

**АВТОМАТИЗАЦИЯ
управления
АЭС с ВВЭР ТОИ
(требования к концепт-проекту)**

Главный конструктор АСУ ТП АЭС В.Г. Дунаев

**Москва
2011г.**

2007 год: планы ввода блоков по Генсхеме

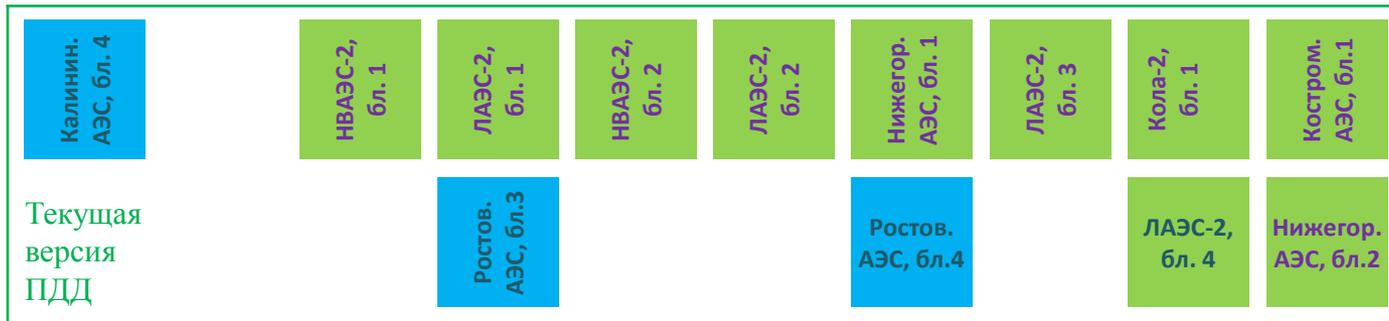
В 2007г. отрасль планировала ввести
 По ГЕНСХЕМЕ - 19 блоков ВВЭР-1000/1150
 По ПДД - 11 блоков ВВЭР-1150 (сверх Генсхемы)
ИТОГО: 30 блоков в России до 2020 года



- красной линией ограничено количество энергоблоков с гарантированным (ФЦП) финансированием

- синей линией выделены энергоблоки, запланированные в ПДД

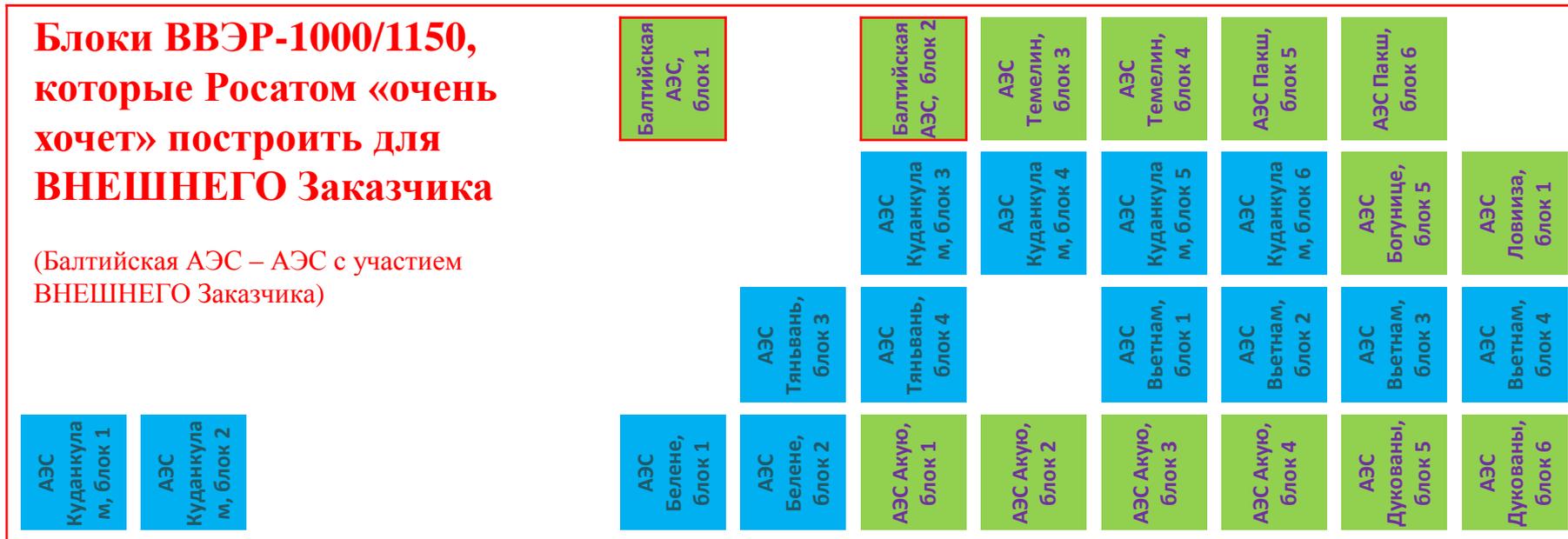
2010 год. Ситуация изменилась: основной Заказчик - ВНЕШНИЙ



Блоки ВВЭР 1000/1150 без участия ВНЕШНЕГО Заказчика – 13 блоков

Блоки ВВЭР-1000/1150, которые Росатом «очень хочет» построить для ВНЕШНЕГО Заказчика

(Балтийская АЭС – АЭС с участием ВНЕШНЕГО Заказчика)



2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023

Блоки 1000 МВт

Блоки 1200 МВт

Проект АСУ ТП АЭС-2006

Для выполнения задачи по ежегодному вводу в эксплуатацию двух энергоблоков АЭС:

1. Выпущено техническое задание на АСУ ТП АЭС-2006.
2. Выпущен технический проект АСУ ТП АЭС-2006.
3. Получена референтность ряда проектных решений на введенных и вводимых в эксплуатацию энергоблоках проекта В-320.
4. Реализуются проекты НВО АЭС2 и ЛЕН АЭС2.

Чем же нас не устраивает проект АЭС-2006?

2010 год. Новые требования конкурентоспособности АЭС (цитата)

1. Показатели не ниже требований «Generation 3» (G3)

Рынка для проектов, не соответствующих «G3», нет

2. Снижение цен на энергоблоки.

Примеры:

➤ Корейский APR1400, на базе американской технологии «System80+».

Проект, соответствует требованиям NRC, сертифицирован МАГАТЭ (G3).

Референция будет раньше, чем у АЭС-2006: первые вводы в 2013г. и 2014г.

Для снижения цены Проект оптимизирован по количеству оборудования и материалоемкости. Оборудование производится в Корее.

➤ Китайский AP1000, по проекту Westinghouse. Проект, сертифицирован в NRC и в МАГАТЭ (G3). Референция будет раньше, чем у АЭС-2006: первые вводы в 2013г. и 2014г. Количество оборудования в разы меньше, чем в АЭС-2006. Оборудование будет производиться в Китае.

3. Проект - это не бумага, а «6D»:

Цифровая Модель АЭС в едином информационном пространстве.

**«Новые» требования принципиально отличаются от «старых» -
нужен другой продукт**

Ответ на изменение ситуации - ВВЭР ТОИ

Требования к ВВЭР ТОИ сформулированы в:

1. Технико-экономических требованиях к типовому проекту энергоблока ВВЭР ТОИ
2. Техническом задании на разработку проекта АЭС с ВВЭР ТОИ
3. Концепции эксплуатации АЭС с ВВЭР ТОИ
4. Концепции управления АЭС с ВВЭР ТОИ

Спроецируем их на АСУ ТП

Ответ на изменение ситуации - ВВЭР ТОИ

Характеристика	Величина
1. Численность промышленно-производственного персонала , чел/МВт	0,37
2. Коэффициент готовности энергоблока, %	93
3. Обеспечение возможности первичного и вторичного регулирования частоты, а так же суточного регулирования мощности по графику (маневренный режим), %Nном	100- 20-100
4. Снижение проектных эксплуатационных затрат энергоблока, %	10
5. Снижение стоимости	20%
6. Сертификация на соответствие международным требованиям	EUR, IAEA
7. Наличие проекта в электронном виде	SPE

Ответ на изменение ситуации - ВВЭР ТОИ

- В АСУ ТП должен быть реализован принцип разделения управляющих систем нормальной эксплуатации и управляющих систем безопасности
- Для исключения отказов по общим причинам в управляющих системах безопасности также должен быть реализован принцип разнообразия в аппаратной и/или программной частях системы
- Степень реализации в системах безопасности принципа разнообразия следует выбирать с учетом наличия пассивных каналов систем безопасности, которые не требуют для своего функционирования управляющих воздействий
- В АСУ ТП должно быть реализовано рациональное сочетание централизованных подсистем и распределенных комплексов средств автоматизации
- Система должна строиться на унифицированных серийно выпускаемых программно-технических средствах

Эволюция концепции управления АЭС

Поколение 2	Поколение 2+	Поколение 3	Поколение 3+
<ul style="list-style-type: none"> ➤ преимущественно ручное управление 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ автоматизация нормального режима эксплуатации 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ автоматизация переходных режимов и преодоления аварийных ситуаций 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ полная автоматизация блока
<ul style="list-style-type: none"> ➤ аналоговые устройства регулирования ➤ жесткие логические схемы 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ цифровое регулирование некоторых процессов ➤ преимущественно аналоговое и ручное регулирование 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ преимущественно цифровое регулирование 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ полное цифровое регулирование ➤ интеллектуальные датчики и приводы арматур
<ul style="list-style-type: none"> ➤ отсутствие интегрированных систем 		<ul style="list-style-type: none"> ➤ полностью интегрированное регулирование и контроль выработки мощности 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ интеграция всех функций контроля и управления
<ul style="list-style-type: none"> ➤ действия оператора на основе правил и в зависимости от его реакции 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ действия оператора на основе правил и инструкций ➤ информационная поддержка оператора в переходных режимах и при преодолении аварийных ситуаций 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ действия оператора на основе базы знаний ➤ экспертные системы в качестве консультанта оператора ➤ интеллектуальные стратегии регулирования 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ оператор в качестве наблюдателя ➤ роботизированные и телемеханические системы ➤ экспертное управление и регулирование

АСУ ТП АЭС-2006

АСУ ТП ВВЭР ТОИ

Концепция автоматизации

Уровни автоматизации АЭС

Корпорация/предприятие

OLAP, BI: Стратегия и маркетинг
(Высший менеджмент)

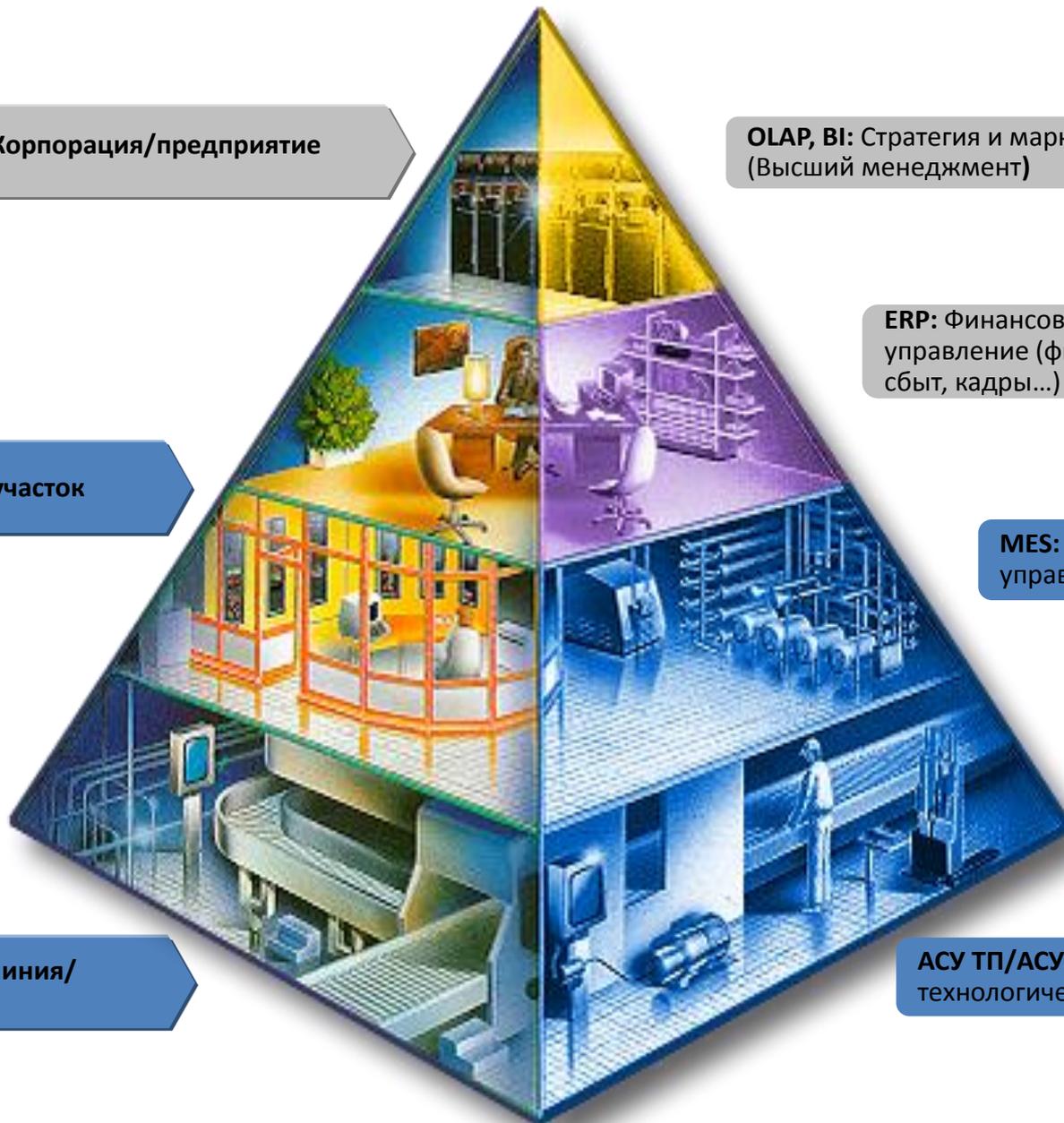
Предприятие/цех/участок

ERP: Финансово-хозяйственное
управление (финансы, бухгалтерия,
сбыт, кадры...)

Производственная линия/
оборудование

MES: Оперативное
управление производством

АСУ ТП/АСУ ОИК: Управление
технологическими процессами



Уровни управления технологическими процессами и MES

Удаленный мониторинг
(эксперты)

Управление производством
(цеха и службы)



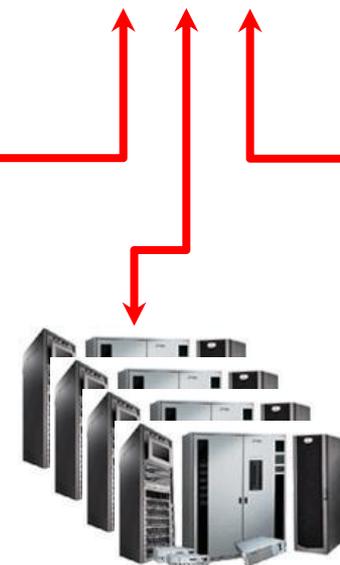
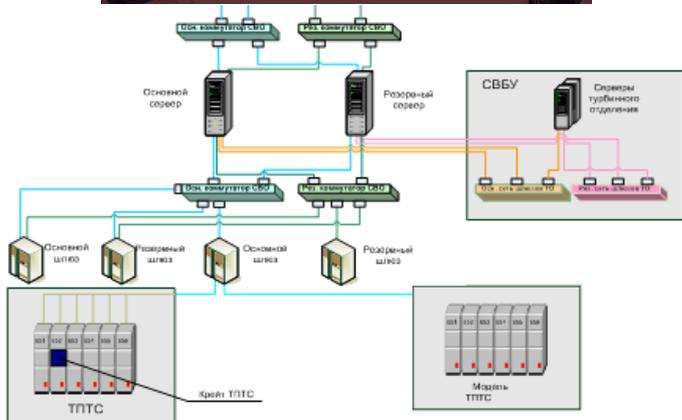
ЛВС АЭС

СВСУ

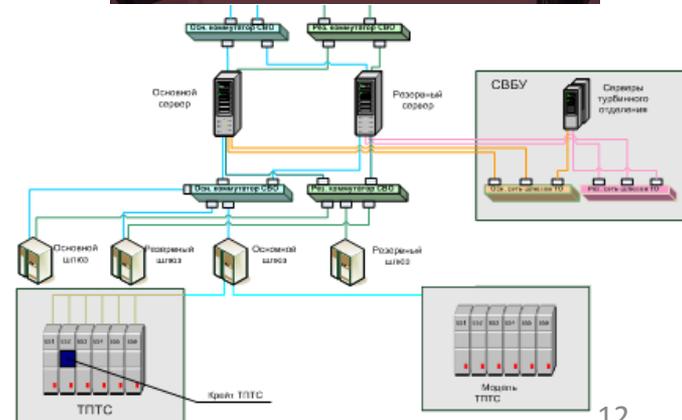


АСУ ТП блока №1

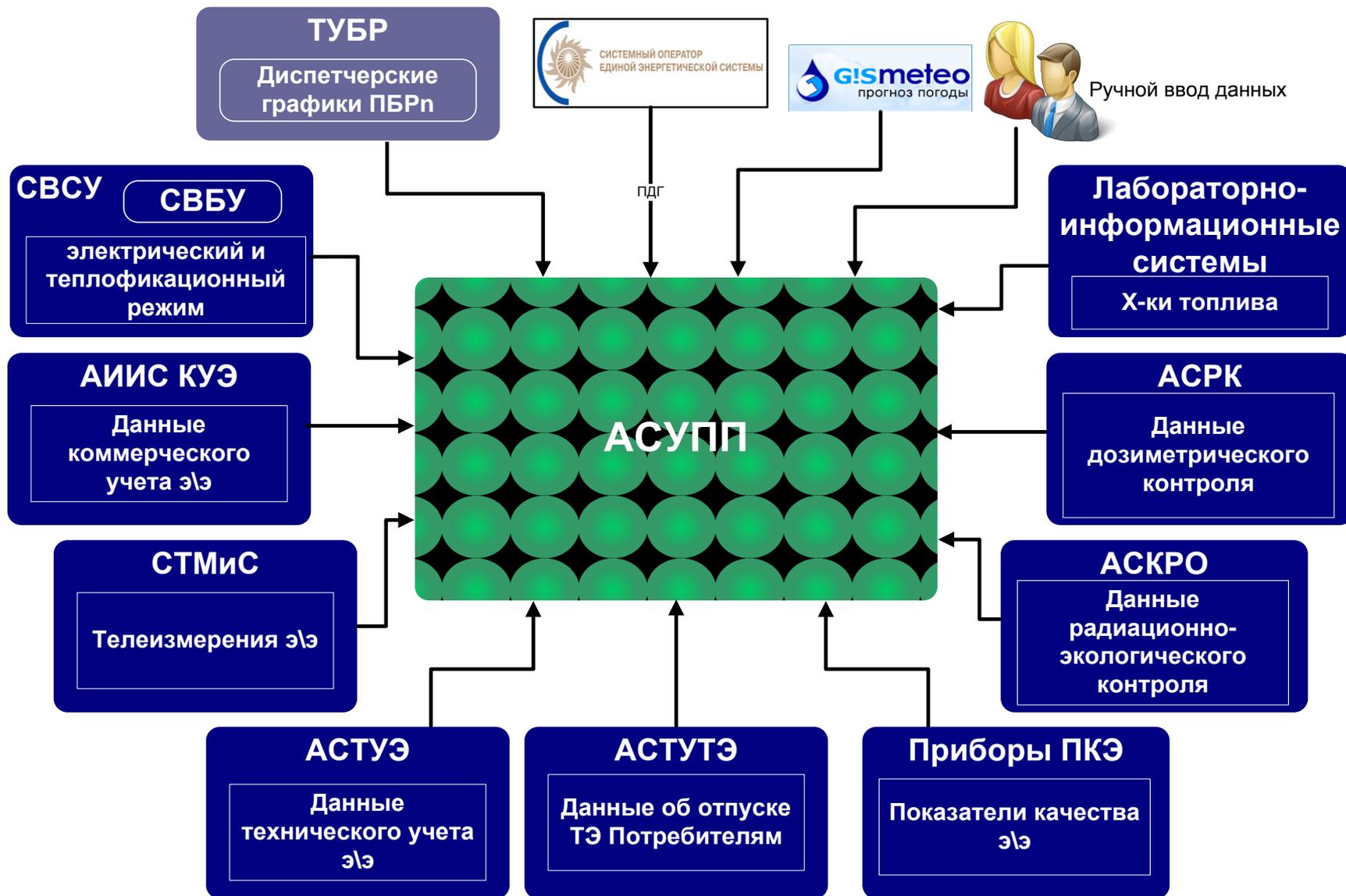
АСУ ТП блока №2



Общестанционные системы



Задачи АСУ ПП АЭС с ВВЭР ТОИ



Технические и системные решения АСУ ТП ВВЭР ТОИ

- Классическая четырехуровневая структура АСУ ТП энергоблока
- Применение цифровых серийно выпускаемых программно-технических средств, оснащенных средствами автоматизированного проектирования
- Применение интеллектуальных датчиков и приводов арматур с цифровой передачей информации и команд
- Единая система комплексного диагностирования технологического оборудования

Технические и системные решения АСУ ТП ВВЭР ТОИ

- Расширенная диагностика собственных средств АСУ ТП
- Система поддержки оператора в сложных или нестандартных условиях
- Внедрение защиты программно-технических средств и комплексов от несанкционированного доступа (НСД) и кибератак

Характеристики АСУ ТП АЭС-2006, соответствующие требованиям EUR

1. Рабочие характеристики:

- время отображения данных – не более 1,5 сек.
- время отображения обратной связи по действию оператора - не более 0,2 сек.
- время обновления картинки на экране - не более 1,0 сек.

2. Устройства имеют **достаточный уровень резервирования и независимости**, чтобы наиболее вероятный отказ не приводил к потере функции интерфейса человек-машина.

3. На БПУ **установлена большая мнемосхема**, на которой в упрощенном виде представлена схема станции с постоянным отображением основных параметров станции.

Характеристики АСУ ТП АЭС-2006, соответствующие требованиям EUR

4. Предусмотрена возможность установления взаимодействия и связи с центрами поддержки, находящимися за пределами площадки АЭС (**кризисные центры**), с целью обмена данными со станцией.
5. Обеспечена **долгосрочная поддержка** со стороны изготовителей, гарантирующая поставки запасных частей и предоставление технической информации (типа «ноу-хау») по системам АСУ ТП в течение всего их срока службы.
6. **Сигналы**, идущие от измерительных устройств, **подвергаются селекции и предварительной обработке** в соответствии с их назначением в АСУ ТП.
7. **Сигналы и аварийная сигнализация**, демонстрирующие состояние приводов и соответствующего электротехнического оборудования, **представляются с помощью человеко-машинного интерфейса.**

Характеристики АСУ ТП АЭС-2006, соответствующие требованиям EUR

8. Для облегчения диагностики все данные имеют метки, характеризующие **качество сигнала**.

9. Для обеспечения единообразного процесса проектирования, а также соответствующего управления данными на различных этапах проектирования применяются **средства автоматизированного проектирования (САПР)**.

10. Мероприятия по **верификации** проводятся после завершения каждого этапа процесса проектирования. Цель заключается в том, чтобы убедиться еще до начала работ по следующему этапу, что все требования выполняются.

11. Разработчик оказывает содействие эксплуатирующей организации в приобретении **учебного тренажера**, который используется для подготовки и аттестации персонала в период, предшествующий пуску АЭС, а также для периодических переаттестаций персонала.

Требования EUR,

не нашедшие отражения в проекте АСУ ТП АЭС-2006

1. **При проектировании не был проведен функциональный анализ** и определение задач (2.10.4), следовательно, не выявлены все необходимые функции и задачи для достижения поставленных целей, не проведено оптимальное распределение задач между персоналом и автоматизированными системами, не доказано, что оперативный персонал способен выполнять предписанные ему задачи и обеспечен для этого необходимыми средствами оптимальным образом.
2. **Архитектура АСУ ТП** не соответствует требованиям п. 2.10.5.3, описывающим АСУ ТП как четырехуровневую структуру со строго определенным для каждого уровня функциональным назначением.
3. Разработчики систем не придерживаются **принципа единообразия интерфейсов** как для операторов, так и обеспечивающего персонала.
4. В проекте недостаточно подробно рассмотрена реакция системы на возможные **отказы по общей причине**.

Сертификация проекта АСУ ТП ТОИ

Российская
сертификация и экспертиза

Международная
сертификация
и экспертиза

Экспертиза безопасности
проекта АСУ ТП
РОСТЕХНАДЗОР

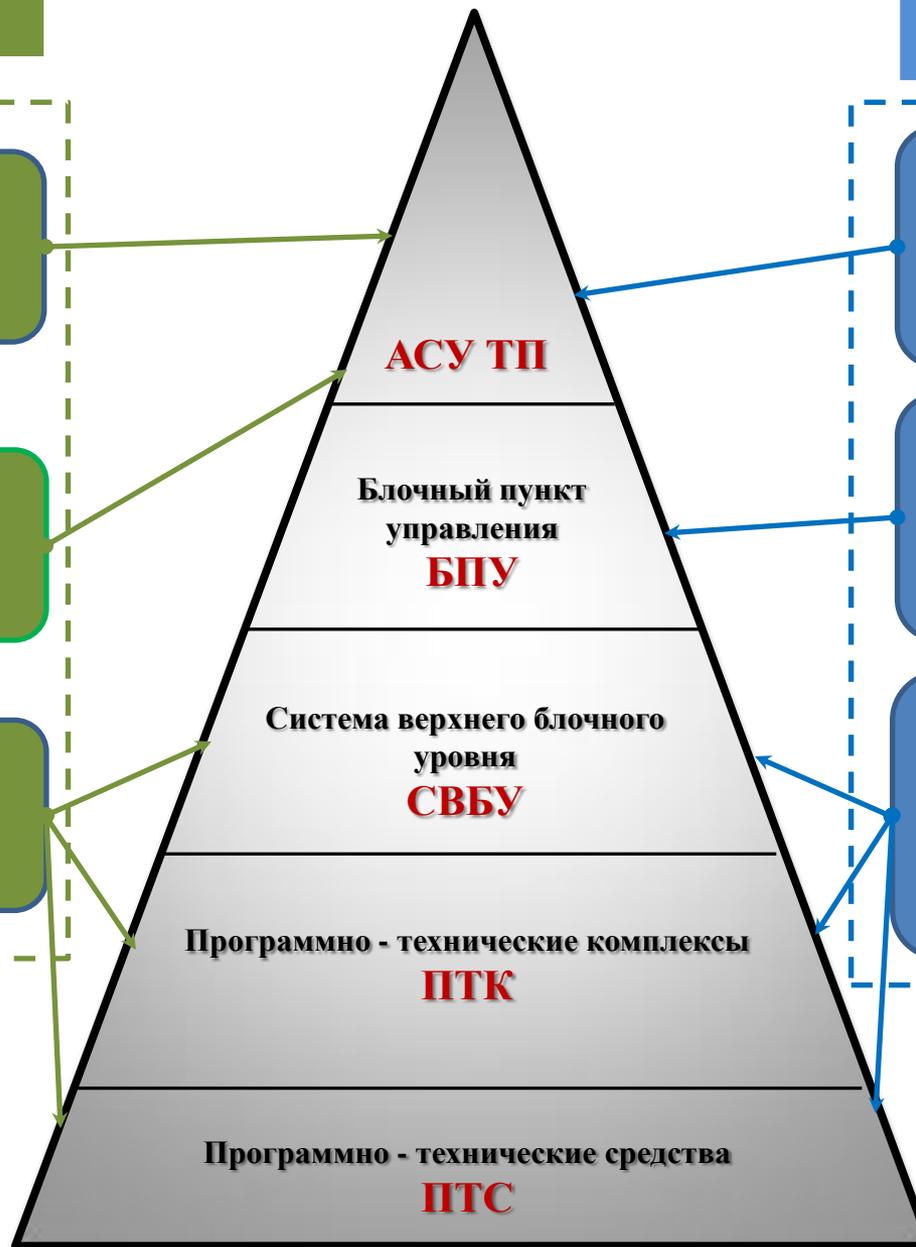
Защита проекта АСУ ТП
на НТС ГК «РОСАТОМ»

Сертификация программно-
технических средств и
комплексов АСУ ТП.
Система сертификации ОИТ

Сертификация проекта
базового комплекта
АСУ ТП на соответствие
требований EUR и
международных стандартов
Комитет EUR, МАГАТЭ

Верификация и аттестация
интерфейса «человек-
машина»
IFE (Норвегия)

Сертификация СВБУ, ПТК и
ПТС на соответствие
требований международных
стандартов.
TÜV (Германия),
ISTec (Германия)



Электронный проект сопровождает все фазы жизненного цикла АСУ ТП



Единое информационное пространство



Снижение стоимости АСУ ТП

1. Снижение стоимости проектирования и конструирования при использовании **типового проекта**.
2. Снижение стоимости изготовления и испытаний при **тиражировании**, применении **серийно выпускаемых комплектующих** и разумных требований по **классификации**.
3. Снижение стоимости ввода в эксплуатацию за счет поставки систем **высокой заводской готовности**.
4. Снижение затрат в смежных частях проекта за счет применения **компактной техники** с малым энергопотреблением и тепловыделением.
5. Снижение стоимости эксплуатации за счет **унификации** технических средств.

АСУ ТП ТОИ

Т



Типовая – сертифицированный проект АСУ ТП – основа для тиражирования

О



Оптимизированная – оптимальная стоимость при современном научно-техническом уровне

И



Информатизированная – электронный проект в SmartPlant Enterprise

Вклад автоматизации в достижение поставленных целей

Вклад автоматизации в достижение поставленных целей

Характеристика	Решение
1. Численность промышленно-производственного персонала	Аутсорсинг функций ЦТАИ
2. Коэффициент готовности энергоблока	On-line диагностика
3. Обеспечение возможности первичного и вторичного регулирования частоты, а также суточного регулирования мощности по графику (маневренный режим)	Цифровая техника для реализации алгоритмов
4. Снижение проектных эксплуатационных затрат энергоблока	Унификация оборудования
5. Снижение стоимости	Тиражирование проекта
6. Сертификация на соответствие международным требованиям	Применение международных стандартов
7. Наличие проекта в электронном виде	Применение SPE

Спасибо за внимание