Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности (Госатомнадзор России)

ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Утверждены
постановлением
Госатомнадзора России
15 апреля 1997 г.
№ 2

ТРЕБОВАНИЯ К ПОЛНОМАСШТАБНЫМ ТРЕНАЖЕРАМ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ БЛОЧНОГО ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

НП-003-97 (ПНАЭ Г-5-40-97)

Введены в действие
с 1 октября 1997 г.

Москва 2015

gost.e-ecolog.ru
WWW.SECNRS.RU

УДК: 621.039.58

Требования к полномасштабным тренажерам для подготовки операторов блочного пункта управления атомной станции. ПНАЭ Г-5-40-97: Нормативный документ. - М.: НТЦ ЯРБ, 2000.

Настоящий нормативный документ устанавливает основные требования к полномасштабным тренажерам как к техническому средству подготовки оперативного персонала атомных станций и, в первую очередь, операторов блочного пункта управления атомных станций.

Настоящие требования обязательны для всех ведомств и организаций, разрабатывающих и использующих полномасштабные тренажеры для подготовки оперативного персонала атомных станций.

Разработчики: Г.А.Санковский, канд. техн. наук, А.Н.Тюфягин, В.И. Погорелов, А.В.Капитанов.

gost.e-ecolog.ru

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. АВАРИЯ – нарушение эксплуатации АС, при котором произошел выход радиоактивных веществ и/или ионизирующих излучений за предусмотренные проектом для безопасной эксплуатации границы в количествах, превышающих установленные пределы безопасной эксплуатации. Авария характеризуется исходным событием, путями протекания и последствиями.

2. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ – система, состоящая из работников (персонала) и комплекса средств автоматизации управления технологическим процессом.

3. АТОМНАЯ СТАНЦИЯ – ядерная установка для производства энергии в заданных режимах и условиях применения и располагающаяся в пределах конкретной территории, на которой для осуществления этой цели используется ядерный реактор (реакторы) и комплекс необходимых систем, устройств, оборудования и сооружений с необходимыми работниками (персоналом).

4. БАЗА ДАННЫХ – совокупность проектных, расчетных и экспериментальных данных об энергоблоке-прототипе, используемых при создании и эксплуатации ПМТ.

5. БЛОЧНЫЙ ПУНКТ УПРАВЛЕНИЯ – составная часть энергоблока АС, размещаемая в специально предусмотренных проектом помещениях и предназначенная для централизованного автоматизированного управления технологическими процессами, реализуемого оперативным персоналом АС и средствами автоматизации.

6. ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПМТ – процедура подтверждения в установленном порядке результатов расчетов на ПМТ статических и динамических режимов энергоблока-прототипа путем сопоставления их с экспериментальными, проектными и расчетными данными.

7. ИНСТРУКТОР ПМТ – лицо, прошедшее соответствующий полный курс подготовки и имеющее право обучать оперативный персонал АС.

8. ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ ПМТ – совокупность значений параметров ПМТ, характеризующих конкретное состояние

gost.e-ecolog.ru

энергоблока-прототипа, с которого может начаться процесс моделирования.

9. КОМПЛЕКСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПМТ – процедура испытаний технических средств, математического и программного обеспечения ПМТ как единого комплекса по всему спектру моделируемых режимов и реализуемых функций с целью установления соответствия ПМТ техническому заданию, выполнения требований действующих НД, полноты реализации функций и обучающих возможностей ПМТ, установления адекватности протекания процессов в ПМТ экспериментальным и расчетным данным энергоблока-прототипа.

10. НАРУШЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АС – нарушение в работе АС, при котором произошло отклонение от установленных эксплуатационных пределов и условий. При этом могут быть нарушены и другие установленные проектом пределы и условия, включая пределы безопасной эксплуатации.

11. НЕОПЕРАТИВНЫЙ КОНТУР БПУ – панели и пульты неоперативного управления, расположенные вне зоны постоянного контроля с рабочих мест операторов БПУ (вне зоны прямой видимости).

12. ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТУР БПУ – панели и пульты оперативного управления, расположенные в зоне постоянного контроля с рабочих мест операторов БПУ (в зоне прямой видимости).

13. ОПЕРАТИВНЫЙ ПЕРСОНАЛ АС – эксплуатационный персонал из числа работников АС, находящийся на дежурстве в смене и допущенный к оперативному управлению технологическими процессами на АС.

14. ОПЕРАТОР БПУ АС – лицо из числа оперативного персонала, прошедшее полный курс подготовки и допущенное в установленном порядке к самостоятельному управлению энергоблоком.

15. ОТЧЕТ О ВЕРИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПМТ – отчет, содержащий результаты тестирования и сопоставления процессов в ПМТ с экспериментальными, проектными и расчетными данными.

gost.e-ecolog.ru

16. ОТЧЕТ О КОМПЛЕКСНЫХ ИСПЫТАНИЯХ ПМТ – отчет, содержащий анализ результатов комплексных испытаний ПМТ (проверка соответствия ПМТ техническому заданию и требованиям действующих НД, определение полноты реализации функций и обучающих возможностей ПМТ, установление адекватности протекания процессов в ПМТ экспериментальным и расчетным данным энергоблока-прототипа) с приложением программы и результатов испытаний, отчета о верификации математической модели ПМТ.

17. ПОДГОТОВКА ОПЕРАТОРОВ – первичная подготовка или поддержание уровня квалификации операторов, имеющих опыт работы.

18. ПОДДЕРЖАНИЕ УРОВНЯ КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРОВ – поддержание навыков и умения операторов в управлении энергоблоком путем проведения регулярных тренировок на ПМТ при режимах нормальной эксплуатации и при режимах с нарушениями нормальной эксплуатации, включая предаварийные ситуации и аварии.

19. ПОЛНОМАСШТАБНЫЙ ТРЕНАЖЕР ЭНЕРГОБЛОКА АС – программно-технический моделирующий комплекс, предназначенный для профессиональной совместной подготовки оперативного персонала БПУ АС с использованием полномасштабной модели реального БПУ и комплексной всережимной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени.

20. ПРЕДАВАРИЙНАЯ СИТУАЦИЯ – состояние АС, характеризующееся нарушением пределов или условий безопасной эксплуатации и не перешедшее в аварию.

21. ПРЕДЕЛЫ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АС – установленные в проекте значения параметров технологического процесса, отклонения от которых могут привести к аварии.

22. ПРЕДЕЛЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ – граничные условия состояний энергоблока, от/до которых ведется процесс моделирования работы технологических систем и энергоблока в целом.

23. ПРОЕКТНЫЕ ПРЕДЕЛЫ – значения параметров и характеристик состояния систем (элементов) и АС в целом, установленные в проекте для режимов нормальной эксплуата-

gost.e-ecolog.ru

ции и для режимов с нарушениями нормальной эксплуатации, включая предаварийные ситуации и аварии.

24. РЕАЛЬНЫЙ МАСШТАБ ВРЕМЕНИ – моделирование динамических процессов в тех же соотношениях по времени, последовательности, длительности, скорости и ускорению, что и в реальном процессе.

25. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПМТ – совокупность значений параметров и состояний моделируемых систем и оборудования АС, определяющих состояние ПМТ в данный момент времени.

26. ТЕСТИРОВАНИЕ ПМТ – проверка ПМТ путем расчета на нем задач, решения которых заранее известны.

27. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРСОНАЛ АС – работники АС, осуществляющие ее эксплуатацию.

28. ЭНЕРГОБЛОК-ПРОТОТИП – конкретный энергоблок АС, взятый за основу при создании ПМТ с использованием его проектной, пусконаладочной и эксплуатационной документации.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящий нормативный документ (далее именуется – НД) устанавливает основные требования к ПМТ как к техническому средству подготовки оперативного персонала АС и, в первую очередь, операторов БПУ АС.

1.2. Настоящий НД определяет минимальный набор характеристик и свойств ПМТ, необходимый для эффективной подготовки операторов БПУ АС.

1.3. Требования настоящего НД распространяются на ПМТ энергоблоков различных типов АС.

1.4. Требования настоящего НД являются обязательными для проектных и конструкторских организаций, занимающихся разработкой ПМТ, а также для эксплуатирующих организаций, учебно-тренировочных центров и учебно-тренировочных пунктов, использующих ПМТ для подготовки оперативного персонала АС.

1.5. Требования настоящего НД распространяются также на ПМТ, разработанные по зарубежным проектам и используемые для подготовки оперативного персонала российских АС.

gost.e-ecolog.ru

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПМТ

Основным назначением ПМТ энергоблоков АС является:

- первичная подготовка и переподготовка оперативного персонала;
- поддержание уровня квалификации оперативного персонала;
- отработка взаимодействия операторов БПУ АС в составе смены;
- проведение противоаварийных тренировок;
- отработка программ и методик подготовки оперативного персонала АС; разработка программ новых учебно-тренировочных занятий;
- подготовка инструкторского персонала учебно-тренировочных пунктов и центров и повышение его квалификации.

3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПМТ

3.1. ПМТ должен быть выполнен таким образом, чтобы на нем воспроизводилась такая же обстановка, как при работе реальной установки, и обучаемые не получали отрицательных навыков в управлении энергоблоком.

3.2. ПМТ должен создаваться под конкретный энергоблок (энергоблок-прототип).

База данных ПМТ должна соответствовать проектным, экспериментальным и расчетным характеристикам и параметрам энергоблока-прототипа.

3.3. ПМТ и организация занятий на нем должны обеспечивать у обучаемых в составе смены оперативного персонала формирование практического опыта, навыков и умения в управлении системами и оборудованием энергоблоков АС в режимах нормальной эксплуатации и в режимах с нарушениями нормальной эксплуатации, включая предаварийные ситуации и аварии.

3.4. ПМТ должен воспроизводить параметры систем энергоблока, соответствующие конкретным рабочим условиям, отображать эти параметры в динамике в реальном масштабе времени на соответствующих устройствах и обеспечивать соответствующее действие систем сигнализации и защитных систем.

3.5. ПМТ должен иметь в своем составе:

- вычислительный комплекс;
- устройства ввода-вывода;
- имитатор БПУ (полномасштабная модель оперативных панелей и пультов БПУ со средствами оперативной связи);
- РМИ (пульт управления ПМТ);
- математическое и программное обеспечение.

Примечание. При необходимости допускается включение в состав ПМТ имитаторов неоперативных панелей БПУ и других пунктов управления (ЦПУ, МПУ и др.).

Расширение объема имитации оборудования в ПМТ определяет в каждом конкретном случае эксплуатирующая организация в техническом задании на разработку ПМТ.

3.6. В процессе обучения должна быть предусмотрена возможность автоматической регистрации действий инструктора ПМТ и обучаемого, срабатывания защит, блокировок, сигнализации, изменения состояния работы оборудования, технологических параметров систем и оборудования.

3.7. Проект ПМТ должен допускать возможность совершенствования и расширения функций ПМТ, а также его модернизации при реконструкции энергоблока-прототипа.

3.8. ПМТ должен поставляться в комплекте с УМО, включающим в себя методики и программы учебно-тренировочных занятий для подготовки и поддержания уровня квалификации оперативного персонала АС.

3.9. Эксплуатирующей организацией должны быть подготовлены и в установленном порядке утверждены процедуры своевременного внесения необходимых изменений в оборудование, ПО и в документацию ПМТ при модернизации оборудования, систем и при изменении эксплуатационных процедур на энергоблоке-прототипе.

gost.e-ecolog.ru

4. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ ПМТ

4.1. Требования к вычислительному комплексу

4.1.1. Технические характеристики вычислительного комплекса должны обеспечивать моделирование технологических процессов энергоблока при режимах нормальной эксплуатации и при режимах с нарушениями нормальной эксплуатации в реальном, а для некоторых заранее определенных процессов в замедленном или ускоренном масштабе времени.

4.1.2. Вычислительный комплекс должен иметь необходимый запас быстродействия, объемов оперативной и внешней памяти для расширения функций, совершенствования математической модели и модернизации ПМТ при реконструкции энергоблока-прототипа.

4.2. Требования к устройствам ввода-вывода

Устройства ввода-вывода информации должны иметь необходимый резерв для расширения функций и модернизации ПМТ при реконструкции энергоблока-прототипа.

4.3. Требования к имитатору БПУ

4.3.1. Имитатор БПУ ПМТ должен включать в себя полномасштабные модели щитовых панелей, пультов и другого оборудования оперативного контура БПУ энергоблока-прототипа с размещенными на них приборами контроля, управления, сигнализации, связи и противопожарных средств.

4.3.2. В состав ПМТ должно быть включено также оборудование, расположенное в неоперативном контуре БПУ и необходимое для реализации моделирования режимов, приведенных в разделе 5.

4.3.3. Щитовые панели, пульты управления и другое оборудование имитатора БПУ должны воспроизводить оборудование БПУ энергоблока-прототипа по размерам, форме, цвету, взаимному расположению и функциональному назначению.

gost.e-ecolog.ru

4.3.4. Аппаратные средства, размещенные на панелях и пультах имитатора БПУ, должны воспроизводить аппаратуру, находящуюся на БПУ энергоблока-прототипа, по составу, расположению, размерам, форме, цвету и функциональному назначению.

Незначительные отклонения в размещении и форме аппаратных средств допускаются в том случае, если эти отклонения не приводят к приобретению ложных навыков у обучаемых.

4.3.5. Влияние отклонений имитатора БПУ ПМТ от реального БПУ энергоблока-прототипа на качество обучения должно оцениваться для каждого конкретного отклонения и включать в себя анализ следующих факторов:

1) отличие выполнения заданий по эксплуатационным процедурам на ПМТ от выполнения аналогичных заданий на энергоблоке;
2) частота использования аппаратных средств контроля и управления в режимах нормальной эксплуатации (п. 5.3) и в режимах с нарушениями нормальной эксплуатации (п.5.4);
3) различие в функциях оборудования, влияющего на безопасность АС, на останов энергоблока или повреждение основного оборудования;
4) различие в ауди- и визуальной информации, предоставляемой оператору, особенно в критических ситуациях с управлением энергоблоком;
5) различие в ответных реакциях приборов на командные действия операторов;
6) увеличение вероятности ошибочных действий операторов и степени влияния этих ошибок на безопасность энергоблока.

4.3.6. Информация о режиме работы энергоблока должна представляться оператору в такой же форме и с такой же размерностью параметров, как и на энергоблоке-прототипе, т.е. в ПМТ должны использоваться показывающие приборы, устройства сигнализации, регистраторы, коммутационные устройства, световые табло, мнемосхемы, регуляторы и остальные компоненты, идентичные по внешнему виду и

gost.e-ecolog.ru

функциям соответствующим приборам и устройствам БПУ энергоблока-прототипа.

Форматы отображения информации о работе систем и оборудования на имитаторах информационно-вычислительных систем должны полностью соответствовать форматам на аналогичных системах энергоблока-прототипа.

4.3.7. Средства автоматизации, размещенные на панелях и пультах ПМТ, должны функционировать так, чтобы функции управления, выполняемые обучаемыми, вызывали реакцию ПМТ, адекватную реакции энергоблока-прототипа на командные действия оператора.

4.3.8. В помещении ПМТ желательно имитировать обстановку и рабочую среду БПУ, что имеет практическое значение, например, освещение, кондиционирование, покрытие и цвет полов, шум турбины, интерьер БПУ, кратковременные изменения освещенности при включении (отключении) мощных потребителей электроэнергии, кратковременную потерю освещения в режиме обесточивания энергоблока и другие внешние эффекты.

4.3.9. Средства связи должны обеспечивать возможность имитации переговоров операторов БПУ с операторами МПУ и оперативным персоналом, находящимся в других помещениях энергоблока, а также обмена информацией между обучаемыми и инструктором.

4.3.10. Все отклонения внешнего вида имитатора БПУ ПМТ от реального БПУ энергоблока-прототипа должны быть обоснованы в проекте ПМТ.

4.4. Требования к РМИ

4.4.1. Инструктор должен иметь рабочее место (пульт управления ПМТ), оборудованное средствами отображения информации, управления и связи, необходимыми для эффективного контроля и управления процессами обучения и тренировки.

4.4.2. РМИ должно быть отделено от имитатора БПУ ПМТ таким образом, чтобы обучаемый не мог наблюдать за дей-

gost.e-ecolog.ru

ствиями инструктора (например, применение затемненных стекол).

4.4.3. РМИ должно быть расположено в месте наилучшего обзора имитатора БПУ.

Инструктор должен иметь возможность вести наблюдения за действиями обучаемых и производить запись их переговоров и оперативных действий.

4.4.4. Если управление оборудованием, входящим в объем моделирования, ведется с объектов, исключенных из состава имитации (неоперативные панели БПУ, ЦПУ, МПУ или "по месту"), то оно должно выполняться в ПМТ с РМИ (инструктор имитирует обязанности персонала указанных объектов).

4.4.5. Средства громкоговорящей и телефонной связи ПМТ должны обеспечивать возможность имитации инструктором оперативных переговоров обучаемых с оперативным персоналом энергоблока, находящимся за пределами БПУ.

4.4.6. Пульт управления ПМТ должен 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 в любой временной последовательности до начала занятия или в его процессе.

4.4.7. Пульт управления ПМТ должен обеспечивать возможность ввода новых "вводных" (изменения уставок и настроек систем в соответствии с эксплуатационными процедурами; запрет на изменение состояния оборудования и управления; изменения состояния оборудования и систем и т.п.) во время тренировок.

4.4.8. В ПМТ должны быть реализованы сервисные функции РМИ:

- оперативный контроль в течение занятия за имитацией технологического процесса и действиями обучаемых с помощью средств отображения информации в составе РМИ;
- запоминание и установка исходных и промежуточных состояний ПМТ;
- останов процесса моделирования (замораживание);

- изменение масштаба времени протекания имитируемых процессов (ускорение, замедление);
- запоминание и воспроизведение хода занятий по инициативе инструктора;
- возможность воздействия инструктора на ключи управления, приборы, лампы индикации состояния оборудования, сигнальные табло БПУ с приоритетом над действиями обучаемых;
- запись команд, вводимых с пульта управления ПМТ.

5. ТРЕБОВАНИЯ К МОДЕЛИРОВАНИЮ РЕЖИМОВ

5.1. Общие требования

5.1.1. ПМТ должен обеспечивать имитацию режимов работы энергоблока АС в соответствии с требованиями проекта и технологического регламента эксплуатации в объеме, определяемом требованиями технического задания на ПМТ и настоящего НД.

5.1.2. Перечень моделируемых режимов должен соответствовать режимам, предусмотренным проектом энергоблока АС.

При этом должен быть учтен опыт эксплуатации энергоблока-прототипа или аналогичных энергоблоков других АС.

Конкретный перечень режимов, подлежащих моделированию на ПМТ, должен быть обоснован в проекте ПМТ.

5.2. Исходные состояния ПМТ

5.2.1. ПМТ должен позволять моделировать следующие основные состояния энергоблока:

- "холодное" состояние энергоблока;
- "горячее" состояние энергоблока;
- минимально контролируемый уровень мощности;
- работу энергоблока на мощности (0-100%) при различном состоянии моделируемого оборудования.

gost.e-ecolog.ru

5.2.2. ПМТ должен иметь необходимое количество сохраняемых в памяти вычислительного комплекса исходных состояний, чтобы обеспечивать быстрый перевод его в любое из основных состояний энергоблока, приведенных в п. 5.2.1, для различных моментов выгорания топлива активной зоны (начало, середина и конец кампании). Конкретный перечень исходных состояний должен быть обоснован в проекте ПМТ.

5.3. Режимы нормальной эксплуатации

5.3.1. Объем моделируемых режимов нормальной эксплуатации должен соответствовать требованиям проекта и технологического регламента эксплуатации энергоблока-прототипа.

5.3.2. На ПМТ должны моделироваться регламентные операции, выполняемые в процессе пуска, останова энергоблока и работы его на номинальном и промежуточных уровнях мощности.

5.3.3. Минимальный перечень моделируемых на ПМТ режимов нормальной эксплуатации должен включать в себя следующие режимы (с учетом конкретной технологической схемы энергоблока):

1) пуск энергоблока из исходного состояния останова (загрузка активной зоны, заполнение средами технологических систем и гидроиспытания не являются обязательными для моделирования);
2) вывод реактора на минимально контролируемый уровень мощности;
3) проведение экспериментов для определения нейтронно-физических характеристик активной зоны (в объеме функций операторов БПУ энергоблока);
4) подъем мощности реактора с плановой скоростью;
5) пуск турбогенератора;
6) синхронизация с энергосистемой и подъем мощности;
7) разогрев реакторной установки до номинальных параметров;
8) разгрузка реактора с плановой скоростью;
9) разгрузка турбины с плановой скоростью;

gost.e-ecolog.ru

10) быстрый останов реактора и последующий вывод энергоблока из "горячего" состояния на заданный уровень мощности.
11) перевод реактора в подкритическое состояние;
12) расхолаживание реакторной установки;
13) опробование каналов систем безопасности и других систем, находящихся в режиме ожидания;
14) опробование защит и блокировок путем изменения параметров модели или имитации сигналов датчиков и приборов;
15) перегрузка ядерного топлива на ходу (в объеме функций операторов БПУ энергоблоков с реактором типа РБМК);
16) изменения нагрузки энергоблока (ручное и автоматическое);
17) операции пуска, останова, изменения мощности энергоблока при неполном расходе теплоносителя через реактор (неполное количество включенных ГЦН или петель);
18) разгрузка энергоблока от заданной мощности и приведение его в "горячее" состояние, "холодное" состояние;
19) подключение неработающей петли;
20) отключение петель (ГЦН).

5.4. Режимы с нарушениями нормальной эксплуатации

Минимальный перечень моделируемых на ПМТ режимов с нарушениями нормальной эксплуатации должен включать в себя следующие режимы (с учетом конкретной технологической схемы энергоблока):

5.4.1. Режимы с изменением реактивности:
1) самопроизвольное извлечение (неуправляемое движение) группы органов СУЗ при наиболее неблагоприятных условиях формирования реактивности;
2) "выброс" органа регулирования;

gost.e-ecolog.ru

3) падение органа регулирования;
4) уменьшение концентрации борной кислоты вследствие отказов в системе борного регулирования мощности реактора (в реакторах типа ВВЭР);
5) непреднамеренное попадание холодной воды в реактор (ложное срабатывание системы аварийного охлаждения реактора).

5.4.2. Режимы с нарушениями расхода теплоносителя через реактор:

1) закрытие главных запорных задвижек на холодной и/или горячей части петли;
2) отключение различного количества ГЦН из числа работающих во всех их возможных сочетаниях и в разных режимах работы энергоблока;
3) заклинивание ГЦН;
4) обрыв вала ГЦН;
5) отказы в системе управления обратными клапанами петель (для энергоблоков с реактором типа БН);
6) снижение или прекращение расхода воды в одном любом технологическом канале (ошибочное закрытие или отказ запорно-регулирующего клапана, попадание посторонних предметов) для реакторов типа РБМК.

5.4.3. Режимы с нарушениями в системе подачи питательной воды:

1) аварийное отключение питательного насоса и невключение резервного;
2) непреднамеренное закрытие запорной арматуры на подаче питательной воды;
3) выход из строя регулятора системы питательной воды;
4) полная потеря питательной воды (в нормальном и аварийном режимах);
5) аварийное отключение подогревателя высокого давления;
6) нарушения в системе конденсатно-питательного тракта.

gost.e-ecolog.ru

5.4.4. Режимы с отключением или отказами оборудования:

1) срабатывание системы защиты реактора (от кнопки);
2) сброс электрической нагрузки на любую величину в диапазоне 0-100 %;
3) отключение турбины (всех турбин);
4) отключение генератора (всех генераторов);
5) потеря вакуума конденсатора турбинной установки;
6) потеря технической воды или прекращение охлаждения отдельных компонентов технологической схемы;
7) нарушение теплоотвода из герметичной оболочки;
8) нарушения в системах регенерации низкого и высокого давления турбинной установки;
9) открытие и непосадка паросбросных устройств;
10) неисправности систем регулирования давления и объема теплоносителя реактора;
11) потеря расхода теплоносителя в контуре охлаждения СУЗ (для энергоблоков с реактором типа РБМК, ЭГП-6);
12) нарушения в работе АСУ ТП, вызывающие ложные срабатывания или отказы систем:
    - несанкционированные открытия/закрытия запорных органов;
    - несанкционированные включения / отключения насосов и невключение резервных;
    - несанкционированный ход органов автоматического регулирования на открытие/закрытие;
    - отказ команд регуляторов при разбалансе сигналов от датчиков и задатчика на входе;
    - отказы отдельных каналов измерения параметров;
    - отказы отдельных подсистем АСУ ТП, в том числе информационно-вычислительной системы, системы внутриреакторного контроля, системы контроля герметичности оболочек твэл и др.;

13) нарушения в работе АСУ ТП по общим причинам (пожары, землетрясения и т.п.);
14) потеря расхода в системах промежуточного контура, технической воды и циркуляционной воды;
15) нарушения в системе теплоотвода остаточного тепловыделения;
16) нарушения в работе основного оборудования (арматура, насосы, регуляторы, органы управления и т.п.);
17) кавитационные срывы насосов;
18) потеря газа в контуре охлаждения графитовой кладки (для энергоблоков с реактором типа РБМК);
19) обрыв приводов регулирующих и запорных органов;
20) частичное (полное) срабатывание (несрабатывание) систем безопасности в различных эксплуатационных режимах.

5.4.5. Режимы с потерей теплоносителя первого контура:

1) срабатывание и непосадка предохранительных устройств первого контура;
2) разрывы трубопроводов теплоносителя первого контура от малого до максимально возможного размера, предусмотренного проектом.

В объем моделирования должны быть включены все рассмотренные в проекте места течи теплоносителя: в пределах и за пределами герметичных помещений; на отсекаемых и неотсекаемых участках; в смежные системы (например, системы технической воды, промежуточный контур охлаждения оборудования реакторной установки, второй контур – для многоконтурных АС и т.п.);

3) разрыв технологического канала (для реакторов типа РБМК).

5.4.6. Режимы с разрывами паро- и трубопроводов питательной воды от малого до максимально возможного размера, предусмотренного проектом

В объем моделирования должны быть включены все рассмотренные в проекте места течи пара или питательной воды: в герметичных и негерметичных помещениях, на отсекаемых и неотсекаемых участках, в смежные системы.

gost.e-ecolog.ru

5.4.7. Режимы с нарушениями в процессе перегрузки тепловыделяющих сборок (для реакторов типа РБМК)

5.4.8. Режимы с компенсируемыми течами радиоактивных сред из систем и оборудования.

5.4.9. Режимы с потерей источников энергоснабжения:

1) частичное обесточивание собственных нужд;
2) полное обесточивание собственных нужд.

5.4.10. Пожары:

1) пожар на БПУ;
2) пожар в машинном зале;
3) пожар в помещениях систем безопасности;
4) пожар в кабельных туннелях.

6. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ И ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПМТ

6.1. Требования к объему и пределам моделирования

6.1.1. Объем моделирования технологических систем и оборудования во всех имитируемых режимах должен быть таким, чтобы от обучаемых требовалось выполнение тех же действий и процедур на ПМТ, что и при работе на энергоблоке-прототипе.

6.1.2. В объем математического моделирования должны быть включены технологические системы, системы контроля и управления, обеспечивающие функционирование энергоблока во всех режимах работы, приведенных в разделе 5. Степень подробности моделирования должна быть такой, чтобы обеспечивалась имитация работы энергоблока в моделируемых режимах, адекватная реальным процессам.

6.1.3. Объем моделируемых систем энергоблока определяется перечнем контролируемых на БПУ измеряемых и расчетных параметров, режимами работы энергоблока и перечнем моделируемых нарушений нормальной эксплуатации.

Обязательному моделированию на ПМТ подлежат все системы, важные для безопасности АС, контролируемые и

управляемые с БПУ, а также системы, влияющие на переходные процессы в реакторной установке.

6.1.4. Все расчетные параметры, представляемые операторам БПУ и рассчитываемые в информационных подсистемах АСУ ТП (информационно-вычислительная система, система внутриреакторного контроля, автоматизированная система управления турбиной и др.), должны быть представлены в ПМТ.

Перечень расчетных параметров должен быть обоснован в проекте ПМТ.

6.1.5. Моделируемые на ПМТ системы, важные для безопасности АС, должны по характеристикам и количеству единиц оборудования соответствовать энергоблоку-прототипу.

6.1.6. На ПМТ должны моделироваться все вспомогательные системы и оборудование, необходимые для реализации режимов, приведенных в разделе 5, контроль которых и управление которыми осуществляются с неоперативных панелей БПУ, ЦПУ, МПУ или непосредственно по месту. Информация об их состоянии должна представляться на РМИ.

6.1.7. ПМТ должен позволять обучаемому выполнять проводимые с БПУ операции по предпусковой подготовке систем, важных для безопасности энергоблока. Эти операции должны включать также проверки готовности систем защиты, сигнализации, блокировок и другие операции по опробованию, испытаниям и эксплуатационным проверкам систем и оборудования, важных для безопасности.

6.1.8. Пределы моделирования должны перекрывать проектные пределы энергоблока-прототипа и обеспечивать моделирование работы аварийных защит и защитных систем безопасности во всех режимах, приведенных в разделе 5.

Конкретные значения пределов моделирования должны быть обоснованы в проекте ПМТ.

6.1.9. Для исключения нежелательных последствий в ПМТ должны быть предусмотрены контролирующие и сигнализирующие средства для информирования инструктора о превышении параметрами моделируемого процесса значений, лежащих за пределами работы математической модели или за пределами режимов работы энергоблока АС.

gost.e-ecolog.ru

6.2. Требования к математическим моделям ПМТ

6.2.1. Математические модели ПМТ должны описывать динамические процессы так, чтобы изменение технологических параметров в моделируемых режимах соответствовало изменению этих же параметров в реальных режимах или расчетным данным и не противоречило физическим законам.

6.2.2. 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 касается только определенных, заранее выбранных процессов, таких как разогрев оборудования при пуске, расхолаживание, ксеноновые колебания и т.п.

6.2.3. Все технологические процессы должны моделироваться до устойчивой стабилизации технологических параметров или достижения пределов моделирования. В этом случае процесс моделирования считается законченным.

6.2.4. Время запаздывания движения исполнительных механизмов при воздействии на органы управления с моторных полей БПУ должно быть таким же, как на энергоблоке-прототипе.

6.2.5. Время вызова форматов, а также время обновления динамических параметров на дисплеях рабочих мест операторов БПУ должно быть таким же, как на энергоблоке-прототипе.

6.2.6. Порядок и длительность выполнения эксплуатационных процедур обучаемыми на ПМТ (например, при выполнении переключений по месту по распоряжению оператора БПУ) должны соответствовать порядку и обычной длительности такой операции на энергоблоке-прототипе*.

6.2.7. Математическая модель ПМТ должна быть верифицирована, для чего необходимо использовать экспериментальные данные, полученные на энергоблоке-прототипе или

* Для длительных технологических операций, не являющихся целью тренировки, допускается их ускоренное моделирование на ПМТ.

WWW.SECNRS.RU

аналогичных энергоблоках АС, результаты испытаний энергоблока в период пуско-наладочных работ, физического и энергетического пусков, отчеты о результатах расследований нарушений в работе энергоблоков АС, имевших место на энергоблоках данного типа в период эксплуатации, проектные данные о расчетах переходных и аварийных режимов работы основного оборудования и энергоблока в целом, а также результаты расчетов по более детальным программам и программным комплексам.

6.2.8. Процедура верификации математической модели ПМТ должна проводиться в соответствии с Программой верификации ПМТ, разработанной эксплуатирующей организацией. По результатам верификации математической модели ПМТ должен быть выпущен отчет.

6.2.9. Отчет о верификации должен содержать основные сведения о верификации используемых в математической модели расчетных кодов, анализ математической модели, результаты тестирования и перечень используемых для верификации экспериментальных и расчетных режимов энергоблока, сопоставление моделируемых в ПМТ процессов с экспериментальными и проектными данными, анализ выполнения настоящего НД.

6.3. Требования к точности моделирования

6.3.1. Общие требования к точности моделирования

6.3.1.1. Погрешность измерительных приборов на имитаторе БПУ не должна превышать погрешности соответствующих приборов энергоблока-прототипа.

6.3.1.2. Должно выполняться требование к воспроизводимости моделируемого процесса.

При повторных пусках ПМТ из того же самого исходного состояния и использовании той же самой комбинации автоматических действий изменения моделируемых аналоговых и дискретных параметров должны быть каждый раз одинаковы с учетом допустимой погрешности.

6.3.2. Требования к точности моделирования параметров энергоблока в стационарных режимах

gost.e-ecolog.ru

6.3.2.1. Проверка точности расчета параметров энергоблока в стационарных режимах должна проводиться не менее чем для четырех уровней мощности, охватывающих весь энергетический диапазон нагрузок, начиная с включения турбоустановки (например, 25, 50, 75 и 100%).

Уровень 100%-ной проектной мощности является обязательным; значения промежуточных уровней мощности могут выбираться с отклонениями от указанных значений в зависимости от наличия расчетных и фактических данных об энергоблоке-прототипе.

6.3.2.2. Исходные состояния для проверки параметров стационарного режима должны быть получены путем выполнения эксплуатационных процедур пуска и набора нагрузки энергоблока-прототипа.

6.3.2.3. Вычисленные в ПМТ параметры технологического процесса должны соответствовать параметрам энергоблока-прототипа в пределах следующих значений отклонений (без учета погрешности измерительных средств энергоблока-прототипа):

1) перечень параметров с допустимым отклонением ±1% от величины диапазона измерительного канала:

а) для реакторов типа ВВЭР:

- температура теплоносителя в "холодных нитках" петель;
- температура теплоносителя в "горячих нитках" петель;
- средняя температура теплоносителя первого контура;
- давление пара в парогенераторах;
- давление в главном паровом коллекторе;
- давление в первом контуре;

б) для реакторов типа РБМК:

- давление в барабанах-сепараторах;
- давление в главном паровом коллекторе;
- суммарный расход теплоносителя в контуре многократной принудительной циркуляции;
- температура теплоносителя во всасывающем коллекторе ГЦН;

2) перечень параметров с допустимым отклонением ±2% от величины диапазона измерительного канала:

а) для реакторов типа ВВЭР:

- электрическая мощность блока;
- тепловая мощность реактора;
- относительный нейтронный поток реактора;
- расход теплоносителя через реактор;
- перепад давления на активной зоне;
- расход питательной воды в парогенераторах;
- температура питательной воды на входе в парогенераторы;
- расход подпитки первого контура;
- расход продувки первого контура;
- расход основного конденсата на деаэраторы;
- температура основного конденсата на входе в деаэраторы;
- давление в деаэраторах питательной воды;

б) для реакторов типа РБМК:

- электрическая мощность блока;
- относительный нейтронный поток реактора;
- тепловая мощность реактора;
- расход пара от барабанов-сепараторов;
- расход питательной воды в барабанах-сепараторах;
- температура питательной воды;
- расход основного конденсата за подогревателями низкого давления;
- температура основного конденсата на входе в деаэраторы;
- давление в деаэраторах питательной воды;

3) для параметров, не приведенных в пп. 1) и 2), допустимое отклонение ±10% от величины диапазона измерительного канала.

6.3.2.4. Требование к устойчивости моделирования стационарных состояний:

а) рассчитанные на ПМТ текущие значения параметров стационарного режима энергоблока, приведенные в

gost.e-ecolog.ru

пп. 6.3.2.3 1) и 2), не должны в течение 60 мин. отклоняться от своих начальных значений более чем на ± 1% и ± 2% соответственно.

б) проверка устойчивости моделирования стационарного состояния должна проводиться не менее чем на трех уровнях мощности блока, включая 100%-ную.

6.3.3. Требования к точности моделирования при выполнении процедур нормальной эксплуатации энергоблока

Для оценки точности моделирования на ПМТ режимов нормальной эксплуатации должны использоваться следующие критерии:

1) при выполнении на ПМТ процедур по программам пусконаладочных испытаний, энергопуска и освоения мощности энергоблока-прототипа должны выполняться содержащиеся в них критерии успешности;
2) при выполнении на ПМТ процедур по программе динамических испытаний систем и оборудования энергоблока-прототипа должны выполняться содержащиеся в них критерии успешности;
3) при выполнении на ПМТ программы пуско-остановочных процедур и плановых опробований должны выполняться содержащиеся в них критерии успешности;
4) наблюдаемые по приборам ПМТ изменения параметров при выполнении процедур нормальной эксплуатации должны по направлению и тенденции соответствовать изменению параметров в идентичных условиях на энергоблоке-прототипе;
5) если при выполнении процедур нормальной эксплуатации на энергоблоке-прототипе происходит срабатывание сигнализации или выполнение автоматических действий, то эти же события в идентичных условиях должны происходить и на ПМТ;
6) на ПМТ не должно происходить срабатывание сигнализации или выполнение автоматических действий, если этого нет в идентичных условиях на энергоблоке-прототипе.

WWW.SECNRS.RU

6.3.4. Требования к точности моделирования режимов с нарушениями нормальной эксплуатации энергоблока

Для оценки точности моделирования на ПМТ переходных процессов в режимах с нарушениями нормальной эксплуатации (п.5.4) должны использоваться следующие критерии:

1) наблюдаемые по приборам ПМТ изменения параметров должны по направлению и тенденции соответствовать данным энергоблока-прототипа, принятым за основу на базе экспертной оценки экспериментальных, проектных или расчетных данных;
2) если на энергоблоке-прототипе срабатывает сигнализация или выполняются автоматические действия, то эти же самые события должны происходить в идентичных условиях на ПМТ;
3) на ПМТ не должно происходить срабатывание сигнализации или выполнение автоматических действий, если этого нет в идентичных условиях на энергоблоке-прототипе.

6.4. Требования к ПО

6.4.1. ПО должно обеспечивать возможность корректировки характеристик основного технологического оборудования и систем, изменения уставок срабатывания защит, блокировок и сигнализации, настроек регуляторов.

6.4.2. ПО должно обеспечивать возможность удобным способом вводить и снимать моделируемые неисправности (нарушения в работе энергоблока) как единичные, так и множественные в любых комбинациях и в любой временной последовательности в пределах установленных объемов моделирования энергоблока.

6.4.3. Для описания математической модели ПМТ желательно использовать программные языки высокого уровня.

gost.e-ecolog.ru

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АС – атомная станция
АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом
БПУ – блочный пункт управления АС
ГЦН – главный циркуляционный насос
МПУ – местный пункт управления
НД – нормативный документ
ПМТ – полномасштабный тренажер энергоблока АС
ПО – программное обеспечение ПМТ
РМИ – рабочее место инструктора (пульт управления ПМТ)
СУЗ – система управления и защиты реактора
УМО – учебно-методическое обеспечение ПМТ
ЦПУ – центральный пункт управления АС

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Основные определения.....3

1. Общие положения.....6

2. Область применения ПМТ.....7

3. Общие требования к ПМТ.....7

4. Требования к техническим средствам ПМТ.....9
   4.1. Требования к вычислительному комплексу.....9
   4.2. Требования к устройствам ввода-вывода.....9
   4.3. Требования к имитатору БПУ.....9
   4.4. Требования к РМИ.....11

5. Требования к моделированию режимов.....13
   5.1. Общие требования.....13
   5.2. Исходные состояния ПМТ.....13
   5.3. Режимы нормальной эксплуатации.....14
   5.4. Режимы с нарушениями нормальной эксплуатации.....15

6. Требования к математическому и программному обеспечению ПМТ.....19
   6.1. Требования к объему и пределам моделирования.....19
   6.2. Требования к математическим моделям ПМТ.....21
   6.3. Требования к точности моделирования.....22
   6.4. Требования к ПО.....26

Список сокращений.....27

gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru