

ПОЛНОМАСШТАБНЫЙ ТРЕНАЖЕР ЭБ №4 БАЭС

Технические требования

(На 112 листах)

2012

ПОЛНОМАСШТАБНЫЙ ТРЕНАЖЕР ЭБ №4 БАЭС

Технические требования

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

Продолжение титульного листа

ЭБ№4 БАЭС
Полномасштабный тренажер
Технические требования

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|------|---|----|
| 1. | ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ | 6 |
| 1.1. | Полное наименование разработки | 6 |
| 1.2. | Нормативные ссылки..... | 6 |
| 1.3. | Термины, определения и сокращения..... | 7 |
| 2. | НАЗНАЧЕНИЕ, ЦЕЛЬ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПМТ | 11 |
| 2.1. | Назначение и основные требования | 11 |
| 2.2. | Основные этапы работ..... | 12 |
| 2.3. | Исходные данные | 13 |
| 3. | ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПМТ | 14 |
| 3.1. | Общие требования..... | 14 |
| 3.2. | Требования к техническим средствам ПМТ..... | 17 |
| 3.3. | Требования к математическим моделям ПМТ | 32 |
| 3.4. | Требования к информационному обеспечению | 35 |
| 3.5. | Требования к интерфейсу с внешними системами БАЭС | 36 |
| 4. | ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПМТ | 38 |
| 4.1. | Общие требования..... | 38 |
| 4.2. | Требования к операционной системе..... | 39 |
| 4.3. | Требования к программному обеспечению управляющей системы | 40 |
| 4.4. | Требования к прикладному программному обеспечению | 41 |
| 4.5. | Требования к программному обеспечению инструкторской станции | 42 |
| 4.6. | Требования к программному обеспечению систем отображения информации. | 42 |
| 4.7. | Требования к базе данных проекта..... | 43 |
| 4.8. | Требования к САПР проекта..... | 43 |
| 4.9. | Требования к поставке программного обеспечения..... | 43 |
| 5. | Требования к моделированию процессов и систем энергоблока | 44 |
| 5.1. | Требования к пределам моделирования | 44 |
| 5.2. | Требования к объемам моделирования..... | 45 |
| 5.3. | Требования к математическим моделям..... | 47 |
| 5.4. | Требования к моделированию режимов работы энергоблока | 59 |
| 5.5. | Требования к исходным состояниям тренажера | 60 |
| 5.6. | Требования к точности и достоверности моделирования..... | 61 |
| 5.7. | Моделирование отказов | 64 |
| 6. | ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ..... | 66 |
| 6.1. | Этап предпроектных работ..... | 66 |
| 6.2. | Этап технического проекта..... | 66 |
| 6.3. | Этап закупки оборудования и комплектующих | 66 |
| 6.4. | Этап рабочего проекта..... | 66 |
| 6.5. | Этап пуско-наладочных работ | 67 |
| 6.6. | Этап приемо-сдаточных испытаний | 67 |
| 6.7. | Этап гарантийного сопровождения | 68 |
| 7. | ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ ПО ОКОНЧАНИЮ РАБОТ..... | 69 |
| 8. | ПОРЯДОК ПРИЕМКИ ТРЕНАЖЕРА | 71 |
| 8.1. | Процедуры тестирования, комплексной отладки и приемки тренажера..... | 71 |
| 8.2. | Приемка тренажера | 74 |
| 8.3. | Гарантии..... | 75 |
| | Приложение 1. Перечень исходных состояний..... | 76 |
| | Приложение 2. Перечень моделируемых технологических систем | 77 |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| | |
|---|-----|
| Приложение 3. Перечень системных отказов, вызывающих переходные и аварийные режимы работы блока..... | 81 |
| Приложение 4. Перечень стандартных (компонентных) отказов..... | 83 |
| Приложение 5. Перечень моделируемых режимов энергоблока..... | 88 |
| Приложение 6. Предварительная спецификация технических средств полномасштабного тренажера БАЭС2 | 91 |
| Приложение 7. Требования к Программе обеспечения качества при разработке тренажера | 104 |
| П7.1 Общие положения..... | 104 |
| П7.2 Программа обеспечения качества при проектировании и изготовлении ПМТ..... | 105 |
| П7.3 Программа обеспечения качества при разработке программного обеспечения тренажера | 106 |
| П7.4 Обеспечение качества выполнения проекта..... | 108 |
| ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ | 109 |
| ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ..... | 111 |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Полное наименование разработки

Полномасштабный тренажер энергоблока №4 БАЭС.

Условное обозначение – ПМТ БАЭС.

1.2. Нормативные ссылки

В настоящих требованиях использованы положения следующих нормативные документы:

- ПНАЭ Г-5-40-97 «Требования к полномасштабным тренажерам для подготовки операторов блочного пункта управления атомной станции»
- Стандарт организации. СТО 1.1.1.01.004.0680 – 2006 «Технические средства обучения»
- МАГАТЭ-ТЕХДОК-546 «Общие подходы к моделированию для учебного тренажера атомных электростанций. Сводный отчет согласованной программы исследований, организованной международным агентством по атомной энергии»
- МАГАТЭ-ТЕХДОК-685 «Тренажер для обучения персонала атомных электростанций. Отчет, подготовленный международной рабочей группой по системам контроля и управления атомных электростанций»
- МАГАТЭ-ТЕХДОК-995 «Выбор, описание, проектирование и применение различных типов учебных тренажеров атомных электростанций. Отчет, подготовленный международной рабочей группой по системам контроля и управления атомных электростанций»
- НП-001-97 «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88/97)»
- Организация работы с персоналом на атомных станциях, утвержденный приказом Росатома от 15.02.2006 № 60
- ГПБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»
- СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
- СНиП 23-05-95 «Оценка освещения рабочих мест»

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- СТО 1.1.1.01.004.0484-2008 «Подготовка на должность и поддержание квалификации инструкторов по подготовке персонала атомных станций. Основные требования»
- ТП 1.3.3.99.0076-2010 «Типовой перечень производственных задач для должностей оперативного персонала, получающего разрешения Ростехнадзора на право ведения технологического процесса на атомных станциях»
- РД ЭО 1.1.2.25.0549-2010 «Учебно-методические материалы для подготовки на должность и поддержания квалификации персонала атомных станций. Основные требования»
- РД ЭО 1.1.2.25.0614-2010 «Учебные помещения учебно-тренировочных подразделений атомных станций. Требования к оснащению»

1.3. Термины, определения и сокращения

Возврат: Возвращение тренажера в одно из предыдущих промежуточных состояний, которые были сохранены в пределах текущего упражнения.

Воспроизведение: Повторение моделирования из любого промежуточного состояния путем считывания запомненных при первом моделировании действий инструктора и оператора. Новые действия каждого из них во время повторного воспроизведения блокируются.

Вычисленное значение: Физический параметр, рассчитанный в математической модели на тренажере.

Запись мгновенного состояния: Сохранение текущего состояния модели в любой выбранный момент времени по команде с Инструкторской Станции. Сохраненное состояние становится временным промежуточным состоянием и может быть выбрано для начала моделирования из данной точки.

Изменение ввода/вывода: Изменение с Инструкторской Станции значений сигналов ввода / вывода на имитатор БПУ.

Индивидуальный отказ: Отказ отдельного конкретного элемента моделируемого оборудования, специфического по функциональному назначению.

Комплексные испытания полномасштабного тренажера: Процедура испытаний технических средств, математического и программного обеспечения ПМТ как единого программно-технического комплекса, по всему спектру моделируемых режимов и реализуемых функций с целью установления

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

соответствия ПМТ техническому заданию, выполнения действующих нормативных документов, полноты реализации функций и обучающих возможностей ПМТ, установления адекватности протекания процессов в ПМТ экспериментальным и расчетным данным энергоблока-прототипа.

Местный пульт управления: МПУ Пульты контроля и управления отдельными технологическими системами АЭС, расположенные за пределами блочного щита управления.

Модель: Компьютерная программа, моделирующая компонент, оборудование, систему, физический или логический процесс.

Модернизация полномасштабного тренажера: Изменение конфигурации оборудования, входящего в состав ПМТ (компьютерный комплекс, устройства ввода/вывода, оборудование электроснабжения, имитатор БПУ и т.д.), и/или модификация программного обеспечения (операционная система, прикладное программное обеспечение, системное программное обеспечение и т.д.).

Начальное состояние тренажера: Совокупность значений параметров тренажера, характеризующих конкретное состояние энергоблока-прототипа, с которого может начаться процесс моделирования.

Неоперативный контур блочного щита управления БПУ: Панели и пульта неоперативного управления, расположенные вне зоны постоянного контроля с рабочих мест оператора БПУ (вне зоны прямой видимости).

Объем моделирования ПМТ: Состав технологических систем и моделируемого оборудования АЭС, заложенный в модель энергоблока, средств управления и контроля, панелей и пультов БПУ, а также отказов моделируемого оборудования и функций местного управления, реализуемых в тренажере.

Оперативный контур БПУ: Панели и пульта оперативного управления, расположенные в зоне постоянного контроля с рабочих мест операторов БПУ (в зоне прямой видимости).

Оперативный персонал БПУ: Персонал АЭС, осуществляющий оперативное управление технологическими процессами энергоблока АЭС с БПУ и имеющий разрешения Ростехнадзора на право ведения работ этого вида деятельности.

Останов: Состояние, при котором моделирование на тренажере приостанавливается, и все значения параметров остаются неизменными.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

Отказ: Задаваемое инструктором исходное событие, приводящее к нарушению нормального функционирования моделируемого элемента оборудования энергоблока-прототипа.

Отказ (на АЭС): Состояние отклонения от нормального режима эксплуатации станции вследствие заданной неисправности элемента или оборудования.

Перечень моделируемых режимов: Перечень режимов нормальной эксплуатации, режимов с нарушениями пределов и условий нормальной эксплуатации и аварий, включенных в пределы и объемы моделирования ПМТ.

Полномасштабный тренажер: Программно-технический моделирующий комплекс, предназначенный для профессионального обучения оперативного персонала БПУ АЭС с использованием полномасштабной действующей модели реального БПУ и комплексной всережимной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени.

Поставщик ТСО: Организация, являющаяся ответственным исполнителем по изготовлению и поставке ТСО на АЭС.

Пределы моделирования: Граничные условия состояний энергоблока или его характерные параметры, до достижения которых поведение моделируемых систем следует условиям работы систем энергоблока-прототипа.

Приемо-сдаточные испытания ТСО: Итоговые испытания ТСО перед вводом в эксплуатацию на подтверждение его соответствия требованиям технического задания, проекта, настоящих требований и действующих нормативных документов.

Проверка положения ключей: Программа для проверки положения всех ручных переключателей для выбранного начального состояния и вывода несоответствий положения ключей на монитор Инструкторской Станции.

Проверка приборного парка: Индивидуальная и коллективная проверка приборов на панелях и пультах имитатора БПУ по командам с шлюзового компьютера системы ввода/вывода.

Проектные пределы: Пределы, установленные в Техническом проекте для технологических систем энергоблока.

Рабочее место инструктора: РМИ Специально оборудованные рабочее место инструктора, имеющее средства контроля и управления ПМТ и учебным занятием; с рабочего места инструктора реализуются все функции управления тренажером.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

Реальное время: Моделирование динамических процессов в таком же временном темпе, как и реальные процессы на блоке-прототипе.

Стимуляция: Воспроизведение системы или подсистемы референтного блока, используя штатное компьютерное оборудование и программное обеспечение, установленное на референтном блоке способом подключения к тренажеру.

Симуляция: Воспроизведение системы или подсистемы референтного блока путем их моделирования в операционной среде и на вычислительной технике тренажера. Функционирование моделируемых систем и точность воспроизведения должны осуществляться в определенных пределах, соответствующих проектным и эксплуатационным данным.

Типовой (компонентный) отказ: Отказ для определенного вида однотипного оборудования, выполняющего идентичные функции, применимый к любой единице оборудования данного типа.

Технические средства обучения: Комплекс средств, предназначенных для использования в учебном процессе для достижения учебных целей.

Шаг расчета по времени: Минимальный промежуток времени, через который тренажер обновляет значения рассчитанных в модели параметров.

Энергоблок-прототип: Конкретный энергоблок АЭС, взятый за основу при создании ПМТ или другого технического средства обучения, с использованием его проектной, пуско-наладочной и эксплуатационной документации.

Эмуляция: Воспроизведение системы или подсистемы референтного блока посредством внедрения оригинального программного обеспечения системы блока в операционную среду тренажера.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

2. НАЗНАЧЕНИЕ, ЦЕЛЬ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПМТ

2.1. Назначение и основные требования

Полномасштабный тренажер (ПМТ) - программно-технический моделирующий комплекс, предназначенный для профессионального обучения оперативного персонала БПУ АЭС с использованием полномасштабного имитатора реального БПУ/РПУ и комплексной всережимной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени.

2.1.1.2. ПМТ предназначается для тренировок оперативного персонала БПУ.

2.1.1.3. ПМТ может применяться Заказчиком для решения следующих основных задач:

- первичная подготовка оперативного персонала БПУ;
- поддержание уровня профессиональной подготовки персонала БПУ;
- отработка взаимодействия в составе смены персонала БПУ;
- проведение практического обучения и практического экзамена персонала БПУ;
- получение разрешения на ведение технологического процесса в соответствии с приказом от 29.01.2009 №13 Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Порядок выдачи разрешений на право ведения работ в области использования атомной энергии работникам атомных станций»;
- проведение противоаварийных тренировок;
- валидация оперативных и аварийных инструкций;
- обучение инструкторов учебного центра;
- моделирование реальных происшествий на АЭС и их анализ;
- оценка мероприятий по управлению запроектными авариями;
- отработка взаимодействия оперативного персонала БПУ с персоналом местных постов при переключениях технических средств РО и ТО “по месту”;
- Заказчиком, в процессе использования ПМТ, могут быть определены и достигнуты другие цели.

2.1.1.4. Основной целью разработки и последующей эксплуатации ПМТ является повышение безопасности и экономической эффективности эксплуатации АЭС,

| | | |
|--|---|------------|
| | <p>Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования.</p> | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

за счет совершенствования профессиональной подготовки оперативного персонала.

- 2.1.1.5. Соответствие поведения тренажера энергоблоку-прототипу должно обеспечиваться за счет применения физико-математических моделей соответствующей точности.
- 2.1.1.6. ПМТ должен соответствовать моделируемым системам и оборудованию энергоблока-прототипа и обеспечивать моделирование в реальном масштабе времени всех режимов эксплуатации АЭС (режимов нормальной эксплуатации, переходных режимов, нарушений нормальной эксплуатации, проектных аварийных режимов и запроектных аварий до границ моделирования).
- 2.1.1.7. На тренажере должна достоверно воспроизводиться окружающая обстановка на блочном щите управления энергоблока, чтобы удовлетворить целям подготовки операторов.
- 2.1.1.8. Оператор не должен ощущать различия между работой на тренажере и на БПУ во всем диапазоне нормальных, переходных и аварийных режимов.
- 2.1.1.9. Для исключения получения обучаемым оператором ошибочной информации должна быть предусмотрена автоматическая остановка тренажера при достижении пределов моделирования.

2.2. Основные этапы работ

- 2.2.1.1. На основании данных технических требований Поставщик должен выполнить следующие работы:
- разработать проектные спецификации на моделируемые системы ПМТ (Частные Технические Задания);
 - разработать (закупить) системное программное обеспечение и программное обеспечение инструкторской станции;
 - разработать модели технологических систем и реализовать их в виде прикладного ПО. По согласованию с заказчиком исполнитель может использовать уже разработанные математические модели для блока-прототипа.
 - разработать программы автономных испытаний моделей;
 - провести автономное тестирование моделей технологических систем;
 - провести интегрирование всего программного обеспечения в единый комплекс;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- закупить оборудование тренажера (ГВК, БПУ/РПУ, СВВ);
- разработать проектно-конструкторскую документацию на тренажер;
- провести интеграцию программного обеспечения с имитатором БПУ/РПУ в единый программно-технический комплекс, его наладку и тестирование;
- разработать программы заводских комплексных, приемо-сдаточных и верификационных испытаний;
- провести заводские комплексные испытания ПМТ;
- провести верификацию математической модели;
- провести приемо-сдаточные испытания;
- разработать и передать Заказчику всю проектно-конструкторскую и эксплуатационную документацию на ПМТ;
- произвести гарантийное сопровождение ПМТ в течение двух лет после сдачи-приемки тренажера;
- обучить персонал заказчика поддержке системного прикладного программного обеспечения ПМТ и инструкторской станции;
- подготовить для передачи и передать исходные коды математических моделей ПМТ и типовых компонентов оборудования.

2.2.1.2. Руководства по проведению занятий на тренажере по темам из перечня ПСИ, должны быть разработаны до проведения приемо-сдаточных испытаний.

2.3. Исходные данные

2.3.1.1. Исходными данными для разработки тренажера являются:

- Техническое задание на разработку проектной документации на полномасштабный тренажер энергоблока БАЭС;
- Технический проект энергоблока БАЭС.
- Техническая документация по технологическим системам и системам контроля и управления энергоблока БАЭС;
- Согласованный перечень моделируемых технологических систем и режимов;
- Согласованный перечень моделируемых отказов;
- Согласованный перечень верифицируемых режимов.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПМТ

3.1. Общие требования

3.1.1.1. ПМТ должен соответствовать системам и оборудованию энергоблока-прототипа и обеспечивать моделирование в реальном масштабе времени всех режимов эксплуатации АЭС (режимов нормальной эксплуатации, переходных режимов, нарушений нормальной эксплуатации, проектных аварийных режимов и запроектных аварий до границ моделирования).

3.1.1.2. ПМТ должен иметь в своем составе следующее оборудование и математическое обеспечение:

- вычислительный комплекс;
- источник бесперебойного питания;
- устройства ввода-вывода для обмена информацией между ГВК и имитатором БПУ/РПУ;
- имитатор БПУ (полноформатная копия моделей и пультов БПУ со средствами оперативной связи);
- РМИ (пульт управления ПМТ);
- системное и прикладное (моделирующее) программное обеспечение;
- имитатор резервного пульта управления (РПУ);
- средства аудио-видео контроля (не охранная) действий обучаемых.

3.1.1.3. Информация о режиме работы энергоблока должна представляться обучаемым в такой же форме и с такой же размерностью параметров, как и на энергоблоке-прототипе. В ПМТ должны быть использованы показывающие приборы, органы управления, средства связи, сигнализации и отображения информации, а также остальные компоненты, идентичные по внешнему виду и функциям соответствующим приборам и устройствам БПУ и РПУ энергоблока-прототипа.

3.1.1.4. Все отклонения внешнего вида имитатора БПУ и РПУ ПМТ от реального БПУ и РПУ энергоблока-прототипа должны быть обоснованы в проекте ПМТ и согласованы с Заказчиком.

3.1.1.5. Программное обеспечение ПМТ должно обеспечивать возможность корректировки характеристик основного технологического оборудования и

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

систем, изменения уставок срабатывания защит, блокировок и сигнализации, настроек регуляторов.

3.1.1.6. База данных для проектирования тренажера, включая модели систем и оборудования, должна соответствовать базе данных энергоблока-прототипа. После сбора исходных данных для разработки тренажера производится «замораживание» данных. Это означает, что после даты «заморозки» все изменения, производящиеся в проекте реального энергоблока, не находят своего отражения в проекте ПМТ, т.к. ПМТ находится в стадии наладки и испытаний. Дата «замораживания» данных должна быть установлена до начала разработки программного обеспечения. Дата замораживания данных указывается в графике производства работ. После даты замораживания данных новые дополнительные данные могут включаться в проект ПМТ только по взаимному согласованию между Заказчиком и Исполнителем.

3.1.1.7. Объем моделирования должен обеспечивать практическую тренировку операторов, приобретение ими профессиональных знаний и навыков в полном объеме управления с БПУ/РПУ, необходимых для безопасной эксплуатации блока при нормальных условиях, нарушениях нормальной эксплуатации, и аварийных ситуациях. Перечень моделируемых режимов определяется на основе проектной и эксплуатационной документации энергоблока-прототипа с учетом опыта эксплуатации АЭС. Особенности характеристик моделируемых режимов служат основой для определения необходимых объемов моделирования, перечня моделируемых отказов, пределов моделирования, определения требуемых характеристик технических средств.

3.1.1.8. Реакция ПМТ на задаваемые инструктором УТП АЭС исходные события, на автоматические действия систем управления, а также на правильные или неправильные действия обучаемого должна быть аналогична реакции энергоблока-прототипа. На ПМТ обучаемый должен иметь возможность выполнять такие же действия, как на БПУ (РПУ) энергоблока-прототипа в соответствии с эксплуатационной документацией АЭС.

3.1.1.9. Для организации подготовки персонала АЭС, на ИС ПМТ должны быть предусмотрены специальные функции и средства управления тренажером, позволяющие инструктору УТП АЭС формировать необходимые исходные состояния и сценарии учебных занятий, осуществлять демонстрацию

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

изучаемых режимов, контролировать ход процесса при самостоятельной работе обучаемых и проводить анализ их действий. ПМТ должен включать инструкторскую станцию, с которой инструктор может начать и закончить конкретное занятие со стажерами, управлять занятием и наблюдать результаты действий обучаемых. Инструкторская станция должна включать специальные функции для обеспечения управления моделируемыми устройствами, которые управляются вне блочного пункта управления, но важны для обучения операторов. Эти устройства должны быть специфицированы в проектных спецификациях моделируемых систем до начала разработки программного обеспечения. Инструкторская станция должна обеспечивать автоматическую запись действий инструктора, иметь возможность записи изменения параметров и изменение статуса важнейшего оборудования.

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

3.1.1.11. При создании ПМТ для строящегося ЭБ№4 БАЭС в объеме работ необходимо предусматривать модернизацию (адаптацию) ПМТ, которую следует проводить не ранее чем через один год после начала эксплуатации энергоблока-прототипа. Необходимый объем модернизации определяется на основании изменений в системах и оборудовании, которые были утверждены в установленном порядке и реализованы на энергоблоке-прототипе с момента фиксации исходных проектных данных для конструирования и изготовления ПМТ.

3.1.1.12. При вводе ПМТ в эксплуатацию аппаратные средства должны иметь не менее 20 % резерва по производительности, дисковой памяти, устройств ввода-вывода, электроснабжению и т.д. для обеспечения возможности проведения последующих модернизаций.

3.1.1.13. Для сохранности аппаратных средств и программного обеспечения ПМТ должен быть обеспечен надежным внешним электроснабжением. Питание

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

оборудования ПМТ должно осуществляться от источника бесперебойного питания, обеспечивающего выдачу команды для корректной автоматической выгрузки программного обеспечения ПМТ и последующего автоматического выключения вычислительного комплекса при потере внешнего электроснабжения более чем на 2 минуты ИБП должен обеспечивать работу технических средств ПМТ в течение не менее 10 минут при аварийном отключении электропитания. При потере внешнего питания менее чем 2 минуты, ПМТ должен сохранять свою работоспособность.

- 3.1.1.14. Программное обеспечение вычислительного комплекса должно быть защищено от несанкционированного доступа.
- 3.1.1.15. Комплекс технических средств ПМТ должен отвечать требованиям правил эксплуатации электроустановок.
- 3.1.1.16. Помещения ПМТ должны соответствовать требованиям РД ЭО 1.1.2.25.0614-2010. «Учебные помещения учебно-тренировочных подразделений атомных станций. Требования к оснащению».

3.2. Требования к техническим средствам ПМТ

3.2.1. Имитаторы пультов и панелей БПУ/ РПУ

- 3.2.1.1. Состав, внешний вид и взаимное расположение пультов и панелей БПУ/РПУ должны отвечать требованиям п.5.7. СТО и соответствовать БПУ/РПУ ЭБ№4 БАЭС. Размещение оборудования на фасадах БПУ/РПУ ПМТ должна быть такой же, как на БПУ/РПУ блока прототипа. Для оптимизации размещения и сокращения количества блоков распределенной системы ввода/вывода, блоков питания постоянного тока и другого электромонтажного оборудования, а также для сокращения объемов электромонтажных работ панели (пульты) ПМТ могут быть конструктивно объединены в группы. Решение об объединении панелей и пультов в группы должно быть принято на этапе выполнения технического проекта и согласовано с Заказчиком.
- 3.2.1.2. План размещения панелей и пультов на БПУ/РПУ ПМТ, а также и расположение обслуживающих помещений приведен на рис 3.2.1 (БПУ).

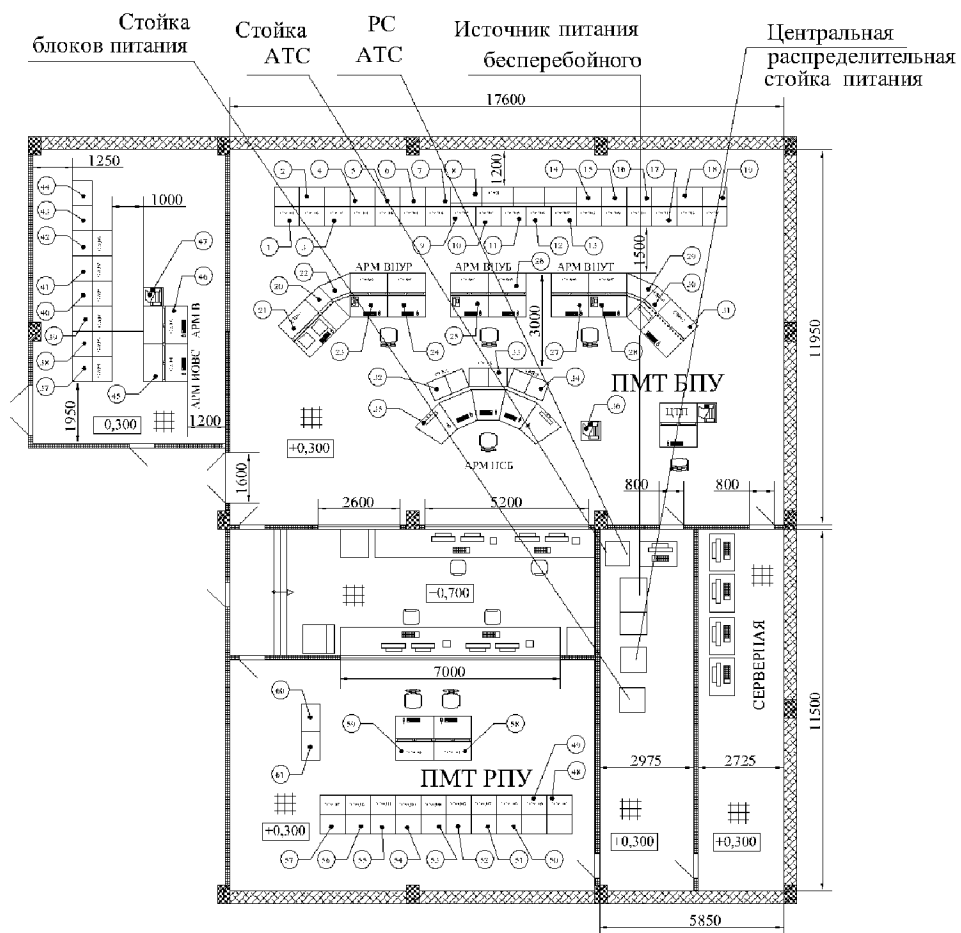


Рис.3.2.1 План БПУ и РПУ

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- 3.2.1.3. Приборы контроля и управления ПМТ должны быть идентичны по внешнему виду и выполняемым функциям приборам БПУ/РПУ энергоблока-прототипа (п.п. 5.7.2 СТО). Точность и размерность шкал приборов должны быть такими же, как на БПУ/РПУ АЭС. В случаях, когда отдельные приборы не могут быть использованы на имитаторе БПУ/РПУ, возможна их замена на аналогичные приборы или их имитаторы. Заменяемые приборы должны быть внешне и функционально подобны приборам БПУ/РПУ блока-прототипа. Перечень приборов подлежащих замене, согласовывается с Заказчиком отдельным протоколом до момента «заморозки» исходных данных.
- 3.2.1.4. Питание технических средств ПМТ должно осуществляться от центрального силового распределительного щита. Каждый источник питания, используемый на ПМТ для питания соответствующих приборов и устройств, должен иметь как минимум 20% запас по току.
- 3.2.1.5. При поставке ПМТ должен быть обеспечен 10% ЗИП приборов и оборудования имитаторов БПУ/РПУ, но не менее одной единицы на типовой комплект приборов и оборудования.
- 3.2.1.6. Конструкция пультов и панелей должна обеспечивать свободный доступ к приборам и оборудованию с задней стороны для удобства техобслуживания и ремонта.
- 3.2.1.7. Структурная схема технических средств представлена рис. 3.5.2.



Рис. 3.2.2 Структура ПМТ.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

3.2.2. Имитаторы рабочих станций систем отображения информации на БПУ

3.2.2.1. В состав тренажера должны входить имитаторы рабочих станций систем отображения информации на БПУ.

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.

3.2.3. Функции и системы управления ПМТ

3.2.3.1. ПМТ должен иметь оборудованное РМИ, имеющее необходимые средства для контроля и управления ПМТ.

3.2.3.2. РМИ и функции управления ПМТ должны соответствовать требованиям п. 5.8. СТО.

3.2.3.3. Если управление оборудованием, входящим в объем моделирования, осуществляется с объектов, не входящих в состав имитаторов БПУ/РПУ (ЦПУ, МПУ или "по месту"), то оно должно выполняться в ПМТ 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. На ПМТ должны быть установлены средства аудио и видео записи для регистрации действий и переговоров обучаемого персонала АЭС. Видеосистема должна быть не охранная. Качество видеозаписи и звука должно быть достаточным для просмотра и анализа учебных занятий.

3.2.3.6. РМИ должно иметь оборудование и функции, позволяющие инструктору следить за ходом моделируемого технологического режима, обеспечивать возможность задавать исходное состояние 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 ПМТ.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

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

3.2.3.8. С РМИ должны быть доступны следующие функции управления ПМТ, 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 200 начальных состояний;
- РАБОТА/СТОП – функция управления тренажером, осуществляющая включение/останов процесса моделирования на ПМТ;
- ЗАПОМИНАНИЕ – функция управления ПМТ, осуществляющая запоминание текущего состояния ПМТ по команде инструктора с возможностью последующей инициализации ПМТ в данное состояние как начальное;
- ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ – функция управления ПМТ, осуществляющая установку ПМТ в требуемое начальное состояние;
- ВОЗВРАТ – функция управления тренажером, осуществляющая возврат ПМТ по заданию инструктора в промежуточное состояние между текущим и начальным состоянием;
- ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ – функция управления ПМТ, 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 ПМТ, 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 ПМТ, с помощью которой инструктор осуществляет ввод и удаление стандартных отказов, задает степень их жесткости, время задержки введения отказа и другие условия;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- **МЕСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ** – функция управления ПМТ, позволяющая инструктору выполнять операции с оборудованием, управляемым с местных щитов, а также задание внешних параметров на границах моделируемых систем;
- **КОНТРОЛЬ ПРЕДЕЛОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ** – функция управления ПМТ, осуществляющая контроль за установленными для ПМТ пределами моделирования и извещение инструктора об их достижении;
- **УПРАВЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫМ МАСШТАБОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ** – функция управления ПМТ, осуществляющая задание реального, замедленного или ускоренного масштаба времени. ПМТ должен предусматривать возможность замедления процесса моделирования для демонстрации быстротекущих режимов, а также возможность ускорения моделирования отдельных медленнотекущих процессов (разогрев оборудования реакторного отделения АЭС, набор вакуума и т.д.);
- **РЕГИСТРАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ** – функция управления ПМТ, осуществляющая регистрацию действий обучаемых и действий инструктора;
- **РЕГИСТРАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ** – функция управления ПМТ, осуществляющая регистрацию изменения моделируемых технологических параметров энергоблока в соответствии с перечнем параметров, формируемым инструктором;
- **РЕГИСТРАЦИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ** – функция управления ПМТ, осуществляющая регистрацию всех событий (дискретных сигналов) от моделируемых систем и оборудования в соответствии с перечнем дискретных сигналов базы данных ПМТ;
- **ПРЯМОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ** – функция управления ПМТ, позволяющая инструктору осуществлять прямое воздействие с РМИ на приборы контроля и управления имитатора БПУ с приоритетом над действиями обучаемых;
- **ТРИГГЕР СОБЫТИЙ** – функция управления ПМТ, осуществляющая задание логических условий ввода/удаления отказов, прямых воздействий инструктора на приборы контроля и управления имитатора БПУ и т.д.;
- **ДИАГРАММЫ МОДЕЛИРУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ** — схематические изображения всего моделируемого оборудования и систем, на которых показаны технологические (логические – для логических диаграмм)

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

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 ПМТ, позволяющая отключать всю звуковую сигнализацию на ПМТ с РМИ;
- **ВЫВОД ИНФОРМАЦИИ** – функция ПМТ, предназначенная для распечатки цифровой, текстовой и графической информации по моделируемому режиму, протокол действий обучаемых и инструктора. На ПМТ также должна реализовываться возможность распечатки бланков аналоговых параметров и протоколов текущих событий как и на энергоблоке-прототипе.

3.2.3.9. 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. Для удобства пользования должна быть возможность активировать отказы с графических симуляционных диаграмм инструкторской станции, из таблицы (списка) индексов отказов, а также экспертными командами. Должна быть также возможность введения отказа автоматически по условиям, наступившим в результате динамического моделирования.

3.2.3.10. Должны быть предусмотрены функции удаленного управления оборудованием, которое не управляется с БПУ, в виде типов - дискретный и переменный. Дискретные функции должны иметь такие состояния, как **ВКЛЮЧИТЬ / ОТКЛЮЧИТЬ, ОТКРЫТЬ / ЗАКРЫТЬ**, но могут иметь и более чем два дискретных состояния. 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.

3.2.3.11. 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

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

и сохранять до 60 текущих состояний тренажера с интервалом в одну минуту или с заданным интервалом.

- 3.2.3.12. Все действия инструктора должны быть записаны с отметкой времени. Размер файла должен быть достаточен для записи действий оператора и инструктора в течение 2,5 часа.
- 3.2.3.13. 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.
- 3.2.3.14. 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.
- 3.2.3.15. 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.
- 3.2.3.16. Режим реального времени должен является нормальным режимом моделирования.
- 3.2.3.17. Режим ускорения должен обеспечить возможность ускорить динамическое моделирование выбранных процессов до 10 раз быстрее реального времени, при этом моделирование всех других систем (процессов) должно продолжаться в режиме реального времени.
- 3.2.3.18. 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.
- 3.2.3.19. В пошаговом режиме динамическое моделирование должно задаваться и проводиться определенными временными интервалами.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

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

3.2.3.21. 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.

3.2.3.22. 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 циркуляционной воды (зима, лето), температура окружающей среды.

3.2.4. Вычислительный комплекс

3.2.4.1. Вычислительный комплекс ПМТ предназначен для выполнения расчетов для всех моделируемых технологических систем и АСУ ТП энергоблока в реальном масштабе времени.

3.2.4.2. Вычислительный комплекс должен обладать необходимыми и достаточными ресурсами по быстродействию и емкости внешней и оперативной памяти для реализации в реальном масштабе времени функции по моделированию процессов на блоке, при этом он должен иметь резерв как минимум 20% по объему памяти и быстродействию для возможности модернизации и развития моделей.

3.2.4.3. Выбор платформы вычислительного комплекса необходимо осуществлять с учетом использования в его составе современных операционных систем, применяемых в настоящее время при создании полномасштабных и аналитических тренажеров, а также с учетом используемых программно-технических средств и штатных систем отображения информации блока – прототипа.

3.2.4.4. Вычислительный комплекс должен обеспечивать регулярное сохранение резервной копии необходимых разделов ПО тренажера на отдельном носителе. Должна быть составлена процедура полного восстановления ПО на дисках всех компьютеров ПМТ в случае потери информации на них или замены вышедших из строя.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

3.2.5. Система ввода-вывода

3.2.5.1. Обмен данными между вычислительным комплексом, приборами и органами управления БПУ/РПУ ПМТ должен осуществляться посредством системы ввода/вывода (СВВ). Пропускная способность каналов системы ввода/вывода должна обеспечить скорость обновления состояния элементов индикации, показывающих приборов, а также считывания данных с органов управления около 20 раз в секунду.

3.2.5.2. Точность преобразования аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей должна соответствовать классу точности показывающих приборов БПУ/РПУ так, чтобы показания приборов на ПМТ находились в пределах погрешности от показаний реальных приборов БПУ/РПУ при тех же технологических параметрах.

3.2.5.3. 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 БПУ/РПУ в случае последующих модернизаций ПМТ. Система ввода/вывода должна связываться с вычислительным комплексом по сети Ethernet.

3.2.5.4. 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.

3.2.5.5. 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 БПУ/РПУ или в отдельных стойках, должны быть определены на этапе разработки проекта технических средств ПМТ. Передача данных между главным вычислительным комплексом и шлюзовым компьютером, должна осуществляться по сети Ethernet.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

3.2.5.6. СВВ, в максимальной конфигурации, с учетом последующих модернизаций должна обеспечивать циклический обмен информацией, с частотой не менее 20Гц, следующего количества каналов ввода/вывода:

- 6 000 каналов дискретного ввода;
- 6 000 каналов дискретного вывода;
- 2 00 каналов аналогового ввода;
- 2 000 каналов аналогового вывода.

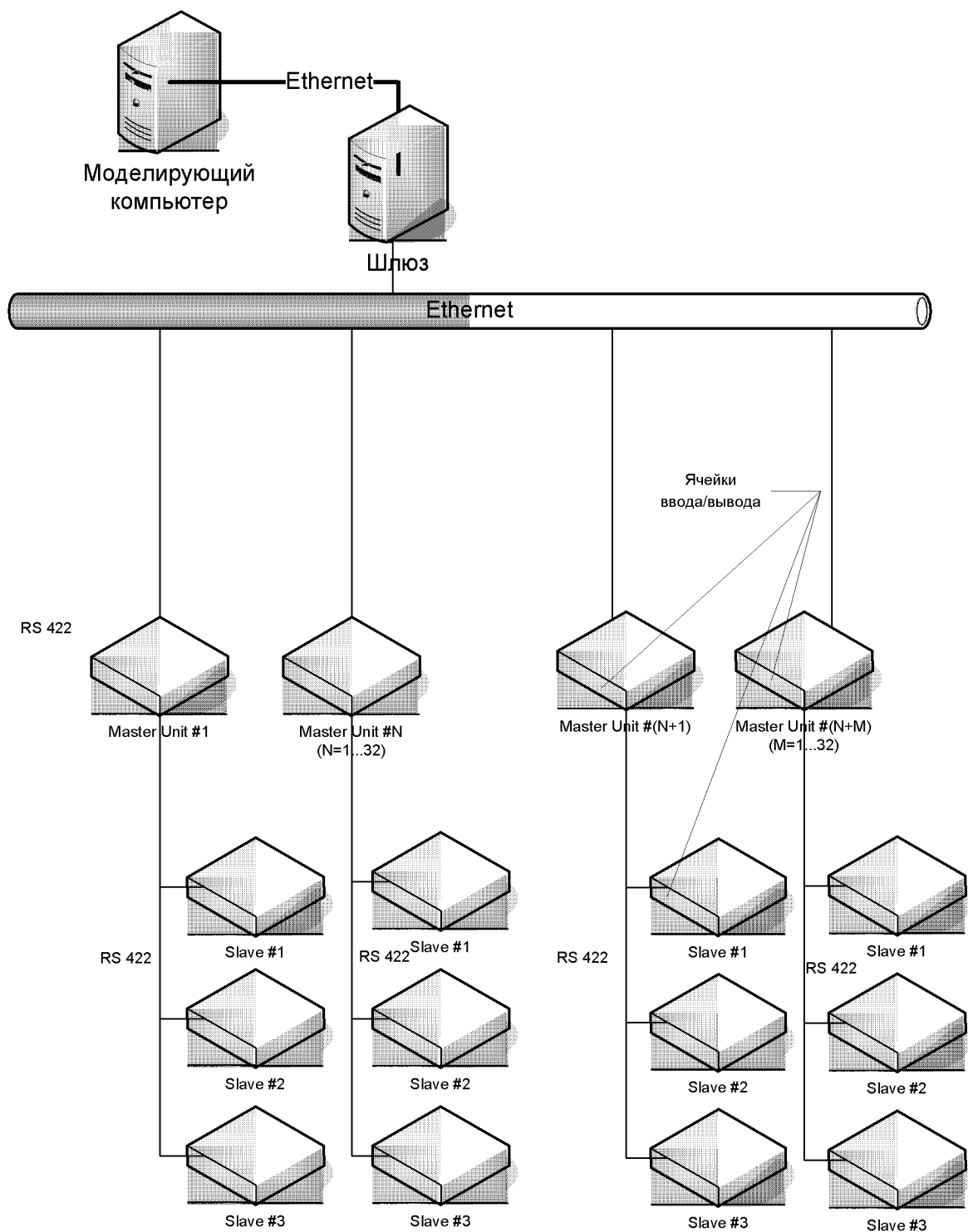


Рис. 3.5.1. Структура технических средств системы ввода/вывода.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

3.2.6. Электроснабжение тренажера и система бесперебойного питания

- 3.2.6.1. Для обеспечения функционирования технических средств, ПМТ должен иметь внешнее электропитание от трехфазной сети переменного тока 380/220 вольт $\pm 5\%$, 50Гц $\pm 5\%$ (пяти проводная цепь - 3 фазы, нейтраль и земля).
- 3.2.6.2. Для предотвращения выхода технических средств ПМТ из строя и обеспечения защиты программного обеспечения при потере внешнего питания, ПМТ должен быть оснащен источником бесперебойного питания. При исчезновении входного напряжения, емкости аккумуляторных батарей источника бесперебойного питания должно быть достаточно, чтобы обеспечить работу компьютеров в нормальном режиме в течение 2 минут и в режиме разгрузки в течение 10 минут.
- 3.2.6.3. Технические средства ПМТ должно запитываться от сети напряжением 220В $\pm 10\%$ 50Гц $\pm 5\%$.
- 3.2.6.4. Принципиальная схема электропитания ПМТ представлена на Рис. 3.5.2.
- 3.2.6.5. Распределение питания потребителям ПМТ должно осуществляться от центрального силового распределительного щита посредством силовых кабелей в защитном рукаве, проложенных под фальшполом.
- 3.2.6.6. ПМТ должен иметь свой независимый контур заземления. Сопротивление контура должно быть не более 2,0 Ом.
- 3.2.6.7. Силовые и сигнальные кабели должны прокладываться, по возможности, на расстоянии не менее 1.0 м между собой. При их взаимном пересечении они должны пересекаться под прямым углом.
- 3.2.6.8. При кратковременном исчезновении внешнего питания ПМТ длительностью менее 2 минут, источник бесперебойного питания должен переключиться на нормальный режим работы.
- 3.2.6.9. В случае исчезновения внешнего питания ПМТ длительностью более 2 минут, то по прошествии этого времени источник бесперебойного питания должен автоматически передать сигнал об этом в вычислительный комплекс ПМТ. По получению сигнала об исчезновении внешнего питания вычислительный комплекс должен автоматически провести выгрузку программного обеспечения компьютеров.

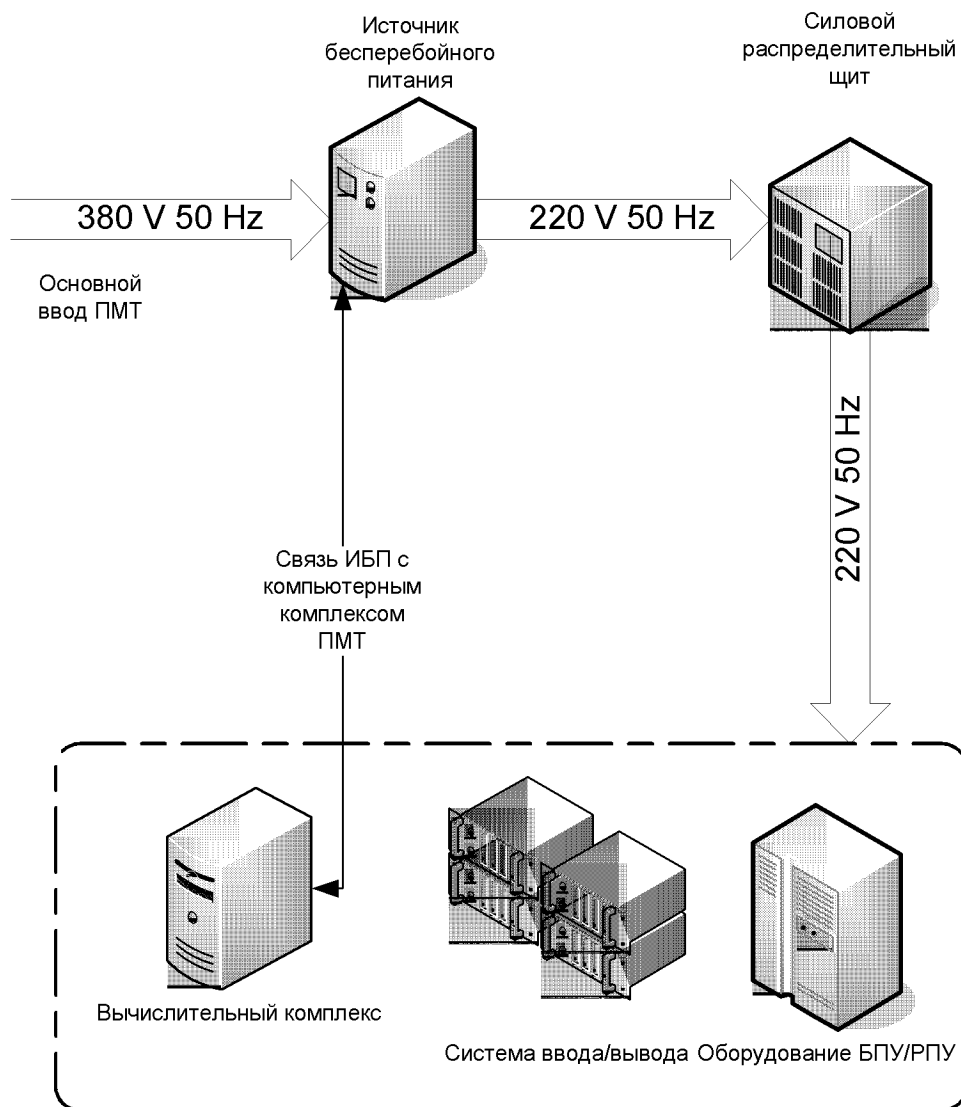


Рис. 3.5.2. Принципиальная схема электропитания ПМТ

3.2.7. Требования к помещению ПМТ

3.2.7.1. Помещение, в котором размещается ПМТ, должно быть изолировано от окружающих шумовых воздействий, затрудняющих переговоры обучаемых в ходе занятий или оказывающих на них отвлекающее воздействие.

3.2.7.2. Помещение ПМТ должно иметь размеры, расположение и маршруты движения персонала, идентичные (аналогичные) помещениям БПУ (РПУ) энергоблока-прототипа.

3.2.7.3. Цвет и исполнение пола и потолка, а также световое освещение должны имитировать их исполнение на БПУ (РПУ) энергоблока-прототипа.

3.2.7.4. Пол помещения ПМТ должен иметь антистатическое покрытие.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- 3.2.7.5. Помещение ПМТ должно иметь кабельные каналы для прокладки кабелей ПМТ, обеспечивающие доступ к кабелям для ремонта или замены. Конструкция пола помещения ПМТ должна обеспечивать прокладку кабелей и свободный доступ к ним.
- 3.2.7.6. Необходимо включить в объем проекта ПМТ воспроизведение временных изменений освещения ПМТ в тех режимах работы, которые приводят к соответствующим изменениям освещения на энергоблоке прототипе, а также звуковые эффекты, производимые оборудованием и слышимые на БПУ (РПУ).
- 3.2.7.7. Максимальный шумовой порог от системы ввода/вывода, установленной внутри панелей и пультов имитатора ПМТ, не должен превышать шумовой порог от панелей и пультов энергоблока-прототипа.
- 3.2.7.8. Должно быть предусмотрено автоматическое и ручное аварийное отключение (обесточивание) панелей и пультов имитатора ПМТ.
- 3.2.7.9. Помещения ПМТ должны быть оборудованы средствами пожаротушения и пожарной сигнализации в соответствии с приложением 3 ППБ 01-03.
- 3.2.7.10. Помещения ПМТ по микроклимату и освещенности должны соответствовать требованиям СанПиН 2.2.4.548-96, СНиП 23-05-95.

3.3. Требования к математическим моделям ПМТ

- 3.3.1.1. Математические модели ПМТ должны удовлетворять требованиям п. 5.2. СТО.
- 3.3.1.2. Математические модели ПМТ должны описывать динамические процессы таким образом, чтобы изменение технологических параметров в моделируемых режимах соответствовало изменению аналогичных параметров в реальных режимах энергоблока-прототипа или расчетным данным и не противоречило физическим законам.
- 3.3.1.3. Моделирование работы 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 (ускорение, замедление). Изменение масштаба времени должно относиться только к определенным, заранее выбранным и установленным в ТЗ процессам (разогрев оборудования при пуске, расхолаживание).

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- 3.3.1.4. Должны моделироваться все режимы нормальной эксплуатации, переходные и аварийные режимы, относящиеся к энергоблоку-прототипу. Все технологические процессы энергоблока должны моделироваться до устойчивой стабилизации технологических параметров или достижения пределов моделирования. В таком случае процесс моделирования считается законченным.
- 3.3.1.5. В переходных процессах математические модели должны моделировать изменения параметров по направлению, последовательности, скорости изменения и величине так же, как это происходит на референтном энергоблоке 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.
- 3.3.1.6. Время реакции исполнительных механизмов при воздействии на органы управления с моторных полей БПУ должно соответствовать временам реакции исполнительных механизмов энергоблока-прототипа.
- 3.3.1.7. Время вызова диаграмм систем отображения информации БПУ и время обновления динамических параметров на дисплеях рабочих мест операторов БПУ должны быть соизмеримыми с аналогичными параметрами блока-прототипа.
- 3.3.1.8. Порядок и длительность выполнения эксплуатационных процедур обучаемыми на ПМТ (например, выполнение переключений по месту по распоряжению оператора БПУ) должны соответствовать порядку и реальной продолжительности операции на энергоблоке-прототипе. Отклик тренажера на действия операторов соответствовал отклику референтного блока во всех режимах эксплуатации. С целью оптимизации использования учебного времени для длительных технологических операций допускается ускоренное моделирование процессов на ПМТ.
- 3.3.1.9. Степень и глубина моделирования процессов и систем должны определяться в зависимости от их важности для подготовки операторов и с учетом производительности вычислительного комплекса. Детальность моделирования каждой системы должна быть определена в проектной спецификации тренажера.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

3.3.1.10. Достоверность моделирования ПМТ должна оцениваться по следующим критериям:

- точность моделирования при работе в стационарном состоянии режимов нормальной эксплуатации;
- устойчивость моделирования при работе в стационарном состоянии режимов нормальной эксплуатации;
- точность моделирования переходных состояний режимов нормальной эксплуатации;
- точность моделирования режимов с нарушениями нормальной эксплуатации;
- воспроизводимость моделируемого процесса.

3.3.1.11. Точность моделирования при работе в стационарном состоянии должна оцениваться на номинальном уровне мощности и двух промежуточных уровнях мощности (в зависимости от наличия расчетных и фактических данных по блоку-прототипу).

3.3.1.12. Исходные состояния для проверки стационарных состояний должны быть получены путем выполнения операций по снижению/набору нагрузки в соответствии с процедурами энергоблока-прототипа.

3.3.1.13. Точность перечисленных ниже трех групп параметров, моделируемых программным комплексом ПМТ, в сравнении с параметрами энергоблока-прототипа должна быть в пределах установленных ниже в соответствии со стандартом СТО 1.1.1.01.004.0680 – 2006 значений отклонений:

3.3.1.14. Группа I:

- Точность моделирования параметров I группы при работе модели в стационарном состоянии должна быть в пределах ± 1 % от диапазона измерительного прибора (без учета погрешности измерительных приборов энергоблока-прототипа).
 - нейтронная мощность реактора;
 - температура натрия в баке реактора;
 - температура натрия на входе ГЦН-1,2;
 - температура питательной воды на входе в парогенератор.

3.3.1.15. Группа II:

- Точность моделирования параметров II группы при работе модели в стационарном состоянии должна быть в пределах ± 2 % от диапазона

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

измерительного прибора (без учета погрешности измерительных приборов энергоблока-прототипа).

- электрическая мощность ТГ;
- расход питательной воды на входе в парогенераторы;
- давление пара в деаэраторах;
- давление острого пара;
- расход основного конденсата на деаэраторы;
- температура основного конденсата на деаэраторы.

3.3.1.16. Группа III:

- Для параметров, не перечисленных в группах I и II точность моделирования в сравнении с параметрами энергоблока-прототипа должна быть в пределах $\pm 5\%$ от диапазона измерительного прибора (без учета погрешности измерительных приборов энергоблока-прототипа).

3.3.1.17. Математическая модель ПМТ должна быть верифицирована. Для этого должны быть использованы экспериментальные данные, полученные на энергоблоке-прототипе или, результаты испытаний энергоблока в период пусконаладочных работ, физического и энергетического пусков ЭБ №4 БАЭС, а также проектные данные с расчетами переходных и аварийных режимов работы основного оборудования и энергоблока в целом. Допускается также использовать результаты расчетов по кодам улучшенной оценки, используемым для обоснования и анализа безопасности энергоблока.

3.4. Требования к информационному обеспечению

3.4.1.1. Тренажер должен быть оснащен 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. База данных должна содержать двухуровневую структуру данных – уровень пользователя (отладка, корректировка и т.д.) и уровень администратора – официально утвержденное состояние ПМТ, используемое для обучения оперативного персонала.

| | | |
|--|---|------------|
| | <p>Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования.</p> | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- 3.4.1.2. Программное обеспечение тренажера должно поддерживать иерархическую архитектуру, основанную на встроенной системе модульной иерархии и высокой степени расширяемостисм. Модульное проектирование программного обеспечения должно позволять вносить изменения в выбранный модуль без необходимости изменения других модулей.
- 3.4.1.3. 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.
- 3.4.1.4. 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.
- 3.4.1.5. Программное обеспечение тренажера 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.
- 3.4.1.6. Должна быть возможность для ежедневного копирования прикладного программного обеспечения тренажера на сменный носитель и восстановления любой его части с ранее сделанных копий, а также его обновления.

3.5. Требования к интерфейсу с внешними системами БАЭС

- 3.5.1.1. В проекте тренажера должна быть предусмотрена возможность реализации доступа к ПО ПМТ 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 тренажера.
- 3.5.1.2. В связи с проведением противоаварийных тренировок и участием в них ПМТ, необходимо предусмотреть реализацию передачи данных (информации с

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

рабочих станций систем отображения информации БПУ ПМТ) на внешние объекты (руководство АЭС, кризисный центр концерна «Росэнергоатом», центры технической поддержки и т.п.)

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПМТ

4.1. Общие требования

- 4.1.1.1. В состав программного обеспечения тренаже входит системное и прикладное ПО.
- 4.1.1.2. На тренажере должна быть установлена управляющая система - специальное программное обеспечение (среда разработки и исполнения) для управления разработкой прикладного программного обеспечения, его тестирования, модернизации и организации заданной последовательности вызовов моделей при работе тренажера.
- 4.1.1.3. Операционная система тренажера должна обеспечивать многопользовательский и многозадачный режим работы
- 4.1.1.4. Для разработки, отладки и сопровождения программного обеспечения тренажера должна использоваться современная САПР интегрированная с инструментальными средствами разработки, с удобным графическим интерфейсом, позволяющая обеспечить высокую эффективность моделирования.
- 4.1.1.5. Программы для расчета тепло-гидравлических параметров всех моделей должны быть созданы на базе кодогенераторов для достаточно быстрого осуществления модификации прикладного ПО тренажера и уменьшения ошибок при разработке программного обеспечения.
- 4.1.1.6. Моделирование технологических систем и физических процессов, должно с необходимой точностью воспроизводить режимы нормальной эксплуатации, переходные и аварийные режимы, включая запроектные аварии (ЗПА).
- 4.1.1.7. Программы для моделирования систем контроля и управления блока должны быть разработаны на основе различных подходов – стимуляции, эмуляции и симуляции. Эти подходы должны быть обоснованы для различных моделей систем управления – системы управления нижнего уровня (защиты, блокировки, автоматическое управление, сигнализация), системы верхнего блочного уровня (оперативные терминалы и управление с видеокадров), спецсистемы реактора (СУЗ, УСБТ), и другие (СКУ ПЗ, СКРТ, СКУ ТГ).

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

4.1.1.8. Необходимо иметь возможность ежедневного копирования всех программ на сменный носитель, чтобы при необходимости восстановить любую часть ПО с ранее сделанных копий.

4.1.1.9. Шаг расчета должен быть постоянным и достаточно малым для того, чтобы обеспечить реалистичность моделирования всех систем энергоблока в масштабе реального времени.

4.2. Требования к операционной системе

4.2.1.1. Вычислительный комплекс ПМТ должен включать главный моделирующий компьютер, компьютеры АСУТП при необходимости, 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).

4.2.1.2. 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;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- должна включать большую библиотеку функций и широкие возможности отладки программ и диагностики вычислений.

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

4.3. Требования к программному обеспечению управляющей системы

4.3.1.1. Управляющая система должна работать на компьютере, моделирующем технологические системы и физические процессы. Управляющая система реального времени должна 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.
- 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.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

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

- входов основного словаря базы данных;
- входов файла спецификации модулей;
- коррекции исходных кодов программных модулей;
- обновления загрузки программного обеспечения при помощи компоновщика/загрузчика.

4.4. Требования к прикладному программному обеспечению

4.4.1.1. Прикладные программы тренажера имитируют функции систем АЭС и моделируют физические процессы, а также обеспечивают работу нижнего и верхнего уровня системы контроля и управления. 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 носителях информации.

4.4.1.2. 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. Каждый изменённый модуль может быть перекомпилирован независимо.

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

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

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

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

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

4.4.1.6. Имена программных переменных должны быть присвоены, используя соответствующее соглашение по именам переменных.

4.5. Требования к программному обеспечению инструкторской станции

4.5.1.1. 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.

4.5.1.2. 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.

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

4.6. Требования к программному обеспечению систем отображения информации.

4.6.1.1. Программное обеспечение имитаторов систем отображения информации СВБУ должно иметь набор функций обработки и представления блочной информации, в объеме, обеспечивающем полноценный процесс обучения и подготовки оперативного персонала.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

4.7. Требования к базе данных проекта.

- 4.7.1.1. Для управления конфигурацией проекта должна использоваться база данных, содержащая полную информацию обо всём моделируемом оборудовании ПМТ.
- 4.7.1.2. Эта база должна использоваться для автоматической генерации программ, отвечающих за адекватную работоспособность каждого элемента оборудования, файлов для внесения в базу данных тренажёра, программных сегментов.
- 4.7.1.3. База данных должна обеспечивать возможность генерации из неё проектной документации
- 4.7.1.4. База данных контроля конфигурации тренажёра, должна содержать данные обо всех запросах данных (Data request). В ней также будут храниться записи всех протоколов рассогласований (Discrepancy report), написанных во время выполнения проекта.

4.8. Требования к САПР проекта.

- 4.8.1.1. 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 (СВБУ, графика рабочих станций аналитических тренажеров, панельная графика и т.д.).
- 4.8.1.2. Графический редактор САПР должен иметь интерфейс с программой, моделирующей физические процессы.

4.9. Требования к поставке программного обеспечения.

- 4.9.1.1. 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 носителях информации.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

5. ТРЕБОВАНИЯ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ ЭНЕРГОБЛОКА

5.1. Требования к пределам моделирования

- 5.1.1.1. Пределы и объем моделирования должны определяться в соответствии с требованиями п. 5.3 СТО. Обязательному моделированию на ПМТ подлежат все системы, важные для безопасности АС и контролируемые с БПУ/РПУ, а также системы, влияющие на переходные процессы в реакторной установке. Операции, выполняемые по месту оперативным персоналом, работающим за пределами БПУ/РПУ, которые оказывают существенное влияние на ход режимов, оперативно управляемых с БПУ/РПУ, подлежат включению в объем моделирования.
- 5.1.1.2. Граничные значения расчетных параметров, устанавливающие пределы моделирования, должны определяться с учетом пределов повреждения топлива, для которых выполнено проектное обоснование, и предельных проектных параметров основного оборудования, определенного в ТЗ на ПМТ.
- 5.1.1.3. Установленные пределы моделирования должны быть подтверждены в процессе проведения комплексных испытаний, верификации математической модели и приемо-сдаточных испытаний ПМТ.
- 5.1.1.4. ПМТ должен обеспечить возможность моделирования всех переходных и аварийных режимов работы энергоблока-прототипа, включая ЗПА, в соответствии с требованиями проекта, ТОБ и технологического регламента безопасной эксплуатации энергоблока-прототипа в объеме, определяемом ТЗ на ПМТ до момента достижения стабильного устойчивого состояния энергоблока.
- 5.1.1.5. Моделирование тяжелых аварий должно базироваться на результатах проектного обоснования таких режимов и расчетно-аналитического обоснования аварийных инструкций по действиям в условиях ЗПА, ТЗПА в установленных пределах моделирования.
- 5.1.1.6. На ПМТ должны быть предусмотрены средства (функции) автоматического контроля и извещения инструктора УТП АЭС о достижении расчетными параметрами граничных значений пределов моделирования.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

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

5.1.1.8. Предварительный список параметров, определяющих пределы моделирования и их граничные значения, приведен ниже:

- температура оболочек ТВЭЛ: $>900^{\circ}\text{C}$;
- температура топлива $>2500^{\circ}\text{C}$
- давление в парогенераторах более 28 МПа;
- разрушение активной зоны при тепловой мощности более 3400 МВт.
- Частота генератора >60 Гц.

5.2. Требования к объемам моделирования

5.2.1.1. Общая модель энергоблока, реализованная в программном комплексе ПМТ, образуется в результате интеграции моделирующих систем тренажера.

5.2.1.2. Необходимый объем моделирования технологических систем и оборудования энергоблока-прототипа, приведенный в Приложении 2, должен определяться на основе следующих положений:

- в объем моделирования должно включаться все технологическое оборудование, оперативный контроль и управление которым осуществляется с оперативного контура БПУ/РПУ;
- Операции, выполняемые по месту оперативным персоналом, работающим за пределами БПУ/РПУ, которые оказывают существенное влияние на ход режимов, оперативно управляемых с БПУ/РПУ, подлежат включению в объем моделирования. 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 БПУ/РПУ (управляемые по месту воздушники и дренажи, ремонтная запорная арматура и т.д.);

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- в объем моделирования должны быть включены категории течей по их размеру и месту расположения, рассмотренные проектом и инструкциями по ликвидации аварий энергоблока-прототипа. Течи, не различающиеся по диагностическим признакам, требуемым действиям оператора в аварийных режимах или по производимому воздействию на реакторную установку могут быть представлены одним наиболее характерным размером.
- 5.2.1.3. 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.
- 5.2.1.4. Объем моделирования должен обеспечивать практическую тренировку операторов, приобретение ими профессиональных знаний и навыков в полном объеме управления из БПУ/РПУ, необходимых для безопасной эксплуатации блока при нормальных условиях, нарушениях нормальной эксплуатации, перед и после аварийных ситуаций.
- 5.2.1.5. Поставщиком ПМТ при участии БАЭС должны быть разработаны детальные схемы моделирования технологических, электротехнических, информационных систем, средств АСУ ТП и оборудования энергоблока для всех систем, включенных в объем моделирования.
- 5.2.1.6. Поставщиком ПМТ совместно с БАЭС должны быть разработаны и включены в технический проект ПМТ спецификации моделируемого оборудования БПУ (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, операций местного управления и компонентных отказов определяется техническим заданием (ТЗ).
- 5.2.1.7. Документация по моделируемому на ПМТ оборудованию и системам ЭБ№4 БАЭС разрабатывается на стадии разработки технического проекта ПМТ и поддерживается в процессе всего срока его эксплуатации.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

5.3. Требования к математическим моделям

5.3.1. Нейтронная модель активной зоны

5.3.1.1. Модель активной зоны ПМТ-БН-800 должна обеспечивать расчет нейтронно-физических, теплофизических и теплогидравлических характеристик активной зоны в динамических и стационарных режимах, охватывая весь перечень проектных режимов нормальной эксплуатации, режимов с нарушениями нормальной эксплуатации и аварийных режимов, включая режим связанный с натриевым пустотным эффектом.

5.3.1.2. Модель должна рассчитывать характеристики активной зоны для первой топливной загрузки, и для загрузки, последующей за проектной.

5.3.1.3. Модель активной зоны должна включать:

- трехмерную модель нейтронной кинетики с количеством точек в области активной зоны, как минимум равной числу ТВС, СБЗ, ССЗ и ОТВС в зоне, умноженному на не менее 10 сечений по высоте топлива, трех сечений по высоте нижнего торцевого экрана и трех сечений, включая натриевую полость в верхнем торцевом отражателе;
- поканальную теплогидравлическую модель активной зоны с тем же разбиением зоны по высоте, что и модель нейтронной кинетики;
- показания термодатчиков на выходе из кассет и внешних камер.

5.3.1.4. Модель активной зоны должна воспроизводить следующие особенности конструкции:

- наличие в компоновке активной зоны различных типов тепловыделяющих сборок со всеми предусмотренными ТЗ обогащениями;
- заданное расположение различных типов ТВС, СБЗ, ССЗ и ОР СУЗ.

5.3.1.5. Минимальный перечень основных параметров, рассчитываемых моделью активной зоны с целью детальной идентификации состояния активной зоны и представления их на экранных форматах ПМТ, должен включать:

- двумерное распределение
 - относительной нейтронной мощности по каналам активной зоны;
 - относительной тепловой мощности по каналам активной зоны;
 - расходов теплоносителя по каналам активной зоны;
 - подогревов теплоносителя по каналам активной зоны;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- трехмерное распределение
 - температур оболочки тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ);
 - средних температур топлива ТВЭЛов;
 - максимальных температур топлива и оболочки ТВЭЛов;
 - тепловой мощности;
 - потоков нейтронов в четырех группах;
 - относительного распределения энерговыделения;
 - энерговыработки;
 - линейных нагрузок на ТВЭЛ;
 - относительного энерговыделения во всех ТВС (Q_v);
- интегральные параметры
 - интегральный период реактора;
 - показания боковых ионизационных камер;
 - максимальная или минимальная выборка вышеперечисленных параметров;
 - балансную реактивность;
 - азимутальный «офсет» по трем секторам зоны;
 - аксиальный офсет по высоте активной зоны.

5.3.1.6. В рамках единой интегрированной платформы для разработки и эксплуатации ПМТ-БН-800 должны быть предусмотрены средства, позволяющие оперативно скомпоновать любую конфигурацию активной зоны из ТВС всех типов, которые определяется поставщиком в ТЗ на ПМТ-БН-800 и проимитировать любую схему перегрузки.

5.3.2. Термогидравлическая модель первого контура

5.3.2.1. Модель первого контура должна моделировать следующие ситуации:

- вынужденная или естественная циркуляция;
- работа на 2/3 (работает 2 ГЦН1 из 3 или 2 петли второго контура из 3);
- включение, отключение, обратное вращение и заклинивание ГЦН1;
- включение и отключение ГЦН2;
- повышение уровня натрия в реакторе из-за межконтурной течи и срабатывание гидрозатвора реактора;
- течи основного корпуса, вспомогательных петель.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

5.3.2.2. В модели должны рассматриваются две подсистемы: натриевый контур и подсистема аргона.

5.3.2.3. В объем моделирования **основного натриевого контура** должны быть включены следующие компоненты:

- Активная зона реактора должна быть представлена в модели через интерфейс с модулем, который используется в тренажере для моделирования нейтронно-физических процессов.
- Верхняя камера представляет объем со свободной поверхностью натрия, в который поступает теплоноситель, нагретый в активной зоне. Из верхней камеры горячий натрий течет на входы ПТО. Движение натрия в верхней камере имеет сложный трехмерный характер. Наблюдаются три слабо взаимодействующих потока, соответствующих петлям первого контура. В верхней камере имеет место азимутальный поворот потоков на некоторый угол по часовой стрелке. Это явление принимается во внимание в модели, поскольку это основная причина перераспределения тепла между петлями первого контура.
- ПТО (6 штук) представляют естественные граничные условия между моделями 1 и 2 контуров.
- В модель ГЦН1 должны быть включены механическая модель вала ГЦН, протечка натрия через гидростатический подшипник, потоки натрия из бака ГЦН через специальные отверстия и гидравлическая модель обратного клапана. Электропривод ГЦН и электрогидравлический привод обратного клапана должны моделироваться отдельно.
- Выходные трубопроводы ГЦН1 с защитным кожухом (6 штук) в условиях нормальной эксплуатации должны рассматриваться как трубы без теплообмена с окружающей средой. Для случая течей должны быть предусмотрены специальные ветви гидросети.
- Потоки натрия из всех ГЦН1 поступают в напорный коллектор. Должно моделироваться частичное перемешивание потоков в напорном коллекторе. Тепловая модель верхних конструкций напорного коллектора также должна поддерживаться, что важно для моделирования теплового радиального расширения активной зоны. В напорном коллекторе натрий распределяется на

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

ТВС, внутриреакторную защиту, охлаждение корпуса и фильтр-ловушки. Все эти потоки должны моделироваться.

- Основной корпус реактора должен быть представлен в модели его теплоемкостью. Должны моделироваться также два варианта течей основного корпуса, течь аргона выше уровня натрия и течь страховочного кожуха.

5.3.2.4. В объеме моделирования **подсистема аргона** должна состоять из следующих компонент:

- Газовая полость реактора – объем сверху основного корпуса реактора, который ограничен снизу подвижной поверхностью горячего натрия.
- Страховочная полость реактора – объем между основным корпусом реактора и страховочным корпусом. В условиях нормальной эксплуатации он заполнен аргоном при небольшом избыточном давлении. В случае натриевой течи основного корпуса реактора, на дне страховочной полости появляется жидкий натрий, уровень которого растет в соответствии с развитием течи.
- Бак компенсации связан с газовой полостью реактора трубопроводом газовой компенсации и трубопроводом перелива натрия. Дно этого бака заполнено натрием. В случае перелива натрия температура газа в баке компенсации будет увеличиваться, что ведет к росту давления в реакторе.
- Модель должна включать в себя систему защиты корпуса реактора от превышения давления.
- Газовая полость должна иметь тепло-гидравлические связи с системами раздачи выдержанного аргона, сдувок радиоактивного аргона и системой КГО по газу.

5.3.3. Термогидравлическая модель второго контура.

5.3.3.1. Модель второго контура должна состоять из моделей 3-х петель второго контура, которые различаются в некоторых деталях (высотные отметки трубопроводов, гидросопротивления и т.п.) и модели баков запаса натрия (ЗБН). Модель предназначена для работы в следующих ситуациях:

- принудительная (ГЦН2 включены) или естественная циркуляция;
- в случае естественной циркуляции или для отключенной секции парогенератора (ПГ) возможно обратное направление потоков в элементах второго контура;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- включение, отключение, обратное вращение ГЦН2;
- подпитка буферного бака натрия (ББН) натрием или аргоном;
- подключение и отключение секций и модулей ПГ;
- сброс натрия из секций и модулей ПГ в САЗ ПГ;
- дренирование и заполнение различных частей петель;
- течи натрия (в первый контур или в помещения);
- малые и большие течи в модулях ПГ.

5.3.3.2. Теплогидравлика всех натриевых контуров должна моделироваться уравнениями баланса масс, момента и энергии в системе с сосредоточенными параметрами.

5.3.3.3. Режимы ГЦН-2 (напор и гидросопротивление) должны соответствовать данным пневматических испытаний производителя.

5.3.3.4. Динамика свободного уровня жидкости должна быть промоделирована:

- в ББН;
- в баке ГЦН2;
- в трубопроводах сдувки из секций ПГ для отключенных секций или при выключенном ГЦН2;
- в модулях ПГ и трубопроводах для дренируемых секций;
- в основных трубопроводах в режиме дренирования петли;
- Дренируемых и заполняемых секций и оборудования.

5.3.3.5. В тепловой части модели должна учитываться теплоемкость металла ББН, ГЦН, трубопроводов, а так же влияние системы электрообогрева. Тепловой расчет ПТО и ПГ выполняется моделями первого контура и моделью парогенератора соответственно.

5.3.3.6. Модель подсистемы аргона должна включать уравнения состояния аргона в нескольких объемах, уравнение баланса массы. Аргон может рассматриваться как идеальный газ без теплоемкости.

5.3.3.7. Должны быть предусмотрены тепло-гидравлические связи с системами дренажа и бакового хозяйства второго контура.

5.3.3.8. Модель ГЦН2 должна включать механическую модель вала ГЦН2 и модель напора ГЦН2, бак ГЦН2 и потоки натрия через ГЦН2, включая протечки через гидростатический подшипник, рассматриваемые как часть теплогидравлической сети. Электропривод ГЦН2 моделируется отдельно.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

5.3.3.9. Должен моделироваться объем аргона в ББН, связанный с объемом аргона в баке ГЦН2. Гидросопротивление трубопровода аргона ББН-ГЦН2 пренебрежимо мало. В случае разрыва предохранительной мембраны аргонный объем ББН связывается с арговыми баками аварийного сброса трубопроводом, гидросопротивлением которого можно пренебречь.

5.3.3.10. Баки БАС с линиями удаления аргона в спецвентиляцию с задвижкой должны моделироваться как часть аргонной подсистемы.

5.3.3.11. Для подпитки ББН аргоном должна быть предусмотрена связь с системой раздачи чистого аргона.

5.3.3.12. Должна быть промоделирована возможность объединить объем аргона в ББН с подсистемой баков ЗБН трубопроводом с задвижкой.

5.3.3.13. Теплообмен между 2 и 3 контуром рассматривается в модели ПГ. В качестве граничных условий между моделями второго контура и ПГ используются расход натрия, давление и температура в следующих точках:

- вход в перегреватель;
- выход из испарителя;
- трубопровод сдувки из перегревателя;
- трубопровод сдувки из испарителя;
- трубопровод дренажа из перегревателя;
- трубопровод дренажа из испарителя.

5.3.4. Моделирование вспомогательных натриевых систем

5.3.4.1. Тепло-гидравлика натриевых контуров должна описываться уравнениями баланса масс, момента и энергии в системе сосредоточенных параметров.

5.3.4.2. Процессы дренирование натрия и замещение его аргоном, а так же обратные процессы заполнения трубопроводов натрием и вытеснение аргона должны моделироваться в объеме необходимом для проведения технологических операций и моделирования аварий.

5.3.4.3. Температура замерзания натрия как функция от содержания загрязнений должна моделироваться как минимум в системах очистки натрия.

5.3.5. Модель парогенератора

5.3.5.1. Должен быть промоделирован парогенератор Н-272, который обеспечивает генерацию перегретого пара высокого давления, подаваемого в цилиндр высокого давления турбины.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

5.3.5.2. Нестационарная теплогидравлическая модель парогенератора должна строиться на основе совместного согласованного применения 3-х моделей:

- всережимной модели нестационарной гидродинамики и нестационарного теплообмена в двухфазном неравновесном пароводяном потоке, отдельно рассматривающей газопаровую и жидкую фазы.
- модели нестационарной гидродинамики и нестационарного теплообмена в однофазном потоке жидкометаллического теплоносителя,
- двумерной модели нестационарной теплопроводности в стенке трубы, разделяющей жидкий металл и пароводяную смесь.

5.3.5.3. Перечень параметров, рассчитываемых моделью парогенератора, должен включать:

- температуру среды на выходе модулей испарителя и пароперегревателя,
- давление среды в коллекторах на входе и выходе модулей испарителя и пароперегревателя;
- поток тепла в модулях испарителя и пароперегревателя.

5.3.5.4. Должна моделироваться реакция натрия с водой в объеме необходимом для адекватного изменения измеряемых параметров при течах парогенератора.

5.3.6. Термогидравлическая модель пароводяного контура

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

5.3.6.2. 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:
 - естественная и принудительная циркуляция однофазного или двухфазного теплоносителя, включая обратные потоки;
 - изменение концентрации и перенос неконденсирующихся газов;
 - изменение режима работы насосов: включение, отключение, выбег, кавитация, двухфазное течение, реверс потока, заклинивание ротора и расцепление с электродвигателем;
 - однофазные и двухфазные истечения через предохранительные клапаны и

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

в разрывы трубопроводов;

- односторонние и противоположные течения газообразных и жидких компонентов парогазовой смеси;
- образование и изменение уровня жидкости в объемах;
- учет режима критического истечения через предохранительные клапаны и разрывы трубопроводов;
- малые течи и большие разрывы трубопроводов, в том числе и с двухсторонним истечением;

- процессы тепло-массообмена:

- межфазный теплообмен жидкости и газа;
- теплообмен между теплоносителем (однофазный теплоноситель или парогазо-жидкостная гомогенная или гетерогенная смесь) и стенками, с учетом влияния неконденсирующихся газов на теплопередачу и с учетом внутренних источников тепла;
- 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;
- учет теплового эффекта химических реакций;
- теплообмен с многослойными стенками;
- тепловыделение от работающего оборудования и тепловые потери от оборудования и трубопроводов.

5.3.6.3. Теплогидравлическая модель должна быть применимой в широком диапазоне изменения параметров (от параметров в конденсаторах и в проточной части турбины и до параметров перегретого пара).

5.3.6.4. Реальные объекты (баки, трубопроводы, тройники, 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.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

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

5.3.6.6. Вычисления по модели должны быть достоверны во всем эксплуатационном диапазоне. Верификация модели должна быть основана на сравнении результатов расчета по модели с результатами динамических испытаний на энергоблоке и результатами расчетов аварийных режимов и режимов запроектных аварий, входящих в описание обоснования безопасности энергоблока. 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.

5.3.7. Системы электроснабжения

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

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

5.3.7.3. 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).

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

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

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

5.3.7.7. Модель процессов в генераторе должна включать в себя:

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- 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;
- охлаждение статора и ротора генератора.

5.3.8. Моделирование стандартного оборудования

Насосы

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

- достоверно отражать возникновение и эффекты кавитации;
- 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

5.3.8.2. 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;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- модели перепускных и предохранительных клапанов должны реалистично отражать данные по гистерезису открытия/закрытия;
- модели дистанционно управляемых клапанов должны включать реальные 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.

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

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

5.3.8.3. Модели сетевых выключателей / разъединителей должны включать:

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

5.3.9. Моделирование процессов переноса

5.3.9.1. Радиоактивность.

- Перенос радиоактивности должен моделироваться в теплоносителе, газе, помещениях с учетом интенсивности источников, распада, распространения с потоками внутри и между системами, а также в случае неплотности технологических контуров.
- Должно моделироваться влияние фильтров на перенос радиоактивности, включая накопление активности в фильтрах.
- Должна моделироваться радиоактивность в прямках и баках, где это существенно.
- Должна моделироваться передача радиоактивности между контурами.
- Подробность моделирования должна быть достаточной, чтобы отклики детекторов радиоактивности или моделируемых систем отбора проб соответствовали ожидаемым.
- Должен моделироваться выход и распространение с теплоносителем радиоактивности в смежные системы или окружающую среду в объеме имеющихся средств радиационного контроля на энергоблоке-прототипе;

5.3.10. Моделирование системы контроля и управления

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

- Система контроля и управления верхнего блочного уровня (интерфейс оператора);
- Система управления и защиты (СУЗ) реактора, включая аппаратуру контроля нейтронного потока (АКНП);
- Системы диагностики РУ;
- Управляющая система безопасности технологическая (УСБТ);
- Система автоматической защиты ПГ (САЗ ПГ);
- Система контроля и управления электрообогрева (СКУ ЭО);

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- Система контроля и управления оборудованием нормальной эксплуатации (СКУ НЭ), включая системы контроля и регулирования турбины (СКРТ) и генератора (СКУ ТГ);
- Система контроля и управления спецкорпуса (СК) и спецбытового корпуса (СБК) (СКУ СК);
- Система контроля и управления вентиляционным оборудованием (СКУ В);
- Система радиационного контроля (СРК);
- Система контроля и управления противопожарной защитой (СКУ ПЗ);
- Система контроля и управления электрическим оборудованием нормальной эксплуатации (СКУ ЭЧ);
- Средства регистрации важных параметров эксплуатации (СРВПЭ);
- Система контроля и управления водно-химическими режимами третьего контура (СКУ ВХР).

5.3.10.2. Модель системы контроля и управления должна использовать те же алгоритмы, что и АСУ ТП.

5.4. Требования к моделированию режимов работы энергоблока

5.4.1.1. ПМТ должен обеспечить моделирование проектных режимов эксплуатации, контроль и управление которыми осуществляется оперативным персоналом БПУ/РПУ.

5.4.1.2. Перечень моделируемых режимов формируется в соответствии с требованиями п. 5.4. СТО. Критерием отбора при формировании перечня моделируемых режимов является условие, что контроль и оперативное управление режимом осуществляется с БПУ и РПУ энергоблока-прототипа.

5.4.1.3. Определение необходимых для моделирования режимов с нарушением пределов и условий нормальной эксплуатации и аварий выполняется на основе следующих документов:

- проектной и эксплуатационной документации энергоблока-прототипа;
- информации по отказам, имевшим место на энергоблоке-прототипе и других энергоблоках аналогичного типа;
- рекомендациям, указаниям и нормативным актам Росатома, Ростехнадзора и эксплуатирующей организацией.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- ПМТ должен обеспечивать моделирование режимов, связанных с течами теплоносителя, при этом:
- в объем моделирования должны быть включены все категории течей по их размеру и месту расположения, рассмотренные проектом энергоблока-прототипа;
- для режимов течей теплоносителя должны моделироваться выход и распространение с теплоносителем радиоактивности в смежные системы или окружающую среду в объеме имеющихся средств радиационного контроля на энергоблоке-прототипе;
- для моделирования режимов течей теплоносителя должны моделироваться перенос водорода для тех мест утечки, где на энергоблоке-прототипе имеются средства контроля над его концентрацией, представляющие информацию на БПУ.

5.4.1.4. Перечень моделируемых режимов эксплуатации энергоблока представлен в Приложении 5.

5.4.1.5. Для моделирования режимов с нарушением пределов и условий нормальной эксплуатации и аварий, в соответствии с требованиями п.п. 5.4.2. и 5.4.3, в ПМТ должны быть предусмотрены системные и стандартные отказы, вводимые инструктором с РМИ.

5.4.1.6. Если на моделируемые режимы существенное влияние оказывает состояние выгорания активной зоны, то должно предусматриваться их моделирование для характерных значений состояний выгорания: начало, середина и конец кампании.

5.5. Требования к исходным состояниям тренажера

5.5.1.1. Формирование перечня исходных состояний должно быть реализовано в соответствии с п. 5.5. СТО.

5.5.1.2. Тренажер должен иметь возможность сохранения 200 Исходных Состояний (ИС), которые будут размещены на жестком диске компьютера инструкторской станции.

5.5.1.3. На тренажере должно быть установлены базовые исходные состояния, которые должны соответствовать различным состояниям энергоблока. Эти базовые ИС должны быть защищены от случайной перезаписи паролем.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

Остальные исходные состояния создаются инструктором по мере необходимости.

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

5.5.1.5. Перечень 19-и базовых исходных состояний для начала, середины и конца кампании реактора представлен в Приложении 1.

5.6. Требования к точности и достоверности моделирования

5.6.1.1. Моделирование на ПМТ исходных состояний, режимов нормальной эксплуатации, режимов с нарушением нормальной эксплуатации и аварий в части требований к точности и достоверности должно соответствовать п. 5.6. 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.

5.6.1.2. Требования к точности и достоверности моделирования стационарных состояний режимов нормальной эксплуатации:

- проверка достоверности моделирования стационарных состояний должна охватывать диапазон работы энергоблока от МКУМ до 100 % N ном. и производиться на трех уровнях мощности; уровень мощности 100 % является обязательным, значения промежуточных уровней мощности могут быть скорректированы в зависимости от наличия расчетных и фактических данных энергоблока-прототипа;
- исходные состояния для проверки параметров стационарных состояний должны быть получены путем выполнения операций по пуску и набору

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

нагрузки в соответствии с эксплуатационными инструкциями энергоблока-прототипа, а не сформированы путем задания значений расчетных параметров;

- вычисленные в ПМТ параметры технологического процесса должны соответствовать параметрам энергоблока-прототипа в пределах допустимых значений отклонений без учета погрешности измерительных средств энергоблока-прототипа;
- некоторые параметры могут колебаться около стационарных значений за счет работы регуляторов, в этом случае для сравнения берутся усредненные значения, а амплитуда колебаний параметров на ПМТ не должна превышать амплитуды колебаний параметров энергоблока-прототипа;
- до проведения проверки моделирования стационарных состояний поставщиком ПМТ должна быть разработана методика проверки, в которой должно быть указано, как перевести ПМТ в состояние, для которого представлены данные энергоблока-прототипа и приведены перечни сверяемых параметров с допустимыми отклонениями; методика должна быть включена в программу комплексных испытаний.

5.6.1.3. Требования к устойчивости моделирования стационарных состояний режимов нормальной эксплуатации следующие:

- должна быть выполнена проверка устойчивости моделирования параметров энергоблока в стационарном состоянии.
- значения параметров могут колебаться в стационарном состоянии из-за работы автоматических систем регулирования, в этом случае проверяется отклонение среднего значения параметра при условии сохранения амплитуды колебаний на прежнем уровне.

5.6.1.4. Требования к точности и достоверности моделирования переходных состояний режимов нормальной эксплуатации следующие:

- при выполнении на ПМТ программ пусковых испытаний энергоблока-прототипа должны выполняться содержащиеся в этих программах условия их успешного завершения (далее – критерии успешности);
- при выполнении на ПМТ регламентных плановых опробований оборудования и систем или переходов по оборудованию по инструкциям, программам, бланкам переключений энергоблока-прототипа должны выполняться содержащиеся в этих документах критерии успешности;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- при выполнении на ПМТ пуско-остановочных операций по эксплуатационной документации энергоблока-прототипа должны достигаться такие же результаты и состояния, как и на энергоблоке-прототипе;
- реакция ПМТ на выполнение ошибочных действий или невыполнение необходимых операций должна быть аналогична реакции энергоблока-прототипа;
- изменения параметров на ПМТ при соблюдении условий и пределов нормальной эксплуатации по направлению и тенденции должны соответствовать изменению параметров на энергоблоке-прототипе в идентичных условиях и не выходить за установленные технологическим регламентом пределы;
- если при выполнении эксплуатационных операций с соблюдением условий и пределов нормальной эксплуатации на энергоблоке-прототипе происходит срабатывание сигнализации или выполнение автоматических действий, эти же события в идентичных условиях должны происходить на ПМТ;
- на ПМТ не должно происходить срабатывание сигнализации или выполнения автоматических действий, если это не происходит в идентичных условиях на энергоблоке-прототипе.

5.6.1.5. Требования к точности и достоверности моделирования режимов с нарушением нормальной эксплуатации:

- для ликвидации последствий нарушений и аварий в работе оборудования модель ПМТ должна обеспечивать выполнение обучаемым таких же действий, как на энергоблоке- прототипе;
- реакция ПМТ на неправильные действия обучаемых или невыполнение необходимых операций должны быть аналогичны реакции энергоблока-прототипа;
- изменения параметров на ПМТ должны по направлению и тенденции соответствовать данным энергоблока-прототипа, принятым за основу на базе экспертной оценки фактических или проектных материалов; при использовании в качестве критерия проектных расчетов необходимо учитывать консервативные положения, заложенные в них;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- если на энергоблоке-прототипе происходит срабатывание сигнализации или выполняются автоматические действия, те же самые события должны происходить в идентичных условиях на ПМТ;
- на ПМТ не должно происходить срабатывание сигнализации или выполнение автоматических действий, если это не происходит в идентичных условиях на энергоблоке-прототипе.

5.6.1.6. Требование к воспроизводимости моделируемого процесса.

- Изменение моделируемых аналоговых и дискретных параметров должно быть каждый раз идентично при повторном пуске тренажера из того же самого исходного состояния и при использовании той же самой комбинации управляющих воздействий.

5.7. Моделирование отказов

5.7.1.1. Моделирование неисправностей оборудования и систем АЭС в целом должно быть реализовано посредством активизации предусмотренных на стадии технического проекта отказов на компонентном (стандартные отказы) и системном (системные отказы) уровне.

5.7.1.2. 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 5.

5.7.1.3. Введение системных отказов осуществляется для моделирования различных эксплуатационных режимов, проектных и тяжелых аварий. Для выполнения этой цели на тренажере предполагается моделировать системные отказы, приведенные в Приложении 4. Окончательный список стандартных и системных отказов будет представлен Заказчику для согласования на этапе разработки Технического проекта ПМТ.

5.7.1.4. Моделирование всех стандартных и системных отказов, индивидуально или в комбинации, должно полно и реалистично воспроизводить поведение

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

энергоблока в аналогичной ситуации, с адекватной реакцией на действия операторов и соответственно отражать сигнализацию на блочном щите.

5.7.1.5. 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.

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

5.7.1.7. 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 ПМТ.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

6. ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

6.7.1.1. Разработка и изготовление тренажера осуществляется по следующим этапам:

6.1. Этап предпроектных работ

- предпроектное обследование, сбор документации и анализ исходных данных по энергоблоку - прототипу;
- разработка технического задания на ПМТ;
- разработка плана обеспечения качества;
- «заморозка» исходных данных на проектирование ПМТ.

6.2. Этап технического проекта

- разработка проектно-конструкторской документации на технические средства ПМТ;
- разработка базы данных ПМТ на моделируемые системы.

6.3. Этап закупки оборудования и комплектующих

- закупка оборудования компьютерного комплекса;
- размещение заказов на закупку и изготовление щитов и панелей имитаторов БПУ, РПУ, устройства ввода-вывода, необходимого оборудования и комплектующих (ЗИП).

6.4. Этап рабочего проекта

- разработка системного программного обеспечения;
- разработка кодов моделей технологических систем;
- разработка программного обеспечения инструкторской станции;
- разработка программного обеспечения имитаторов информационных систем;
- разработка программы автономных испытаний моделей технологических систем;
- проведение автономного тестирования моделей технологических систем в соответствии с программой автономных испытаний;
- проведение интегрирования всего программного обеспечения в единый комплекс;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- разработка программы комплексных испытаний;
- разработка программы верификационных испытаний;
- разработка программы приемо-сдаточных испытаний;
- разработка учебно-методических материалов.

6.5. Этап пуско-наладочных работ

- наладка технических средств ПМТ на площадке Исполнителя;
- интеграция прикладного программного обеспечения с имитаторами БПУ/РПУ на площадке Исполнителя;
- комплексная наладка ПМТ;
- корректировка проектной документации по результатам комплексной наладки ПМТ (схемы и таблицы электрических соединений и подключений, спецификации приборов, чертежи передних видов пультов и панелей БПУ/РПУ, сборочные чертежи и перечень оборудования);
- проведение комплексных испытаний в соответствии с программой комплексных испытаний;
- проведение верификационных испытаний в соответствии с программой верификационных испытаний;
- разработка конечных проектных спецификаций на моделируемые технологические системы;
- демонтаж, перевозка, ПМТ на площадку Заказчика.

6.6. Этап приемо-сдаточных испытаний

- проведение приемо-сдаточных испытаний в соответствие с программой приемо-сдаточных испытаний;
- передача Заказчику комплекта документации поставляемой с ПМТ в соответствии с ТЗ.
- Программа ПСИ должна включать в себя руководства (процедуры) по проведению испытаний ПМТ.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

6.7. Этап гарантийного сопровождения

6.7.1.1. Гарантийное сопровождение ПМТ (в части выполненных работ) должно осуществляться в течение двух лет после подписания акта сдачи-приемки ПМТ.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

7. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ ПО ОКОНЧАНИЮ РАБОТ

7.1.1.1. Исполнитель в процессе и по окончании разработки тренажера представляет Заказчику следующую техническую документацию в соответствии с требованиями пункта 5.13. СТО:

- техническое задание на ПМТ;
- ведомость эксплуатационных документов;
- конечные проектные спецификации на моделируемые технологические системы;
- отчет по математическим моделям технологических систем
- документация моделирующего компьютера, компьютера инструкторской станции, компьютеров рабочих станций информационных систем, в объеме документации производителя оборудования;
- руководство по эксплуатации тренажера;
- инструкторская станция, руководство пользователя;
- руководство оператора информационных систем;
- схемы электрические подключения приборов и устройств к системе ввода/вывода;
- спецификации приборов;
- схемы электрические общие;
- таблицы электрических соединений;
- схемы электрические подключения оборудования и схемы кабельных соединений;
- чертежи передних видов пультов и панелей БПУ/РПУ;
- сборочные чертежи и перечень оборудования;
- программа автономных испытаний;
- акт по результатам автономных испытаний;
- программа комплексных испытаний;
- акт по результатам комплексных испытаний;
- программа верификационных испытаний;
- отчет по результатам верификационных испытаний;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- программа приемо-сдаточных испытаний;
- акт приемо-сдаточных испытаний;
- контрольная версия программного обеспечения на электронном носителе;
- паспорт на ПМТ;
- учебно-методические материалы.

7.1.1.2. Вся техническая документация должна выпускаться на русском языке.

7.1.1.3. Документация представляется на бумаге и электронном носителе в двух экземплярах. Документация на приобретенное программное и аппаратное обеспечение, поставленное заводами - изготовителями, должна поставляться в оригинальном формате. Документация в электронном виде предоставляется в формате, согласованном с Заказчиком.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

8. ПОРЯДОК ПРИЕМКИ ТРЕНАЖЕРА

8.1. Процедуры тестирования, комплексной отладки и приемки тренажера

Поскольку ПМТ является сложным программно-техническим комплексом, процедуры его тестирования носят многоэтапный характер и базируются на первоначальном автономном тестировании отдельных его элементов или функциональных групп элементов, с последующей комплексной отладкой, тестированием и приемкой.

Ниже изложены основные этапы отладки и тестирования ПМТ.

8.1.1. Автономные испытания технических средств и программного обеспечения тренажера.

8.1.1.1. Автономные испытания технических средств и программного обеспечения проводятся по программам разработанным Исполнителем и согласованным с Заказчиком ПМТ и должны включать:

- испытания компьютерного оборудования и технических средств;
- автономное тестирование компонентов системного и прикладного программного обеспечения.

8.1.1.2. Результаты автономных испытаний технических средств и программного обеспечения оформляются в виде итогового акта с приложением протоколов по каждому виду испытаний и согласовываются с Заказчиком.

8.1.2. Комплексная отладка и испытания тренажера

8.1.2.1. После выполнения испытаний по п.8.1.1. и интегрирования программного обеспечения производится отладка тренажера, как единого комплекса.

8.1.2.2. После завершения отладки ПМТ, принимается решение о проведении комплексных испытаний. Комплексные испытания выполняются на площадке Исполнителя. Данные испытания выполняются по всему спектру моделируемых режимов и реализуемых функций ПМТ в соответствии с Программой комплексных испытаний ПМТ, разработанной Исполнителем и согласованной с Заказчиком тренажера.

8.1.2.3. Программа комплексных испытаний, как минимум, должна включать:

- проверку конфигурации и испытания совместного функционирования комплекса технических средств ПМТ;

| | | |
|--|---|------------|
| | <p>Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования.</p> | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- проверка функциональных возможностей Инструкторской станции;
- проверку исходных состояний ПМТ в течение 60 минут;
- испытания режимов нормальной эксплуатации, моделируемых на ПМТ;
- индивидуальные испытания моделируемых отказов;
- испытания режимов с нарушением нормальной эксплуатации и аварий, моделируемых на ПМТ;
- проверку пределов моделирования ПМТ;
- критерии оценки результатов испытаний.

8.1.2.4. Объем процедур тестирования включаемых в Программу комплексных испытаний определяется на стадии рабочего проектирования ПМТ.

8.1.2.5. Результаты комплексных испытаний ПМТ оформляются в виде итогового акта с приложением протоколов по каждому виду испытаний и согласовываются с Заказчиком.

8.1.3. Верификация математической модели ПМТ

8.1.3.1. После завершения комплексных испытаний ПМТ Заказчик совместно с Исполнителем проводят верификацию математической модели ПМТ в соответствии с Программой верификации, разработанной Исполнителем, согласованной с Заказчиком и утвержденной техническим директором эксплуатирующей организации.

8.1.3.2. Для проведения верификации математической модели Заказчик предоставляет Исполнителю исходные данные, включая данные по моделируемым запроектным авариям.

8.1.3.3. Программа верификации должна включать:

- перечень верифицируемых режимов;
- условия проведения верификационных испытаний для каждого режима;
- перечень регистрируемых параметров для каждого режима;
- порядок верификации для каждого режима;
- критерии оценки результатов (критерии успешности проведения) испытаний;
- перечень документации, содержащей реальные и расчетные данные энергоблока прототипа, в соответствии с которыми разработаны критерии оценки результатов испытаний.

8.1.3.4. Программа верификации должна содержать верификацию режимов в соответствии с п. 5.10.4.1 СТО.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

8.1.3.5. По результатам верификации ПМТ выпускается отчет, который согласовывается с Заказчиком и утверждается Техническим директором эксплуатирующей документации.

8.1.3.6. Отчет по верификации должен включать, как минимум, следующие разделы:

- основные сведения о верификации используемых в математической модели расчетных кодов;
- анализ математической модели;
- результаты тестирования и перечень используемых для верификации экспериментальных и расчетных данных;
- сравнительный анализ (сопоставление) моделируемых на ПМТ процессов с экспериментальными и проектными данными по энергоблоку – прототипу;
- анализ соответствия ПМТ требованиям нормативных документов.
- заключение о допустимости выявленных расхождений, если таковые были обнаружены.

8.1.4. Приемно-сдаточные испытания ПМТ.

8.1.4.1. Испытания на площадке Заказчика выполняются по Программе приемно-сдаточных испытаний, составляемой Исполнителем, согласованной с Заказчиком тренажера и утвержденной эксплуатирующей организацией с целью подтверждения соответствия ПМТ требованиям СТО, ТЗ и проекта ПМТ.

8.1.4.2. Программа приемно-сдаточных испытаний ПМТ должна включать в себя следующие разделы:

- проверку конфигурации и испытания совместного функционирования комплекса технических средств ПМТ;
- проверку наличия и состава документации по эксплуатации ПМТ;
- рассмотрение результатов автономных испытаний;
- рассмотрение результатов комплексных испытаний;
- рассмотрение и анализ отчета по верификации;
- проверка функциональных возможностей Инструкторской станции
- испытание моделируемых режимов нормальной эксплуатации;
- испытание моделируемых режимов с нарушением нормальной эксплуатации и аварий;
- проверка пределов моделирования;

| | | |
|--|---|------------|
| | <p>Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования.</p> | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- критерии оценки результатов испытаний.

8.1.4.3. В перечень испытаний должны входить как минимум следующие режимы:

- проверка исходных состояний;
- пуск энергоблока из холодного состояния до номинального уровня мощности;
- плановый останов энергоблока с номинального уровня мощности до состояния “холодный останов”;
- проверка отказов и режимов, вызывающих срабатывание защиты АЗ.

8.1.4.4. Уточненный объем испытаний по Программы приемо-сдаточных испытаний тренажера специалистами Заказчика будет согласован на этапе технического проекта ПМТ. Продолжительность данных испытаний не должна превышать 30 календарных дней.

8.1.4.5. Комплект «Руководств по проведению занятий на тренажере» должен быть разработан и согласован с заказчиком до проведения ПСИ.

8.1.4.6. По результатам приемо-сдаточных испытаний ПМТ оформляется акт с приложением протоколов испытаний, председателем комиссии – главным инженером.

8.1.5. Участие специалистов Заказчика в процедурах приемки

8.1.5.1. Испытания по п.8.1.1 выполняются персоналом Исполнителя. Специалисты Заказчика привлекаются для контроля за их ходом.

8.1.5.2. Испытания по п.8.1.2 и 8.1.3 выполняются совместно Исполнителем и Заказчиком под руководством Исполнителя.

8.1.5.3. Испытания по п.8.1.4 выполняются, в основном, персоналом Заказчика при содействии Исполнителя.

8.2. Приемка тренажера

8.2.1.1. Приемка тренажера осуществляется комиссией, назначаемой приказом по БАЭС с привлечением в ее состав представителей эксплуатирующей организации, представителей АЭС и представителей разработчика ПМТ.

8.2.1.2. По результатам приемо-сдаточных испытаний ПМТ оформляется акт с приложением протоколов испытаний, утверждаемый председателем комиссии – главным инженером.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

8.3. Гарантии.

- 8.3.1.1. Исполнитель обеспечивает 2 (два) года гарантийного обслуживания по всему поставленному программному и аппаратному обеспечению, начиная с даты подписания приемочных документов на Тренажер на площадке Заказчика.
- 8.3.1.2. Исполнитель обязан за свой счет отремонтировать или заменить (и если необходимо перепроектировать), установить и протестировать любую часть или части поставленного программного или аппаратного обеспечения, которые окажутся дефектными во время гарантийного периода.
- 8.3.1.3. Любая часть за исключением расходных материалов, отремонтированная или замененная в рамках гарантий, должна быть поставлена под гарантии на 6 (шесть) месяцев или до конца гарантийного периода, в зависимости от того, что дольше.
- 8.3.1.4. Исполнитель не предоставляет никаких гарантий по любому типу частей, если они использовались не для целей Тренажера или его эксплуатация осуществлялась с нарушением установленных норм и правил. Заказчик, в свою очередь, обязуется не использовать, или не выдавать разрешение на использование частей Тренажера не по назначению.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ ИСХОДНЫХ СОСТОЯНИЙ

1. Холодный останов НК (1-я топливная загрузка)
2. Холодный останов НК (2-я топливная загрузка)
3. Горячий останов НК(1-я топливная загрузка)
4. Горячий останов НК(2-я топливная загрузка)
5. МКУ НК (работа на 2-х петлях/1-я топливная загрузка)
6. МКУ НК (работа на 2-х петлях/2-я топливная загрузка)
7. МКУ НК (работа на 3-х петлях/1-я топливная загрузка)
8. МКУ НК (работа на 3-х петлях/2-я топливная загрузка)
9. Мощность 3% НК (работа на 2-х петлях, готовность ПГ к переводу в паровой режим/1-я топливная загрузка)
10. Мощность 3% НК (работа на 2-х петлях, готовность ПГ к переводу в паровой режим/2-я топливная загрузка)
11. Мощность 6% НК (работа на 3-х петлях, готовность ПГ к переводу в паровой режим/1-я топливная загрузка)
12. Мощность 6% НК (работа на 3-х петлях, готовность ПГ к переводу в паровой режим/2-я топливная загрузка)
13. Готовность к толчку турбины НК
14. Мощность 66% НК (работа на 2-х петлях)
15. Мощность 60% НК (работа на 3-х петлях)
16. Мощность 100% НК(1-я топливная загрузка)
17. Мощность 100% НК(2-я топливная загрузка)
18. Мощность 100% КК(1-я топливная загрузка)
19. Мощность 100% КК(2-я топливная загрузка)

Примечание: НК- начало кампании
КК - конец кампании

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПЕРЕЧЕНЬ МОДЕЛИРУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Полномасштабный тренажер должен моделировать, как минимум, все системы энергоблока, управляемые операторами БПУ. Моделирование систем, перечисленных ниже, обеспечит моделирование пуска энергоблока из холодного и горячего состояния, маневрирование на мощности, а также нормальных, переходных и аварийных режимов эксплуатации.

| № п/п | ID | Наименование |
|----------|-----------------------|---|
| 1. | JAA | Страховочный корпус реактора |
| 2. | JAD | Система защиты и контроля страховочного корпуса реактора |
| 3. | JDA | Исполнительные механизмы СУЗ |
| 4. | JEА | Промежуточный теплообменник |
| 5. | JEB | Главные циркуляционные насосы первого контура |
| 6. | JEG | Система защиты корпуса реактора от превышения давления |
| 7. | JEV | Система маслохозяйства ГЦН-I |
| 8. | JGA, JGK, JGL, JGN | Парогенераторы |
| 9. | JGB | Главные циркуляционные насосы второго контура |
| 10. | JGC | Система основных трубопроводов II контура |
| 11. | JGF | Система поддержания давления теплоносителя во II контуре |
| 12. | JGG | Система автоматической защиты парогенератора (САЗ ПГ) |
| 13. | JGV | Система маслохозяйства ГЦН-II |
| 14. | JKA | Внутриреакторный КИП |
| 15. | JNB | Система аварийного расхолаживания (САРХ) |
| 16. | JRA | Внереакторный контроль физической мощности реактора |
| 17. | JSA | Внутриреакторный контроль физической мощности реактора |
| 18. | KAA | Система промконтура охлаждения потребителей реакторного отделения |
| 19. | KAC | Системы охлаждения фильтр - ловушек |
| 20. | KBA | Система бакового хозяйства I контура |
| 21. | KBB | Система бакового хозяйства II контура |
| 22. | KBB0 | Система приемки натрия |
| 23. | KBE | Система очистки натрия I контура |
| 24. | KBE | Система натриевой петли спектрометрии |
| 25. | KBK | Система очистки натрия II контура |
| 26. | KHA | Система газового разогрева |
| 27. | FAD | Система охлаждения барабана отработавших сборок (БОС) |
| 28. | FAK | Система охлаждения бассейна выдержки |
| 29. | FBC | Система отмывки отработавших сборок |
| 30. | FCA | БОС |
| 31. | FJN | Система отмывки от натрия и дезактивации оборудования |
| 32. | KPM | Система сдувок и выдержки активного аргона |
| 33. | KRA | Система раздачи выдержанного аргона |
| 34. | KRB | Система раздачи «чистого» аргона |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| № п/п | ID | Наименование |
|----------|--------------|--|
| 35. | KTE | Система дренажей и сдувок по II контуру |
| 36. | KTK | Система технологических сдувок реакторного отделения |
| 37. | KTM | Система вакуумирования |
| 38. | KUA | Система отбора проб натрия I контура |
| 39. | KUF | Система КГО и спектрометрии по газу |
| 40. | KVA | Система маслохозяйства потребителей реакторного отделения |
| 41. | QEB | Система сжатого воздуха |
| 42. | QJB | Система раздачи азота |
| 43. | QJD | Система приема и выдачи аргона |
| 44. | QJE | Система осушки и очистки аргона |
| 45. | KLA10 | Приточная система вентиляции помещений 1 канала СБ ЗКД здания реактора |
| 46. | KLA13 | Приточно-вытяжная система вентиляции помещений САРХ ВТО |
| 47. | KLA14 | Приточная система помещений зоны контролируемого доступа, расположенных в блоках UJA, 1UBR, 2UBR, работающая при обесточивании |
| 48. | KLA16 | Вытяжная система вентиляции помещений 1 - 3 каналов СБ ЗКД здания реактора |
| 49. | KLA17 | Вытяжная система вентиляции бассейна выдержки |
| 50. | KLA20 | Приточная система вентиляции помещений 2 канала СБ ЗКД здания реактора |
| 51. | KLA21 | Приточная система вентиляции бассейна выдержки |
| 52. | KLA23 | Приточно-вытяжная система вентиляции помещений САРХ ВТО |
| 53. | KLA26 | Вытяжная система вентиляции помещений 1 - 3 каналов СБ ЗКД здания реактора |
| 54. | KLA27 | Вытяжная система вентиляции бассейна выдержки |
| 55. | KLA30 | Приточная система вентиляции помещений 3 канала СБ ЗКД здания реактора |
| 56. | KLA31 | Приточная система вентиляции бассейна выдержки |
| 57. | KLA33 | Приточно-вытяжная система вентиляции помещений САРХ ВТО |
| 58. | KLA36 | Вытяжная система вентиляции помещений 1 - 3 каналов СБ ЗКД здания реактора |
| 59. | KLA37 | Вытяжная система вентиляции бассейна выдержки |
| 60. | KLD50 | Система аварийной вытяжной пожарной вентиляции помещений с натрием II контура |
| 61. | KLR1(2,3)0 | Приточная система вентиляции шахты реактора |
| 62. | KLR1(2,3)1 | Приточная система вентиляции блока забактовых ионизационных камер |
| 63. | KLR1(2,3)2 | Вытяжная система вентиляции шахты реактора |
| 64. | KLR1(2,3)3 | Вытяжная система вентиляции блока забактовых ионизационных камер |
| 65. | SAA10(20,30) | Система кондиционирования воздуха в помещениях комплекса БПУ |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| № п/п | ID | Наименование |
|---------------------------------|--------------------|--|
| 66. | SAA11(21,31) | Система обеспечения жизнедеятельности персонала БПУ |
| 67. | SAA12(22,32) | Система кондиционирования воздуха в помещении РПУ |
| 68. | SAA13(23,33) | Система обеспечения жизнедеятельности персонала РПУ |
| 69. | SAA14(24,34) | Приточная система вентиляции помещений СБ 1 - 3 каналов ЗСД здания реактора |
| 70. | PCB | Система технического водоснабжения потребителей реакторного отделения |
| 71. | LAB | Система основной питательной воды |
| 72. | LAD | Система регенерации высокого давления |
| 73. | LAD | Система вспомогательной питательной воды |
| 74. | LCA | Система основного конденсата |
| 75. | LCC | Система регенерации низкого давления |
| 76. | LBA | Система свежего пара |
| 77. | LBJ | Система сепарации и промперегрева |
| 78. | LBG | Система пара собственных нужд |
| 79. | LBH | Расстопочная система |
| 80. | LCP | Система обессоленной воды |
| 81. | NDA | Система теплофикационной установки |
| 82. | LCM | Система сбора дренажей |
| 83. | PCB10 | Система охлаждения потребителей турбинного отделения |
| 84. | MAA | Собственно турбина |
| 85. | MAJ | Вакуумная система |
| 86. | MAL | Система дренажей турбины |
| 87. | MAN | Система байпаса турбины |
| 88. | MAX | Система маслоснабжения регулирования турбины |
| 89. | MVA | Система смазки турбины |
| 90. | MVL | Система гидropодъема роторов |
| 91. | MVU | Система сброса дренажей маслопроводов |
| 92. | LBW | Система уплотнений турбины |
| 93. | LCX | Система управления обратными клапанами на отборах |
| 94. | PAH | Система шарикоочистки конденсатора |
| 95. | LBZ | Система обогрева фланцев |
| 96. | MKF | Система водяного охлаждения ротора |
| 97. | MKF50 | Система водяного охлаждения статора |
| 98. | PUB | Система охлаждающей воды |
| 99. | SGA | Система противопожарного водоснабжения |
| 100. | PAC | Основные насосы охлаждающей воды |
| 101. | XJV | Система маслохозяйства ДГУ |
| 102. | XJG | Система воды внутреннего контура |
| 103. | SGC | Система автоматического пожаротушения распыленной воды |
| 104. | KTH | Система спецканализации |
| Электротехническая часть | | |
| 105. | 4BCT01, ..02... | Резервные трансформаторы 220/6,3/6,3кВ |
| 106. | 4BAT01... | Блочный трансформатор |
| 107. | 4MKA10, | Генератор и выключатель 24кВ с разъединителем |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| № п/п | ID | Наименование |
|----------|---|--|
| | 4BAC10 | |
| 108. | 4BBT01, 4BBT02 | Рабочие трансформаторы собственных нужд 24/6,3/6,3 |
| 109. | 4MKV | Система возбуждения генератора |
| 110. | BBA, BBV, BBC, BBD,BCA, BCB, BCC, BCD | РУСН-6кВ н.э. вводы рабочего и резервного питания, секционные выключатели |
| 111. | 4BFA.... | Секции 0,4кВ н.э (трансформатор 6/0,4 и ввод раб и рез.) |
| 112. | BDA, BDB | Секции 6кВ надежного питания н.э. |
| 113. | BMA, BMB | Секции 0,4кВ надежного питания н.э. |
| 114. | XKA50,..60 | Дизель-генератор блочный |
| 115. | BME, BMF | Секции 0,4кВ ДГУ |
| 116. | BFA, BFB, BFC, BFD, BFB, BFC | Секции 0,4кВ с.н. |
| 117. | BGA, BGQ | Секции щитов электрообогрева 55В |
| 118. | BUA, 4BUB | Щит постоянного тока СУЗ |
| 119. | BMC, BMD | Секции 0,4кВ надежного питания н.э. |
| 120. | BVA, B,C, D | Щит постоянного тока надежного питания н.э. |
| 121. | BML, M,P | Щит 0,4 электрообогрева 2-ой гр. надежного питания |
| 122. | BLM50, M60, P60 | Щит 55В электрообогрева 2-ой гр. надежного питания |
| 123. | BEA, BEB, BEC, | Секции 6кВ САЭ |
| 124. | BNG, H, J | Секции 0,4кВ ДГУ САЭ |
| 125. | BNA-F (6шт) | Секции 0,4кВ САЭ |
| 126. | BWA-F (6шт) | Щит постоянного тока САЭ |
| 127. | XKA11 , 21, 31 | Дизель-генератор 6кВ САЭ |
| 128. | XKA12 XKA22 XKA32 | Дизель-генератор 0,4кВ САЭ |
| 129. | UKS | Секции 0,4кВ Спецкорпус |
| 130. | UST | Трансформаторы с.н и вводы питания 6кВ |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПЕРЕЧЕНЬ СИСТЕМНЫХ ОТКАЗОВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ПЕРЕХОДНЫЕ И АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ БЛОКА

| № | Описание отказа |
|----------|--|
| 1. | Течь натрия из корпуса реактора в защитный корпус |
| 2. | Течь натрия из защитного корпуса реактора |
| 3. | Течь натрия в нейтроновод |
| 4. | Течь натрия из напорного трубопровода 6 ГЦН-1 |
| 5. | Разрыв оболочки ТВЭЛ с контактом между топливом и натрием |
| 6. | Течь натрия из трубопровода фильтр-ловушек первого контура без страховочного кожуха |
| 7. | Спонтанное извлечение стержня АР |
| 8. | Спонтанное извлечение стержня КС |
| 9. | Одновременное отключение двух ГЦН-1 |
| 10. | Одновременное отключение всех ГЦН-1 |
| 11. | Незакрытие обратного клапана после отключения ГЦН-1 |
| 12. | Открытие обратного клапана неработающего ГЦН-1 |
| 13. | Закрытие обратного клапана работающего ГЦН-1 |
| 14. | Попадание масла в натрий первого контура |
| 15. | Спонтанное уменьшение скорости ГЦН-1 |
| 16. | Потеря охлаждения блока ионизационных камер |
| 17. | Течь аргона из корпуса реактора |
| 18. | Разрыв оболочки ТВЭЛ без контакта между топливом и натрием |
| 19. | Спонтанное увеличение скорости ГЦН-1 |
| 20. | Течь натрия-натрий в промежуточном теплообменнике |
| 21. | “Большая течь” парогенератора |
| 22. | “Малая течь” в секции парогенератора |
| 23. | Течь натрия из трубопровода второго контура в пределах секции ПГ |
| 24. | Течь натрия из трубопровода второго контура |
| 25. | Самопроизвольное уменьшение скорости насоса ГЦН-2 |
| 26. | Короткое замыкание на стороне высокого напряжения в обмотке блочного трансформатора |
| 27. | Короткое замыкание на стороне низкого напряжения в обмотке блочного трансформатора |
| 28. | Отказ любого дизель-генератора |
| 29. | Короткое замыкание на секции нормального электроснабжения 6 кВ |
| 30. | Отказ источника резервного электроснабжения блока |
| 31. | Короткое замыкание на секции 6 кВ системы аварийного электроснабжения (САЭ) |
| 32. | Короткое замыкание на секции 6 кВ надежного питания системы нормальной эксплуатации (НЭ) |
| 33. | Короткое замыкание на секции 0,4 кВ |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| № | Описание отказа |
|-----|--|
| 34. | Короткое замыкание на выключателе аккумуляторной батареи |
| 35. | Короткое замыкание на секции 0,4 кВ группы системы аварийного электроснабжения (САЭ) |
| 36. | Короткое замыкание на секции 0,4 кВ 1 группы нормальной эксплуатации (НЭ) |
| 37. | Короткое замыкание на секции 220 В постоянного тока системы аварийного электроснабжения (САЭ) |
| 38. | Короткое замыкание на секции 220 В постоянного тока надежного питания нормальной эксплуатации (НЭ) |
| 39. | Течь водорода из корпуса генератора |
| 40. | Отключение генераторного выключателя |
| 41. | Присос воздуха в конденсаторы турбины |
| 42. | Течь из всасывающего коллектора КН-1 |
| 43. | Течь из напорного коллектора КН-1 |
| 44. | Течь из всасывающего коллектора КН-2 |
| 45. | Течь из напорного коллектора КН-2 |
| 46. | Течь трубного пучка подогревателя низкого давления |
| 47. | Течь из всасывающего коллектора ОЭПН и ПРПН |
| 48. | Течь из напорного коллектора ОЭПН и ПРПН |
| 49. | Разрыв трубного пучка подогревателя высокого давления. |
| 50. | Течь из коллектора питательной воды после ПВД |
| 51. | Разрыв паропровода между модулями ПГ (испарителем и пароперегревателем) |
| 52. | разрыв коллектора перегретого (острого) пара |
| 53. | разрыв паропровода до БЗОК |
| 54. | разрыв паропровода после БЗОК |
| 55. | ложное закрытие СК ТА-13 (14) |
| 56. | заклинивание СК ТА-13 (14) в открытом положении |
| 57. | разрыв коллектора собственных нужд |
| 58. | заклинивание ПК ПГ в заданном положении |
| 59. | ложное открытие ПК ПГ |
| 60. | заклинивание БРОУ-К в задаваемом положении |
| 61. | отказ измерительного канала диапазона источника АКНП |
| 62. | отказ измерительного канала пускового и рабочего диапазона АКНП |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ПЕРЕЧЕНЬ СТАНДАРТНЫХ (КОМПОНЕНТНЫХ) ОТКАЗОВ

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 в 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. |

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 |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| Состояние оборудования | Ожидаемые результаты |
|---------------------------------------|---|
| 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: 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 |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| Состояние оборудования | Ожидаемые результаты |
|---|---|
| | 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. |

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 труб | 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. Теряется возможность изменить положение арматуры в дистанционном или автоматическом режимах. После удаления отказа арматура управляется в нормальном режиме. |
| Потеря питания управления | После ввода отказа пропадает сигнализация о положении арматуры на пультах и панелях БПУ. Теряется возможность управления арматурой. После удаления отказа арматура управляется в нормальном режиме. |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| Состояние оборудования | Ожидаемые результаты |
|-------------------------------------|---|
| Потеря силового питания | После ввода отказа теряется возможность управления арматурой. После удаления отказа арматура управляется в нормальном режиме. |
| Отказ прохождения команды “открыть” | При наступлении условий, требующих открытия арматуры (ТЗиБ или оператор), арматура не изменяет своего текущего положения. После удаления отказа неисправность устраняется |
| Отказ прохождения команды “закрыть” | При наступлении условий, требующих закрытия арматуры (ТЗиБ или оператор), арматура не изменяет своего текущего положения. После удаления отказа неисправность устраняется |

Дистанционно управляемые выключатели

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

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| Состояние оборудования | Ожидаемые результаты |
|------------------------|--|
| | выключателем. После удаления отказа неисправность устраняется, восстанавливается работоспособность выключателя |

Электрические шины

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

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 |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ПЕРЕЧЕНЬ МОДЕЛИРУЕМЫХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОБЛОКА

| № | Наименование режима |
|---|---|
| Режимы нормальной эксплуатации | |
| 1. | Пуск из "холодного состояния" |
| 2. | Вывод реакторной установки в критическое состояние и набор мощности |
| 3. | Вывод энергоблока на энергетический уровень мощности.. |
| 4. | Прогрев, толчок турбогенератора и его синхронизация с энергосистемой. |
| 5. | Подъем мощности энергоблока до номинальных параметров. |
| 6. | Подключение неработающей петли на работающем блоке |
| 7. | Плановый останов |
| 8. | Повторный пуск реакторной установки после срабатывания аварийной защиты. |
| 9. | Предпусковые испытания и периодические опробования оборудования АС, выполняемые операторами БПУ. |
| 10. | Испытания систем управления и защиты реакторной установки, выполняемые операторами БПУ |
| 11. | Испытания систем безопасности АС, выполняемые операторами БПУ. |
| 12. | Измерения нейтронно-физических характеристик активной зоны, выполняемые операторами с помощью штатной аппаратуры БПУ. |
| 13. | Периодические переходы на резервное оборудование. |
| Режимы с нарушением работы систем влияющих на реактивность | |
| 14. | Неуправляемый вывод органов СУЗ из активной зоны реактора |
| 15. | Выброс (всплытие) органа СУЗ из активной зоны реактора (если такая возможность не предотвращается проектными решениями) |
| 16. | Падение органов СУЗ |
| 17. | Застревание органов СУЗ |
| 18. | Расцепление органов СУЗ с приводом |
| 19. | Потеря индикации положения органов СУЗ |
| 20. | |
| 21. | Отказы в работе системы автоматического регулирования мощности реактора |
| 22. | Отказы в работе систем предупредительной и аварийной защит реактора |
| 23. | Отказы в работе системы контроля нейтронного потока |
| 24. | Изменение реактивности при подключении петли циркуляции к работающему блоку |
| 25. | Попадание масла и графита в натрий первого контура |
| 26. | Прохождение газовых пузырей через активную зону |
| Режимы с нарушением циркуляции теплоносителя через активную зону | |
| 27. | Аварийное отклонение частоты в энергосистеме. |
| 28. | Отключение в различных комбинациях ГЦН вследствие отказов их вспомогательных систем. |
| 29. | Останов ГЦН-1 без выбега, вследствие его заклинивания или обрыва (расцепления) приводного вала |
| 30. | Снижение частоты вращения ГЦН-1 |
| 31. | Уменьшение расхода теплоносителя через активную зону вследствие неплотности напорного трубопровода ГЦН-1 |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| № | Наименование режима |
|--|---|
| 32. | Перерыв электропитания ГЦН, связанный с переходом на резервное электропитание. |
| 33. | Частичное обесточивание секций электропитания собственных нужд энергоблока (с потерей части обесточиванием ГЦН-1) |
| 34. | Полная потеря основного и резервного электроснабжения собственных нужд энергоблока – теплоотвод в режиме естественной циркуляции теплоносителя. |
| 35. | Нарушения в работе системы отвода остаточных тепловыделений активной зоны |
| 36. | Самопроизвольное закрытие обратного клапана работающего ГЦН-1 |
| 37. | Самопроизвольное открытие обратного клапана остановленного ГЦН-1 |
| 38. | Утечка теплоносителя через неплотности или разрывы в системе первого контура (течь корпуса реактора, течь страховочного корпуса) |
| Режимы с нарушением условий теплоотвода от реакторной установки | |
| 39. | Снижение частоты вращения ГЦН-2 |
| 40. | Межконтурная течь ПТО |
| 41. | Течь трубопроводов натрия 1 контура на неотсекаемых участках |
| 42. | Течь основного натриевого трубопровода 2 контура |
| 43. | Разрывы главных паропроводов. |
| 44. | Отказ в открытом положении ПК ПГ. |
| 45. | Отключение турбогенератора (турбогенераторов). |
| 46. | Ложное закрытие СК ТГ. |
| 47. | Отказ работы БРУ-К |
| 48. | Частичная и полная потеря подачи основной питательной воды |
| 49. | Отказы, связанные с попаданием воды в натрий при неплотности ПГ |
| 50. | Отказ САРХ ВТО |
| Режимы с нарушениями в работе вспомогательных систем РУ. | |
| 51. | Нарушения в работе маслосистем реакторного отделения. |
| 52. | Нарушение в работе вентиляционных систем реакторного отделения |
| 53. | Нарушения в работе системы промконтура охлаждения реакторной установки |
| Режимы с нарушениями в работе вспомогательных систем турбогенератора | |
| 54. | Потеря вакуума в конденсаторе турбины. |
| 55. | Потеря расхода основного конденсата. |
| 56. | Неплотность трубной поверхности ПВД/ПНД |
| 57. | Потеря пара собственных нужд турбоустановки. |
| 58. | Нарушения в работе систем охлаждения генератора и возбuditеля |
| 59. | Нарушения в работе систем техводоснабжения машзала |
| 60. | Нарушения в работе маслосистем турбоустановки |
| 61. | Разгрузка турбогенератора по собственным технологическим ограничениям или по командам энергосистемы |
| Режимы с нарушениями в работе систем контроля, управления и автоматического регулирования | |
| 62. | Нарушения в работе средств контроля и управления БПУ. |
| 63. | Отказы измерительных каналов. |
| 64. | Отказы срабатывания / ложное срабатывание основных технологических защит и блокировок. |
| 65. | Отказы систем автоматического регулирования |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

| № | Наименование режима |
|---|---|
| Режимы с нарушением условий электроснабжения собственных нужд энергоблока и оборудования выдачи мощности | |
| 66. | Обесточивание групп сборок электропитания механизмов, в том числе КИПиА |
| 67. | обесточивание отдельных секций (группы секций) 6 кВ или 0,4 кВ основного или резервного электропитания механизмов собственных нужд |
| 68. | Отключение энергоблока от сети с переводом турбогенератора (турбогенераторов) на уровень собственных нужд |
| 69. | Перерыв электропитания собственных нужд вследствие отказа системы Основного электроснабжения и перевода на резервную |
| 70. | Полное обесточивание энергоблока с потерей основного и резервного источников электроснабжения |
| 71. | Отказ РЗА блока генератор-трансформатор |
| 72. | нарушения в работе систем аварийного электроснабжения |
| Режимы с нарушениями работы оборудования, связанные с пожарами | |
| 73. | Работа систем противопожарной сигнализации и систем пожаротушения, представленных на БПУ при имитации возникновения пожара в герметичных помещениях, негерметичных помещениях реакторного отделения, в машинном зале, в электротехнических помещениях, в помещениях КИПиА |

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОЛНОМАСШТАБНОГО ТРЕНАЖЕРА БАЗС

Спецификация оборудования, изделий и материалов

| № п/п | 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 обеспече- ния качества | Материал | Еди- ница изме- рения | Коли- чество | Масса, кг | | Климати- ческое исполне- ние и категория размещения | Условия хранения | Место установки (Здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|----------|------------------------------|--|---|--|--|---|----------|--------------------------------|-----------------|--------------|-------|--|---------------------|--|-------------|--------------------------------------|
| | | | | | | | | | | Едини- цы | Общая | Тип атмосферы | Тип атмосферы | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| | | Сервер (Модель физических процессов) | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | Компьютер, моделирующий физические процессы | Процессоры Intel Xeon 2x6 ядер 3ГГц ОЗУ 24 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс | | | | | шт | 1 | 15 | 15 | | | | | |
| | | Компьютер ИС (Станция инструктора) | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | Компьютер станции инструктора | Процессор Intel 2 ядра 2.6ГГц ОЗУ 6 ГБ Жесткий диск 300 ГБ | | | | | шт | 1 | 12 | 12 | | | | | |

| № п/п | 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- че- ния качества | Материал | Еди- ница изме- рения | Колп- чество | Масса, кг | Климатн- ческое исполне- ние и категория размещения | Условия хранения | Место установки (здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|----------|------------------------------|---|---|--|--|--|----------|--------------------------------|-----------------|--------------|--|---------------------|--|-------------|--------------------------------------|
| | | | Ethernet интерфейс DVD привод | | | | | | | Едини- цы | Общая | Тип атмосферы | Тип атмосферы | | |
| 3 | | Монитор станции инструктора | LCD 21 дисплей | | | | | шт | 2 | 4 | 8 | | | | |
| 4 | | Принтер станции инструктора лазерный, черно- белый | Формат бумаги А3 Устройство для двусторонней печати Ethernet интерфейс | | | | | шт | 1 | 15 | 15 | | | | |
| 5 | | Принтер станции инструктора лазерный, цветной | Формат бумаги А3 Устройство для двусторонней печати Ethernet интерфейс | | | | | шт | 1 | 20 | 20 | | | | |
| | | Компьютер (Модель СВБУ) | | | | | | | | | | | | | |

| № п/п | 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-че-ния качества | Материал | Еди-ница изме-рения | Колп-чество | Масса, кг | | Климатиче-ское исполне-ние и категория размещения | Условия хранения | | Место установки (здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|----------|-------------------|----------------------------|--|--|--|----------------------------------|----------|---------------------|-------------|-----------|-------|---|------------------|-----|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| | | | | | | | | | | Едини-цы | Общая | | Тип | Тип | | | |
| 6 | | Компьютер, моделирующий PU | Процессор Intel 4 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод | | | | | шт | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 7 | | Компьютер, моделирующий SU | Процессор Intel 4 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод | | | | | шт | 1 | 1 | 1 | | | | | | |

Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС.
Технические требования.

20.04.2012

| № п/п | Код по ККС МКС | Наименование оборудования | Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика | №ТУ, чертежа, техни- ческих требова- ний и др. | Класс безопасности/ Группа/ Категория Сейсмостой- кости | Категория Обеспече- ния качества | Материал | Еди- ница изме- рения | Колп- чество | Масса, | | Климатиче- ское исполне- ние и категория размещения | Условия хранения | | Место установки (здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|----------|-------------------------|--|--|--|--|---|----------|--------------------------------|-----------------|--------------|-------|--|---------------------|------------------|--|-------------|--------------------------------------|
| | | | | | | | | | | Едини- цы | Общая | | Тип атмосферы | Тип атмосферы | | | |
| 8 | | Компьютер, моделирующий шлюз ТХS | Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод | | | | | шт | 3 | 1 | 3 | | | | | | |
| 9 | | Компьютер, моделирующий ХУ | Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод | | | | | шт | 1 | 1 | 1 | | | | | | |

Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС.
Технические требования.

20.04.2012

| № п/п | Код по ККС MCS | Наименование оборудования | Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика | №ТУ, чертежа, техни- ческих требова- ний и др. | Класс безопасности/ I группа/ Категория Сейсмостой- кости | Категория Обеспече- ния качества | Материал | Еди- ница изме- рения | Колп- чество | Масса, | | Климатиче- ское использо- вание и категория размещения | Условия хранения | | Место установки (здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|----------|-------------------------|---|--|--|--|---|----------|--------------------------------|-----------------|--------------|-------|---|---------------------|------------------|--|-------------|--------------------------------------|
| | | | | | | | | | | Едини- цы | Общая | | Тип атмосферы | Тип атмосферы | | | |
| 10 | | Компьютер, моделирующий рабочую станцию ОМ | Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод | | | | | шт | 9 | 1 | 9 | | | | | | |
| 11 | | Терминал ОМ | X терминал | | | | | шт | 18 | 4 | 72 | | | | | | |
| 12 | | Монитор ОМ | LCD 21 дисплей | | | | | шт | 18 | 4 | 72 | | | | | | |
| 13 | | Принтер СВБУ лазерный, черно- белый | Формат бумаги А4 Ethernet интерфейс | | | | | шт | 4 | 15 | 15 | | | | | | |
| 14 | | Принтер СВБУ лазерный, цветной | Формат бумаги А3 Ethernet интерфейс | | | | | шт | 1 | 20 | 20 | | | | | | |
| | | Компьютер (Модель АСУТП) | | | | | | | | | | | | | | | |

| № п/п | Код по ККС : MCS | Наименование оборудования | Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика | №ТУ, чертежа, технических требований и др. | Класс безопасности/Группа/Категория Сейсмостойкости | Категория Обеспечения качества | Материал | Единица измерения | Количество | Масса, кг | | Климатическое исполнение и категория размещения | Условия хранения | | Место установки (здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|-------|------------------|--|--|--|---|--------------------------------|----------|-------------------|------------|-----------|-------|---|------------------|---------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------------|
| | | | | | | | | | | Единицы | Общая | | Тип атмосферы | Тип атмосферы | | | |
| 15 | | Компьютер, моделирующий ТХР | Процессоры Intel Xeon 2x6 ядер 3ГГц ОЗУ 24 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс | | | | | шт | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 16 | | Рабочая станция поддержки | Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод | | | | | шт | 7 | 12 | 84 | | | | | | |
| 17 | | Монитор рабочей станции поддержки | 2 LCD 21 дисплеев | | | | | шт | 14 | 4 | 56 | | | | | | |
| 18 | | Шкаф для размещения компьютеров и сетевого | Формат 19 дюймов Высота 42U Ширина | | | | | шт | 3 | 70 | 210 | | | | | | |

Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС.
Технические требования.

20.04.2012

| № лп | Код по ККС МКС | Наименование оборудования | Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика | №ТУ, чертежа, техни- ческих требова- ний и др. | Класс безопасности/ Группа/ Категория Сейсмостой- кости | Категория Обеспе- че- ния качества | Материал | Еди- ница изме- рения | Коли- чество | Масса, кг | Климатиче- ское исполне- ние и категория размещения | | Условия хранения | Место установки (здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|---------|-------------------------|---|---|--|--|--|----------|--------------------------------|-----------------|--------------|---|-------|---------------------|--|-------------|--------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | Едини- цы | Общая | | | | |
| | | оборудования | 800мм Глубина 1000мм | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | Консоль управления серверами | Коммутатор KVM IP Дисплей 17 Клавиатура Кабели и блоки подключения серверов | | | | | кмпл. | 1 | 3 | 3 | | | | | |
| 20 | | Коммутатор Ethernet | 48 портов RJ45 | | | | | шт | 3 | 5 | 15 | | | | | |
| 21 | | Компьютер сетевых сервисов | Процессор Intel 2 ядра 2,6 ГГц ОЗУ 3 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс | | | | | шт | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 22 | | Компьютер внешнего сетевого шлюза | Процессор Intel 2 ядра 2,6 ГГц ОЗУ 3 ГБ | | | | | шт | 1 | 1 | 1 | | | | | |

| № п/п | Код по ККС MCS | Наименование оборудования | Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика | №ТУ, чертежа, техническая характеристика и др. | Класс безопасности/Группа/Категория Сейсмостойкости | Категория обеспечения качества | Материал | Единица измерения | Количество | Масса, кг | | Климатическое исполнение и категория размещения | Условия хранения | | Место установки (здание, отметка) | Разработчик | Примечание суммарная стоимость |
|-------|----------------|---|---|--|---|--------------------------------|----------|-------------------|------------|-----------|-------|---|------------------|---------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------------|
| | | | | | | | | | | Единицы | Общая | | Тип атмосферы | Тип атмосферы | | | |
| | | | Жесткий диск 300 GB Ethernet интерфейс | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | Система сетевого резервного копирования | 7 жестких дисков 2 ТБ Ethernet интерфейс | | | | | шт | 1 | 8 | 8 | | | | | | |
| 24 | | Источник бесперебойного питания | Входное напряжение 3 фазы 380В Нагрузка 50 KVA Батареи на 10 минут при полной нагрузке Ethernet интерфейс с системой дистанционного управления ИБП и подачи команд на выключение оборудования | | | | | шт | 1 | 650 | 650 | | | | | | |

| № п/п | Код по ККС MCS | Наименование оборудования | Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика | №ТУ, чертежа, техни-ческих требова-ний и др. | Класс безопасности/ I группа/ Категория Сейсмостой-кости | Категория Обеспе-чения качества | Материал | Еди-ница изме-рения | Колп-чество | Масса, кг | Климатиче-ское исполне-ние и категория размещения | Условия хранения | Место установки (здание, отметка) | Разработчик | Примечание суммарная стоимость |
|-------|----------------|--|--|--|--|---------------------------------|----------|---------------------|-------------|-----------|---|------------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | Центральная стойка распределения питания 220 В (РДУ) | | | | | | шт. | 1 | 250 | 250 | | | | |
| 26 | | Секции панели системы безопасности | CWL01 CWL02 CWL03 | | | | | шт. | 3 | 250 | 750 | | | | |
| 27 | | Секции панели индикации системы управления и защиты | CWN01 CWN02 | | | | | шт. | 2 | 250 | 500 | | | | |
| 28 | | Секции ОМС РО | CWN01 CWN02 | | | | | шт. | 2 | 250 | 500 | | | | |
| 29 | | Экран коллективного пользования | CWS | | | | | шт. | 1 | 350 | 350 | | | | |
| 30 | | Секции панели системы нормальной эксплуатации | CWN03 CWN04 CWN05 CWN06 CWN07 | | | | | шт. | 5 | 250 | 1250 | | | | |
| 31 | | Секции ОМС ТО | CWN08 CWN09 | | | | | шт. | 2 | 250 | 500 | | | | |
| 32 | | Секция | CWN10 | | | | | шт. | 4 | 250 | 1000 | | | | |

| № п/п | Код по ККС MCS | Наименование оборудования | Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика | №ТУ, чертежа, техническая характеристика, требования и др. | Класс безопасности/Группа/ Категория Сейсмостойкости | Категория обеспечения качества | Материал | Единица измерения | Количество | Масса, кг | Климатическое исполнение и категория размещения | Условия хранения | Место установки, (здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|-------|----------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------------------|----------|-------------------|------------|-----------|---|------------------|------------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| | | | | | | | | | | Единицы | Общая | Тип атмосферы | Тип атмосферы | | |
| | | электрической части | CWN11 CWN12 CWN13 | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | Рабочая станция однодисплейная | | | | | | шт. | 1 | 70 | 70 | | | | |
| 34 | | Рабочая станция двухдисплейная | CW/A01 | | | | | шт. | 8 | 90 | 720 | | | | |
| | | | CW/A02 | | | | | | | | | | | | |
| | | | CW/A03 | | | | | | | | | | | | |
| | | | CW/A04 | | | | | | | | | | | | |
| | | | CW/A05 | | | | | | | | | | | | |
| | | | CW/A06 | | | | | | | | | | | | |
| | | | CW/A07 | | | | | | | | | | | | |
| | | | CW/A08 | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | Угловая вставка | CW/A01R CW/A07R | | | | | шт. | 2 | 50 | 100 | | | | |
| 36 | | Пульт электрической части | CW/A09 | | | | | шт. | 1 | 70 | 70 | | | | |
| 37 | | Рабочая станция ЛВС | РС ЛВС | | | | | шт. | 1 | 70 | 70 | | | | |
| 38 | | Рабочая станция модифицированная | CWB01 CWB02 | | | | | шт. | 2 | 70 | 140 | | | | |
| 39 | | Пульт промышленного | CWB03 | | | | | шт. | 1 | 70 | 70 | | | | |

| № п/п | 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 Обеспече- ния качества | Материал | Еди- ница изме- рения | Колі- чество | Масса, | | Климатиче- ское исполне- ние и категория размещения | Условия хранения | | Место (здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|----------|-------------------------|--|--|--|--|---|----------|--------------------------------|-----------------|--------------|-------|--|---------------------|------------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| | | | | | | | | | | Едини- цы | Общая | | Тип атмосферы | Тип атмосферы | | | |
| | | телевидения | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | Принтер лазерный, черно-белый | Формат бумаги А3 Устройство для двусторонней печати Ehernet интерфейс | | | | | шт. | 1 | 15 | 15 | | | | | | |
| 41 | | Секции панели системы безопасности | СWD01 СWD02 СWD03 СWD04 СWD05 СWD06 | | | | | шт. | 6 | 250 | 1500 | | | | | | |
| 42 | | Секция СТМ | | | | | | шт. | 2 | 250 | 500 | | | | | | |
| 43 | | Рабочая станция двухдисплейная | СWD01 СWD02 | | | | | шт. | 2 | 70 | 140 | | | | | | |
| 44 | | Принтер лазерный, черно-белый | Формат бумаги А3 Устройство для двусторонней печати Ehernet | | | | | шт. | 1 | 15 | 15 | | | | | | |

Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС.
Технические требования.

20.04.2012

| № лп | Код по ККС MCS | Наименование оборудования | Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика | №ТУ, чертежа, техни-ческих требований и др. | Класс безопасности/Группа/Категория Сейсмостой-кости | Категория Обеспе-че-ния качества | Материал | Еди- ница изме- рения | Коли- чество | Масса, кг | | Климатиче-ское исполне-ние и категория размещения | Условия хранения | | Место установки (здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|------|----------------|---|---|---|--|----------------------------------|----------|-----------------------|--------------|-----------|-------|---|------------------|---------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------------|
| | | | | | | | | | | Едини- цы | Общая | | Тип атмосферы | Тип атмосферы | | | |
| 45 | | Секция панели безопасности | интерфейс 4CSWL04 4CSWL05 4CSWL06 4CSWL07 4CSWL08 4CSWL09 4CSWL10 4CSWL11 4CSWL12 4CSWL13 | | | | | шт. | 10 | 250 | 2500 | | | | | | |
| 46 | | Секция панели СУЗ | 4CSWN03 | | | | | шт. | 1 | 250 | 250 | | | | | | |
| 47 | | Рабочая станция двухдисплейная | 4CSWB01 4CSWB02 | | | | | шт. | 2 | 250 | 500 | | | | | | |
| 48 | | Секция СТП | | | | | | шт. | 2 | 250 | 500 | | | | | | |
| 49 | | Блоки системы ввода-вывода | | | | | | комплект | 1 | 150 | 150 | | | | | | |
| 50 | | Система связи | | | | | | комплект | 1 | 220 | 220 | | | | | | |
| 51 | | Аудио/ видео система в составе: 1. Цифровой видеореги-стратор (1) | | | | | | комплект | 1 | 40 | 40 | | | | | | |

| № п/п | Код по ККС МКС | Наименование оборудования | Тип, марка, модель, шифр, техническая характеристика | №ТУ, чертежа, техни- ческих требова- ний и др. | Класс безопасности/ Группа/ Категория Сейсмостой- кости | Категория Обеспече- ния качества | Материал | Еди- ница изме- рения | Копи- чество | Масса, кг | Климати- ческое исполне- ние и категория размещения | Условия хранения | Место установки (здание, отметка) | Разработчик | Примечание Суммарная стоимость |
|----------|-------------------------|--|---|--|--|---|----------|--------------------------------|-----------------|--------------|--|---------------------|--|-------------|--------------------------------------|
| | | | | | | | | | | Едини- цы | Общая | Тип атмосферы | Тип атмосферы | | |
| | | 2. Клавиатура с джойстиком (сетевой контроллер) (1) | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Винчестер (400ГБ) | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4. Купольная поворотная цветная видеокамера (2) | | | | | | | | | | | | | |
| | | 5. Цветная видеокамера высокого разрешения (7) | | | | | | | | | | | | | |
| | | 6. Асферический объектив (7) | | | | | | | | | | | | | |
| | | 7. Видеомонитор (2) | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТРЕНАЖЕРА

П7.1 Общие положения

Руководители организации Поставщика и организации Заказчика должны определить и согласовать политику в области качества, свою приверженность качеству и цели качества. Поставщик обязан разработать систему качества проектирования и внедрения ПМТ, которая позволит обеспечить достижение максимально возможного соответствия ПМТ заявленным требованиям и потребностям Заказчика.

Целесообразно рассмотреть возможность интеграции системы качества Поставщика и Заказчика в единую систему качества проекта. Разработанная система качества должна обеспечиваться и улучшаться в процессе всех стадий создания ПМТ.

При внедрении этой системы Поставщик должен разработать и реализовать Программу обеспечения качества при выполнении работ по разработке (модернизации) ПМТ.

Программа обеспечения качества Поставщика должна охватывать его работы и соответствовать требованиям свода положений по безопасности МАГАТЭ 50-C/SG-Q и следующих руководств МАГАТЭ по безопасности:

- 50-C/SG-Q1 – «Разработка и осуществление программы обеспечения качества»;
- 50-C/SG-Q2 – «Контроль несоответствия нормативным требованиям и корректирующие меры»;
- 50-C/SG-Q3 – «Контроль за документами и ведение документации»;
- 50-C/SG-Q4 – «Приемочные инспекции и испытания»;
- 50-C/SG-Q5 – «Оценка осуществления программы обеспечения качества»;
- 50-C/SG-Q6 – «Обеспечение качества при поставках оборудования и предоставлении услуг»;
- 50-C/SG-Q7 – «Обеспечение качества при изготовлении оборудования»;
- 50-C/SG-Q10 – «Обеспечение качества при проектировании».
- Объем требований, содержащихся в Своде положений по безопасности МАГАТЭ 50-C/SG-Q и соответствующих руководствах МАГАТЭ по безопасности, указанных выше, учитывается в Программе обеспечения

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

качества, в зависимости от категории обеспечения качества поставляемого оборудования.

П7.2 Программа обеспечения качества при проектировании и изготовлении ПМТ

Документ «Программа обеспечения качества при проектировании и изготовлении ПМТ» должен включать в себя:

- Цели качества, которые необходимо достичь в проекте;
- Шаги (элементы) процесса разработки, изготовления и поставки ПМТ, реализующие практику, принятую в организации Поставщика;
- Распределение обязанностей и ответственности на различных этапах проекта;
- Применяемые инструкции и процедуры;
- Программы инспекции, проверки и аудита на соответствующих этапах проекта создания ПМТ;
- Процедуру внесения необходимых изменений в программу качества в ходе проекта;
- Методы измерения достижения целей качества;
- Методологию обеспечения качества закупок;
- Методологию разработки технического и программного обеспечения;
- Определение однозначности понимания текущих версий технического и программного обеспечения;
- Определение стандартов документации на ПМТ;
- Определение стандартов написания программ;
- Методологию обеспечения соответствия документации проектным решениям;
- План управления конфигурацией технического и программного обеспечения;
- Формы и методы проведения технических проверок и управленческого аудита;
- Подтверждение того, что приобретаемое оборудование и программные средства имеют надежную систему технической поддержки, которая обеспечит получение своевременной помощи при наличии трудностей или недостатков при использовании их в УТЦ;
- Подтверждение применения в качестве технического обеспечения ПМТ стандартного оборудования, которое позволяет легко наращивать его

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

возможности при необходимости расширения в будущем объема моделирования в Тренажере;

- Описание системы контроля несоответствий.

П7.3 Программа обеспечения качества при разработке программного обеспечения тренажера

На всех этапах разработки программного обеспечения должен осуществляться контроль правильности моделирования технологических систем с целью удовлетворения требованиям настоящего Технического проекта, Технического задания и обеспечения качества моделирования.

Программа обеспечения качества моделирования должна включать:

- требования к моделированию систем тренажера, изложенным в Проектной спецификации на моделирование;
- требования к разработке прикладного программного обеспечения, в том числе:
- соблюдение соглашения по именам файлов исходных и объектных кодов;
- соблюдение соглашения по именам переменных;
- идентификацию номера редакции (изменения) и дату;
- соблюдение стандартов языка программирования;
- требования к заголовкам и пояснениям (комментариям);
- контроль за соответствием редакций (версий) исходных и объектных кодов;
- требования к документации программного обеспечения;
- контроль за соответствием документации программного обеспечения и модели;
- рассмотрения и проверки документации программного обеспечения, включая:
- периодический контроль за внесением изменений и корректировок;
- рассмотрения и проверки проектных спецификаций систем тренажера с целью установления их технического соответствия документации энергоблока;
- рассмотрения и проверки документации по математическим моделям, в том числе результатов автономных (до этапа интеграции) испытаний;
- рассмотрения результатов тестирования интегрированной модели на ядре тренажера с целью проверки их полноты и адекватности;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

- проверку устранения рассогласований, выявленных при испытаниях интегрированной модели, с целью установления готовности тренажера к заводским комплексным и приемо-сдаточным испытаниям;
- выпуск протоколов рассогласований по замечаниям, выявленным в ходе комплексных испытаний, включая корректирующие процедуры;
- рассмотрение результатов приемо-сдаточных испытаний с целью установления готовности тренажера к проведению тренировок персонала;
- проведение верификации программного обеспечения тренажера – сравнения результатов моделирования с надежными данными по энергоблоку – прототипу, экспериментальными, расчетными или проектными данными, и т.д.

Программа заводских комплексных испытаний тренажера должны содержать последовательность действий тест-оператора по управлению и контролю проверяемых режимов, а также критерии успешности.

Критерием успешности каждого единичного воздействия на модель должен являться ожидаемый результат, т.е. реакция модели на это воздействие. Описание ожидаемого результата должно быть приведено в этом же месте процедуры.

В случаях часто повторяющихся воздействий допускается использование ссылок. В случаях очевидности эффекта от воздействия его описание может быть опущено.

Критерием успешности к режиму в целом являются требования точности, предъявляемые к данному типу режимов.

Каждая процедура из программы испытаний должна содержать все действия тест-оператора по проверке данного режима с точным указанием точки контроля и ее координаты (панель БПУ, видеокадр ИВС или Инструкторской станции).

Процедуры комплексных испытаний должны включать, как минимум, следующие режимы:

- разогрев блока, пуск и набор мощности до номинальных параметров;
- разгрузку и расхолаживание энергоблока;
- переходные режимы, вызванные введением моделируемых отказов;
- аварийные режимы;
- стационарные режимы работы на мощности.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

П7.4 Обеспечение качества выполнения проекта

Поставщик должен разработать План качества выполнения проекта в форме соответствующей практике организации Исполнителя.

План качества должен включать в себя для каждой контрольной точки:

- Наименование точки контроля;
- Дату, период выполнения контроля или ссылку на документ, содержащий сроки выполнения работ;
- Применяемую документацию (процедуры и документы, содержащие критерии приемки);
- Статус контроля (участники контроля) и, при необходимости, содержание действий участников;
- Документы, содержащие результаты работ или регистрируемые результаты контроля.

Заказчик должен рассмотреть План качества проекта в течение одного месяца после представления его Исполнителем на согласование. В случае несогласия Заказчика с отдельными положениями Плана качества, Заказчик должен в течение 2-х недель передать Исполнителю обоснованные замечания по Плану качества, которые должны быть учтены в новой версии документа. Сроки выполнения работ по пересмотру и изменению Плана качества, а также возникшие разногласия, согласуются сторонами дополнительно.

Заказчик имеет право запросить любую процедуру, разрабатываемую и используемую Исполнителем в процессах контроля качества. Исполнитель должен направить Заказчику запрашиваемые документы не позднее, чем за один месяц до рассмотрения результатов работ по соответствующей контрольной точке.

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АЗ – аварийная защита;
 АР – автоматический регулятор;
 АРМ – автоматический регулятор мощности;
 АС, АЭС – атомная электростанция;
 АСУ ТП - автоматизированная система управления технологическими процессами;
 АСУТ – автоматическая система управления турбиной;
 БЗОК - быстродействующий запорно-отсечной клапан;
 БРУ-А – быстродействующая редукционная установка сброса пара в атмосферу;
 БРУ-К - быстродействующая редукционная установка сброса пара в конденсатор;
 БРУ-СН - быстродействующая редукционная установка подачи пара к коллектору собственных нужд;
 БПУ – блочный пульт управления;
 ВИУР - ведущий инженер управления реакторным отделением;
 ВИУТ - ведущий инженер управления турбинным отделением;
 ВИУБ – ведущий инженер управления блоком;
 ГЦН – главный циркуляционный насос;
 ГВК – главный вычислительный комплекс
 ЗИП - запасные части, инструмент, принадлежности и расходные материалы;
 ЗПА – запроектная авария;
 ИБП – источник бесперебойного питания;
 ИС – инструкторская станция;
 КИПиА - контрольно-измерительные приборы и автоматика
 КЭН – конденсатный электронасос;
 МКУ - минимальный контролируемый уровень (мощности)
 НС – начальное состояние;
 ОС – операционная система;
 ПГ – парогенератор;
 ПК КД - - предохранительные клапаны компенсатора давления;
 ПК ПГ - предохранительные клапаны парогенератора;
 ПМТ – полномасштабный тренажер;
 ПНД – подогреватель низкого давления;
 ПО – программное обеспечение;
 РК – регулирующий клапан;
 РМИ – рабочее место инструктора;
 РО – реакторное отделение;
 РОМ - регулятор ограничения мощности;
 РУ – реакторная установка;
 РПУ – резервный пульт управления;
 САОЗ – система аварийного охлаждения зоны;
 САПР – система автоматизированного проектирования;
 СВБУ – система верхнего блочного уровня;
 СВВ – система ввода-вывода;
 СВО – спецводоочистка;
 СК – стопорный клапан;
 КУ – системы контроля и управления;
 СПП – сепаратор пароперегреватель;
 СТО – Стандарт организации. Технические средства обучения. СТО 1.1.1.01.004.0680-2006;

| | | |
|--|---|------------|
| | Полномасштабный тренажер ЭБ №4 БАЭС. Технические требования. | 20.04.2012 |
|--|---|------------|

СУЗ – система управления и защиты реактора;
 ТВС – тепловыделяющая сборка;
 ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент;
 ТГ – турбогенератор;
 ТЗ – техническое задание;
 ТОУ – технологический объект управления;
 ТТ – технические требования;
 УММ – учебно-методические материалы;
 УСБТ – управляющая система безопасности;
 УТЗ – учебно-тренировочное занятие;
 УТП – учебно-тренировочный пункт.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]