

ПРИЛОЖЕНИЕ

к аттестационному паспорту программного средства № 313 от 9 октября 2012 года

1 Общие сведения

1.1 Название программного средства (далее – ПС)

TRIGEX.051.

1.2 Заявитель ПС

Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского.

1.3 Организация-разработчик ПС

Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского.

1.4 Авторы ПС

А.С. Серегин, Т.С. Кислицына, А.М. Цибуля.

1.5 Сведения о регистрации ПС и его компонентов

Программное средство «TRIGEX.05» – регистрационный № 657 от 03.07.2008 и № 702 от 29.10.2011.

Модуль подготовки констант CONSYST (версия 0601) с оболочкой PRECONS, и 2 библиотеки ядерных констант БНАБ-93: 28-ми групповая АВВН93g.01a и 299-ти групповая АВВН93m.01a (акт о регистрации № 572 от 11.06.2004).

Программное средство «CARE_03» для расчетов изотопной кинетики нуклидов – регистрационный № 711 от 22.11.2010, аттестационный паспорт № 311 от 09.10.2012.

1.6 Основание для выдачи аттестационного паспорта программного средства:

«Верификация и аттестация программных средств для лицензирования ввода энергоблока № 4 БелАЭС в эксплуатацию. Верификация программы TRIGEX». Отчет о научно-исследовательской работе, инв. №12203, ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ», Обнинск, 2009.

Результаты экспертизы и решение Секции № 1 «Нейтронно-физические расчеты» экспертного Совета по аттестации программных средств при Ростехнадзоре (протокол заседания № 43 от 29 мая 2012 года).

Решение экспертного Совета по аттестации программных средств (протокол заседания № 59 от 9 октября 2012 года).

Экспертиза и аттестация программного средства проведены в соответствии с требованиями руководящих документов Ростехнадзора РД-03-33-2008 и РД-03-34-2000.

1.7 Эксперты, проводившие экспертизу ПС

В.Н. Васекин, к.т.н., старший научный сотрудник ИБРАЭ РАН;

В.А. Невиница, к.т.н., начальник лаборатории ИЯР НИЦ «КИ»;

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

2 Назначение и область применения ПС

2.1 Назначение ПС

Программное средство «TRIGEX.051» предназначено для расчета следующих нейтронно-физических характеристик:

- эффективный коэффициент размножения активной зоны;
- эффективность стержней СУЗ (КС, АЗ, РС);
- темп изменения реактивности за счет изменения концентраций делящихся изотопов и накопления осколков деления;
- температурный и пустотный эффекты реактивности;
- эффективная доля запаздывающих нейтронов;
- пространственное распределение энерговыделения.

2.2 Область применения ПС по типу объекта использования атомной энергии

Реактор БН-800 и критические сборки быстрого физического стенда (БФС).

2.3 Область применения ПС по моделируемым режимам

Режимы нормальной эксплуатации, при нарушениях нормальной эксплуатации и при проектных авариях.

2.4 Область применения ПС по условиям и параметрам расчета

Геометрия ТВС реактора – шестигранная.

Теплоноситель – натрий.

Топливо активной зоны – оксидное урановое;

Топливо в экспериментальных сборках – оксидное урановое и уран-плутониевое топливо (МОКС-топливо).

Топливо боковой и торцевых зон воспроизводства – оксидное урановое.

Материал поглотителей органов СУЗ – обогащенный карбид бора.

Диапазоны значений параметров расчета при применении ПС:

- температура топлива – от 300°K до 2100°K;
- обогащение топлива по урану-235 в сборках БФС – не более 90%;
- содержание плутония-239 в ТВС БН-800 – не более 60%;
- содержание плутония-239 в МОКС-топливе экспериментальныхборок – не более 30%;
- обогащение по бору-10 в органах СУЗ – не более 92%.

2.5 Погрешность, обеспечиваемая ПС в области его применения

Ниже в таблице приведены максимальные отклонения рассчитываемых параметров от значений этих параметров, полученных:

- по другим программным средствам;
- на исследовательских установках.

Характеристика	Отклонение*
$k_{эфф}$, % $\Delta k/k$:	
в начале микрокампании	0,60
в конце микрокампании	0,60
Эффективность одиночных стержней СУЗ, %:	
компенсирующие стержни	6,0
стержни аварийной защиты	6,0
стержни автоматического регулирования	6,0
Натриевый плотностной эффект реактивности, % $\Delta k/k$:	
в объеме активной зоны	0,22
в объеме активной зоны и натриевой полости	0,22
Допплеровский температурный эффект реактивности, %	11,0
Темп потери реактивности при выгорании, %	8,0
Эффективная доля запаздывающих нейтронов, %	5,0
Энерговыделение, %:	
в активной зоне	3,0
в урановых бланкетах	5,0

(*) – значения получены с учетом поправок, описанных в разделе 3 настоящего аттестационного паспорта;

3 Сведения о методиках расчета, реализованных в ПС

В основе решения реализованной в ПС дискретной многогрупповой задачи диффузии лежит метод улучшенной крупной сетки. Внутренние итерации выполняются с использованием усовершенствованного метода неявных нестационарных итераций MINI (Method of Implicit Non-Stationary Iteration), а внешние итерации ускоряются по модифицированной схеме Виландта и сдвигом спектра. В ходе итерационного решения прямой задачи проводится уточнение вспомогательных параметров коррекции. Точность расчета с использованием этих параметров имеет тот же порядок, что и точность с применением конечно-разностной сетки с шестью узлами в горизонтальной плоскости на каждую шестигранную призму при втрое меньшем шаге вдоль оси Z.

Уравнения теории возмущений наряду с обычными членами (для конечно-разностных методов) содержат дополнительные составляющие (члены кривизны), обусловленные использованием улучшенной крупносеточной дискретизации и представляющие собой поправки к обычным членам.

Для решения задачи с внешним источником нейтронов используется алгоритм Г.Я. Румянцева, обеспечивающий возможность быстрой сходимости итерационной процедуры решения.

Для подготовки малогрупповых нейтронно-физических констант используется трехмерный 26-групповой расчет нейтронного поля в той же геометрической модели, для которой проводится основной малогрупповой расчет. Результаты 26-группового расчета используются не только для усреднения сечений, но также и для формирования начального распределения потоков нейтронов.

Учет гетерогенной структуры элементарных объемов расчетной модели производится на основе итерационной процедуры подбора гомогенизированных констант. Уравнения изотопной кинетики нуклидов решаются аналитически с применением программного средства «CARE_03», с использованием формулы Бейтмана по методу суммаций.

При расчете нейтронно-физических характеристик для установившегося режима перегрузок реактора БН-800 учитывается предполагаемое систематическое расхождение расчетных и экспериментальных величин: эффективности стержней СУЗ, максимального запаса реактивности, подкритичности реактора. Для этого вводятся поправочные коэффициенты – множители для расчетных величин, при использовании которых обеспечивается не превышение погрешностей, указанных в п. 2.5 настоящего приложения.

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

Неотъемлемой частью ПС является программа подготовки констант CONSYST (версия 0601), в состав которой входит:

базовая бинарная библиотека «ABBN93g.01a», которая содержит 28-групповые константы для 137 стабильных изотопов (константы для нестабильных изотопов, в особенности с малым периодом полураспада, в библиотеку не включены);

мультигрупповая бинарная библиотека «ABBN93m.01a», которая включает в себя 299-групповые константы для 16 изотопов.

5 Дополнительная информация о ПС

Ниже приведены сведения об области применения ПС, которая не аттестуется:

расчет пространственного распределения и спектра плотности потока нейтронов;

расчет пространственного распределения и спектра ценностей нейтронов;

расчет ценности нейтронов деления;

расчет пространственного распределение флюенса нейтронов и максимальная повреждающая доза облучения ТВС в процессе выгорания топлива;

расчет поля скоростей реакций деления и захвата нейтронов;

расчет параметров воспроизводства топлива;

расчет выгорания топлива в процессе кампании реактора;

расчет коэффициентов чувствительности эффективного коэффициента размножения и дробно линейных функционалов потока к изменению ядерных концентраций нуклидов и расчет пространственного распределения коэффициентов чувствительности;

расчет времени жизни мгновенных нейтронов.

6 Пользователи ПС

Пользователями ПС являются специалисты следующих организаций, являющиеся разработчиками ПС и (или) прошедшие соответствующее обучение по применению ПС:

Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского

Открытое акционерное общество «Концерн Росэнергоатом» филиал «Белоярская атомная станция»;

Открытое Акционерное Общество «Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения им. И.И. Африкантова».

Ученый секретарь
экспертного Совета по аттестации
программных средств
при Ростехнадзоре

С.А. Шевченко

Председатель Секции № 1
«Нейтронно-физические расчеты»
экспертного Совета по аттестации
программных средств
при Ростехнадзоре

С.М. Зарицкий

Экспертиза