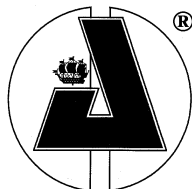


**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»**

**Открытое акционерное общество  
«Санкт-Петербургский научно-исследовательский и  
проектно-конструкторский институт  
«АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ»  
(ОАО «СПбАЭП»)**



**АЭС-2006  
Ленинградская АЭС – 2**

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕР ЛАЭС-2  
(ПЕРВАЯ ОЧЕРЕДЬ)**

**Технические требования**

**LN2O.C.133.&.&&&&&.&&&&&.086.MD.0002**

Собственность ОАО концерн «Росэнергоатом». Запрещается без предварительного письменного разрешения собственника воспроизводить, переводить, изменять в любой форме или частично, передавать во временное или постоянное пользование другим организациям или лицам, разглашать или использовать сведения в коммерческих интересах лиц или организаций, не связанных договорными обязательствами с собственником

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»**

**Открытое акционерное общество  
«Санкт-Петербургский научно-исследовательский и  
проектно-конструкторский институт  
«АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ»  
(ОАО «СПбАЭП»)**



**АЭС-2006  
Ленинградская АЭС – 2**

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕР ЛАЭС-2  
(ПЕРВАЯ ОЧЕРЕДЬ)**

**Технические требования**

**LN2O.C.133.&.&&&&&.&&&&&.086.MD.0002**

**Директор департамента проектирования АЭС  
с реакторами ВВЭР нового поколения**

  
**А.С. Кузин**

**Главный инженер**

  
**А.М. Альтшуллер**

**Главный инженер проекта**

  
**А.М. Казарин**

**2009**

## **АННОТАЦИЯ**

Настоящие ТТ разработаны ОАО «ДЖЭТ» по договору № 1520/09/LEN2/1903 от 01.05.2009 и откорректированы по замечаниям заказчика – Дирекции строящейся ЛАЭС-2, изложенные в исх. письме № 11-00-3/907 от 25.03.2010.



GENERAL ENERGY TECHNOLOGIES, J.-S.C.  
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ДЖЕНЕРАЛ ЭНЕРДЖИ ТЕХНОЛОДЖИЗ (ДЖЭТ)

**АЭС-2006**

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕР ЛАЭС-2  
(ПЕРВАЯ ОЧЕРЕДЬ)**

**Технические требования**

**LN2O.C.133.&.&&&&&.&&&&&.086.MD.0002  
(На 108 листах)**

**2009**



GENERAL ENERGY TECHNOLOGIES, J.-S.C.  
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ДЖЕНЕРАЛ ЭНЕРДЖИ ТЕХНОЛОДЖИЗ (ДЖЭТ)

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель директора -  
директор по проектированию  
ОАО «СПб АЭП»

А.В. Молчанов

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
ОАО «ДЖЭТ»

А.П. Жукавин

АЭС-2006

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕР ЛАЭС-2  
(ПЕРВАЯ ОЧЕРЕДЬ)

Технические требования

LN2O.C.133.&.&&&&&.&&&&&.086.MD.0002  
(На 108 листах)

Главный инженер проекта

А.М. Казарин

Руководитель проекта

А.П. Неклюдов

Продолжение на следующем листе

Продолжение титульного листа

АЭС-2006

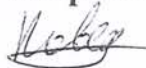
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕР

ЛАЭС-2(ПЕРВАЯ ОЧЕРЕДЬ)

Технические требования

LN2O.C.133.&.&&&&&.&&&&&.086.MD.0002

Директор по инжинирингу



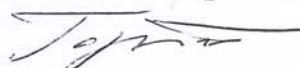
А.О.Ковалевич

Начальник сектора



А.И. Айзатулин

Начальник сектора



С.Н.Горский

Начальник сектора



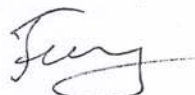
И.В.Федоров

Главный специалист



Р.Л.Фукс

Главный специалист



В.Тихонов

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ .....	6
2.	НАЗНАЧЕНИЕ, ЦЕЛЬ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АТ .....	11
3.	ОБОСНОВАНИЕ И ПОДХОДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	13
4.	ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К АТ .....	15
5.	ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АТ .....	30
6.	ТРЕБОВАНИЯ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ ЭНЕРГОБЛОКА .....	36
7.	ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ .....	56
8.	ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ ПО ОКОНЧАНИЮ РАБОТ .....	58
9.	ПОРЯДОК ПРИЕМКИ ТРЕНАЖЕРА .....	59

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

Приложение 1. Перечень исходных состояний.....	64
Приложение 2. Перечень моделирующих систем тренажера.....	65
Приложение 3. Перечень моделируемых технологических систем.....	66
Приложение 4. Перечень системных отказов, вызывающих переходные и аварийные режимы работы блока.....	71
Приложение 5. Перечень стандартных (компонентных) отказов .....	73
Приложение 6. Перечень моделируемых режимов энергоблока .....	77
Приложение 7. Предварительная спецификация технических средств аналитического тренажера ЛАЭС2.....	80
Приложение 8. Требования к Программе обеспечения качества при разработке тренажера.....	87

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ .....	93
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ.....	95

*LN2O.C.133.&.&&&&&.&&&&&.086.MD.0001\_&\_F=0*



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 1.1. Полное наименование разработки

Аналитический тренажер энергоблока ЛАЭС-2.

Условное обозначение – АТ ЛАЭС-2.

### 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
- ППБ 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

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- РД ЭО 0484-03 Требования к подготовке и поддержанию квалификации инструкторов учебно-тренировочных подразделений филиалов концерна "Росэнергоатом"
- РД ЭО 0520-2004 Типовой перечень производственных задач для должностей оперативного персонала, получающего разрешения на право ведения технологического процесса на атомных станциях
- РД ЭО 0549-2004 Требования к учебно-методическим материалам для подготовки/поддержания квалификации персонала атомных станций
- РД ЭО 0614-2005 Требования к оснащению учебных помещений учебно-тренировочных подразделений атомных станций

### 1.3. Термины, определения и сокращения

**Аналитический (мультифункциональный) тренажер;** АТ Программно-технический моделирующий комплекс, предназначенный для подготовки и поддержания квалификации оперативного персонала блочного щита управления АЭС с использованием полномасштабной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени.

**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.

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

**Комплексные испытания аналитического тренажера;** Процедура испытаний технических средств, математического и программного обеспечения АТ как

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

единого программно-технического комплекса, по всему спектру моделируемых режимов и реализуемых функций с целью установления соответствия АТ техническому заданию, выполнения действующих нормативных документов, полноты реализации функций и обучающих возможностей АТ, установления адекватности протекания процессов в АТ экспериментальным и расчетным данным энергоблока-прототипа.

**Местный щит (пульт) управления;** МЩУ Щиты (пульта) 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 аналитического тренажера:** Изменение конфигурации оборудования, входящего в состав АТ (компьютерный комплекс), 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 БЩУ:** Панели и пульта неоперативного управления, расположенные вне зоны постоянного контроля с рабочих мест оператора БЩУ (вне зоны прямой видимости).

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

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

**Оперативный персонал БЩУ:** Персонал АЭС, осуществляющий оперативное управление технологическими процессами энергоблока АЭС с БЩУ 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.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

**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 АТ.

**Полномасштабный тренажер:** Программно-технический моделирующий комплекс, предназначенный для профессионального обучения оперативного персонала БЩУ АЭС с использованием полномасштабной действующей модели реального БЩУ 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.

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

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

**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.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

**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 АТ 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.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## 2. НАЗНАЧЕНИЕ, ЦЕЛЬ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АТ

### 2.1. Цели разработки и назначение аналитического

**тренажера** Аналитический тренажер (АТ) - программно-технический

моделирующий комплекс, предназначенный для теоретического изучения функционирования различных технологических систем и всего энергоблока в целом в режимах нормальной эксплуатации и аварийных режимах с использованием комплексной всережимной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени.

2.1.1.2. Основными областями применения являются:

- подготовка персонала АЭС;
- изучение проблем безопасной эксплуатации атомных энергоустановок;
- опробование новых технических решений (изменение параметров, защит, блокировок и т.п.);
- проверка модернизированных версий математической модели энергоблока, реализованной на полномасштабном тренажере;
- подготовка материалов для связи с общественностью.

2.1.1.3. Аналитический тренажер обеспечивает решение следующих задач:

- изучение устройства и работы оборудования АЭС;
- обучение принципам управления технологическими системами при нормальной и аварийной эксплуатации энергоблока;
- обучение работе логики автоматического управления ТХР;
- изучение протекания физических и технологических процессов на энергоблоке;
- анализ последствий отказов оборудования;
- верификация инструкций для персонала;
- получение справочной информации.

2.1.1.4. Основной целью разработки и последующей эксплуатации АТ является повышение безопасности и экономической эффективности эксплуатации АЭС, за счет совершенствования профессиональной подготовки оперативного персонала.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

2.1.1.5. Соответствие поведения тренажера энергоблоку-прототипу должно обеспечиваться за счет применения физико-математических моделей соответствующей точности.

2.1.1.6. АТ 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).

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

## 2.2. Исходные данные

2.2.1.1. Исходными данными для разработки тренажера являются:

- Техническое задание на разработку проектной документации на аналитический тренажер энергоблока ЛАЭС-2;
- Технический проект энергоблока ЛАЭС-2.
- Техническая документация по технологическим системам и системам контроля и управления энергоблока ЛАЭС-2;
- Согласованный перечень моделируемых технологических систем и режимов;
- Согласованный перечень моделируемых отказов;
- Согласованный перечень верифицируемых режимов.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

### 3. ОБОСНОВАНИЕ И ПОДХОДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

3.1.1.1 Аналитический тренажер создается на основе технологии разработки и эксплуатации мультимедийных комплексов моделирования, которая представляет собой систему программирования, разработанную с учетом опыта построения полномасштабных и аналитических тренажеров атомных электростанций и основанную на современных технологиях программирования. Она включает в себя средства интеграции и управления моделями технологических систем, а также средства имитации органов управления и контроля.

3.1.1.2 Основой системы моделирования является комплекс программ, обеспечивающих интеграцию моделей технологических систем на всех этапах их разработки. Специальная технология программирования гарантирует совместимость моделей и сохранность данных, необходимых для их совместного функционирования.

3.1.1.3 Технология позволяет использовать модели и данные, разработанные для полномасштабных тренажеров в системе разработки USDS. Для этого используются одинаковые форматы представления данных и общая структура описания. Учитывая, что разработка АТ выполняется совместно с разработкой ПМТ, в распоряжении разработчиков АТ будут находиться данные и характеристики моделей для ПМТ, полученные от непосредственных проектантов ЛАЭС-2 (СПб АЭП, CARSIB и др.). Таким образом, разработка аналитического тренажера будет изначально обеспечена всеми необходимыми данными, а также математическим обеспечением ПМТ. Кроме того, использование физических моделей, одинаковых по методике моделирования и настройке на конкретные процессы, на ПМТ и АТ обеспечит одинаковое моделирование режимов.

3.1.1.4 В тоже время аналитический тренажер может не быть полной копией полномасштабного тренажера. В зависимости от целей, при разработке АТ в его функции, с одной стороны, могут быть заложены дополнительные специфические возможности, с другой стороны, часть второстепенных систем могут быть упрощены или не моделироваться, но с условием обеспечения адекватности основных моделируемых режимов.



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

3.1.1.5 Одной из основных задач аналитического тренажера является наглядная демонстрация физики протекающих процессов. Данная технология разработки, используя современные программные возможности, обеспечивает решение этой задачи на новом уровне. Разработанная визуализация представления параметров и состояния оборудования позволяют показать динамику проходящих процессов. Кроме того, аналитический тренажер может быть использован для получения описания, параметров, схемы по любому представленному на диаграммах объекту, что позволяет использовать АТ и как современную справочную систему.

3.1.1.6 Управление моделью осуществляется с помощью инструкторской станции, снабженной всеми сервисными функциями, необходимыми для анализа процессов или обучения операторов (ввод отказов оборудования, возврат в предыдущие состояния, запись и воспроизведение режимов, научная графика и многое другое).

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## 4 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К АТ

### 4.1 Общие требования

- 4.1.1.1 АТ 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).
- 4.1.1.2 Программное обеспечение АТ должно обеспечивать возможность корректировки характеристик основного технологического оборудования и систем, изменения уставок срабатывания защит, блокировок и сигнализации, настроек регуляторов.
- 4.1.1.3 Объем моделирования должен обеспечивать теоретическую подготовку операторов, приобретение ими профессиональных знаний и навыков, 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.
- 4.1.1.4 Реакция АТ 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.
- 4.1.1.5 Для организации подготовки персонала АЭС, на ИС АТ должны быть предусмотрены специальные функции и средства управления тренажером, позволяющие инструктору УТП АЭС формировать необходимые исходные состояния и сценарии учебных занятий, осуществлять демонстрацию изучаемых режимов, контролировать ход процесса при самостоятельной работе обучаемых и проводить анализ их действий. АТ должен включать инструкторскую станцию, с которой инструктор может начать и закончить

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

конкретное занятие со стажерами, управлять занятием и наблюдать результаты действий обучаемых. Инструкторская станция должна включать специальные функции для обеспечения управления 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.

- 4.1.1.6 Порядок и длительность выполнения эксплуатационных процедур на АТ (например, выполнение переключений по месту) должны соответствовать порядку и реальной продолжительности операции на энергоблоке-прототипе.
- 4.1.1.7 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 АТ.
- 4.1.1.8 При вводе АТ в эксплуатацию компьютерные средства должны иметь не менее 20 % резерва по производительности и дисковой памяти для обеспечения возможности проведения последующих модернизаций.
- 4.1.1.9 Для сохранности аппаратных средств и программного обеспечения АТ должен быть обеспечен надежным внешним электроснабжением. Питание оборудования АТ должно осуществляться от источника бесперебойного питания, обеспечивающего выдачу команды для корректной автоматической выгрузки программного обеспечения АТ и последующего автоматического выключения моделирующего компьютера при потере внешнего электроснабжения. ИБП должен обеспечивать работу АТ в течение не менее 10 минут при аварийном отключении электропитания.
- 4.1.1.10 Программное обеспечение вычислительного комплекса должно быть защищено от несанкционированного доступа.

## 4.2 Требования к техническим средствам АТ

### 4.2.1 Состав оборудования аналитического тренажера

4.2.1.1 АТ должен иметь в своем составе следующее оборудование:

- РМИ (инструкторская станция) – компьютер и мониторы рабочего места инструктора;
- моделирующий компьютер;
- компьютеры СВБУ;
- компьютеры и мониторы рабочих мест операторов (РМО);
- экраны коллективного пользования;
- виртуальные панели (имитаторы панелей БПУ);
- информационный компьютер – рабочее место для доступа к информации;
- аудио и видео телекоммуникации;
- принтеры инструкторской станции (ИС);
- системное и прикладное (моделирующее) программное обеспечение;
- комплект документации.

4.2.1.2 План размещения оборудования АТ, приведен на рис 4.2.1.

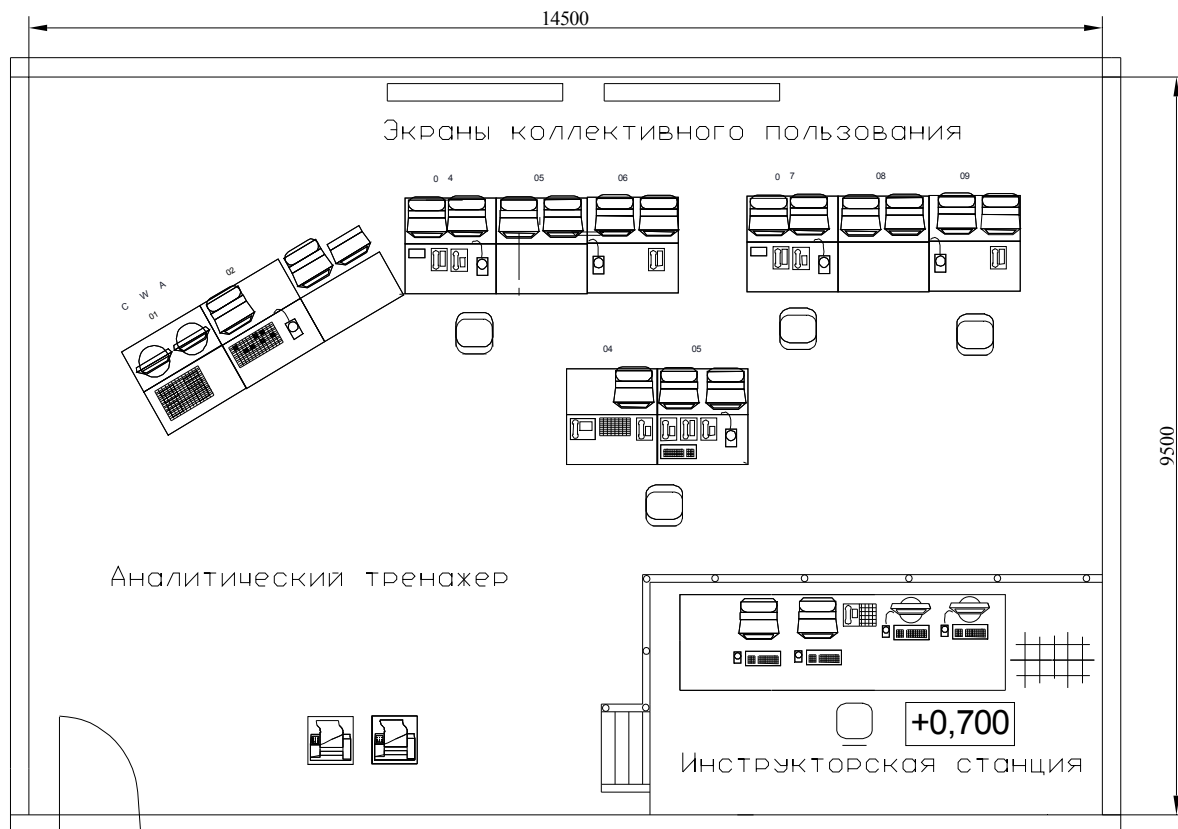


Рис.4.2.1 Состав аналитического тренажера

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

4.2.1.3 Форматы, состав, и скорость обновления представляемой информации на имитаторах рабочих станций систем отображения информации (РМО), функции управления клавиатур, а также вид виртуальных панелей должны соответствовать блоку прототипу.

#### **4.2.2 Функции и системы управления АТ**

4.2.2.1 АТ должен иметь оборудованное РМИ, имеющее необходимые средства для контроля и управления АТ.

4.2.2.2 РМИ и функции управления АТ должны соответствовать требованиям п. 5.8. СТО.

4.2.2.3 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 АТ.

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

4.2.2.5 С РМИ должны быть доступны следующие функции управления АТ, 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 АТ;
- ЗАПОМИНАНИЕ – функция управления АТ, осуществляющая запоминание текущего состояния АТ по команде инструктора с возможностью последующей инициализации АТ в данное состояние как начальное;
- ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ – функция управления АТ, осуществляющая установку АТ в требуемое начальное состояние;

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- ВОЗВРАТ – функция управления тренажером, осуществляющая возврат АТ по заданию инструктора в промежуточное состояние между текущим и начальным состоянием;
- ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ – функция управления АТ, 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 АТ, 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 АТ, с помощью которой инструктор осуществляет ввод и удаление стандартных отказов, задает степень их жесткости, время задержки введения отказа и другие условия;
- МЕСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ – функция управления АТ, позволяющая инструктору выполнять операции с оборудованием, управляемым с местных щитов, а также задание внешних параметров на границах моделируемых систем;
- КОНТРОЛЬ ПРЕДЕЛОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ – функция управления АТ, осуществляющая контроль за установленными для АТ пределами моделирования и извещение инструктора об их достижении;
- УПРАВЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫМ МАСШТАБОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ – функция управления АТ, осуществляющая задание реального, замедленного или ускоренного масштаба времени. АТ 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, отравление ксеноном и т.д.);
- РЕГИСТРАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ – функция управления АТ, осуществляющая регистрацию действий обучаемых и действий инструктора;
- РЕГИСТРАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ – функция управления АТ, осуществляющая регистрацию изменения моделируемых технологических параметров

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

энергоблока в соответствии с перечнем параметров, формируемым инструктором;

- РЕГИСТРАЦИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ – функция управления АТ, осуществляющая регистрацию всех событий (дискретных сигналов) от моделируемых систем и оборудования в соответствии с перечнем дискретных сигналов базы данных АТ;
- ПРЯМОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ – функция управления АТ, позволяющая инструктору осуществлять прямое воздействие с РМИ на показания датчиков с приоритетом над действиями обучаемых;
- ТРИГГЕР СОБЫТИЙ – функция управления АТ, осуществляющая задание логических условий ввода/удаления отказов, прямых воздействий инструктора на показания датчиков и т.д.;
- ДИАГРАММЫ МОДЕЛИРУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ — схематические изображения всего моделируемого оборудования и систем, на которых показаны технологические (логические – для логических диаграмм) связи, точки КИПиА, органы управления, моделируемые отказы, мишени местного управления и т.д. С помощью диаграмм моделируемого оборудования и систем инструктор должен иметь возможность осуществлять ввод отказов, функции местного управления, прямое воздействие на оборудование систем, контроль состояния оборудования и систем;
- ВЫВОД ИНФОРМАЦИИ – функция АТ, предназначенная для распечатки цифровой, текстовой и графической информации по моделируемому режиму, протокол действий обучаемых и инструктора. На АТ также должна реализовываться возможность распечатки бланков аналоговых параметров и протоколов текущих событий как и на энергоблоке-прототипе.

4.2.2.6 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

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

возможность введения отказа автоматически по условиям, наступившим в результате динамического моделирования.

- 4.2.2.7 Должны быть предусмотрены функции удаленного управления оборудованием, которое не управляется с БЩУ, 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.
- 4.2.2.8 Функция ВОЗВРАТ должна обеспечивать периодическую запись состояний тренажера в течение сеанса обучения, пока тренажер не переведен в режим ОСТАНОВ. Система должна автоматически записывать в циклическом режиме и сохранять до 60 текущих состояний тренажера с интервалом в одну минуту или с заданным интервалом.
- 4.2.2.9 Все действия инструктора должны быть записаны с отметкой времени. Размер файла должен быть достаточен для записи действий оператора и инструктора в течение 1 часа.
- 4.2.2.10 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.
- 4.2.2.11 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.

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.



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- 4.2.2.12 Режим реального времени должен является нормальным режимом моделирования.
- 4.2.2.13 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.
- 4.2.2.14 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.
- 4.2.2.15 В пошаговом режиме динамическое моделирование должно задаваться и проводиться определенными временными интервалами.
- 4.2.2.16 Все прикладное программное обеспечение моделирующего компьютера и инструкторской станции, должно загружаться и выгружаться с инструкторской станции РМИ.
- 4.2.2.17 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.
- 4.2.2.18 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.

#### **4.2.3 Вычислительный комплекс**

- 4.2.3.1 Вычислительный комплекс АТ предназначен для выполнения расчетов для всех моделируемых технологических систем и АСУ ТП энергоблока в реальном масштабе времени.
- 4.2.3.2 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

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

объему памяти и быстродействию для возможности модернизации и развития моделей.

4.2.3.3 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.

4.2.3.4 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 АТ в случае потери информации на них или замены вышедших из строя.

#### **4.2.4 Электроснабжение тренажера и система бесперебойного питания**

4.2.4.1 Для обеспечения функционирования технических средств, АТ должен иметь внешнее электропитание от сети переменного тока 220 вольт  $\pm 5\%$ , 50Гц  $\pm 5\%$ .

4.2.4.2 Для предотвращения выхода технических средств АТ из строя и обеспечения защиты программного обеспечения при потере внешнего питания, АТ 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.

4.2.4.3 Технические средства АТ должно запитываться от сети напряжением 220В  $\pm 10\%$  50Гц  $\pm 5\%$ .

4.2.4.4 При кратковременном исчезновении внешнего питания АТ длительностью менее 2 минут, источник бесперебойного питания должен переключиться на нормальный режим работы.

4.2.4.5 В случае исчезновения внешнего питания АТ длительностью более 2 минут, то по прошествии этого времени источник бесперебойного питания должен автоматически передать сигнал об этом в вычислительный комплекс АТ. По получению сигнала об исчезновении внешнего питания вычислительный

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

комплекс должен автоматически провести выгрузку программного обеспечения компьютеров.

### 4.3 Требования к математическим моделям АТ

4.3.1.1 Математические модели АТ должны удовлетворять требованиям п. 5.2. СТО.

4.3.1.2 Математические модели АТ 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.

4.3.1.3 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, ксеноновые колебания и т.д.).

4.3.1.4 Должны моделироваться все режимы нормальной эксплуатации, переходные и аварийные режимы, относящиеся к референтному энергоблоку. Все технологические процессы энергоблока должны моделироваться до устойчивой стабилизации технологических параметров или достижения пределов моделирования. В таком случае процесс моделирования считается законченным.

4.3.1.5 В переходных процессах математические модели должны моделировать изменения параметров по направлению, последовательности и скорости изменения 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.

4.3.1.6 Время реакции исполнительных механизмов при подаче команд на органы управления должно соответствовать с временем реакции исполнительных механизмов энергоблока-прототипа.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- 4.3.1.7 Время вызова диаграмм систем отображения информации и время обновления динамических параметров на дисплеях рабочих мест операторов должны быть соизмеримыми с аналогичными параметрами блока-прототипа.
- 4.3.1.8 Порядок и длительность выполнения эксплуатационных процедур обучаемыми на АТ (например, выполнение переключений по месту) 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 АТ.
- 4.3.1.9 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;
- 4.3.1.10 Достоверность моделирования АТ должна оцениваться по следующим критериям
- точность моделирования при работе в стационарном состоянии;
  - устойчивость моделирования стационарных состояний;
  - точность моделирования при выполнении процедур нормальной эксплуатации;
  - точность моделирования переходных и аварийных режимов;
  - воспроизводимость моделируемого процесса;
  - адекватность алгоритмов работы защит, блокировок и сигнализации.
- 4.3.1.11 Точность моделирования при работе в стационарном состоянии должна оцениваться при трех состояниях (выгорании) активной зоны – начало кампании – 5% выгорания, середина кампании – 40% выгорания и конец кампании – 80% выгорания на номинальном уровне мощности и двух промежуточных уровнях мощности –  $75 \pm 5\%$   $N_{ном}$  и  $35 \pm 5\%$   $N_{ном}$ . Допускается выбирать промежуточные уровни мощности с отклонением от указанных значений в зависимости от наличия расчетных и фактических данных по энергоблоку-прототипу.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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

4.3.1.12 Точность перечисленных ниже групп параметров, моделируемых компьютерным комплексом АТ, в сравнении с параметрами энергоблока-прототипа должна быть в пределах установленных ниже значений отклонений:

I группа:

- средняя температура теплоносителя первого контура;
- температура горячих ниток петель теплоносителя первого контура;
- температура холодных ниток петель теплоносителя первого контура;
- давление в парогенераторах;
- давление пара в главном паровом коллекторе.

Точность моделирования параметров I группы при работе модели в стационарном состоянии должна быть в пределах  $\pm 1\%$  от диапазона измерительного канала (без учета погрешности измерительных приборов энергоблока-прототипа).

II группа:

- тепловая мощность реакторной установки;
- нейтронная мощность реакторной установки;
- мощность турбогенератора;
- перепад давления на активной зоне;
- уровень в компенсаторе давления;
- температура в компенсаторе давления;
- расход основной питательной воды в парогенераторах;
- давление после блока регулирующих клапанов турбины;
- концентрация раствора борной кислоты в теплоносителе первого контура;
- уровень в парогенераторах;
- расход пара от каждого парогенератора;
- расход теплоносителя первого контура;
- расход подпиточной воды первого контура;
- расход продувочной воды первого контура;

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- положение ОР СУЗ;
- давление в герметичной оболочке;
- давление пара на входе в СПП;
- температура пара на выходе из СПП;
- вакуум в конденсаторах турбины;
- уровень конденсата в конденсаторах турбины;
- температура конденсата на входе в деаэраторы турбины;
- расход конденсата на деаэраторы турбины;
- уровень в деаэраторах турбины;
- давление в деаэраторах турбины;
- температура питательной воды на входе в парогенераторы;
- давление греющего пара в ПВД;
- температура греющего пара в ПВД;
- температура циркуляционной воды на входе/выходе из конденсаторов турбины.

Точность моделирования параметров II группы при работе модели в стационарном состоянии должна быть в пределах  $\pm 2\%$  от диапазона измерительного канала (без учета погрешности измерительных приборов энергоблока-прототипа).

К III группе относятся параметры, не перечисленные в I и II группах, точность моделирования которых в сравнении с параметрами энергоблока-прототипа должна быть в пределах  $\pm 10\%$  от диапазона измерительного канала (без учета погрешности измерительных приборов энергоблока-прототипа).

4.3.1.13 Математическая модель АТ должна быть верифицирована. Для этого должны быть использованы экспериментальные данные, полученные на энергоблоке-прототипе или аналогичных энергоблоках, результаты испытаний энергоблока в период пусконаладочных работ, физического и энергетического пусков энергоблока-прототипа, 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.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

#### 4.4 Требования к информационному обеспечению

- 4.4.1.1 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 подготовки персонала АЭС.
- 4.4.1.2 Программное обеспечение тренажера должно поддерживать иерархическую архитектуру, основанную на встроенной системе модульной иерархии и высокой степени расширяемости. Модульное проектирование программного обеспечения должно позволять вносить изменения в выбранный модуль без необходимости изменения других модулей.
- 4.4.1.3 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.
- 4.4.1.4 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.
- 4.4.1.5 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.
- 4.4.1.6 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.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

#### **4.5 Требования к интерфейсу с внешними системами АЭС**

В проекте тренажера должна быть предусмотрена возможность реализации доступа к ПО АТ 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.



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## 5 ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АТ

### 5.1 Общие требования

5.1.1.1 В состав программного обеспечения тренаже входит системное и прикладное ПО

5.1.1.2 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.

5.1.1.3 Операционная система тренажера должна обеспечивать многопользовательский и многозадачный режим работы

5.1.1.4 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.

5.1.1.5 Программы для расчета тепло-гидравлических параметров 1-го и 2-го контуров должны быть созданы на базе кодогенераторов для достаточно быстрого осуществления модификации прикладного ПО тренажера и уменьшения ошибок при разработке программного обеспечения.

5.1.1.6 Моделирование технологических систем и физических процессов, должно с необходимой точностью воспроизводить режимы нормальной эксплуатации, переходные и аварийные режимы, включая запроектные аварии (ЗПА).

5.1.1.7 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 (СКУД, СГИУ), и другие (СКУ ПЗ, СКУ ПВ, АСУТ).

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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

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

## 5.2 Требования к операционной системе

5.2.1.1 Вычислительный комплекс АТ должен включать главный моделирующий компьютер, компьютер СВБУ, компьютер инструкторской станции, компьютеры имитаторов рабочих станций операторов).

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

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

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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

## 5.3 Требования к программному обеспечению управляющей системы

5.3.1.1 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.
- 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.

5.3.1.2 Управляющая система должна обеспечивать модификацию следующих областей программной разработки:

- входов основного словаря базы данных;
- входов файла спецификации модулей;
- коррекции исходных кодов программных модулей;

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- обновления загрузки программного обеспечения при помощи компоновщика/загрузчика.

## 5.4 Требования к прикладному программному обеспечению

5.4.1.1 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.

5.4.1.2 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.

5.4.1.3 Должны быть разработаны стандартные программные модули для типовых, неоднократно используемых при моделировании, компонентов АЭС и их элементов управления, такие, как:

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

5.4.1.4 При разработке моделей должны быть использованы Стандартные форматы, методы и языки программирования (FORTRAN, C).

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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

5.4.1.6 Имена программных переменных должны быть присвоены, используя соответствующее соглашение по именам переменных. В каждом имени должно быть зашифровано двузначное имя моделирующей системы, затем однозначный тип параметра (температура, давление, расход и т.п.), а далее другая информация, разъясняющая суть каждой переменной. Это позволит легко читать и анализировать тексты программ.

## **5.5 Требования к программному обеспечению инструкторской станции**

5.5.1.1 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.

5.5.1.2 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.

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

## **5.6 Требования к программному обеспечению систем отображения информации.**

5.6.1.1 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.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## **5.7 Требования к базе данных проекта.**

- 5.7.1.1 Для управления конфигурацией проекта должна использоваться база данных, содержащая полную информацию обо всём моделируемом оборудовании АТ.
- 5.7.1.2 Эта база должна использоваться для автоматической генерации программ, отвечающих за адекватную работоспособность каждого элемента оборудования: селект-файлов для внесения в базу данных тренажёра (DBM); программных сегментов для расчета точек ИВС; табло сигнализации; датчиков; и т.д.
- 5.7.1.3 База данных должна обеспечивать возможность генерации из неё проектной документации
- 5.7.1.4 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.

## **5.8 Требования к САПР проекта.**

- 5.8.1.1 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.).
- 5.8.1.2 Графический редактор САПР должен иметь интерфейс с программой, моделирующей физические процессы.

## **5.9 Требования к поставке программного обеспечения.**

- 5.9.1.1 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.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## 6 ТРЕБОВАНИЯ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ ЭНЕРГОБЛОКА

### 6.1 Требования к пределам моделирования

6.1.1.1 Пределы и объем моделирования должны определяться в соответствии с требованиями п. 5.3 СТО. Обязательному моделированию на АТ подлежат все системы, важные для безопасности АС и контролируемые с БЩУ/РЩУ, а также системы, влияющие на переходные процессы в реакторной установке. Операции, выполняемые по месту оперативным персоналом, которые оказывают существенное влияние на ход режимов, оперативно управляемых с БЩУ/РЩУ, подлежат включению в объем моделирования.

6.1.1.2 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 АТ.

6.1.1.3 Установленные пределы моделирования должны быть подтверждены в процессе проведения комплексных испытаний, верификации математической модели и приемо-сдаточных испытаний АТ.

6.1.1.4 АТ должен обеспечить возможность моделирования всех переходных и аварийных режимов работы энергоблока-прототипа, включая ЗПА, в соответствии с требованиями проекта, ТОВ и технологического регламента безопасной эксплуатации энергоблока-прототипа в объеме, определяемом ТЗ на АТ до момента достижения стабильного устойчивого состояния энергоблока.

6.1.1.5 Моделирование запроектных и тяжелых запроектных 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.

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

6.1.1.7 В ТЗ на АТ должны быть приведены моделируемые параметры, которые будут идентифицировать достижение/выход из пределов моделирования, и переведут

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

АТ в режим СТОП с отображением соответствующей информации на инструкторской станции. На этапе рабочего проекта АТ Исполнитель должен окончательно определить и согласовать с Заказчиком пределы моделирования Тренажера и процедуру их контролирования. В случае достижения/выхода за пределы моделирования обучение на АТ должно быть остановлено.

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

- температура оболочек ТВЭЛ:  $> 1500^{\circ}\text{C}$ ;
- увеличение частоты вращения ротора турбины приводящее к его разрушению:  $>$  критического значения (в зависимости от типа турбины) об/мин.;
- расплавление подшипников турбины ( $T > 200^{\circ}\text{C}$ );
- асинхронный режим работы генератора;
- давление в 1 контуре более 28 МПа;
- давление в парогенераторах более 12 МПа;
- давление в гермооболочке более 1 МПа;
- разрушение активной зоны при тепловой мощности более 5 000 МВт.

## 6.2 Требования к объемам моделирования

6.2.1.1 Общая модель энергоблока, реализованная в программном комплексе АТ, образуется в результате интеграции моделирующих систем тренажера, перечисленных в [Приложении 2](#).

6.2.1.2 Необходимый объем моделирования технологических систем и оборудования энергоблока-прототипа, приведенный в [Приложении 3](#), должен определяться на основе следующих положений:

- в объем моделирования должно включается все технологическое оборудование, оперативный контроль и управление которым осуществляется с оперативного контура БЦУ/РЦУ;
- Операции, выполняемые по месту оперативным персоналом, работающим за пределами БЦУ/РЦУ, которые оказывают существенное влияние на ход режимов, оперативно управляемых с БЦУ/РЦУ, подлежат включению в объем моделирования. Из



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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 БЩУ/РЩУ (управляемые по месту воздушники и дренажи, ремонтная запорная арматура и т.д.);

- 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.

6.2.1.3 Объем моделирования должен включать возможность изменения или задания функции изменения параметров окружающей среды ЛАЭС-2, 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.

6.2.1.4 Объем моделирования должен обеспечивать практическую тренировку операторов, приобретение ими профессиональных знаний и навыков в полном объеме управления из БЩУ/РЩУ, необходимых для безопасной эксплуатации блока при нормальных условиях, нарушениях нормальной эксплуатации, перед и после аварийных ситуаций, включая ЗПА.

6.2.1.5 Поставщиком АТ при участии АЭС должны быть разработаны детальные схемы моделирования технологических, электротехнических, информационных систем, средств АСУ ТП и оборудования энергоблока для всех систем, включенных в объем моделирования.

6.2.1.6 Поставщиком АТ совместно с АЭС должны быть разработаны и включены в технический проект АТ перечни моделируемых индивидуальных отказов, операций местного управления и перечень оборудования, для которого создаются компонентные отказы. Требование по созданию перечней

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

индивидуальных отказов, операций местного управления и компонентных отказов определяет техническим заданием (ТЗ).

6.2.1.7 Документация по моделируемому на АТ оборудованию и системам АЭС разрабатывается на стадии разработки технического проекта АТ и поддерживается в процессе всего срока его эксплуатации.

## **6.3 Требования к математическим моделям**

### **6.3.1 Нейтронная модель активной зоны**

6.3.1.1 Модель активной зоны должна отвечать следующим требованиям:

- а) Модель должна обеспечивать реалистичное изменение нейтронного потока, зависящее от тепло-гидравлических условий в реакторе, в режимах пуска и останова, режимах нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации, переходных режимах, аварийных режимах и аварийных режимах с постулированным отказом быстрого останова реактора.
- б) Модель должна обеспечивать детальное моделирование нейтронно-физических характеристик активной зоны:
  - эффектов реактивности по температуре топлива, плотности и температуре теплоносителя;
  - эффективности органов регулирования СУЗ;
  - отравления ксеноном и самарием.
- в) При создании модели должна использоваться трехмерная расчетная модель активной зоны, включающая:
  - двух групповое диффузионное приближение при расчете пространственного распределения энерговыделения;
  - нейтронную кинетику с 6 группами запаздывающих нейтронов;
  - 11 групп источников остаточного тепловыделения;
  - учет обратных связей по температуре топлива, теплоносителя и замедлителя, а также по плотности теплоносителя;
  - схему нодализации из 14 ячеек по высоте для каждой из 163 топливных сборок ;
  - расчет концентраций ксенона и самария в каждой ячейке геометрической модели;
  - учет воздействия системы управления и защиты;

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- учет конструкции ТВС;
- учет обогащения для разных моментов кампании;
- нейтронно-физические характеристики активной зоны должны обеспечить три набора начальных условий для начала, середины и конца кампании стационарной загрузки активной зоны;
- моделирование датчиков внутриреакторного контроля и систем измерения мощности реактора.

### **6.3.2 Термогидравлическая модель реакторного контура и других технологических систем энергоблока**

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

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

- гидродинамические процессы:
  - а) естественная и принудительная циркуляция однофазного или двухфазного теплоносителя, включая обратные потоки;
  - б) изменение концентрации и перенос бора, водорода, радиоактивных продуктов деления, активированных продуктов, неконденсирующихся газов;
  - в) изменение режима работы насосов: включение, отключение, выбег, кавитация, двухфазное течение, реверс потока, заклинивание ротора и расцепление с электродвигателем;
  - г) однофазные и двухфазные истечения через предохранительные клапаны и в разрывы трубопроводов;
  - д) однонаправленные и противоположные течения газообразных и жидких компонентов парогазовой смеси;
  - е) образование и изменение уровня жидкости в объемах;
  - ж) учет режима критического истечения через предохранительные клапаны и разрывы трубопроводов;

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

з) малые течи и большие разрывы трубопроводов, в том числе и с двухсторонним истечением;

- процессы тепло-массообмена:

- а) межфазный теплообмен жидкости и газа;
- б) теплообмен между теплоносителем (однофазный теплоноситель или паро-газо-жидкостная гомогенная или гетерогенная смесь) и стенками, с учетом влияния азота и других неконденсирующихся газов на теплопередачу и с учетом внутренних источников тепла;
- в) все режимы теплообмена: излучение, теплопроводность, конвективный теплообмен, эффекты конденсации и режимы кипения: в условиях недогретой жидкости, пузырьковый, переходный, в условиях критического теплового потока, пленочный и полное осушение;
- г) учет теплового эффекта химических реакций;
- д) теплообмен с многослойными стенками;
- е) тепловыделение от работающего оборудования и тепловые потери от оборудования и трубопроводов.

6.3.2.3 Теплогидравлическая модель должна быть применимой в широком диапазоне изменения параметров (от параметров в конденсаторах и в проточной части турбины и до параметров в первом контуре при гидравлических испытаниях).

6.3.2.4 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.

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

6.3.2.6 Вычисления по модели должны быть достоверны во всем эксплуатационном диапазоне. Верификация модели должна быть основана на сравнении

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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.

6.3.2.7 При использовании теплогидравлической модели применительно к реакторному контуру необходимо, чтобы удовлетворялись следующие требования:

6.3.2.8 Расчетная схема первого контура должна включать реактор с активной зоной, четыре главных циркуляционных петли, компенсатор давления, парогенераторы и главные циркуляционные насосы.

6.3.2.9 Расчетная схема должна позволять учитывать эффекты несимметричности петель:

- а) по связанным с петлями компонентами оборудования и их состояния (петля с подсоединенным компенсатором давления и без; петля с подводом/отводом в смежные системы и без; петля с течью и без и т.п.);
- б) по неадекватности изменения параметров (реверс расхода в одной из петель; поступление в реактор более холодного теплоносителя из одной из петель и т.п.).

6.3.2.10 Нодализация активной зоны должна иметь достаточное количество расчетных ячеек, чтобы давать правильное отображение распределения температур и энерговыделений по радиусу и высоте твэл и по активной зоне в целом, максимальные температуры топлива и оболочки твэл и минимальные запасы до кризиса кипения; учитывать эффекты несимметричности процесса (например, попадание в активную зону «холодного языка» теплоносителя); давать возможность оценить место, время и количество разгерметизированных твэл с целью определения граничных условий для оценки выхода радиоактивности.

6.3.2.11 Нодализация нижней и верхней камер смешения должна моделировать эффект неполного перемешивания теплоносителя.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- 6.3.2.12 Должны моделироваться эффекты нарушения нормальной работы ГЦН: кавитация, двухфазное течение, реверс потока, заклинивание ротора и расцепление с электродвигателем.
- 6.3.2.13 Должны моделироваться выделение и перенос водорода при парокониевой реакции.
- 6.3.2.14 Должен моделироваться эффект накопления газообразных компонентов в застойных зонах, например, под крышкой реактора.
- 6.3.2.15 Должна учитываться обратная связь с гермообъемом при расчете течей и разрывов.
- 6.3.2.16 Модель первого контура должна быть полностью интегрирована с моделью активной зоны реактора, системами аварийного охлаждения зоны, моделью защитной оболочки и другими моделируемыми системами.
- 6.3.2.17 В парогенераторах со стороны второго контура помимо моделирования основных параметров должны обеспечиваться:
- а) вычисление расхода рециркуляции;
  - б) эффект сепарации пара;
  - в) вычисление уровня жидкости;
  - г) полное заполнение (с опрессовкой);
  - д) эффект оголения трубчатки и полное осушение.
- 6.3.2.18 При использовании теплогидравлической модели применительно к защитной оболочке необходимо, чтобы удовлетворялись следующие требования:
- Нодализацияная схема должна содержать достаточное количество расчетных объемов, чтобы обеспечить все необходимые вычисления температуры, давления, концентрации водорода и радиоактивности.
  - Должно моделироваться влияние аварии с потерей теплоносителя на температуру и давление в контайнменте.
  - Должен моделироваться эффект работы спринклерных систем, а также передача тепла конструкциям.
  - Должно моделироваться изменение параметров в прямках контайнмента.
  - Должен моделироваться контроль и удаление водорода.
  - Должна быть предусмотрена возможность моделирования течи из контайнмента (например, повреждение или незакрытие арматуры

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

проходки) при течи из первого контура, чтобы имитировать распространение радиоактивности в окружающей среде.

- Должны быть включены источники тепловыделений в контейнменте (например, горячие корпуса и трубопроводы, попадание расплава топлива, горение водорода).
- Должны моделироваться эффекты срабатывания предохранительного клапана.

### **6.3.3 Системы электроснабжения**

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

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

6.3.3.3 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).

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

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

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

6.3.3.7 Модель процессов в генераторе должна включать в себя:

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

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- работа релейной защиты;
- охлаждение статора генератора.

#### **6.3.4 Моделирование стандартного оборудования**

##### Насосы

6.3.4.1 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

6.3.4.2 Модель клапана должна учитывать:

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



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

### 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 (к примеру, бора)

### Теплообменники

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

### Выключатели электрических сетей

Модели сетевых выключателей / разъединителей должны включать:

- воздействие управляющего питания;

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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

### 6.3.5 Моделирование процессов переноса

#### 6.3.5.1 Радиоактивность.

- Перенос радиоактивности должен моделироваться в воде, паре, атмосфере боксов 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 из первого контура во второй.
- 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;

#### 6.3.5.2 Концентрация борной кислоты

- Должен моделироваться перенос концентрации борной кислоты в водных системах, включая эффекты источников концентрации и потоков внутри и между системами.
- Эффекты фильтрации и деминерализации должны быть включены (например, снижение концентрации борной кислоты из-за действия ионно-обменных установок).
- Концентрация борной кислоты в баках, где наличие раствора борной кислоты определено проектом, должна достоверно моделироваться.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

### **6.3.6 Моделирование тяжелых аварий**

6.3.6.1 Для отработки мероприятий по управлению запроектными авариями тренажер должен воспроизводить процессы, в которых может произойти повреждение топлива, активной зоны и корпуса реактора.

6.3.6.2 Рассматриваемые гипотетические аварии должны моделироваться на всем временном интервале от исходного события до тяжелой стадии аварии.

6.3.6.3 Тяжелые аварии должны моделироваться в следующем объеме:

- разогрев твэл до температур превышающих проектные пределы;
- окисление оболочки и генерация водорода;
- плавление материалов активной зоны с выходом продуктов деления;
- разрушение структур активной зоны и внутрикорпусных устройств;
- разогрев и разрушение днища реактора;
- взаимодействие коридора с бетонным основанием шахты реактора или устройством для локализации расплава;
- поведение контейнмента;
- отклик радиационного контроля.

### **6.3.7 Моделирование системы контроля и управления**

6.3.7.1 Следующее 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);
- Система контроля, управления и диагностики (СКУД), включая систему внутриреакторного контроля (СВРК);
- Управляющая система безопасности технологическая (УСБТ);
- Система контроля и управления нормальной эксплуатации реакторного отделения (СКУ РО);
- Система контроля и управления для оборудования спецводоочистки (СКУ СВО);
- Система контроля и управления вентиляционным оборудованием (СКУ В);
- Система контроля и управления турбинного отделения (СКУ ТО);
- Система управления и защиты турбины;
- Система контроля турбогенератора;
- Автоматизированная система радиационного контроля (АСРК);
- Система автоматической противопожарной защиты (САППЗ);

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- Управление и релейная защита электрических систем.

## **6.4 Требования к моделированию режимов работы энергоблока**

### **6.4.1 Не трогать! Не удалять! При печати не будет видно**

6.4.1.1 АТ должен обеспечить моделирование проектных режимов эксплуатации, контроль и управление которыми осуществляется оперативным персоналом БЩУ/РЩУ.

6.4.1.2 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 БЩУ и РЩУ энергоблока-прототипа.

6.4.1.3 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.

6.4.1.4 АТ 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 БЩУ.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

6.4.1.5 Перечень моделируемых режимов эксплуатации энергоблока представлен в [Приложении 6](#).

6.4.1.6 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 АТ должны быть предусмотрены системные и стандартные отказы, вводимые инструктором с РМИ.

6.4.1.7 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.

6.4.1.8 Для АТ, моделирующего энергоблок с ВВЭР, должно быть предусмотрено создание моделей двух и более загрузок топлива, применяемых на АЭС.

## **6.5 Требования к исходным состояниям тренажера**

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

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

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

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

6.5.1.5 Перечень 23-х базовых исходных состояний для начала, середины и конца кампании реактора представлен в [Приложении 1](#).

## **6.6 Требования к точности и достоверности моделирования**

6.6.1.1 Моделирование на АТ 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:



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

которой должно быть указано, как перевести АТ в состояние, для которого представлены данные энергоблока-прототипа и приведены перечни сверяемых параметров с допустимыми отклонениями; методика должна быть включена в программу комплексных испытаний.

6.6.1.3 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.

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

- при выполнении на АТ программ пусковых испытаний энергоблока-прототипа должны выполняться содержащиеся в этих программах условия их успешного завершения (далее – критерии успешности);
- при выполнении на АТ 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;
- при выполнении на АТ пуско-остановочных операций по эксплуатационной документации энергоблока-прототипа должны достигаться такие же результаты и состояния, как и на энергоблоке-прототипе;
- реакция АТ на выполнение ошибочных действий или невыполнение необходимых операций должна быть аналогична реакции энергоблока-прототипа;
- изменения параметров на АТ при соблюдении условий и пределов нормальной эксплуатации по направлению и тенденции должны соответствовать изменению параметров на энергоблоке-прототипе в

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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 АТ;
- на АТ не должно происходить срабатывание сигнализации или выполнения автоматических действий, если это не происходит в идентичных условиях на энергоблоке-прототипе.

#### 6.6.1.5 Требования к точности и достоверности моделирования режимов с нарушением нормальной эксплуатации:

- для ликвидации последствий нарушений и аварий в работе оборудования модель АТ должна обеспечивать выполнение обучаемым таких же действий, как на энергоблоке- прототипе;
- реакция АТ на неправильные действия обучаемых или невыполнение необходимых операций должны быть аналогичны реакции энергоблока-прототипа;
- изменения параметров на АТ 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;
- если на энергоблоке-прототипе происходит срабатывание сигнализации или выполняются автоматические действия, те же самые события должны происходить в идентичных условиях на АТ;
- на АТ не должно происходить срабатывание сигнализации или выполнения автоматических действий, если это не происходит в идентичных условиях на энергоблоке-прототипе.

#### 6.6.1.6 Требование к воспроизводимости моделируемого процесса

- Изменение моделируемых аналоговых и дискретных параметров должно быть каждый раз идентично при повторном пуске тренажера из



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

того же самого исходного состояния и при использовании той же самой комбинации управляющих воздействий.

## 6.7 Моделирование отказов

- 6.7.1.1 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.
- 6.7.1.2 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](#).
- 6.7.1.3 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 АТ.
- 6.7.1.4 Моделирование всех стандартных и системных отказов, индивидуально или в комбинации, должно полно и реалистично воспроизводить поведение энергоблока в аналогичной ситуации, с адекватной реакцией на действия операторов и соответственно отражать сигнализацию на блочном щите.
- 6.7.1.5 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.
- 6.7.1.6 Все активизированные отказы моделируются до тех пор, пока они не удалены инструктором (при введении восстанавливаемых отказов) или АТ не будет переведен в иное исходное состояние (при введении невосстанавливаемых

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

отказов). Вторичные эффекты от введения отказов также должны моделироваться.

6.7.1.7 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 АТ.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## **7 ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ**

Разработка и изготовление тренажера осуществляется по следующим этапам:

### **7.1 Этап предпроектных работ**

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

### **7.2 Этап технического проекта**

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

### **7.3 Этап закупки оборудования и комплектующих**

- закупка оборудования компьютерного комплекса;

### **7.4 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;
- разработка программы комплексных испытаний;
- разработка программы верификационных испытаний;
- разработка программы приемо-сдаточных испытаний;

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- разработка учебно-методических материалов.

## **7.5 Этап пуско-наладочных работ**

- наладка технических средств АТ на площадке Исполнителя;
- комплексная наладка АТ;
- корректировка проектной документации по результатам комплексной наладки АТ;
- 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 АТ на площадку Заказчика.

## **7.6 Этап приемо-сдаточных испытаний**

- проведение приемо-сдаточных испытаний в соответствии с программой приемо-сдаточных испытаний;
- передача Заказчику комплекта документации поставляемой с АТ в соответствии с ТЗ.

## **7.7 Этап гарантийного сопровождения**

Гарантийное сопровождение АТ (в части выполненных работ) должно осуществляться в течение одного года после подписания акта сдачи-приемки АТ.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## 8 ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ ПО ОКОНЧАНИЮ РАБОТ

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

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

8.1.1.2 Вся техническая документация должна выпускаться на русском языке.

8.1.1.3 Документация представляется на бумаге и электронном носителе в двух экземплярах. Документация на приобретенное программное и компьютерное обеспечение, поставленное заводами - изготовителями, должна поставляться в оригинальном формате.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## 9 ПОРЯДОК ПРИЕМКИ ТРЕНАЖЕРА

### 9.1 Процедуры тестирования, комплексной отладки и приемки тренажера

Поскольку АТ 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 АТ.

#### 9.1.1 Автономные испытания технических средств и программного обеспечения тренажера.

9.1.1.1 Автономные испытания технических средств и программного обеспечения проводятся по программам разработанным Исполнителем и согласованным с Заказчиком АТ и должны включать:

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

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

#### 9.1.2 Комплексная отладка и испытания тренажера

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

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

9.1.2.3 Программа комплексных испытаний, как минимум, должна включать:

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- а) проверку конфигурации и испытания совместного функционирования комплекса технических средств АТ;
- б) проверка функциональных возможностей Инструкторской станции;
- в) проверку исходных состояний АТ;
- г) испытания режимов нормальной эксплуатации, моделируемых на АТ;
- д) индивидуальные испытания моделируемых отказов;
- е) испытания режимов с нарушением нормальной эксплуатации и аварий, моделируемых на АТ;
- ж) проверку пределов моделирования АТ;
- з) критерии оценки результатов испытаний.

9.1.2.4 Объем процедур тестирования включаемых в Программу комплексных испытаний определяется на стадии рабочего проектирования АТ.

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

### **9.1.3 Верификация математической модели АТ**

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

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

9.1.3.3 Программа верификации должна включать:

- а) перечень верифицируемых режимов;
- б) условия проведения верификационных испытаний для каждого режима;
- в) перечень регистрируемых параметров для каждого режима;

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- г) порядок верификации для каждого режима;
- д) критерии оценки результатов (критерии успешности проведения) испытаний;
- е) перечень документации, содержащей реальные и расчетные данные энергоблока прототипа, в соответствии с которыми разработаны критерии оценки результатов испытаний.

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

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

9.1.3.6 Отчет по верификации должен включать, как минимум, следующие разделы:

- а) результаты верификационных испытаний математической модели АТ;
- б) сравнительный анализ результатов верификационных испытаний АТ и данных по энергоблоку-прототипу по всем пунктам программы;
- в) обоснование и заключение о допустимости выявленных расхождений, если таковые были обнаружены.

#### **9.1.4 Прием-сдаточные испытания АТ.**

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

9.1.4.2 Программа прием-сдаточных испытаний АТ должна включать в себя следующие разделы:

- а) проверку конфигурации и испытания совместного функционирования комплекса технических средств АТ;
- б) рассмотрение результатов автономных испытаний;
- в) рассмотрение результатов комплексных испытаний;
- г) рассмотрение и анализ отчета по верификации;



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- д) проверка функциональных возможностей Инструкторской станции
- е) испытание моделируемых режимов нормальной эксплуатации;
- ж) испытание моделируемых режимов с нарушением нормальной эксплуатации и аварий;
- з) проверка пределов моделирования;
- и) критерии оценки результатов испытаний.

9.1.4.3 В перечень испытаний по п.п. е) и ж) 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.

9.1.4.4 Уточненный объем испытаний по п.п. е) и ж) Программы приемо-сдаточных испытаний тренажера специалистами Заказчика будет согласован на этапе технического проекта АТ. Продолжительность данных испытаний не должен превышать 20 календарных дней.

9.1.4.5 По результатам приемо-сдаточных испытаний АТ оформляется акт с приложением протоколов испытаний, утверждаемый эксплуатирующей организацией.

### **9.1.5 Участие специалистов Заказчика в процедурах приемки**

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

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

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

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## 9.2 Приемка тренажера

9.2.1.1 Приемка тренажера осуществляется комиссией, назначаемой приказом по АЭС с привлечением в ее состав представителей эксплуатирующей организации, представителей ЛАЭС-2 и представителей разработчика АТ.

9.2.1.2 По результатам приемо-сдаточных испытаний АТ оформляется акт с приложением протоколов испытаний, утверждаемый эксплуатирующей организацией.

## 9.3 Гарантии.

9.3.1.1 Исполнитель обеспечивает 1 (один) год гарантийного обслуживания по всему поставленному программному и аппаратному обеспечению, начиная с даты подписания приемочных документов на Тренажер на площадке Заказчика.

9.3.1.2 Исполнитель обязан за свой счет починить 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.

9.3.1.3 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.

9.3.1.4 Исполнитель не предоставляет никаких гарантий по любому типу частей, если они используются не для целей Тренажера. Заказчик, в свою очередь, обязуется не использовать, или не выдавать разрешение на использование частей Тренажера не по назначению.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ ИСХОДНЫХ СОСТОЯНИЙ

1. Холодный останов НК, 1-я загрузка
2.  $T_{1к} = 110$  градусов НК
3. Готовность к гидроиспытаниям 1 контура на 25,0 МПа НК
4. Готовность к переходу на паровую подушку НК
5. Горячий останов НК
6. МКУ НК, 1-я загрузка
7. МКУ НК, 2-я загрузка
8. МКУ СК, 1-я загрузка
9. МКУ СК, 2-я загрузка
10. Готовность к толчку турбины НК
11. Готовность к толчку турбины СК
12. Мощность 50% НК
13. Мощность 50% СК
14. Мощность 50% КК
15. Мощность 80% НК
16. Мощность 80% СК
17. Мощность 80% КК
18. Мощность 100% НК, 1-я загрузка
19. Мощность 100% НК, 2-я загрузка
20. Мощность 100% СК, 1-я загрузка
21. Мощность 100% СК, 2-я загрузка
22. Мощность 100% КК, 1-я загрузка
23. Мощность 100% КК, 2-я загрузка

Примечание: НК- начало кампании  
СК- середина кампании  
КК - конец кампании

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПЕРЕЧЕНЬ МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ ТРЕНАЖЕРА.

№ п/п	ID	Наименование
1.	CC	Промежуточные охлаждающие контуры.
2.	CH	Защитная оболочка.
3.	CR	Нейтронно-физическая модель активной зоны.
4.	CV	Контроль хим. состава и объема теплоносителя I контура.
5.	CW	Основная охлаждающая вода конденсатора турбины.
6.	ED	Электроснабжение.
7.	EG	Электрический генератор и ДГ.
8.	FP	Пожаротушение.
9.	FW	Конденсат и питательная вода.
10.	HV	Вентиляция и кондиционирование.
11.	IA	Азот и сжатый воздух.
12.	ME	Системы контроля и управления нижнего уровня
13.	MS	Главные паропроводы и модель паровой турбины.
14.	NI	Нейтронно-физические измерения.
15.	RC	Контроль оборудования I контура.
16.	RD	Приводы СУЗ.
17.	RM	Радиационный контроль.
18.	RP	Система управления и защиты (СУЗ) реактора.
19.	SI	Система аварийного охлаждения активной зоны.
20.	SW	Техническое водоснабжение.
21.	TC	Система регулирования турбиной.
22.	TH	Тепло-гидравлическая модель I контура и парогенераторов.
23.	TU	Вспомогательные системы турбины.
24.	WD	Удаление радиоактивных отходов.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3. 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.

Реакторная установка и связанные с ней системы:

- активная зона реактора;
- система управления и защиты реактора:
  - а) АКНП;
  - б) групповое и индивидуальное управление приводов СУЗ;
  - в) АРМ;
  - г) РОМ;
  - д) система УРБ;
  - е) система аварийной защиты;
  - ж) система предупредительной защиты;
- система внутриреакторного контроля;
- первый контур;
- парогенераторы, в том числе:
  - а) ПК ПГ;
  - б) БРУ-А;
  - в) БЗОК;
  - г) система продувки ПГ;
- ГЦН, в том числе:
  - а) электродвигатель ГЦН;
  - б) маслосистема ГЦН;

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- в) система уплотнения;
  - г) система автономного контура;
- СВО-1
- компенсатор давления, в том числе:
  - а) система впрыска;
  - б) нагреватели;
  - в) ПК КД;
  - г) барботер;
- система аварийных газовых сдувок;
- система подпитки-продувки, в том числе:
  - а) маслосистема подпиточных насосов;
  - б) СВО-2;
  - в) система ввода реагентов;
  - г) система запаса борного раствора;
  - д) система чистого конденсата;
- система дренажей и сбора протечек;
- система дожигания водорода;
- система газоочистки;
- система спецканализации;
- система охлаждения бассейна выдержки;
- система подачи азота;
- система вентиляции гермооболочки, в том числе:
  - а) система охлаждения рециркуляции герметичных помещений;
  - б) система очистки воздуха;
  - в) система охлаждения верхнего блока реактора;
  - г) система охлаждения центрального зала;
  - д) система охлаждения шахты реактора;
- система промконтура;
- система технической воды группы «А» и группы «Б».

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

#### **Системы безопасности:**

- система аварийного ввода бора;
- система аварийного ввода бора высокого давления;
- система аварийного и планового расхолаживания;
- спринклерная система;
- система аварийной питательной воды ПП;
- система сжатого воздуха для пневмоарматуры ГО;
- система пожаротушения реакторного отделения;
- аварийные дизель-генераторы;
- система надежного питания 6 кВ и 0.4 кВ;
- гидроемкости САОЗ.
- устройство локализации расплава (при наличии в проекте).

#### **Системы управления и контроля:**

- система радиационного контроля в пределах объема моделирования;
- система аварийной и предупредительной сигнализации в пределах объема моделирования;
- система технологических защит и блокировок в пределах объема моделирования;
- система автоматики в пределах объема моделирования;
- система дистанционного управления в пределах объема моделирования.

#### **Турбогенератор и системы турбинного отделения:**

- система основного пара, в том числе:
  - а) основные паропроводы;
  - б) БРУ-К;
  - в) дренажи основных паропроводов;

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- система пара собственных нужд;
- основная турбина, в том числе
  - а) электрогидравлическая система регулирования;
  - б) система масла на смазку;
  - в) система гидроподъема;
  - г) основной конденсатор;
  - д) система уплотнений и вакуумная система;
- сепаратор-пароперегреватель;
- система питательной воды, в том числе:
  - а) турбопитательные насосы;
  - б) конденсатор ТПН;
  - в) система смазки ТПН;
  - г) система уплотнений и вакуума ТПН;
  - д) вспомогательные питательные электронасосы;
  - е) деаэраторы питательной воды;
  - ж) подогреватели высокого давления;
- система основного конденсата, в том числе:
  - а) конденсатные насосы;;
  - б) БОУ;
  - в) подогреватели низкого давления;
- система дренажей второго контура;
- АСУТ-1000;
- система циркуляционной воды;
- система технической воды;
- генератор;
- маслосистема уплотнений генератора;
- система охлаждения генератора;
- система возбуждения и регулирования напряжения основного генератора;



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- система электроснабжения собственных нужд;
- система пожаротушения.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ПЕРЕЧЕНЬ СИСТЕМНЫХ ОТКАЗОВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ПЕРЕХОДНЫЕ И АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ БЛОКА

Код отказа	Описание отказа
CH01	нарушение плотности защитной оболочки
CV01	течь из трубопровода подпитки внутри защитной оболочки
CV02	течь из линии продувки первого контура внутри защитной оболочки
CV03	разрушение II-й ступени уплотнения вала ГЦН.
CV04	разрушение I-й ступени уплотнения вала ГЦН
CV05	течь из трубчатки теплообменника системы продувки в промконтур ответственных потребителей
CV06	неплотность холодильника автономного контура ГЦН
ED01	отказ любого дизель-генератора
ED02	отказ источника резервного электроснабжения блока
EG01	течь водорода из корпуса генератора
EG02	отключение генераторного выключателя
FW01	присос воздуха в конденсаторы турбины
FW02	течь из всасывающего коллектора КЭН второй ступени
FW03	течь из напорного коллектора КЭН второй ступени
FW04	течь трубного пучка подогревателя низкого давления
FW05	течь из напорного коллектора ТПН и ВПЭН
FW06	разрыв трубного пучка подогревателя высокого давления.
FW07	течь из коллектора питательной воды после ПВД
FW08	течь из трубопровода питательной воды до обратного клапана вне защитной оболочки
FW09	течь из трубопровода питательной воды до обратного клапана в защитной оболочке
FW10	течь из трубопровода питательной воды между обратным клапаном и ПГ.
MS01	разрыв паропровода в пределах защитной оболочки
MS02	разрыв паропровода вне защитной оболочки
MS03	ложное закрытие отсежного клапана острого пара.
MS04	заклинивание отсежного клапана острого пара
MS05	разрыв главного парового коллектора Ду600
MS06	разрыв коллектора собственных нужд
MS07	заклинивание ПК ПГ в заданном положении
MS08	ложное открытие ПК ПГ
MS09	заклинивание БРУ-К в задаваемом положении
NI01	отказ измерительного канала диапазона источника АКНП
NI02	отказ измерительного канала пускового и рабочего диапазона АКНП
RC01	отказ отключения ГЦН
RC02	заклинивание главного клапана ИПУ КД
RC03	ложное открытие ИК КД
RC04	обрыв вала ГЦН

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

Код отказа	Описание отказа
RD01	неуправляемое извлечение группы ПС СУЗ
RD02	застревание ПС СУЗ
RD03	расцепление ПС СУЗ с приводом
RD04	выброс ПС СУЗ из активной зоны
RD05	падение ПС СУЗ
RD06	неуправляемое извлечение одного ПС СУЗ 10 группы
RD07	отказ управления одним ПС СУЗ 10 группы
RD08	отказ срабатывания комплекта аварийной защиты реактора
RP01	отказ срабатывания системы УПЗ
RP02	ложное срабатывание системы УПЗ
RP03	отказ срабатывания ПЗ-1
RP04	отказ срабатывания РОМ
RP05	отказ в работе АРМ
RM01	разгерметизация ТВЭЛ по типу газовой неплотности
RM02	разгерметизация ТВЭЛ с прямым контактом топлива и т/н
SI01	отказ спринклерного насоса
SI02	повреждение системы охлаждения бассейна выдержки
TC01	ложное открытие РК ТГ
TC02	ложное прикрытие РК ТГ
TH01	течь горячей нитки ГЦТ
TH02	течь холодной нитки ГЦТ между реактором и ГЦН
TH03	течь ГЦТ между ПГ и ГЦН (трубопровод всаса ГЦН)
TH04	течь трубопровода между ГЕ САОЗ и реактором
TH05	течь соединительного трубопровода КД
TH06	отрыв крышки коллектора ПГ по первому контуру (Dy 43)
TH07	отрыв крышки реактора
TH08	отрыв днища реактора
TH09	отрыв шахты реактора
TH10	отрыв крышки коллектора ПГ по первому контуру (Dy 500), и последующее повреждение крышки ПГ по второму контуру (Dy 148).
TH11	течь трубки ПГ
TU01	увеличение вибрации и осевого сдвига основной турбины
TU02	увеличение температуры любого подшипника турбогенератора.
WD01	течь из системы дожигания водорода
WD02	разрыв коллектора насосов откачки баков кубового остатка
WD03	течь баков кубового остатка

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5. 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 «Заккрыть»	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

### Насосы

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
Самопроизвольное включение	После ввода отказа, насос включается. При дистанционном отключении - отключается.
Самопроизвольное отключение	После ввода отказа, насос отключается. При дистанционном включении – включается.
Потеря питания управления	После ввода отказа: -насос не управляется ни в автоматическом, ни в дистанционном режимах; -статус насоса остается в исходном (текущем) положении. После удаления отказа насос работоспособен
Потеря силового питания	После ввода отказа: -давление на напоре насоса, расход насоса плавно снижаются до нуля, мощность эл. двигателя насоса обнуляется. Эл. двигатель насоса отключается электрическими защитами; -при попытке включения насоса он не включается. После удаления отказа неисправность устраняется.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
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

#### Датчики аналогового сигнала

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

#### 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

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
	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 БЩУ. Теряется возможность управления арматурой. После удаления отказа арматура управляется в нормальном режиме.
Потеря силового питания	После ввода отказа теряется возможность управления арматурой. После удаления отказа арматура управляется в нормальном режиме.

### 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 БЩУ. При попытке его отключения в дистанционном или автоматическом режимах, выключатель отключается и снова включается, работает индикация включения на пультах и панелях БЩУ. При квитировании выключателя на включение индикация горит ровным светом. После удаления отказа неисправность устраняется.
Самопроизвольное	а) Выключатель разомкнут.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

Состояние оборудования	Ожидаемые результаты
отключение	<p>После ввода отказа эффекта нет.</p> <p>б) выключатель замкнут:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-выключатель отключается, срабатывает индикация выключения на пультах и панелях БЩУ;</li> <li>-при попытке его включения дистанционном или автоматическом режиме, выключатель включается и снова отключается, работает индикация выключения на пультах и панелях БЩУ.</li> </ul> <p>При квитировании выключателя на отключение индикация горит ровным светом.</p> <p>После удаления отказа неисправность устраняется.</p>
Отказ автоматического включения (отключения)	<p>После ввода отказа:</p> <p>а) выключатель разомкнут:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- эффекта нет;</li> <li>-при возникновении условий автоматического включения выключателя (по командам из цепей ТЗиБ) он не включается,</li> <li>-индикация положения выключателя не изменяется.</li> </ul> <p>Сохраняется возможность дистанционного управления выключателем;</p> <p>б) выключатель замкнут:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- эффекта нет;</li> <li>-при возникновении условий автоматического отключения выключателя (по командам из цепей ТЗиБ) он не отключается,</li> <li>-индикация положения выключателя не изменяется.</li> </ul> <p>Сохраняется возможность дистанционного управления выключателем.</p> <p>После удаления отказа неисправность устраняется, восстанавливается работоспособность выключателя</p>

### Электрические шины

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

### 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

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ПЕРЕЧЕНЬ МОДЕЛИРУЕМЫХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОБЛОКА

№	Наименование режима
<b>Режимы нормальной эксплуатации</b>	
1.	Разогрев из "холодного состояния" до состояния "горячий останов".
2.	Вывод реакторной установки в критическое состояние и набор мощности.
3.	Толчок турбогенератора и его синхронизация с энергосистемой.
4.	Нагружение энергоблока до номинальных параметров.
5.	Маневрирование нагрузкой энергоблока.
6.	Разгрузка энергоблока с номинальных параметров до состояния "горячий останов".
7.	Расхолаживание от состояния "горячий останов" до "холодного состояния".
8.	Повторный пуск реакторной установки после срабатывания аварийной защиты.
9.	Включение в работу основного оборудования после его отключения в процессе эксплуатации, не приведшего к останову энергоблока
10.	Предпусковые испытания и периодические опробования оборудования АС, выполняемые операторами БЩУ.
11.	Испытания систем управления и защиты реакторной установки, выполняемые операторами БЩУ
12.	Испытания систем безопасности АС, выполняемые операторами БЩУ.
13.	Измерения нейтронно-физических характеристик активной зоны, выполняемые операторами с помощью штатной аппаратуры БЩУ.
14.	Периодические переходы на резервное оборудование.
<b>Режимы с нарушением работы систем влияющих на реактивность</b>	
15.	Неуправляемый вывод органов регулирования из активной зоны реактора
16.	Выброс (всплытие) органа регулирования из активной зоны реактора (если такая возможность не предотвращается проектными решениями)
17.	Падение органов регулирования
18.	Застревание органов регулирования
19.	Расцепление органов регулирования с приводом
20.	Потеря индикации положения органов регулирования
21.	Непроектная последовательность движения органов регулирования
22.	Отказы в работе системы автоматического регулирования мощности реактора
23.	Отказы в работе систем предупредительной и аварийной защит реактора
24.	Отказы в работе системы контроля нейтронного потока
25.	Подключение неработающей петли
26.	Уменьшение концентрации борной кислоты вследствие отказов в системе борного регулирования
27.	Непреднамеренное попадание холодной воды в реактор (ложное срабатывание системы аварийного охлаждения реактора)
<b>Режимы с нарушением циркуляции теплоносителя через активную зону</b>	
28.	Аварийное отклонение частоты в энергосистеме.
29.	Отключение в различных комбинациях ГЦН вследствие отказов их вспомогательных систем.



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

№	Наименование режима
30.	Останов ГЦН без выбега вследствие его заклинивания или обрыва (расцепления) приводного вала.
31.	Частичное или полное перекрытие проходного сечения в петле теплоносителя.
32.	Перерыв электропитания циркуляционных насосов теплоносителя, связанный с переходом на резервное электропитание.
33.	Частичное обесточивание секций электропитания собственных нужд энергоблока с потерей части циркуляционных насосов теплоносителя.
34.	Полная потеря основного и резервного электроснабжения собственных нужд энергоблока – теплоотвод в режиме естественной циркуляции теплоносителя.
35.	Появление парогазового пузыря под крышкой реактора .
36.	Появление парогазовой смеси в циркуляционных петлях
37.	Нарушения в работе системы отвода остаточных тепловыделений активной зоны
38.	Отказы насосов аварийной подпитки и аварийного расхолаживания
39.	Блокирование трубопроводов подачи теплоносителя в активную зону вследствие отказов запорно-регулирующей арматуры или обратных клапанов
40.	Отказы теплообменников аварийного расхолаживания
41.	Утечка теплоносителя через неплотности или разрывы в системе аварийного расхолаживания
42.	Потеря давления в гидроемкостях аварийного охлаждения активной зоны или заклинивание арматуры на линиях подачи
<b>Режимы с нарушением условий теплоотвода от реакторной установки</b>	
43.	Разрывы главных паропроводов в пределах и за пределами герметичных помещений реакторной установки.
44.	Разрыв главного парового коллектора.
45.	Отказ в открытом положении ПК ПГ.
46.	Отключение турбогенератора (турбогенераторов).
47.	Ложное закрытие СК ТГ.
48.	Отказ работы БРУ-К
49.	Частичная и полная потеря подачи основной питательной воды
<b>Режимы с нарушениями в работе систем локализации аварий РУ</b>	
50.	Ложное закрытие локализирующей арматуры герметичных помещений вследствие ложных управляющих сигналов.
51.	Разгерметизация помещений вследствие высокого давления или отказа арматуры локализации, выход радиоактивных веществ за пределы герметичных помещений.
52.	Нарушения в работе подсистем снижения давления в герметичных помещениях реакторного отделения в режимах с течами.
<b>Режимы с нарушениями в работе вспомогательных систем РУ.</b>	
53.	Нарушения в работе систем подпитки/продувки первого контура и его химической очистки.
54.	Нарушения в работе маслосистем реакторного отделения.
55.	Нарушения в работе систем технической воды и специальных промежуточных контуров охлаждения оборудования реакторного отделения
56.	Нарушение в работе вентиляционных систем реакторного отделения
57.	Нарушения в работе систем спецгазоочистки и дожигания водорода
<b>Режимы с нарушениями в работе вспомогательных систем турбогенератора</b>	
58.	Потеря вакуума в конденсаторе турбины.



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АНАЛИТИЧЕСКОГО ТРЕНАЖЕРА ЛАЭС2

### Спецификация оборудования, изделий и материалов

№ п/п	Код по KKS, 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 на 1 блок	Коли- чество на 2 блок	Масса, кг		Климати- ческое исполне- ние и категория размещения	Условия хранения	Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание Суммарная стоимость
											Едини- цы	Общая	Тип атмосферы	Тип атмосферы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10а	11	12	13	14	15	16	17
Главный вычислительный комплекс																	
		Модель физических процессов															
		Компьютер, моделирующий физические процессы	Процессор Intel 8 ядер 3ГГц ОЗУ 16 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод					шт	1								
		Станция инструктора															
		Компьютер станции инструктора	Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet					шт	1								

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

№ п/п	Код по KKS, 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 на 1 блок	Количество на 2 блок	Масса, кг		Климатическое исполнение и категория размещения	Условия хранения	Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание Суммарная стоимость
											Единицы	Общая					
			интерфейс DVD привод														
		Монитор станции инструктора	LCD 21 дисплей					шт	2								
		Лазерный принтер станции инструктора черно-белый	Формат бумаги А3 Устройство для двусторонней печати Ethernet интерфейс					шт	1								
		Лазерный принтер станции инструктора цветной	Формат бумаги А3 Устройство для двусторонней печати Ethernet интерфейс					шт	1								
		<b>Модель СВБУ</b>															
		Компьютер, моделирующий РУ	Процессор Intel 4 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet					шт	1								

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

№ п/п	Код по KKS, 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 на 1 блок	Количество на 2 блок	Масса, кг		Климатическое исполнение и категория размещения	Условия хранения	Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание Суммарная стоимость
											Единицы	Общая					
			интерфейс DVD привод														
		Компьютер, моделирующий SU	Процессор Intel 4 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод					шт	1								
		Компьютер, моделирующий шлюз TXS	Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод					шт	3								
		Компьютер, моделирующий XU	Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод					шт	1								

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

№ п/п	Код по KKS, 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 на 1 блок	Количество на 2 блок	Масса, кг		Климатическое исполнение и категория размещения	Условия хранения	Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание Суммарная стоимость
											Единицы	Общая					
		Компьютер, моделирующий рабочую станцию ОМ	Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод					шт	9								
		Терминал ОМ	X терминал					шт	18								
		Монитор ОМ	LCD 21 дисплей					шт	18								
		Лазерный принтер СВБУ черно-белый	Формат бумаги А4 Ethernet интерфейс					шт	4								
		Лазерный принтер СВБУ цветной	Формат бумаги А3 Ethernet интерфейс					шт	2								
		<b>Модель АСУТП</b>															
		Компьютер, моделирующий ТХР	Процессор Intel 8 ядер 3ГГц ОЗУ 16 ГБ Жесткий диск 300 ГБ					шт	1								

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

№ п/п	Код по KKS, 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 на 1 блок	Количество на 2 блок	Масса, кг		Климатическое исполнение и категория размещения	Условия хранения	Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание Суммарная стоимость
											Единицы	Общая					
			Ethernet интерфейс DVD привод														
<b>Вспомогательный вычислительный комплекс</b>																	
		Рабочая станция поддержки	Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод					шт	7								
		Монитор рабочей станции поддержки	2 LCD 21 дисплей					шт	14								
<b>Вспомогательное оборудование</b>																	
		Шкаф для размещения компьютеров и сетевого оборудования	Формат 19 дюймов Высота 42U Ширина 800мм Глубина 1000мм					шт	3								
		Консоль управления серверами	Коммутатор KVM IP Дисплей 17					кмпл.	1								

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

№ п/п	Код по KKS, 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 на 1 блок	Количество на 2 блок	Масса, кг		Климатическое исполнение и категория размещения	Условия хранения	Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание Суммарная стоимость
											Единицы	Общая	Тип атмосферы	Тип атмосферы			
			Клавиатура Кабели и блоки подключения серверов														
		Коммутатор Ethernet	48 портов RJ45					шт	3								
		Компьютер сетевых сервисов	Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод					шт	1								
		Компьютер внешнего сетевого шлюза	Процессор Intel 2 ядра 3ГГц ОЗУ 4 ГБ Жесткий диск 300 ГБ Ethernet интерфейс DVD привод					шт	1								
		Система сетевого резервного копирования	10 жестких дисков 500 ГБ Ethernet интерфейс					шт	1								



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

№ п/п	Код по KKS, 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 на 1 блок	Количество на 2 блок	Масса, кг		Климатическое исполнение и категория размещения	Условия хранения	Место установки (здание, отметка)	Разработчик	Примечание Суммарная стоимость
											Единицы	Общая	Тип атмосферы	Тип атмосферы			
		Источник бесперебойного питания	Входное напряжение 3 фазы 380В Нагрузка 100 КВА Батареи на 10 минут при полной нагрузке Ethernet интерфейс с системой дистанционного управления ИБП и подачи команд на выключение оборудования					шт	1								

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТРЕНАЖЕРА

### П8.1 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 АТ, которая позволит обеспечить достижение максимально возможного соответствия АТ 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 АТ.

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

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».

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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 качества, в зависимости от категории обеспечения качества поставляемого оборудования.

## **П8.2 Программа обеспечения качества при проектировании и изготовлении АТ**

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

- Цели качества, которые необходимо достичь в проекте;
- Шаги (элементы) процесса разработки, изготовления и поставки АТ, 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 АТ;
- 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 АТ;
- Определение стандартов написания программ;
- Методологию обеспечения соответствия документации проектным

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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 АТ стандартного оборудования, которое позволяет легко наращивать его возможности при необходимости расширения в будущем объема моделирования в Тренажере;
- Описание системы контроля несоответствий.

### **П8.3 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:
  - а) соблюдение соглашения по именам файлов исходных и объектных кодов;
  - б) соблюдение соглашения по именам переменных;
  - в) идентификацию номера редакции (изменения) и дату;
  - г) соблюдение стандартов языка программирования;
  - д) требования к заголовкам и пояснениям (комментариям);

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

- 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:
  - а) периодический контроль за внесением изменений и корректировок;
  - б) рассмотрения и проверки проектных спецификаций систем тренажера с целью установления их технического соответствия документации энергоблока;
  - в) рассмотрения и проверки документации по математическим моделям, в том числе результатов автономных (до этапа интеграции) испытаний;
  - г) рассмотрения результатов тестирования интегрированной модели на ядре тренажера с целью проверки их полноты и адекватности;
  - д) 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.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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 БЩУ, 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, включая запроектные аварии;
- стационарные режимы работы на мощности.

#### **П8.4 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

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

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.

ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

## 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 редуцирующая установка сброса пара в атмосферу;  
 БРУ-К - быстродействующая редуцирующая установка сброса пара в конденсатор;  
 БРУ-СН - быстродействующая редуцирующая установка подачи пара к коллектору собственных нужд;  
 БПУ – блочный пульт управления;  
 ВИУВС - ведущий инженер управления вспомогательных систем;  
 ВИУР - ведущий инженер управления реактором;  
 ВИУТ - ведущий инженер управления турбиной;  
 ВПЭН – вспомогательный питательный электронасос;  
 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;  
 КД – компенсатор давления;  
 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;



ОАО «ДЖЭТ»	Аналитический тренажер ЛАЭС-2 (Первая очередь). Технические требования.	17.11.2009
------------	-------------------------------------------------------------------------	------------

СКУ – системы контроля и управления;  
 СПП – сепаратор пароперегреватель;  
 СТО – Стандарт организации. Технические средства обучения. СТО 1.1.1.01.004.0680-2006;  
 СУЗ – система управления и защиты реактора;  
 ТВС – тепловыделяющая сборка;  
 ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент;  
 ТГ – турбогенератор;  
 ТЗ – техническое задание;  
 ТОУ – технологический объект управления;  
 ТПН – турбопитательный насос;  
 ТТ – технические требования;  
 УММ – учебно-методические материалы;  
 УПЗ – ускоренная предупредительная защита;  
 УСБТ – управляющая система безопасности;  
 УТЗ – учебно-тренировочное занятие;  
 УТП – учебно-тренировочный пункт.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]