ОАО ВНИИАЭС

УНИФИКАЦИЯ АСУТП В ПРОЕКТАХ НОВЫХ АЭС

Докладчик
Начальник отдела

к.т.н. В.В.Зверков

Основные особенности новых проектов АЭС

1. Мощность энергоблоков - 1000 МВт, 1200 МВт
2. Тип реактора - ВВЭР, БН
3. Количество каналов безопасности - 2,3,4
4. Структура контроля датчиков - 2 из 3-х, 2 из 4-х

Аспекты унификации

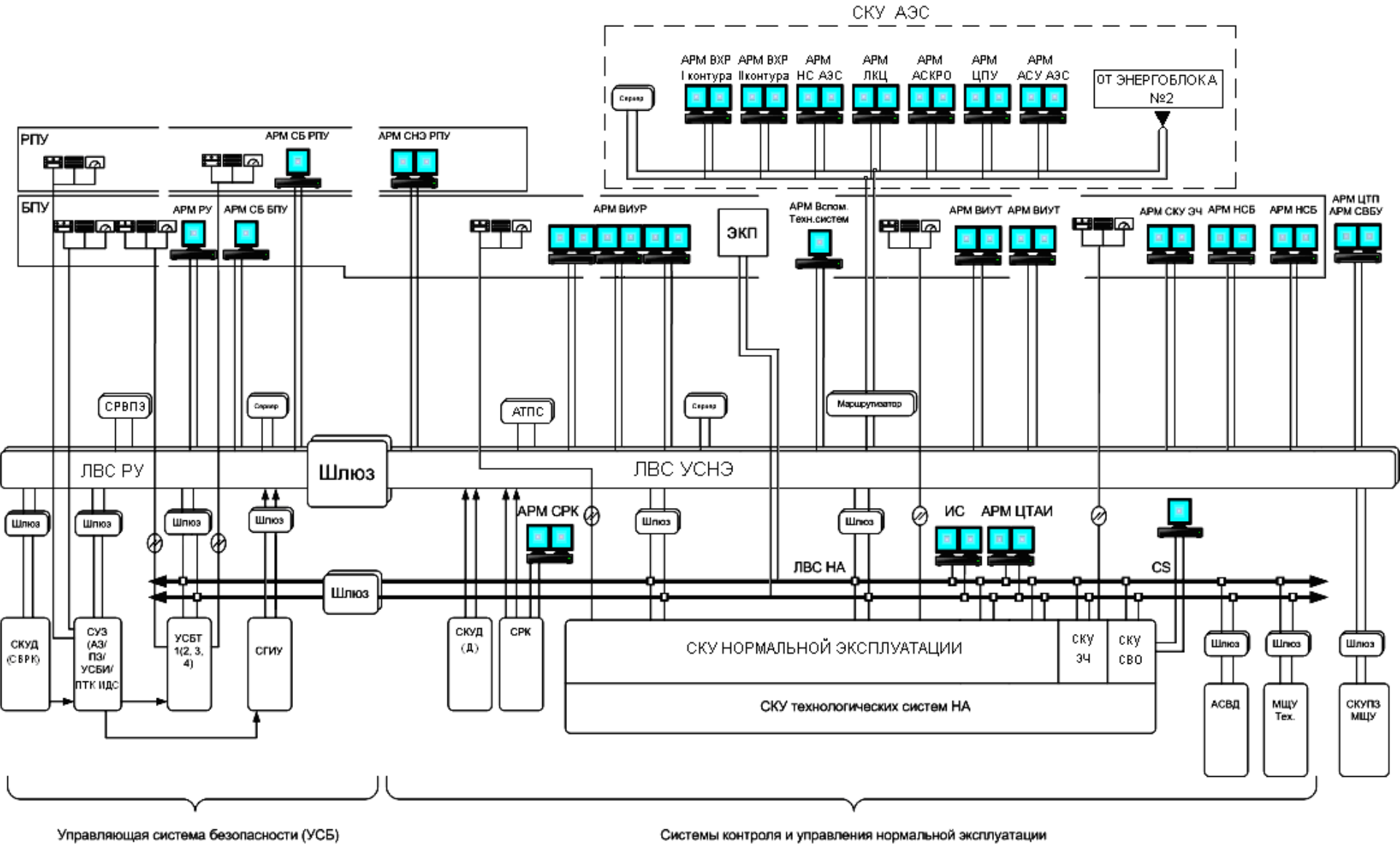
- 1.Структурные решения
- 2.Технические средства
- 3.Человеко-машинный интерфейс

Характеристика атомного энергоблока типа ВВЭР-1200 в проекте АЭС-2006 как объекта автоматизации

Вид технологического объекта управления / контроля	Количество объектов управления и контроля на 1 энергоблок (мах)			
	Всего в СКУ	Управление и контроль на основных средствах	Из них на панелях управления	Передаваемых на станционные АРМ
Приводы и механизмы (клапаны, задвижки, насосы, вентиляторы и т.д.)	8000	8000	1000	180
Регулирующие клапаны (совместно с авторегуляторами)	600	600	12	12
Программно-логическое управление (дискретное регулирование, АВР, выбор механизмов и т.д.)	600	600	20	-
Программы ФГУ	40	40	10	10
Программы ФПГУ	400	400	40	14
Измеряемые аналоговые параметры	10000	10000	400	400
Измеряемые дискретные параметры (с учетом концевых выключателей)	32000	32000	1500	250
Расчетные параметры	10000	300 в ПТК ВУ	-	80
Логические параметры	900	600 в ПТК ВУ	-	250
Диагностические переменные для оборудования и СКУ	100000	12000	1000	40

A Обеспечивающие системы АЭС							B Переработка отходов и обращение с отходами					C Отвод тепла к конечному поглотителю			D 2 контур			E 1 контур			F Турбогенератор		
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3
Обеспечение электроэнергией СН	Водоснабжение АЭС и пожаротушение	Подача обессоленной воды и вспомогательного пара	Подача вспомогательных сред (газ, кислоты и т.д)	Подача хладагентп и отопление	Вентиляция и кондиционирование	Водоподготока	Радиационный контроль	Переработка р/а газообразных отходов	Дренажи жидких р/а сред и спецканализация	Сбор, переработка и удаление р/а отходов	Дренажи жидких не р/а сред и канализация	Техническая вода для ответственных потребителей	Промконтура охлаждения	Отвод тепла от турбоустановки	Конденсатный тракт	Водопитательная уставовка	Основной и вспомогательный пар	Системы безопасности	Вспомогательные системы 1 контура	Реакторная установка	Турбоустановка	Генераторная установка	Трансформатор

Структурная схема АСУ ТП



Основные подсистемы АСУ ТП

СВБУ - система, выполняющая общеблочные функции и объединяющая все компоненты АСУ ТП в единую систему управления технологическими процессами энергоблока. **СВБУ** является информационно-управляющей системой, предназначенной для централизации контроля и супервизорного управления энергоблоком, обработки и визуализации параметров технологического процесса, дистанционного управления системами нормальной эксплуатации и системами безопасности в режимах нормальной эксплуатации, документирования и информационной поддержки операторов, представления параметров безопасности.

СУЗ - управляющая система, предназначенная для контроля и управления реактором, выполнения нормального и аварийного останова реактора по теплотехническим, сейсмическим и нейтронно-физическим параметрам, а также запуска УСБТ при выходе параметров за заданные значения по предусмотренным проектом алгоритмам обработки.

УСБТ - управляющая система, предназначенная для контроля и управления системами безопасности.

СРК - система, предназначенная для контроля радиационных параметров, их обработки и выдачи обработанной информации.

СКУД - система, предназначенная для контроля состояния активной зоны и реакторной установки в целом, формирования сигналов предупредительной и аварийной защиты, обеспечения возможности управления полем энерговыделения, а также диагностики состояния основного оборудования РУ.

СКУ ПЗ - система, предназначенная для автоматического обнаружения возникновения пожара, сигнализации и запуска систем пожаротушения, а также контроля и управления ими, вентсистемами и системами дымоудаления в процессе ликвидации пожара.

СКУ НЭ - система, предназначенная для выполнения функций защит и блокировок, автоматизированного и дистанционного управления, технологической сигнализации и авторегулирования применительно к технологическим системам нормальной эксплуатации.

СКУ СВО - система, предназначенная для автоматизации задач контроля и управления системами спецводоочистки.

СРВПЭ («Черный ящик») – автономные средства, предназначенные для регистрации и хранения информации, необходимой для расследования аварий.

СКУ ЭЧ – система, предназначенная для контроля и управления электрическим оборудованием нормальной эксплуатации.

СВД – система, предназначенная для вибромониторинга и диагностики вращающегося оборудования.

Технические средства основных подсистем

1. Инициирующие части
   АЗ, УСБ…….. TXS (AREVA),
   ТПТС (ВНИИА)

2. Исполнительная часть
   УСБ…… ТПТС (ВНИИА)

3. КЭ СУЗ…….. НПП ВНИИЭМ

4. СКУ НЭ……ТПТС – EM, NT (ВНИИА)

Основные требования к АЗ-УСБТ

- Резервирование
- Независимость
- Разнообразие
- Удовлетворение принципу единичного отказа

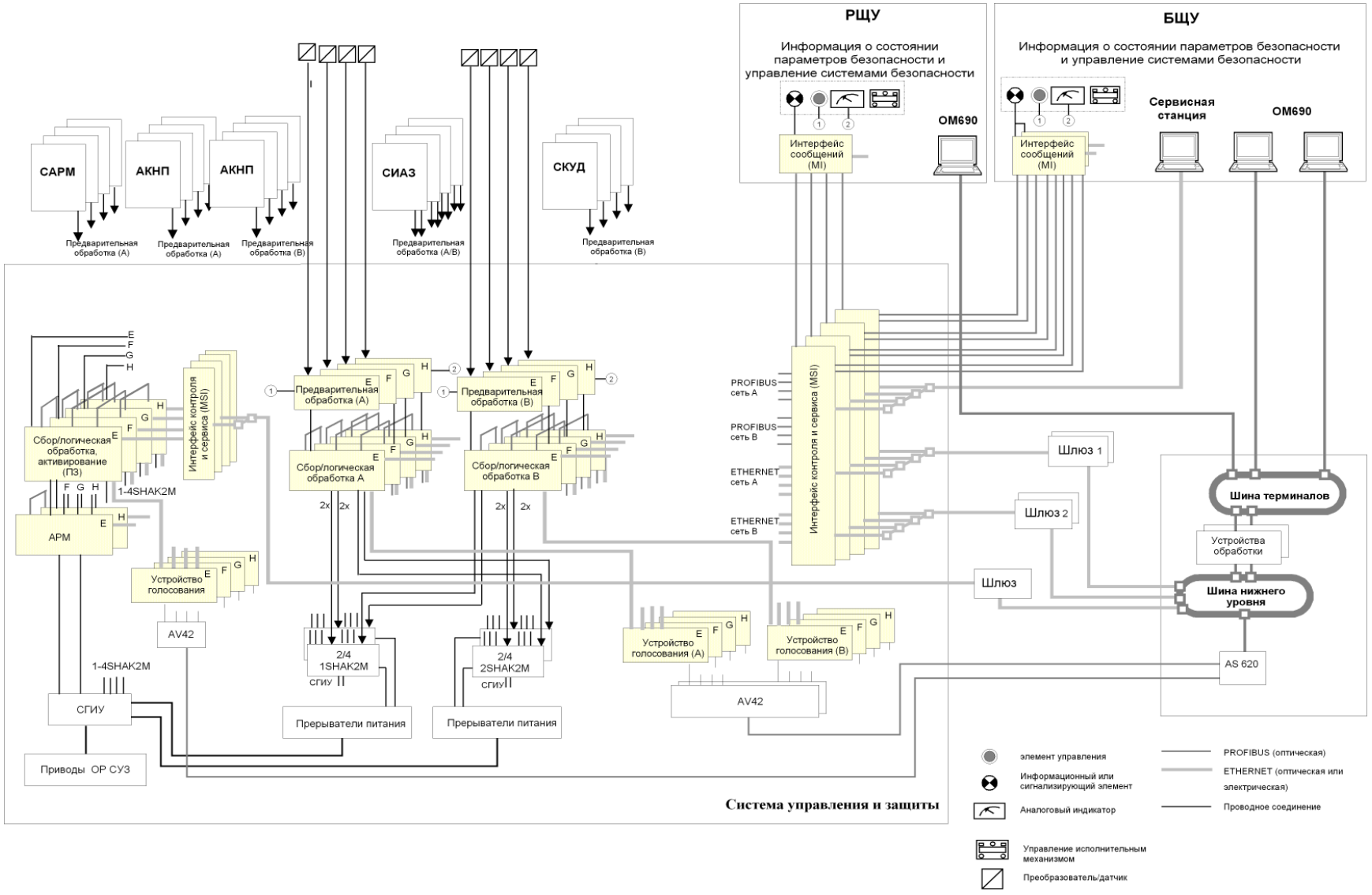
Функции

- Аварийная защита
- Запуск технологических систем безопасности
- Ускоренная предупредительная защита
- Предупредительная защита 1 рода
- Предупредительная защита 2 рода
- Автоматическое регулирование мощности

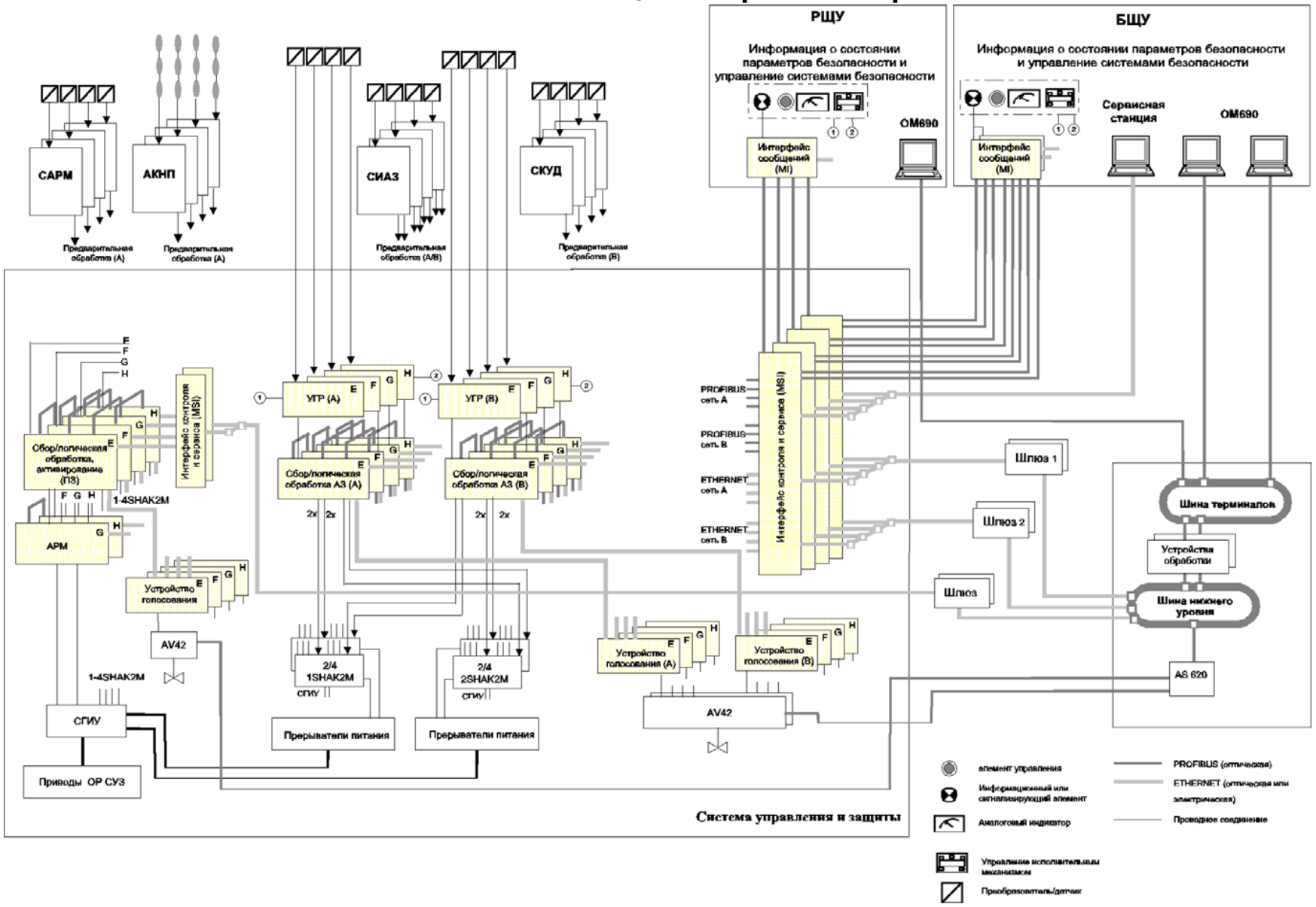
Этапы создания СУЗ на базе ПТК Teleperm XS

- ***Проектирование алгоритмов систем АЗ, ПЗ, АРМ.***
- ***Системный инжиниринг архитектуры ПТК на базе TELEPERM XS.***
- ***Проектирование, программирование и отладка программного обеспечения.***
- ***Тестирование аппаратных интерфейсов.***
- ***Проведение полигонных испытаний.***
- ***Проведение процедур верификации и валидации прикладного ПО СУЗ.***

Структурная схема СУЗ-УСБТ



Система защиты реактора



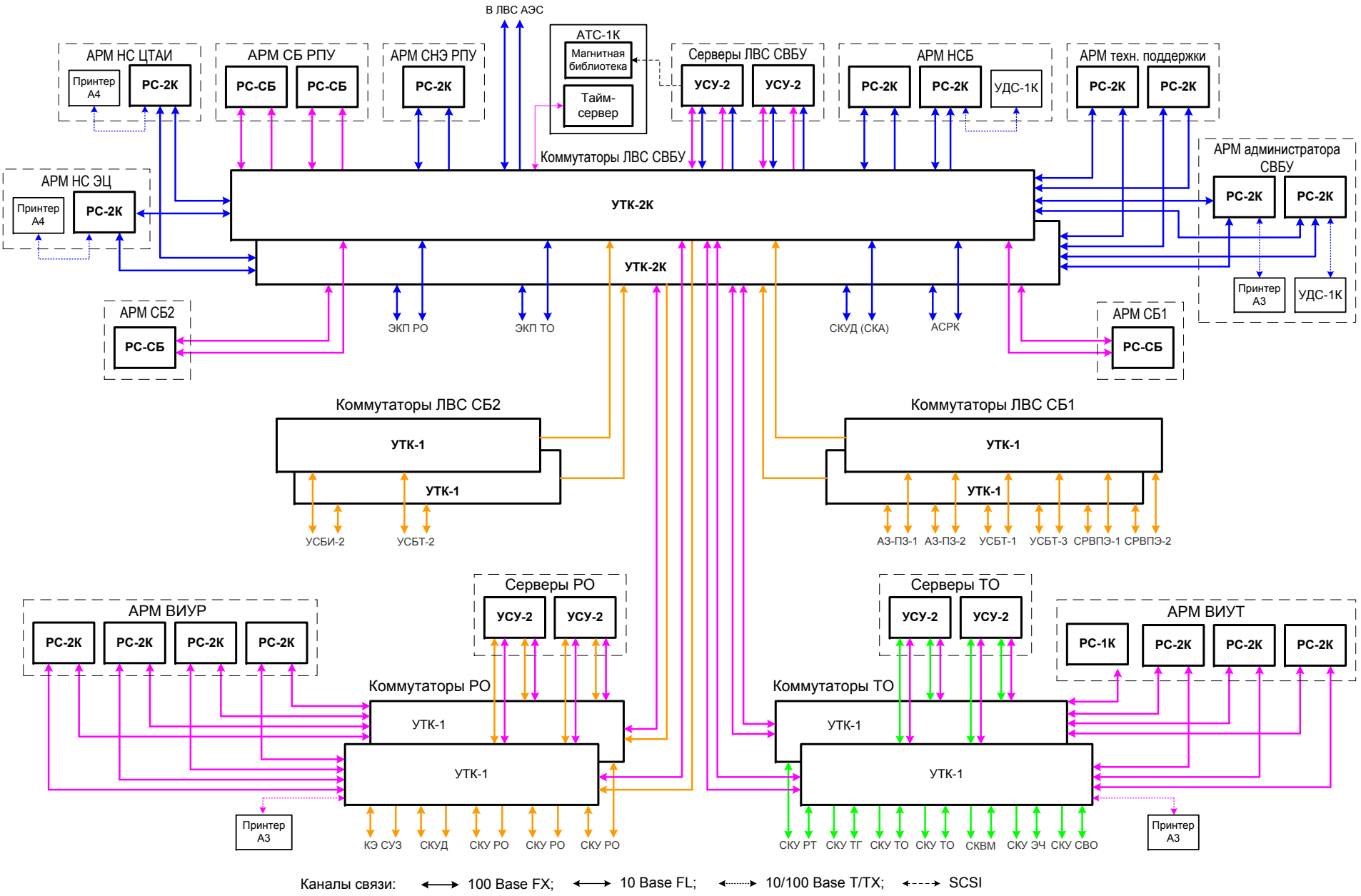
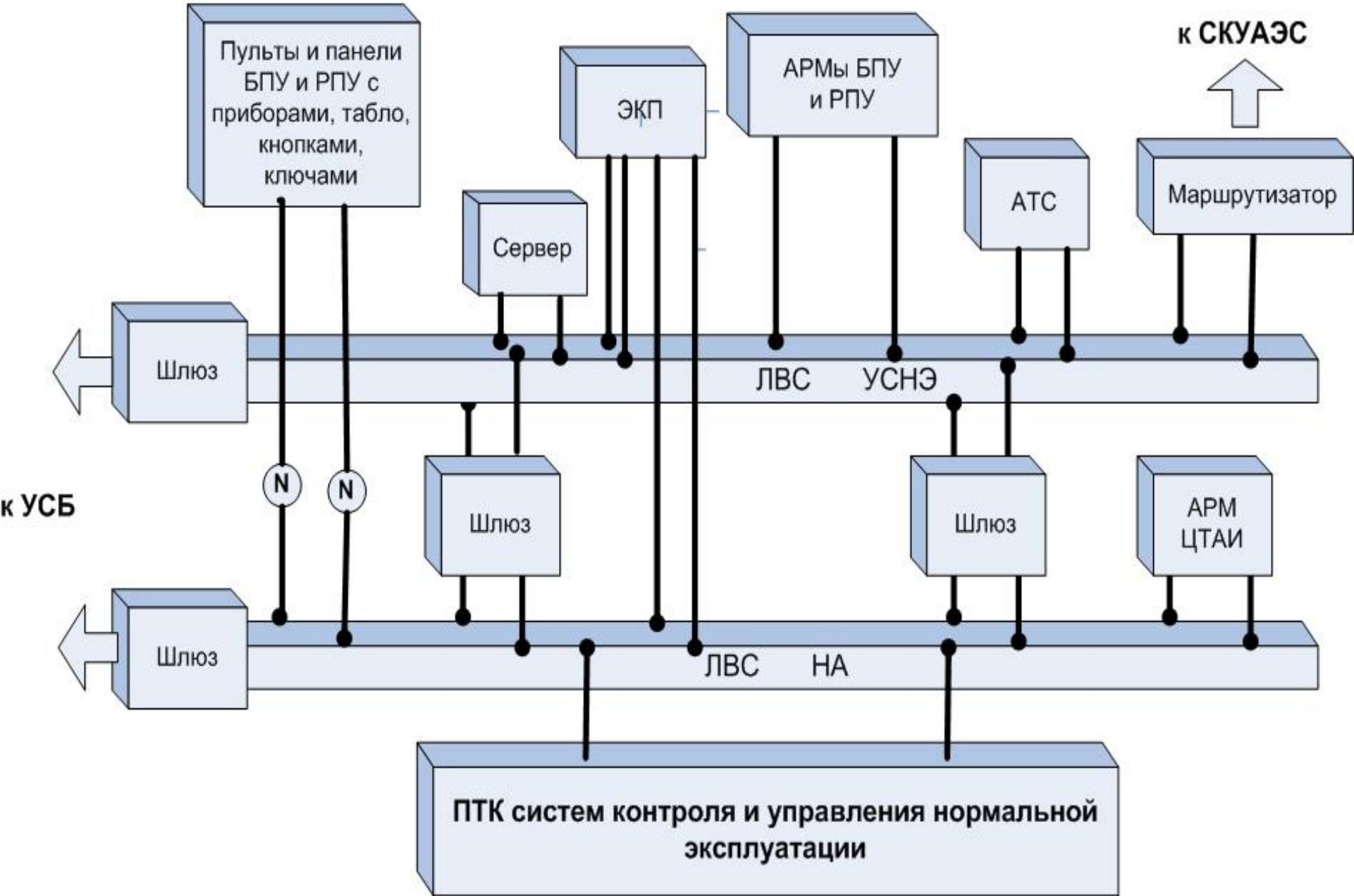
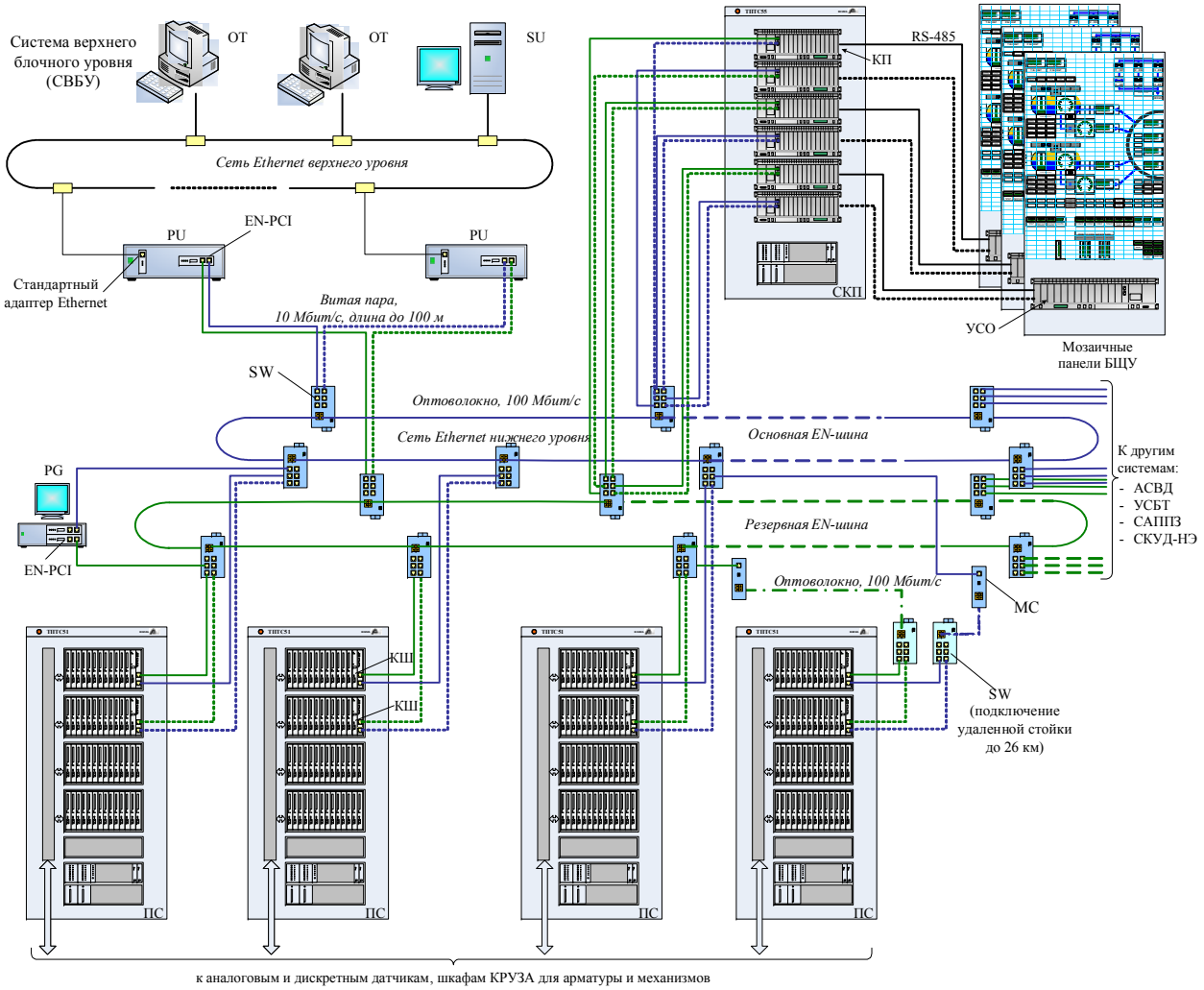

В ЛВС АЭС
АТС-1К
Магнитная библиотека
Тайм-сервер
АРМ НС ЦТАИ
Принтер А4
РС-2К
АРМ СБ РПУ
РС-СБ
РС-СБ
АРМ СНЭ РПУ
РС-2К
Серверы ЛВС СВБУ
УСУ-2
УСУ-2
АРМ НСБ
РС-2К
РС-2К
УДС-1К
АРМ техн. поддержки
РС-2К
РС-2К
АРМ администратора СВБУ
РС-2К
РС-2К
Принтер А3
УДС-1К
Коммутаторы ЛВС СВБУ
АРМ НС ЭЦ
Принтер А4
РС-2К
УТК-2К
УТК-2К
ЭКП РО
ЭКП ТО
СКУД (СКА)
АСРК
АРМ СБ2
РС-СБ
АРМ СБ1
РС-СБ
Коммутаторы ЛВС СБ2
УТК-1
УТК-1
УСБИ-2
УСБТ-2
Коммутаторы ЛВС СБ1
УТК-1
УТК-1
АЗ-ПЗ-1
АЗ-ПЗ-2
УСБТ-1
УСБТ-3
СРВПЭ-1
СРВПЭ-2
Серверы РО
УСУ-2
УСУ-2
Серверы ТО
УСУ-2
УСУ-2
АРМ ВИУР
РС-2К
РС-2К
РС-2К
РС-2К
АРМ ВИУТ
РС-1К
РС-2К
РС-2К
РС-2К
Коммутаторы РО
УТК-1
УТК-1
Коммутаторы ТО
УТК-1
УТК-1
Принтер А3
КЭ СУЗ
СКУД
СКУ РО
СКУ РО
СКУ РО
СКУ РТ
СКУ ТГ
СКУ ТО
СКУ ТО
СКВМ
СКУ ЭЧ
СКУ СВО
Принтер А3
Каналы связи:
100 Base FX;
10 Base FL;
10/100 Base T/TX;
SCSI

Схема УСНЭ


Пульты и панели БПУ и РПУ с приборами, табло, кнопками, ключами
ЭКП
АРМы БПУ и РПУ
к СКУАЭС
АТС
Маршрутизатор
Сервер
Шлюз
ЛВС
УСНЭ
N
N
к УСБ
Шлюз
Шлюз
АРМ ЦТАИ
Шлюз
ЛВС
НА
ПТК систем контроля и управления нормальной эксплуатации



ПС	– Приборная стойка
СКП	– Стойка контроллеров периферии
КШ	– Контроллер шин (ТПТС55.1332)
КП	– Контроллер периферии (ТПТС55.1333)
УСО	– Устройства связи с объектом
OT	– Рабочее место оператора
SU	– Сервер базы данных (архивирование данных)
PU	– Шлюз между сетью верхнего и нижнего уровня
PG	– Конфигурационное устройство
SW	–Сетевой коммутатор
MC	– Конвертор

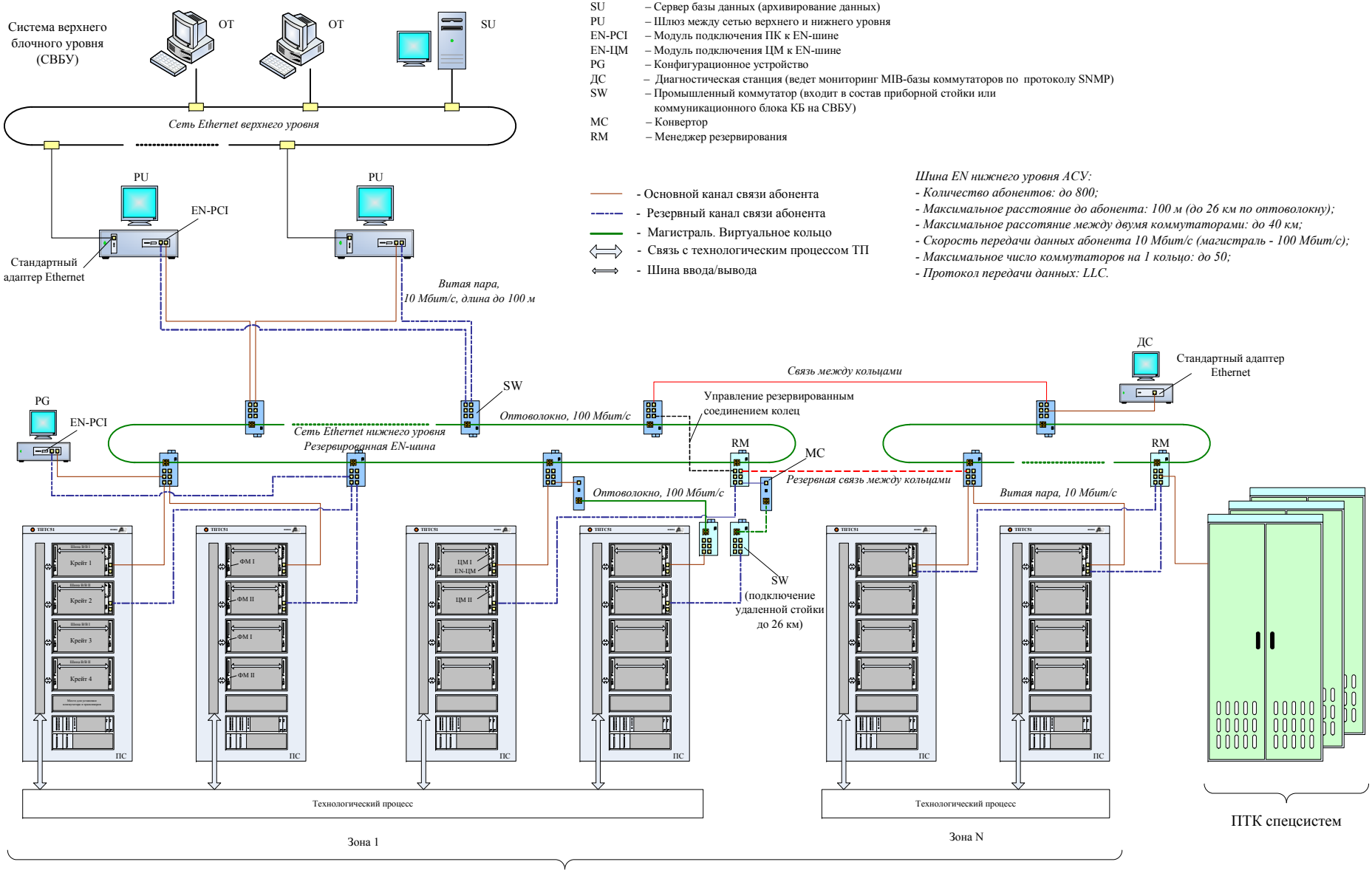
Шина EN нижнего уровня АСУ:
- *Количество абонентов: до 800;*
- *Максимальное расстояние до абонента: 100 м (до 26 км по оптоволокну);*
- *Максимальное рассотяние между двумя коммутаторами: до 40 км;*
- *Скорость передачи данных абонента 10 Мбит/с (магистраль - 100 Мбит/с);*
- *Максимальное число коммутаторов на 1 кольцо: до 50;*
- *Протокол передачи данных: LLC.*

Подключение оборудования АСУ ТП с использованием промышленной шины Ethernet (EN-Шины)

ЦМ – Центральный модуль программного управления ПС (абонента НА)
ФМ – Функциональный модуль
ПС – Приборная стойка
ОТ – Рабочее место оператора
SU – Сервер базы данных (архивирование данных)
PU – Шлюз между сетью верхнего и нижнего уровня
EN-PCI – Модуль подключения ПК к EN-шине
EN-ЦМ – Модуль подключения ЦМ к EN-шине
PG – Конфигурационное устройство
ДС – Диагностическая станция (ведет мониторинг MIB-базы коммутаторов по протоколу SNMP)
SW – Промышленный коммутатор (входит в состав приборной стойки или коммуникационного блока КБ на СВБУ)
MC – Конвертор
RM – Менеджер резервирования

- Основной канал связи абонента
- Резервный канал связи абонента
- Магистраль. Виртуальное кольцо
- Связь с технологическим процессом ТП
- Шина ввода/вывода

Шина EN нижнего уровня АСУ:
- Количество абонентов: до 800;
- Максимальное расстояние до абонента: 100 м (до 26 км по оптоволокну);
- Максимальное рассотяние между двумя коммутаторами: до 40 км;
- Скорость передачи данных абонента 10 Мбит/с (магистраль - 100 Мбит/с);
- Максимальное число коммутаторов на 1 кольцо: до 50;
- Протокол передачи данных: LLC.



Программно-технические средства ТПТС-NT

Программно-технические средства ТПТС-NT предназначены для:

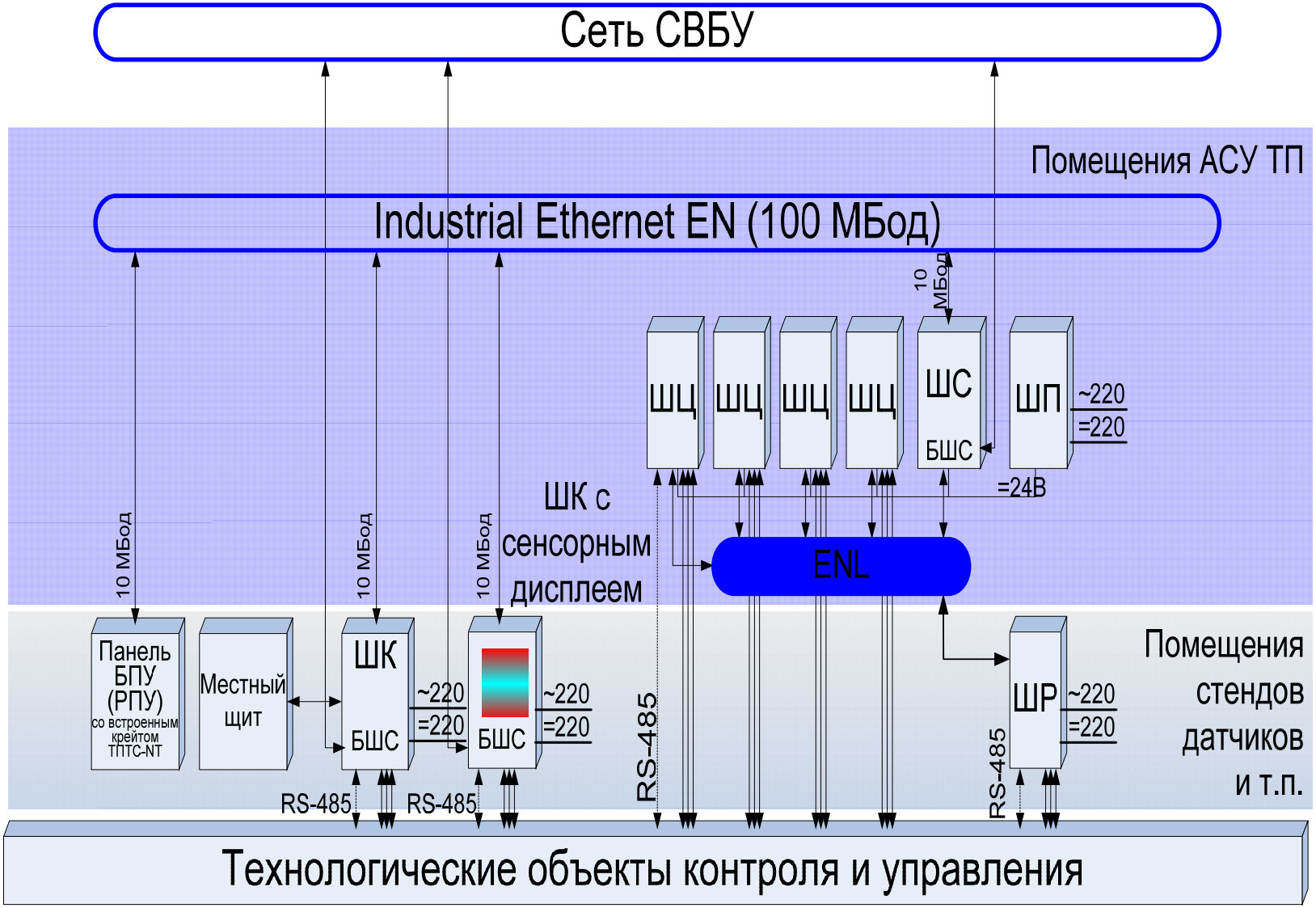
- **создания ПТК, которые выполняют автоматический контроль и управление технологическим оборудованием в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) тепловых и атомных электростанций и других объектов энергетики;**
- **реконструкции АСУ ТП энергоблоков эксплуатируемых АЭС.**

ТПТС-NT позволяют построить автоматизированные системы управления, как нормальной эксплуатации, так и систем безопасности. ТПТС-NT позволяют:

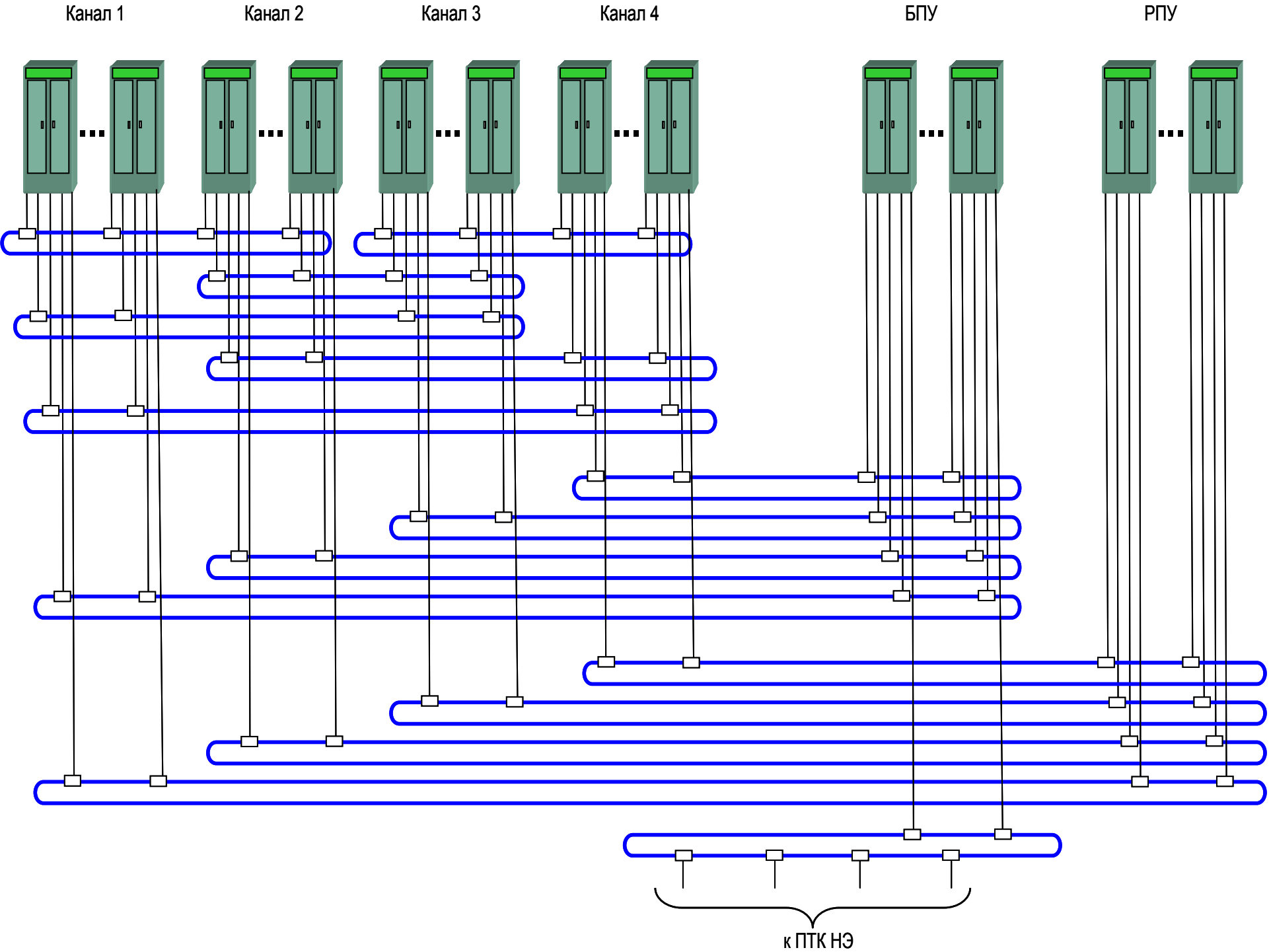
- **создавать распределенные или централизованные структуры в АСУ ТП;**
- **использовать наряду с традиционным технологическим оборудованием интеллектуальные датчики и исполнительные механизмы.**

По сравнению с существующими в настоящее время техническими средствами автоматизации применение ТПТС-NT позволяет:

- **существенно снизить площади, занятые оборудованием систем автоматизации;**
- **существенно снизить расход кабелей, стоимость прокладки кабелей, монтажа оборудования;**
- **значительно уменьшить объем работ, связанных с эксплуатацией средств автоматизации;**
- **повысить быстродействие и другие качественные характеристики АСУТП АЭС.**



ШП	Шкаф питания
ШС	Шкаф централизованной связи с процессом с крейтами сервера автоматизации
ШЦ	Шкаф централизованной связи с процессом с крейтами станции ввода-вывода
ШР	Шкаф распределенной связи с процессом (выносной) с крейтами станции ввода-вывода
ШК	Шкаф автономного контроллера (выносной) с крейтами автономного контроллера
БШС	Блок шлюза сопряжения


Канал 1
Канал 2
Канал 3
Канал 4
БПУ
РПУ
к ПТК НЭ

Унификация человеко-машинного интерфейса

- **Выбор типа рабочих станций**
- **Основные цветовые решения по состоянию оборудования**
- **Применение и схема подключения экрана коллективного пользования**
- **Использование РС в системах безопасности**

Проблема

В проектах БПУ и СВБУ НВАЭС-2 и ЛАЭС-2 предполагается использовать различные типы рабочих станций (РС).

Проект НВАЭС-2 – двухдисплейные РС

Проект ЛАЭС-2 – трёхдисплейные РС

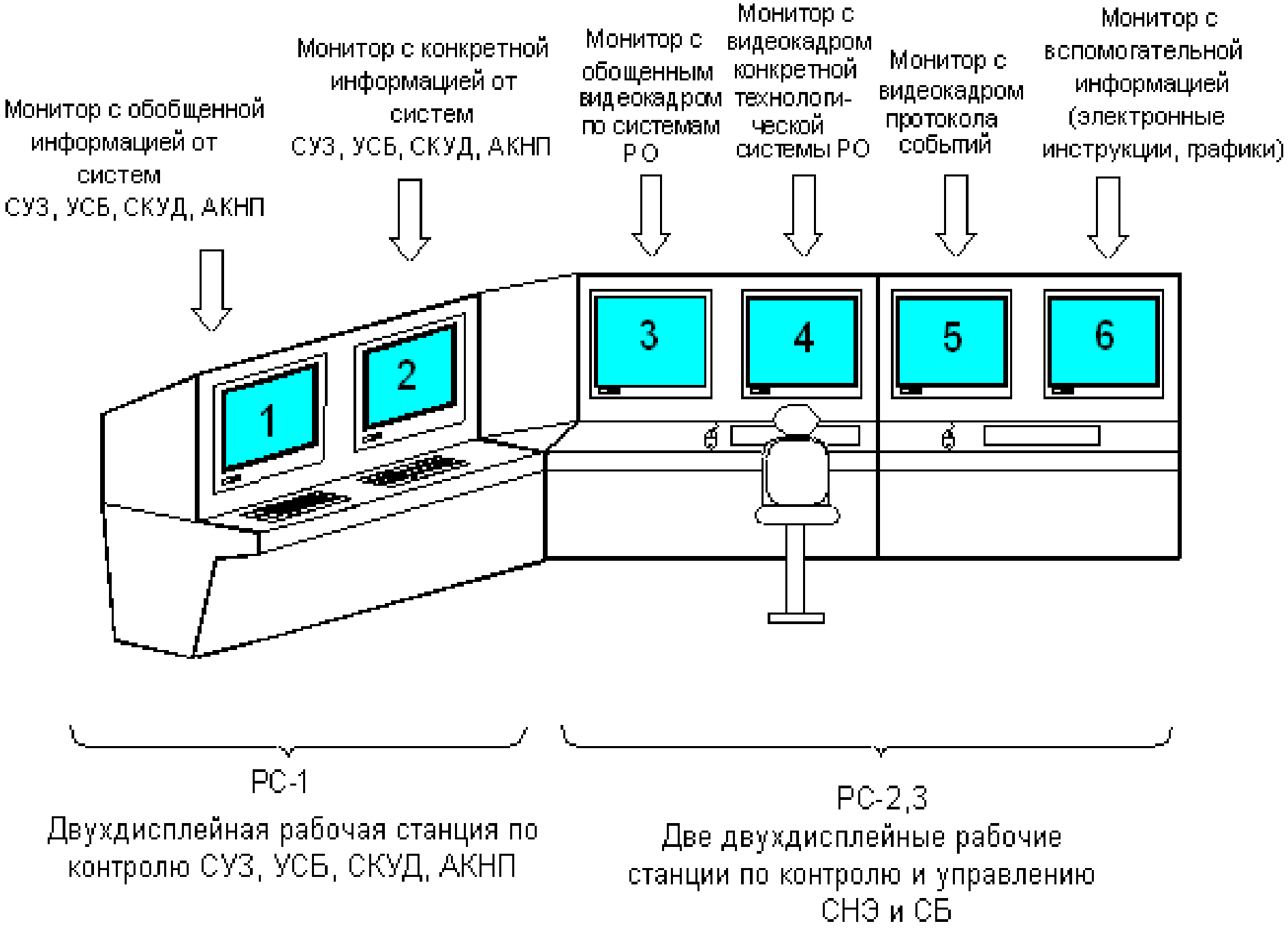
Основные аспекты выбора типа РС на БПУ

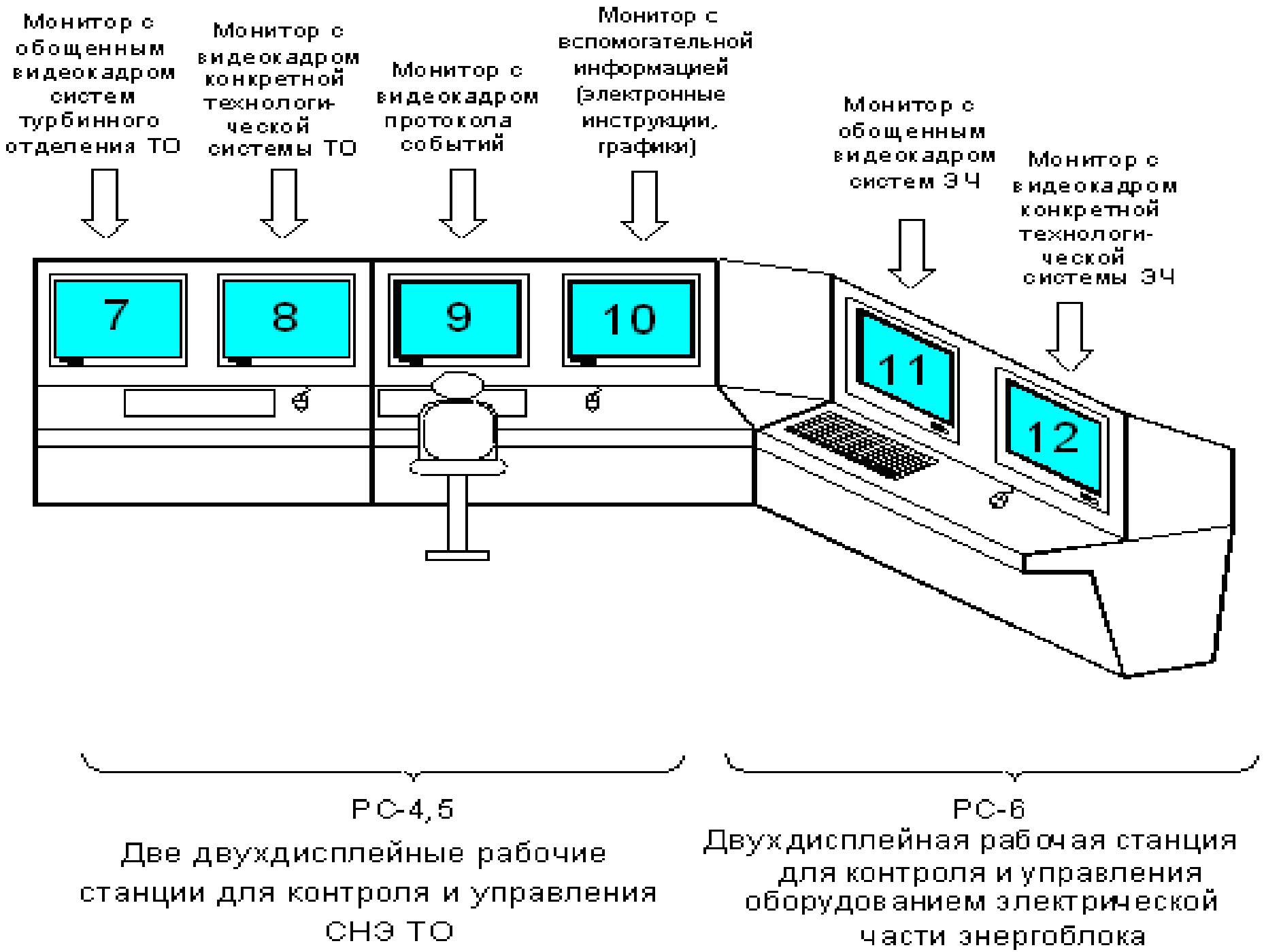
- Режим работы оператора с видеокадрами СВБУ
- Статус спецсистем СУЗ, АКНП, УСБ, СКУД
- Рабочие места для НС РЦ, НС ТЦ, НС ЭЦ
- Резервирование РС

Структура видеокадра

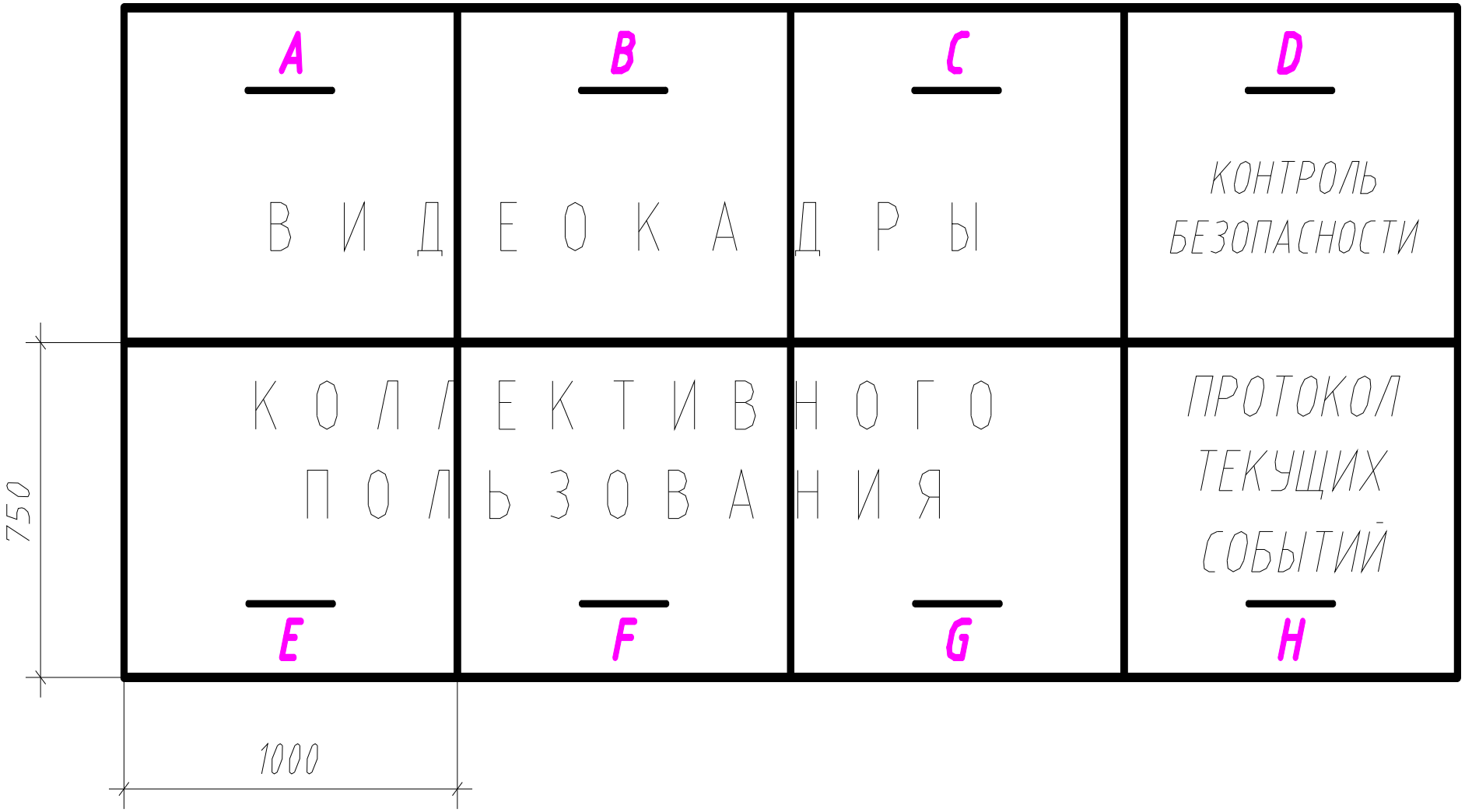
Унифицированное решение

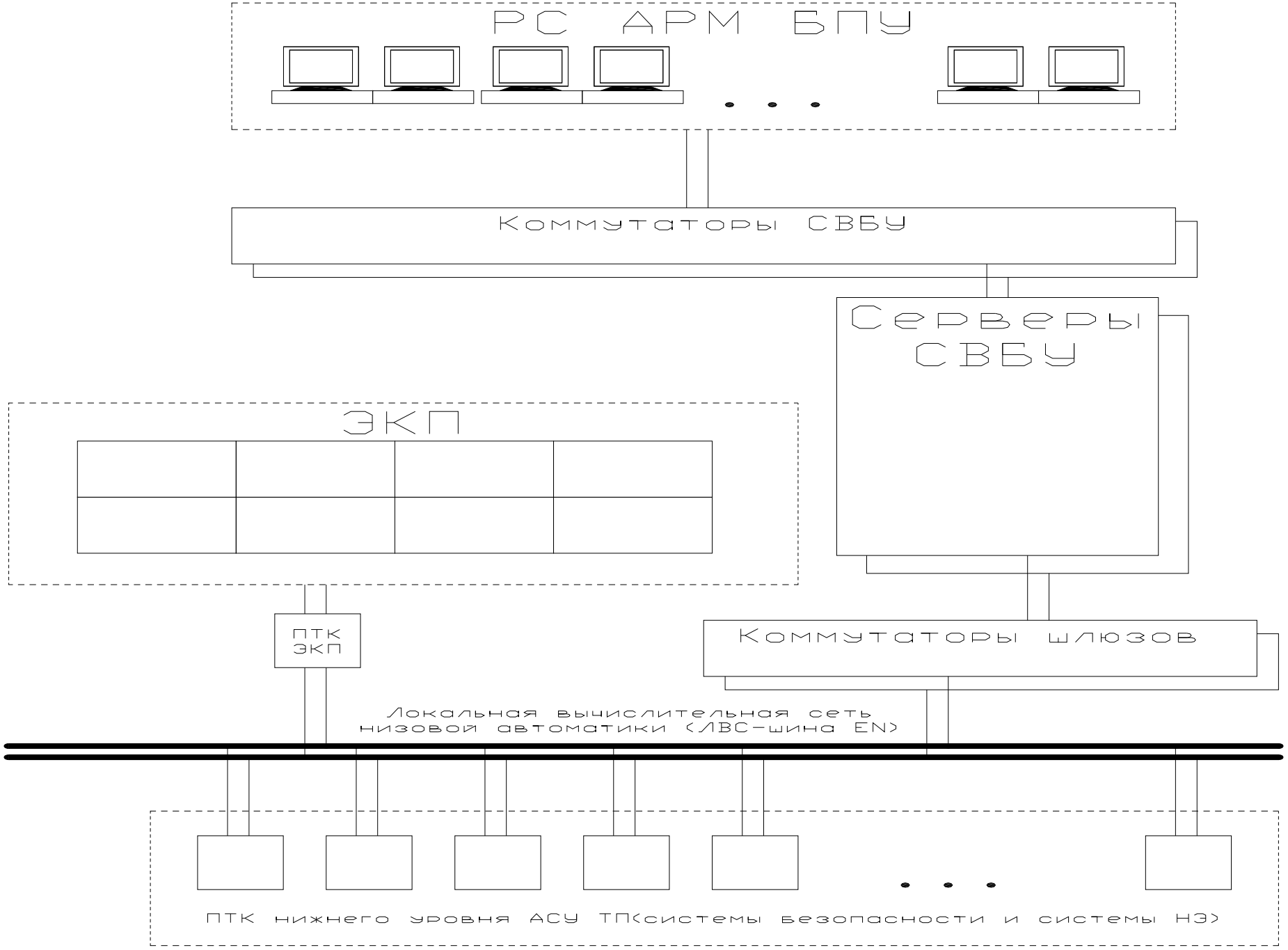
Принять вариант двухдисплейной РС как обеспечивающий более высокую степень резервирования (надёжности) и более низкую стоимость


Монитор с обобщенной информацией от систем СУЗ, УСБ, СКУД, АКНП
Монитор с конкретной информацией от систем СУЗ, УСБ, СКУД, АКНП
Монитор с обобщенным видеокадром по системам РО
Монитор с видеокадром конкретной технологической системы РО
Монитор с видеокадром протокола событий
Монитор с вспомогательной информацией (электронные инструкции, графики)
1
2
3
4
5
6
РС-1
Двухдисплейная рабочая станция по контролю СУЗ, УСБ, СКУД, АКНП
РС-2,3
Две двухдисплейные рабочие станции по контролю и управлению СНЭ и СБ


Монитор с обощенным видеокадром систем турбинного отделения ТО
Монитор с видеокадром конкретной технологи-ческой системы ТО
Монитор с видеокадром протокола событий
Монитор с вспомогательной информацией (электронные инструкции, графики)
Монитор с обощенным видеокадром систем ЭЧ
Монитор с видеокадром конкретной технологи-ческой системы ЭЧ
7
8
9
10
11
12
РС-4,5
Две двухдисплейные рабочие станции для контроля и управления СНЭ ТО
РС-6
Двухдисплейная рабочая станция для контроля и управления оборудованием электрической части энергоблока

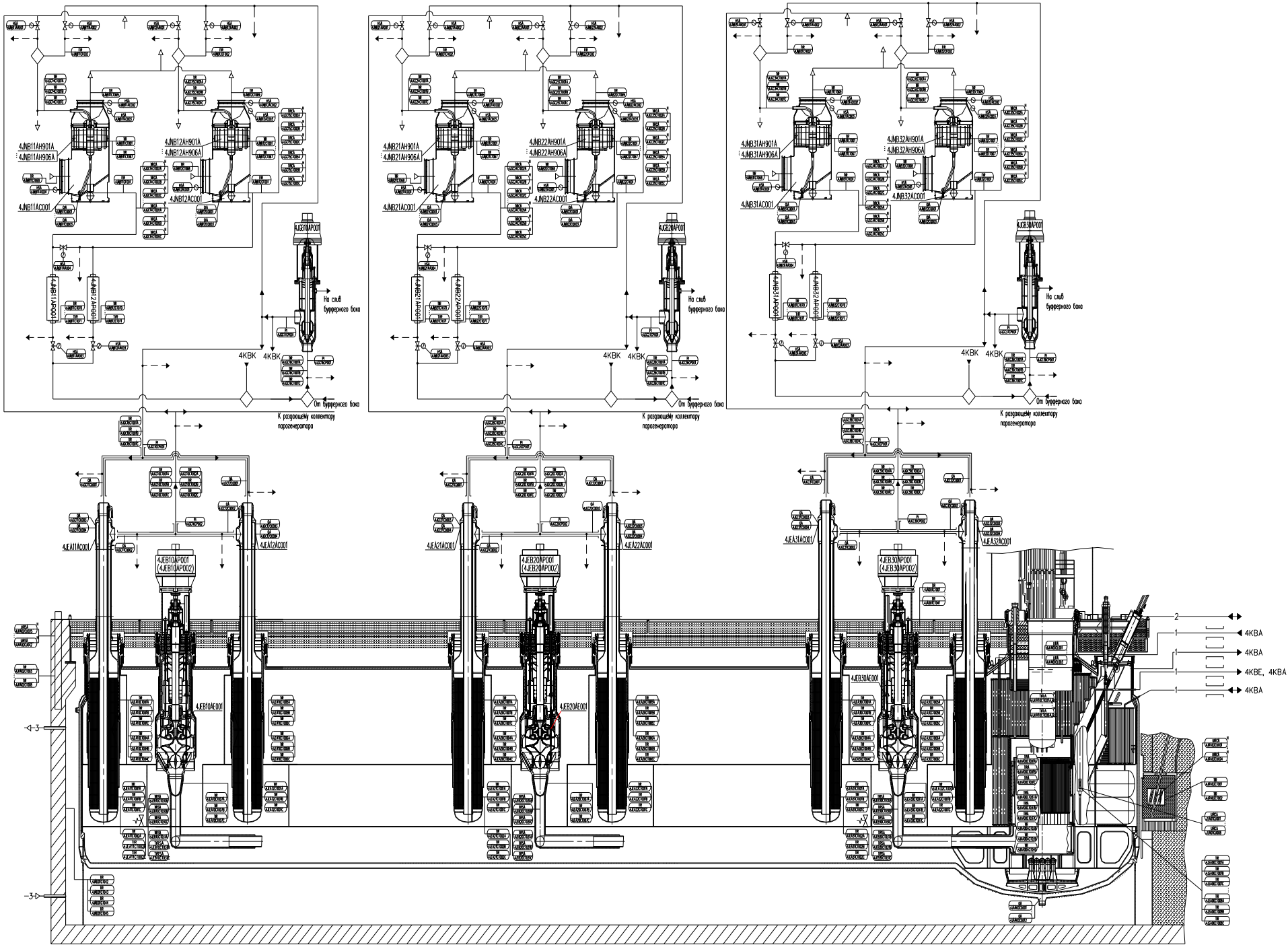
Структура ЭКП

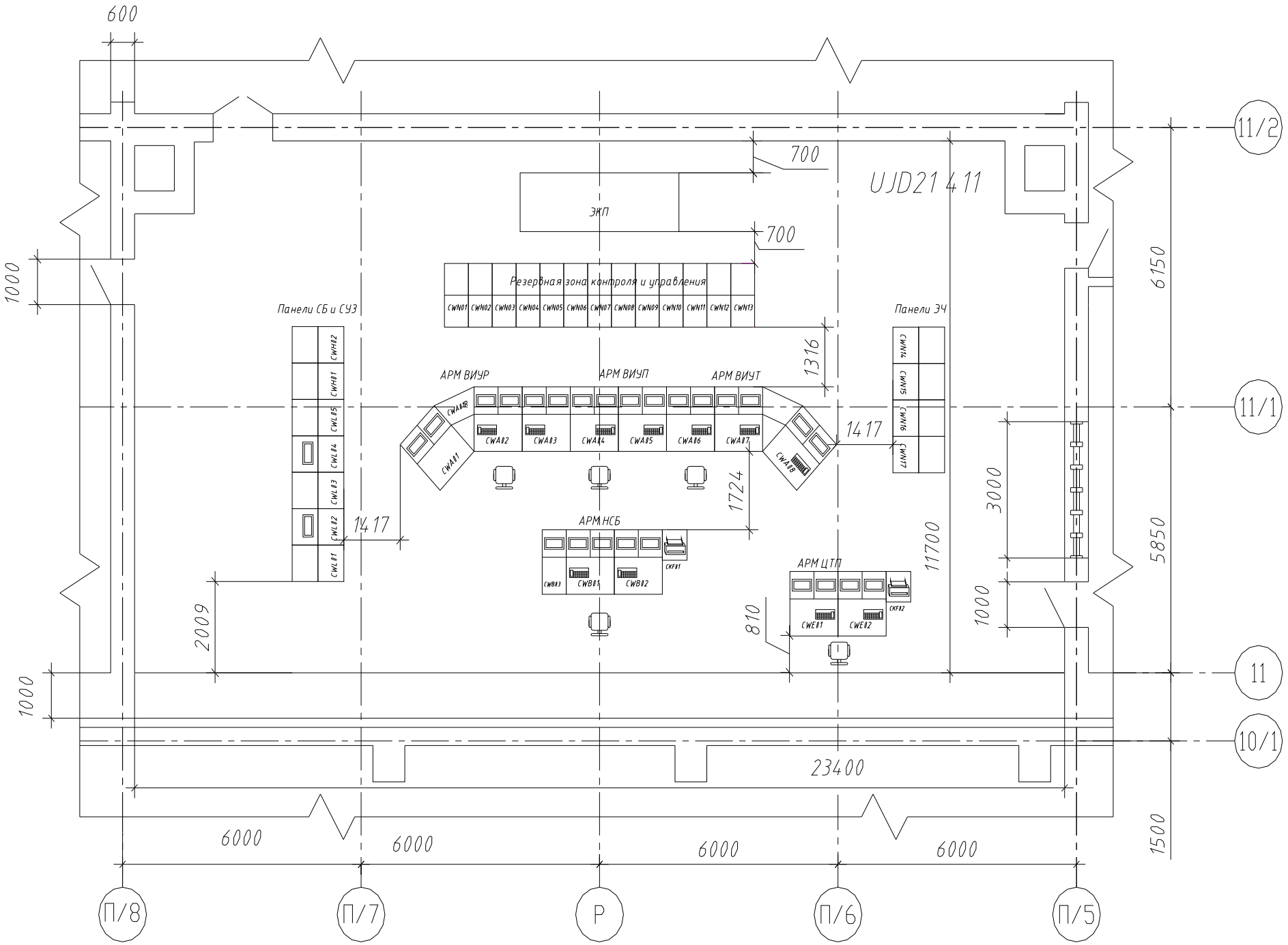



РС АРМ БПУ
Коммутаторы СВБУ
Серверы СВБУ
ЭКП
ПТК ЭКП
Коммутаторы шлюзов
Локальная вычислительная сеть низовой автоматики (ЛВС-шина EN)
ПТК нижнего уровня АСУ ТП(системы безопасности и системы НЭ)

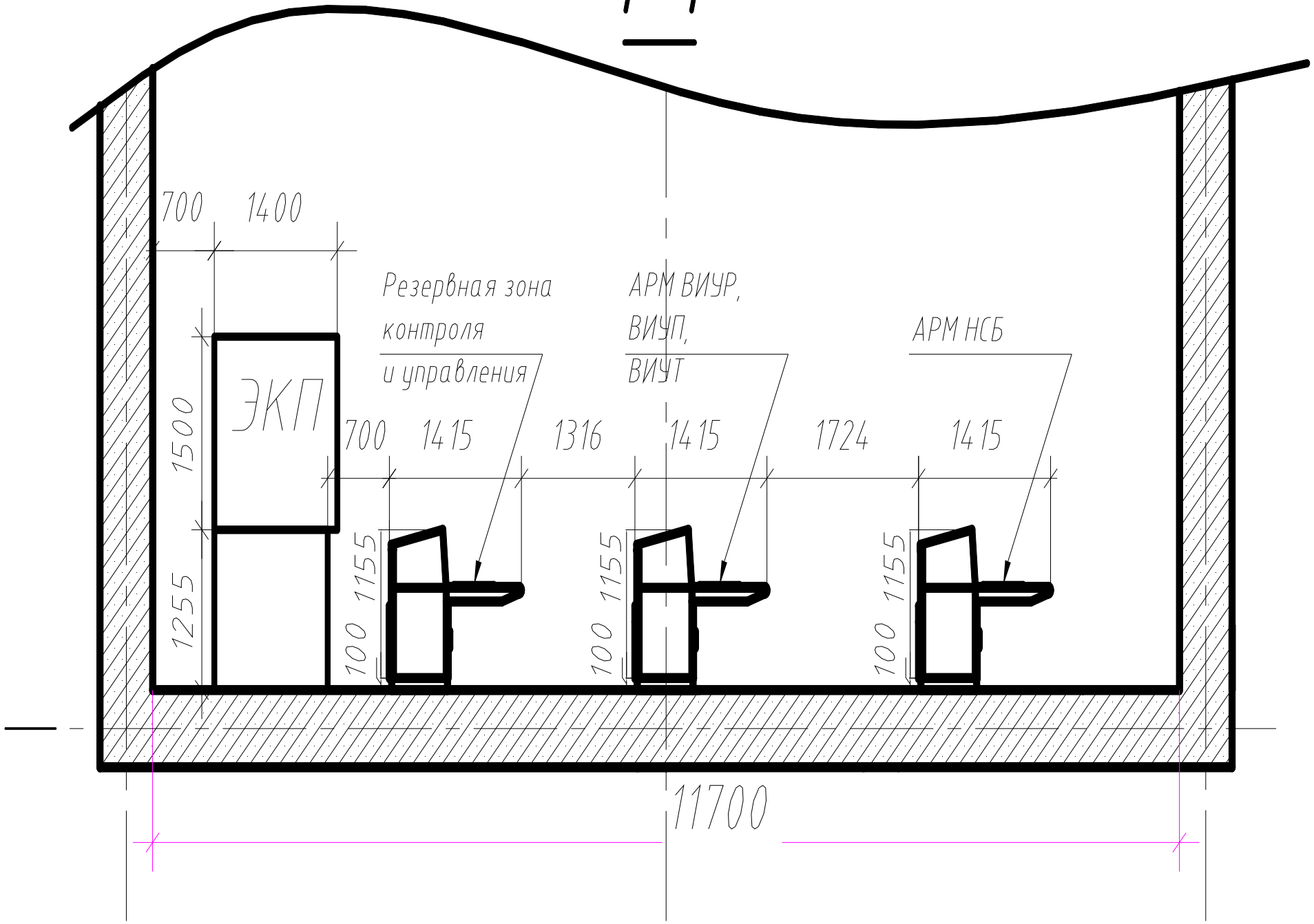
Перечень видеокадров ЭКП

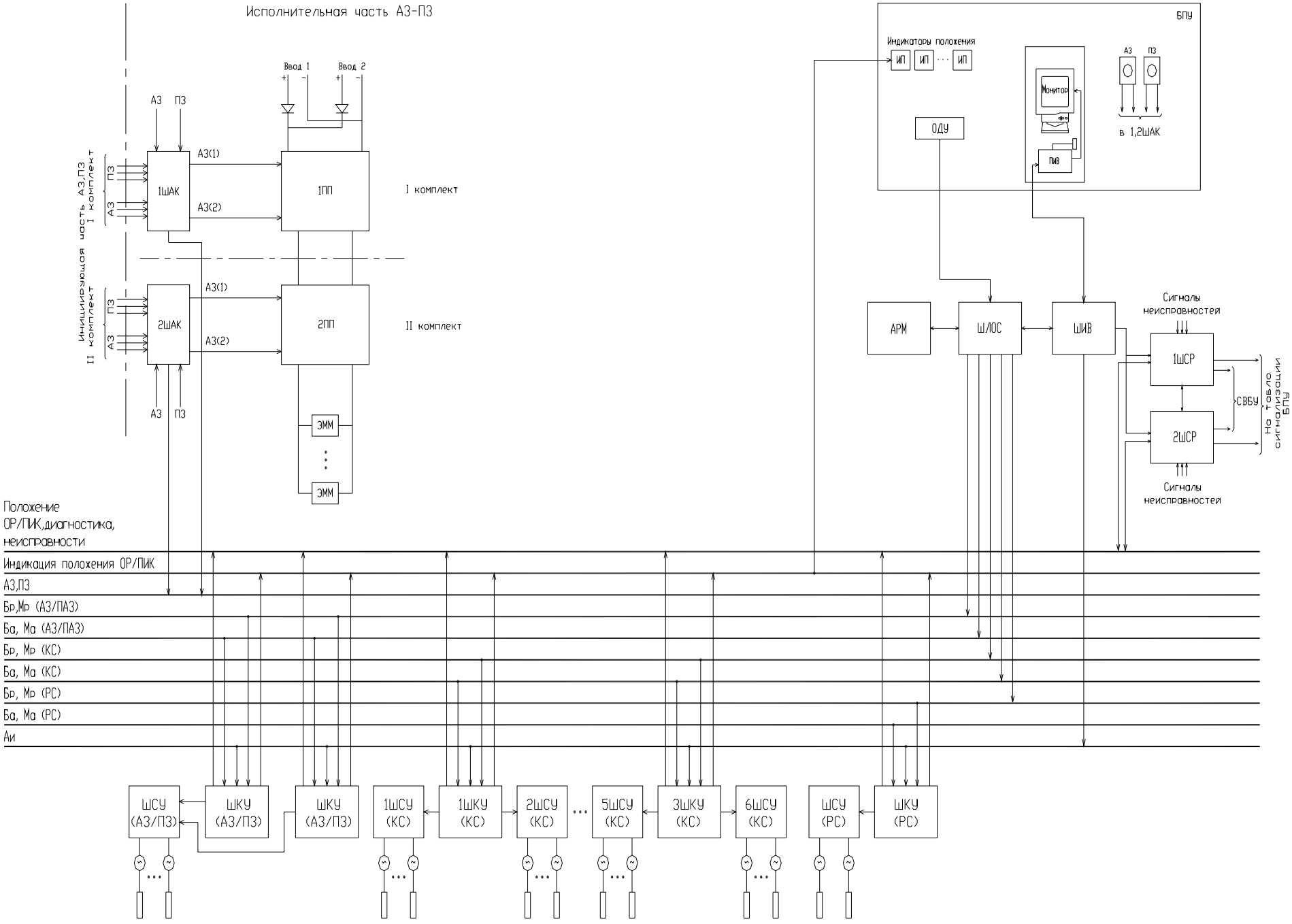
1. Полная схема энергоблока с электрической частью.
- 2. Детальная схема первого контура.
- 3. Детальная схема второго контура.
- 4. Детальная схема третьего контура.
- 5. Полная схема контроля натрия.
- 6. Детальная схема электрической части энергоблока
- 7. Системы безопасности в составе всех каналов.
- 8 Полные схемы сложных систем нормальной эксплуатации.
- 9. Сигнализация состояния всех ПТК подсистем АСУ ТП.
- 10. Контроль состояния радиационной обстановки всего энергоблока.
- 11. Контроль состояния пожарной безопасности всего энергоблока.
- 12. Контроль состояния систем вентиляции основных зданий.
- 13. Протокол текущих событий.
- 14. Сигнализация состояния КФБ, основные параметры энергоблока.


4JNB11AH901A
4JNB11AH906A
4JNB11AC001
4JNB12AH901A
4JNB12AH906A
4JNB12AC001
4JNB21AH901A
4JNB21AH906A
4JNB21AC001
4JNB22AH901A
4JNB22AH906A
4JNB22AC001
4JNB31AH901A
4JNB31AH906A
4JNB31AC001
4JNB32AH901A
4JNB32AH906A
4JNB32AC001
4JNB11AP001
4JNB21AP001
4JNB31AP001
4JNB51AP001
4JNB52AP001
4JNB61AP001
4JNB62AP001
4JNB71AP001
4JNB72AP001
4KBK
На слив бурдерного бака
От бурдерного бака
К раздающему коллектору парогенератора
4JEA11AC001
4JEA12AC001
4JEA21AC001
4JEA22AC001
4JEA31AC001
4JEA32AC001
4JEB10AP001
(4JEB10AP002)
4JEB20AP001
(4JEB20AP002)
4JEB30AP001
(4JEB30AP002)
4JEB10AE001
4JEB20AE001
4JEB30AE001
4KBA
4KBE, 4KBA
-3


UJD21411
ЭКП
Резервная зона контроля и управления
CWN01
CWN02
CWN03
CWN04
CWN05
CWN06
CWN07
CWN08
CWN09
CWN10
CWN11
CWN12
CWN13
Панели СБ и СУЗ
CWH02
CWH01
CWL05
CWL04
CWL03
CWL02
CWL01
Панели ЭЧ
CWN14
CWN15
CWN16
CWN17
АРМ ВИУР
АРМ ВИУП
АРМ ВИУТ
CWA01
CWA02
CWA03
CWA04
CWA05
CWA06
CWA07
CWA08
АРМ НСБ
CWB01
CWB02
CWB03
CKF01
АРМ ЦТП
CWE01
CWE02
CKF02
600
700
700
1000
1000
1316
1417
1417
1724
2009
810
11700
3000
1000
6150
5850
1500
23400
6000
6000
6000
6000
11/2
11/1
11
10/1
П/8
П/7
Р
П/6
П/5

Р-Р


700
1400
ЭКП
1500
1255
Резервная зона
контроля
и управления
АРМ ВИУР,
ВИУП,
ВИУТ
АРМ НСБ
700
1415
1316
1415
1724
1415
1155
100
1155
100
1155
100
11700


Исполнительная часть АЗ-ПЗ
Инициирующая часть АЗ,ПЗ
I комплект
II комплект
ПЗ
АЗ
1ШАК
2ШАК
АЗ(1)
АЗ(2)
Ввод 1
Ввод 2
1ПП
2ПП
I комплект
II комплект
ЭММ
БПУ
Индикаторы положения
ИП
ОДУ
Монитор
ПИВ
в 1,2ШАК
АРМ
ШЛОС
ШИВ
Сигналы неисправностей
1ШСР
2ШСР
СВБУ
На табло сигнализации БПУ
Полохение ОР/ПИК,диагностика, неисправности
Индикация полохения ОР/ПИК
АЗ,ПЗ
Бр,Мр (АЗ/ПАЗ)
Ба, Ма (АЗ/ПАЗ)
Бр, Мр (КС)
Ба, Ма (КС)
Бр, Мр (РС)
Ба, Ма (РС)
Аи
ШСУ (АЗ/ПЗ)
ШКУ (АЗ/ПЗ)
ШКУ (АЗ/ПЗ)
1ШСУ (КС)
1ШКУ (КС)
2ШСУ (КС)
5ШСУ (КС)
3ШКУ (КС)
6ШСУ (КС)
ШСУ (РС)
ШКУ (РС)