# Руководства по безопасности

## в области использования атомной энергии

# ПОЛОЖЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ ВЕРИФИКАЦИИ И ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ "НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ"

## РБ – 061 – 11

НТЦ ЯРБ

gost.e-ecolog.ru

**Федеральная служба**
**по экологическому, технологическому**
**и атомному надзору**

---

УТВЕРЖДЕНО
приказом
Федеральной службы
по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от 6 мая 2011 г.
№ 228

# ПОЛОЖЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ ВЕРИФИКАЦИИ И ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ»

**РБ-061-11**

Введены в действие
с 6 мая 2011 г.

**Москва 2011**

**ПОЛОЖЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ ВЕРИФИКАЦИИ И ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ» (РБ-061-11)**

**Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору**
**Москва, 2011**

Положение о проведении верификации и экспертизы программных средств по направлению «Нейтронно-физические расчеты» носит рекомендательный характер и не является нормативным правовым актом.

Содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по верификации программных средств на этапе их разработки, а также рекомендации по экспертизе программных средств на этапе их аттестации на секции № 1 экспертного совета Ростехнадзора по аттестации программных средств.

Выпускается впервые [*].

---

[*] Разработано коллективом авторов в составе: А.И. Попыкин, С.А. Шевченко, Р.А. Шевченко, И.Р. Уголева (ФБУ «НТЦ ЯРБ»).

## I. Общие положения

1. Положение о проведении верификации и экспертизы программных средств по направлению «Нейтронно-физические расчеты» (далее – Положение) входит в число руководств по безопасности, носит рекомендательный характер и не является нормативным правовым актом.

2. *Настоящее Положение содержит рекомендации* Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (далее – Ростехнадзор) по проведению верификации и экспертизы программных средств по направлению «Нейтронно-физические расчеты» (далее – ПС), применяемых при обосновании и (или) обеспечении безопасности объектов использования атомной энергии (далее – ОИАЭ), включая рекомендации по разработке и экспертизе отдельных разделов отчета о верификации и обосновании ПС (далее – верификационный отчет ПС) и по разработке приложения к аттестационному паспорту ПС.

3. Термины и определения, используемые в настоящем документе, приведены в приложении № 1 к настоящему Положению и рекомендуются для употребления в верификационном отчете ПС и документах по экспертизе ПС по направлению «Нейтронно-физические расчеты».

## II. Организация верификации и экспертизы программных средств

4. Результаты верификации, выполненной заявителем ПС, излагаются в верификационном отчете ПС. Верификационный отчет ПС рекомендуется выполнять в соответствии с установленными рекомендациями к составу и содержанию верификационного отчета ПС, применяемых при обосновании безопасности ОИАЭ. Верификационный отчет ПС разрабатывается таким образом, чтобы он содержал все разделы, предусмотренные этими рекомендациями. В случае, если авторы верификационного отчета ПС не вклю-

чают материал по какому-либо разделу, соответствующее пояснение рекомендуется привести под номером этого раздела. Форма оглавления верификационного отчета ПС приведена в приложении № 2 к настоящему Положению.

5. Основные выводы верификационного отчета ПС представляются заявителем ПС в проекте аттестационного паспорта ПС и приложении к нему. Форма приложения к аттестационному паспорту ПС приведена в приложении № 3 к настоящему Положению.

6. Порядок проведения экспертизы ПС по направлению «Нейтронно-физические расчеты» определяется регламентом работы экспертного совета по аттестации ПС при Ростехнадзоре (далее – Совет), регламентом работы секции Совета по направлению «Нейтронно-физические расчеты» (далее – секция № 1) и регламентами других секций, если ПС проходит аттестацию по нескольким секциям Совета.

7. Результаты экспертизы содержатся в следующих материалах:

1) экспертных заключениях отдельных экспертов, назначаемых секцией № 1;

2) ответах разработчиков верификационного отчёта ПС на замечания экспертов;

3) протоколах совещаний экспертов с представителями разработчиков верификационного отчета ПС;

4) совместных экспертных заключениях нескольких экспертов (как правило, представляемых после совещания экспертов с представителями разработчиков верификационного отчета ПС);

5) протоколах (выписках из протоколов) заседаний секции № 1;

6) особых мнениях членов секции № 1;

7) протоколах (выписках из протоколов) заседаний Совета.

Если ПС проходит экспертизу на нескольких секциях Совета, то материалы подпунктов а), д), е) дополняются

соответственно заключениями экспертов, назначенных другими секциями, выписками из протоколов других секций и особыми мнениями членов других секций. Материалы экспертизы ПС оформляются в виде отдельного документа и предоставляются в Совет и заявителю ПС.

## III. Рекомендации по методологии верификации программных средств

8. В настоящем разделе приведены общие рекомендации по методологии верификации ПС, применяемых в различных областях нейтронно-физических расчетов. Дополнительные рекомендации по методологии верификации ПС, предназначенных для расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов и гамма-излучения, ПС-имитаторов работы активной зоны реактора, нейтронно-физических частей программ совместного нестационарного полномасштабного нейтронно-физического и теплогидравлического расчета режимов нарушения нормальных условий эксплуатации и аварий представлены в разделах IV, V, VI и VII настоящего Положения.

9. Методологию верификации ПС рекомендуется представить в разделе «Назначение и область применения ПС» верификационного отчета ПС. Методология включает в себя способы определения всех параметров и их погрешностей, перечисленных в пункте 2.6 приложения к аттестационному паспорту ПС. Параметры и способы определения их погрешностей в виде таблицы или группы таблиц рекомендуется представить в разделе «Матрица верификации» верификационного отчета ПС. Рекомендуется включать в пункт 2.1 приложения к аттестационному паспорту «Назначение и область применения ПС» только те параметры, погрешности которых определены в пункте 2.6 приложения к аттестационному паспорту.

10. Погрешности расчёта всех величин, входящих в пункт 2.6 приложения к аттестационному паспорту ПС ре-

комендуется определять и обосновывать в разделе «Результаты верификации и обоснования» верификационного отчета ПС. Определение понятия погрешности, принятого разработчиком верификационного отчета ПС, рекомендуется приводить в этом разделе, а также в пункте 2.6 приложения к аттестационному паспорту ПС.

11. В качестве меры погрешности расчета рекомендуется использовать отклонения рассчитываемого параметра от измеренной величины, совокупности измеренных величин (подвергающихся первичной обработке), а также величины, рассчитанной по другому (аттестованному) ПС. Значение погрешности может являться результатом обработки отклонений рассчитанных величин от сравниваемых в соответствии с определенными разработчиком верификационного отчета ПС алгоритмами (например алгоритмами математической статистики) и может характеризоваться принятыми при этом параметрами (например средним квадратичным отклонением, доверительной вероятностью, доверительным интервалом. При определении погрешности рекомендуется учитывать погрешность величины, с которой производится сравнение.

12. Рекомендуется оценивать методическую и константную компоненты погрешности ПС. Эти компоненты погрешности могут оцениваться как совместно, так и по отдельности.

13. Методическую компоненту погрешности, связанную с применяемым приближением при решении уравнения переноса, рекомендуется определять, используя само верифицируемое ПС, то есть, повышая порядок приближения уравнения переноса с использованием согласованного константного обеспечения.

14. Методическую компоненту погрешности численной реализации решения уравнения переноса рекомендуется определять, используя само верифицируемое ПС (например путём увеличения числа пространственных точек, энергетических групп).

15. Оценку методической и константной компонент погрешности для инженерных ПС (пункт 23 настоящего Положения) рекомендуется выполнять путем сравнения результатов расчетов с соответствующими результатами, полученными по реперным ПС (пункт 22 настоящего Положения).

16. При оценке погрешности результатов расчетов сравнением с измеряемыми величинами рекомендуется установить соответствие рассчитанных и измеренных величин и использовать расчетное моделирование измерений. В процессе расчетного моделирования измерений описывается связь между непосредственно измеряемыми величинами и производными от них величинами, которые используются для сравнения с результатами расчёта.

17. При оценке погрешности путём сравнения расчетных величин с измеряемыми величинами рекомендуется установить и учитывать погрешность измеряемых величин. Информация о погрешности измеряемых величин и способах ее определения приводится в разделе «Описание экспериментальных установок и представление экспериментальных данных» верификационного отчета ПС. При верификации и экспертизе ПС рекомендуется сопоставить определение и величину погрешности расчёта тех же параметров по ранее аттестованным ПС. Для этой цели рекомендуется использовать в качестве официального источника базу данных по аттестационным паспортам ПС Федерального бюджетного учреждения «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (далее – ФБУ «НТЦ ЯРБ»).

18. При использовании статистической обработки для оценки погрешности рекомендуется в разделе «Результаты верификации и обоснования» верификационного отчета ПС обосновать правомерность статистической обработки и выбор статистического распределения, используя принятые для этого обоснованные подходы (например принятые в математической статистике).

19. При использовании нормального распределения для оценки погрешности рекомендуется приводить обоснование его применимости, а также доверительную вероятность, доверительный интервал, уровень значимости и другие характеристики.

## IV. Верификация и экспертиза программных средств, предназначенных для расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов и гамма-излучения

20. В ПС расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов и гамма-излучения, как правило, реализуется решение линейного уравнения переноса в различных приближениях.

21. При верификации и экспертизе этих ПС рекомендуется установить, для какого типа расчётов данное ПС предназначено:

1) нейтронно-физические расчеты ячейки или фрагмента активной зоны ядерного реактора с целью подготовки малогрупповых констант (сеточных коэффициентов) для ПС-имитаторов реактора и нейтронно-физических модулей динамических ПС;

2) нейтронно-физические расчеты фрагмента реактора или реактора в целом с целью разработки расчетных тестов для ПС-имитаторов реактора и ПС нейтронно-физического расчета, являющихся самостоятельными модулями динамических ПС;

3) расчеты распределения плотности потока нейтронов во фрагменте ядерного реактора или ядерном реакторе в целом для определения отдельных характеристик, таких как эффекты и коэффициенты реактивности, эффективность органов регулирования;

4) расчеты плотности потока нейтронов и гамма-излучения с целью определения тепловых и радиационных характеристик, ослабления излучений в защите, а также

флюенса нейтронов, воздействующих на конструкции реактора;

5) расчеты плотности потоков нейтронов и гамма-излучения с целью определения радиационных и тепловых характеристик, а также проверки выполнения критериев ядерной и радиационной безопасности хранилищ свежего и отработавшего ядерного топлива, средств долговременного хранения, бассейнов выдержки, перегрузочных устройств, средств транспортировки и других объектов ядерного топливного цикла, (таких как системы, содержащие ядерные материалы и предназначенные для их переработки, изготовления ядерного топлива);

6) расчеты плотности потоков нейтронов и гамма-излучения в ячейке или фрагменте активной зоны с целью определения изотопного состава ядерного топлива в процессе выгорания при нахождении его в активной зоне и изменения изотопного состава в процессе ядерных превращений при нахождении его вне активной зоны;

7) расчеты других величин, являющихся функционалами решения уравнения переноса.

Указанные выше сведения рекомендуется приводить в пункте 2.1 приложения к аттестационному паспорту ПС.

22. ПС для решения однородного или неоднородного линейного уравнения переноса, погрешность которых в области применимости определяется только погрешностью используемых файлов оцененных ядерных данных (без учёта погрешности исходных технологических данных, например геометрических размеров, материального состава), считаются реперными ПС. При этом файлы оцененных ядерных данных могут использоваться в расчете либо непосредственно, либо в виде библиотек, предусмотренных форматом ПС. В качестве библиотеки файлов оцененных ядерных данных рекомендуется использовать библиотеку РОСФОНД. В случае использования других библиотек файлов оцененных ядерных данных в верификационном отчете ПС и пункте 4 приложения к аттестационному пас-

порту ПС рекомендуется приводить соответствующие пояснения.

23. ПС, не являющиеся реперными, относятся к инженерным ПС. Инженерные ПС, реализующие решение уравнения переноса, могут иметь собственные библиотеки многогрупповых (или представленных в другом формате) констант, являющиеся неотъемлемыми частями ПС, либо могут использовать проблемно-ориентированные библиотеки констант, существующие в виде отдельных программных продуктов. Экспертиза и верификация инженерных ПС проводится совместно с упомянутыми библиотеками констант.

24. В разделе «Описание ПС» верификационного отчета ПС рекомендуется приводить сведения о наличии у библиотек файлов оцененных ядерных данных и проблемно-ориентированных библиотек констант, упомянутых в пунктах 22 и 23 настоящего Положения, сертификатов российских, зарубежных и международных организаций.

25. В разделе «Назначение и область применения ПС» верификационного отчета ПС рекомендуется указать, относится ли верифицируемое ПС к реперным или инженерным.

26. Верификацию реперных ПС рекомендуется проводить с использованием результатов бенчмарк-экспериментов (экспериментов реперного класса). Кроме того, рекомендуется проводить сравнение с результатами расчетов по аттестованным реперным ПС и верифицированным зарубежным ПС этого класса.

27. При верификации инженерных ПС рекомендуется проводить сравнение результатов расчетов непосредственно с результатами измерений, выполненных на ОИАЭ (с учетом оцененной погрешности этих измерений), сравнение с расчетами по реперным ПС, сравнение с расчетами по аттестованным инженерным ПС, с теоретическими оценками.

28. Определение погрешности, принятое при верификации инженерного ПС, приводится в разделе «Результаты

верификации и обоснования» верификационного отчета ПС и кратко повторяется в пункте 2.6 приложения к аттестационному паспорту. Наряду с этим, рекомендуется указать, как определена методическая компонента погрешности. Информация о ней приводится в пункте 6 приложения к аттестационному паспорту.

29. При верификации ПС для расчета малогрупповых констант (сеточных коэффициентов) рекомендуется проводить сравнение рассчитанных значений коэффициента размножения (собственного значения линейного уравнения переноса в используемом приближении), пространственно-энергетического распределения плотности потока нейтронов для ячеек или фрагмента реактора, эффектов и коэффициентов реактивности с соответствующими величинами, рассчитанными по реперному ПС.

30. При верификации ПС, рассчитывающих изотопный состав выгоревшего топлива, рекомендуется использовать опубликованные результаты определения изотопного состава топлива радиохимическими методами.

31. В основе реперных ПС расчета изменения изотопного состава топлива рекомендуется использовать аттестованные реперные ПС расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов и справочные данные для цепочек ядерных превращений.

32. Для верификации и экспертизы ПС расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов и гамма-излучения рекомендуется использовать следующие источники результатов экспериментов и измерений:

1) отечественные и зарубежные документированные банки и базы данных оцененных экспериментов, включая использованные при создании систем оцененных ядерных данных и верифицированных ПС;

2) оцененные в рамках выполнения международных проектов эксперименты и созданные на их базе расчетные тесты;

3) оцененные эксперименты и созданные на их базе расчетные тесты, использованные ранее при разработке верификационных отчетов аттестованных ПС;

4) опубликованные материалы по оцененным экспериментам и разработанным на их базе тестам;

5) международный справочник оцененных критических эталонных экспериментов по безопасности (International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments. NEA/NSC/DOC (95), 03 September 2003 Edition);

6) банк экспериментальных данных ФБУ «НТЦ ЯРБ»;

7) эксперименты и подготовленные на их базе тесты, предложенные разработчиком верификационного отчета ПС.

Для упомянутых выше материалов в разделе «Экспериментальные установки и представление экспериментальных данных» верификационного отчета ПС рекомендуется приводить точные ссылки и подробную аннотацию, включающую погрешности экспериментов, а также сведения об их сертификации российскими, зарубежными и международными организациями. Для тестов, предложенных разработчиком верификационного отчета ПС впервые, рекомендуется приводить их подробное описание.

33. Для верификации и экспертизы ПС расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов и гамма-излучения рекомендуется использовать следующие источники результатов расчетов:

1) отечественные и зарубежные системы расчетных тестов и их расчетные оценки по различным кодам, включая тесты, использованные при создании верифицированных ПС;

2) расчетные тесты и их расчетные оценки, разработанные в рамках выполнения международных проектов;

3) расчетные тесты и их расчетные оценки, использованные при разработке верификационных отчетов для ранее аттестованных ПС;

4) опубликованные расчетные тесты и (или) их оценки по различным ПС;

5) расчетные тесты, разработанные разработчиком верификационного отчета ПС специально для настоящей верификации.

Для упомянутых выше материалов в разделе «Описание расчетных тестов» верификационного отчета ПС рекомендуется приводить точные ссылки и подробную аннотацию, включающую погрешности расчетов тестов по различным ПС, а также сведения об их сертификации российскими, зарубежными и международными организациями.

Для тестов, предложенных разработчиком верификационного отчета ПС впервые, в разделе «Описание расчетных тестов» верификационного отчета ПС рекомендуется приводить подробное описание теста, допускающее его независимый расчет и оценку погрешностей полученных в результате расчета величин.

## V. Верификация и экспертиза программных средств-имитаторов работы активной зоны реактора

34. ПС-имитаторы реактора предназначены для обоснования эксплуатационной безопасности в период работы активной зоны с определенной загрузкой, либо для обоснования безопасности на определенный период для реакторов с непрерывной перегрузкой топлива. Результаты расчётов по этим ПС показывают, что выполняются ограничения на параметры реакторной установки (далее – РУ), предусмотренные правовыми актами, федеральными нормами и правилами в области атомной энергии, нормами и правилами эксплуатирующей организации, в том числе регламентом безопасной эксплуатации РУ.

35. ПС-имитаторы реактора предназначены для расчетов параметров РУ, в основном, активной зоны в процессе выгорания топлива. В них рекомендуется включать ПС

квазистационарного расчета активной зоны реактора и необходимые для этого расчета программы теплогидравлического расчета. Временную зависимость в ПС-имитаторе реактора рекомендуется включать для учета выгорания топлива, которое компенсируется уменьшением жидкого (борного) поглотителя в активной зоне или перемещением компенсирующих стержней. В ПС рекомендуется проводить моделирование работы РУ, в которых возникает изменение мощности в результате изменения концентрации ксенона в топливе (в процессе ксеноновых колебаний).

36. ПС, рассчитывающие теплогидравлические параметры РУ, могут являться неотъемлемыми частями ПС-имитаторов реактора, либо отдельным программным продуктом. В последнем случае рекомендуется использовать ранее аттестованные ПС расчета теплогидравлических параметров РУ.

37. Нейтронно-физический расчет в ПС-имитаторе активной зоны реактора производится, как правило, в малогрупповом диффузионном приближении, либо в других аналогичных приближениях. Для реализации расчета в ПС содержится библиотека малогрупповых диффузионных констант (сеточных коэффициентов) с их параметрическими зависимостями от необходимых для расчета величин.

38. Библиотека малогрупповых констант может быть неотъемлемой частью ПС, либо отдельным программным продуктом, подготовленным с помощью специального ПС.

Рекомендуется проведение отдельной аттестация ПС подготовки малогрупповых констант в соответствии с рекомендациями раздела II настоящего Положения. Информация об этом приводится в разделе «Назначение и область применения ПС» верификационного отчета ПС и в пункте 4 приложения к аттестационному паспорту ПС.

39. Верификацию и экспертизу ПС-имитатора активной зоны реактора рекомендуется проводить совместно с используемыми в данном ПС аттестованными ранее ПС теплогидравлического расчета и библиотеками малогруп-

повых констант, либо с соответствующими теплогидравлическими ПС и библиотеками малогрупповых констант, являющимися неотъемлемыми частями ПС-имитатора активной зоны реактора. Информацию об этом рекомендуется приводить в пункте 1 приложения к аттестационному паспорту ПС.

40. Для отдельных параметров, рассчитываемых по ПС-имитаторам работы активной зоны реактора (например эффективность аварийной защиты, эффективность групп и отдельных органов регулирования системы управления и защиты, эффектов и коэффициентов реактивности), нормативно-техническими актами предусмотрены периодические измерения, выполняемые средствами, предусмотренными проектом РУ, и временно используемыми средствами, предназначенными для конкретного измерения, не предусмотренными проектом РУ. Для таких параметров, как распределение энерговыделения, температуры отдельных элементов (компонент) активной зоны, расхода теплоносителя предусматривается постоянный контроль средствами системы внутриреакторного контроля и ПС для архивирования результатов измерений.

41. Для верификации ПС-имитаторов активной зоны реактора рекомендуется сравнение результатов расчета и результатов измерений, выполненных на РУ (с учётом оцененных погрешностей этих измерений), сравнение со специально разработанными расчетными тестами, с расчетами по аналогичным ПС, причем предпочтение отдается ПС, аттестованным для расчетов данного реактора.

42. Для верификации ПС-имитаторов реактора рекомендуется разработка баз данных измеренных величин, подготовленных на основании периодических измерений параметров РУ, обработки архивов параметров РУ, измеряемых системой внутриреакторного контроля. Для входящих в базы данных параметров рекомендуется проводить расчетные оценки, полученные, в том числе расчетным мо-

делированием процесса измерения, а также проводить оценки погрешностей.

## VI. Верификация и экспертиза нейтронно-физических частей программ совместного нестационарного полномасштабного нейтронно-физического и теплогидравлического расчета режимов нарушения нормальных условий эксплуатации и аварий

43. Для расчета нестационарных режимов нормальных условий эксплуатации, нарушений нормальных условий эксплуатации и расчета аварийных режимов рекомендуется использовать ПС, содержащие программы совместного нестационарного нейтронно-физического и теплогидравлического расчета. Такие ПС моделируют работу РУ вплоть до ее останова в результате срабатывания аварийной защиты или по другим причинам. Это позволяет снять ряд консервативных предположений при оценке безопасности РУ. Упомянутые ПС могут содержать также самостоятельные части, выполняющие прочностные расчеты, моделирование работы турбогенератора, моделирование систем управления, безопасности, технологических параметров РУ и атомной станции, а также моделирование нагрузки электрической сети.

44. ПС совместного нестационарного нейтронно-теплогидравлического расчета могут быть организованы в виде единого ПС или могут представлять собой объединение отдельно функционирующих ПС с помощью интерфейсов различных уровней, включая сетевые.

45. Рекомендуется, чтобы все самостоятельные модули ПС были аттестованы по отдельности. В то же время, составленное из них ПС также проходит процедуру аттестации.

46. Экспертизу ПС совместного нестационарного нейтронно-тепло-гидравлического расчета рекомендуется про-

водить с привлечением экспертов по другим направлениям (например теплогидравлике, термомеханике).

47. В нейтронно-физических частях нестационарных ПС моделирования РУ, как правило, реализуется нестационарное малогрупповое диффузионное приближение с учетом запаздывающих нейтронов и необходимых обратных связей, либо другие аналогичные приближения. Отдельные обратные связи могут входить в математическую модель, реализуемую в ПС, в виде уравнений или других соотношений, а другие – в виде зависимости нейтронно-физических констант от соответствующих величин. В последнем случае сами величины параметров обратных связей могут быть получены из отдельных модулей объединённого ПС, для которого входными величинами, в свою очередь, являются результаты расчета по нейтронно-физической части ПС (раздел V настоящего Положения).

48. Для реализации малогруппового диффузионного приближения в нейтронно-физической части ПС рекомендуется использовать библиотеку малогрупповых констант.

Библиотека может включаться в ПС совместного нейтронно-физического и теплогидравлического расчета как его неотъемлемая часть или быть самостоятельным программным продуктом, подготовленным по предназначенному для этой цели аттестованному ПС. Эти сведения рекомендуется указывать в пункте 1 приложения к аттестационному паспорту ПС.

49. Библиотеку констант рекомендуется дополнять константами запаздывающих нейтронов. Рекомендуется использовать распределенные константы запаздывающих нейтронов. Использование единых для активной зоны констант запаздывающих нейтронов рекомендуется обосновывать.

50. Верификация ПС расчета аварийных режимов, режимов нарушения нормальной эксплуатации и переходных процессов включает в себя:

1) верификацию используемой в ПС стационарной части, которая обеспечивает погрешность расчета основных параметров, исходного стационарного состояния не выше погрешностей соответствующих ПС-имитаторов реактора;

2) верификацию каждой части комплексного ПС совместного нестационарного нейтронно-физического и теплогидравлического расчета в интервале параметров, в которых происходят физические и другие процессы при развитии рассматриваемых режимов с использованием соответствующих экспериментов, математических тестов, сравнений с другими ПС, в том числе аттестованными;

3) расчеты специально поставленных экспериментов для полного или частичного моделирования соответствующих аварий, режимов с нарушением условий нормальной эксплуатации и переходных процессов;

4) сравнения со специально разработанными расчетными тестами;

5) сравнения с результатами расчетов по аналогичным ПС.

51. В приложении к аттестационному паспорту ПС рекомендуется указывать, для расчета каких аварий (или групп аварий), режимов нарушения нормальных условий эксплуатации (или групп режимов), переходных процессов предназначено ПС. Их названия выбираются в соответствии с терминологией, принятой в документах, регламентирующих обоснование безопасности ОИАЭ. Для разных аварий (переходных процессов) в пункте 2.6 приложения к аттестационному паспорту могут быть указаны для одних и тех же параметров разные погрешности. Эти сведения приводятся в пункте 2.3. приложения к аттестационному паспорту.

## VII. Верификация и экспертиза нейтронно-физических частей программных средств нестационарного расчета переходных процессов в реакторных установках в условиях нормальной эксплуатации и для расчетного моделирования измерений

52. Экспертизу и верификацию ПС нестационарного расчета переходных процессов в условиях нормальной эксплуатации рекомендуется осуществлять:

1) сравнением результатов расчетов с измерениями на действующих РУ с учётом оцененной погрешности результатов измерений;

2) сравнением результатов расчетов с аналогичными результатами, полученными по другим (аттестованным) ПС;

3) сравнением с расчетами специально подготовленных математических тестов.

53. Для определения погрешности измеряемых величин рекомендуется проводить расчетное моделирование измерений.

54. При постановке задачи о моделировании измерений рекомендуется устанавливать связь между рассчитываемой величиной, измеряемой величиной и величиной, получаемой в результате расчетного моделирования измерения.

55. Величины, получаемые в результате расчета и в результате расчетного моделирования измерения, рекомендуется получать по одному и тому же ПС или по ПС с одинаковым константным обеспечением.

56. Для расчетного моделирования измерений рекомендуется использовать ПС совместного нейтронно-физического и теплогидравлического расчета, в которых реализована возможность моделирования необходимых систем РУ и измерительной аппаратуры (например эффективность регистрации, запаздывание сигнала, изменение свойств датчиков в процессе работы РУ).

57. Для расчетного моделирования измерений рекомендуется использовать ПС совместного нейтронно-физического и теплогидравлического расчетов, в которых реализована возможность нормировки рассчитываемых параметров на результаты измерений моделируемого процесса и использование другой апостериорной информации.

Приложение № 1
к Положению о проведении верификации и
экспертизы программных средств по
направлению «Нейтронно-физические
расчеты», утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от «__» _____ 20__ г. № ___

## Термины и определения

1. 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. Понятие «верификация ПС», употребляемое в настоящем Положении, объединяет понятия «верификация ПС» и «валидация ПС».

2. Заявитель ПС – юридическое или физическое лицо, представляющее ПС к экспертизе.

3. Методология верификации ПС – совокупность средств и методов, используемых при проведении верификации ПС.

4. Методическая компонента погрешности расчета – погрешность, связанная с методикой расчета, с используемым приближением, его численной реализацией, подготовкой нейтронно-физических констант.

5. Программное средство – программа (код), комплекс программ, библиотека констант, самостоятельный программный модуль или их совокупность; в тексте настоящего Положения «программное средство», «программа», «код» являются синонимами.

Приложение № 2
к Положению о проведении верификации и экспертизы программных средств по направлению «Нейтронно-физические расчеты», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
от «__» _____ 20__ г. № ___

(Форма)

**Оглавление верификационного отчета программного средства**

1. Введение.
2. Назначение и область применения ПС.
3. Описание ПС.
4. Описание расчетных схем и геометрических моделей.
5. Обоснование расчетной методики.
6. Матрица верификации.
7. Описание расчетных и аналитических тестов.
8. Описание экспериментальных установок и представление
   экспериментальных данных.
9. Результаты верификации и обоснования.
10. Заключение (Проект аттестационного паспорта ПС).
11. Перечень источников.

Приложение № 3
к Положению о проведении верификации и
экспертизы программных средств по
направлению «Нейтронно-физические
расчеты», утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от «___» _____ 20__ г. № ___

(Форма)

**Приложение**
**к аттестационному паспорту программного средства**

1. Перечень регистрируемых программных модулей, их регистрационные номера.

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, эксплуатирующих ПС.

6. Дополнительная информация.

7. Особые условия.

8. Официальные эксперты (ФИО, место работы, занимаемая должность).

**Положение**
**о проведении верификации и экспертизы программных средств по направлению «нейтронно-физические расчеты»**
**РБ-061-11**

**Официальное издание**

**Ответственная за выпуск Синицына Т.В.**
**Компьютерная верстка Зернова Э.П.**

Верстка выполнена в НТЦ ЯРБ в полном соответствии с приложением к приказу Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 06.05.2011 г. № 228

Подписано в печать 30.07.2011.

ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (ФБУ «НТЦ ЯРБ») является официальным издателем и распространителем нормативных актов Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20.04.06 № 384)

Тираж 100 экз.

Отпечатано в НТЦ ЯРБ. Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5

Телефон редакции: 8-499-264-28-53

gost.e-ecolog.ru