

Эффективное использование исследовательских реакторов и управление ими

Р. Муранака*

Эффективное многостороннее использование исследовательского реактора может существенно способствовать развитию науки и технологии, а также решению многих государственных и промышленных проблем. Однако сооружение реактора требует больших капитальных затрат. Организация, которой он принадлежит, также должна покрывать регулярные ежегодные эксплуатационные расходы. Поэтому эффективное использование исследовательского реактора представляет большой интерес как для владельца так и для эксплуатирующей его организации.

Проблема эффективного использования исследовательского реактора тесно связана с его управлением и поэтому ее не следует рассматривать изолированно. Слишком часто все внимание сосредотачивается на отдельных методах и методиках, а не на полной программе использования реактора, в результате чего осваиваются методы и приобретается оборудование без какой-либо длительной программы практического применения.

Семинар, о котором идет здесь речь, дал возможность управленческому аппарату, потребителям и операторам реакторов обсудить накопленный ими опыт. По приглашению правительства Малайзии семинар был проведен с 7 по 11 ноября 1983 года в Куала-Лумпуре в Центре развития. На семинар пришло около 50 участников из 19 государств-членов. Отчет о семинаре и представленные на нем доклады, возможно, будут опубликованы, что позволит ознакомиться с ним более широкую аудиторию.

Всего был представлен тридцать один пленарный и секционный доклад в рамках семи секций:

- Управление исследовательским реактором
- Радиационное облучение и безопасность
- Использование исследовательских реакторов (две секции)
- Состояние дел с проектом исследовательского реактора PUSPATI
- Переделка активной зоны под низкообогащенный уран и гарантии
- Технология исследовательского реактора.

Кроме того, было проведено общее обсуждение причин недостаточного использования исследовательских реакторов и способов разрешения связанных с этим проблем.

* Г-н Муранака — сотрудник Секции физики Отдела исследований и лабораторий Агентства.

Управление реакторами

Организация управления очень важна для эффективного использования исследовательских реакторов. Было показано, что даже маломощный исследовательский реактор с максимальным потоком нейтронов до 10^{13} н $\text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ может использоваться для экспериментов в области фундаментальных исследований. Программа работ на этом реакторе включает исследования с помощью рассеяния нейтронов фазового перехода в твердых телах и жидкостях, работы по дозиметрии быстрых нейтронов, нейтронной радиографии, по оценке неразрушающими методами выгорания ядерного топлива, проведение активационных анализов и производство радиоизотопов. Программа работ на исследовательском реакторе очень важна для выполнения любой ядерно-энергетической программы, и управленческим органам следует стремиться к их согласованности. В случае, если необходимые установки или условия экспериментов превышают возможности исследовательского реактора или экспериментатора, то существенную помощь могло бы оказать эффективное сотрудничество между развивающимися и развитыми странами.

Профессиональное облучение и радиационная безопасность

Было сделано сообщение об организации и принципах обеспечения безопасности на исследовательских реакторах Великобритании. Данное сообщение может быть использовано странами, не имеющими в настоящее время регламентирующей организации, ответственной за исследовательские реакторы, в качестве руководства для создания таковой. С такой же целью подробно рассказано о системе централизованной регистрации профессионального радиационного облучения. Важность хорошо организованной системы регистрации невозможно переоценить, так как именно она позволяет службе радиационной безопасности обеспечить безопасность и защиту здоровья рабочих, а затем ее усилия могут быть направлены на методы снижения облучаемости. В другом докладе был приведен пример снижения профессионального облучения и сокращения времени простоя реактора за счет некоторого изменения конструкции регулирующих стержней, в резуль-

тате чего уменьшилось профессиональное облучение во время работ по обслуживанию. Также обсуждался тщательно организованный радиационный контроль окружающей среды на установке PUSPATI, направленный на защиту населения.

Использование реакторов

На секции по использованию исследовательских реакторов рассматривался случай использования реакторной установки в рамках химических программ. В нескольких докладах обсуждались программы нейтронного активационного анализа, причем особое внимание обращалось на исследование окружающей среды и анализа образцов почв.

Исследования конденсированного вещества с помощью нейтронных пучков являются в настоящее время наиболее распространенным видом использования исследовательских реакторов. Во время обсуждения выяснилось, что для эффективного использования исследовательских реакторов необходима автоматизация экспериментов на нейтронных пучках и системы сбора данных; благодаря быстрому прогрессу в области микропроцессорной технологии достижение этого не требует существенных затрат.

Для иллюстрации важности долгосрочного планирования была представлена программа производства радиоизотопов для начинающего такую деятельность центра, рассчитанная на пять лет. В этом Центре основное внимание уделяется медицинским радиоизотомам. Примером использования реакторов в медицине является метод терапии опухолей мозга на основе поглощения нейтронов бором; сообщение об этом было сделано на семинаре. Применение этого метода дало успешные результаты и в ближайшем будущем он будет применен для лечения рака кожи.

Была описана система непрерывной нейтронной радиографии и ее промышленное применение. Автоматизированная с помощью микропроцессоров система может быстро испытывать большое количество образцов. Нейтронная радиография является важным видом использования исследовательских реакторов, т.к. ее применение возможно во многих отраслях промышленности. Для нейтронной радиографии можно использовать исследовательские реакторы малой мощности.

Был представлен доклад о программе профессиональной подготовки инженеров и техников для исследовательских реакторов и ядерных энергетических программ. Был также подробно освещен японский реакторный лабораторный курс для дипломированных специалистов, базирующийся на реакторе малой мощности, на который десять университетов посылают своих специалистов. Курс такого типа способствует укреплению связей между ядерным центром и университетами и может быть эффективно приспособлен для увеличения степени использования установок в любых странах.

Разработка исследовательского реактора

Эта секция была посвящена вопросам реализации проекта исследовательского реактора PUSPATI. Назначением секции было показать методы и виды деятельности по планированию и вводу в действие исследовательского реактора, а также дать рекомендации по административным и организационным вопросам. В докладах были затронуты вопросы проектирования и разработок; сооружения, монтажа и ввода в эксплуатацию; организационные и административные процедуры; подбор кадров и их подготовка; измерение нейтронного потока; опыт первого года эксплуатации; использование установки в настоящее время и в будущем. Секция была полезна, т.к. ее проведение предшествовало посещению площадки PUSPATI.

Переделка активной зоны на низкообогащенное урановое топливо

Почти все владельцы и эксплуатирующие организации, имеющие дело с исследовательскими реакторами на высокообогащенном урановом топливе, будут переделывать свои реакторы под низкообогащенное урановое топливо. В отчете 1980 года по Международной оценке ядерного топливного цикла указывалось, что более 150 исследовательских реакторов в более чем 35 странах эксплуатируются на мощностях от 10 кВт до 250 МВт и используют высокообогащенное урановое топливо. Ввиду этого, в ряде стран в течение нескольких лет осуществлялись программы, направленные на разработку топливных материалов с высокой плотностью урана, демонстрации их пригодности для промышленного изготовления и определения ресурса конкретных типов топливных элементов во время экспериментов с длительным облучением. Агентство провело координацию подробных исследований по осуществлению переделки реакторов и по вопросам безопасности и лицензирования, возникающим в связи со снижением обогащения топлива в активной зоне исследовательских реакторов. Обсуждались также статус гидридциркониевого уранового малообогащенного топлива при больших глубинах выгорания и изготовление урановых топливных элементов пластинчатого типа с малым обогащением.

Агентство осуществляет гарантии почти по 150 установкам, отнесенным к классу исследовательских реакторов. Внимание, уделяемое Агентством любой конкретной установке, зависит от тепловой мощности реактора, а также от качества и типа имеющихся там ядерных материалов. Поэтому переделка таких реакторов оказывает влияние на степень внимания к ним со стороны Агентства. В докладе рассматривалась деятельность по гарантиям, осуществляемая определенным государством и Агентством в рамках наиболее распространенного типа соглашения между отдельным государством и Агентством, применительно к большим (мощностью более или равной 50 МВт) и малым (мощностью менее или равной 1 МВт) реакторам.

Технология исследовательского реактора

Развивающаяся страна, вступающая в настоящее время в ядерную область, в отличие от развитых стран в прошлом, сталкивается с вопросом, какой тип исследовательского реактора использовать. Во многих промышленно развитых странах за прошедшие 25 лет было создано множество ядерных исследовательских установок, предназначенных для различных целей в ядерной деятельности. Развивающаяся же страна в настоящее время предпочитает многоцелевую установку, пригодную для всех типов задач исследовательского реактора. Был описан такой многоцелевой реактор. Он имеет устройства для облучения в активной зоне и в отражателе, большую центральную полость для петлевых испытаний топлива и материалов, каналы для пучков с оптимизацией потока за счет использования бериллиевых блоков и установку для нейтронной радиографии. Проект этого реактора четко определялся предполагаемой программой его использования. В настоящее время этот реактор сооружается в Юго-Восточной Азии.

Были сообщены и обсуждены основные характеристики и опыт использования четырех установок в Моле (Бельгия) с точки зрения различных задач: подготовки персонала, производства изотопов, исследования материалов и облучения реакторных компонентов. В числе этих установок — реактор нулевой мощности, низкоточный и высокоточный реакторы, прототип энергетического реактора. Для их эффективного использования требуются технологическая группа, специализирующаяся на проектировании и изготовлении облучателей, дозиметрическая группа и группа горячей камеры для работы с радиоактивными материалами и для исследований после облучения.

Общая дискуссия

Причины и пути устранения недостаточного использования исследовательских реакторов обсуждались на общей дискуссии с участием А. Тауддина (Малайзия, председатель), В. Димича (Югославия), Е. Баутиста (Филиппины), Р. Чидамбарам (Индия), К. Канда (Япония) и Д.Р. Джентона (Франция). Дискуссия показала, что отсутствие поддержки или руководства со стороны высших органов власти проявляется: а) в недостаточном финансировании эксплуатации; б) в недостаточности персонала; в) в отсутствии соответствующего оборудования.

В некоторых случаях отсутствие соответствующих запасов топлива ограничивает мощность реакторов и время их работы на столько, что исследования или производство радионуклидов крайне ограничены. В качестве другого важного фактора называлась недостаточная подготовка кадров. Промышленность, правительство, фирмы недостаточно осведомлены о возможной выгоде от использования исследовательских реакторов и ядерных методов. С этим связана тенденция использовать известные и хорошо знакомые методы химических анализов, такие как химия растворов, а не осваивать более новые, более эффективные ядерные методы. Наконец, излишнее внимание к вопросам безопасности может иметь отрицательное воздействие на степень использования исследовательского реактора.

В результате дискуссии были сделаны следующие выводы:

1. Следует постоянно информировать ученых, общественность и другие заинтересованные круги о возможном использовании и о преимуществах технологии исследовательских реакторов.
2. Подготовку специалистов за границей рекомендуется проводить в учреждениях, близких к национальным по направленности и типам имеющихся установок, что позволит исключить трения среди персонала.
3. Следует больше внимания уделять строительству и сборке экспериментальных установок на местах. Это способствовало бы развитию местных возможностей и специализации групп персонала.
4. Чтобы эксплуатационный персонал меньше утомлялся от монотонной работы, ему следует участвовать в экспериментальных и вспомогательных работах. Автоматизация регистрации данных — одно из средств освобождения операторов от монотонной работы.
5. Исследовательскому центру следует выбрать задачу и специализироваться в узких областях, в соответствии с подготовкой персонала и возможностями оборудования, и не пытаться соревноваться с крупными исследовательскими центрами промышленно развитых стран. Хорошо проведенное исследование и опубликование его результатов в ведущих журналах будет полезным университетам и исследовательским центрам.