

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савоськин М.М., Морозова Т.Б., Новиковская Е.И. и др. Аннотация программы КРАБ-1. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика и техника ядерных реакторов, 1984, вып. 6(43), с. 44.
2. Сулов И.П. Программа МССГ. Описание применения. Обнинск, изд. ФЭИ, 1987.
3. Майоров В.В. Программный комплекс ММКФК для расчета линейных функционалов потока излучения методом Монте-Карло, разработанный Франк-Каменецким. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика и техника ядерных реакторов, 1981, вып. 8(21).

Поступило в Редакцию 11.05.94

УДК 621.039.584

СНЕСК — ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПРОТЕЧКИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА В КОТЛОВУЮ ВОДУ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ АС С ВВЭР

Иванов Е.А., Пытков И.В., Хамьянов Л.П. (ВНИИАЭС)

Программа СНЕСК реализует описанный в работах [1—3] подход к расчету протечки теплоносителя первого контура через трубчатку или коллекторы в котловую воду парогенератора АС с ВВЭР.

В основу алгоритма положен анализ системы дифференциальных линейных уравнений, описывающих массоперенос радионуклидов по системам второго контура АС с ВВЭР. Рассмотрен важный для практики случай, когда все входящие в модель величины являются стационарными случайными функциями. В данной версии программы предполагается, что взаимодействие между отдельными парогенераторами через общие системы пренебрежимо мало, а сам парогенератор является системой с идеальным перемешиванием. На основе регрессионного анализа модели исследуемого процесса, входных данных и их погрешностей рассчитываются точечные и интервальные оценки протечки и расхода продувочной воды. Важной особенностью является возможность расчета протечек в отсутствие достоверной информации о расходе продувочной воды на очистку.

Протечки рассчитываются на основе периодически измеряемой удельной активности ^{131}I , ^{135}I , ^{24}Na и ^{42}K в теплоносителе первого контура и котловой воде парогенератора с учетом степени достоверности этих данных (погрешности измерений). Из этого перечня используются данные только о тех радионуклидах, погрешности измерения активности которых не превышает 30%.

При известном расходе продувочной воды на очистку для оценки протечки достаточно информации об активности одного радионуклида. Однако погрешность оценки протечки уменьшается с увеличением числа используемых радионуклидов.

При отсутствии данных о расходе продувочной воды парогенератора на очистку при расчете протечки используется информация более чем о двух радионуклидах. В расчете используются следующие технологические параметры эксплуатации парогенератора: паропроизводительность, влажность пара, масса котловой воды, расход продувочной воды на очистку (если измеряется). В программу также вводится дата измерения, название парогенератора и необходимый комментарий.

Результаты расчета выводятся как на экран дисплея, так и на печать. На экран дисплея выводится следующая информация: название парогенератора и энергоблока АС, дата расчета, средняя протечка, доверительный интервал для протечки, расхода котловой воды на очистку, доверительный интервал для расхода котловой воды на очистку, а также оценка протечки по каждому из реперных радионуклидов. Кроме того, подаются визуальный и звуковой сигналы в случае превышения протечкой предельного значения или неудовлетворительного качества входных данных. На печать (принтер) выводится название парогенератора и энергоблока АС, дата расчета, все входные данные, средняя протечка, доверительный интервал для протечки, расход котловой воды на очистку, доверительный интервал для расхода котловой воды на очистку, а также радионуклидная оценка протечки. В случае превышения предельной протечки или неудовлетворительного качества входных данных подается визуальный сигнал.

Предусмотрено сохранение входных данных и результатов расчета в архиве на жестком диске в виде файлов. Архив данных входит в виде модуля в программу СНЕСК, позволяет организовывать файловую структуру и осуществлять оперативный доступ к хранящейся информации о протечках в парогенераторе.

Программа СНЕСК реализована для IBM совместимых компьютеров, работает в среде MS DOS и занимает около 130 кбайт. Ее несомненным достоинством является принципиальная возможность экспериментальной проверки программы на основе сравнения рассчитанного и измеренного расхода продувочной воды на очистку. Верификация метода проведена на Запорожской, Ровенской, Балаковской и других АЭС России и Украины.

Применение программы СНЕСК позволяет с высокой степенью надежности исключать на АС с ВВЭР случаи необоснованной остановки энергоблоков по критерию превышения расчетной протечки предельно допустимого уровня и тем самым повысить ее экономические показатели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Е.А., Пырков И.В., Хамьянов Л.П. Модель накопления радионуклидов в котловой воде парогенераторов АЭС с ВВЭР-440 и -1000. — Атомная энергия, 1994, т. 77, вып. 1, с. 58—63.
2. Иванов Е.А., Пырков И.В., Хамьянов Л.П. Методика диагностики протечки теплоносителя первого контура в котловую воду парогенераторов АЭС с ВВЭР-400 и -1000. — Там же, с. 51—58.
3. Циркуляр «О допустимой величине и методике контроля протечки теплоносителя первого контура и нормировании активности радионуклидов технологических сред второго контура атомных электростанций с реакторами типа ВВЭР-400 и ВВЭР-1000». М., Минатомэнергопром СССР, 17.05.1991 г.

Поступило в Редакцию 16.09.94

УДК 539.125.52

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО СЧЕТЧИКА МНОЖЕСТВЕННОСТИ НЕЙТРОНОВ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

*Коняев А.Е., Медведев А.Б. (ВНИИНМ им. А.А. Бочвара),
Горобец А.К., Демидов Л.И. (НИИАР), Андросенко А.А., Андросенко П.А. (ФЭИ)*

Счетчики множественности нейтронов являются важным инструментом для прецизионного определения плутония в широком диапазоне изменения содержания, изотопного и химического состава, плотности и механической структуры анализируемых композиций. Основным негативным аспектом, сдерживающим их использование для обеспечения международных гарантий, — большие габариты и масса нейтронных детекторов, а также высокая стоимость.

В рамках контракта с МАГАТЭ проводится разработка портативного счетчика множественности нейтронов, характеристики и стоимость которого были бы приемлемыми для целей гарантий МАГАТЭ [1].

В качестве замедлителя нейтронов выбран высокоплотный особочистый полиэтилен. Измерительный колодец имеет диаметр 170 мм (как в PLNC-2) с учетом кадмиевого рукава толщиной 1,5 мм. Для регистрации замедленных нейтронов используются 72 счетчика СИМ-33а с корпусом диаметром 32 мм и длиной активной части 550 мм, заполненные ^3He под давлением $4 \cdot 10^5$ Па с добавкой 0,7% аргона. Счетчики СИМ-33а предназначены для эффективной работы в пропорциональном режиме. Использование счетчиков отечественного производства позволило значительно снизить (по сравнению с зарубежными аналогами) общую стоимость установки без ухудшения качества работы.

Геометрия блока детектирования оптимизировалась с применением версии комплекса программ BRAND-PC [2], предназначенной для моделирования методом Монте-Карло отклика детекторов нейтронного и фотонного излучения при реализации неразрушающих методов анализа. Моделировалось размещение 72 счетчиков СИМ-33 в особочистом высокоплотном полиэтилене в виде трехкольцевой сборки с 16, 24 и 32 счетчиками в первом, втором и третьем кольцах соответственно, концентрически вокруг центрального колодца. Положение счетчиков варьировалось для получения небольшого времени жизни нейтронов высокой и квазипостоянной эффективности регистрации по объему колодца и диапазону энергии нейтронов от 1,4 до 2,8 МэВ. Как показали расчеты, толщина кольцевого слоя, в котором эффективно регистрируются нейтроны трехкольцевой сборки счетчиков СИМ-33а, составляет 130—150 мм, что совпадает с толщиной слоя, перекрываемого четырехкольцевой сборкой счетчиков, которые применяют авторы работы [3]. Вклад четвертого кольца счетчиков СИМ-33а составил бы всего 5—7% общей эффективности нейтронного детектора, поэтому его использование нецелесообразно.

В качестве материала для крышек, закрывающих измерительный колодец сверху и снизу, выбран графит. Оптимальная толщина слоя графита 150 мм.

Рассчитанная эффективность нейтронного детектора составляет $44 \pm 4\%$ при времени жизни нейтронов 57,8 нс.

Внешняя защита блока детектирования изготовлена из борированного полиэтилена, экранированного с двух сторон кадмием толщиной 1,5 мм. Габаритные размеры собранного блока детектирования составляют 650 мм по ширине и 950 мм по высоте с учетом размеров транспортной тележки, масса не превышает 240 кг. Для усиления и формирования сигналов со счетчиков используются зарядово-чувствительные предусилители-дискриминаторы А-III фирмы AMPTEK Inc. (США). На вход каждого предусилителя поступают сигналы не более чем с четырех счетчиков одного из колец сборки.

После суммирования поток импульсов необходимо подвергнуть временному анализу. Первоначально для измерения факториальных моментов распределения множественности нейтронов предполагалось использовать метод сортировки по кратности импульсов, находящихся в главном регистре сдвига, в момент