

# Развитие ядерной инфраструктуры: потребность в ядерных данных

Ж.Ж. Шмидт, А. Лоренц\*

Понятие „ядерные данные“ включает в себя числовые константы, описывающие поведение всех элементов и изотопов, составляющих окружающую человека среду, при ядерных взаимодействиях. Эти константы необходимы ученым и инженерам для решения ядерных проблем. Ученым и инженерам, занимающимся проектированием ядерных и термоядерных реакторов, эти данные наиболее часто необходимы в виде значений нейтронно-ядерных сечений взаимодействия. Ученые, работающие в ядерной и других областях, связанных с применением ядерных методов (физика, наука о Земле, биология, социальные науки, промышленность и сельское хозяйство), испытывают потребность в новейших подробных справочниках и файлах для ЭВМ, содержащих данные по структуре ядра и радиоактивному распаду. Все исследователи и инженеры, работающие в атомной промышленности, нуждаются в ядерных данных. Следовательно, развитие ядерной науки и техники зависит от наличия точных ядерных данных.

Измерение, теоретические расчеты и оценки, а также обработка ядерных данных — все это вместе взятое называется „технологией ядерных данных“. Технология ядерных данных является частью необходимой инфраструктуры в каждой стране, имеющей или разрабатывающей ядерную программу.

Поскольку стоимость получения этой информации весьма велика и поскольку большинство развивающихся стран не располагает необходимой технологией обработки данных, МАГАТЭ сотрудничает с развитыми ядерными странами в деле обеспечения развивающихся стран необходимыми ядерными данными. В то же время МАГАТЭ оказывает помощь развивающимся странам в развитии их ядерной инфраструктуры путем систематической передачи опыта, знаний и технологии, необходимых для эффективного использования и обработки ядерных данных.

Секция ядерных данных МАГАТЭ, опираясь на международные сети центров ядерных данных, в последние два десятилетия играет ведущую роль в создании эффективной международной системы сбора, обмена и распространения ядерных данных. В настоящее время более 70 стран обмениваются ядерными данными в соответствии с автоматизированной международной системой, которая по-

зволяет каждому ученому и инженеру, работающему в любом уголке мира, получать новейшие ядерные данные и соответствующую документацию, а также программы-коды обработки данных в любой желаемой форме.

## Удовлетворение потребностей в ядерных данных

Для удовлетворения потребностей в надежных и легко доступных ядерных данных МАГАТЭ создало в 1964 г. в Департаменте исследований и изотопов программу по ядерным данным. В соответствии с этой программой совместно с действующими национальными программами по ядерным данным начали проводить систематизированный сбор и обмен ядерными данными во всемирном масштабе и постепенно сформировалась система информационного обслуживания, которой могут пользоваться потребители в государствах — членах МАГАТЭ.

В рамках этого сотрудничества МАГАТЭ согласилось нести ответственность за обеспечение ядерными данными совместно с тремя другими региональными центрами по ядерным данным: Центром сбора нейтронных данных Агентства по ядерной энергии (АЯЭ) ОЭСР (в настоящее время часть Банка данных АЯЭ), расположенным в Сакле (Франция) и обеспечивающим, главным образом, промышленно развитые страны Западной Европы и Японию; Национальным центром нейтронных сечений (в настоящее время Национальный центр ядерных данных), расположенным в Брукхейвенской национальной лаборатории (США) и обслуживающим США и Канаду, и Центром ядерных данных СССР, находящимся в Физико-энергетическом институте в Обнинске и обслуживающим СССР. Секция по ядерным данным МАГАТЭ обеспечивает ядерными данными в основном развивающиеся страны Азии (кроме Японии), Африки, Латинской Америки, Восточной Европы (исключая СССР), Австралию и Новую Зеландию.

В 1967 г. МАГАТЭ учредило Международный комитет по ядерным данным в качестве постоянного консультативного органа, задачей которого является содействие международному сотрудничеству по всем аспектам деятельности в области ядерных данных, представляющих интерес для ядерных энергетических программ и других областей мирного использования ядерной науки и техники, а также консультирование Генерального директора по всем вопросам, связанным с ядерными данными.

\* Ж.Ж. Шмидт — руководитель Секции ядерных данных Отдела исследований и лабораторий МАГАТЭ.

А. Лоренц — заместитель руководителя Секции ядерных данных.

ми. Помимо консультативных функций, Комитет тесно сотрудничает с Секцией ядерных данных в оценке потребностей в ядерных данных в мире, в координации как измерений, так и оценок ядерных данных и их сбора, обмена и распространения среди потребителей.

Начиная с середины 70-х годов, вследствие того, что многие развивающиеся государства-члены начали использовать ядерную науку и технику в мирных целях, постоянно возрастали потребности в программе ядерных данных и соответствующих услугах МАГАТЭ. В последние несколько лет целый ряд развивающихся государств-членов МАГАТЭ начал разрабатывать свои программы ядерной энергетики и технологию топливных циклов, а многие другие страны внедрили ядерные радиационные и изотопные методы в науку и промышленность.

Некоторые развивающиеся государства-члены проявляют интерес к ядерным методам, так как они уже эксплуатируют либо планируют ввод в действие атомных электростанций и испытывают потребность в специалистах в области ядерной технологии и ядерного топлива с тем, чтобы определить свое энергетическое будущее. Во многих других странах ядерные методы находят применение в медицине, в сохранении пищевых продуктов, в геологической разведке, в радиологической защите, в промышленности и для решения многих других жизненно важных задач. Таким образом, чтобы эти страны могли использовать ядерные методы с максимальной выгодой, им необходимо располагать большим количеством специалистов.

По мере приобретения технического опыта все большее число развивающихся стран расширяет применение вычислительной техники, одновременно приобретая ядерные аналитические лаборатории, оснащенные нейтронными генераторами, ядерными ускорителями и измерительной аппаратурой для получения и обработки данных. Хотя в развивающихся странах растет количество ядерного оборудования и сложных установок, многие страны испытывают нехватку подготовленных научно-технических кадров, способных эффективно использовать и обслуживать это оборудование.

В результате этого за последние 5–10 лет заметно возросло не только количество, но и качество запросов развивающихся стран на получение ядерных данных. В настоящее время около сорока развивающихся государств-членов МАГАТЭ пользуются ядерными данными, получаемыми от МАГАТЭ, а количество заявок, ежегодно удовлетворяемых Секцией ядерных данных, возросло примерно на 20 % в год за последние шесть лет. Только в 1982 г. МАГАТЭ получило более 700 запросов от 64 государств-членов, причем 250 запросов касались числовых ядерных данных, 60 — программ обработки данных и более 400 — научно-технических отчетов. За тот же самый период увеличились и стали более разнообразными файлы ядерных данных, полу-

чаемые и хранимые Секцией ядерных данных. В настоящее время имеется более 50 таких файлов\*.

Секция ядерных данных переориентировала свою программу для удовлетворения новых запросов развивающихся стран. Обработка данных в МАГАТЭ значительно автоматизирована, улучшен качественный контроль за распространяемыми данными. Для усиления своей роли в технической помощи и сотрудничестве Секция осуществляет проекты развития самостоятельных ядерных научных инфраструктур в развивающихся странах-членах МАГАТЭ. В настоящее время на передачу развивающимся странам ядерных констант, а также знаний и технологии ядерных данных расходуется около 2/3 бюджета Секции ядерных данных, и этой работой занимается соответствующая часть сотрудников Секции.

### Передача ядерных данных

Секция передает по запросам ядерные данные, вспомогательную документацию и программы-коды обработки ядерных данных ученым развивающихся стран-членов. Числовые данные передаются на магнитных носителях или в виде распечаток, полученных из файлов данных. Секция издает и распространяет справочники ядерных данных, материалы семинаров, обзорные статьи и исследовательские доклады (под руководством Международного комитета по ядерным данным), а также такие индексы данных, как, например, компьютерные индексы нейтронных данных\*\*. Кроме того, издается журнал, содержащий сообщения о новых библиотеках данных, документах и программах обработки данных, имеющихся в Секции ядерных данных. Формат и содержание файлов ядерных данных, составленных Секцией, указаны в серии справочных докладов.

Секция может обеспечивать детальное руководство в отношении пользования как предоставленными данными, так и программами-кодами их обработки. Данные используются, главным образом, для проектных расчетов ядерных реакторов; для разработки стратегии организации национального производства ядерного топлива; для планирования, выполнения и анализа ядерных измерений и для производства и применения изотопов и радионуклидов.

В некоторых развивающихся странах, которые начали реализацию программ ядерной энергетики, Секция ядерных данных может осуществлять техническое руководство и оказывать помощь при

\* Дополнительная информация относительно объема данных, имеющихся в Секции ядерных данных, и областей их использования содержится в статье Ж.Ж. Шмидта и А. Лоренца в Бюллетене МАГАТЭ, т. 22, № 2 (апрель 1980 г.).

\*\* Компьютерные индексы нейтронных данных (CINDA) ежегодно публикуются в виде основного тома и приложения к нему.

организации групп обработки ядерных данных и центров их распространения.

Отдельные ученые из развивающихся стран могут принимать участие в общих проектах с целью проверки качества и точности файлов ядерных данных и программ-кодов обработки данных.

Ученые из развивающихся стран принимают активное участие в реализации исследовательских программ, координируемых Секцией ядерных данных и посвященных сбору и оценке ядерных данных, их обработке с помощью ЭВМ и их сопоставлению с другими оценками, с измерением и анализом данных по сечениям нейтронов с энергией 14 МэВ, знание которых необходимо для разработки технологии ядерных и термоядерных реакторов.

### Передача технологии и опыта

Передача технологии ядерных данных и соответствующего опыта посредством технической помощи и сотрудничества заключается, главным образом, в обучении технических кадров развивающихся стран-членов, которые должны стать частью необходимой ядерной инфраструктуры.

В 1981 г. в рамках программы Агентства по техническому сотрудничеству началась реализация многолетнего межрегионального проекта по методам и средствам получения ядерных данных и соответствующей измерительной аппаратуре. Главной задачей этого проекта является обучение молодых ученых и специалистов, работающих в университетах, исследовательских лабораториях и других исследовательских учреждениях в развивающихся странах, методам измерений и анализа, а также техническим средствам для получения ядерных данных. Проект будет объединять исследовательские группы из развивающихся и развитых стран в общей исследовательской работе. Он даст возможность специалистам развивающихся стран принимать участие в координируемых международных мероприятиях и проводить необходимые и полезные измерения с использованием современных методов. Таким образом, проект должен внести значительный вклад в подготовку ученых развивающихся стран. Опыт, накопленный в процессе работы над реализацией проекта, может быть с пользой применен во многих областях ядерной науки и техники, имеющих исключительно важное значение для развивающихся стран. В качестве примеров такого применения можно назвать использование ядерных методов в сельском хозяйстве, медицине и промышленности, при проектировании ядерных реакторов, их эксплуатации и безопасности работы. На начальной стадии проекта эксперты посетили 37 ядерных институтов в 12 развивающихся странах. Ученые из Алжира, Бангладеш, Бразилии, Чили, Венгрии, Пакистана, Польши и Турции получили стипендии и совершили научные командировки в процессе осуществления этого проекта. Девять институтов в восьми развивающихся странах получили вспомогательное оборудование и специ-

альные материалы (третиевые мишени и изотопные фольги) с тем, чтобы они могли приступить к осуществлению своих программ измерений.

В июне и июле 1982 г. в Дебрецене, Венгрия, в рамках межрегионального технического сотрудничества проходили учебные курсы по использованию нейтронных генераторов. Эти курсы позволили участникам овладеть методами измерений данных по быстрым нейтронам с помощью генераторов нейтронов, которые были поставлены МАГАТЭ в ряд стран-членов, а также методами изучения взаимодействия нейтронов с реакторными материалами и накопить опыт в области технологии, которая может быть непосредственно использована в интересах их стран. Курс лекций был дополнен лабораторными занятиями по различным вопросам практического использования генераторов нейтронов. На курсах занимались 24 человека из 23 развивающихся стран-членов МАГАТЭ.

### Ядерные и атомные данные, которые можно получить в МАГАТЭ

Секция ядерных данных МАГАТЭ выступает как международный центр данных и предлагает широкий диапазон услуг по ядерным данным всем странам-членам МАГАТЭ. Одним из главных аспектов деятельности Секции является систематический сбор и распространение ядерных и атомных данных. Для этого в Секции имеются обширные массивы компьютерных файлов числовых данных, которые постоянно пополняются и обновляются. Среди этих файлов имеются следующие:

Массивы сечений нейтронов, заряженных частиц и фотоядерных реакций для всех наиболее важных изотопов, используемых в ядерной физике и технике. Эти массивы включают несколько миллионов чисел экспериментально определенных единиц данных по нейтронным реакциям, в области энергий до 20 МэВ и более чем 50 отдельных библиотек вычислительных данных по нейтронным реакциям и связанным с ними параметрам. Такие библиотеки используются, например, как стандарты при ядерных измерениях; при выполнении проектных расчетов ядерных и термоядерных реакторов; при анализе радиационной безопасности; при учете продуктов деления и актинидов и при расчете теплоты радиоактивного распада и при оценке радиационных повреждений и нейтронной дозиметрии.

Массивы параметров радиоактивных изотопов, применяемых в ядерной технике и при использовании изотопов и радиоактивного излучения. Оно содержит ядерные массы и данные о распространенности изотопов; оценочную структуру ядра и параметры распада для всех радиоактивных изотопов; энергии и интенсивности гамма-излучения и периоды полураспада для активационного анализа, а также сечения взаимодействия с фотонами для всех элементов.

Массивы атомных данных для реакции синтеза и плазменной технологии, включающие данные по атомным столкновениям, особенно электронной ионизации, возбуждению и обмену зарядами и данные по взаимодействию плазмы с поверхностями, включая также процессы, как отражение частиц, распыление и захват.

В сентябре 1983 г. в СССР в рамках технического сотрудничества будут организованы учебные курсы и ознакомительная поездка, в ходе которых участники ознакомятся с нейтронной физикой и методами измерений нейтронных данных, проводимых на электростатических генераторах, циклотронах, линейных ускорителях и исследовательских реакторах в ряде советских институтов.

Другие учебные курсы в рамках межрегионального технического сотрудничества по методологии оценки и обработки ядерных данных для применения в области реакторной техники планируется провести в 1984 г. в центральных учреждениях МАГАТЭ в Вене. Эти учебные курсы будут включать цикл лекций и занятий на ЭВМ по методам оценки ядерных данных и по многогрупповой обработке оцененных ядерных данных, необходимых для выполнения нейтронных расчетов реактора. Эти курсы, основанные на использовании ЭВМ в учебных целях, предназначены для ограниченного числа специалистов из развивающихся стран, связанных с ядерной и реакторной физикой.

До настоящего времени было проведено три месячных учебных курса по использованию теории ядерной физики для вычисления ядерных констант, необходимых для ядерных реакторов. Они были организованы совместно с МЦТФ\* в Триесте в 1978, 1980 и 1982 гг. Ученые из развивающихся стран, занимающиеся программами по ядерной

науке и технике, занимались на учебных курсах, посвященных современному состоянию теории и моделей ядерных реакций в области низких энергий и их применению при вычислении ядерных данных, необходимых при проектировании активной зоны ядерного реактора и при расчете мер безопасности. Курсы также включали введение в теорию вычислительных кодов на основе ядерных моделей и некоторые практические занятия. В работе курсов принимало участие около 70–90 ученых из 25–30 развивающихся стран-членов МАГАТЭ.

В 1984 г. также в сотрудничестве с МЦТФ в Триесте планируется провести семинар-практикум по использованию ядерных моделей в вычислительных кодах. На этом семинаре будет проведена оценка эффективности передачи вычислительных кодов на основе ядерных моделей развивающимся странам, исходя из результатов трех ранее проведенных МЦТФ курсов. В ходе вводных лекций, после которых запланированы занятия по расчетам на ЭВМ, слушатели будут ознакомлены с ядерными моделями вычислительных кодов, которые широко используются для расчетов нейтронных сечений, необходимых для ядерной техники. Семинар-практикум даст его участникам возможность обсудить их опыт и проблемы, связанные с использованием ядерных моделей в вычислительных кодах.

\* Международный центр теоретической физики. Полный перечень мероприятий МЦТФ на 1983 г. можно найти в Бюллетене МАГАТЭ, стр. 64, т. 24, № 4 (декабрь 1982 г.)

