



Федеральная служба
по экологическому, технологическому и атомному надзору
(Ростехнадзор)

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ ПО АТТЕСТАЦИИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
ПРИ РОСТЕХНАДЗОРЕ



АТТЕСТАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА

Регистрационный номер 388 от 16 декабря 2015 года

Настоящий аттестационный паспорт устанавливает назначение и область применения программного средства

«САПФИР_95&RC_ВВЭР»,

которые указаны в разделе 2 приложения к настоящему аттестационному паспорту.

Аттестационный паспорт предоставлен

Федеральному государственному унитарному предприятию «Научно-исследовательский технологический институт имени А.П. Александрова» (ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»). Юридический адрес: 188540, Россия, Ленинградская область, г. Сосновый Бор, Копорское шоссе, д. 72.

*Настоящий аттестационный паспорт действует при соблюдении условий
Приложения, являющегося его неотъемлемой частью.*

Срок действия аттестационного паспорта до 16 декабря 2025 года

Председатель экспертного Совета
по аттестации программных средств
при Ростехнадзоре, к.т.н.

С.Н. Богдан



ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK



ISO 9001:2008

Certified Management System

ПРИЛОЖЕНИЕ

к аттестационному паспорту программного средства № 388 от 16 декабря 2015 года

1 Общие сведения

1.1 Название программного средства (далее – ПС)

«САПФИР_95&RC_ВВЭР».

1.2 Организация-разработчик ПС

ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова».

1.3 Авторы ПС

Артемов В.Г., Артемова Л.М., Ельшин А.В., Иванов А.С., Карпов А.С., Обухов В.В., Писарев П.В., Пискарев А.В., Сергеев В.К., Шемаев Ю.П.

1.4 Сведения о регистрации ПС и его компонентов

Программное средство «САПФИР_95&RC_ВВЭР» зарегистрировано в ОФАП-ЯР под № 595 от 08.12.2004.

1.5 Основание для выдачи аттестационного паспорта программного средства:

«Комплекс программ САПФИР_95&RC. Результаты верификации для реакторов типа ВВЭР. Часть 2. Результаты верификации комплекса программ САПФИР_95&RC на действующих энергоблоках», ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», Отчет о НИР, инв. № 991/О, г. Сосновый Бор, 2004.

Решение секции № 1 об утверждении результатов экспертизы (протокол заседания от 03.11.2005 № 27). Решение экспертного Совета по аттестации программных средств (протокол заседания от 15.11.2005 № 43).

Рекомендация секции № 1 о продлении срока действия аттестационного паспорта ПС (протокол заседания от 09.10.2015 № 52) и решение экспертного Совета по аттестации программных средств (протокол заседания от 16.12.2015 № 67).

1.6 Сведения о ранее выданных аттестационных паспортах ПС

Настоящий аттестационный паспорт выдан взамен аттестационного паспорта программного средства «САПФИР_95&RC_ВВЭР» от 15.12.2005 № 206. Эксперты, проводившие экспертизу ПС: С.И. Зайцев, АО ОКБ «Гидропресс»; А.И. Попыкин, ФБУ «НТЦ ЯРБ»; В.А. Пивоваров, АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»; Г.Л. Пономаренко, АО ОКБ «Гидропресс»; В.И. Орлов, АО «ВНИИАЭС», В.Д. Сидоренко, НИЦ «Курчатовский институт».

1.7 Эксперты, проводившие повторную экспертизу ПС

А.И. Попыкин, к.ф.-м.н., ФБУ «НТЦ ЯРБ».

Экспертиза

2 Назначение и область применения ПС

2.1 Назначение ПС

ПС «САПФИР_95&RC_ВВЭР» предназначено для следующих расчетов применительно к водо-водяным реакторам ВВЭР, критическим сборкам, полирешеткам хранилища ядерного топлива:

расчет параметров критичности, эффектов и коэффициентов реактивности, эффективности органов регулирования и аварийной защиты, распределения мощности в активной зоне, потвэльного распределения энерговыделения в заданных сечениях тепловыделяющих сборок;

расчетное моделирование процессов выгорания с учетом перегрузок топлива, переходных процессов с учетом выгорания и накопления ^{135}Xe и ^{149}Sm .

2.2 Область применения ПС по типу объекта использования атомной энергии

Реакторы ВВЭР, критические сборки и хранилища топлива.

2.3 Область применения ПС по моделируемым режимам

Стационарные состояния в режимах нормальной эксплуатации; режимы с нарушением условий нормальной эксплуатации; проектные аварии.

2.4 Область применения ПС по условиям и параметрам расчета

Ядерное топливо:

оксидное на основе урана и регенерата урана;

оксидное на основе урана с интегрированным гадолиниевым выгорающим поглотителем (ТВЭГи).

Органы регулирования:

кластер;

аварийная регулирующая кассета.

Материал поглощающих элементов:

на основе бора, диспрозия, гафния.

Материалы стержней выгорающих поглотителей:

на основе бора и гадолиния.

Диапазоны значений параметров расчета:

водо-урановое отношение от 1,5 до 2,5;

обогащение топлива по ^{235}U до 6 %;

содержание Gd_2O_3 в ТВЭГах до 8 % (вес);

глубина выгорания топлива до 70 МВт·сут/(кг U);

плотность теплоносителя (воды) в активной зоне от 600 до 1000 кг/м³.

Экспертный Совет

2.5 Погрешность, обеспечиваемая ПС в области его применения

Представленные в таблице значения погрешностей, обеспечиваемые ПС, обоснованы путем сопоставления результатов расчетов, проведенных с помощью ПС, с результатами измерений на критических сборках и действующих энергоблоках, а также с результатами расчетов, проведенных с использованием реперных и аналогичных аттестованных ПС.

Параметр	Отклонение
Критическая концентрация борной кислоты (максимальное отклонение с учетом корректирующего множителя)*, г/(кг H ₂ O)	± 0,5
Длительность работы топливной загрузки (максимальное отклонение), %	± 3
K _{эфф} в критических состояниях в начале кампании для штатных режимов реактора (максимальное отклонение), %	± 0,7
Интегральная эффективность регулирующей группы ОР СУЗ (максимальное отклонение), %	± 20
Эффективность аварийной защиты (максимальное отклонение), %	± 20
Температурный коэффициент реактивности – изотермический при нулевой мощности, по входной температуре теплоносителя при работе на мощности (максимальное отклонение)	± 10% (отн.), но не меньше 3·10 ⁻⁵ /°C
Мощностной коэффициент реактивности (среднеквадратичное отклонение), % (отн.)	± 10
Коэффициент реактивности по изменению концентрации борной кислоты (среднеквадратичное отклонение)	± 5% (отн.), но не меньше 3·10 ⁻⁶ г/(кг°H ₂ O)
Изменение реактивности при отравлении ¹³⁵ Xe (максимальное отклонение для ВВЭР-1000), % (отн.)	± 10
Аксиальный офсет (максимальное отклонение), % (отн.)	± 10
Коэффициент неравномерности распределения энерговыделения по радиусу активной зоны k _q (максимальное отклонение), %	± 5
Относительное энерговыделение в ТВС (кроме крайнего ряда, максимальное отклонение), %	± 8
Коэффициент неравномерности высотного распределения энерговыделения k _z (максимальное отклонение), %	± 7
Коэффициент неравномерности распределения энерговыделения по объему k _v (максимальное отклонение), %	± 10
Коэффициент неравномерности потвзельного распределения энерговыделения в кассете k _к (максимальное отклонение), %	± 5
Относительное потвзельное энерговыделение в кассете (среднеквадратичное отклонение), %	± 5

*Расчетные значения получены умножением на корректирующий множитель 0,96. Значение корректирующего множителя обосновано в верификационном отчете.

3 Сведения о методиках расчета, реализованных в ПС

В ПС используется 2–групповое диффузионное приближение. Уравнения баланса нейтронов решаются с применением трехмерной гексагональной (в плане) конечно-разностной сетки с 6 или 24 точками на кассету.

Для учета обратных связей по теплофизическим параметрам в ПС реализован теплогидравлический модуль, обеспечивающий расчет температуры топлива, плотности теплоносителя при заданных значениях температуры входа, расхода

по активной зоне, давления теплоносителя (в том числе, при кипении теплоносителя).

Коэффициенты реактивности вычисляются прямым расчетом или с использованием положений теории возмущений.

Потвэльное энерговыделение моделируется на основе суперпозиции группового микрораспределения в ячейке и макрохода потока нейтронов в реакторе.

4 Сведения о базах данных (библиотеках констант), используемых в ПС

В ПС используются малогрупповые константы, рассчитанные с использованием ПС «САПФИР_95.1» с библиотекой БНАБ-78/С-95 (аттестационный паспорт от 16.12.2015 № 390).

5 Дополнительная информация

Отсутствует.

6 Пользователи ПС

Пользователями ПС являются специалисты следующих организаций, прошедшие соответствующее обучение по применению ПС:

ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»;

АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС»;

АО «АТОМПРОЕКТ».

Ученый секретарь экспертного Совета
по аттестации программных средств
при Ростехнадзоре

(подпись)

С.А. Шевченко

Председатель секции № 1 «Нейтронно-
физические расчеты» экспертного
Совета по аттестации программных
средств при Ростехнадзоре, к.ф.-м.н.

С.М. Зарицкий

Экспертный