

ЛОКАЛЬНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ ЭБ №4 БАЭС

Тренажеры местных пультов

Технические требования

(На 53 листах)

2012

ЛОКАЛЬНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ ЭБ №4 БАЭС

Тренажеры местных пультов

Технические требования

Продолжение титульного листа

ЭБ№4 БАЭС

Полномасштабный тренажер

Технические требования

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Общие сведения.....	5
1.1.	Полное наименование разработки	5
2.	Назначение и основные требования для создания ТМП.....	6
3.	Основные требования к ТМП.....	8
3.1.	Общие требования	8
3.2.	Требования к техническим средствам ТМП.....	9
4.	Требования к программному обеспечению ТМП.....	20
4.1.	Требования к операционной системе.....	20
4.2.	Требования к программному обеспечению управляющей системы.....	21
4.3.	Требования к прикладному программному обеспечению	22
4.4.	Требования к программному обеспечению инструкторской станции.....	23
4.5.	Требования к базе данных	23
4.6.	Требования к САПР проекта.	23
4.7.	Требования к поставке программного обеспечения.....	24
5.	Требования к моделированию процессов и систем энергоблока.....	25
5.1.	Требования к пределам моделирования.....	25
5.2.	Требования к объемам моделирования.....	25
5.3.	Требования к математическим моделям	27
5.4.	Требования к моделированию режимов работы энергоблока	32
5.5.	Требования к исходным состояниям.....	33
5.6.	Требования к точности и достоверности моделирования.....	33
5.7.	Моделирование отказов.....	33
	Приложение А. Перечень исходных состояний.....	35
	Приложение Б. Перечень стандартных (компонентных) отказов (для всех ТМП).....	36
	Приложение В. Перечень моделируемых режимов энергоблока	43
	Приложение Г. Предварительная спецификация технических средств ТМП БАЭС	45

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

1. Общие сведения

1.1. Полное наименование разработки

Тренажеры местных пультов управления энергоблока БАЭС.

Условное обозначение – ТМП БАЭС.

ТМП включают в себя центральный пункт управления (ЦПУ), местный пункт управления водоподготовкой (МПУ ВХР).

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

2. Назначение и основные требования для создания ТМП

2.1. Тренажеры местных пультов (ТМП): центрального пункта управления (ЦПУ) и местного пункта управления водоподготовкой (МПУ ВХР) - программно-технические моделирующие комплексы, предназначенные для профессионального обучения оперативного персонала, моделирующие работу нескольких технологических систем и (или) оборудования энергоблока АС, функционирующие в реальном масштабе времени.

2.1. Тренажер ЦПУ предназначен для формирования практических навыков по оперативным переключениям на ЦПУ оперативным персоналом в составе:

- начальника смены станции;
- инженера-электрика;
- оператора общестанционных систем;

2.2. Тренажер МПУ ВХР предназначен для формирования практических навыков выполнения переключения и ведения технологического процесса с МПУ ВХР оперативного персонала в составе:

- начальника смены химцеха;
- аппаратчика химводоочистки;
- аппаратчика химводоочистки (по обслуживанию блочной обессоливающей установки).

2.3. Соответствие поведения тренажеров соответствующим технологическим системам энергоблока-прототипа должно обеспечиваться за счет применения физико-математических моделей соответствующей точности.

2.4. На тренажерах должна достоверно воспроизводиться окружающая обстановка на МПУ энергоблока, чтобы удовлетворить целям подготовки операторов.

2.5. Оператор не должен ощущать различия между работой на тренажерах и на МПУ во всем диапазоне нормальных, переходных и аварийных режимов.

2.6. Для исключения получения обучаемым оператором ошибочной информации должна быть предусмотрена автоматическая остановка тренажера при достижении пределов моделирования.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

2.7. ТМП должны соответствовать системам и оборудованию энергоблока-прототипа и обеспечивать моделирование в реальном масштабе времени всех режимов эксплуатации, оперативное управление которыми осуществляется с МПУ.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

3. Основные требования к ТМП

3.1. Общие требования

3.1.1. Реакция ТМП на задаваемые инструктором исходные события, на автоматические действия систем управления, а также на правильные или неправильные действия обучаемого должна быть аналогична реакции соответствующих технологических систем энергоблока-прототипа. На ТМП обучаемый должен иметь возможность выполнять такие же действия, как на МПУ энергоблока-прототипа в соответствии с эксплуатационной документацией АЭС.

3.1.2. Для организации подготовки персонала АЭС, на ИС ТМП должны быть предусмотрены специальные функции и средства управления тренажером, позволяющие инструктору УТП АЭС формировать необходимые исходные состояния и сценарии учебных занятий, осуществлять демонстрацию изучаемых режимов, контролировать ход процесса при самостоятельной работе обучаемых и проводить анализ их действий. ТМП должен включать инструкторскую станцию, с которой инструктор может начать и закончить конкретное занятие, управлять занятием и наблюдать результаты действий обучаемых. Инструкторская станция должна обеспечивать автоматическую запись действий инструктора и оператора, иметь возможность записи изменения параметров и изменение статуса важнейшего оборудования.

3.1.3. ТМП должен воспроизводить все операторские интерфейсы на МПУ, т.е. показывающие приборы, мониторы, самописцы, ключи и т.п. Оперативная обстановка на ТМП должна быть такой же, как на МПУ энергоблока-прототипа. Порядок и длительность выполнения эксплуатационных процедур на ТМП (например, выполнение переключений по месту по распоряжению оператора МПУ) должны соответствовать порядку и реальной продолжительности операции на энергоблоке-прототипе.

3.1.4. При создании ТМП для строящейся АЭС в объеме работ необходимо предусматривать модернизацию (адаптацию) ТМП, которую следует проводить не ранее чем через один год после начала эксплуатации соответствующей системы энергоблока-прототипа. Необходимый объем модернизации определяется на основании изменений в системах и оборудовании, которые были утверждены в

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

установленном порядке и реализованы на энергоблоке-прототипе с момента фиксации исходных проектных данных для конструирования и изготовления ТМП.

3.2. Требования к техническим средствам ТМП

3.2.1. Имитаторы пультов и панелей МПУ

3.2.1.1. Структурная схема технических средств представлена рис. 3.2.3.

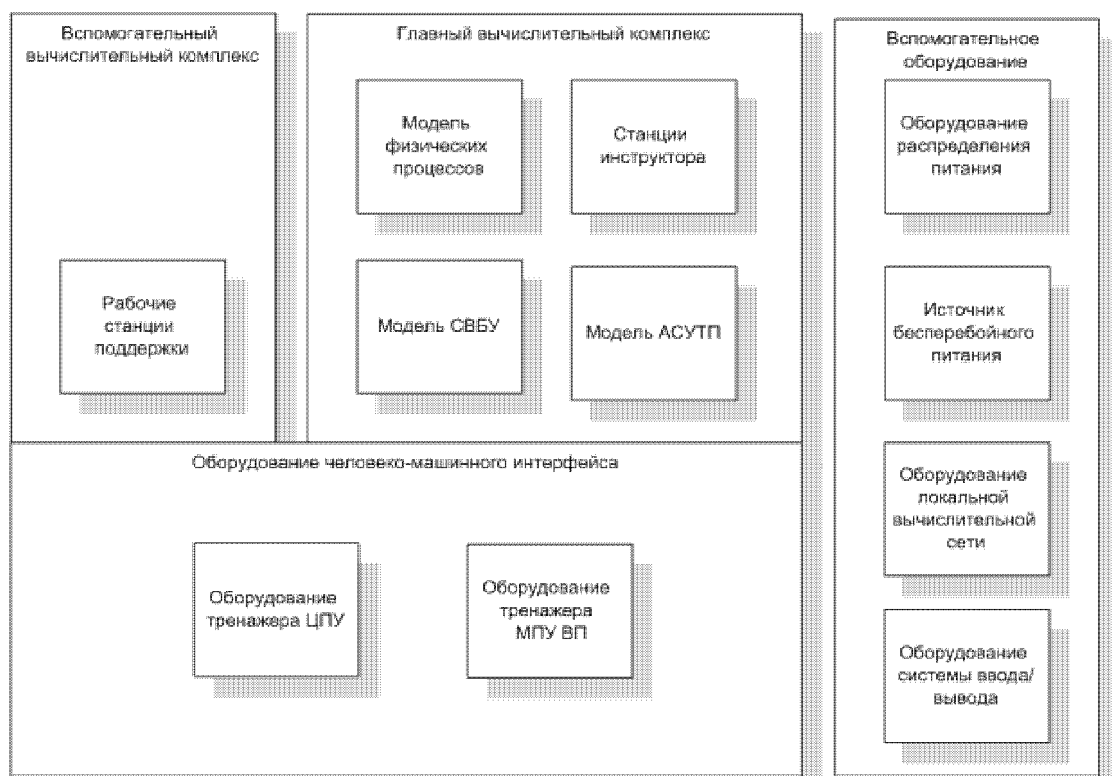


Рис.3.2.3. Структурная схема технических средств ТМП.

3.2.2. Имитаторы рабочих станций систем отображения информации на МПУ

3.2.2.1. В состав тренажеров должны входить имитаторы рабочих станций систем отображения информации на МПУ.

3.2.2.2. Имитаторы систем отображения информации должны иметь идентичные по техническим характеристикам и внешнему виду средства отображения. Форматы, состав, и скорость обновления представляемой информации, а также функции управления клавиатур должны соответствовать блоку-прототипу.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

3.2.3. **Функции и системы управления ТМП**

3.2.3.1. ТМП должны иметь оборудованное РМИ, имеющее необходимые средства для контроля и управления ТМП.

3.2.3.2. РМИ и функции управления ТМП должны соответствовать требованиям п. 5.8.3 и 7.7 СТО.

3.2.3.3. Если управление оборудованием, входящим в объем моделирования, осуществляется с объектов, не входящих в состав имитаторов МПУ (ЦЩУ, МЩУ или "по месту"), то оно должно выполняться в ТМП с РМИ (инструктор имитирует обязанности персонала АЭС указанных объектов).

3.2.3.4. РМИ должно быть оборудовано средствами громкоговорящей, телефонной и радиосвязи, необходимой для имитации оперативных переговоров.

3.2.3.5. РМИ должно иметь оборудование и поддерживать функции, позволяющие инструктору следить за ходом моделируемого технологического режима, обеспечивать возможность задавать исходное состояние соответствующих технологических систем энергоблока, удобным способом вводить и снимать моделируемые неисправности (нарушения в работе энергоблока) как единичные, так и множественные, в любых комбинациях и любой временной последовательности до начала занятия или в его процессе, следить за действиями обучаемых и состоянием ТМП.

3.2.3.6. Интерфейс аппаратных средств РМИ должен быть выполнен на русском языке.

3.2.3.7. С РМИ должны быть доступны следующие функции управления ТМП, обеспечивающие:

- возможность формирования сложных учебных сценариев с вводом различных комбинаций отказов, реализации функций местного управления, прямых воздействий и т.д.;
- контроль и оперативное управление ходом занятия;
- возможность детального анализа результатов действий обучаемых;
- возможность записи и сохранения не менее 20 начальных состояний;
- РАБОТА/СТОП – функция управления тренажером, осуществляющая включение/останов процесса моделирования на ТМП;

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

- **ЗАПОМИНАНИЕ** – функция управления ТМП, осуществляющая запоминание текущего состояния ТМП по команде инструктора с возможностью последующей инициализации ТМП в данное состояние как начальное;
- **ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ** – функция управления ТМП, осуществляющая установку ТМП в требуемое начальное состояние;
- **ВОЗВРАТ** – функция управления тренажером, осуществляющая возврат ТМП по заданию инструктора в промежуточное состояние между текущим и начальным состоянием;
- **ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ** – функция управления ТМП, осуществляющая автоматическое воспроизведение процесса моделирования вместе с действиями инструктора и обучаемого персонала АЭС с промежуточного состояния, задаваемого функцией ВОЗВРАТ;
- **ВВОД/УДАЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОТКАЗА** – функция управления ТМП, с помощью которой инструктор осуществляет ввод и удаление (если отказ восстановимый) моделируемых отказов, задает степень их жесткости, время задержки введения отказа и другие условия;
- **ВВОД/УДАЛЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО (СТАНДАРТНОГО) ОТКАЗА** – функция управления ТМП, с помощью которой инструктор осуществляет ввод и удаление стандартных отказов, задает степень их жесткости, время задержки введения отказа и другие условия;
- **МЕСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ** – функция управления ТМП, позволяющая инструктору выполнять операции с оборудованием, управляемым с местных щитов, а также задание внешних параметров на границах моделируемых систем;
- **КОНТРОЛЬ ПРЕДЕЛОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ** – функция управления ТМП, осуществляющая контроль за установленными для ТМП пределами моделирования и извещение инструктора об их достижении;
- **УПРАВЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫМ МАСШТАБОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ** – функция управления ТМП, осуществляющая задание реального, замедленного или ускоренного масштаба времени. ТМП должен предусматривать возможность замедления процесса моделирования для демонстрации быстротекущих режимов, а также возможность ускорения моделирования

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

отдельных медленнотекущих процессов (разогрев оборудования, набор вакуума и т.д.);

- РЕГИСТРАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ – функция управления ТМП, осуществляющая регистрацию действий обучаемых и действий инструктора;
- РЕГИСТРАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ – функция управления ТМП, осуществляющая регистрацию изменения моделируемых технологических параметров энергоблока в соответствии с перечнем параметров, формируемым инструктором;
- РЕГИСТРАЦИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ – функция управления ТМП, осуществляющая регистрацию всех событий (дискретных сигналов) от моделируемых систем и оборудования в соответствии с перечнем дискретных сигналов базы данных ТМП;
- ПРЯМОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ – функция управления ТМП, позволяющая инструктору осуществлять прямое воздействие с РМИ на приборы контроля и управления имитатора МПУ с приоритетом над действиями обучаемых;
- ТРИГГЕР СОБЫТИЙ – функция управления ТМП, осуществляющая задание логических условий ввода/удаления отказов, прямых воздействий инструктора на приборы контроля и управления имитатора МПУ и т.д.;
- ДИАГРАММЫ МОДЕЛИРУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ — схематические изображения всего моделируемого оборудования и систем, на которых показаны технологические (логические – для логических диаграмм) связи, точки КИПиА, органы управления, моделируемые отказы, мишени местного управления и т.д. С помощью диаграмм моделируемого оборудования и систем инструктор должен иметь возможность осуществлять ввод отказов, функции местного управления, прямое воздействие на оборудование систем, контроль состояния оборудования и систем;
- ОТКЛЮЧЕНИЕ ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ – функция управления ТМП, позволяющая отключать всю звуковую сигнализацию на ТМП с РМИ;
- ВЫВОД ИНФОРМАЦИИ – функция ТМП, предназначенная для распечатки цифровой, текстовой и графической информации по моделируемому режиму, протокол действий обучаемых и инструктора. На ТМП также должна

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

реализовываться возможность распечатки бланков аналоговых параметров и протоколов текущих событий как и на энергоблоке-прототипе.

3.2.3.8. Инструктор должен иметь возможность выбрать отказы моделируемых элементов оборудования энергоблока из списка системных и компонентных отказов и ввести до 20 непротиворечивых отказов за одно упражнение с различными временами задержки или без задержки времени. Должна быть также возможность введения отказа автоматически по условиям, наступившим в результате динамического моделирования.

3.2.3.9. Должны быть предусмотрены функции удаленного управления оборудованием, которое не управляется с МПУ, в виде типов - дискретный и переменный. Функции переменного типа предусмотрены для установки положения задвижек, клапанов и регуляторов в заданном положении. Ввод функций удаленного управления должен быть обеспечен с симуляционных диаграмм, из списка индексов функций и экспертным способом.

3.2.3.10. Функция ВОЗВРАТ должна обеспечивать периодическую запись состояний тренажера в течение сеанса обучения, пока тренажер не переведен в режим ОСТАНОВ. Система должна автоматически записывать в циклическом режиме и сохранять не менее 20 текущих состояний тренажера с интервалом в одну минуту или с заданным интервалом.

3.2.3.11. Все действия инструктора должны быть записаны с отметкой времени. Размер файла должен быть достаточен для записи действий оператора и инструктора в течение сеанса обучения (2,5 часа).

3.2.3.12. Должна быть предусмотрена программа автоматизированного выполнения сценария (АВС) для выполнения предварительно составленного файла экспертных команд. АВС должна обеспечить инструктору возможность создавать и выполнять различные сценарии упражнений и создать библиотеку сценариев.

3.2.3.13. Должна быть возможность отображения моделируемых параметров в числовой и графической форме. Инструктор может указать аварийные пределы для контролируемых параметров. Выход параметра за аварийные пределы должен быть показан на экране изменением цвета. Графики на экранах должны обновляться не реже один раз в секунду и удерживаться до четырех часов моделируемого процесса.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

Тренажер должен работать в трех временных режимах по выбору инструктора: в режиме ускорения заранее определенных физических процессов, в режиме реального времени и в режиме замедления.

3.2.3.14. Режим реального времени должен является нормальным режимом моделирования.

3.2.3.15. Режим замедления времени должен обеспечить детальную проверку переходных режимов за счет растяжения секунды расчетного времени для всех моделируемых систем до десяти секунд реального времени. Инструкторская станция должна информировать инструктора о текущем режиме масштабирования времени.

3.2.3.16. В пошаговом режиме динамическое моделирование должно задаваться и проводиться определенными временными интервалами.

3.2.3.17. Все прикладное программное обеспечение моделирующего компьютера и инструкторской станции, должно загружаться и выгружаться с инструкторской станции РМИ.

3.2.3.18. Сообщение о текущем режиме работы тренажера должно отображаться на экране инструкторской станции. При возникновении сбоя программного обеспечения тренажер должен быть переведен в режим ОТКАЗ или ОСТАНОВ с выводом информационного сообщения на монитор инструкторской станции.

3.2.3.19. На РМИ должна быть возможность контролировать и изменять внешние параметры в заданных пределах. Как минимум, это должны быть следующие параметры: частота и напряжение внешней энергосистемы, температура окружающей среды.

3.2.4. Система ввода-вывода

3.2.4.1. Система ввода/вывода (СВВ) предназначена для обеспечения обмена данными между вычислительным комплексом, приборами и органами управления ТМП. Пропускная способность каналов системы ввода/вывода должна обеспечить требуемую скорость обновления состояния элементов индикации, показывающих приборов, а также считывания данных с органов управления.

3.2.4.2. Точность преобразования аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей должна соответствовать классу точности показывающих приборов

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

МПУ так, чтобы показания приборов на ТМП находились в пределах погрешности от показаний реальных приборов МПУ при тех же технологических параметрах.

3.2.4.3. Система ввода/вывода в среднем должна иметь не менее 20% запаса (включая карты и слоты) по сравнению с проектным количеством аналоговых и дискретных сигналов, для подключения дополнительных приборов и устройств имитаторов МПУ в случае установки их на МПУ энергоблока прототипа. Система ввода/вывода должна связываться с вычислительным комплексом по сети Ethernet.

3.2.4.4. В состав системы должны входить следующие основные элементы:

- шлюзовой компьютер, обеспечивающий передачу данных между вычислительным комплексом и СВВ;
- блоки ввода/вывода;
- периферийные ячейки;
- рабочее программное обеспечение;
- тестовое программное обеспечение.

3.2.4.5. Система ввода/вывода должна быть распределенной, то есть должна позволять размещать блоки ввода/вывода внутри панелей и пультов по периметру их расположения. Места расположения блоков системы ввода/вывода, или непосредственно внутри панелей и пультов МПУ или в отдельных стойках, должны быть определены на этапе разработки проекта технических средств ТМП. Передача данных между главным вычислительным комплексом и шлюзовым компьютером должна осуществляться по сети Ethernet.

3.2.4.6. ТМП должны быть оснащены программно-диагностическим комплексом, обеспечивающим проверку работоспособности приборов и устройств имитатора МПУ. Программно-диагностический комплекс должен обеспечить следующие виды проверок:

- проверку работоспособности элементов индикации;
- проверку работоспособности устройств вырабатываемых сигналы дискретного ввода (переключателей, ключей, кнопок и т. д.);
- проверку работоспособности устройств управляемых сигналами аналогового вывода (показывающих приборов, самописцев, цифровых индикаторов и т. д.);

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

- проверку работоспособности устройств вырабатывающих сигналы аналогового ввода (потенциометры, задатчики аналоговых величин и т. д.).

3.2.5. Электроснабжение ТМП и система бесперебойного питания

3.2.5.1. Принципиальная схема электропитания ТМП представлена на Рис.

3.2.6.

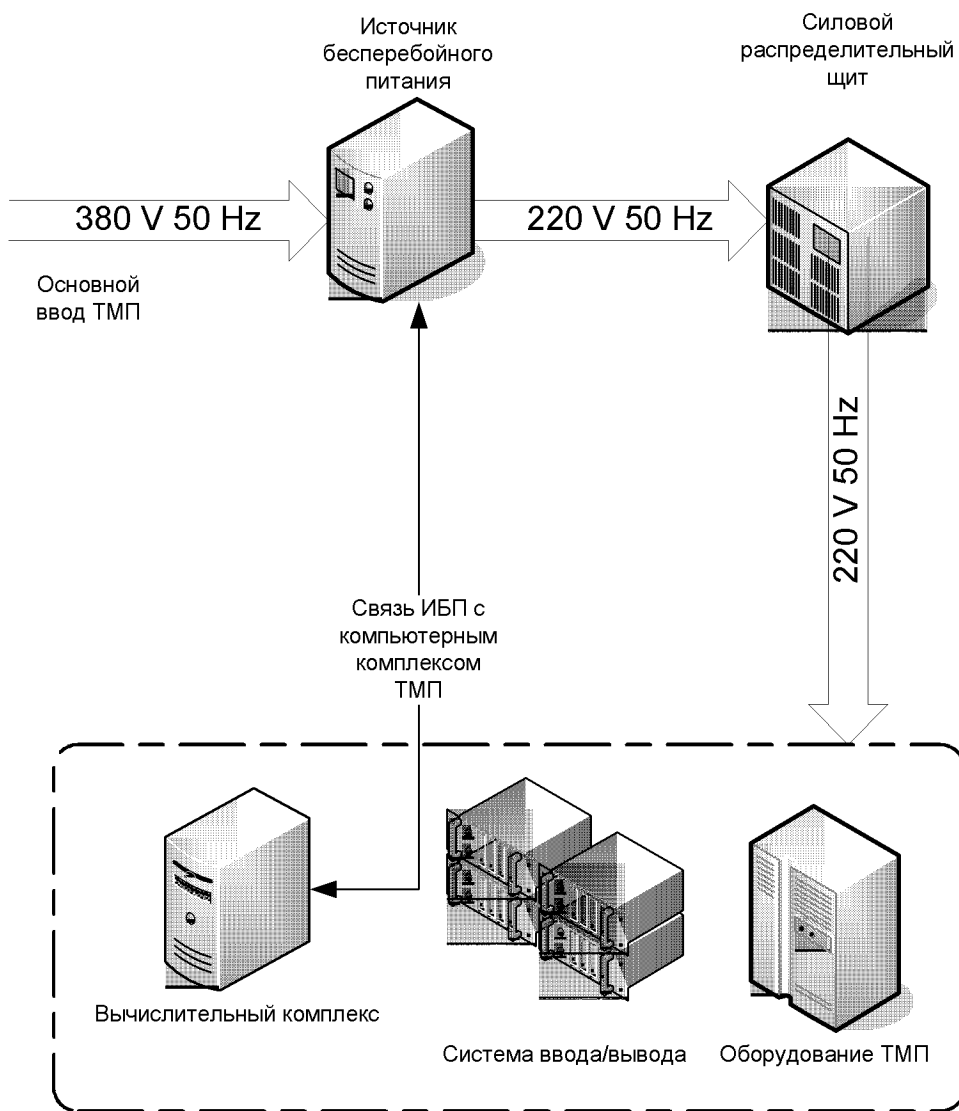


Рис. 3.2.6. Принципиальная схема электропитания ТМП

3.2.6. Требования к математическим моделям ТМП

3.2.6.1. Математические модели ТМП должны описывать динамические процессы таким образом, чтобы изменение технологических параметров в

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

моделируемых режимах соответствовало изменению аналогичных параметров в реальных режимах энергоблока-прототипа или расчетным данным и не противоречило физическим законам.

3.2.6.2. Моделирование работы соответствующих технологических систем энергоблока должно осуществляться в реальном масштабе времени (как основной режим), а также должна быть предусмотрена возможность останова процесса моделирования, изменения масштаба времени протекания определенных процессов.

3.2.6.3. Должны моделироваться все режимы эксплуатации, оперативное управление которыми осуществляется с ТМП. Все технологические процессы энергоблока должны моделироваться до устойчивой стабилизации технологических параметров или достижения пределов моделирования. В таком случае процесс моделирования считается законченным.

3.2.6.4. В переходных процессах математические модели должны моделировать изменения параметров по направлению, последовательности, скорости и величине изменения так же, как это происходит на блоке-прототипе в пределах определенной точности при идентичном исходном состоянии. При этом также должны инициироваться предупредительные и аварийные сигналы и управляющие действия автоматики как на референтном блоке.

3.2.6.5. Время реакции исполнительных механизмов при воздействии на органы управления с моторных полей МПУ должно совпадать со временем реакции исполнительных механизмов энергоблока-прототипа.

3.2.6.6. Время вызова диаграмм систем отображения информации МПУ и время обновления динамических параметров на дисплеях рабочих мест операторов МПУ тренажеров должны быть соизмеримо с временем на блоке-прототипе.

3.2.6.7. Порядок и длительность выполнения эксплуатационных процедур обучаемыми на ТМП (например, выполнение переключений по месту по распоряжению оператора МПУ) должны соответствовать порядку и реальной продолжительности операции на энергоблоке-прототипе. Отклик тренажеров на действия операторов должен соответствовать отклику референтного блока в соответствующих режимах эксплуатации.

3.2.6.8. Степень и глубина моделирования процессов и систем должны определяться в зависимости от их важности для подготовки операторов. Детальность

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

моделирования каждой системы должна быть определена в проектной спецификации тренажера.

3.2.7. Требования к информационному обеспечению

3.2.7.1. Тренажеры должны быть оснащены функцией управления базой данных программного обеспечения. Система управления базой данных должна предоставлять управляющую информацию для среды реального времени, назначить глобальные адреса для символов, поддерживать информацию по ссылкам и отвечать на запросы на всех фазах разработки, отладки и эксплуатации программного обеспечения.

3.2.7.2. Программное обеспечение тренажеров должно поддерживать иерархическую архитектуру, основанную на встроенной системе модульной иерархии и высокой степени расширяемости. Модульное проектирование программного обеспечения должно позволять вносить изменения в выбранный модуль без необходимости изменения других модулей.

3.2.7.3. Каждая моделируемая система должна быть определена и внедрена как отдельный комплекс программ, работающий под управлением собственного контрольного модуля. Программы моделируемых систем должны иметь сходную модульную архитектуру.

3.2.7.4. Стандартное оборудование станции (арматура, насосы, типовые регуляторы, электрические выключатели, датчики т.д.) должно моделироваться стандартными модулями (компонентами). Изменение таких стандартных модулей должно производиться методом автоматической регенерации этих модулей с новыми исходными данными и не должно требовать ручного изменения всех программ.

3.2.7.5. Программное обеспечение тренажеров должно поддерживать спецификацию модуля и ссылочную информацию. При загрузке каждого модуля система должна проверять совместимость модуля с базой данных и выдавать сообщение об их соответствии.

3.2.7.6. Должна быть возможность для ежедневного копирования прикладного программного обеспечения тренажеров на сменный носитель и восстановления любой его части с ранее сделанных копий, а также его обновления.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

3.2.8. Требования к интерфейсу с внешними системами АЭС

3.2.8.1. В проекте тренажеров должна быть предусмотрена возможность реализации доступа к ПО ТМП с удаленного терминала, с целью обеспечения оперативного сопровождения ПО тренажера Исполнителем в период опытной эксплуатации и гарантийного сопровождения. При этом предполагается, что Заказчик обеспечивает надежный канал выхода во внешнюю сеть с места расположения ТМП.

3.2.8.2. При необходимости должна быть реализована связь моделируемых систем ТМП с моделируемыми системами ПМТ.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

4. Требования к программному обеспечению ТМП

4.1. Требования к операционной системе

4.1.1. Вычислительные комплексы ТМП должны включать моделирующий компьютер, компьютеры инструкторской станции, компьютеры имитаторов рабочих станций операторов (РМОТ), компьютеры разработчиков ПО и шлюзовые компьютеры системы ввода/вывода, и при необходимости компьютеры для специальных задач (к примеру: шлюз для доступа на тренажер из Интернета).

4.1.2. На моделирующий компьютер и компьютеры инструкторской станции должна быть установлена операционная система (ОС), обеспечивающая исполнение прикладных программ в режиме реального времени. Операционная система должна поддерживать необходимые прикладные средства разработки, компиляторы и средства отладки и обладать следующими возможностями:

- поддерживать многозадачную, многопроцессорную программную среду реального времени;
- обеспечивать установку приоритетов реального времени;
- поддерживать систему виртуальной памяти;
- поддерживать динамическое распределение памяти;
- обеспечивать интерфейс, который позволит привилегированному заданию иметь доступ к служебным функциям операционной системы;
- поддерживать многопроцессорную работу, а также межпроцессорную память общего доступа;
- обеспечивать функции поддержки управления файлами;
- обеспечивать автоматическое планирование заданий на доступные процессоры;
- обеспечивать поддержку TCP/IP протокола для компьютерной сети тренажера;
- должна включать большую библиотеку функций и широкие возможности отладки программ и диагностики вычислений.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

4.1.3. Использование операционных систем на имитаторах рабочих станций систем отображения информации должно определяться исходя из возможностей установки на них штатных программ представления информации.

4.2. Требования к программному обеспечению управляющей системы

4.2.1. Управляющая система должна работать на компьютере, моделирующем технологические системы и физические процессы. Управляющая система реального времени должны содержать следующие главные компоненты:

- Главная задача синхронизации должна обеспечивать функции управления верхнего уровня для всей многопроцессорной системы.
- Задача реального времени должна объединять прикладные программы, моделирующие технологические системы и АСУ ТП энергоблока в объеме МПУ.
- Менеджер базы данных должен поддерживать создание и использование базы данных сложной структуры для моделирующих программ реального времени. Все данные модели должны размещаться в памяти многопроцессорного моделирующего компьютера, эта общая память должна быть общей для всех процессоров, а также для всех моделирующих программ.
- Интерактивная исполняемая задача должна обеспечивать тестирование моделей и планировать исполнение программ в нескольких режимах. Разработчики моделируемых систем должны иметь возможность одновременно и независимо тестировать свои системы на том же компьютере, не создавая помехи друг другу или тренажеру.
- Интерактивный отладчик должен обеспечивать просмотр и проверку каждого индивидуального модуля программы с возможностями просмотра или изменения констант и переменных, ввода и вывода из загрузки программных модулей, сохранения и восстановления начальных состояний.
- Программа компоновщика/загрузчика должна обеспечивать возможность создания исполняемых задач тренажера для загрузки на основном моделирующем компьютере.

4.2.2. Управляющая система должна обеспечивать модификацию следующих областей программной разработки:

	21
--	----

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

- коррекции исходных кодов программных модулей;
- обновления загрузки программного обеспечения при помощи компоновщика/загрузчика.

4.3. Требования к прикладному программному обеспечению

4.3.1. Прикладное программное обеспечение должно иметь иерархическую (сверху вниз) модульную структуру. Модульная структура разработки позволит дополнять или удалять программы без модификации других модулей. Должен быть обеспечен доступ ко всем математическим выражениям, чтобы облегчить модификации моделирующих программ. Должна быть возможность прокомпилировать каждый изменённый модуль независимо.

4.3.2. Должны быть разработаны стандартные программные модули для типовых, неоднократно использующихся при моделировании, компонентов АЭС и их элементов управления и индикации на МПУ, такие, как:

- электроприводная арматура;
- пневмоарматура;
- предохранительные клапаны;
- обратные клапаны;
- двигатели насосов, компрессоров, вентиляторов, механизмов перемещения;
- автоматические регуляторы;
- выключатели электрической сети;
- датчики замера параметров.

4.3.3. При разработке моделей должны быть использованы Стандартные форматы, методы и языки программирования.

4.3.4. Наименование программ должно основываться на соответствующем соглашении по именам программных модулей. Это наименование должно, как правило, отражать идентификаторы моделируемых систем и компонентов.

4.3.5. Имена программных переменных должны быть присвоены, используя соответствующее соглашение по именам переменных. Это позволит легко читать и анализировать тексты программ.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

4.4. Требования к программному обеспечению инструкторской станции

4.4.1. Инструкторская станция (ИС) должна использовать современное компьютерное оборудование и программное обеспечение. Разработка ИС должна быть выполнена на компьютере с графикой высокого разрешения, которая обеспечивает многозадачные и многооконные возможности.

4.4.2. ИС должна иметь встроенную функцию помощи. Большинство операций должны выполняться с динамических, интерактивных диаграмм технологических схем, с использованием вызываемых меню, всплывающих окон, графических слайдеров с целью упрощения для инструктора интерфейса управления. Должны быть предусмотрены ускоренные вызовы как, например, программируемые функциональные клавиши и экспертные команды, чтобы минимизировать время ввода команд инструктора.

4.4.3. Программное обеспечение ИС должно при необходимости обеспечивать защиту от случайной перезаписи существующих исходных состояний.

4.5. Требования к базе данных

4.5.1. Для управления конфигурацией ТМП должны использоваться базы данных, содержащие полную информацию обо всём моделируемом оборудовании ТМП.

4.5.2. Эти базы должны использоваться для автоматической генерации программ, отвечающих за адекватную работоспособность каждого элемента оборудования, файлов для внесения в базы данных тренажёров; программных сегментов; табло сигнализации; датчиков; соединений оборудования и т.д.

4.6. Требования к САПР проекта.

4.6.1. САПР должна представлять собой гибкое, универсальное, настраиваемое и расширяемое средство создания и отладки расчетных схем различных систем (теплогидравлики, автоматики, электрики и пр.) а также имитации интерфейсов визуализации (графика рабочих станций ТМП, панельная графика и т.д.).

4.6.2. Графический редактор САПР должен иметь интерфейс с программой, моделирующей физические процессы.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

4.7. Требования к поставке программного обеспечения.

4.7.1. Разработанное прикладное программное обеспечение должно быть поставлено как в исходном коде, так и в двоичной форме и размещено на жестких дисках компьютеров. Копия программного обеспечения должна быть поставлена на внешних электронных носителях информации.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

5. Требования к моделированию процессов и систем энергоблока

5.1. Требования к пределам моделирования

5.1.1. Пределы и объем моделирования должны определяться в соответствии с требованиями п. 7.2 СТО. Обязательному моделированию на ТМП подлежат все системы, важные для безопасности АС и контролируемые с МПУ.

5.1.2. Граничные значения расчетных параметров, устанавливающие пределы моделирования, должны определяться с учетом проектных пределов параметров оборудования, определенного в ТЗ.

5.1.3. Установленные пределы моделирования должны быть подтверждены в процессе проведения приемо-сдаточных испытаний ТМП.

5.1.4. ТМП должны обеспечить возможность моделирования переходных и аварийных режимов работы систем и оборудования энергоблока-прототипа, в соответствии с требованиями проекта, в объеме, определяемом ТЗ на ТМП до момента достижения стабильного устойчивого состояния систем энергоблока.

5.1.5. На ТМП должны быть предусмотрены средства (функции) автоматического контроля и извещения инструктора УТП АЭС о достижении расчетными параметрами граничных значений пределов моделирования.

5.1.6. В ТЗ на ТМП должны быть приведены моделируемые параметры, которые будут идентифицировать достижение/выход из пределов моделирования, и переведут ТМП в режим СТОП с отображением соответствующей информации на инструкторской станции. На этапе рабочего проекта ТМП Исполнитель должен окончательно определить и согласовать с Заказчиком пределы моделирования Тренажера и процедуру их контролирования. В случае достижения/выхода за пределы моделирования обучение на ТМП должно быть остановлено.

5.1.7. Предварительный список параметров, определяющих пределы моделирования и их граничные значения, будет приведен в ТЗ на ТМП.

5.2. Требования к объемам моделирования

5.2.1. Необходимый объем моделирования технологических систем и оборудования энергоблока-прототипа должен определяться на основе следующих положений:

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

- в объем моделирования должно включаться все технологическое оборудование, оперативный контроль и управление которым осуществляется с МПУ;
- Из технологических систем, включенных в объем моделирования, может исключаться оборудование, предназначенное для использования только в операциях, не входящих в перечень моделируемых режимов и не управляемое с МПУ (управляемые по месту воздушники и дренажи, ремонтная запорная арматура и т.д.);

5.2.2. Список моделируемого оборудования должен быть согласован с Заказчиком и приведен в ТЗ на ТМП.

5.2.3. Объем моделирования должен включать возможность изменения или задания функции изменения параметров окружающей среды БАЭС, которые влияют на условия эксплуатации станции: температура воздуха на прилегающей к станции территории, температура циркуляционной воды, напряжение и частота внешней сети и т.д. Перечень необходимых параметров контроля окружающей среды должен быть представлен на стадии «Технический проект» и согласован с Заказчиком.

5.2.4. Объем моделирования должен обеспечивать практическую тренировку операторов, приобретение ими профессиональных знаний и навыков в полном объеме управления из МПУ, необходимых для безопасной эксплуатации блока при нормальных условиях, нарушениях нормальной эксплуатации, пред- и после аварийных ситуаций.

5.2.5. Поставщиком ТМП должны быть разработаны детальные схемы моделирования технологических, электротехнических, информационных систем, средств АСУ ТП и оборудования энергоблока для всех систем, включенных в объем моделирования.

5.2.6. Поставщиком ТМП совместно с АЭС должны быть разработаны и включены в технический проект ТМП спецификации моделируемого оборудования МПУ (показывающие приборы, табло сигнализации, ключи управления, мониторы информационных систем и т.д.), перечни моделируемых индивидуальных отказов, операций местного управления и перечень оборудования, для которого создаются компонентные отказы. Требование по созданию перечней индивидуальных отказов,

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

операций местного управления и компонентных отказов определяется техническим заданием (ТЗ).

5.3. Требования к математическим моделям

5.3.7. Термогидравлическая модель технологических систем энергоблока и АЭС.

5.3.7.1. Для моделирования гидравлических контуров технологических систем энергоблока должна использоваться двухфазная, двухскоростная, негомогенная и неравновесная теплогидравлическая модель, учитывающая наличие неконденсирующихся газов.

5.3.7.2. Теплогидравлическая модель должна моделировать все основные физические процессы и явления, которые могут иметь место во всем спектре режимов нормальной эксплуатации и аварийных режимов. В том числе:

- гидродинамические процессы:
 - а) естественная и принудительная циркуляция однофазного или двухфазного теплоносителя, включая обратные потоки;
 - б) изменение режима работы насосов: включение, отключение, выбег, кавитация, двухфазное течение, реверс потока, заклинивание ротора и расцепление с электродвигателем;
 - в) однофазные и двухфазные истечения через предохранительные клапаны и в разрывы трубопроводов;
 - г) однонаправленные и противоположные течения газообразных и жидких компонентов парогазовой смеси;
 - д) образование и изменение уровня жидкости в объемах;
 - е) учет режима критического истечения через предохранительные клапаны и разрывы трубопроводов;
 - ж) малые течи и большие разрывы трубопроводов, в том числе и с двухсторонним истечением;
- процессы тепло-массообмена:
 - а) межфазный теплообмен жидкости и газа;
 - б) теплообмен между теплоносителем (однофазный теплоноситель или паро-газо-жидкостная гомогенная или гетерогенная смесь) и

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

стенками, с учетом влияния азота и других неконденсирующихся газов на теплопередачу и с учетом внутренних источников тепла;

- в) все режимы теплообмена: излучение, теплопроводность, конвективный теплообмен, эффекты конденсации и режимы кипения: в условиях недогретой жидкости, пузырьковый, переходный, в условиях критического теплового потока, пленочный и полное осушение;
- г) учет теплового эффекта химических реакций;
- д) теплообмен с многослойными стенками;
- е) тепловыделение от работающего оборудования и тепловые потери от оборудования и трубопроводов.

5.3.7.3. Теплогидравлическая модель должна быть применимой в широком диапазоне изменения параметров.

5.3.7.4. Реальные объекты (баки, трубопроводы, арматура, теплообменники, насосы и др.) должны моделироваться набором стандартных элементов и связей между ними в рамках нодализационных схем произвольной конфигурации. Должна быть обеспечена возможность гибкого построения нодализационных схем для применения теплогидравлической модели при моделировании любых систем энергоблока, содержащих гидравлические контуры и объекты любой конфигурации и геометрии.

5.3.7.5. Теплогидравлическая модель должна учитывать все рассматриваемые отказы, интегрироваться с другими математическими моделями (нейтронно-физической, электрической, АСУ) и обеспечивать возможность проведения расчетов в реальном времени.

5.3.7.6. Вычисления по модели должны быть достоверны во всем эксплуатационном диапазоне. Модель должна содержать достаточное количество расчетных узлов для правильного учета распределенности параметров в сложной системе любой геометрии и правильной передачи информации средствам измерения и контроля.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

5.3.8. Системы электроснабжения

5.3.8.1. Моделирование систем электроснабжения должно включать основные шины и сборки, в том числе шины постоянного тока, шины управления и сигнализации.

5.3.8.2. При моделировании шин электроснабжения должны учитываться электрические параметры основных потребителей, запитанных с этих секций.

5.3.8.3. Математическая модель должна адекватно отображать работу технологического оборудования, выключателей, трансформаторов, выпрямителей, дизель-генераторов, аккумуляторных батарей и вести расчёт основных величин, характеризующих электрическую сеть (напряжение, ток, мощность (полную, активные и реактивные составляющие), частоту).

5.3.8.4. При моделировании щитов постоянного тока должны учитываться эффекты заряда и разряда аккумуляторов.

5.3.8.5. Должны моделироваться эффекты, связанные с самозапуском электродвигателей после перерывов питания различной длительности и выбегом электродвигателей после обесточивания.

5.3.8.6. Внешняя энергосистема должна моделироваться в объеме, необходимом для получения реалистичных реакций в показателях напряжения и частоты на любые нарушения в энергосистеме.

5.3.8.7. Модель процессов в генераторе должна включать в себя:

- работу в энергосистеме;
- холостой ход;
- работу на собственные нужды, если такой режим допустим;
- возбуждение и развозбуждение;
- синхронизация;
- короткие замыкания на выводах генератора;
- синхронные и асинхронные режимы;
- работа релейной защиты;

5.3.9. Моделирование стандартного оборудования

Насосы

5.3.9.1. Модели насосов должны быть различными для центробежных, поршневых и других используемых типов насосов, а также должны:

- достоверно отражать возникновение и эффекты кавитации;

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

- отражать работу насосов при пуске, выбеге и с расходом в любом направлении;
- достоверно отражать эффекты передачи тепла от насоса к перекачиваемой жидкости, где это требуется;
- отражать влияние пусковых токов насосов на электрические системы и влияние частоты и напряжения сети на характеристики насоса при пуске и работе, где это существенно;
- допускать параллельное или последовательное включение насосов.

Клапаны

5.3.9.2. Модель клапана должна учитывать:

- возможное различие во времени открытия и закрытия клапана;
- нелинейную зависимость расхода через клапан от положения регулирующего элемента, где это необходимо;
- дроссельные характеристики;
- модель клапана должна реалистично отображать течение пара и жидкости через него, эффекты перепада давления и местных протечек, где это требуется;
- модели электроприводных и электромагнитных клапанов должны включать наличие управляющего и силового питания;
- модели перепускных и предохранительных клапанов должны реалистично отражать данные по гистерезису открытия/закрытия;
- модели дистанционно управляемых клапанов должны включать приемлемые времена открытия / закрытия.

Трубопроводы

- При моделировании трубопроводов должны соблюдаться их геометрические размеры: диаметры и длины;
- Необходимо также задавать правильные высотные отметки расположения трубопроводов;
- Должна быть обеспечена точная высотная привязка при соединении трубопроводов с баками.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

Баки

- Уровень жидкости в баке должен вычисляться с учетом его реальной геометрии;
- модель должна обеспечивать общий баланс массы жидкости и парогазовой смеси в баке;
- модель баланса энергии должна включать тепловые потери в окружающую среду, фазовые переходы, и наличие теплообменников в баке;
- модель бака должна достоверно рассчитывать давление в условиях полного заполнения бака жидкостью;
- модель бака должна иметь возможность для практически мгновенного изменения (уменьшения, увеличения) уровня в баке и концентрации примесей

Теплообменники

- Модели теплообменников должны достоверно отражать эффекты, связанные с изменением расходов (по величине и направлению, в т.ч. с прекращением расходов), температур обменивающихся теплом сред, а также корректно учитывать теплоемкости сред и металла;
- модель двухфазного теплообменника должна включать области перегретого пара, насыщения и недогретой жидкости в соответствии с режимом;
- модель теплопередачи через стенки теплообменников должна учитывать толщину и массу металла.

Выключатели электрических сетей

Модели сетевых выключателей / разъединителей должны включать:

- воздействие управляющего питания;
- реле блокировок, устройств взвода, цепи защиты от повторного включения;
- логические устройства управления и защиты.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

5.3.10. **Моделирование системы контроля и управления**

Следующие системы контроля и управления (СКУ) АЭС должны моделироваться:

- Система контроля и управления для оборудования водоподготовки (СКУ ВХР);
- Система контроля и управления вентиляционным оборудованием (СКУ В);
- Система контроля турбогенератора;
- Система автоматической противопожарной защиты (САППЗ);
- Управление и релейная защита электрических систем.

5.4. **Требования к моделированию режимов работы энергоблока**

5.4.1. ТМП должен обеспечить моделирование проектных режимов эксплуатации, контроль и управление которыми осуществляется оперативным персоналом МПУ.

5.4.2. Перечень моделируемых режимов формируется в соответствии с требованиями п. 7.3. СТО. Критерием отбора при формировании перечня моделируемых режимов является условие, что контроль и оперативное управление режимом осуществляется с МПУ энергоблока-прототипа.

5.4.3. Определение необходимых для моделирования эксплуатационных режимов выполняется на основе следующих документов:

- эксплуатационная документация энергоблока-прототипа в части моделируемых на ТМП режимов;
- проектная документация энергоблока-прототипа в части моделируемых на ТМП режимов;
- информация по отказам, имевшим место на системах и оборудовании энергоблока-прототипа.

5.4.4. Перечень моделируемых режимов эксплуатации энергоблока представлен в Приложении В.

5.4.5. Для моделирования режимов с нарушением пределов и условий нормальной эксплуатации и аварий, в соответствии с требованиями п.п. 7.1.2., в ТМП должны быть предусмотрены системные и стандартные отказы, вводимые инструктором с РМИ.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

5.5. Требования к исходным состояниям

5.5.1. Формирование перечня исходных состояний должно быть реализовано в соответствии с п. 7.4. СТО.

5.5.2. Тренажеры должны иметь возможность сохранения 20 Исходных Состояний (ИС), которые будут размещены на жестком диске компьютера инструкторской станции.

5.5.3. На тренажерах должны быть установлены базовые исходные состояния, которые должны соответствовать различным состояниям энергоблока. Эти базовые ИС должны быть защищены от случайной перезаписи паролем. Остальные исходные состояния создаются инструктором по мере необходимости.

5.5.4. Для упорядочивания процесса создания исходных состояний, у каждого инструктора могут быть выделенные номера исходных состояний, при необходимости, защищаемые от перезаписи индивидуальным паролем.

Перечень базовых исходных состояний представлен в Приложении А.

5.6. Требования к точности и достоверности моделирования

5.6.1. Моделирование на ТМП исходных состояний, режимов нормальной эксплуатации, режимов с нарушением нормальной эксплуатации и аварий в части требований к точности и достоверности должно соответствовать п. 7.5. СТО:

- требования к точности и достоверности моделирования стационарных состояний режимов нормальной эксплуатации;
- требования к устойчивости моделирования стационарных состояний режимов нормальной эксплуатации;
- требования к точности и достоверности моделирования переходных состояний режимов нормальной эксплуатации;
- требования к точности и достоверности моделирования режимов с нарушением нормальной эксплуатации;
- требования к воспроизводимости моделируемого процесса.

5.7. Моделирование отказов

5.7.1. Моделирование неисправностей оборудования и систем АЭС в целом должно быть реализовано посредством активизации предусмотренных на стадии

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

технического проекта отказов на компонентном (стандартные отказы) и системном (системные отказы) уровне.

5.7.2. Моделирование набора возможных неисправностей типового оборудования осуществляется посредством «стандартных отказов». Каждый вид типового оборудования – насосы, задвижки, клапаны - будет иметь свой набор неисправностей. Воздействие каждого такого отказа на модель технологической системы будет моделироваться адекватно аналогичному событию на реальном энергоблоке-прототипе. Перечень стандартных отказов приведен в Приложении Д.

5.7.3. Введение системных отказов осуществляется для моделирования различных эксплуатационных режимов, проектных аварий. Для выполнения этой цели на тренажере предполагается моделировать системные отказы. Список системных отказов будет представлен Заказчику для согласования на этапе разработки ТЗ ТМП.

5.7.4. Моделирование всех стандартных и системных отказов, индивидуально или в комбинации, должно полно и реалистично воспроизводить поведение энергоблока в аналогичной ситуации, с адекватной реакцией на действия операторов и соответственно отражать сигнализацию на ТМП.

5.7.5. Отказы должны моделироваться с учетом физических явлений в системах и оборудовании реального энергоблока при возникновении в них отказов подобного типа. Не должны использоваться заранее определенные или заранее записанные реакции компонентов или систем на отказы.

5.7.6. Все активизированные отказы моделируются до тех пор, пока они не удалены инструктором (при введении восстанавливаемых отказов) или ТМП не будет переведен в иное исходное состояние (при введении невосстанавливаемых отказов). Вторичные эффекты от введения отказов также должны моделироваться.

5.7.7. Должна быть реализована возможность, как индивидуального ввода соответствующего отказа, так и необходимой комбинации системных и стандартных отказов. Максимальное количество по введению системных отказов будет определено на этапе разработки Технического проекта ТМП.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПЕРЕЧЕНЬ ИСХОДНЫХ СОСТОЯНИЙ

А.1 Для ТМП ЦПУ.

1. Генератор отключен от сети;
2. Генератор номинальной мощности;
3. Синхронизация и включение в сеть ТГ
4. Мощность ТГ 50%;
5. Мощность ТГ 80%;
6. Мощность ТГ 100%.

А.2 Для ТМП ВХР.

1. Готовность систем водоподготовки к работе;
2. Работа систем ВХР при состоянии РУ в режиме «Холодный останов»;
3. Работа систем ВХР при состоянии РУ в режиме «Горячий останов»;
4. Работа систем ВХР при состоянии РУ в режиме «МКУ»;
5. Работа систем ВХР при готовности к толчку турбины;
6. Работа систем ВХР при состоянии блока «Мощность 50%»;
7. Работа систем ВХР при состоянии блока «Мощность 100%»;

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Перечень стандартных (компонентных) отказов (для всех ТМП)

Регуляторы и регулирующие клапаны

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Ложная команда управления «Открыть»	После ввода отказа: -РК открывается до концевика. После удаления отказа неисправность устраняется
Ложная команда управления «Закрыть»	После ввода отказа: -РК закрывается до концевика. После удаления отказа неисправность устраняется
Потеря силового питания привода РК	После ввода отказа: -невозможно управление РК ни в дистанционном, ни в автоматическом режимах. После удаления отказа неисправность устраняется.
Заклинивание РК	После ввода отказа: -при изменении положения РК и достижении им положения определяемому «жесткостью» отказа происходит его механическое заклинивание; -невозможно управление РК ни в дистанционном, ни автоматическом режимах. После удаления отказа неисправность устраняется
Протечка через РК	После ввода отказа появляется протечка через РК После удаления отказа неисправность устраняется
Не прохождение команд “закрыть” от регулятора к РК	При формировании команды на закрытие РК от цепей ТЗиБ, клапан не меняет своего положения. После удаления отказа неисправность устраняется.
Не прохождение команд “открыть” от регулятора к РК	При формировании команды на открытие РК от цепей ТЗиБ, клапан не меняет своего положения. После удаления отказа неисправность устраняется.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

Насосы

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Самопроизвольное включение	После ввода отказа, насос включается. При дистанционном отключении - отключается.
Самопроизвольное отключение	После ввода отказа, насос отключается. При дистанционном включении – включается.
Потеря питания управления	После ввода отказа: -насос не управляется ни в автоматическом, ни в дистанционном режимах; -статус насоса остается в исходном (текущем) положении. После удаления отказа насос работоспособен
Потеря силового питания	После ввода отказа: -давление на напоре насоса, расход насоса плавно снижаются до нуля, мощность эл. двигателя насоса обнуляется. Эл. двигатель насоса отключается электрическими защитами; -при попытке включения насоса он не включается. После удаления отказа неисправность устраняется.
Заклинивание насоса	После ввода отказа: - расход через насос останавливается - увеличивается ток двигателя
Засорение входного патрубка	После ввода отказа: -в зависимости от жесткости отказа, изменяется проходное сечения входного трубопровода
Отказ прохождения команды “включить”	а) насос включен. После ввода отказа эффекта нет. б) насос выключен: При наступлении условий, требующих включения (ТЗиБ или оператор), насос не включается. После удаления отказа неисправность устраняется
Отказ прохождения команды “выключить”	а) насос выключен. После ввода отказа эффекта нет. б) насос включен:

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
	При наступлении условий, требующих выключения (ТЗиБ или оператор), насос не выключается. После удаления отказа неисправность устраняется

Датчики аналогового сигнала

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Завышение показаний	После ввода отказа выходной сигнал с датчика будет равен: $y' = y + Sx/100$, где y' - новое значение показаний; y - текущее значение измеряемой величины; S - жесткость отказа; x - диапазон измерения датчика. После удаления отказа неисправность устраняется, показания датчика соответствуют реальному значению измеряемой величины.
Занижение показаний	После ввода отказа выходной сигнал с датчика будет равен: $y' = y - Sx/100$, где y' - новое значение показаний; y - текущее значение измеряемой величины; S - жесткость отказа; x - диапазон измерения датчика. После удаления отказа неисправность устраняется, показания датчика соответствуют реальному значению измеряемой величины.
Зависание показаний в текущем значении	После ввода отказа выходной сигнал с датчика будет равен: $y' = y = \text{const}$, где y' - новое значение показаний; y - значение измеряемой величины в момент ввода отказа. После удаления отказа неисправность устраняется, показания датчика соответствуют реальному значению измеряемой величины.
Зависание показаний в заданном значении	После ввода отказа выходной сигнал с датчика будет равен: $y' = Sx = \text{const}$, где y' - новое значение показаний; S - жесткость отказа; x – диапазон измерения датчика. После удаления отказа неисправность устраняется, показания датчика соответствуют реальному значению измеряемой величины.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

Датчики дискретного сигнала

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Ложное срабатывание	После ввода отказа выходной сигнал с датчика будет равен 1:
Не срабатывание	После ввода отказа выходной сигнал с датчика будет равен 0

Фильтры

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Засорение	После ввода отказа в соответствии с жесткостью уменьшается проходное сечение:

Теплообменники

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Засорение трубок	После ввода отказа в соответствии с жесткостью уменьшается проходное сечение:
Засорение поверхности теплообмена	После ввода отказа в соответствии с жесткостью уменьшается теплопередача

Электроприводная арматура

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Самопроизвольное открытие арматуры	После ввода отказа, если арматура закрыта, или находится в промежуточном положении, происходит ее открытие с нормальной скоростью. После удаления отказа арматура управляется в нормальном режиме.
Самопроизвольное закрытие арматуры	После ввода отказа, если арматура открыта, или находится в промежуточном положении, происходит ее закрытие с нормальной скоростью. После удаления отказа арматура управляется в нормальном режиме.
Заклинивание в заданном положении	После ввода отказа, при формировании команды на открытие / закрытие происходит заклинивание арматуры в положении, определяемом жесткостью отказа.

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
	<p>Теряется возможность изменить положение арматуры в дистанционном или автоматическом режимах.</p> <p>После удаления отказа арматура управляется в нормальном режиме.</p>
Потеря питания управления	<p>После ввода отказа пропадает сигнализация о положении арматуры на пультах и панелях БПУ.</p> <p>Теряется возможность управления арматурой.</p> <p>После удаления отказа арматура управляется в нормальном режиме.</p>
Потеря силового питания	<p>После ввода отказа теряется возможность управления арматурой.</p> <p>После удаления отказа арматура управляется в нормальном режиме.</p>
Отказ прохождения команды “открыть”	<p>При наступлении условий, требующих открытия арматуры (ТЗиБ или оператор), арматура не изменяет своего текущего положения. После удаления отказа неисправность устраняется</p>
Отказ прохождения команды “закрыть”	<p>При наступлении условий, требующих закрытия арматуры ТЗиБ или оператор), арматура не изменяет своего текущего положения. После удаления отказа неисправность устраняется</p>

Дистанционно управляемые выключатели

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Самопроизвольное включение	<p>а) Выключатель замкнут.</p> <p>После ввода отказа эффекта нет.</p> <p>б) Выключатель разомкнут.</p> <p>После ввода отказа выключатель включается, срабатывает индикация включения на пультах и панелях БПУ. При попытке его отключения в дистанционном или автоматическом режимах, выключатель отключается и снова включается, работает индикация включения на пультах и панелях БПУ.</p> <p>При квитировании выключателя на включение индикация горит ровным светом.</p> <p>После удаления отказа неисправность устраняется.</p>
Самопроизвольное отключение	<p>а) Выключатель разомкнут.</p> <p>После ввода отказа эффекта нет.</p>

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
	<p>б) выключатель замкнут:</p> <p>-выключатель отключается, срабатывает индикация выключения на пультах и панелях БПУ;</p> <p>-при попытке его включения дистанционным или автоматическом режиме, выключатель включается и снова отключается, работает индикация выключения на пультах и панелях БПУ.</p> <p>При квитировании выключателя на отключение индикация горит ровным светом.</p> <p>После удаления отказа неисправность устраняется.</p>
Отказ автоматического включения (отключения)	<p>После ввода отказа:</p> <p>а) выключатель разомкнут:</p> <p>- эффекта нет;</p> <p>-при возникновении условий автоматического включения выключателя (по командам из цепей ТЗиБ) он не включается,</p> <p>-индикация положения выключателя не изменяется.</p> <p>Сохраняется возможность дистанционного управления выключателем;</p> <p>б) выключатель замкнут:</p> <p>- эффекта нет;</p> <p>-при возникновении условий автоматического отключения выключателя (по командам из цепей ТЗиБ) он не отключается,</p> <p>-индикация положения выключателя не изменяется.</p> <p>Сохраняется возможность дистанционного управления выключателем.</p> <p>После удаления отказа неисправность устраняется, восстанавливается работоспособность выключателя</p>

Электрические шины

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Короткое замыкание	После ввода отказа происходит короткое замыкание на шине

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

Трансформаторы

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Короткое замыкание обмотки по низкому напряжению	После ввода отказа происходит короткое замыкание в обмотке по низкому напряжению
Короткое замыкание обмотки по высокому напряжению	После ввода отказа происходит короткое замыкание в обмотке по высокому напряжению

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Перечень моделируемых режимов энергоблока

В.1. Перечень моделируемых режимов энергоблока для ТМП ЦПУ.

№	Наименование режима
Режимы нормальной эксплуатации	
1.	Синхронизация турбогенератора с энергосистемой.
2.	Нагружение энергоблока до номинальных параметров.
3.	Маневрирование нагрузкой энергоблока.
4.	Разгрузка энергоблока с номинальных параметров до отключения ТГ от сети.
5.	Включение в работу основного оборудования после его отключения в процессе эксплуатации, не приведшего к останову энергоблока
6.	Предпусковые испытания и периодические опробования оборудования АС, выполняемые операторами МПУ.
7.	Периодические переходы на резервное оборудование.
Режимы с нарушением работы систем	
8.	Отключение энергоблоков от сети
9.	Аварии в энергосистеме
Режимы с нарушениями в работе систем контроля, управления и автоматического регулирования	
10.	Нарушения в работе средств контроля и управления МПУ.
11.	Отказы измерительных каналов.
12.	Отказы срабатывания / ложное срабатывание основных технологических защит и блокировок.
13.	Отказы систем автоматического регулирования
Режимы с нарушением условий электроснабжения собственных нужд энергоблока и оборудования выдачи мощности	
14.	Обесточивание групп сборок электропитания механизмов, в том числе КИПиА
15.	Обесточивание отдельных секций (группы секций) 10 кВ или 0,4 кВ основного или резервного электропитания механизмов собственных нужд
16.	Отключение энергоблока от сети с переводом турбогенератора на уровень собственных нужд

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	09.07.2012
--	---	------------

№	Наименование режима
17.	Перерыв электропитания собственных нужд вследствие отказа системы основного электроснабжения и перевода на резервную
18.	Полное обесточивание энергоблока с потерей основного и резервного источников электроснабжения
19.	Отказ РЗА блока генератор-трансформатор
20.	Нарушения в работе систем аварийного электроснабжения
Режимы с нарушениями работы оборудования, связанные с пожарами	
21.	Пожар в электротехнических помещениях, кабельных отсеках, полуэтажах, шахтах
22.	Пожар в КРУЭ

Е.3. Перечень моделируемых режимов энергоблока для ТМП ВХР.

№	Наименование режима
Режимы нормальной эксплуатации	
1.	Предпусковые испытания и периодические опробования оборудования АС, выполняемые операторами МПУ.
2.	Периодические переходы на резервное оборудование.
Режимы с нарушением работы систем	
3.	Нарушения в работе систем ВХР
Режимы с нарушениями в работе систем контроля, управления и автоматического регулирования	
4.	Нарушения в работе средств контроля и управления МПУ.
5.	Отказы измерительных каналов.
6.	Отказы срабатывания / ложное срабатывание основных технологических защит и блокировок.
7.	Отказы систем автоматического регулирования

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Предварительная спецификация технических средств ТМШ БАЭС

Спецификация оборудования, изделий и материалов

№	Код	Наименование	Тип, марка, модель, шифр,	№ТУ,	Класс	Категория	Материал	Ед.-	Кол.-	Кол.-	Масса,	Климатиче-	Условия	Место	Разработчик	Примечание	
п/п	по	оборудования	техническая характеристика	чертежа, техни-ческих требова-ний и др.	безопасности/Группа/Категория Сейсмостой-кости	Обеспе-чения качества	л	изме-нения	чество на 1 блок	чество на 2 блок	Масса, кг	ческое исполнение и категория размещения	хранения	установки (здание, отметка)		Суммарная стоимость	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10а	11	12	13	14	15	16	17
Главный вычислительный комплекс																	
		Модель физических процессоров															
		Компьютер, моделирующий физические процессы	Процессор Intel 8 ядер 31гп ОЗУ 16 Гб Жесткий диск 300 Гб Ethernet интерфейс DVD привод					шт	3	8	24						
		Станция инструктора															
		Компьютер станции инструктора	Процессор Intel 2 ядра 31гп ОЗУ 4 Гб Жесткий диск 300 Гб Ethernet интерфейс DVD привод					шт	3	8	24						
		Монитор станции инструктора	LCD 24 дисплей					шт	6	6	36						

№ п/п	Код по ККС	Наименование оборудования	Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика	№ТУ, чертежа, техн-ческих требований и др.	Класс безопасности/Группа/Категория Сейсмостой-кости	Категория обеспечения качества	Материал	Еди-ница изме-рения	Коли-чество на 1 блок	Коли-чество на 2 блок	Масса, кг		Климати-ческое исполне-ние и категория размещения	Условия хранения	Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание
											Едини-цы	Общая					
		Принтер станции инструктора черно-белый	Формат бумаги А3 Устройство для двусторонней печати Ethernet интерфейс					шт	3		15	45					
		Принтер станции инструктора черно-белый	Формат бумаги А3 Устройство для двусторонней печати Ethernet интерфейс					шт	3		18	54					
		Модель СВБУ															
		Компьютерный моделирующий комплекс						компл-лект	3		8	24					
		Модель АСУТП															
		Компьютер, моделирующий АСУТП	Процессор Intel 8 ядер 31гг ОЗУ 16 GB Жесткий диск 300 GB Ethernet интерфейс DVD привод					шт	3		8	24					
Вспомогательный вычислительный комплекс																	
		Рабочая станция	Процессор Intel 2 ядра 31гг					шт	3		8	24					

№ п/п	Код по ККС , MCS	Наименование оборудования	Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика	№ТУ, чертёж, техник-ческих требований и др.	Классе безопасности/Группа/Категории Сейсмостой-кий и кости	Категория обеспечения качества	Материал	Ед-и-ница изме-рения	Коли-чество на 1 блок	Коли-чество на 2 блок	Масса, кг	Длини-ны	Общая Тип	Климати-ческое исполнение и категория размещения	Условия хранения	Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание Суммарная стоимость
		поддержки	ОЗУ 4 Гб Жесткий диск 300 Гб Ethernet интерфейс DVD привод															
		Монитор рабочей станции поддержки	LCD 24 дюймов					шт	6		6	36						
Вспомогательное оборудование																		
		Стойка для размещения компьютеров и сетевого оборудования	Формат 19 дюймов Высота 42U Ширина 800мм Глубина 1000мм					шт	3		80	240						
		Консоль управления серверами	Коммутатор KVM PR Дисплей 17 Клавиатура Кабели и блоки подключения серверов					кмпл	2		1,5	3						
		Коммутатор Ethernet	48 портов RJ45					шт	3		2	6						
		Компьютер сетевых сервисов	Процессор Intel 2 ядра 3l ^т ОЗУ 4Гб Жесткий диск 300 Гб Ethernet интерфейс DVD привод					шт	2		8	16						
		Компьютер	Процессор Intel 2					шт	2		8	16						

№ п/п	Код по ККС , MCS	Наименование оборудования	Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика	№ТУ,	Класс безопасности/Группа/Категория	Категория обеспечения качества	Материал	Единица измерения	Количество на 1 блок	Количество на 2 блок	Масса, кг		Климатическое исполнение и категория размещения	Условия хранения		Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание
				чертежа, техн-ческих требований и др.							Единицы	Общая		Тип атмосферы	Тип атмосферы			
		внешнего сетевого шлюза	ядра 31гп ОЗУ 4ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод															
		Система сетевого резервного копирования	10 жестких дисков 500 ГБ Ethernet интерфейс					шт	2		2	4						
		Источник бесперебойного питания	Входное напряжение 3 фазы 380В Нагрузка РАСЧЕТНАЯ. Батареи на 10 минут при полной нагрузке Ethernet интерфейс с системой дистанционного управления ИБП и подачи команд на выключение оборудования					шт	2		30	60						
		Центральная стойка распределения питания 220 В (РДУ)						шт	2		50	100						

№ п/п	Код по ККС , MCS	Наименование оборудования	Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика	МЕТУ, чертежа, техни-ческих требова-ний и др.	Класс безопасности/Группа/Категория Сейсмостой-кий и кости	Категория обеспечения качества	Материал	Ед-и-ница изме-рения	Коли-чество на 1 блок	Коли-чество на 2 блок	Масса, кг		Климати-ческое исполнение и категория размещения	Условия хранения		Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание Суммарная стоимость
											Едини-цы	Общая		Тип атмосферы	Тип атмосферы			
		Панели ТМШ ЦПУ.	CXX01 ¹ CXX 02 CXX 03 CXX 04 CXX 05 CXX 06					шт.	6		300	1800						
		Панели ТМШ ВХР	BRV01 BRV02 BRV03 BRV04 BRV05 BRV06					шт.	6		300	1800						
		АРМ инженер-электрика пульты	СWA05 СWA06					шт.	2		300	600						
		АРМ начальника смены химпеха пульты	СWP04 СWP05					шт.	2		300	600						
		АРМ аппаратчика химводоочистки пульты	СWP06 СWP07 СWP08					шт.	3		300	900						
		АРМ аппаратчика химводоочистки (по обслуживанию блочной	СWP09 СWP10					шт.	2		300	600						

¹ Шифры (коды) панелей и пультов будут уточнены по мере получения проектных данных по МПТУ.

№ Код по ККС , MCS	Наименование оборудования	Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика	№ТУ, чертежа, техни-ческих требова-ний и др.	Класс безопасности/Группа/Категория Сейсмостой-кости	Категория Обеспе-ч- л- ния качества	Материал	Еди- ница изме- рения	Коли- чество на 1 блок	Коли- чество на 2 блок	Масса, кг		Климатиче-ское исполне- ние и категория размещения	Условия хранения	Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание Суммарная стоимость
										Едини-цы	Общая					
	обессоливающий (установки)															
	пульты															
	Блоки системы ввода-вывода						КОМП ЛЕКТ	1		40	40					
	Система связи						КОМП ЛЕКТ	1		12	12					
	Аудио/ видео система в составе: 1. Цифровой видеореги-стратор (1) 2. Клавиатура с джойстиком (сетевой контроллер) (1) 3. Винчестер (400ГБ) 4. Купольная поворотная цветная видеокамера (2) 5. Цветная видеокамера						КОМП ЛЕКТ	1		17	17					

№ п/п	Код по ККС , MCS	Наименование оборудования	Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика	№ТУ, чертежа, техник-ческих требований и др.	Класс безопасности/Группа/Категории Сейсмостой-кий и кости	Категория обеспечения качества	Материал	Едини-ца изме-рения	Коли-чество на 1 блок	Коли-чество на 2 блок	Масса, кг		Климати-ческое исполнение и категория размещения	Условия хранения		Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание
											Едини-цы	Общая		Тип атмосферы	Тип атмосферы			
		высокого разрешения (7)																
		6. Асфериеский объектив (7)																
		7. Видеомонитор (2)																

	Локальные тренажеры БАЭС. Тренажеры местных пультов. Технические требования.	16.02.2010
--	---	------------

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- А.З. – активная зона;
- АС, АЭС – атомная электростанция;
- АСУ ТП - автоматизированная система управления технологическими процессами;
- ВХР – водно-химический режим;
- ГВК – главный вычислительный комплекс
- ЗИП - запасные части, инструмент, принадлежности и расходные материалы;
- ИБП – источник бесперебойного питания;
- ИС – инструкторская станция;
- КИПиА - контрольно-измерительные приборы и автоматика
- МКУ - минимальный контролируемый уровень (мощности);
- МПУ – местный пульт управления;
- ОС – операционная система;
- ПО – программное обеспечение;
- РК – регулирующий клапан;
- РМИ – рабочее место инструктора;
- РО – реакторное отделение;
- РУ – реакторная установка;
- САПР – система автоматизированного проектирования;
- СВБУ – система верхнего блочного уровня;
- СВВ – система ввода-вывода;
- СКУ – системы контроля и управления;
- СТО – Стандарт организации. Технические средства обучения. СТО 1.1.1.01.004.0680-2006;
- ТГ – турбогенератор;
- ТЗ – техническое задание;
- ТМП – тренажер местного пульта управления;
- ЦПУ – центральный пульт управления;
- УТП – учебно-тренировочный пункт.

