

INDSUC - 17

MARKED COPY

INDC(CCP)*003

INDSUC-17

Государственный Комитет по использованию
атомной энергии СССР

ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АБАГЯН Л. П., БАЗАЗЯНЦ Н. О., БОНДАРЕНКО И. И.,
НИКОЛАЕВ М. Н.

ГРУППОВЫЕ КОНСТАНТЫ
БЫСТРЫХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ НЕЙТРОНОВ
ДЛЯ РАСЧЕТА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

TRANSL: INDSUC-17D



IAEA
RESEARCH UNIT
MASTER COPY

1963 г.

000019

О Г Л А В Л Е Н И Е

	стр
Введение	4
<u>Глава I.</u> Принципы составления и использования многогрупповых систем констант.	
§ 1. Обзор групповых констант	6
§ 2. Выбор энергетических интервалов группы	16
§ 3. Групповое усреднение макроскопических сечений среды	19
§ 4. Групповое усреднение эффективных сечений отдельных элементов	27
§ 5. Замечания об учёте гетерогенных резонансных эффектов	34
§ 6. Определение сечения замедления	38
§ 7. Сводка правил использования систем констант.	45
<u>Глава II.</u> Обзор использованных данных.	
§ 1. Сечение деления	53
§ 2. Среднее число вторичных нейтронов	56
§ 3. Спектр нейтронов деления	59
§ 4. Сечение захвата	61
§ 5. Неупругое рассеяние	67
§ 6. Угловое распределение упругого рассеяния...	75
<u>Глава III.</u> Таблицы групповых констант.	
Спектры нейтронов деления	77
Водород	78
Дейтерий	81
Литий - 6	84
Литий - 7	86
Бериллий	88
Б о р - I O	90
Б о р - II	92
Углерод	94
А з о т	96
Кислород	98
Натрий	100
Магний	102
Алмазний	104
Кремний	106
Калий	108

Кальций	110
Титан	112
Ванадий	114
Хром	116
Железо	118
Никель	120
М е д ь	122
Цирконий	124
Ниобий	127
Молибден	130
Тантал	133
Вольфрам	136
Рений	139
Свинец	142
Висмут	144
Торий - 232	146
Уран - 233	149
Уран - 234	152
Уран - 235	155
Уран - 236	158
Уран - 238	161
Плутоний - 239	164
Плутоний - 240	167
Плутоний - 241	170
Плутоний - 242	172
Осколки деления урана - 233	174
Осколки деления урана - 235	176
Осколки деления плутония - 239	178
Зависимость ξ от температуры среды	180
Библиография	181

В В Е Д Е Н И Е

В настоящее время при проектировании ядерных реакторов и их радиационных защит широкое применение получили многогрупповые методы нейтронных расчётов.

За последние годы она хорошо развита как теория таких методов, так и техника проведения многогрупповых расчётов на быстродействующих вычислительных машинах.

Подробное изложение этих вопросов можно найти, например, в книгах Вигнера и Вейнберга [1], Марчука [2] [3], Галанина [4] и в других руководствах по теории и методам расчётов реакторов.

В этих условиях важное значение приобретает составление многогрупповых систем констант, характеризующих взаимодействие нейтронов с ядрами реакторных и защитных материалов.

В разное время различными авторами было опубликовано большое число многогрупповых систем констант [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12].

Однако, в большинстве случаев эти системы охватывали весьма ограниченный круг элементов и были приспособлены для расчётов отдельных узких классов реакторов.

Кроме того, следует отметить, что до сих пор системы констант сравнительно быстро устаревают из-за поступления новой, более точной и более полной информации об элементарных процессах. Это обстоятельство делает необходимым периодический пересмотр используемых в расчётах значений констант.

В настоящей работе приводятся многогрупповые системы констант для быстрых и промежуточных нейтронов.

При их составлении был учтён опыт использования прежних систем констант и новые данные о взаимодействии нейтронов с ядрами.

Имелось ввиду достижение следующих целей.

1. Увеличение круга охваченных элементов и изотопов с тем, чтобы он включал по возможности все основные реакторные материалы, для которых имеет смысл составление полных систем констант. (Элементы и изотопы, для которых можно ограничиться заданием только одного сечения захвата для области медленных нейтронов, в настоящей работе не рассматриваются).

2. Разбиение энергетического интервала на достаточно большое число групп, обеспечивающее возможность использования систем констант для расчёта реакторов различных типов. (Хотя, конечно, заранее составляемые многогрупповые системы констант всегда имеют ограниченную

область применения).

3. Проведение учёта резонансной структуры сечений для наиболее важных элементов.

Хотя основное содержание этой работы составляют сами системы констант, однако в ней будут рассмотрены и некоторые методические вопросы, связанные с их составлением и использованием.

Как уже было отмечено выше, основное внимание в настоящей работе уделено константам для быстрых и промежуточных нейтронов.

Быстрые и промежуточные нейтроны играют важную роль в реакторах всех типов. В быстрых и промежуточных реакторах их роль является определяющей. Однако, и в тепловых реакторах процессы замедления и распространения быстрых и промежуточных нейтронов играют первостепенную роль. Кроме того, быстрые и промежуточные нейтроны в значительной мере определяют свойства радиационной защиты реакторов.

Константы тепловой группы нейтронов также приводятся, но лишь посредством задания значений сечений на свободных и неподвижных атомах для нейтронов с энергией в 0,025 эв.

Тем самым вопросы, связанные с составлением многогрупповых систем констант для точного расчёта термализации нейтронов, оказываются за рамками настоящей работы.

При составлении систем констант были использованы результаты работы многих научных сотрудников Гос.Комитета по использованию Атомной энергии.

В частности были использованы результаты систематизации экспериментальных и теоретических данных об эффективных сечениях произведённой Малышевым А.В., Гордеевым И.В., Кардашевым Д.А., Тошинским Г.И. и Захаровой С.М., Суворовым А.П., Случевской В.М. и другими.

Были использованы методы учёта резонансной структуры сечений, развитие Орловым В.В., Лукьяновым А.А. и Михайлуком Ф.Ф.

Большую роль сыграли обсуждения теоретических и экспериментальных данных о сечениях с Усачёвым Л.Н., Ставинским В.С., Стависским Ю.Я., Смирениным Г.Н., Сальниковым О.А., Андреевым В.Н., Кузьминовым Б.Д., Абрамовым А.И., Толстиком В.А. и др.

Многие вопросы, связанные с методикой составления и использования многогрупповых систем констант были выяснены в обсуждениях с Казачковским О.Д., Марчуком Г.И., Усачёвым Л.Н., Орловым В.В., Пупко В.И., Шиховым С.Б., Тошинским Г.И., Кочергиным В.П.

Групповые константы для водорода были составлены Лебедевой М.И.

Авторы глубоко благодарны академику АН УССР Лейпунскому А.И. за постоянное внимание к работе и советам.

INSTRUMENTAL

Gruppenkonstanten schneller und intermediärer Neutronen für
die Berechnung von Kernreaktoren

von ABAGJAN, L.P., BAZAZJANC, H.O., BONDARENKO, I.I., NIKOLAEV, M.N.

- Einleitung -

Zur Zeit werden bei der Planung von Kernreaktoren und ihren Strahlungsabschirmungen häufig die Multigruppenmethoden für Neutronenflußberechnung verwendet.

In den letzten Jahren wurde sowohl die Theorie dieser Methoden als auch die Technik der Multigruppenrechnungen mit schnellen Rechenmaschinen weiter entwickelt.

Eine genaue Erklärung dieser Fragen kann man z.B. in den Büchern von Wigner und Weinberg ¹⁾, Marčuk ²⁾³⁾, Galanin ⁴⁾ und in anderen Handbüchern zu Theorie und Methoden der Reaktorberechnung finden.

Unter diesen Bedingungen gewinnt die Aufstellung von Systemen von Multigruppenkonstanten, die die Wechselwirkung von Neutronen und Kernen in Reaktor- und Abschirmungsmaterialien charakterisieren, eine wichtige Bedeutung.

Zu verschiedenen Zeiten wurden von verschiedenen Autoren eine große Zahl von Systemen von Multigruppenkonstanten veröffentlicht ⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾. Jedoch in den meisten Fällen umfaßten diese Systeme nur wenige Elemente und waren nur für die Berechnungen einzelner enger Klassen von Reaktoren anwendbar.

Außerdem muß beachtet werden, daß bisher die Systeme der Konstanten aufgrund neuer genauerer und vollständigerer Kenntnisse über die Elementarprozesse verhältnismäßig schnell veralten. Dies erfordert eine periodische Überprüfung der bei den Berechnungen verwendeten Werte der Konstanten.

In der vorliegenden Arbeit werden Systeme von Multigruppenkonstanten für schnelle und intermediäre Neutronen behandelt.

Bei der Aufstellung dieser Systeme wurden die Erfahrungen aus der Anwendung früherer Konstantensysteme und neue Angaben über die Wechselwirkung von Neutronen und Kernen berücksichtigt.



IAEA
NUCLEAR DATA UNIT
BASTIA 0277

Es sollen folgende Ziele erreicht werden:

1. Der Kreis der Elemente und Isotope sollte dahin erweitert werden, daß er möglichst alle wichtigen Reaktorbaustoffe umfaßt, für die die Aufstellung vollständiger Konstantensysteme einen Sinn hat. (Die Elemente und Isotope, für die man sich auf die Angabe nur eines Einfangquerschnitts für den Bereich langsamer Neutronen beschränken kann, werden in unserer Arbeit nicht betrachtet.)

2. Die Aufteilung des Energieintervalls in eine ausreichend große Zahl von Gruppen, die die Möglichkeit der Verwendung von Konstantensystemen für die Berechnung verschiedener Reaktortypen gewährleistet (allerdings haben natürlich alle früher aufgestellten Systeme von Multigruppenkonstanten immer einen begrenzten Anwendungsbereich).

3. Die Berechnung der Resonanzstruktur der Querschnitte für die wichtigsten Elemente.

Obwohl der eigentliche Gehalt dieser Arbeit in den Konstantensystemen selbst besteht, werden doch auch einige methodische Fragen erörtert, die mit der Aufstellung und Anwendung der Konstanten zusammenhängen.

Wie schon oben bemerkt wurde, wird das Hauptgewicht in der vorliegenden Arbeit auf die Konstanten für schnelle und intermediäre Neutronen gelegt. Die schnellen und intermediären Neutronen spielen bei allen Reaktortypen eine wichtige Rolle. In schnellen und intermediären Reaktoren ist ihre Rolle bestimmend. Doch auch in thermischen Reaktoren spielen die Moderierung und die Verteilung der schnellen und intermediären Neutronen eine erstrangige Rolle. Außerdem bestimmen die schnellen und intermediären Neutronen die Eigenschaften der Strahlungsabschirmung der Reaktoren in starkem Maße. Die Konstanten der thermischen Neutronengruppe werden auch angeführt, aber nur durch Angabe der Querschnitte von freien und stationären Atomen für Neutronen der Energie 0,025 eV.

Ebenso erweisen sich die Fragen, die mit der Aufstellung von Systemen von Multigruppenkonstanten für die genaue Berechnung der Thermalisation der Neutronen zusammenhängen, als außerhalb des Rahmens dieser Arbeit liegend.

Bei der Aufstellung der Konstantensysteme wurden die Ergebnisse der Arbeiten vieler wissenschaftlicher Mitarbeiter des staatlichen Komitees für Anwendung der Atomenergie verwendet. Insbesondere wurden die Ergebnisse der Systematisierung der experimentellen und theoretischen Werte über die effektiven Wirkungsquerschnitte aus den Arbeiten von A.V. Malyšov, J.V. Gordecv, D.A. Kardašov, G.J. Fošinskij und S.M. Sacharowaja, A.P. Suvarov, V.M. Slučevskaja und anderen verwendet.

Es wurden die Berechnungsmethoden der Resonanzstruktur der Querschnitte verwendet, die von V.V. Orlov, A.A. Lukjanov und F.F. Michajlus entwickelt wurden.

Eine große Rolle spielten die Erörterungen über die theoretischen und experimentellen Querschnittswerte mit L.N. Usačev, V.S. Stavinskij, Ju.Ja. Stavisskij, G.N. Smirenkin, E.A. Salnikov, V.N. Andreev, B.D. Kuzminov, A.J. Abramov, Tolstikov u. . .

Viele Fragen, die mit der Methode der Aufstellung und Anwendung der Systeme von Multigruppenkonstanten zusammenhängen, wurden in Diskussionen mit O.D. Kazačkovskij, G.J. Marčuk, L.N. Usačev, V.V. Orlov, V.Ja. Pupko, S.B. Šichov, G.J. Tošinskij und V.P. Kočergin geklärt.

Die Gruppenkonstanten für Wasserstoff wurden von M.J. Lebedovaja zusammengestellt.

Die Verfasser danken dem Mitglied der sowjetischen Akademie der Wissenschaften A.J. Lejpunski für sein stetes Interesse an unserer Arbeit und für seine Beratung.

Kapitel I

Prinzipien für die Aufstellung und Anwendung der Systeme von Multigruppenkonstanten

§ 1. Übersicht über die Gruppenkonstanten Allgemeine Bemerkungen

Bei der Verwendung der Multigruppenmethode für die Berechnung von Reaktorsystemen wird der ganze Variationsbereich der Energie (oder Lethargie) der Neutronen in eine Reihe von Energieintervallen aufgeteilt. Die Neutronen, deren Energie in einem bestimmten Energieintervall liegt, werden zu einer Energiegruppe zusammengefaßt.

Die Wechselwirkung der einzelnen Neutronengruppen mit dem Medium wird durch die Wahl der Gruppenkonstanten charakterisiert. Folglich muß man zwei Typen von Gruppenkonstanten unterscheiden.

Alle Gruppenkonstanten des ersten und zweiten Typs sind eng miteinander verbunden (und in den meisten Fällen fallen sie auch einfach zusammen), dennoch sollte man zur Vermeidung von Unklarheiten eine Unterscheidung zwischen ihnen vornehmen.