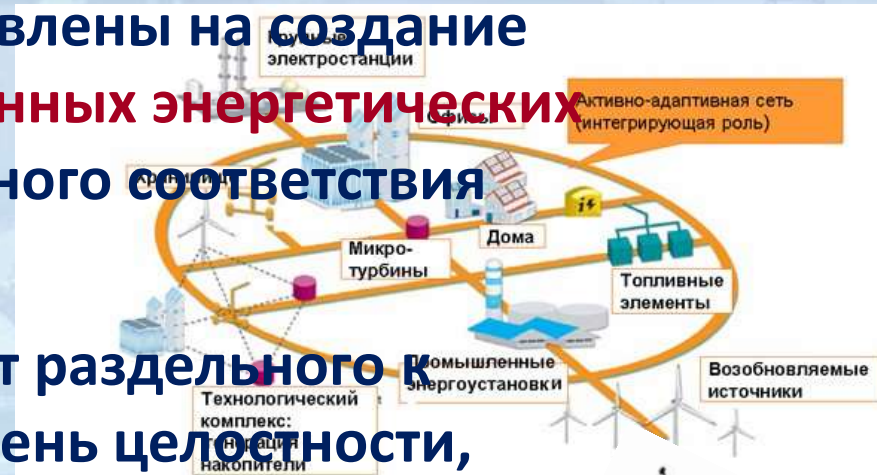
Принципы построения ИИЭС направлены на создание **самоорганизующихся взаимосвязанных энергетических систем** для обеспечения качественного соответствия требованиям потребителей

❑ **От моносистем к метасистеме** (от **раздельного** к **совместному** – повышается уровень целостности, организованности, взаимосвязей, взаимодействия между элементами)

❑ **Синергизм** (эффект целого больше чем суммы его частей)

❑ **Эмерджентность** (новые свойства системы не присущие ее элементам и их сумме, в т. ч. содружественность, мультипликативность)

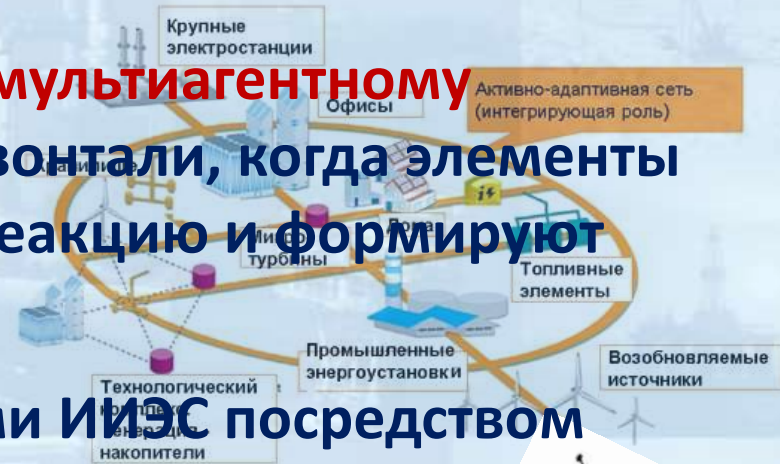
❑ **Взаиморезервирование** (участие в покрытии графика нагрузок разными системами)





ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ (2)

- ❑ **От иерархического управления к мультиагентному управлению** (от вертикали к горизонтали, когда элементы через агентов определяют свою реакцию и формируют поведение)



- ❑ **Интеграция управления режимами ИИЭС посредством сетевой (распределенной) координации**

- ❑ **Высокая степень самоорганизации по формированию пространственной, временной, информационной и функциональной структуры интегрированной системы**

- ❑ **Распределение ответственности за обеспечение безопасности жизнедеятельности между всеми элементами интегрированной системы**





Инновационный стиль построения ИИЭС (новая энерготехнологическая конструкция)



многомерная структура



МНОГОКОМПОНЕНТНОСТЬ

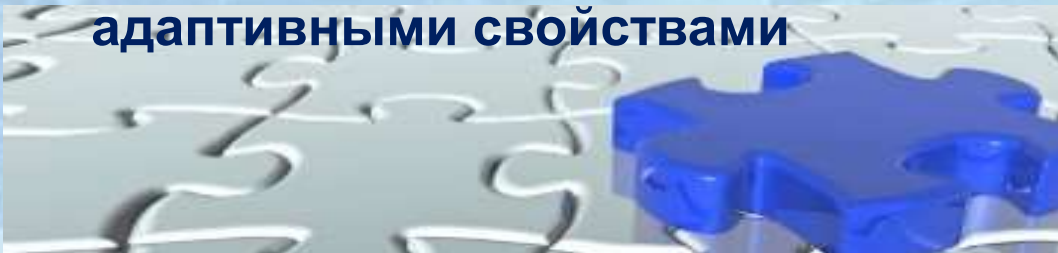
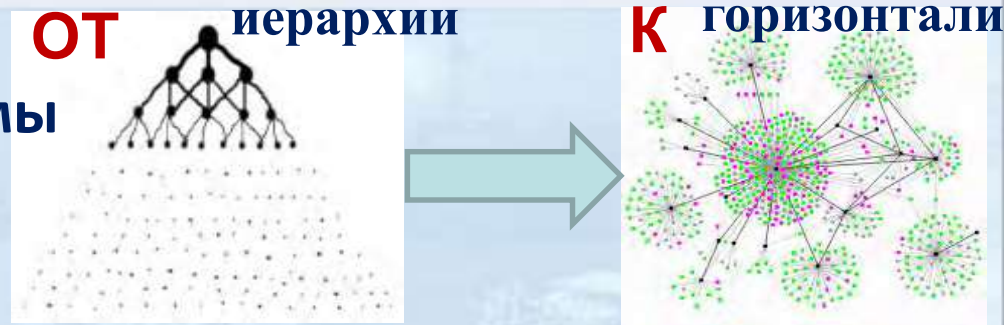


гибкое использование технологий преобразования, транспорта, хранения энергии и активного потребителя



АРХИТЕКТУРА ИИЭС (1)

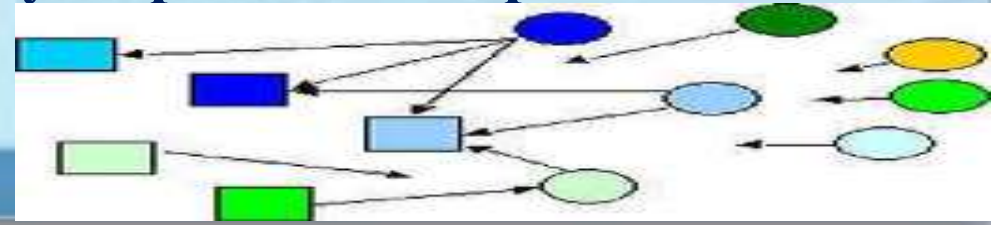
- **Сетевая модель** технологической метасистемы и системы управления
- **Ячеистая структура** распределённой сети самостоятельно порождающая и формирующая путь энергоснабжения
- **Симметричная (многонаправленная) схема** энергоснабжения с распределенными по множеству узлов переменными потоками из системы и в систему
- **Горизонтальное построение** с ослаблением вертикальных связей и высоко адаптивными свойствами





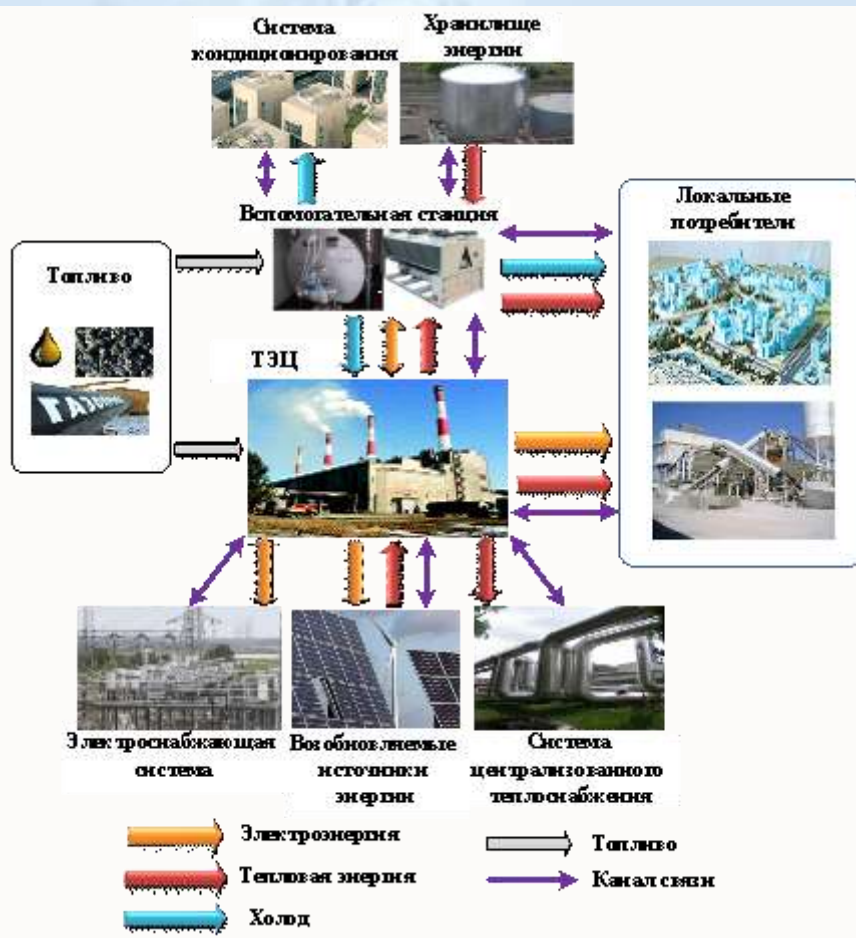
АРХИТЕКТУРА ИИЭС (2)

- **Автоматическая реконфигурация** путем переключения технологических коммуникаций, генерации управляющих воздействий и их функциональным исполнением
- **Субсидарность и саморегуляция** когда управление системой осуществляется не воздействием извне, а формируется в ней самой в результате взаимодействия агентов
- **Сетецентрическое управление** с передачей большинства полномочий и прав от централизованных органов к периферическим центрам
- **Комплементарность, когда** решение следующих задач одного участника способствуют решению определенных задач других участников





ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ



Свойства интегрированной системы

Гибкость – адаптация под текущий уровень потребления энергии

Интеллект – способность системы реагировать на запросы потребителей

Интеграция – вписывание в городскую инфраструктуру

Эффективность – соответствовать требованиям энергетической эффективности

Конкурентоспособность – быть экономически эффективными

Надежность – удовлетворять растущий спрос на энергию, быть устойчивой к авариям

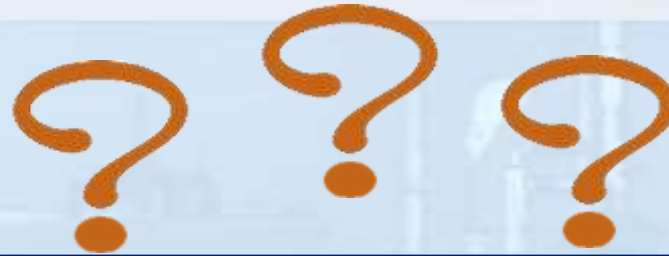
Интероперабельность – способность ИИЭС, подсистем и их элементов к обмену энергией, информацией для получения наибольшей выгоды

Особенности

- Высокий уровень объединения и самоорганизации
- Взаимодополнение в выполнении общей задачи
- Единство и самостоятельность
- Многокомпонентность



ПРОБЛЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ ИХ РЕШЕНИЕ



две составляющие интеллекта (разума):

- запас знаний
- способность к логическим рассуждениям

Отсюда вытекают две основные задачи при создании интегрированных интеллектуальных энергетических систем:

- моделирование знаний (разработка методов формализации знаний для ввода их в компьютерную память в качестве базы знаний);
- моделирование рассуждений (создание компьютерных программ, имитирующих логику человеческого мышления при решении разнообразных задач)



«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТЬ» МЕТАСИСТЕМЫ

«Интеллектуальность», основой которой является агентно-ориентированная парадигма, когда каждый потребитель, получая информацию через своих интеллектуальных агентов обо всех других участниках процесса энергоснабжения, оценивает свою роль в этом процессе, формирует свое поведение и осуществляет его реализацию. Это обеспечивает эффективное функционирование системы, ее самовосстановление и самоадаптацию к внешним и внутренним воздействиям





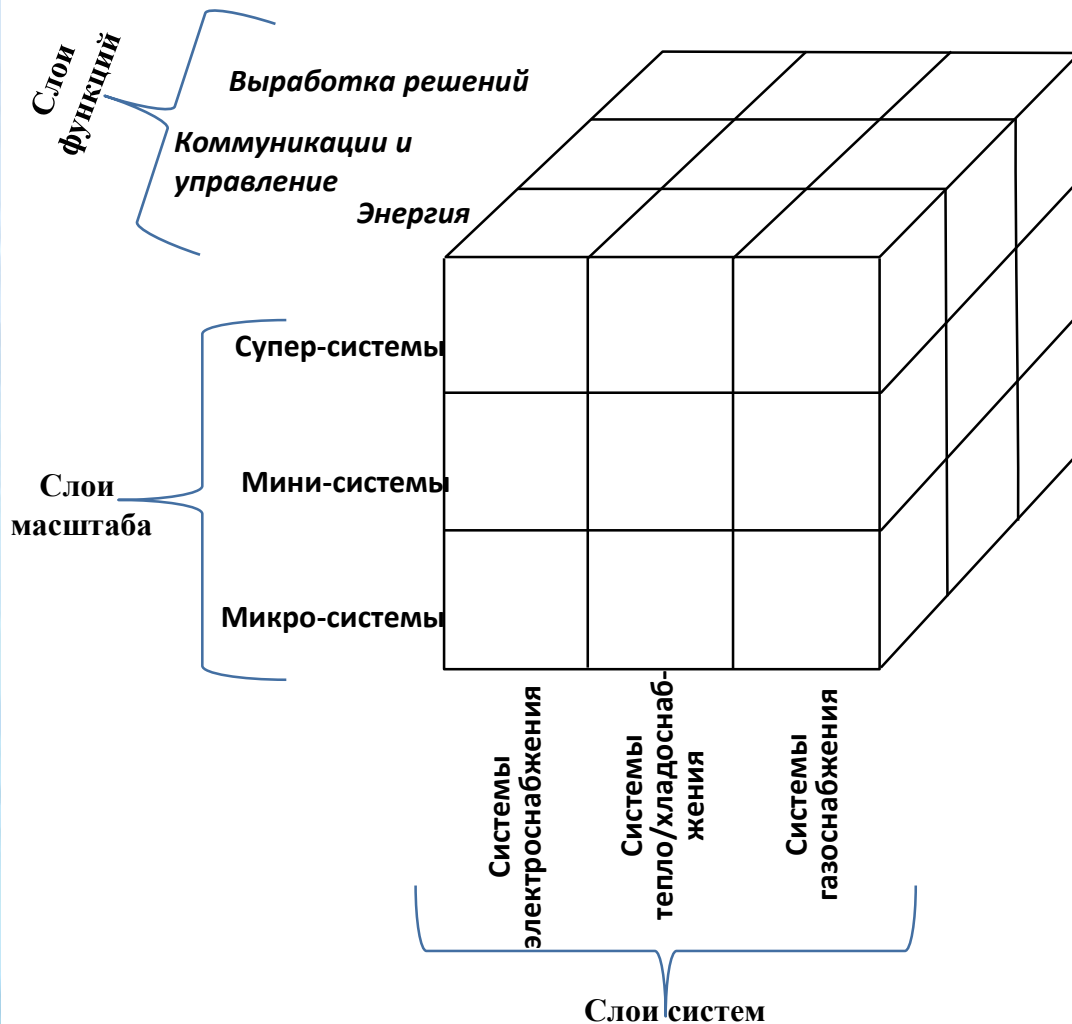
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Выделяются три группы функциональных слоев

Слои систем (системы электро-, тепло/холодо- и газоснабжения)

Слои масштаба (супер-, мини-, микро системы)

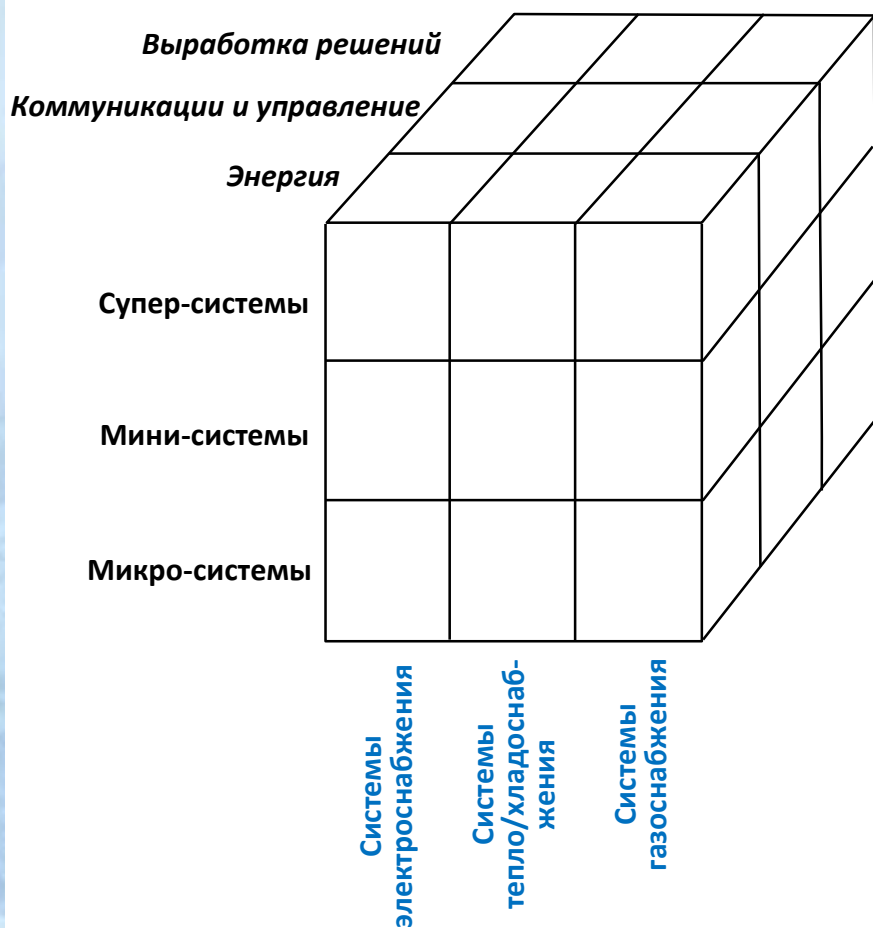
Слои функций (энергетические, коммуникаций и управления, выработки решений)





ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ (1)

Слои систем (электро-, тепло/хладоснабжения и газоснабжения)



В настоящее время решения по интеграции для супер-систем определяются экономической целесообразностью и требованиями надежности энергоснабжения для обычных условий. Требуется оценка достаточности этих интеграционных решений для неординарных, экстремальных ситуаций

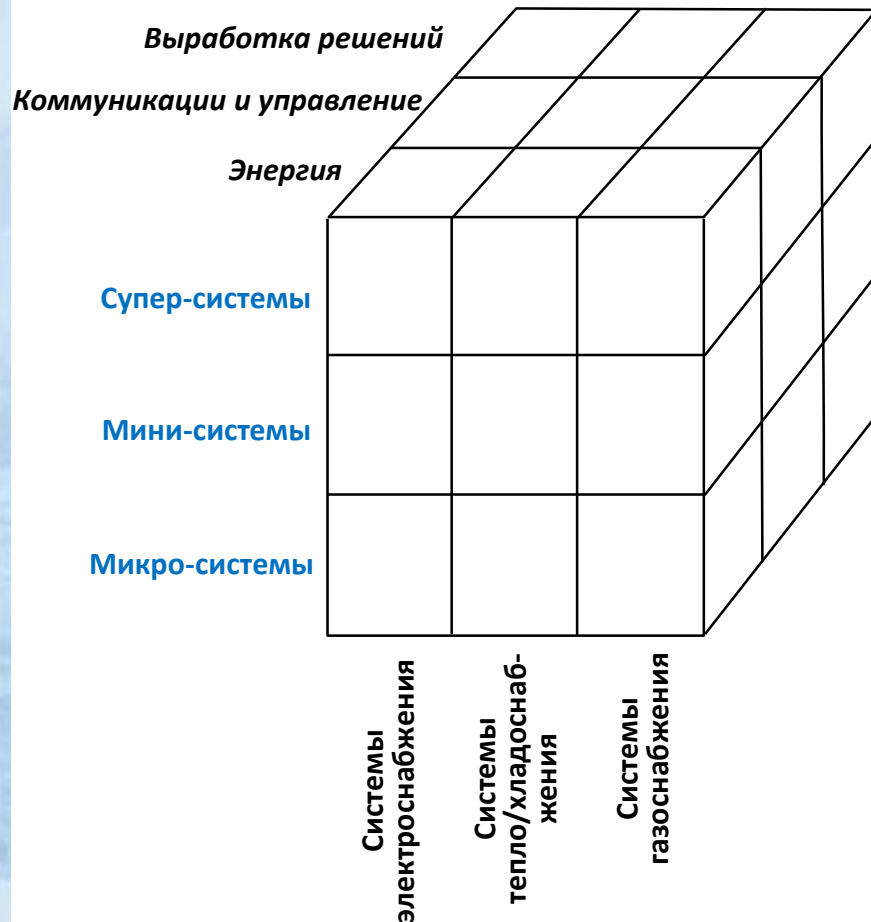
Проблема интеграции мини-систем нова для России и требуются исследования по адаптации опыта других стран и учету российской специфики, имея в виду использование интеллектуальных технологий и устройств

Микро-системы в России практически не изучались. Необходимы исследования и адаптация международного опыта



ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ (2)

Слои масштаба (супер-, мини-, микро системы)



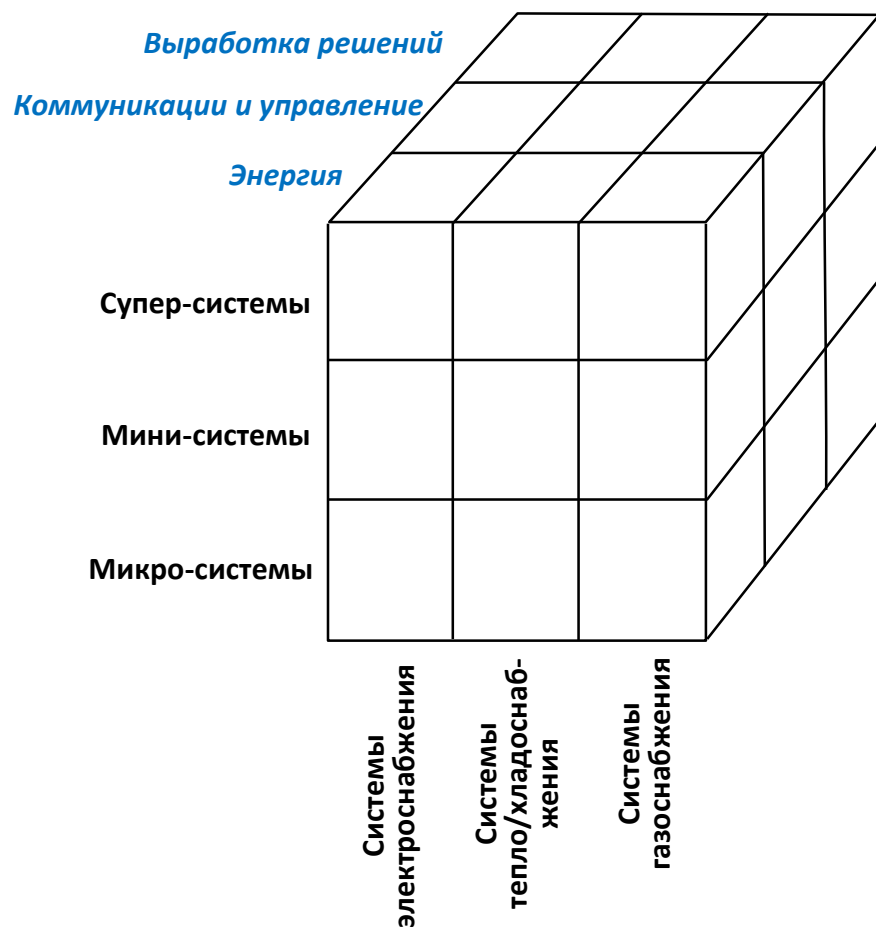
Физические связи (интерфейсы) между супер-, мини- и микро-системами определялись до сих пор ординарными условиями и существующей парадигмой построения централизованных энергетических систем. С появлением распределенной (в том числе, микро-) генерации требования к интерфейсам существенно изменяются и требуют исследований, в том числе для неординарных условий.

Существует проблема моделирования крупномасштабных многоуровневых энергетических систем, которая должна решаться с использованием агрегирования смежных уровней по отношению к изучаемому



ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ (3)

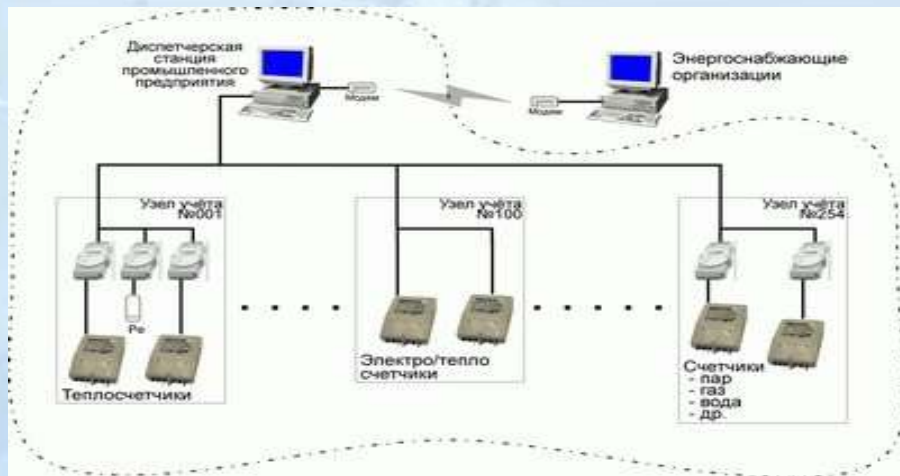
Слои функций (энергетические, коммуникаций и управления, выработка решений)



- ➔ Энергетические функции, кроме основного назначения, обеспечивают информацией другие функции
- ➔ Принципиально важен слой коммуникаций и управления в двух аспектах
 - Интеллектуальные информационные и компьютерные технологии и средства измерения, обработки, передачи и представления информации, интеллектуальные технологии и методы управления
 - Высокоэффективные физические устройства для реализации интеллектуальных технологий и методов
- ➔ Функция выработки решений – это очень широкая область от создания интегрированных энергетических систем до управления ими. Необходимо развитие требуемых моделей и методов для выработки соответствующих решений



Проблемы моделирования и управления

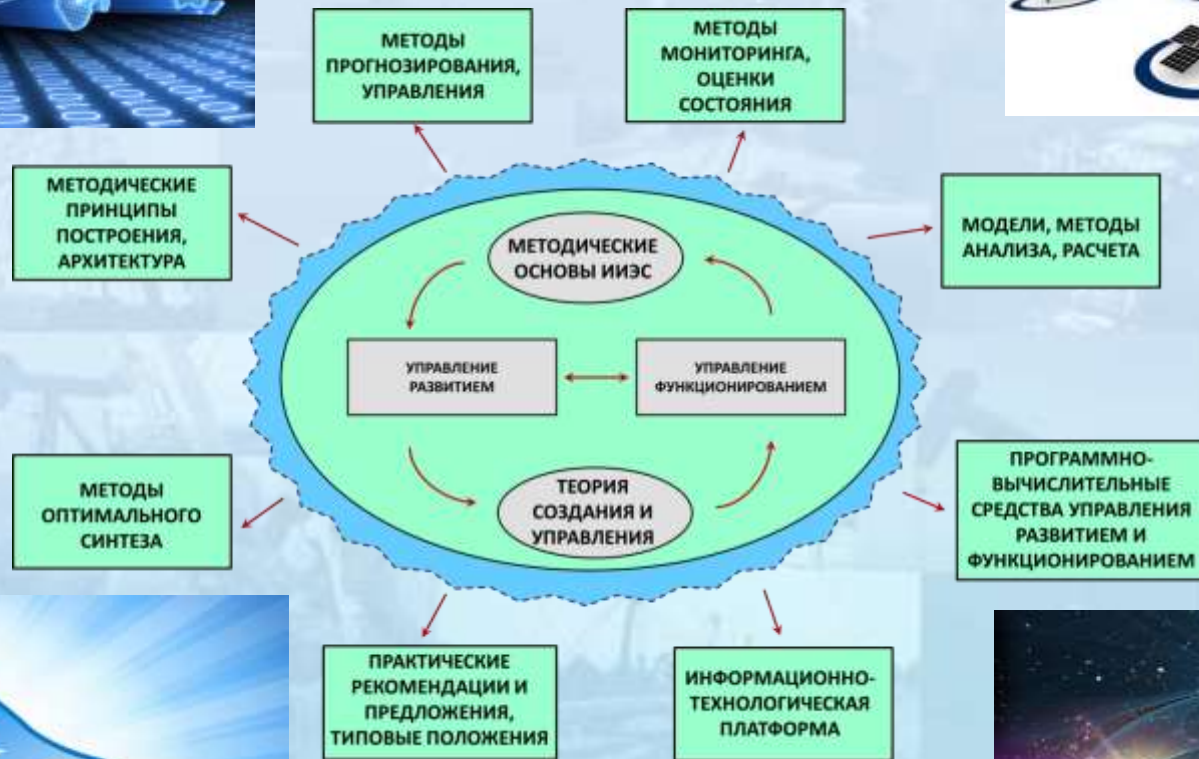


- **Согласование общей цели с множеством целевых установок по системам**
- **Межсистемная распределенность и множество центров принятия решения**
- **Выработки и реализации оптимальной стратегии в целом и по системам в частности**
- **Разрешение межсистемных конфликтов**
- **Согласование интересов поставщиков и потребителей**
- **Проблема координации множества центров принятия решений**
- **Проблема сопряжения иерархических уровней в каждой системе и горизонтальных связей между системами**





МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ





ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ (1)

- **Разработка технологических принципов построения интегрированных систем энергоснабжения в сочетании с интеллектуальными средствами и системами управления ими**
- **Формирование технических решений по технологическим схемам источников энергии, транспортным комплексам систем энергоснабжения**
- **Разработка методических и технологических основ создания интеллектуальных систем управления энергоснабжением городов и промышленных центров**
- **Разработка методов мониторинга состояния оборудования и режимов его работы в системах энергоснабжения**



ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ (2)

- **Разработка моделей и методов для расчета и анализа систем электро-, тепло-/холодо- и газоснабжения**
- **Разработка методов и программных комплексов нового поколения для расчета и оптимизации интегрированных систем энергоснабжения и их элементов**
- **Разработка универсальных информационно-вычислительных технологий для компьютерного моделирования, расчета и оптимизации интегрированных интеллектуальных систем энергоснабжения**
- **Подготовка практических рекомендаций и предложений по созданию интегрированных интеллектуальных систем электро-, тепло-/холодо- и газоснабжения потребителей**



СОВМЕСТНОЕ РАССМОТРЕНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРО И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В М/Р НОВО-ЛЕНИНО В ИРКУТСКЕ

Исследования в области ИИСЭ

- Концепция интегрированных интеллектуальных систем электро- и теплоснабжения с активными потребителями и координированного управления режимами этих систем
- Комплекс задач по формированию методической и технологической базы для перехода к интеллектуальным интегрированным системам энергоснабжения городов
- Комплекс задач по управлению режимами интеллектуальных интегрированных систем энергоснабжения городов
- Информационно-вычислительная платформа для моделирования, анализа и управления режимами интеллектуальных интегрированных систем энергоснабжения городов
- Методы координации суточных режимов систем энергоснабжения и активных потребителей

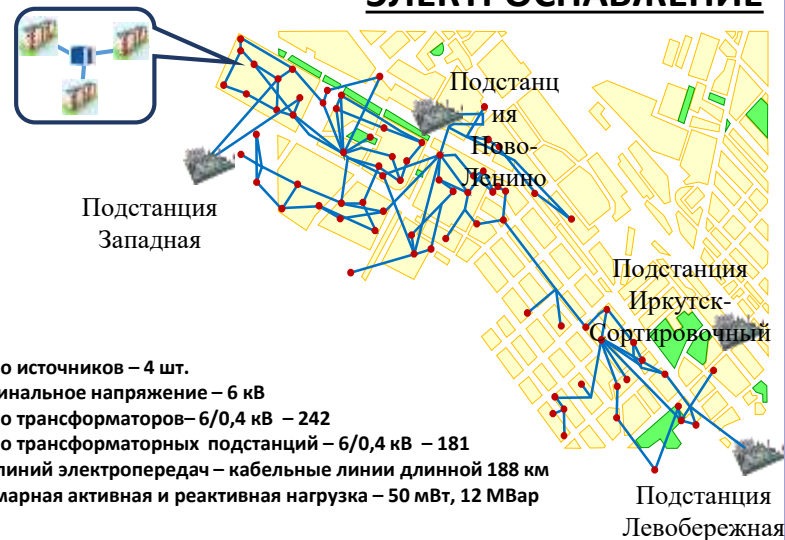
Методическое обеспечение и инструментальные средства

- | | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Теория гидравлических и электрических цепей• Математическое программирование и оптимизация | <ul style="list-style-type: none">• Численный анализ• Теория графов• Теория вероятности• Теория игр | <ul style="list-style-type: none">• ПО для графического и математического моделирования систем энергоснабжения• Математическое ПО• Базы данных |
|---|--|--|

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ



ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

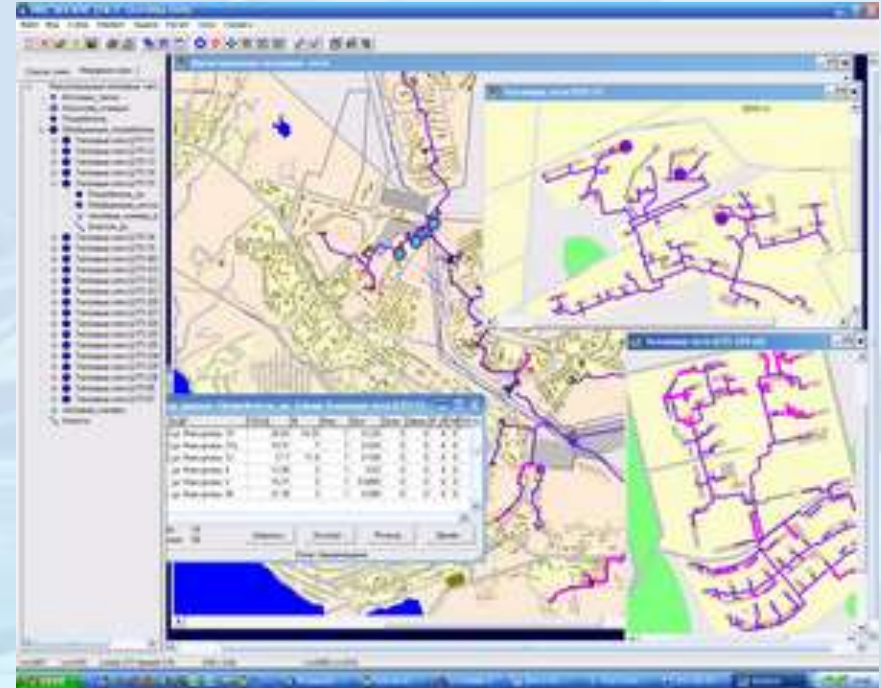




Пример пользовательского интерфейса при моделировании систем теплоснабжения

Комплекс включает:

1. **Информационно-вычислительную среду**, обеспечивающую возможность создания графических, иерархически связанных баз данных по системам теплоснабжения, включающих:
 - электронные карты и планы местности;
 - графическое представление схем тепловых сетей и сетевых сооружений;
 - цифровую и текстовую информацию по параметрам элементов систем теплоснабжения;



2. **Программно-вычислительный комплекс (ПВК)**, обеспечивающий решение задач:

- расчета гидравлических режимов;
- построения пьезометрических графиков;
- расчета тепловых режимов;
- построения температурных графиков отпуска теплоты источниками;
- наладки тепловой сети;
- анализа допустимости режима.



Методика проведения вычислительного эксперимента

- 1 Подготовка схем тепловой и электрической сетей
- 2 Расчет потокораспределения в теплоснабжающей системе
- 3 Оценка допустимости режима
- 4 Определение потребителей, необеспеченных тепловой нагрузкой, и объема недополученного тепла
- 5 Определение трансформаторных подстанций, которые снабжают электроэнергией этих потребителей
- 6 Распределение мощности между трансформаторами
- 7 Расчет потокораспределения в системе электроснабжения
- 8 Оценка допустимости режима
- 9 Определение списка перегруженных трансформаторов и возможностей покрытия дополнительной нагрузки

Теплоцентра

Оптимальная нагрузка





РЕЗУЛЬТАТЫ СОВМЕСТНОГО РАССМОТРЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ М/Р НОВО-ЛЕНИНО

Непокрытый прирост нагрузки – до 34%
Число перегруженных ТП – до 47%



№	Приращение нагрузки на ТП, кВт		Коэффициент загрузки трансформаторов	
	Требуемое (Рт)	Допустимое (Рд)	Исходный	После прироста нагрузки
1	860,50	740	0.39	1.4
2	1000,00	600	0.34	1.24
3	627,9	350	0.77	1.36
4	3413,5	800	0.86	1.34
5	817,1	700	0.8	1.39
6	2005,1	500	0.77	1.42
7	1664,8	1000	0.47	1.31
8	1891,8	700	0.37	1.34
Рт-Рд=6890				

№	Суммарный прирост нагрузки			Число перегруженных ТП	
	Суммарный, кВт	Непокрытый, кВт	% к суммарной нагрузке	Общее	% к общему числу задействованных ТП
1	48313,953	16480	34	9	47
2	28860,465	6890	24	8	44

ВЫВОДЫ:

Отмечается

- Сильная технологическая взаимосвязь между системами

Необходимы

- Единая информационно-вычислительная платформа;
- Совместное решение задач управления развитием и функционированием



Что дает интеграция и интеллектуализация ?

- открытость – возможность интеграции в систему любых видов генерации и систем потребления, технологий и решений
- клиентоориентированность
- on-line мониторинг и управление
- радикальное повышение адаптивности ИИЭС и за счет этого обеспечения устойчивости и живучести системы





Что дает интеграция и интеллектуализация?

- **снижение нормируемых запасов пропускных способностей связей**
- **снижение уровня необходимых резервов генерации**
- **повышение степени использования пропускных способностей сетей**
- **сокращение необходимости ввода новой генерации за счет более эффективного использования сетей и активности потребителей**





ОЖИДАЕМЫЙ ЭФФЕКТ

- Сокращение времени восстановления энергоснабжения в 4-5 раз
- Сокращение числа аварий до 80%
- Высвобождение мощности на 10%, сокращение строительства новых источников
- Сокращение выбросов вредных веществ 15-20%
- Сокращение количества неправильно выставляемых счетов более 50%
- Снижение непроизводительных потерь энергии на 5-7%
- Снижение коммерческих потерь энергии на 10-15%
- Уровень участия потребителя в управлении – 90%



ВЫВОДЫ (1)

- **Традиционно** интеграция систем электро-, тепло и газоснабжения рассматривалась **на уровне источников** электроэнергии и тепла – ТЭЦ
- Необходимость совместного рассмотрения систем электро-, тепло-/хладо и газоснабжения возникла после **появления альтернативных возможностей для потребителей** в выборе приборов использования энергии (энергетический хаб)
- Новые возможности интеграции систем энергоснабжения появились в связи с развитием **идеологии Smart Grid, Smart Metering, Интернета «вещей»** и других интеллектуальных технологий и оборудования
- **Выполнены некоторые проработки по анализу интегрированных систем** энергоснабжения с учетом активности потребителей, использования накопителей энергии, современных информационно-коммуникационных технологий и др.



ВЫВОДЫ (2)

В УСЛОВИЯХ НОВЫХ ВЫЗОВОВ ЭНЕРГЕТИКА НАХОДИТСЯ НА ЭТАПЕ **СМЕНЫ СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЫ**

ПЕРЕХОД К НОВЫМ СТРУКТУРАМ В ВИДЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОБЪЕДИНЯЮЩИХ САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРО-, ТЕПЛО-, ХЛАДО-, ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ДР., ПОСТРОЕННЫХ ПО МУЛЬТИАГЕНТНОМУ ПРИНЦИПУ ОБЕСПЕЧИТ НОВЫЙ ИМПУЛЬС РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ УДОВЛЕТВОРЕНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧИВАЕТ СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ И ПОЯВЛЕНИЕ НОВЫХ СВОЙСТВ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА БУДУЩЕГО РАССМАТРИВАЕТСЯ ПОДОБНОЙ ИНТЕРНЕТ ИНФРАСТРУКТУРЕ (ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНТЕРНЕТ)

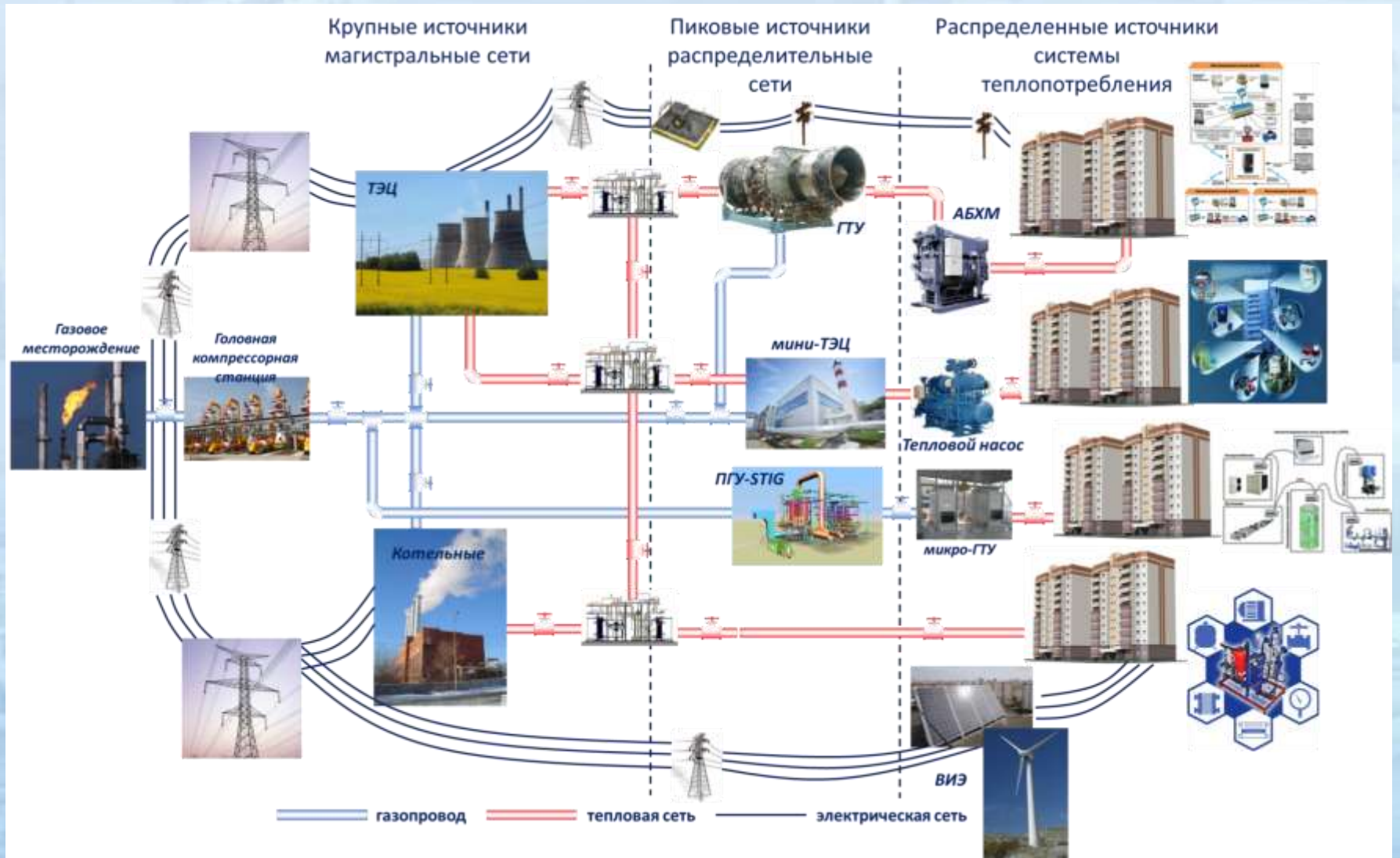
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ ВАЖНЕЙШЕЙ ПРОБЛЕМОЙ, **ТРЕБУЮЩЕЙ ПРОВЕДЕНИЯ АКТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



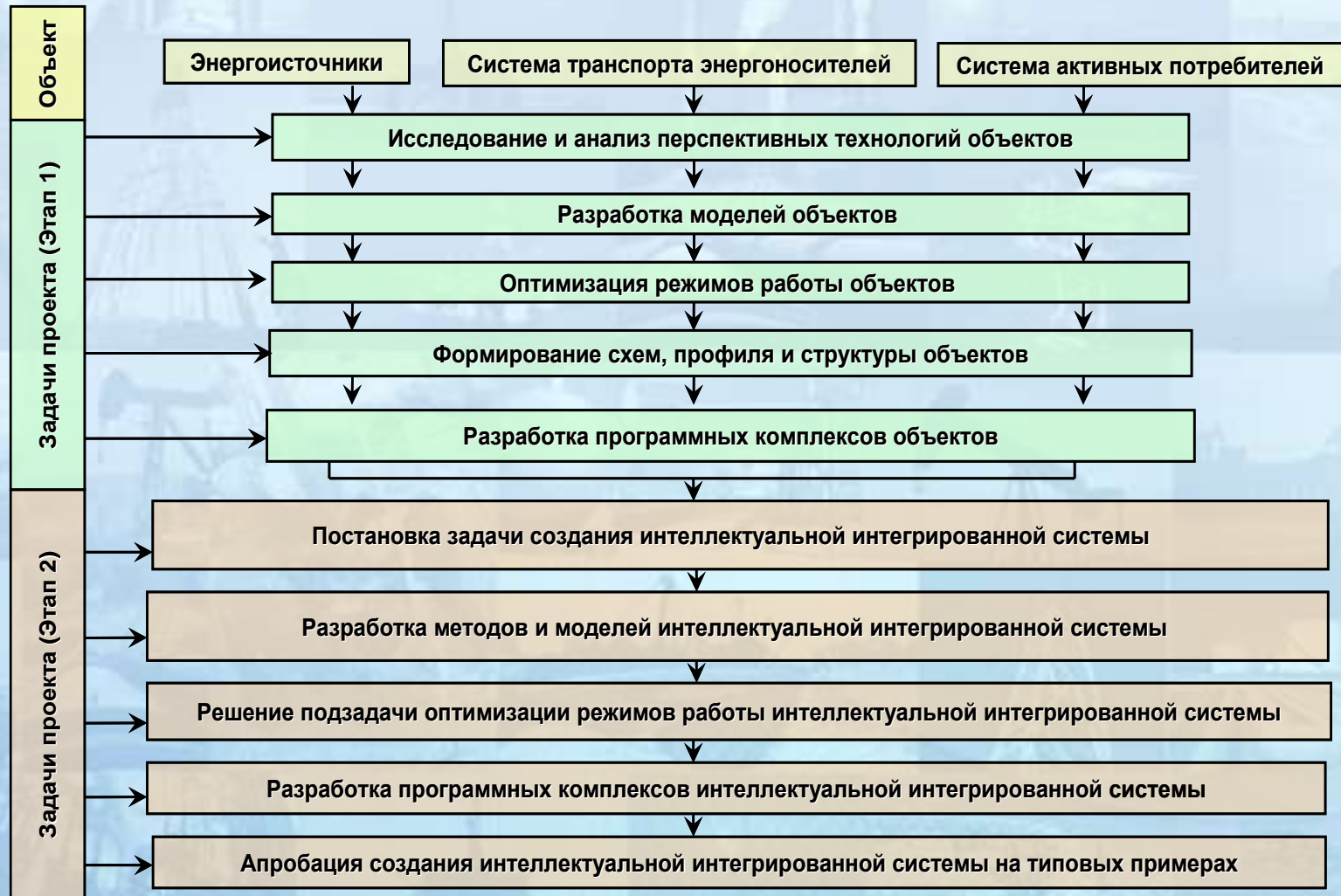
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ





ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Задачи создания интегрированных систем





Инновационные технологии

- **Модельно-технологическая структура метасистемы** в виде интегрированной системы электро-, тепло- и хладоснабжения с активными потребителями
- Технологические системы и **устройства для интеграции и управления** интегрированными системами
- **Комплекс устройств для интеграции** активных потребителей и распределенной генерации в интегрированные энергетические системы
- **Методическое обеспечение** для интеграции и управления интегрированными интеллектуальными энергетическими системами
- **Информационно-программная платформа** для управления и мониторинга интегрированных интеллектуальных систем

Дальнейшее направление исследований

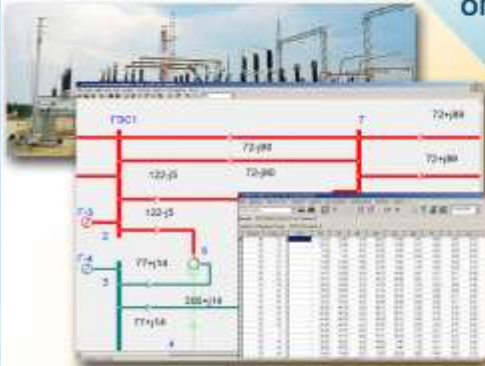
- Разработка основных принципов управления режимами изолированной системы электроснабжения с использованием идеологии виртуальной электростанции при учете накопителей энергии и активности потребителей.
- Разработка модели интегрированной системы электро- и теплоснабжения с учетом режимов работы насосов и их электропотребления для перекачки теплоносителя в сети и на источнике.
- Анализ возможности обеспечения режимов интегрированной системы электро- и теплоснабжения при формировании оптимальных графиков нагрузки с учетом различных тарифов на энергию.
- Развитие метода координации суточных режимов электроснабжающей организации при активизации ее поведения и активности потребителей по управлению собственным электропотреблением.
- Разработка моделей и методов для оптимального управления генерирующими мощностями интегрированной системы электро- и тепло-/хладоснабжения по критерию снижения воздействия на окружающую среду.
- Разработка моделей и методов для рыночно-ориентированного управления генерирующими мощностями интегрированной системы электро- и тепло-/хладоснабжения локальных территорий с РГЭ
- Разработка моделей и методов для оптимального управления интегрированной централизованно-распределенной системой электро- и тепло-/хладоснабжения по критерию снижения затрат
- Разработка модели для анализа надежности при формировании интегрированной централизованно-распределенной системы электро- и тепло-/хладоснабжения и ее функционировании
- Разработка моделей и методов для проведения совместного расчета режимов систем электро- и тепло-/хладоснабжения с учетом сетей передачи энергии
- Разработка моделей и методов для выбора оптимального состава и исследования интегрированных источников энергии в системе электро- и тепло-/хладоснабжения локальных территорий.



ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГЕТИКИ

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

АНАРЭС
2000

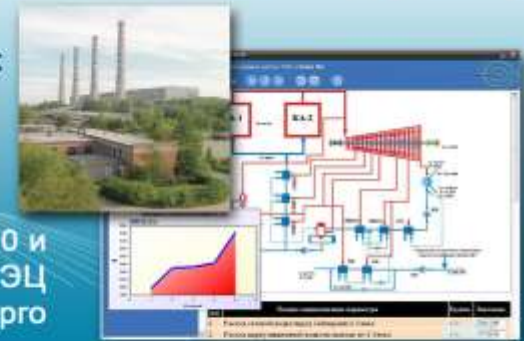


математическое моделирование энергооборудования

↓
оптимизация режимов работы

↓
сокращение топливных издержек и экологический эффект

ПВК ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЭЦ



Внедрение на ТЭЦ-10 и Ново-Иркутской ТЭЦ ОАО Иркутскэнерго

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

расчеты, анализ и планирование режимов работы электроэнергетических систем

внедрение в Центрах диспетчерского управления системных операторов в Центральной России, на Средней Волги, **Иркутскэнерго**, **Читаэнерго**, **Сургутнефтегаз**

АНГАРА система для компьютерного моделирования трубопроводных и гидравлических систем

ПВК АНГАРА-ТС
АРМ инженера по режимам тепловых сетей

ПВК СОСНА

оптимизация параметров тепловой сети

Внедрение в системах теплоснабжения Иркутска, Братска и других, на предприятиях ОАО Иркутскэнерго и ОАО Камчатскэнерго



ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ