



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

Интеллектуальные трубопроводные системы

Новицкий Н.Н.

Методологический семинар ИСЭМ СО РАН

г. Иркутск, 14 марта 2017 г.

План доклада

1. Понятие и основные свойства ИТПС
2. Прикладные задачи интеллектуализации ТПС
3. Методические проблемы интеллектуализации ТПС

1. Понятие и основные свойства интеллектуальных трубопроводных систем (ИТПС)

Концепция Smart Grid - стратегическое направление инновационного развития электроэнергетики за рубежом



\$19 млрд



\$7 млрд



\$3 млрд



\$70 млрд



\$10 млрд



\$1 млрд

*) General Electric, февраль 2010

Определения Smart Grid

- электрические сети, удовлетворяющие будущим требованиям по энергоэффективному и экономичному функционированию энергосистемы за счет скоординированного управления и при помощи современных двусторонних коммуникаций между элементами электрических сетей, электрическими станциями, аккумулирующими источниками и потребителями (**European Technology Platform SmartGrids**)
- это совокупность организационных изменений, новой модели процессов, решений в области информационных технологий, а также решений в области автоматизированных систем управления технологическими процессами и диспетчерского управления (**The NETL Modern Grid Initiative**)
- новая энергетическая инфраструктура передачи и распределения, которая интегрирует продвижение в коммуникациях, компьютерных системах и электронике для обеспечения требований энергетики будущего (**IEEE The IntelliGrids**)
- самобалансирующая, самонаблюдаемая сеть, работающая со всеми видами генерации (газ, уголь, солнце, ветер) и доставляющая конечным потребителям все виды энергии (тепло, свет, горячая вода) при минимальном участии человека (**Siemens**)
- ...

Ключевые положения концепции Smart Grid

Требования

- **Надежность**
- **Экономичность**
- **Эффективность**
- **Экологичность**
- **Безопасность**
- ...

Средства

- **Новое оборудование для генерации и распределения**
- **«Умные» приборы учета и регулирования потребления**
- **Цифровые, информационные и телекоммуникационные технологии**
- **Динамическая оптимизация, искусственный интеллект ...**

Ожидаемые результаты

- **Понижение уровня резервов генерации**
- **Повышение использования пропускной способности сетей**
- **Снижение потребностей ввода новых мощностей**



Интеллектуальные трубопроводные системы

ИТПС это:

- закономерный процесс, объективно обусловленный накоплением критической массы достижений науки, техники и социально-экономического развития общества
- принципиально новая платформа, в рамках которой становится возможным эффективное согласование интересов, требований и возможностей всех сторон, участвующих (или заинтересованных) в процессах получения, транспорта и потребления целевого продукта
- долгосрочная концепция инновационного преобразования ТПС

ИТПС как принципиально новая платформа

1. Наличие единого информационного пространства, как основного системообразующего фактора, отвечающего за наблюдаемость процессов выработки, распределения и потребления для всех участников этих процессов.
2. Высокий уровень управляемости, как основного способа гармонизации требований потребителей и возможностей производителей (поставщиков)
3. Динамическое ценообразование, стимулирующее потребителей к изменению привычных графиков потребления.
4. Высокий удельный вес цифровых, информационных, телекоммуникационных технологий, методов математического моделирования и оптимизации в реальных контурах наблюдения, управления и принятия решений.

2. Прикладные задачи интеллектуализации ТПС



Проблемы отечественных ТПС

- низкая управляемость, надежность, наблюдаемость
- общее старение оборудования
- изменение уровня и структуры нагрузок
- организационное расчленение технологически связанных систем
- сокращения работ по реконструкции и наладке
- непроектные режимы работы
- высокие потери рабочей среды
- высокие энергозатраты
- повышенная аварийность
- нарушения в обеспеченности потребителей
- ...



ИТПС как долгосрочная концепция инновационного преобразования

1. Проектирование

- обеспечение эксплуатационной эффективности ТПС
- нормативы и стандарты управляемости и наблюдаемости
- методы анализа и синтеза систем управления
- методы анализа и синтеза информационно-измерительных систем

2. Эксплуатация

- планирование ремонтов по фактическому состоянию
- методы идентификации и технической диагностики
- информационно-аналитические системы анализа и прогнозирования повреждаемости
- оптимальное планирование ремонтов

3. Управление режимами

- переход на концепцию компромиссного адаптивного управления в пространстве состояний
- оптимальное планирование и управление в основных (эксплуатационных), послеаварийных и «ремонтных» режимах
- непрерывное слежение за фактическим состоянием ТПС
- преодоление ведомственной разобщенности технологически связанных частей ТПС и смежных систем



Концепции технологического управления ТПС

Традиционные

- «по регламенту»
- «черного ящика»

Новые принципы

- Полномасштабная обратная связь
- Наблюдаемость пространства состояний
- Техноэкономическое управление
- Адаптивность
- Оптимальность
- Интегрируемость



Единое информационное пространство

Традиционные проблемы

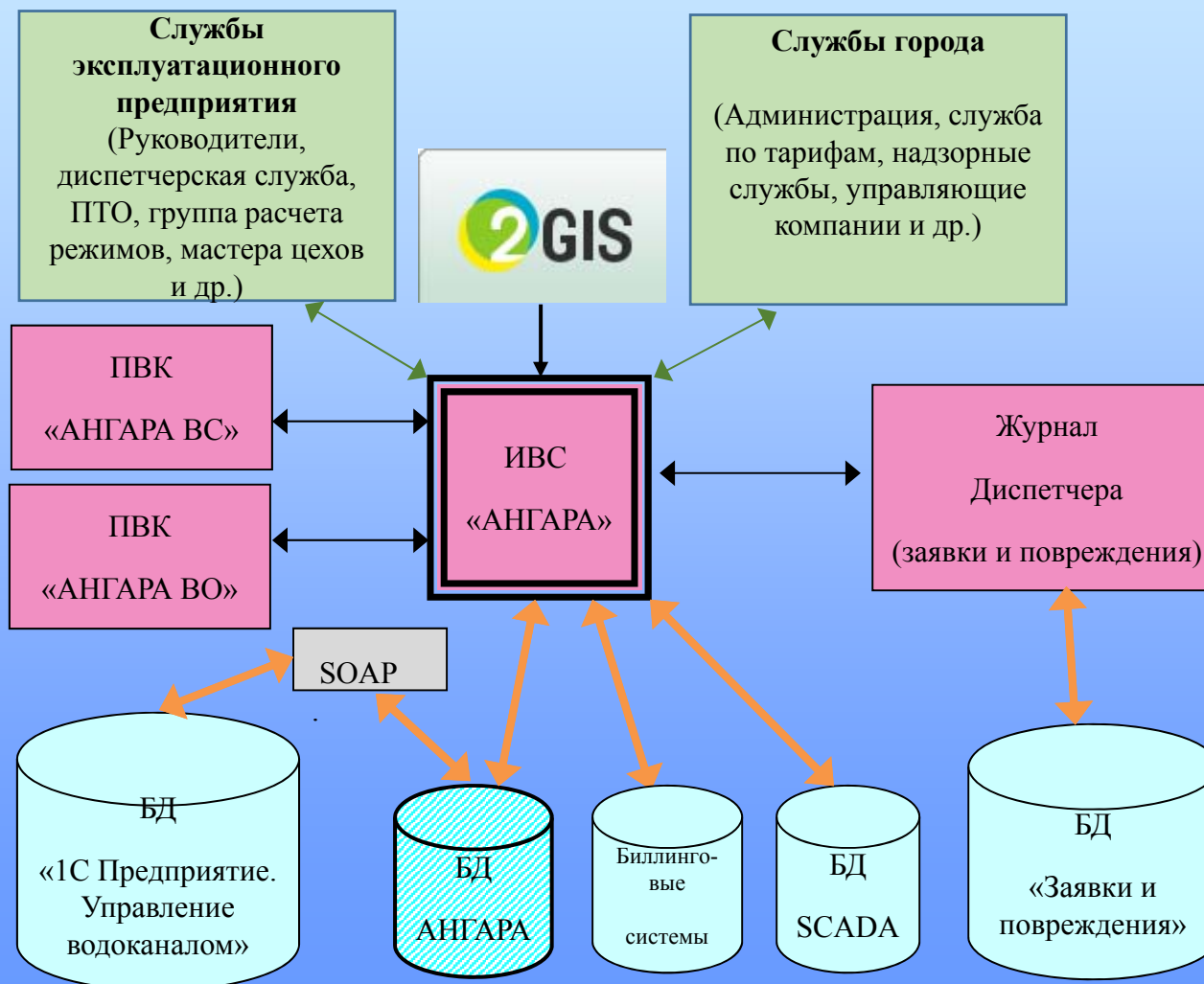
- «Очаговый» характер информатизации ТПС
- Слабость и разобщенность ИИС
- Труднодоступность и противоречивость информации

Новые принципы

- Единые корпоративные, межведомственные и городские информационные системы
- Интеграция систем технологического, коммерческого и экономического учета
- Информационная обеспеченность потребителей
- Новые телекоммуникационные технологии
- Новые технологии обработки информации

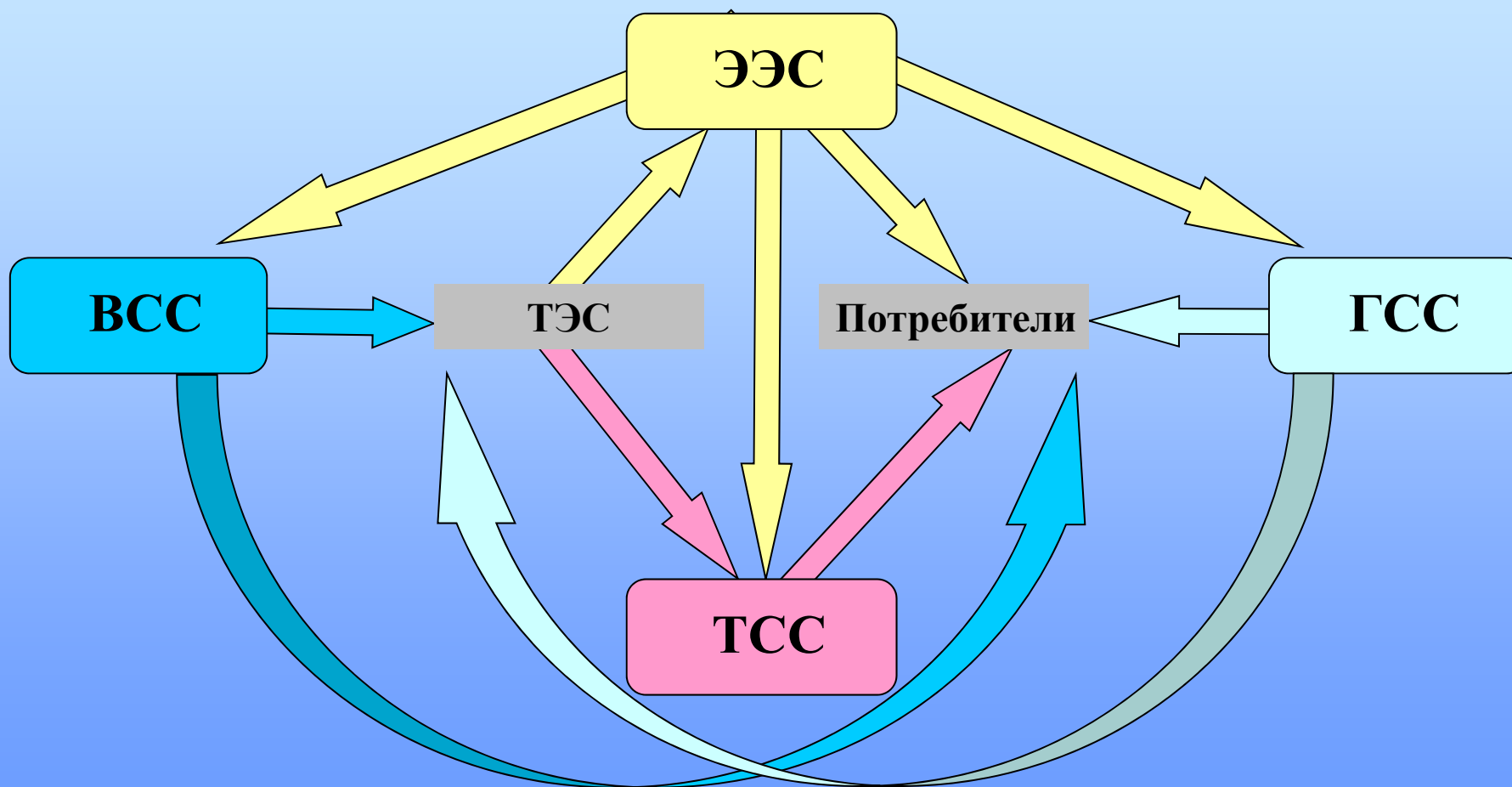


Структура единого информационного пространства эксплуатационного предприятия на базе ИВС «АНГАРА»





Поливалентность ИТПС





Интеллектуализация межсистемного управления

Предпосылки

- Взаимосвязь режимов работы смежных систем через процессы производства, доставки и потребления
- Рост степеней свободы потребителей в выборе вида, объема и времени потребления
- Потребности производителей в расширении рынков сбыта
- Появление интеллектуальных систем

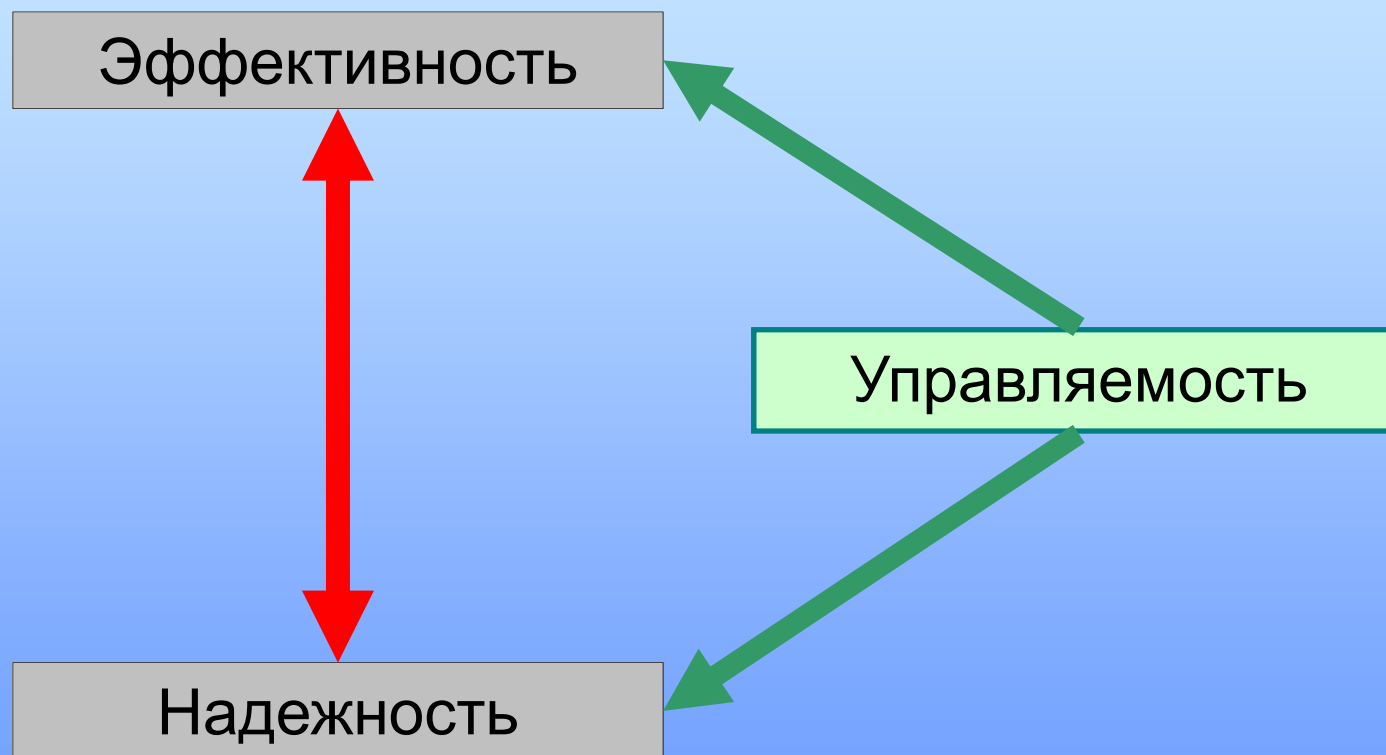
Задачи

- Создание межсистемного информационного пространства
- Компромиссное техноэкономическое управление

3. Методические проблемы интеллектуализации ТПС

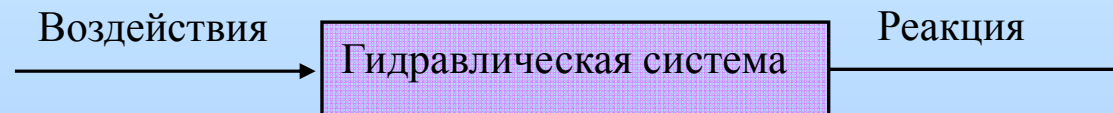


Новая проблематика исследований



☞ Традиционные классы задач ТГЦ

Аспект структуризации - цепочка причинно-следственных связей

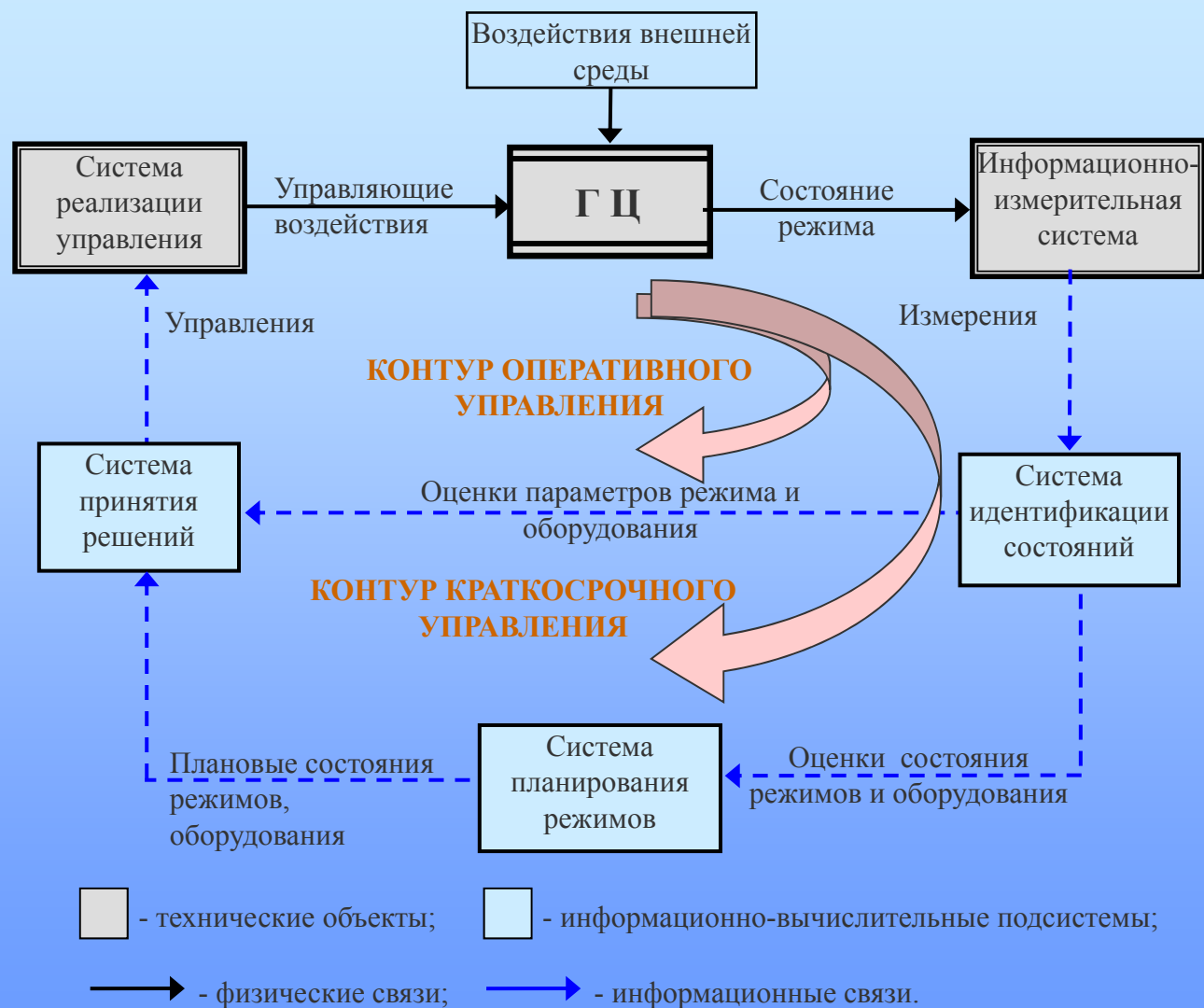


Соотношения между задаваемыми и искомыми звеньями цепочки

Классы задач	Звенья причинно-следственных связей		
	Воздействия	Система	Реакция
1. Анализа	✓	✓	?
2. Синтеза	✓	?	✓
3. Управления	?	✓	✓
4. Идентификации	✓(?)	? (✓)	✓(?)

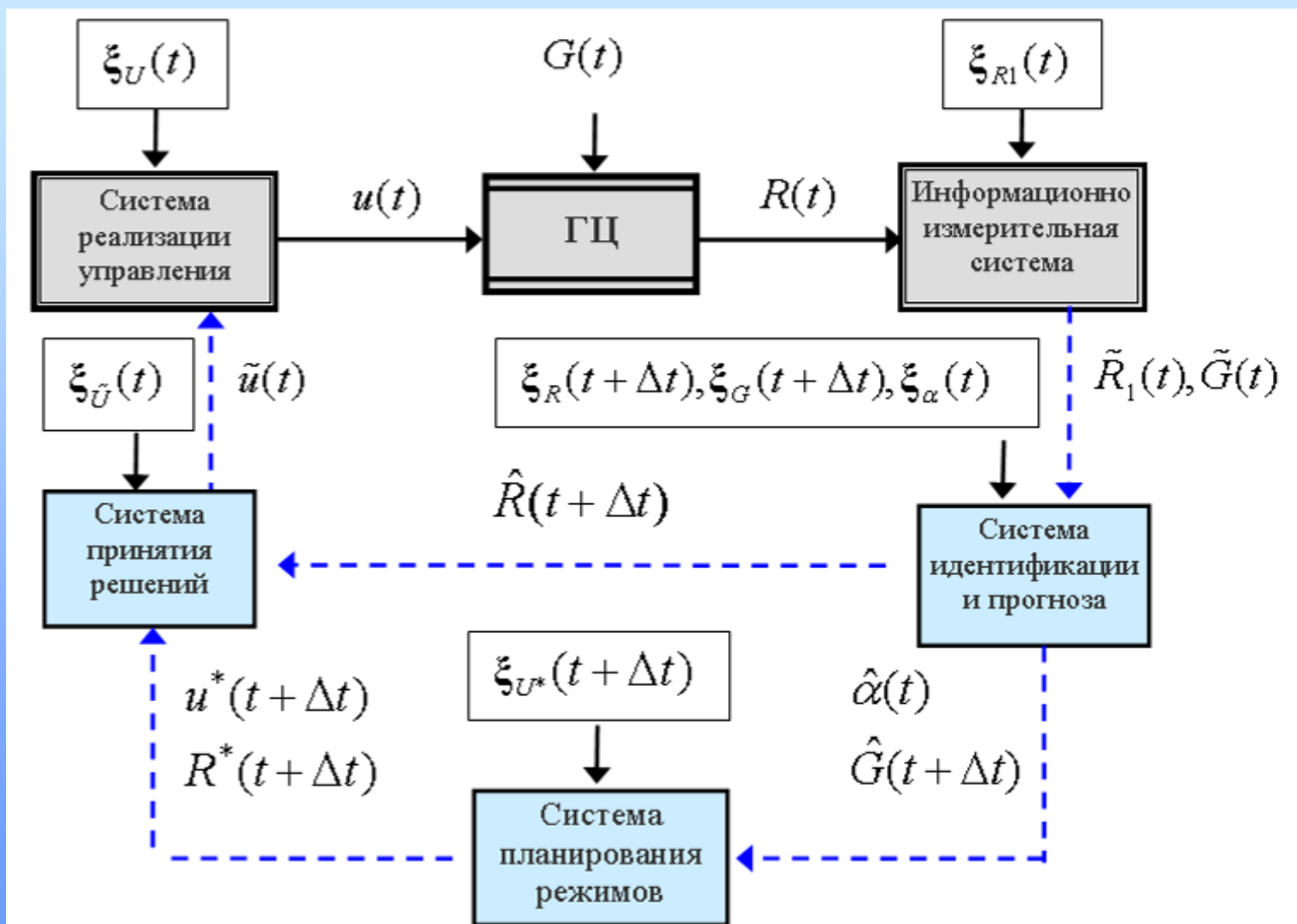


Управляемые ГЦ и как новый объект ТГЦ





Взаимосвязь потоков информации и причины ее неопределенности





Новая проблематика ТГЦ

1. Анализ

- управляемости, идентифицируемости и др. показателей функционирования ТПС
- учет динамики и стохастики внешних воздействий, характеристик систем управления и измерения
- аналитические методы, имитационное моделирование

2. Синтез

- управляемых ГЦ
- систем управления
- информационно-измерительных систем

3. Управление

- режимами и тарифами
- концепции и методы управления

4. Идентификации

- характеристик спроса
- состояния систем измерения и управления



Понятие управляемости

Теория оптимального управления

- возможность перевода системы из произвольного состояния в произвольное за заданное время.
- разрешимость уравнений состояния относительно управлений

Теория надежности систем энергетики

- средство обеспечения надежности
- способность системы управления компенсировать последствия отказов

Теория управления ТПС

- качество и эффективность функционирования
- апостериорная оценка управляемости

Альтернативные определения

- достижимость целей управления средствами управления
- способность обеспечивать допустимый режим работы

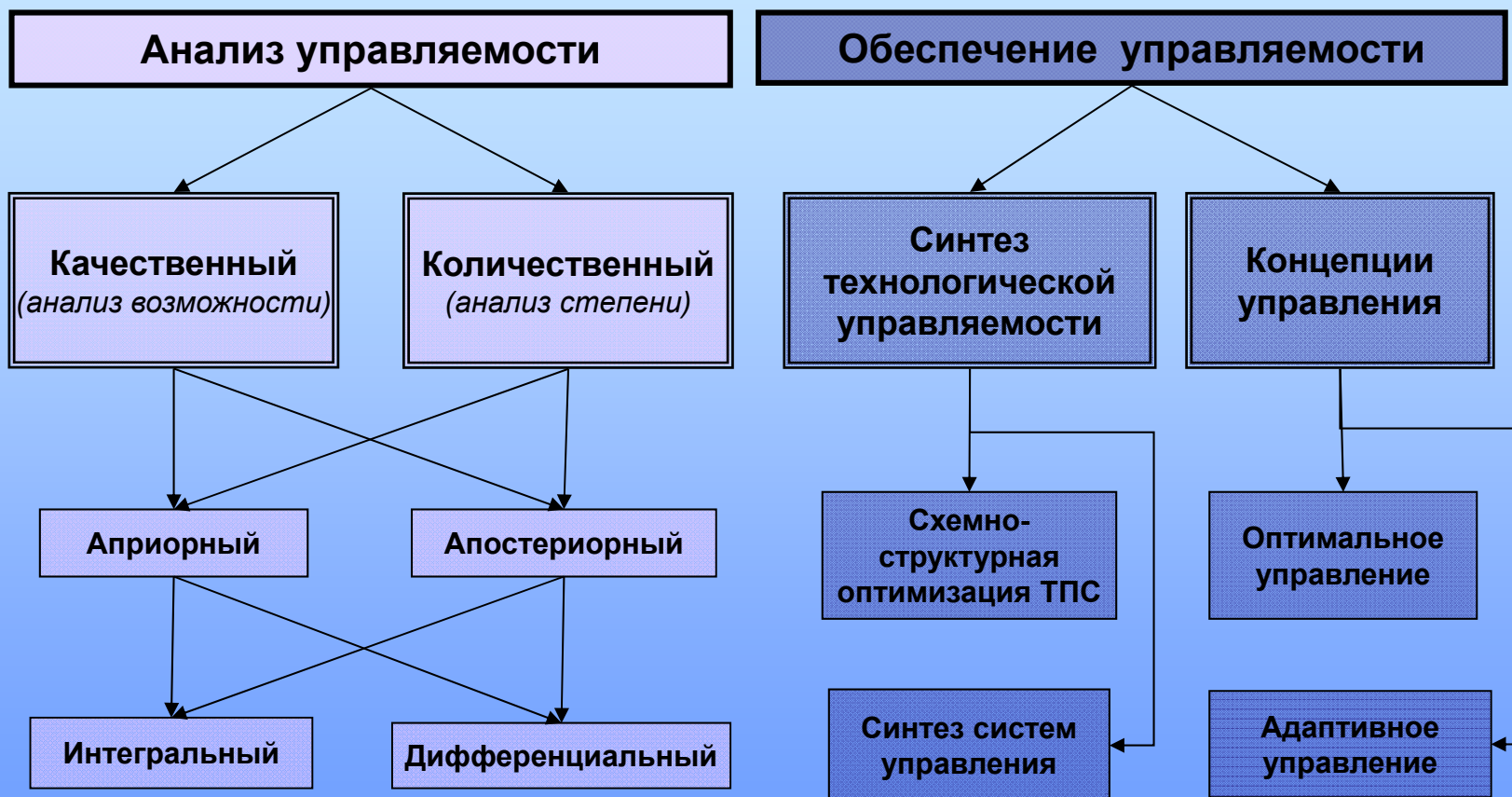


Аспекты и факторы изучения управляемости ТПС



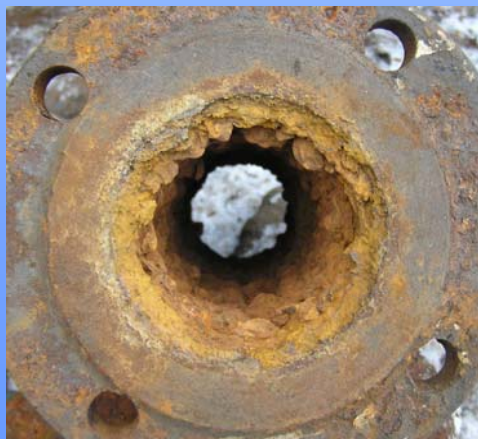


Проблематика управляемости ТПС

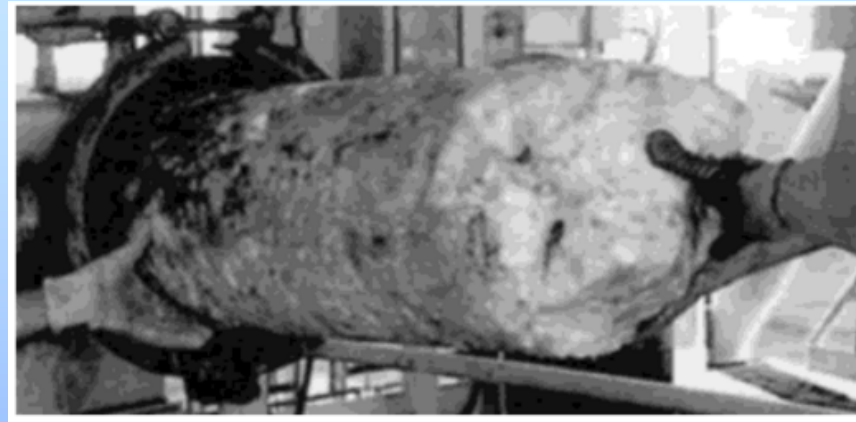


Идентифицируемость ТПС

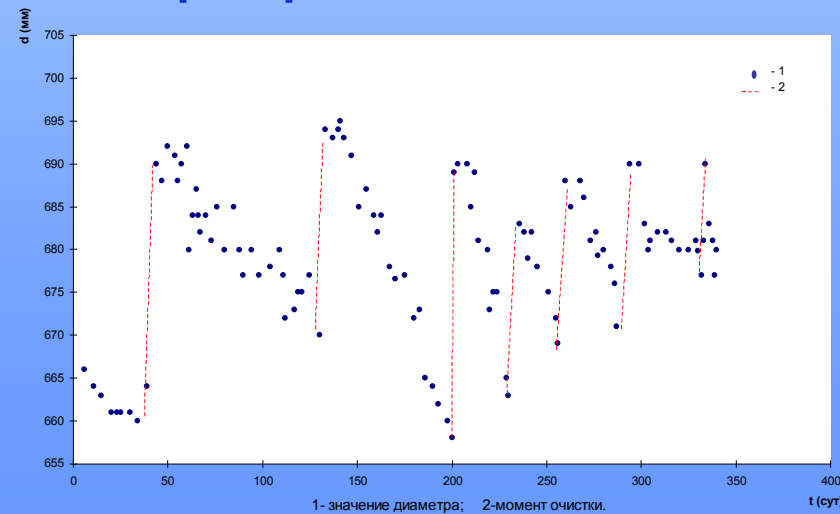
Стальные
трубопроводы после 5
лет эксплуатации



Извлечение газоконденсатной
пробки из газопровода

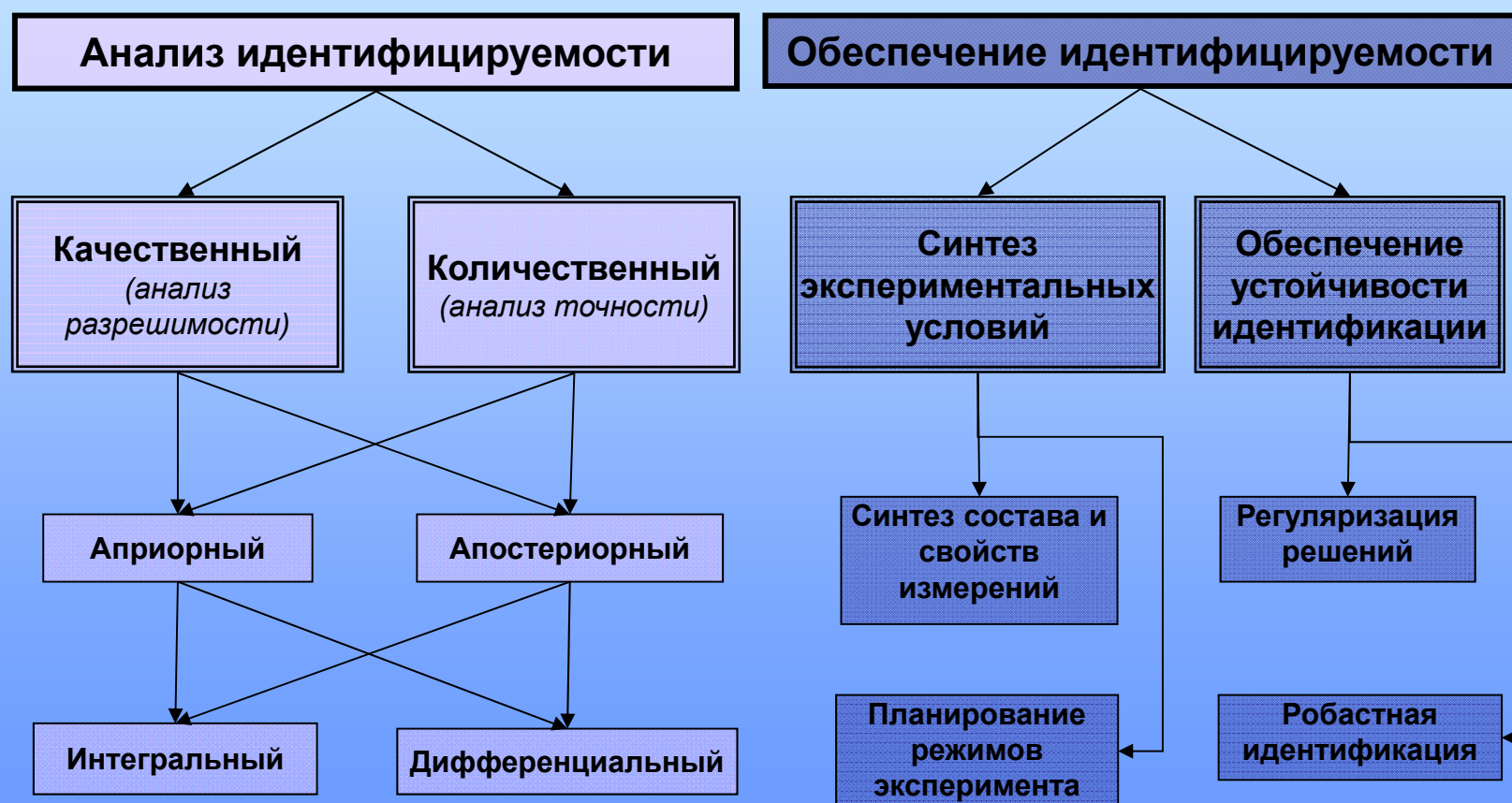


Динамика изменения диаметра
нефтепровода в течение года





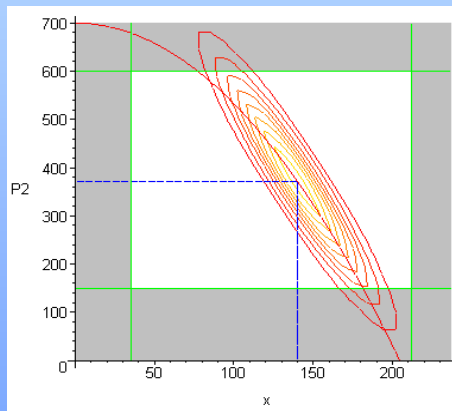
Проблематика идентифицируемости ТПС



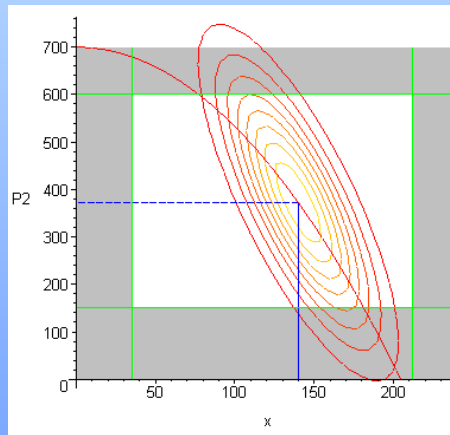
Пример влияния идентифицируемости на управляемость

Зависимость распределения вероятности от неопределенности параметров ГЦ

$$\alpha = \hat{s},$$

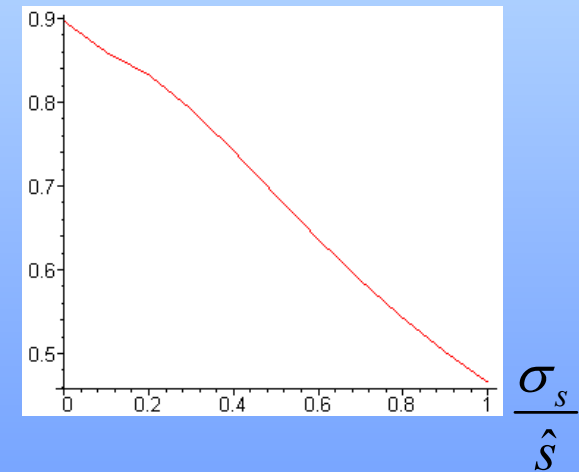


$$\alpha \square N(\hat{s}, \sigma_s^2)$$



Зависимость управляемости от степени неопределенности параметров ГЦ

$$p_D$$



$$\hat{s} = 0.0088, \quad \sigma_s = k \cdot \hat{s}, \quad k = \frac{\sigma_s}{\hat{s}} = 0.3, \quad u = \arg \max p(\underline{Y} \leq Y(u) \leq \bar{Y}),$$

Заключение

1. Раскрыто понятие, цели создания и ключевые характеристики интеллектуальных ТПС. Констатируется, что интеллектуализация ТПС – актуальное и практически безальтернативное направление их инновационного преобразования
2. Ключевая проблема на этом пути – обеспечение высокой степени управляемости ТПС, что потребует радикального пересмотра сложившейся практики проектирования, эксплуатации и диспетчерского управления
3. В основу решения возникающих научно-методических проблем могут быть положены теоретические наработки ИСЭМ СО РАН. И наоборот, результаты исследования этих проблем могут быть положены в основу новых научных направлений.



Спасибо за внимание !