

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ –
ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени А.И. ЛЕЙПУНСКОГО

ФЭИ – 3281

Г.Б. Ломаков, Г.Н. Мантуров

**МАЛОГРУППОВАЯ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА
НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
СКОРОСТНЫХ (ДИНАМИЧЕСКИХ) РАСЧЕТОВ**

Обнинск – 2018

УДК 539.125.523.43

Г.Б. Ломаков, Г.Н. Мантуров

Малогрупповая проблемно-ориентированная система нейтронно-физических констант для проведения скоростных (динамических) расчетов.

Препринт ФЭИ – 3281, Обнинск, 2018. – 16 с.

Универсальные расчетные средства не позволяют обеспечить достаточное быстродействие системы, когда речь идет о сопровождении или расчете изменений нейтронно-физических характеристик во времени определенной ядерной установки. Время тратится на заложенные в программе алгоритмы и методики, позволяющие описать широкий спектр ядерных объектов, и, зачастую, не влияющих на характеристики данной рассчитываемой установки. Поэтому создавать скоростную проблемно-ориентированную систему необходимо под конкретную установку с заранее известными функционалом и потребностями.

Документ содержит описание некоторых основ для создания скоростной системы нейтронно-физических констант.

Введение

Современные системы групповых констант ориентированы на обеспечение широкого круга задач и возросшей точности нейтронно-физических расчетов, посредством увеличения числа групп, разбиения природных смесей на изотопы и уменьшения закладываемых приближений. Поэтому время подготовки данных для многозонных расчетов становится, в некоторых случаях, сравнимым с временем счета, откуда возникает потребность в ускорении подготовки данных.

На сегодняшний день зарекомендованной системой групповых констант у нас в стране является БНАБ-РФ [1], пришедшая на смену БНАБ-93 [2]. Система состоит из двух частей: библиотеки (базы данных) микроскопических констант БНАБ-РФ [3] и программы подготовки макроконстант CONSYST-RF [4]. Существует методика подготовки групповых констант, которая включает в себя две (на других не будем заострять внимание) наиболее важные особенности подготавливаемых материалов: температура материала и доля ядер одного нуклида в материале по отношению к другим ядрам.

С помощью последней можно определить на сколько сильно изменится поток нейтронов в результате их резонансного поглощения на отдельно взятом нуклиде (элементе). Если ядер нуклида в материале незначительно, то изменение потока будет не существенно, но если количество ядер нуклида будет преобладать в материале, то поток нейтронов с энергией, соответствующей наибольшему значению сечения (вероятность взаимодействия нейтронов с ядром) в резонансе, будет уменьшаться, а, следовательно, и сечение в данной группе (энергетическом интервале) будет уменьшаться (блокироваться, самоэкранироваться). Это и называется резонансной самоэкранировкой. Пример резонансной самоэкранировки приведен на рисунке 1. У поточечного представления в области разрешенных резонансов она отсутствует, т. к. моделируется непосредственно в расчетной программе, а в групповом представлении видно уменьшение сечения при уменьшении сечения разбавления (чем больше ядер нуклида в материале, тем меньше сечение разбавления). Сечение разбавления равно 10^{10} называется сечением при бесконечном разбавлении и групповое сечение взаимодействия (полное, упругое, захват, деление) нейтрона с ядром соответствует среднему сечению. В библиотеке БНАБ-РФ присутствуют факторы резонансной самоэкранировки (факторы Бондаренко, факторы резонансной блокировки) для 26 сечений разбавления от 0,03 до 10^{10} , промежуточные значения получаются путем интерполяции. Конечно, сечение разбавления, при котором необходимо взять сечения, вычисляется итерационным путем, как правило, в 2–3 итерации. Описанная процедура занимает наибольшее время при подготовке констант для нейтронно-физических расчетов, поэтому снижение этого времени позволит существенно сократить итоговое время подготовки констант.

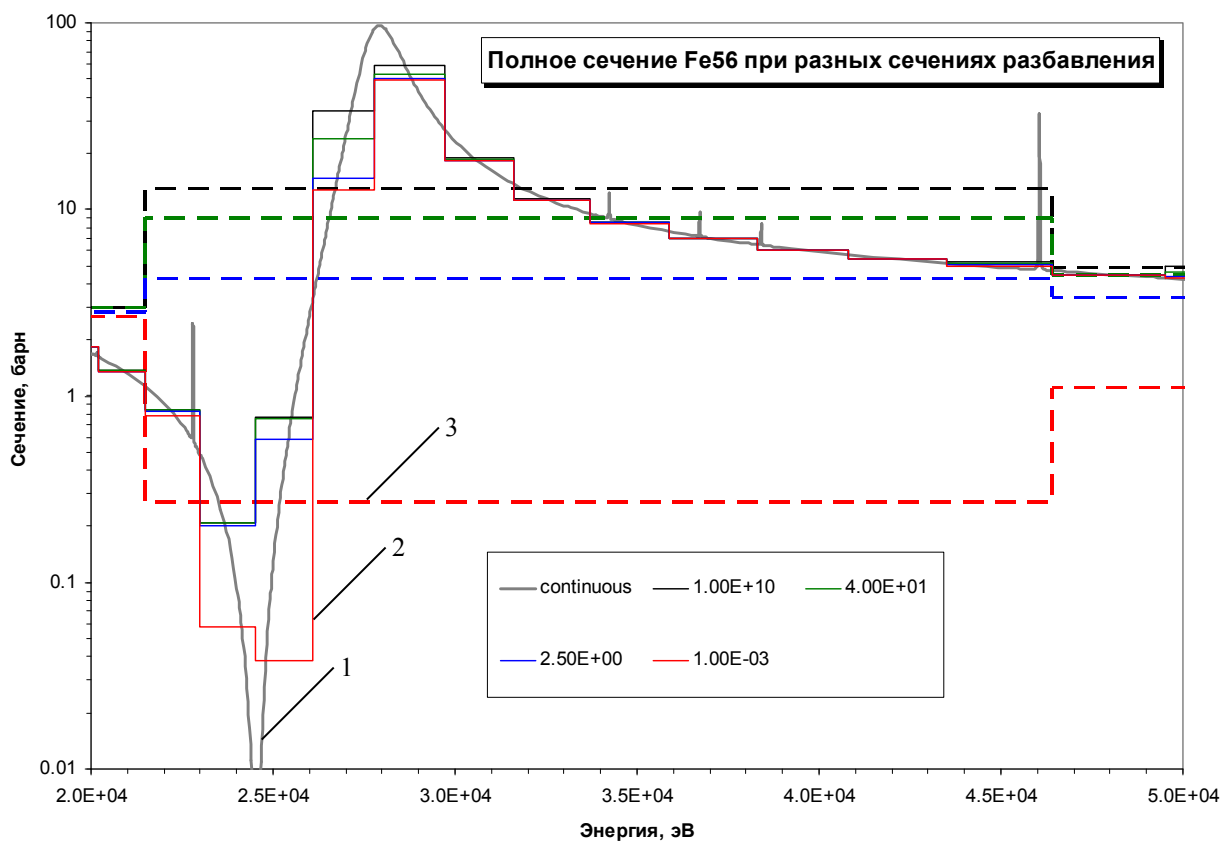


Рисунок 1 – Резонансная самоэкранировка на примере полного сечения железа-56 в поточечном (1), 299-групповом (2) и 26-групповом (3) представлении для температуры 900 К

Вторым важным составляющим является температура ядер. Для описания температурного (доплеровского) уширения резонансов в библиотеке БНАБ-РФ подготовлены значения факторов резонансной самоэкранировки для шести опорных температур: 300, 550, 900, 1400, 2100 и 3000 К. При вводе пользователем значения температуры отличной от перечисленных, выполняется интерполяция факторов Бондаренко, что опять же увеличивает время подготовки данных. Пример доплеровского уширения для трех температур приведен на рисунке 2.

Сокращая время подготовки констант необходимо сохранить близкую к БНАБ-РФ точность рассчитываемых, с помощью скоростной системы, величин. Этого можно добиться, изучив достаточно подробно исследуемую установку. Зная температурные режимы, составы материалов и нейтронный спектр установки, а также их изменение со временем можно сформировать малогрупповую библиотеку для обеспечения нейтронно-физических расчетов с достаточной точностью.

Немаловажной задачей, при создании новой системы, является удобство перехода с существующей системы констант на новую. От этого зависит лояльность пользователей к новой системе и скорость её внедрения в расчетную практику.

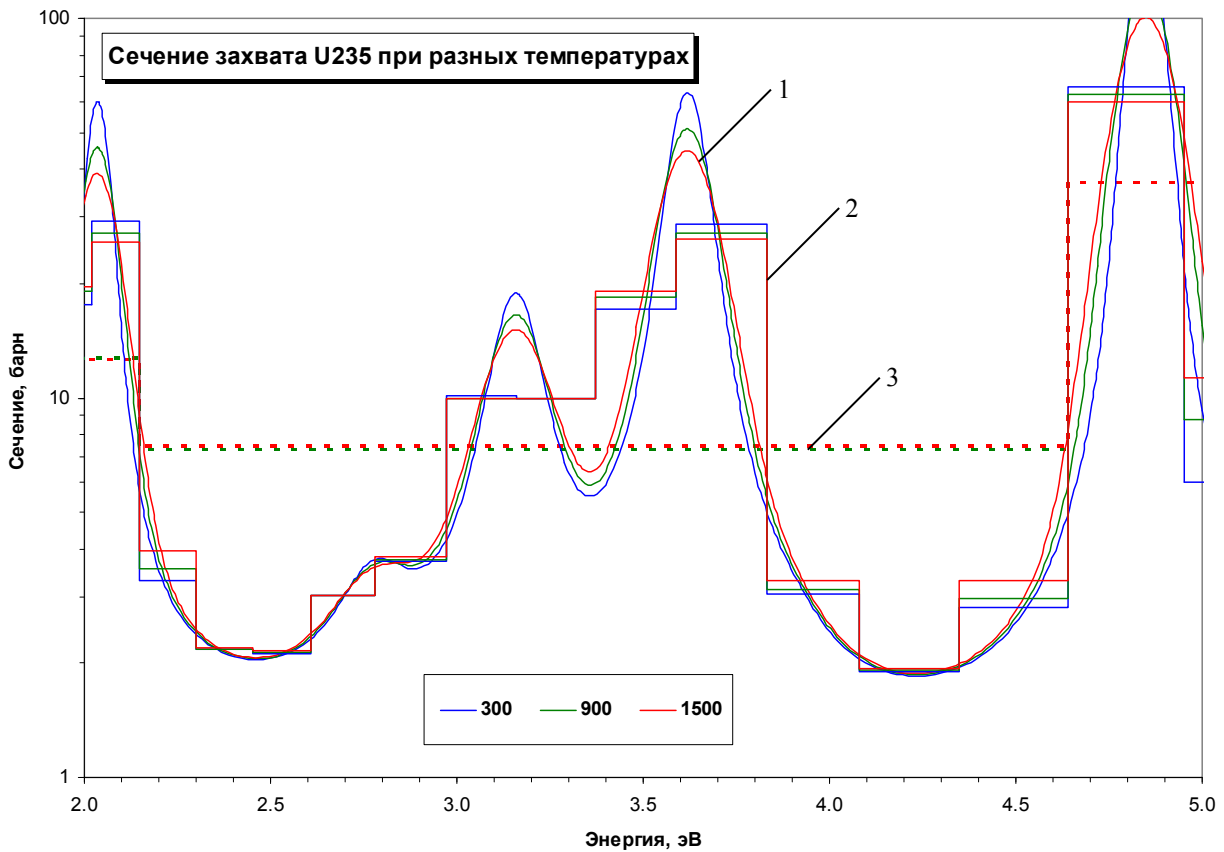


Рисунок 2 – Доплеровское уширение резонансов на примере сечения захвата урана-235 в поточечном (1), 299-групповом (2) и 26-групповом (2) представлении для температур 300, 900 и 1500 К

Такая малогрупповая система нейтронно-физических констант будет полезна не только при расчетах изменения поведения реактора во времени (при динамических расчетах), но и при моделировании изотопной кинетики, аварийных процессов с изменением состава материальных зон, а также, например, при создании тренажеров управления ядерной установкой.

Настоящий документ посвящен описанию методики формирования библиотеки малогрупповых констант и программы скоростной подготовки макроконстант, используя верифицированную систему CONSYST/БНАБ-РФ с полным набором подготавливаемых величин. Т. к. формат хранения микроскопических данных библиотеки малогрупповых констант зависит от спектра установки, используемых материальных композиций, их температур, а также от расчетной программы, то в данном документе помимо описания будет приведен пример работы такой системы, сформированной для быстрого реактора и расчетного кода с использованием формата ANISN.

1 Библиотека малогрупповых данных

Основной и уникальной частью системы является библиотека малогрупповых констант, т. к. набор сечений, спектр усреднения, число групп и другие параметры зависят от требований пользователя. В этом главное отличие и выигрыш во времени при подготовке констант проблемно-ориентированной системой от универсальной.

Наполнение библиотеки можно разбить на две части: параметры хранимых данных и сами данные. Вторую часть, для ускорения подготовки макроконстант, лучше хранить в формате, который использует расчетная программа, чтобы не использовать дополнительные алгоритмы в программе подготовки констант для перевода массивов констант из формата хранения в необходимый для записи формат и, тем самым, уменьшить вероятность ошибки чтения/записи. Первая часть не зависит от расчетной программы и должна содержать необходимые данные для идентификации файла библиотеки, его размерности (число групп, полиномов Лежандра, температур и т. д.) и значений (сечения разбавления, температуры и средние полные сечения для этих наборов параметров).

Каждый элемент библиотеки представляет собой бинарный файл прямого доступа для каждого отдельно взятого элемента (^{235}U , ^{239}Pu , Fe и т. д.). В любой момент библиотеку можно пополнить недостающим элементом или заменить существующий. При формировании файла библиотеки создается файл описания с кратким перечнем используемых при создании параметров, таких как имя элемента, число и значения температур и сечений разбавления, число групп и длина таблицы.

Для уменьшения времени подготовки констант, данные по температуре и сечению разбавления не интерполируются, а используются ближайшие к входному или расчетному значению. Зная рабочие температуры можно с достаточной точностью выбрать наиболее значимые узлы по температуре. Для каждой температуры необходимо записать микроскопические данные для каждого узла из выбранной заранее сетки по сечению разбавления, исходя из материальных композиций и их возможного изменения со временем. Для определения сечения разбавления выбранной температуры элемента и использования заблокированных сечений в библиотеку записываются средние полные сечения для каждой температуры и сечения разбавления, полученные сверткой на спектре установки. Пример формата хранения данных в библиотеке малогрупповых констант приведен в приложении А.

Такое хранение данных подразумевает использование большого объема памяти на жестком диске (например, данные в формате ANISN для одного (!) нуклида в 26-групповой структуре с 55 температурами и 74 сечениями разбавления в R_3 -приближении занимают 107 Мб, в то время как полная библиотека БНАБ-РФ 200 Мб), из-за чего это практически невозможно было реализовать (из-за малых объемов памяти) на устройствах 15-летней давности.

Исходя из того, что отправной точкой создания проблемно-ориентированной библиотеки служит БНАБ-РФ с её 299-групповой структурой, то границы новых широких групп должны являться подмножеством существующих границ, а спектр должен быть в представлении 299 групп БНАБ.

Для создания такой библиотеки необходимо задать несколько граничных условий, основным из которых является спектр установки, для которой разрабатывается система. Вторым, важным условием, является определение какие именно мультигруппы будут свернуты в широкие группы. Следующими условиями являются необходимые температуры и сечения разбавления. Немаловажными параметрами при подготовке малогрупповой библиотеки является выбор числа полиномов Лежандра, а также задание параметра ИТ, положения полного сечения (для хранения дополнительных сечений) и параметра ИНС, определяющего число групп с рассеянием наверх (для расчета тепловых систем). Предусмотрена возможность формирования малогрупповых констант в области энергий, где имеется рассеяние нейтронов с термализацией.

Создание библиотеки происходит в два этапа. Первый этап – это формирование заблокированных микроконстант для каждой из температур в формате ANISN и, второй этап, расчет средних полных сечений для всех температур и сечений разбавления.

В рассматриваемом примере библиотеки принято число групп 26 (для сравнения по временным показателям с существующими), шаг по температуре 50 градусов от 300 до 3000 К и число температур составило 55 штук (таблица 1). Алгоритм подготовки макроконстант подразумевает одинаковую разбивку по температурам для всех нуклидов.

Для сечений разбавления определен набор в 74 значения (таблица 2).

Таблица 1 – Перечень температур, для которых хранятся заблокированные микросечения

T, K	T, K	T, K	T, K	T, K
300,0	850,0	1400,0	1950,0	2500,0
350,0	900,0	1450,0	2000,0	2550,0
400,0	950,0	1500,0	2050,0	2600,0
450,0	1000,0	1550,0	2100,0	2650,0
500,0	1050,0	1600,0	2150,0	2700,0
550,0	1100,0	1650,0	2200,0	2750,0
600,0	1150,0	1700,0	2250,0	2800,0
650,0	1200,0	1750,0	2300,0	2850,0
700,0	1250,0	1800,0	2350,0	2900,0
750,0	1300,0	1850,0	2400,0	2950,0
800,0	1350,0	1900,0	2450,0	3000,0

Таблица 2 – Перечень сечений разбавления, для которых подготовлены заблокированные микросечения для каждой из температур

σ_0 , барн	σ_0 , барн	σ_0 , барн	σ_0 , барн	σ_0 , барн
0,00E+00	3,50E+00	1,00E+02	3,00E+03	3,00E+05
1,00E-01	4,00E+00	1,50E+02	4,00E+03	5,00E+05
2,00E-01	5,00E+00	2,00E+02	5,00E+03	7,50E+05
3,00E-01	6,00E+00	2,50E+02	6,00E+03	1,00E+06
4,00E-01	7,00E+00	3,00E+02	7,00E+03	2,50E+06
5,00E-01	8,00E+00	4,00E+02	8,00E+03	5,00E+06
6,00E-01	9,00E+00	5,00E+02	9,00E+03	7,50E+06
7,00E-01	1,00E+01	6,00E+02	1,00E+04	1,00E+07
8,00E-01	1,50E+01	7,00E+02	1,50E+04	5,00E+07
9,00E-01	2,00E+01	8,00E+02	2,00E+04	1,00E+08
1,00E+00	2,50E+01	9,00E+02	3,00E+04	5,00E+08
1,50E+00	3,00E+01	1,00E+03	5,00E+04	1,00E+09
2,00E+00	4,00E+01	1,50E+03	7,50E+04	5,00E+09
2,50E+00	5,00E+01	2,00E+03	1,00E+05	1,00E+10
3,00E+00	7,50E+01	2,50E+03	2,00E+05	-

Список элементов мало групповой библиотеки приведен в таблице 3. Он может быть расширен при необходимости.

Таблица 3 – Список нуклидов в мало групповой библиотеке

№	Нуклид	№	Нуклид	№	Нуклид	№	Нуклид
1	AL	11	H	15	B-10	17	U235
2	FE	12	O	16	B-11	18	U236
3	CR	13	C			19	U238
4	NI	14	N			20	PU39
5	MN					21	PU40
6	MO					22	PU41
7	NB					23	PU42
8	NA					24	FP39
9	PB						
10	BI						

2 Программа подготовки макроконстант

Программа подготовки мало групповых макроконстант первоначально нацелена на использование библиотеки с одинаковыми наборами температур. Сечений разбавления может быть сколько угодно, причем для каждого элемента (нуклида) библиотеки может быть подготовлен свой перечень. Для ускорения определения температуры нуклидов важно использовать единую разбивку по

температуре для всех элементов библиотеки, причем их значения будут определяться по первому введенному нуклиду в задании. Пользователь должен понимать, что любая универсальность системы констант (да и любой программы) увеличивает время работы программы.

Есть возможность введения дополнительного параметра для нуклидов – приоритета, определяющего для каких нуклидов выполнять операцию «блокировки», а для каких этот эффект не учитывать и брать для бесконечного разбавления.

Программа подготовки макроконстант первоначально настроена на чтение входного задания на CONSYST, а именно параметров NMOM, IZT, INZ, NAME, RO, TEM, TEMIZ. Такие параметры, как полное число групп (NG), число групп с рассеянием наверх (IHS) и положение полного сечения (IHT) из входного задания считываются, но эти параметры предопределены в формируемой библиотеке заблокированных микросечений. Параметр NMOM может быть меньше, чем в библиотеке и тогда макроконстанты будут рассчитаны для меньшего числа полиномов Лежандра.

В программе подготовки макроконстант, при выборе массива заблокированных микроконстант происходит определение ближайшей, к заданной пользователем, температуры каждого нуклида в каждом материале и затем осуществляется расчет сечений разбавления для каждого нуклида в каждом материале. Средние сечения рассчитываются в две итерации. В первой итерации берутся средние полные сечения для бесконечного разбавления выбранной температуры и определяются сечения разбавления для каждого нуклида материала. На второй итерации выбираются средние полные сечения для ближайшего к расчетному сечению разбавления выбранной температуры и также вычисляются сечения разбавления. Затем выбираются малогрупповые микроконстанты для ближайшего сечения разбавления выбранной температуры, которые умножаются на концентрацию данного элемента в материале и суммируются с остальными. Структура файла прямого доступа позволяет, зная местоположение данных, сразу перейти к чтению и умножению на концентрацию, без необходимости «пролистывания» файла целиком.

В программе предусмотрена различная длина печати (IPRINT). При выборе короткой печати (IPRINT=0), в выходной файл записываются только основные параметры и временные метки. При выборе средней длины печати (IPRINT=1) добавляется печать концентраций и температур после чтения входного задания и итоговые температуры и номера сечений разбавления с концентрациями, которые используются непосредственно для подготовки макроконстант. Максимальная печать (IPRINT=2) записывает в файл значение итогового расчетного сечения разбавления, с помощью которого выберут ближайшее из библиотеки для получения заблокированных макроконстант.

Пример выходного листинга со средней длиной печати приведен в приложении Б.

3 Тестирование

Для тестирования созданного инструмента были подготовлены 26-групповые константы, необходимые для расчета тестовой модели быстрого натриевого реактора и SCHERZO-5.56, свернутые на соответствующих спектрах.

Тест № 1.

Проведены расчеты SCHERZO-5.56 в 26 группах по программе TWODANT с фиксированным спектром деления:

- (а) с использованием созданной малогрупповой системы FastCons,
- (б) с использованием констант БНАБ-РФ и
- (в) констант БНАБ-93.

Результаты расчетов и скорость подготовки констант приведены в таблице 4.

Данные по скорости подготовки констант показывают о 14-кратном и почти пятикратном ускорении по сравнению с БНАБ-РФ и с БНАБ-93 (за счет того, что мультигрупповые данные в БНАБ-93 заданы не для всех изотопов) соответственно. Отключение мультигрупповой библиотеки БНАБ-93 уменьшает время подготовки констант, но все же не опережает новую систему подготовки констант. Константы по всем системам подготовлены в 26 группах.

Таблица 4 – Результаты расчета критичности SCHERZO-5.56 и время подготовки констант

	FastCons	БНАБ-РФ	БНАБ-93
$K_{эфф}$	0,99706	0,99681	0,99893
Время, с	0,015	0,23	0,08

Тест № 2.

Проведен расчет тестовой модели быстрого натриевого реактора, содержащей СУЗы, осколки деления, мокс-топливо и более расширенный набор материалов, чем в предыдущей задаче. Для модели реактора константы готовились для 12 материалов и 19 изотопов.

Второй тест лучше показывает работоспособность системы малогрупповых констант. Все расчеты выполнялись по коду ММККЕНО [5], где в отличие от TWODANT, используется записанный в файл констант спектр нейтронов деления. Результаты расчета второго теста с использованием различных вариантов подготовки констант и временные характеристики приведены в таблице 5. Статистическая погрешность всех результатов расчета составляет 0,0003.

Таблица 5 – Результаты расчетов тестовой модели быстрого натриевого реактора по программе ММККЕНО с использованием различных вариантов подготовки констант и временные характеристики

	FastCons (26)	БНАБ-РФ (299)	БНАБ-РФ (26)	БНАБ-93 (26)
$K_{эфф}$	1,0034	1,0025	1,0031	1,0030
Время, с	0,3	9,45	1,48	0,75

Из полученных результатов видно, что малогрупповая система практически не уступает по точности (менее 0,1 %) универсальной системе (БНАБ-РФ (26)), в то же время скорость подготовки данных увеличилось в 5 раз.

4 Быстродействие

Было проведено тестирование быстродействия разработанной системы при подготовке 26-групповых «динамических» констант для 30 000 материалов (зон), для 14 нуклидов в P_3 -приближении (таблица 6).

Проведены расчеты по программе CONSYST и FastCons (три варианта):

- (а) с использованием FastCons и созданной малогрупповой системы,
- (б) с использованием CONSYST и констант БНАБ-РФ,
- (в) с использованием CONSYST и констант БНАБ-93.

Таблица 6 – Временные расчетные характеристики подготовки констант для 30 000 материалов (зон) тестовой модели быстрого натриевого реактора

	FastCons	CONSYST БНАБ-РФ	CONSYST БНАБ-93
Без записи в ANISN, с	5	1480	90
С записью в ANISN, с	74	1610	290

Использовалось одно и то же задание на CONSYST для всех трех вариантов. Расчеты по БНАБ-93 были выполнены с подключением только 28-групповой библиотеки (без мультигрупп). Расчеты по системам малогрупповых констант FastCons и БНАБ-РФ были выполнены стандартным способом. Сравнивались временные характеристики подготовки констант: (а) с записью текстового файла ANISN и (б) без записи файла. Вариант «без записи файла ANISN» может быть использован, например, при хранении этого файла в памяти ЭВМ.

По системам констант БНАБ-93 и БНАБ-РФ был выполнен расчет только GMF файла (NOUT=1), без формирования файла макроконстант ANISN, в то время как в системе малогрупповых констант временная отметка соответствует полностью сформированным макроконстантам для записи в файл ANISN (то есть, на самом деле, времена расчетов с константами БНАБ-93 и БНАБ-РФ больше).

Время расчета по системам констант представлено без долей секунд, но и без этого видно быстродействие новой системы. Несмотря на то, что система БНАБ-РФ подготавливает блокированные константы значительно дольше БНАБ-93, запись в файл (разница между первыми двумя) осуществляется быстрее за счет меньшего количества дополнительных операций.

Из сравнения быстродействия систем видно значительное превосходство новой системы перед стандартной подготовкой констант через CONSYST.

5 Использование программы

Программа FastCons использует задание на CONSYST и файл CONFIG.DRV для определения названия входных и выходных файлов, путей к библиотекам и т. п.

Запуск программы осуществляется командой «FastCons.exe».

Имя файла входного задания определяется ключевым словом «EDIT:».

Имя выходного файла определяется ключевым словом в файле CONFIG.DRV «RESULT:».

Путь к файлам исходной библиотеки констант определяется ключевым словом «FASTLIB:».

Имя выходного файла констант определяется ключевым словом «WORK.TWO:».

То есть поддерживается традиционный ввод данных для подготовки макроконстант, что исключает появление каких-либо неудобств для пользователя.

Заключение

Разработан инструмент формирования «динамической» библиотеки мало-групповых констант в любое число групп (на основе 299) с заданным спектром, границами, температурами и сечениями разбавления. Набор подготавливаемых сечений определяется пользователем и соответствует стандартам параметра ИНТ.

Разработаны формат хранения микроскопических данных и программа подготовки макроконстант, используя полученную библиотеку. Тестовые расчеты эффективного коэффициента размножения показывают хорошее согласие (в пределах $\pm 0,1\%$) между результатами с использованием «динамической» системы констант и традиционными. Сравнение временных характеристик показывает существенное преимущество разработанной системы. В данной версии программы отсутствуют процедуры распараллеливания вычислений для ускорения расчета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Групповые константы для расчёта ядерных реакторов / Абагян Л.П., Базазянц Н.О., Бондаренко И.И., Николаев М.Н. – М: Атомиздат, 1964.
2. Мантуров Г.Н., Николаев М.Н., Цибуля А.М. Система групповых констант БНАБ-93 // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерные константы. 1997. Вып. 1. С. 59-75.
3. Кошечев В.Н., Мантуров Г.Н., Николаев М.Н., Цибуля А.М. Библиотека групповых констант для расчетов реакторов и защиты // Известия вузов. Ядерная Энергетика. 2014. № 3. С. 93.
4. Мантуров Г.Н., Николаев М.Н., Цибуля А.М. Программа подготовки констант CONSYST. Описание применения: Препринт ФЭИ-2828. Обнинск. 2000.
5. Блыскавка А.А., Николаев М.Н., Цибуля А.М. Программный комплекс ММККЕНО для расчета ядерных реакторов методом Монте-Карло. ГНЦ РФ-ФЭИ. Обнинск, 2002.

Формат хранения данных в мало групповой системе констант FastCons

Позиции записей в файле библиотеки прямого доступа (recl=8) удобней приводить таблицей. Все целочисленные и вещественные числа 8-разрядные.

Таблица А1 – Описание формата мало групповых констант

Позиция в файле	Название	Описание
1	NAME	Имя нуклида
2	NG	Число групп
3	IHM	Длина каждой группы
4	NMOM	Номер полинома Лежандра (при P ₀ NMOM=0 и т. д.)
5	NTEMP	Число температур
6	NSIG0	Число сечений разбавления
7...7+NTEMP-1	TEMP(I), I=1, NTEMP	Массив значений температур
7+NTEMP...7+NTEMP+NSIG0-1	SIG0(I), I=1, NSIG0	Массив значений сечений разбавления
7+NTEMP+NSIG0...7+NTEMP+NSIG0+NTEMP*NSIG0-1	AVRSIGTOT(I), I=1, NTEMP*NSIG0	Массив средних одnogрупповых полных сечений, свернутых из 299 групп на заданном спектре для каждой температуры и сечения разбавления
7+NTEMP+NSIG0+NTEMP*NSIG0...7+NTEMP+NSIG0+NTEMP*NSIG0+NG*IHM*(NMOM+1)*NSIG0*NTEMP	ANISN(I), I=1, NG* *IHM*(NMOM+1)* *NSIG0*NTEMP	Массив заблокированных сечений для каждой температуры, сечения разбавления и полинома Лежандра

PU41	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.
PU42	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.
FP39	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.
O	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.
NA	1.991E-02	700.	5.843E-03	700.	6.143E-03	700.	2.049E-02	700.	1.075E-02	700.	6.049E-03	700.
FE	5.059E-03	700.	8.946E-03	700.	5.052E-02	700.	5.059E-03	700.	1.386E-02	700.	8.946E-03	700.
CR	7.850E-04	700.	1.802E-03	700.	7.840E-03	700.	7.850E-04	700.	2.150E-03	700.	1.802E-03	700.
NI	1.131E-05	700.	8.840E-04	700.	1.130E-04	700.	1.131E-05	700.	3.098E-05	700.	8.840E-04	700.
MO	5.187E-05	700.	1.560E-04	700.	5.180E-04	700.	5.187E-05	700.	1.421E-04	700.	1.560E-04	700.
NB	1.429E-05	700.	3.942E-05	700.	1.428E-04	700.	1.429E-05	700.	3.915E-05	700.	3.942E-05	700.
MN	2.419E-05	700.	6.069E-05	700.	2.415E-04	700.	2.419E-05	700.	6.624E-05	700.	6.069E-05	700.
B-10	0.000E+00	700.	9.534E-03	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	2.011E-02	700.	9.534E-03	700.
B-11	0.000E+00	700.	3.862E-02	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	5.026E-03	700.	3.862E-02	700.
C	0.000E+00	700.	1.204E-02	700.	0.000E+00	700.	0.000E+00	700.	6.283E-03	700.	1.204E-02	700.

Start Determine TEMIZ at 10:44:33.095

Change NMOM on 3

Change NG on 26

Start Calc SIG0 at 10:44:33.095

Open Nuclide files:

- 1 u235.bin
- 2 u236.bin
- 3 u238.bin
- 4 pu39.bin
- 5 pu40.bin
- 6 pu41.bin
- 7 pu42.bin
- 8 fp39.bin
- 9 o.bin
- 10 na.bin
- 11 fe.bin
- 12 cr.bin
- 13 ni.bin
- 14 mo.bin
- 15 nb.bin
- 16 mn.bin
- 17 b-10.bin
- 18 b-11.bin
- 19 c.bin

NAME	Material 1			Material 2			Material 3			Material 4			Material 5			Material 6		
	RO	NSIG0	TEMP	RO	NSIG0	TEMP	RO	NSIG0	TEMP	RO	NSIG0	TEMP	RO	NSIG0	TEMP	RO	NSIG0	TEMP
u235	5.332E-06	57	1500.	8.043E-06	56	900.	1.113E-05	56	900.	2.733E-06	59	900.	6.161E-06	57	900.	0.000E+00	74	700.
u236	4.704E-07	62	1500.	4.091E-07	63	900.	3.039E-07	64	900.	9.000E-07	61	900.	8.422E-07	61	900.	0.000E+00	74	700.
u238	7.290E-03	27	1500.	9.481E-03	25	900.	1.218E-02	24	900.	6.675E-03	27	900.	9.178E-03	25	900.	0.000E+00	74	700.

pu39	1.063E-03	34	1500.	1.861E-04	43	900.	1.337E-04	45	900.	9.785E-04	35	900.	4.040E-04	39	900.	0.000E+00	74	700.
pu40	4.547E-04	38	1500.	7.756E-06	56	900.	3.453E-06	59	900.	4.703E-04	38	900.	2.561E-05	53	900.	0.000E+00	74	700.
pu41	5.773E-05	48	1500.	2.892E-07	64	900.	8.376E-08	65	900.	6.660E-05	47	900.	1.197E-06	60	900.	0.000E+00	74	700.
pu42	7.880E-05	47	1500.	3.967E-09	69	900.	0.000E+00	74	900.	7.307E-05	47	900.	2.986E-08	68	900.	0.000E+00	74	700.
fp39	4.400E-04	38	1500.	3.332E-05	52	900.	1.763E-05	54	900.	1.107E-03	34	900.	1.004E-04	46	900.	0.000E+00	74	700.
o	1.880E-02	23	1500.	1.943E-02	23	900.	2.470E-02	22	900.	1.880E-02	23	900.	1.943E-02	23	900.	0.000E+00	74	700.
na	6.533E-03	28	1500.	6.589E-03	28	900.	5.842E-03	29	900.	6.533E-03	28	900.	6.589E-03	28	900.	6.365E-03	24	700.
fe	1.607E-02	24	1500.	1.607E-02	24	900.	1.040E-02	26	900.	1.607E-02	24	900.	1.607E-02	24	900.	1.969E-02	14	700.
cr	2.494E-03	31	1500.	2.494E-03	31	900.	1.614E-03	33	900.	2.494E-03	31	900.	2.494E-03	31	900.	3.056E-03	28	700.
ni	3.593E-05	51	1500.	3.593E-05	51	900.	2.325E-05	54	900.	3.593E-05	51	900.	3.593E-05	51	900.	4.403E-05	46	700.
mo	1.648E-04	43	1500.	1.648E-04	43	900.	1.066E-04	46	900.	1.648E-04	43	900.	1.648E-04	43	900.	2.019E-04	38	700.
nb	4.540E-05	49	1500.	4.540E-05	49	900.	2.938E-05	53	900.	4.540E-05	49	900.	4.540E-05	49	900.	5.564E-05	44	700.
mn	7.682E-05	47	1500.	7.682E-05	47	900.	4.971E-05	49	900.	7.682E-05	47	900.	7.682E-05	47	900.	9.414E-05	43	700.
b-10	0.000E+00	74	1500.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	700.
b-11	0.000E+00	74	1500.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	700.
c	0.000E+00	74	1500.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	900.	0.000E+00	74	700.

16

	Material 7			Material 8			Material 9			Material 10			Material 11			Material 12		
NAME	RO	NSIGO	TEMP	RO	NSIGO	TEMP	RO	NSIGO	TEMP	RO	NSIGO	TEMP	RO	NSIGO	TEMP	RO	NSIGO	TEMP
u235	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.
u236	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.
u238	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.
pu39	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.
pu40	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.
pu41	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.
pu42	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.
fp39	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.
o	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.
na	1.991E-02	12	700.	5.843E-03	29	700.	6.143E-03	28	700.	2.049E-02	12	700.	1.075E-02	25	700.	6.049E-03	29	700.
fe	5.059E-03	25	700.	8.946E-03	27	700.	5.052E-02	12	700.	5.059E-03	25	700.	1.386E-02	24	700.	8.946E-03	27	700.
cr	7.850E-04	32	700.	1.802E-03	33	700.	7.840E-03	27	700.	7.850E-04	32	700.	2.150E-03	31	700.	1.802E-03	33	700.
ni	1.131E-05	53	700.	8.840E-04	36	700.	1.130E-04	45	700.	1.131E-05	53	700.	3.098E-05	51	700.	8.840E-04	36	700.
mo	5.187E-05	44	700.	1.560E-04	44	700.	5.180E-04	37	700.	5.187E-05	44	700.	1.421E-04	44	700.	1.560E-04	44	700.
nb	1.429E-05	51	700.	3.942E-05	51	700.	1.428E-04	44	700.	1.429E-05	51	700.	3.915E-05	50	700.	3.942E-05	51	700.
mn	2.419E-05	48	700.	6.069E-05	48	700.	2.415E-04	42	700.	2.419E-05	48	700.	6.624E-05	47	700.	6.069E-05	48	700.
b-10	0.000E+00	74	700.	9.534E-03	27	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	2.011E-02	21	700.	9.534E-03	27	700.
b-11	0.000E+00	74	700.	3.862E-02	18	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	5.026E-03	29	700.	3.862E-02	18	700.
c	0.000E+00	74	700.	1.204E-02	26	700.	0.000E+00	74	700.	0.000E+00	74	700.	6.283E-03	28	700.	1.204E-02	26	700.

 Prepare data at 10:44:33.188
 Write ANISN at 10:44:33.438
 > Finish at 10:44:33.46