ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАДЗОР РОССИИ
ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
(ГОСАТОМНАДЗОР РОССИИ)

ПРИКАЗ

28 декабря 2000 г МОСКВА № 122

Об утверждении и введении в действие Требований к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств, применяемых для обоснования безопасности объектов использования атомной энергии и Изменения №1 в Положение об аттестации программных средств, используемых при обосновании или обеспечении безопасности ядерно - и/или радиационно опасных объектов и производств

ПРИКАЗЫВАЮ:

1 Утвердить и ввести в действие с 29 декабря 2000 г прилагаемые

- Требования к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств, применяемых для обоснования безопасности объектов использования атомной энергии (РД-03-34-2000),
  Изменение №1 в Положение об аттестации программных средств, используемых при обосновании или обеспечении безопасности ядерно - и/или радиационно опасных объектов и производств (РД 03-17-94)

2 Начальникам структурных подразделений центрального аппарата, руководителям межрегиональных территориальных округов, директору НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России принять требования упомянутых в п 1 настоящего приказа документов к руководству и исполнению

3 Считать утратившим силу с 29 декабря 2000 г приказ Госатомнадзора России от 29 декабря 1995 г №143 «Об утверждении и введении в действие Требований к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств, используемых для теплогидравлических расчетов»

Начальник
Госатомнадзора России Ю Г Вишневский

gost.e-ecolog.ru

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

РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ

ТРЕБОВАНИЯ

к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств, применяемых для обоснования безопасности объектов использования атомной энергии

УТВЕРЖДЕНЫ
приказом начальника
Госатомнадзора России
от «26» декабря 2000 г № 122

Введены в действие
с 29 декабря 2000 г

РД-03-34-2000

СОДЕРЖАНИЕ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ---- 3

II ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ И СОДЕРЖАНИЮ ОТЧЕТА О ВЕРИФИКАЦИИ ПС ---- 4

III. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ОТЧЕТА О ВЕРИФИКАЦИИ ПС ---- 8

IV ТРЕБОВАНИЯ К ОПИСАНИЮ И ПРЕДСТАВЛЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЕРИФИКАЦИИ ПС, РЕАЛИЗУЮЩИХ РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДИКИ, УСТАНОВЛЕННЫЕ НОРМАТИВНЫМИ ДОКУМЕНТАМИ ---- 14

Приложение 1. Термины и определения ---- 15

Приложение 2. Примерная структура матрицы верификации ПС, моделирующего теплофизические процессы в контурах реакторной установки. ---- 17

Приложение 3 Примерная структура матрицы верификации ПС для расчета напряженно-деформированного состояния и анализа прочности элементов активных зон, оборудования и трубопроводов ОИАЭ ---- 18

Приложение 4. Примерная структура матрицы верификации ПС, предназначенного для расчёта напряжённо-деформированного состояния строительных конструкций ОИАЭ ---- 19

Приложение 5 Форма проекта аттестационного паспорта ПС ---- 20

I. Общие положения

1 Настоящий документ разработан в развитие руководящего документа Госатомнадзора России - Положения об аттестации программных средств, применяемых при обосновании или обеспечении безопасности объектов использования атомной энергии

2 Настоящий документ содержит требования к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств (ПС), применяемых при обосновании безопасности объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) по направлениям

- нейтронно-физические расчеты,
- расчеты теплопередачи и гидродинамики Стационарные и динамические связанные расчеты нейтронно-физических, гидродинамических, термодинамических и термомеханических характеристик, моделирование аварийных и нестационарных процессов,
- расчеты радиационной защиты и радиационной безопасности ОИАЭ (миграция радиоактивных веществ в технологических средах и их прохождение через локализующие барьеры, оценка источника выброса или сброса радиоактивных веществ, их распространения в зданиях, сооружениях и окружающей среде, оценка доз облучения персонала и населения),
- расчеты напряженно- деформированного состояния и анализ прочности элементов активных зон, оборудования и трубопроводов ОИАЭ,
- расчеты строительных конструкций ОИАЭ,
- расчетное моделирование физико-химических процессов, влияющих на ядерную и радиационную безопасность ОИАЭ, в том числе расчеты, устанавливающие условия и параметры ядерной безопасности для конкретного оборудования, технологического процесса, пункта хранения

3 Отчет о верификации и обосновании ПС, применяемых при обосновании безопасности ОИАЭ (далее - отчет о верификации) разрабатывается Разработчиком и/или Заявителем ПС и представляется в Совет по аттестации ПС при Госатомнадзоре России в комплекте документов, обосновывающих заявление на аттестацию ПС

4 Отчет о верификации является основным документом, обосновывающим способность ПС моделировать процессы (режимы) ОИАЭ (и/или его элементов) и рассчитывать параметры, необходимые для обоснования безопасности этих процессов (режимов) в заявляемой области применения ПС и с заявляемой погрешностью рассчитываемых параметров

5 Изложенные в настоящем документе требования предназначены для

- подразделений и должностных лиц Госатомнадзора России и организаций, входящих в систему Госатомнадзора России, занимающихся вопросами, связанными с аттестацией ПС, и/или привлеченных для экспертизы ПС и обосновывающих безопасность ОИАЭ материалов, в которых используются расчеты, выполненные с помощью ПС,
- организаций, разрабатывающих и применяющих подлежащие аттестации ПС для конструирования, изготовления, эксплуатации, обоснования безопасности ОИАЭ (и/или его элементов),
- всех организаций и физических лиц, привлекаемых к экспертизе ПС и обосновывающих безопасность ОИАЭ материалов, в которых используются ПС

6 Оформление отчета о верификации должно соответствовать общим требованиям к отчетам о научно - исследовательской работе, нормирующим порядок обработки и использования результатов исследований

7 Состав и содержание отчета о верификации должны соответствовать требованиям настоящего документа Отступления от этих требований должны быть обоснованы разработчиком отчета о верификации Отсутствие или недостаточность обоснования отступлений могут послужить основанием для возврата (непринятия) заявления на аттестацию ПС или увеличения срока экспертизы ПС

8 Разработчик отчета о верификации вправе включать в него информацию, не отраженную в требованиях настоящего документа, но являющуюся, по его мнению, важной для обоснования ПС

9 Состав и содержание отчета о верификации зарубежного ПС, применяемого для обоснования безопасности ОИАЭ, подпадающего под сферу регулирующей деятельности Госатомнадзора России, должны соответствовать требованиям настоящего документа. В отчете о верификации, помимо информации о верификации ПС за рубежом, должно быть представлено обоснование применимости ПС для отечественных ОИАЭ

10 Используемые в настоящем документе термины и их определения приведены в приложении 1

II. Общие требования к составу и содержанию отчета о верификации ПС

11 Отчет о верификации должен содержать разделы, названия которых должны соответствовать названиям, указанным в нижеследующих подпунктах данного пункта В подпунктах данного пункта изложены требования к содержанию соответствующих разделов отчета о верификации

А) в разделе **"Введение"** должны быть приведены

- точное название ПС,
- перечень его самостоятельных модулей,
- авторы ПС,
- полное наименование организации - Разработчика ПС и организации - Заявителя ПС В том случае, если Разработчиком и/или Заявителем ПС является физическое лицо, должны быть указаны его паспортные данные (либо данные заменяющего паспорт документа),
- перечень отечественных организаций, использующих (применяющих) ПС,
- сведения об операционной системе, языке (языках) программирования, характерных временах счета, а также требования к электронным вычислительным машинам, на которых возможно выполнение расчетов с применением ПС,
- названия и номера документов, подтверждающих депонирование "замороженной" версии ПС и его самостоятельных модулей в Центре по организации экспертизы ПС,
- информация об истории развития ПС, его предыдущие версии и аналоги, имеющийся опыт его эксплуатации, в том числе по использованию ПС в расчетах по обоснованию безопасности ОИАЭ (и/или его элемента), с соответствующими ссылками на литературные источники и документы

Б) в разделе **"Назначение и область применения ПС"** должна быть приведена информация о назначении и области применения ПС, для которой ПС заявляется к аттестации, а именно

– типы ОИАЭ (и/или его элемента), для которого может быть использовано ПС, определены режимы и технологические процессы и/или состояния ОИАЭ (и/или его элемента) и/или виды воздействия на объект, которые ПС моделирует, а также ограничения по применению ПС,

– предназначено ли ПС для проектных или эксплуатационных расчетов, и/или служит для обоснования безопасности ОИАЭ в документах, представляемых в Госатомнадзор России в рамках процедуры лицензирования ОИАЭ (далее лицензионные расчеты в обоснование безопасности ОИАЭ),

– относится ли ПС (по погрешности расчета) к классу реперных ПС, либо заявляется к аттестации как средство инженерных расчетов, а также к какому типу (по тематике расчета) относится данное ПС

В) в разделе **"Описание ПС"** должно быть представлено краткое описание ПС и дана ссылка на документ, где ПС описано полностью

Должны быть приведены

– описание постановки задачи, решаемой с помощью ПС, сведения о системах уравнений, описывающих рассматриваемые процессы и элементы объекта, описание и обоснование используемого метода их решения, сведения об использованных математических моделях, базах данных (библиотеках констант), информация о способах задания начальных, граничных условий и исходных данных для расчетов и т п ,

– сведения об используемых соотношениях для расчета свойств материалов, эмпирических корреляциях, феноменологических (описывающих физические явления) коэффициентах и других зависимостях, замыкающих систему уравнений, которые включены в ПС, а также обоснование их включения в ПС с указанием (если это возможно) погрешности их определения и экспериментов, подтверждающих их адекватность в используемой области Должны быть приведены ссылки на соответствующие источники информации

Основные допущения должны быть отражены с обоснованием и оценкой их адекватности (или консервативности) реальным процессам и объектам Должно быть указано, как учтены в расчетной методике пространственные эффекты, какие элементы ОИАЭ рассчитаны в одно, двух или трехмерном приближении

Для многофункциональных и многоблочных ПС должна быть приведена блок - схема ПС

Г) в разделе **"Описание расчетных схем и геометрических моделей"** должна быть приведена информация по выбору расчетных схем и геометрических моделей, используемых при моделировании ОИАЭ (и/или его элемента) Должно быть представлено Обоснование разбиения моделируемого объекта на элементы (контрольные объемы, конечные элементы и т п)

Д) в разделе **"Обоснование расчетной методики"** должно быть приведено обоснование расчетной методики, которая реализована в ПС

Должны быть приведены

– перечень заявленных к аттестации расчетных параметров и результаты обоснования величин максимального отклонения этих параметров при различных шагах интегрирования,

– основные сведения об оценке сходимости и устойчивости численных решений с указанием используемых методов анализа сходимости и устойчивости,

– информация о том, как влияют шаг интегрирования, частота сетки, нодализации и другие особенности численного метода на результаты расчетов, результаты оценки погрешности численной схемы,

– условия сопряжения уравнений, описывающих различные физические и химические процессы, и состояния элементов,

– результаты анализа чувствительности решения к изменению геометрических, граничных и режимных параметров, а также замыкающих соотношений в пределах имеющейся зоны неопределенности их выбора

Е) в разделе "**Матрица верификации**" должна быть приведена матрица верификации ПС

Матрица верификации ПС для каждого моделируемого объекта и/или элемента ОИАЭ представляется в виде таблицы и является иллюстрацией того, в какой области проведена верификация и обоснование ПС. В матрице верификации должны быть указаны

- режимы, технологические процессы и/или состояния ОИАЭ (и/или его элемента) и/или виды воздействия на объект, которые ПС моделирует,
- подлежащие проверке физические явления и/или процессы, происходящие при приведенных в матрице верификации режимах, состояниях ОИАЭ (и/или его элемента) и/или видах воздействия на объект,
- экспериментальные, аналитические и расчетные тесты, служащие для проверки ПС, в которых воспроизведены приведенные в матрице верификации режимы, технологические процессы и/или состояния ОИАЭ (и/или его элемента) и/или виды воздействия на объект, а также экспериментальные установки и/или ОИАЭ (и/или элементы ОИАЭ), на которых экспериментальная проверка осуществлена (далее ЭУ)

Физические явления и/или процессы и/или виды воздействия, включенные в матрицу верификации, должны быть подробно описаны

Должно быть приведено обоснование достаточности информации, включенной в матрицу верификации ПС, для подтверждения адекватности полученных по ПС расчетных значений параметров и их погрешностей в заявленном диапазоне применения ПС

Примерная структура матрицы верификации ПС, моделирующего теплофизические процессы в контурах реакторной установки, представлена в приложении 2

Примерная структура матрицы верификации ПС для расчета напряженно-деформированного состояния и анализа прочности элементов активных зон, оборудования и трубопроводов ОИАЭ представлена в приложении 3

Примерная структура матрицы верификации ПС, предназначенного для расчета напряженно-деформированного состояния строительных конструкций, представлена в приложении 4

Ж) в разделе "**Описание расчетных и аналитических тестов**" должен быть приведен перечень расчетных и аналитических тестов, использованных для обоснования ПС, и краткое (но достаточное для понимания) описание каждого из них со ссылкой на источник информации, где это описание приведено подробно. Должны быть указаны диапазоны и погрешности сопоставляемых расчетных параметров

В качестве расчетных тестов могут использоваться расчеты, выполненные с помощью аттестованных ПС

3) в разделе **"Описание экспериментальных установок и представление экспериментальных данных** должно быть приведено описание ЭУ и представлены экспериментальные данные, используемых для верификации ПС

Должно быть приведено краткое (но достаточное для понимания) описание экспериментальных тестов, данных испытаний ОИАЭ (или его элемента), архивов эксплуатационных измерений, используемых для верификации ПС, а также описание каждой ЭУ, на которой проводились эксперименты, используемые для верификации ПС со ссылкой на источники информации, где эти описания приведены подробно

При описании ЭУ приводится

- принципиальная схема, обеспечивающая понимание сути эксперимента, явления и т п , с указанием, какие явления, процессы и/или элементы оборудования ОИАЭ моделируются на ЭУ и как,
- схема измерений, содержащая сведения о числе расположении, погрешности динамических характеристиках и частоте опроса измерительных датчиков, а также сведения о погрешности вторичной измерительной аппаратуры,
- перечень и диапазоны измеряемых параметров, полные погрешности их измерения и сведения о метрологической аттестации системы измерений на ЭУ,
- сведения о представительности экспериментальных данных со ссылкой на литературные источники, где приведено обоснование достаточности числа проведенных опытов для получения достоверных экспериментальных зависимостей

Если для верификации ПС не использованы экспериментальные данные, этому факту должно быть дано соответствующее обоснование, то есть, показано, что экспериментального обоснования не требуется (например, ПС реализует аналитическое решение, экспериментов не существует по объективным причинам, которые должны быть приведены и т п)

И) в разделе **"Результаты верификации и обоснования ПС"** должны быть приведены результаты верификации и обоснования ПС и их анализ

Должны быть приведены результаты сопоставлений расчетов, выполненных с помощью "замороженной" версии ПС, и данных экспериментов и/или расчетных и аналитических тестов Они должны быть ясно изложены с обоснованием и оценкой достоверности сопоставления Следует указывать в какой области не получено удовлетворительного совпадения результатов расчетов по ПС и экспериментов и/или расчетных и аналитических тестов

Результаты сопоставления данных, рассчитываемых выполненных с помощью ПС и данных экспериментов и/или расчетных и аналитических тестов, должны быть приведены на одном рисунке в одинаковом масштабе Представление результатов в виде цветовой палитры допускается только для демонстрации графических возможностей ПС

Должно быть дано обоснование полноты и достаточности проведенных сопоставлений Должны быть приведены результаты статистического анализа сопоставления расчетных и экспериментальных зависимостей, дана количественная оценка расхождения экспериментальных и расчетных данных, приведено обоснование погрешности расчетных параметров в заявленной области режимов и/или состояний ОИАЭ, приведены доказательства применимость и ПС для моделирования ОИАЭ (и/или его элемента)

---

[1] Допускается описание ЭУ, выполненных на ней экспериментов и результаты верификации по этим экспериментам приводить в одном разделе

Для ПС, используемых для расчетов в обоснование безопасности ОИАЭ, должна быть указана и обоснована степень консерватизма ПС Для ПС, предназначенных для проектных и/или эксплуатационных расчетов, должны быть указаны погрешности определения расчетных параметров

Должны быть приведены результаты анализа пороговых эффектов в рекомендуемой к аттестации области применения ПС

К) в разделе **"Заключение"** должен быть приведен проект аттестационного паспорта ПС (форма проекта аттестационного паспорта ПС приведена в приложении 5) Особое внимание при его заполнении должно быть обращено на раздел 2 приложения к аттестационному паспорту, в котором должны быть приведены только обоснованные в отчете о верификации пределы применимости ПС и погрешности расчетных параметров, принятых для ПС

Информация, не обоснованная представленными в отчете о верификации материалами, в проект аттестационного паспорта ПС не включается

Л) в разделе **"Перечень источников"** должен быть представлен перечень имеющих официальные выходные данные документов (опубликованные материалы, отчеты организаций, официально зарегистрированные протоколы, проектная, конструкторская и эксплуатационная документация и т п), использованных для обоснования ПС, в том числе требуемых для формирования блока исходных данных и выполнения расчетов

12. В приложении к отчету о верификации должны содержаться дополнительные материалы, необходимые для обеспечения полноты информации, приведенной в отчете о верификации

13 Для ПС, реализующих расчетные методики, установленные нормативными документами (ГОСТ, СНиП, Нормы прочности и т п), допускается отступление от требований подпунктов В) - И) пункта 11 настоящего документа В этом случае объем описательных и обосновывающих разделов отчета о верификации устанавливается главой IV настоящего документа

III. Дополнительные требования к содержанию отчета о верификации ПС

14 В пунктах 15 - 18 определены дополнительные требования, уточняющие изложенные в пункте 11 настоящего документа требования к содержанию отчета о верификации для ПС по следующим направлениям

- нейтронно-физические расчеты,
- расчеты теплопередачи и гидродинамики Стационарные и динамические связанные расчеты нейтронно-физических, гидродинамических, термодинамических и термомеханических характеристик, моделирование аварийных и нестационарных процессов,
- расчеты напряженно- деформированного состояния и анализ прочности элементов активных зон, оборудования и трубопроводов ОИАЭ,
- расчеты строительных конструкций

Состав и содержание отчета о верификации ПС по другим направлениям, перечисленным в пункте 2 настоящего документа, должны соответствовать общим требованиям, изложенным в пункте 11 настоящего документа

15 Для ПС нейтронно-физического расчета устанавливаются следующие дополнительные требования к содержанию отдельных разделов отчета о верификации

В данном разделе должно быть указано - к какому из приведенного ниже примерного перечня типов ПС относится ПС по тематике расчетов

1) *ПС для расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов*

Расчеты малогрупповых констант (сеточных коэффициентов) для ПС имитаторов работы реактора и нейтронно-физических модулей динамических ПС ПС, предназначенные для решения уравнения переноса для фрагмента ядерного реактора, в том числе для последующего расчета малогрупповых констант (сеточных коэффициентов), для ПС квазистационарного расчета реактора и нейтронно-физических модулей динамических ПС В реперных ПС используются файлы оцененных нейтронных данных, а в ПС инженерного расчета, применяются библиотеки многогрупповых констант или другие способы описания различных частей спектра

2) *ПС для расчета изотопного состава*

Расчеты накопления и превращения в топливе ядерного реактора различных изотопов ПС может иметь собственную библиотеку ядерных данных или работать совместно с ПС спектрального расчета

3) *ПС - имитаторы работы активной зоны реактора*

ПС, моделирующее работу (активной зоны) реактора, зависимость от времени в котором вводится, как правило, через выгорание топлива При этом задаются обратные связи по различным параметрам, рассчитанным с разной степенью детализации ПС может иметь собственную библиотеку малогрупповых констант или, в качестве блока, содержать ПС для спектрального расчета и ПС для расчета изотопного состава

4) *ПС для нейтронно-физического расчета, являющиеся самостоятельными модулями динамических ПС*

ПС, в котором реализуется решение нестационарного уравнения переноса в различных приближениях При этом задаются необходимые обратные связи, рассчитанные с разной степенью детализации Как правило, это сложное многоблочное ПС, которое. может содержать в качестве блока ПС - имитатор работы реактора, иметь собственную библиотеку малогрупповых констант или содержать в качестве блоков ПС для спектрального расчета и ПС для расчета изотопного состава

5) *Проблемно-ориентированные библиотеки констант*

Библиотека констант, которая предполагают использование ее в различных ПС, при наличии необходимых интерфейсов

Б) "Описание ПС"

Исходя из того, к какому типу относится ПС (см подпункт "А" пункта 15), в данном разделе должна быть представлена методология верификации ПС, а также дано краткое изложение целей и средств верификации

Должно быть дано обоснование приближений, принятых при решении уравнения переноса

1) Для реперных *ПС для расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов* должна быть приведена информация об используемой в ПС системе оцененных ядерных данных и ее характеристики, характеристики промежуточных библиотек констант и способы их получения Для ПС инженерного расчета должны быть указаны характеристики библиотеки многогрупповых констант, методы ее расчета, связь с версиями файлов оцененных нейтронных данных а также характеристики проблемно-ориентированной библиотеки констант и сведения об ее верификации Должно быть дано обоснование выбора конкретного приближения при решении уравнения переноса, в связи с особенностями рассчитываемых малогрупповых констант (сеточных коэффициентов)

2) Для *ПС для расчета изотопного состава* должно быть дано обоснование выбранного количества рассчитываемых цепочек накопления и превращения изотопов, а также осколков деления Должны быть указаны характеристики и метод расчета эффективного осколка деления, а также характеристики выхода энергии на одно деление для основных делящихся изотопов

3) Для *ПС - имитаторов работы активной зоны реактора* в должны быть указаны характеристики применяемой библиотеки малогрупповых констант, способ и программные средства, используемые для ее получения, сведения о проблемно-ориентированной библиотеке и способах ее получения, сведения о применяемой нодализационной схеме и ее обоснование Если ПС содержит, в качестве блоков, *ПС расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов* и *ПС расчета изотопного состава*, то следует приводить также сведения, указанные в подпункте 1) и 2) подпункта Б) пункта 15 соответственно Должны быть указаны применяемые методы для интерполяции малогрупповых констант и их погрешности, сведения о ПС для расчета обратных связей и их верификации Целесообразность представления ПС для расчета обратных связей к отдельной аттестации должна быть обоснована

4) Для ПС *нейтронно-физического расчета, являющихся самостоятельными модулями динамических ПС*, должны быть приведены сведения, обосновывающие выбор стационарного состояния до начала динамического процесса Должны быть указаны характеристики применяемой библиотеки малогрупповых констант, способы и ПС, используемые для ее получения, сведения о проблемно-ориентированной библиотеке и способах ее получения, обоснование нодальной схемы пространственного расчета, если она применяется В том случае если ПС содержит в качестве блоков *ПС расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов*, *ПС расчета изотопного состава* и *ПС - имитаторы работы (активной зоны) реактора*, должны быть приведены сведения, указанные в подпунктах 1), 2) и 3) подпункта Б) пункта 15 соответственно Должны быть приведены сведения о методах, применяемых для интерполяции малогрупповых констант и их погрешность, сведения о ПС для расчета обратных связей и их верификации Целесообразность представления ПС для расчета обратных связей к отдельной аттестации должна быть обоснована

5) Для *проблемно-ориентированных библиотек констант* должны быть приведены сведения о способе генерации библиотеки констант и введенных проблемно-ориентированных поправках, а также принимаемых приближениях Должны быть указаны требования к ПС, для которых могут быть рекомендованы упомянутые библиотеки констант и краткое описание интерфейса

В) **"Описание расчетных схем и геометрических моделей"**

В данном разделе должна быть приведена информация по выбору

- числа энергетических групп и обоснование их фиксации,
- моделей рассеяния, резонансного поглощения и термализации и их обоснование, а также приведено описание этих моделей в проблемно-ориентированных библиотеках,
- угловых квадратур,
- числа групп запаздывающих нейтронов
- методов решения уравнений для жестких пространственных и энергетических систем и их обоснование

Г) **"Описание расчетных и аналитических тестов"**

В данном разделе должна быть приведена характеристика систем математических тестов, методов и ПС, применяемых для их получения

Для ПС инженерного *расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов* должны быть приведены характеристики используемого для верификации реперного ПС и сведения об его константном обеспечении

В качестве расчетных тестов могут использоваться расчеты, выполненные с помощью зарубежных ПС, отвечающих стандартам ANS/ANSI-10 4

Д) **"Описание экспериментальных установок и представление экспериментальных данных"**

Для реперных ПС в данном разделе должно быть приведено краткое описание реперных экспериментов, используемых для верификации ПС, сведения об их аттестации в качестве реперных (организация, международный проект и т п)

Для ПС - *имитаторов работы (активной зоны) реактора* в данном разделе должна быть приведена информация об использованных для верификации экспериментах, которые были проведены на действующих ОИАЭ Должно быть дано описание методики проведения этих экспериментов с указанием, использовалась ли при их проведении аппаратура, дополнительная к штатной системе контроля, и какие ПС применялись для их обработки

Должны быть приведены сведения об архивах измерений на действующем ОИАЭ, информация о ПС для архивирования и восстановления, а также данные о их верификации и аттестации

16 Для ПС используемых для теплогидравлических расчетов установлены следующие дополнительные требования к содержанию отдельных разделов отчета о верификации

А) **"Описание экспериментальных установок и представление экспериментальных данных"**

В данном разделе должны быть приведены

– краткое описание методики проведения и программа каждого эксперимента, используемого для верификации, последовательность событий, особенности протекания каждого режима (стабильность поддержания параметров, моменты вмешательства оператора ЭУ и т п), а также даны ссылки на литературные источники, где эти данные представлены подробно,

– краткий анализ возможных источников погрешностей, связанных с особенностями конструкции ЭУ (учет теплопотерь, неплотностей в оборудовании, "паразитных" перетоков в байпасных линиях и т п),

– результаты проверки баланса энергии и масс в основных элементах ЭУ, включенной в матрицу верификации, а также результаты выборочной проверки измеренных параметров, где это возможно (для состояния насыщения - соответствие давления и температуры, для петлевых потоков - соответствие расходов по тракту и т п) Допускается ссылка на источник информации, где эти проверки приведены

При использовании для верификации ПС экспериментальных данных, полученных на не полномасштабных ЭУ, должна приводиться информация о масштабном факторе и его влиянии на результаты экспериментов

Если для верификации использована только часть имеющихся экспериментальных данных, должны быть объяснены причины такого решения

В отчете о верификации следует использовать с указанием погрешностей экспериментальных данных надежные экспериментальные данные как по изучению режимов и/или состояний моделируемого ОИАЭ (и/или его элемента), так и по исследованию отдельных эффектов со ссылками на соответствующие источники информации, где эти данные затабулированы, с указанием погрешностей экспериментальных данных

При прочих равных условиях для верификации ПС предпочтительно использовать экспериментальные данные, полученные на отечественных или аналогичных им ОИАЭ (*и/или* его элементах), а также данные стандартных экспериментов безопасности *применительно к отечественным* ОИАЭ

Б) **"Результаты верификации и обоснования ПС"**

В данном разделе должны быть приведены сопоставления результатов экспериментов с пред - и пост - тестовыми результатами расчетов, выполненными по "замороженной" версии ПС *Предпочтение следует отдавать повторенным при одинаковых* исходных параметрах экспериментам, использованными для их сопоставления с пред - тестовыми результатами расчетов

Для ПС, заявленных для расчетов режимов и/или состояний ОИАЭ в целом проверка должна проводиться путем сопоставления результатов расчетов и данных экспериментов, полученных на ОИАЭ и/или экспериментальных установках, структурно-подобных моделируемому объекту

17 *Для* ПС расчета напряженно- деформированного состояния и анализа прочности элементов активных зон, оборудования и трубопроводов ОИАЭ установлены следующие дополнительные требования к содержанию раздела **"Матрица верификации"** отчета о верификации

При расчетах напряжений, деформаций, перемещений или иных параметров, используемых при анализе прочности (например, частот и форм колебаний, J-интеграла, коэффициента интенсивности напряжений, повреждаемости и др), диапазоны изменения параметров должны предусматривать все принципиально возможные случаи, когда количественные изменения любых параметров нагружения могут привести к качественному изменению физического процесса (например, появление пластических деформаций или ползучести, появление неустойчивости, возникновение окисления и т л)

Если в ПС используется несколько типов конечных элементов, матрицы верификации приводятся для каждого типа элемента отдельно

Если ПС допускает использование конечных элементов различного типа одновременно, матрицы верификации приводятся как для каждого типа элемента отдельно, так и для их комбинации

В тех случаях, когда для верификации ПС могут быть применены результаты стандартных экспериментов безопасности и стандартных расчетных задач по верификации расчетных кодов, *использование таких результатов является обязательным*

18 *Для* ПС, *используемых для расчета строительных конструкций, установ*лены следующие дополнительные требования к содержанию отдельных разделов отчета о верификации

А) **"Назначение и область применения ПС"**

В данном разделе отчета о верификации должно быть указано к какому из приведенного ниже примерного перечня типов ПС относится ПС

1) *ПС для расчета параметров внешних воздействий*
   а) расчет параметров сейсмического воздействия
      - расчет сейсмограмм, велосиграмм, акселерограмм колебаний грунта,
      - расчет спектров смещений, скоростей, ускорений грунта,
      - расчет других параметров сейсмического воздействия,
   б) расчет параметров климатических воздействий
      расчет снеговой нагрузки,
      - расчет характеристик урагана,

- расчет параметров смерча,

в) расчет параметров других воздействий природного происхождения,

г) расчет параметров воздействий техногенного происхождения

- расчет воздействий от удара самолета,
- расчет параметров воздушной ударной волны,
  расчет волны прорыва плотин,
- расчет параметров других воздействий техногенного происхождения

2) *ПС для расчета грунтовых оснований зданий и сооружений ОИАЭ*

а) расчет механических характеристик грунтов по данным изысканий,

б) расчет уровня грунтовых вод,

г) расчет прочности оснований,

д) расчет осадок и кренов

3) *ПС для расчета конструкций зданий и сооружений ОИАЭ*

а) расчет напряженно-деформированного состояния
   при силовом нагружении конструкций,
   при температурном нагружении конструкций,
   при других статических воздействиях,

б) расчет параметров динамического поведения конструкций

- частот и форм собственных колебаний,
- динамических усилий и перемещений,
  поэтажных спектров ответа,

в) проверка прочности железобетонных конструкций, подбор арматуры,

г) проверка прочности металлических конструкций, подбор сечений

4) *ПС для расчета гидротехнических сооружений ОИАЭ*

Б) "Описание расчетных и аналитических тестов"

В данном разделе при описании используемого для верификации теста должны быть приведены

- название теста,
- краткое описание постановки задачи, решаемой в тесте,
- исходные данные для расчета теста геометрические характеристики, физико-механические характеристики материалов, параметры нагрузок, массивы тестовых данных (ввод, вывод),
- схема и описание расчетной модели (конечно-элементные и др.),
  результаты расчета, представленные в графической или табличной форме,
- аналитическое решение (если оно имеется для данной задачи), результаты экспериментальных исследований,
- погрешность решения теста

Должны быть приведены результаты и анализ сопоставления расчета теста по ПС с аналитическим решением, экспериментальными данными, результатами решения теста по аналогичным ПС

Тесты, используемые для верификации ПС, должны перекрывать диапазон применения ПС

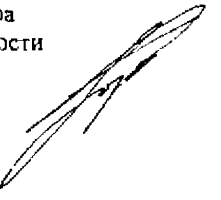
Должны быть даны ссылки на источники информации, используемые для верификации ПС

IV Требования к описанию и представлению результатов верификации ПС, реализующих расчетные методики, установленные нормативными документами

19 В случаях, когда ПС строго следует расчетным методикам, установленным нормативными документами (ГОСТ, СНиП, Нормы прочности и т п), отчет по верификации должен содержать

- полное название нормативного документа, область его применения, срок действия,
- назначение и область применения ПС, ограничения на применение ПС ,
- описание алгоритма расчета В тех случаях, если при расчетах используются коэффициенты или параметры, которые могут изменяться в определенных пределах, следует привести мотивацию выбора значений этих параметров,
- блок-схему или логическую схему расчетов с указанием последовательности расчетов и номеров (пунктов) зависимостей из используемых нормативных документов,
- результаты тестирования ПС В качестве тестов следует использовать расчетные задачи, выполненные с помощью альтернативных аттестованных ПС и ручного расчета

Директор Научно-технического центра
по ядерной и радиационной безопасности
Госатомнадзора России



Б Г Гордон

Приложение 1

Термины и определения

АТТЕСТАЦИЯ ПС-	регламентированная процедура признания возможности использования ПС в заявленной области/границах применения, завершающаяся выдачей свидетельства (аттестационного паспорта)
ВЕРИФИКАЦИЯ ПС -	обоснование возможности использования ПС в заявленной области применения и погрешности расчета параметров путем сравнения с экспериментальными данными, расчетными данными, полученными по другим ПС, результатами аналитических тестов, теоретического анализа
ДИНАМИЧЕСКОЕ ПС	ПС для расчета динамики ОИАЭ - сложное, многоблочное ПС, как правило, предназначенное для моделирования быстрых процессов в активной зоне Основными блоками динамического ПС является блоки нестационарного нейтронно-физического и теплогидравлического (гидродинамического) расчета ПС может содержать также блоки, описывающие прочностные свойства, динамику физико-химического превращения материалов, работу различных технологических систем, систем регулирования и т д
"ЗАМОРОЖЕННАЯ" ВЕРСИЯ ПС -	представленная к аттестации и депонированная в Центре по организации экспертизы версия ПС, с помощью которой проводились расчеты, включенные в верификационный отчет
ЗАЯВИТЕЛЬ ПС-	юридическое или физическое лицо, представляющее ПС к аттестации в соответствии с процедурой, изложенной в Положении об аттестации ПС, применяемых при обосновании или обеспечении безопасности ОИАЭ
ПОРОГОВЫЙ ЭФФЕКТ-	резкое, почти скачкообразное изменение зависимой величины при плавном, незначительном изменении независимой величины
ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО	программа (код), комплекс программ, библиотека констант, самостоятельный программный модуль или их совокупность, предназначенные для численного моделирования физических и химических процессов

РАЗРАБОТЧИК ПС-	юридическое или физическое лицо, разработавшее представленное к аттестации ПС
РЕПЕРНЫЕ ПС -	ПС для решения уравнения переноса, погрешность которых определяется погрешностью ядерных данных
РЕПЕРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ	соответствующий установленным требованиям эксперимент, характеризующийся подробным описанием и малой погрешностью измеряемых параметров, достаточной для верификации реперных ПС в указанных границах заявляемых расчетных погрешностей
СТАНДАРТНАЯ РАСЧЕТНАЯ ЗАДАЧА -	выполняемая параллельно по нескольким аналогичным ПС расчетная задача, соответствующая установленным требованиям и признанная пригодной для верификации ПС
СТАНДАРТНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ БЕЗОПАСНОСТИ -	эксперимент, соответствующий установленным требованиям и признанный пригодным для верификации ПС
СТЕПЕНЬ КОНСЕРВАТИЗМА ПС -	обусловленное соответствующими допущениями свойство ПС, благодаря которому расчет параметров и/или характеристик приводит к заведомо более неблагоприятным результатам
ТЕСТ -	задача, решение которой известно
ТЕСТИРОВАНИЕ -	проверка ПС путем расчета задач, решения которых известны

Приложение 2

Примерная структура матрицы верификации ПС, моделирующего теплофизические процессы в контурах реакторной установки.

		Вид режима		Экспериментальные установки, наименование (№) опыта							
				Интегральные стенды				Стенды для отдельных исследования эффектов			
я											
в											
л											
е											
н											
и											
я											
Интегральные установки											

В таблице должно быть указано

Отношение явлений к режимам

\+ - имеет место и является определяющим
0 - частично встречается
- - отсутствует

Применимость экспериментальных данных

\+ - применимы для проверки
0 - частично применимы для проверки
- - не применимы для проверки

Воспроизведение режимов на стенде

\+ - воспроизведены
0 - ограничено воспроизведены
\- не воспроизведены

Приложение 3

Примерная структура матрицы верификации ПС для расчета напряженно деформированного состояния и анализа прочности элементов активных зон, оборудования и трубопроводов ОИАЭ

Рассматриваемые параметры напряжения деформации перемещения Методика расчета Метод конечных элементов (МКЭ)
Тип элемента 20 ти узловой изопараметрический

Тип проверки результатов расчетов		Диапазон изменения параметров												
		Упругая область	Пластическая область			Ползучесть			Влияние облучения			Анизотропия		
			Малые деформации (до 2%)	Умеренные деформации	Большие деформации (более 20%)	Малая скорость ползучести (до 10^{-1} 1/час)	Умеренная скорость ползучести	Кратковременная ползучесть (скорость более 10^{-2} 1/час)	Флюенс до 10^{20} н/см^2	Флюенс до 10^{22} н/см	Флюенс более 10^{22} н/см	Название анизотропии (с указанием количества констант)	Полная анизотропия (21 константа)
Сравнение с аналитическими решениями	Тест №1 (Характеристика теста источник)													
	Тест №2													
Сравнение с альтернативными ПС	Тест №1 (наименование ПС источник)													
	Тест №2													
Сравнение с экспериментом	Эксперимент №1 (название установки источник)													
	Эксперимент №2													

В графиках матрицы знаком + или указывается на выполнение или отсутствие тестов а также величина максимального расхождения результатов расчетов с тестом

Приложение 4

Примерная структура матрицы верификации ПС, предназначенного для расчета напряженно-деформированного состояния строительных конструкций ОИАЭ

Проверяемые явления	Виды воздействий													
	Статические							Динамические						
	Силовые			Температурные				Собственные колебания	Вынужденные колебания					
	Сосредоточенные	Распределенные		Равномерный нагрев	Перепад температуры				Гармонические	Импульсивные	Сейсмические			
Перемещения														
Напряжения														
Усилия														
Собственные частоты														

В ячейках матрицы указывается № теста, а также полученная в тесте погрешность

Если при том или ином сочетании явления и воздействия тестирование ПС не производилось в соответствующей ячейке матрицы ставится прочерк

Приложение 5

Форма проекта аттестационного паспорта ПС

ПРОЕКТ АТТЕСТАЦИОННОГО ПАСПОРТА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА

№_____

регистрационный номер ПС в Центре

по организации экспертизы ПС

_____

дата регистрации

Название программного средства:

ЭВМ:

Операционная система:

Язык (языки) программирования:

Имя автора (авторов):

Разработчик:

Заявитель:

Решение Совета по аттестации программных средств:

Приложение: на __стр. в 1 экз.

Продолжение приложения 5

ПРИЛОЖЕНИЕ К ПРОЕКТУ АТТЕСТАЦИОННОГО ПАСПОРТА ПС

1	Перечень регистрируемых программных модулей, их регистрационные номера в Центре по организации экспертизы ПС
2	Назначение и область применения ПС
2.1	Назначение
2.2	Тип объекта использования атомной энергии
2.3	Режимы
2.4	Ограничения на применение
2.5	Допустимые значения параметров
2.6	Погрешность, обеспечиваемая в области допустимых значений параметров
3	Сведения о методиках расчета, используемых в ПС
4	Сведения о базах данных (библиотеках констант), используемых в ПС
5	Перечень организаций, которым разрешена эксплуатация ПС
6	Дополнительная информация
7	Особые условия

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАДЗОР РОССИИ ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
(Госатомнадзор России)

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

109147, г. Москва, ул. Таганская, д.34
Тел: 912-39-11
Телетайп 111633 "БРИДЕР"
Факс: (095) 912-40-41
16 02 2001 № 6-11/141

Начальникам структурных подразделений центрального аппарата Госатомнадзора России
(по списку рассылки)

Руководителям межрегиональных территориальных округов Госатомнадзора России
(по списку рассылки)

Директору НТЦ ЯРБ

О внесении дополнений и изменений в "Указатель принадлежности руководящих документов Госатомнадзора России "

Прошу внести в "Указатель принадлежности руководящих документов Госатомнадзора России " (см приложение 2 к РД-03-50-2000) следующие дополнения и изменения ***по состоянию на 15 февраля 2001 года***:

а) дополнения

№ п/п	*Должно быть записано*	
	Буквенно-цифровое обозначение РД	Наименование РД
1 20	РД-03 54-2000	Инструкция о порядке применения Федерального закона Об административной ответственности организаций за нарушение законодательства в области использования атомной энергии
3 6	РД-09-27-2000	Инструкция о порядке назначения на должности работников центрального аппарата, межрегиональных территориальных округов и организаций Госатомнадзора России

б) изменения

Номер пункта в который надлежит внести изменение	*Должно быть записано*	
	Буквенно-цифровое обозначение РД	Наименование РД
1 4	РД-03-29-2000	Инструкция по проверке деятельности межрегиональных территориальных округов Госатомнадзора России
1 10	РД-09-05-2001	Положение о Центральной экспертной комиссии Госатомнадзора России
7 5	РД-03-34-2000	Требования к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств применяемых для обоснования безопасности объектов использования атомной энергии

Заместитель начальника
Научно-технического управления Е С Мацулев

Исп В А Арутюнян
911 60 37

Пояснительная записка

по проекту Требований к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств, применяемых для обоснования безопасности объектов использования атомной энергии (РД-03-34-2000)

Руководящий документ РД-03-34-2000 разработан в соответствии с ПНТП-2000 г., раздел 2.1.10 п.1 и темой НИР НТЦ ЯРБ № 1-8-99 2000

Настоящий документ разработан в развитие Положения об аттестации программных средств, *используемых при обосновании или обеспечении безопасности ядерно - и/или радиационно опасных* объектов и производств (РД-03-17-94) и определяет основные требования к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств (ПС), применяемых при обосновании безопасности объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) по направлениям

- нейтронно-физические расчеты,
- расчеты теплопередачи и гидродинамики Стационарные и динамические связанные расчеты нейтронно-физических, гидродинамических, термодинамических и термомеханических характеристик, моделирование аварийных и нестационарных процессов,
- расчеты радиационной защиты и радиационной безопасности ОИАЭ,
- расчеты напряженно- деформированного состояния и анализ прочности элементов активных зон оборудования и трубопроводов ОИАЭ,
- расчеты строительных конструкций ОИАЭ,
- расчетное моделирование физико-химических процессов, влияющих на ядерную и радиационную безопасность ОИАЭ

Документ разработан специалистами НТЦ ЯРБ на основе 9-летнего опыта проведения аттестации ПС За это время проведена экспертиза более 100 ПС при участии ведущих специалистов научно-исследовательских институтов отрасли, институтов РАН, учебных вузов, НТЦ ЯРБ и Госатомнадзора России При разработке «Требований » был учтен также международный опыт по верификации ПС (*CSNI integral test facility validation matrix for the assessment of thermal-hydraulic codes* for LWR LOCA and TRANSIENTS, OECD/GD(97)12, July 1996, Американский стандарт ANS/ANSI-10 4 и др)

В соответствии с принятым в Госатомнадзоре России порядком разработки и пересмотра руководящих документов (РД-03-03-97), настоящий документ рассылался на отзыв более чем 30 организаций и ведомств, в функции которых будет входить контроль и/или выполнение изложенных в нем требований Все конструктивные замечания и предложения были учтены при подготовке проекта окончательной редакции документа, который уже сейчас (до введения его в действие) по просьбе разработчиков ПС, используется в организациях Минатома России и в РНЦ «Курчатовский Институт» в качестве рекомендательного при разработке отчетов о верификации ПС, которые планируется представить к аттестации в ближайшее время

Предлагается одновременно с введением в действие настоящего документа, отменить действие РД 03-34-95 с Требованиями к составу и содержанию отчета о верификации и обосновании программных средств, используемых для теплогидравлических расчетов, так как настоящий документ имеет более широкую направленность и распространяется, в том числе и на теплогидравлические ПС Для приведения в соответствие РД-03-34-2000 и РД-03-17-94 последний перевыпускается с рядом редакционных изменений по уточнению используемой терминологии и формы аттестационного паспорта ПС

Ответственный исполнитель – начальник ЛОАК НТЦ ЯРБ Уголева И Р В разработке документа принимали участие также следующие специалисты НТЦ ЯРБ главный специалист О М Ковалевич, начальники лаборатории - В С Рубцов, С С Нефедов, А И Попыкин

Нач ЛОАК НТЦ ЯРБ И Р Уголева

10.11.00

gost.e-ecolog.ru