

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ «АТОМЭКСПО 2011»**

**6-8 июня 2011 года**

**Семинар:**

**«Информационные технологии и автоматизация технологических процессов»**

**СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
ЭНЕРГОБЛОКАМИ С РЕАКТОРНЫМИ  
УСТАНОВКАМИ ТИПА ВВЭР.  
СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

**Докладчик – директор, д.т.н.  
Елисеев Владимир Васильевич**

## 35 ЛЕТ РАБОТЫ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

### СЕВЕРОДОНЕЦКОЕ НПО "ИМПУЛЬС" -

разработчик, производитель и поставщик высоконадежных систем контроля и управления (СКУ) для АСУ ТП АЭС с реакторами типа ВВЭР.

СКУ производства НПО «Импульс» успешно внедрены и эксплуатируются на энергоблоках АЭС в:

- Украине
- России
- Армении
- Болгарии
- Словакии
- Чехии



## СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АЭС

➤ Работы по созданию СКУ нового поколения в НПО «Импульс» выполняются с 2000 г. по программам НАЭК «Энергоатом» и международным программам TACIS и INSC



➤ В НПО «Импульс» реализован полный цикл создания СКУ: разработка, изготовление, верификация, валидация, комплекс испытаний и внедрение на АЭС

➤ СКУ разработаны в соответствии со стандартами Украины, РФ, МЭК и МАГАТЭ

## СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АЭС

СКУ	РЕФЕРЕНТНОСТЬ	
	АЭС	№№ энергоблоков
Информационно-вычислительные системы верхнего блочного уровня	Запорожская	1, 2, 3, 4, 5, 6
	Ровенская	1, 2, 3, 4
	Балаковская	1, 2, 3, 4
	Хмельницкая	1, 2
	Кольская	1, 2
	Волгодонская	1
Системы внутриреакторного контроля	Запорожская	2, 3, 4, 5
	Ровенская	2, 3, 4
	Хмельницкая	1, 2
	Южно-Украинская	1, 2
Аппаратура контроля нейтронного потока	Ровенская	1, 2, 3, 4
	Запорожская	2, 3, 4, 6
	Южно-Украинская	1, 2, 3
	Хмельницкая	1, 2
	Армянская	2
Системы группового и индивидуального управления ОР	Запорожская	1, 2
	Ровенская	3
Системы управления ОР	Ровенская	1, 2

## СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АЭС

СКУ	РЕФЕРЕНТНОСТЬ	
	АЭС	№№ энергоблока
Цифровые СКУ нормальной эксплуатации РО	Запорожская	5
СКУ нормальной эксплуатации РО на жесткой логике (УКТС-ВЛ)	Запорожская	3, 4
	Хмельницкая	2
Цифровые СКУ нормальной эксплуатации ТО	Запорожская	5
СКУ нормальной эксплуатации ТО на жесткой логике (УКТС-ВЛ)	Запорожская	3, 4
	Хмельницкая	2
Цифровые управляющие системы безопасности технологические	Запорожская	2
Управляющие системы безопасности на жесткой логике (УКТС-ВЛ)	Запорожская	3, 4, 5
	Хмельницкая	1, 2

## СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АЭС

СКУ	РЕФЕРЕНТНОСТЬ	
	АЭС	№№ энергоблока
Комплексная и локальные системы диагностики (КСД, СВКД ГЦН, СВД РУ, СВРШД, СКПТ, СОСП)	Ровенская Хмельницкая	1, 2, 4 2
Системы «Черный ящик»	Ровенская Хмельницкая	1, 2, 3, 4 1, 2
Центры технической поддержки операторов	Хмельницкая Ровенская	1, 2 3, 4
Системы управления аварией «Течь теплоносителя из первого контура во второй»	Хмельницкая Ровенская	2 4
Системы контроля концентрации борной кислоты (боромеры)	Ровенская Козлодуй Армянская	1, 2, 3 5 2

## СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АЭС

➤ СКУ созданы по техническим заданиям и в тесном взаимодействии со специалистами НАЭК «Энергоатом», АЭС, РНЦ «Курчатовский институт», проектных и регулирующих организаций



➤ СКУ разработаны на единой платформе нового поколения – МСКУ 3М (европейские аналоги – Teleperm XS, XP; Spinline 3)

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА СКУ

### Основные особенности МСКУ 3М

- Высокая референтность
- Технические средства – на основе современных высоконадежных комплектующих ведущих мировых производителей
- Возможность проектирования СКУ требуемой конфигурации и надежности с помощью САПР
- Возможность построения цифровых децентрализованных СКУ
- Детерминированность функционирования
- Классы безопасности – 2, 3 (по ОПБ-88/97), категории безопасности – А, В, С (по IEC 61226)
- Высокая помехоустойчивость
- Встроенная диагностика



## БАЗОВЫЙ СОСТАВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МСКУ 3М

- Модельный ряд серийных промышленных контроллеров: МСКУ 2.XX, МСКУ 3.XX, УНО
- Устройства ввода-вывода сигналов
- Локальные контроллеры для панелей БПУ, РПУ (ввод сигналов от ключей, вывод сигналов на устройства индикации)



## БАЗОВЫЙ СОСТАВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МСКУ 3М

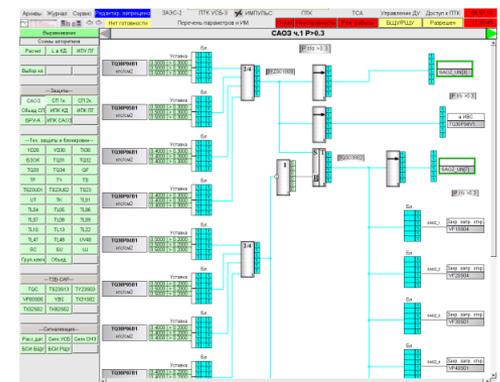
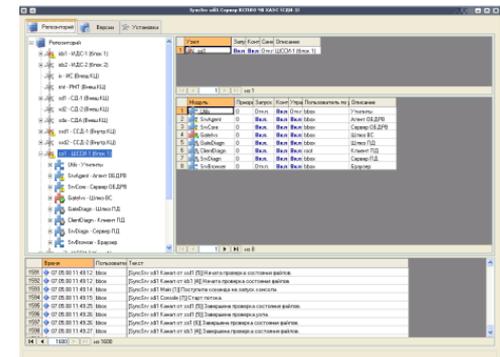


- **Устройства управления исполнительными механизмами**
- **Модельный ряд промышленных рабочих станций ПС 5120.XX**
- **Промышленные ЛВС**
- **Устройства силового электропитания**



## ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МСКУ ЗМ

- Специализированное программное обеспечение, реализующее алгоритмы управления, защиты и блокировок (без применения операционных систем)
- Системное программное обеспечение рабочих станций
- Инструментальная среда разработки прикладного программного обеспечения АСУ ТП (САПР)
- Тестово-диагностическое и сервисное программное обеспечение



## АСУ ТП ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС

- Анализ требований к АСУ ТП перспективных энергоблоков показал, что основные системные и технические решения, апробированные НПО «Импульс» в АСУ ТП действующих энергоблоков, позволяют методом проектной компоновки создавать СКУ с требуемыми характеристиками для новых энергоблоков
- Совокупность СКУ, производимых и разрабатываемых НПО «Импульс», обеспечивает построение современной полнофункциональной АСУ ТП энергоблока с реактором типа ВВЭР

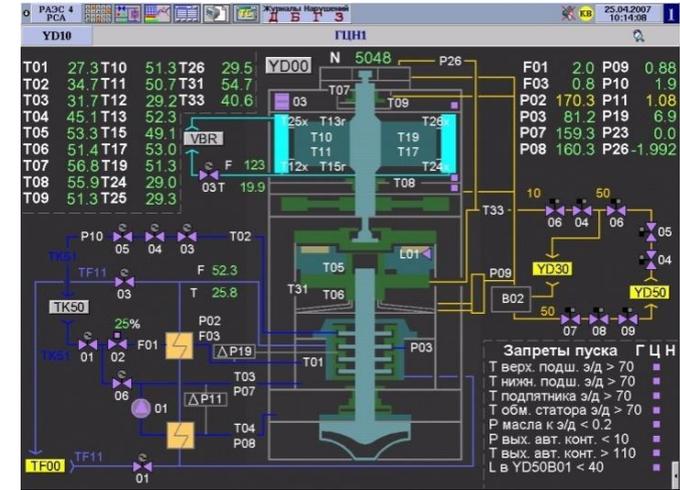
*Далее приведены структурная схема АСУ ТП  
и особенности основных СКУ*



## СИСТЕМА ВЕРХНЕГО БЛОЧНОГО УРОВНЯ

### ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ:

- представление информации персоналу в оперативном контуре управления БЩУ и локальных постах управления
- регистрация, документирование параметров и характеристик технологического процесса во всех режимах работы энергоблока
- отображение информации и сигнализация нарушений
- контроль параметров генератора
- архивирование и документирование информации



# СИСТЕМА ВЕРХНЕГО БЛОЧНОГО УРОВНЯ

## ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ:

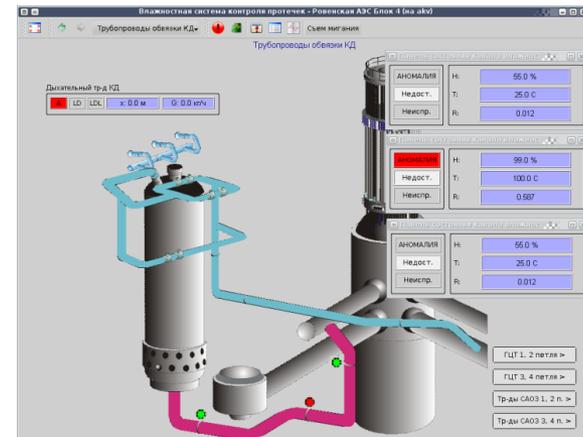
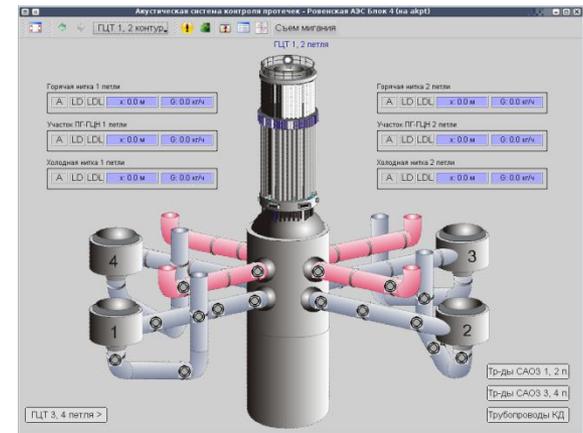
- контроль защит и блокировок
- централизованное опробование защит
- расчет и анализ технико-экономических показателей оборудования
- расчет неизмеряемых параметров
- контроль критических функций безопасности
- контроль параметров, влияющих на безопасность
- выдача рекомендаций по управлению оборудованием в переходных режимах работы энергоблока



# СИСТЕМА КОНТРОЛЯ, УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ СКУД

## ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ:

- контроль состояния активной зоны и РУ в целом
- формирование сигналов предупредительной и аварийной защит
- обеспечение возможности управления полем энерговыделения
- диагностика состояния основного оборудования РУ



# СИСТЕМА КОНТРОЛЯ, УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ СКУД

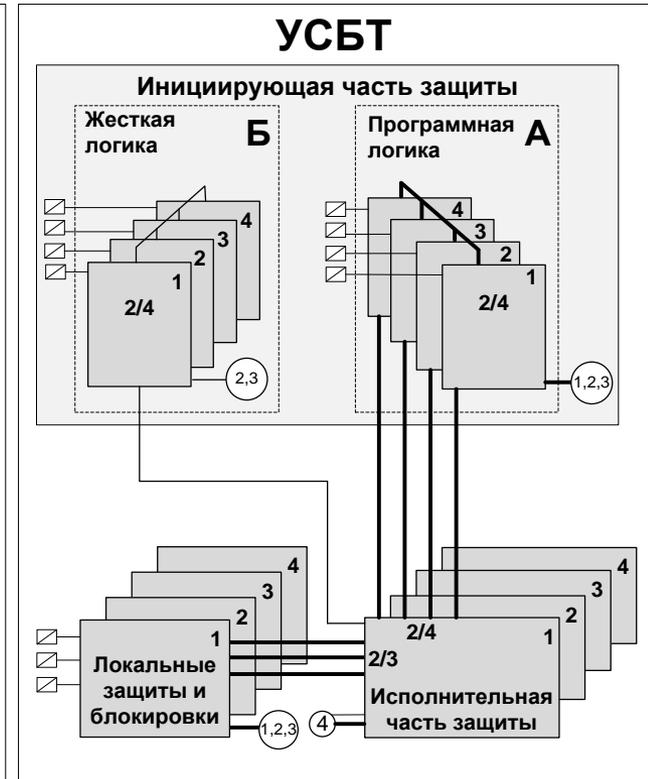
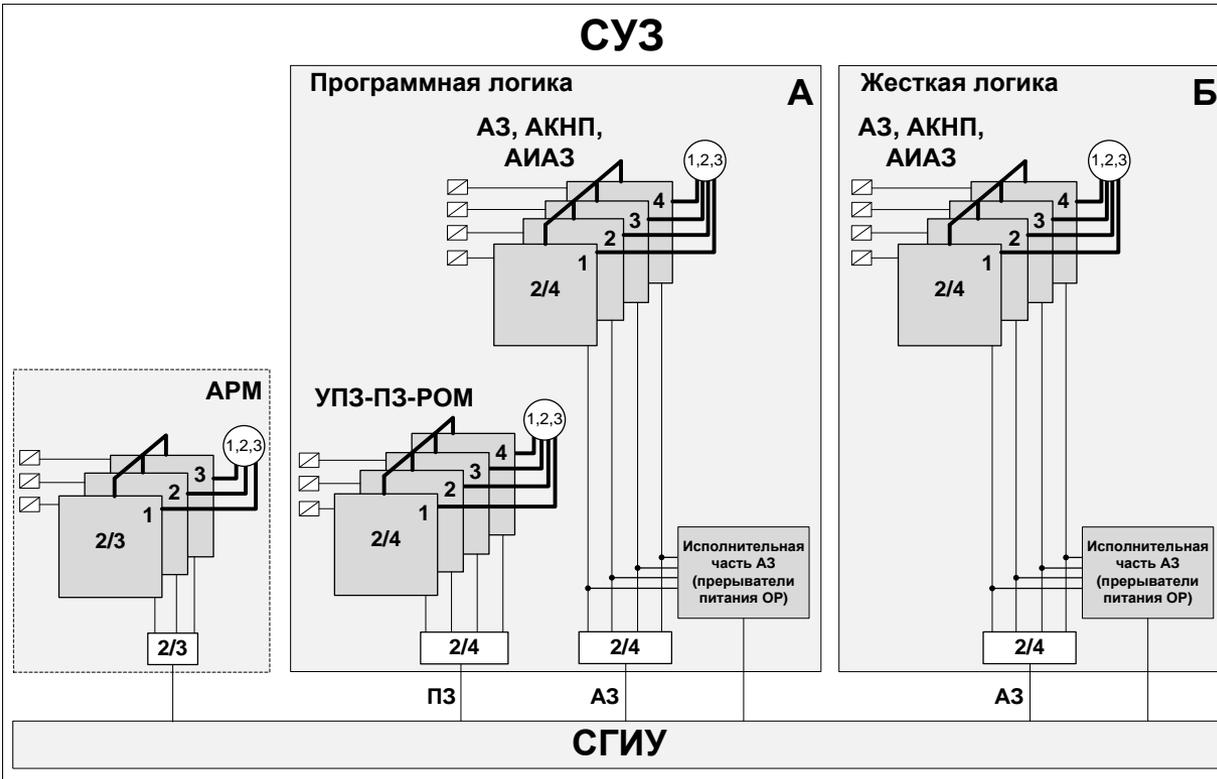
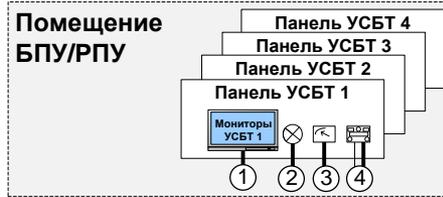
## СОСТАВ:

- Система внутрореакторного контроля СВРК-М
- Система комплексного анализа и информационной поддержки (СКА);
- Локальные системы диагностики:
  - Система внутрореакторной шумовой диагностики (СВРШД);
  - Система обнаружения свободных и слабозакреплённых предметов (СОСП);
  - Система контроля протечек теплоносителя, подсистема контроля влажности (СКПТ ПКВ);
  - Система контроля протечек теплоносителя, подсистема акустического контроля (СКПТ ПАК);
  - Система виброконтроля и диагностики ГЦН (СВКД ГЦН).



# СУЗ-УСБТ

— - каналы передачи аналоговых и дискретных сигналов  
 - каналы передачи цифровой информации



☐ - первичный преобразователь  
 ⊗ - сигнализация

⤵ - регистрирующий/показывающий прибор  
 🖱 - мозаичный пульт управления

## СУЗ-УСБТ

- Структура СУЗ-УСБТ соответствует наиболее современным подходам к построению четырехканальных СКУ (аналог проекта ЛАЭС-2 и др.)
- Применяются межканальные связи с логикой обработки «2 из 4» на всех уровнях инициирования и формирования команд защит, включая исполнительную часть
- Возможна интеграция инициирующей части УСБТ в аппаратуру АЗ

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

### ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ:

- Контроль нейтронно-физических и технологических параметров реактора
- Реализация АЗ-ПЗ при превышении пороговых значений:
  - технологических параметров;
  - нейтронно-физических параметров;
  - сейсмической активности
- Автоматическое регулирование мощности реактора
- Индивидуальное и групповое управление ОР
- Диагностика приводов ОР



## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

1. Диверситет А состоит из четырехканальных подсистем:
  - аварийной защиты (АЗ);
  - ускоренной предупредительной защиты, предупредительной защиты, разгрузки и ограничения мощности реактора (УПЗ-ПЗ-РОМ);
  - контроля нейтронного потока (АКНП);
  - аппаратуры индустриальной антисейсмической защиты (АИАЗ).
2. Диверситет Б реализован без функций УПЗ-ПЗ-РОМ.
3. Трехканальная подсистема автоматического регулирования мощности (АРМ).
4. Исполнительная часть подсистемы АЗ.
5. Система группового и индивидуального управления (СГИУ).

## СИСТЕМА ГРУППОВОГО И ИНДИВИДУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

### ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ:

- Автоматическое управление ОР СУЗ по сигналу АЗ;
- Автоматическое управление ОР СУЗ по сигналам ПЗ-1, ПЗ-2, УПЗ;
- Автоматическое управление перемещением ОР СУЗ по сигналам от АРМ;
- Дистанционное управление перемещением ОР СУЗ по командам оператора;



## СИСТЕМА ГРУППОВОГО И ИНДИВИДУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

### ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ:

- Удержание ОР СУЗ в крайних или любых промежуточных положениях, в том числе при исчезновении основного силового электропитания;
- Обеспечение надежным электропитанием составных частей СГИУ и приводов ОР СУЗ;
- Формирование и индикация текущего положения и состояния ОР СУЗ на БЩУ и РЩУ;
- Регистрация и визуализация параметров, их изменений и нарушений;
- Передача информации во внешние подсистемы;
- Контроль работоспособности оборудования СГИУ.

## УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ

### ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ:

А) При возникновении аварийных ситуаций:

- формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы (ИМ) по инициирующим сигналам;
- реализация необходимых приоритетов действий автоматики и оператора;
- контроль за выполнением заданных функций;

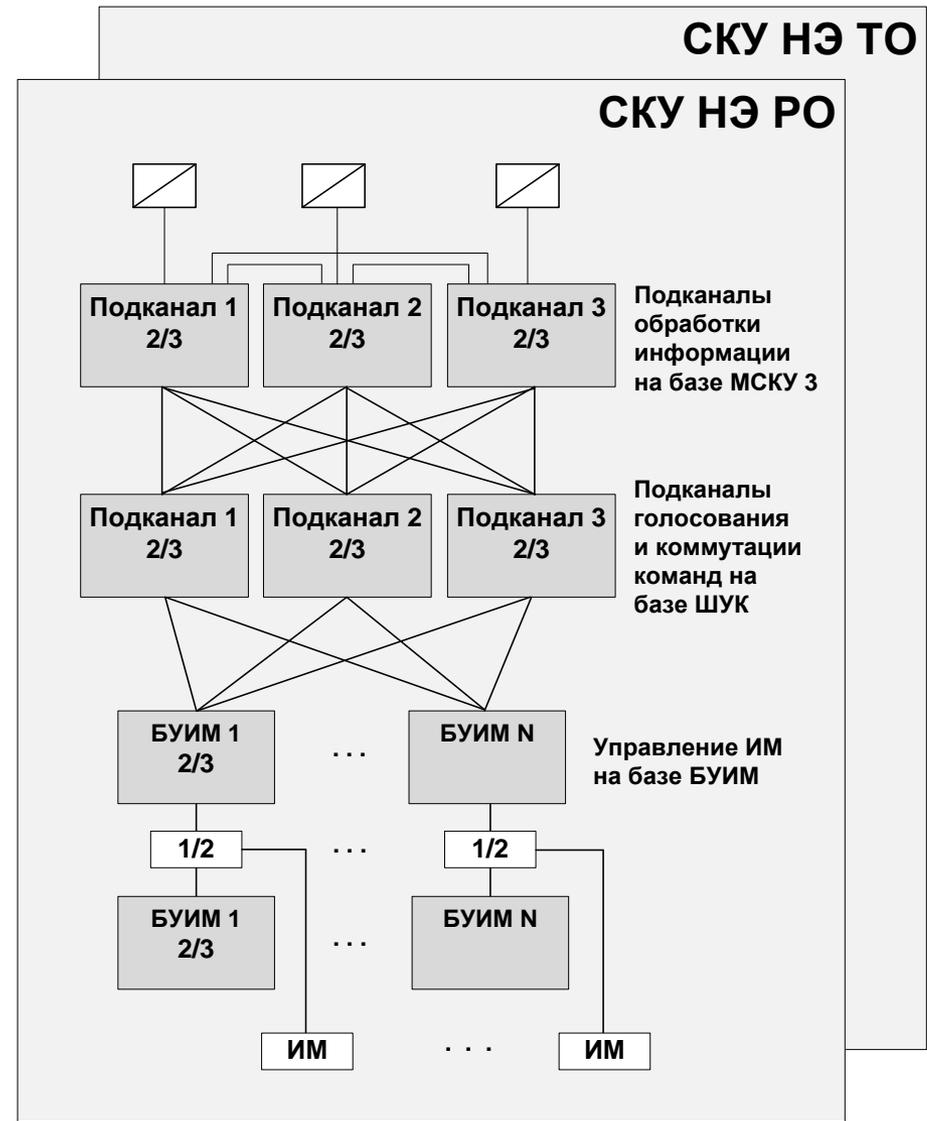


## УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ

### **Б) При нормальной эксплуатации:**

- реализация локальных технологических защит и блокировок нормальной эксплуатации и выдача управляющих воздействий на технологическое оборудование;
- контроль за технологическим оборудованием систем безопасности и предоставление информации оперативному персоналу;
- дистанционное управление ИМ;
- непрерывный контроль исправности технических средств системы и периодические проверки ее функционирования.

# СКУ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РО, ТО



☒ - первичный преобразователь

## СКУ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РО, ТО

### ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ:

- прием, обработка  
ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ
- технологические  
защиты и блокировки
- автоматическое  
регулирование  
технологических  
параметров



## СКУ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РО, ТО

### ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ:

- дистанционное управление исполнительными механизмами
- технологическая сигнализация
- визуализация, архивирование данных о значениях технологических параметров, состояниях защит, блокировок, исполнительных механизмов и технических средств СКУ НЭ
- передача в СВБУ данных о значениях технологических параметров и состоянии исполнительных механизмов

## ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СКУ

- Возможность построения СКУ с различной канальностью в соответствии с требованиями проекта
- Повышенная надежность за счет резервированных структур, в том числе резервирования АЦП и БУИМ
- Применение принципа диверсности (аппаратного, функционального)
- Минимум кабельных связей за счет оптического интерфейса передачи данных
- Применение цифровых устройств по функциям дистанционного управления, индикации и сигнализации на БЩУ (РЩУ), а также цифрового РТЗО
- Возможность поканального технического обслуживания СКУ с сохранением работоспособности по всем функциям
- Непрерывный контроль оборудования СКУ

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Совокупность СКУ, производимых и разрабатываемых НПО «Импульс», обеспечивает построение полнофункциональных АСУ ТП перспективных энергоблоков с реактором типа ВВЭР.

Очевидные преимущества реализации АСУ ТП на одной программно-аппаратной платформе:

- *Максимальная унификация оборудования и интерфейсов*
- *Единые информационная среда и система кодирования*
- *Снижение затрат на инжиниринг*
- *Сдача АСУ ТП заказчику как законченной системы*
- *Удешевление эксплуатационных расходов*
- *Упрощение сервисного обслуживания*
- *Конкурентоспособная стоимость*

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

ЗАО «СЕВЕРОДОНЕЦКОЕ  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«ИМПУЛЬС»

Пл. Победы, 2, г. Северодонецк,  
Луганская обл., Украина, 93405  
Тел./факс: +380 6452 295 87  
E-mail: [impuls@imp.lg.ua](mailto:impuls@imp.lg.ua)  
[www.imp.lg.ua](http://www.imp.lg.ua)