

Потребности в образовании и подготовке специалистов

Ядерное топливо является в принципе базой для производства электроэнергии и источником преимуществ и потенциальных пороков ядерной энергетики. Знание основных свойств ядерных (расщепляющихся) материалов, реакторного топлива, основных принципов деления, производства ядерного „тепла“ и закономерностей, связанных с выходом радиации, необходимые для тех, кто участвует в проектировании, строительстве, эксплуатации, экономических расчетах, лицензировании и любых других видах деятельности, относящихся к производству ядерной электроэнергии. Обладание этими знаниями желательно также для средств массовой информации, особенно в тех странах, которые занимаются разработкой программ ядерной энергетики или планируют к этому приступить. Распространение современных знаний о ядерных материалах и реакторном топливе не должно ограничиваться лишь теми, кто заинтересован в этом по узко профессиональным причинам. Воспитание „ядерной культуры“ могло бы служить лучшей гарантией успешного и безопасного использования ядерной энергии для мирных целей.

Мандат МАГАТЭ „стремиться к достижению более скорого и широкого использования атомной энергии для поддержания мира, здоровья и благосостояния во всем мире“ не означает, что Агентство является инструментом для навязывания программ ядерной энергетики государствам-членам. МАГАТЭ старается способствовать созданию условий, которые могли бы надежно гарантировать безопасное и экономичное развитие ядерной науки и технологии в тех странах, которые пришли к такому выбору. Первым и наиболее важным условием обеспечения безопасности в процессе внедрения и эволюции ядерной энергетики (или применения ядерных методов) является высокий уровень „ядерного“ образования и профессиональной квалификации не только среди избранных индивидуумов. Выполнение этого предварительного условия помогает избежать опасных ошибок и непредсказуемых инцидентов и гарантирует безопасность для страны и мира. Рост „ядерной культуры“ в развивающихся странах составляет жизненно важную проблему для мирового сообщества. Система технического сотрудничества МАГАТЭ является одним из лучших механизмов для решения этой проблемы. Подготовка специалистов – одна из наиболее важных и плодотворных сфер этой деятельности, которая требует постоянного внимания и совершенствования.

## Техническая и научная подготовка для ядерной энергетики

### *Совместные подходы для достижения наивысших стандартов*

Фрэнсис Маутнер-Маркхоф

Опыт показывает, что одним из основных условий успешного осуществления программы по ядерной энергетике является наличие достаточного числа специалистов с необходимыми образованием и опытом. Поэтому развитию ядерной энергетики должна предшествовать тщательная оценка соответствующих возможностей (промышленных и образовательных) учебных структур заинтересованной страны. Это требует при необходимости совершенствования или создания национальных условий для технического и научного образования и подготовки квалифицированного персонала, способного выполнять задачи по реализации программы ядерной энергетики.

Поскольку образовательные системы стран различны, необходима гибкость при составлении учебных программ. Программы обучения, подобные тем, что подготовлены для *Guidebook on engineering and science education for nuclear power* МАГАТЭ („Руководство по техническому и научному образованию для ядерной энергетики“), определяют уровень и содержание необходимой образовательной квалификации инженеров и ученых, которые должны работать над осуществлением программы по ядерной энергетике, и, следовательно, могут быть взяты за основу при подготовке соответствующей учебной программы. Однако трудно предусмотреть все меры, требуемые для включения обучения ядерной технологии в существующую систему образования.

Необходимая квалификация персонала ни в коем случае не должна быть относительной: *не может быть никакого компромисса в вопросах гарантий или безопасности и надежности ядерной энергетики. Поэтому несмотря на различные пути достижения требуемого уровня квалификации специалистов (и это показывает опыт развитых и развивающихся стран), он должен быть сравнимым в каждой стране, осуществляющей программу по ядерной энергетике или приступающей к ее реализации.*

При разработке программы технического и научного образования для ядерной энергетики не-

Г-жа Маутнер-Маркхоф – сотрудник Отдела ядерной энергетики, Секция реакторной технологии.



## Ядерное образование и подготовка кадров

### Деятельность по программе ядерной энергетики

Вид деятельности	Государственное участие, рассматриваемое как основное*	Техническая трудность**	Деятельность по подготовке кадров**
1. Планирование и координация по программе ядерной энергетики	да	3	1
2. Планирование энергосистем	да	2	1
3. Разработка правовой и организационной структур	да	1-2	1
4. Международные соглашения и обязательства	да	1-2	1
5. Планирование и координирование государственного участия	да	2	1
6. Планирование и осуществление подготовки кадров	да	2-3	2-3
7. Изучение технической осуществимости	да	3	2
8. Оценка площадок	да	2-3	1-2
9. Подготовка спецификаций на предложения о строительстве АЭС	да	2-3	1-2
10. Оценка предложений	да	3	2
11. Заключение контрактов	да	3	1
12. Руководство проектом (энергетическое предприятие)	да	3	1-2
13. Руководство проектом (основной подрядчик)	нет	3	2
14. Концептуальный проект станции	нет	3-4	2
15. Основное проектирование	нет	3-4	3
16. Детальное проектирование	нет	2-3	4
17. Подготовка и рассмотрение спецификаций на оборудование и станцию	нет	3-4	2
18. Определение политики по обеспечению качества	да	2-3	1
19. Осуществление контроля за качеством и обеспечения качества	нет	2-3	2
20. Закупки	нет	1-2	1-2
21. Отчетность об анализах безопасности	нет	3	2
22. Планирование аварий	да	2	1
23. Информирование общественности и связи с ней	да	1-2	1
24. Гарантии и физическая защита	да	1	2
25. Изготовление оборудования	нет	1-4	1-4
26. Руководство строительством	нет	2-3	2
27. Подготовка площадки	да	1	2-3
28. Возведение сооружений и зданий станции	да	2	4
29. Установка систем и оборудования станции	да	2-3	3
30. Проверка компонентов и систем станции	нет	2-3	2
31. Проверка на критичность и принятие станции	нет	3-4	1-2
32. Эксплуатация и содержание станции	да	3-4	3
33. Радиологическая защита и наблюдение за окружающей средой	да	1-2	1
34. Обеспечение топливом	да	2	1
35. Разведка, добыча и дробление урана	нет	1-2	3-4
36. Обработка	нет	1-2	1-2
37. Обогащение	нет	4	3
38. Изготовление топлива	нет	3	2
39. Хранение и использование топлива на атомной электростанции	да	2-3	1
40. Транспортировка топлива и его хранение в стране за пределами площадки АЭС	да	1-2	1
41. Переработка отработавшего топлива	нет	4	3
42. Обращение с отходами	да	2-3	2
43. Ядерное лицензирование и регламентирование	да	3-4	2-3
44. Исследования и разработки по ядерной энергетике	нет	3-4	3

\* Деятельность, рассматриваемая в качестве основной, меняется в зависимости от политики и возможностей государственного участия и от обязательств по контрактам для ядерно-энергетических проектов.

\*\* Индекс трудности: 1 – малая; 2 – средняя; 3 – высокая; 4 – очень высокая

необходимо учитывать ту деятельность по программе ядерной энергетики, за которую должно нести ответственность правительство или соответствующие национальные организации и которая считается основной для государственного участия (см. прилагаемую таблицу). Эта деятельность должна осуществляться, главным образом, местными специалистами, независимо от контрактных обязательств по ядерно-энергетическому проекту.

Страна, разрабатывающая программу по ядерной энергетике, должна взять на себя большую часть общего образования и по меньшей мере

определенную часть специальной подготовки с целью получения квалифицированных кадров для выполнения основных работ по программе ядерной энергетики, включая и те, которые связаны с передачей и адаптацией технологии, что делает возможным государственное участие. Инфраструктура образования и подготовки кадров для ядерной энергетики предполагает наличие прежде всего университетов, центров по подготовке соответствующих специалистов, центров ядерных исследований, промышленных и правительственных организаций.

Важно отметить, что стоимость образования и подготовки квалифицированного персонала составляет небольшую часть расходов по ядерно-энергетическому проекту. Опыт показывает, что расходы на образование невелики по сравнению с теми, которые приходится нести, когда атомная электростанция останавливается даже на короткий срок из-за отсутствия квалифицированного персонала. Хорошо налаженная система обучения и подготовки кадров – не только необходимое условие реализации программы по ядерной энергетике, но и весомый вклад в ее будущее развитие и в создание наиболее благоприятных условий эксплуатации атомных электростанций. В связи с этим образование и подготовка кадров должны быть составной частью долгосрочного государственного планирования развития ядерной энергетики.

### Особые потребности развивающихся стран

Во многих развивающихся странах недостаток квалифицированных кадров является одним из основных препятствий на пути технологического развития вообще и внедрения ядерной энергетики в частности.

Проблемы некоторых развивающихся и развитых стран в отношении потребностей в образовании и подготовке специалистов для ядерной энергетики связаны, главным образом, с ограниченностью в средствах и возможностях университетов, учебных заведений и промышленности для обеспечения необходимого объема и качества образования и подготовки. Средние школы развивающихся стран зачастую не дают своим выпускникам знания и квалификацию, требуемые для университетских занятий в области науки и техники. С самого начала следует обращать внимание и выделять средства на: 1) подготовку и повышение квалификации учителей и 2) сотрудничество между университетами и промышленностью в целях обеспечения передачи опыта и подготовки на рабочих местах на промышленных предприятиях. Сюда относятся и организационные, договорные и административные аспекты руководства крупными проектами, поскольку университеты не имеют для этого достаточных возможностей.

Серьезную проблему представляет удержание в своей стране квалифицированных технических специалистов для реализации программы по ядерной энергетике, особенно тех, кто получил образование и подготовку или приобрел опыт за рубежом. Эта проблема связана с различием в условиях работы, а также с расхождением между сроками реализации программ и подготовки специалистов и строительства атомных электростанций, в результате чего создается ситуация, когда персонал подготовлен, а работы для него нет, и наоборот. В связи с этим необходима эффективная работа с кадрами, обеспечивающая надлежащий и своевременный набор людей с соответствующими образованием и подготовкой и получение ими квалификации, необходимой для реализации программы по ядерной энергетике. Как правило, следует набирать и готовить больше людей, чем требуется по имеющимся вакансиям, для того, чтобы компенсировать потери в ходе учебы и обеспечить замену в связи с естественным сокращением и миграцией квалифицированных кадров.

### Практическая подготовка и опыт

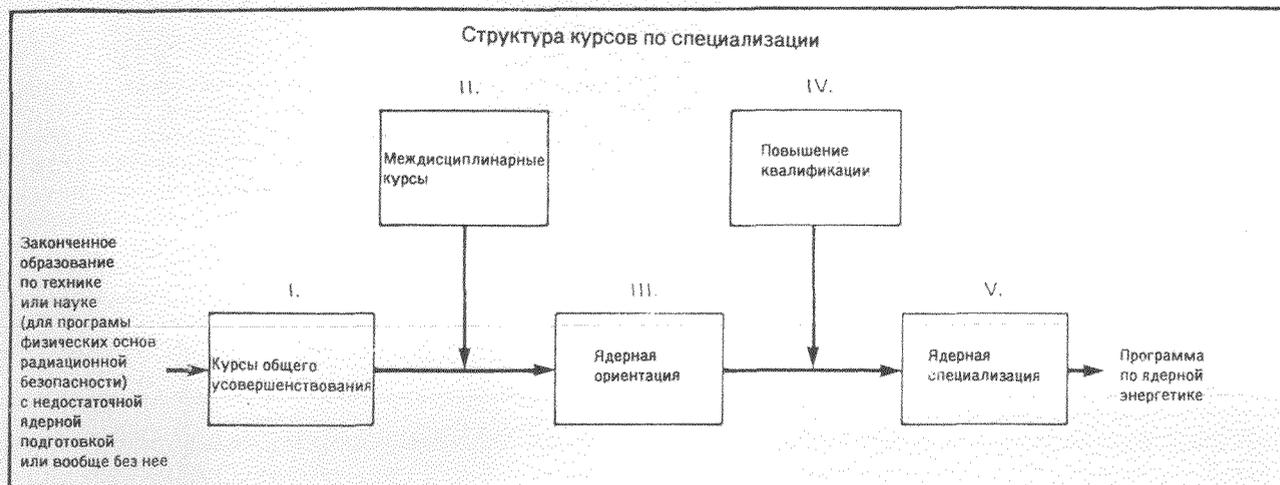
Острую потребность в *практической работе и подготовке* по всем соответствующим дисциплинам в системе обычного и ядерного образования на всех уровнях невозможно переоценить. Это особенно важно для студентов и преподавателей, занятых в техническом учебном процессе. Основная часть этого практического компонента образования должна обеспечиваться самой страной, но некоторая его часть может быть получена за рубежом в иностранной промышленности, исследовательских центрах, высших учебных заведениях и в правительственных учреждениях по двусторонним соглашениям или по контрактам о поставках.

Поэтому техническое и научное образование должно предоставлять студентам возможности практической работы в промышленности или на энергетических предприятиях до окончания университета (или технологического института). Развивающиеся страны должны особенно стремиться к расширению и совершенствованию связей между университетами и промышленностью с тем, чтобы не допустить отрыва технического образования от текущей практики и потребностей. Помимо опыта работы по специальности различные задачи по реализации программы ядерной энергетики потребуют специалистов с практическим опытом в таких областях, как оценка технологии, экономика, энергетическое планирование, руководство и отношение общественности к ядерной энергетике.

### Образование, ориентированное на ядерные дисциплины

Необходимы такие университетские программы, которые позволяют получить высшее образование по ядерным дисциплинам на уровне бакалавра, и программы аспирантской подготовки до степени магистра (или дипломированного инженера). Академические программы подготовки для получения степени выше магистра требуют наличия хотя бы небольшого числа инженеров и ученых с более высокой академической подготовкой (т.е. доктор философии или эквивалентная степень) и большим опытом работы, способных обеспечить *inter alia* на университетском уровне квалифицированное обучение, исследования и разработки, а также выполнение определенных регламентационных функций. Большинство стран, начинающих осуществление своих программ по ядерной энергетике, не имеют таких учебных программ, ориентированных на ядерные дисциплины.

Обычно в ряде стран создают курсы усовершенствования для выпускников высших учебных заведений, которые получили неядерные специальности и имеют (в некоторых случаях) профессиональный, но тоже неядерный опыт работы и которых должны подготовить для работы по программе ядерной энергетики. Такие курсы не могут заменить договорную потребность студентов и выпускников вузов в технической и научной подготовке с ядерной ориентацией. Вместе с тем, в качестве средства повышения квалификации или приобщения к новым теоретическим и практическим знаниям по ядерным проблемам, курсы специализации занимают важное место в системе обучения и подготовки (см. прилагаемый рисунок).



Специализация кадров для ядерной энергетики проводится обычно в начале осуществления ядерно-энергетической программы с тем, чтобы дать лицам, обучавшимся классическим техническим дисциплинам и работающим в промышленности и государственных организациях, теоретическую основу и приобщить к практической работе в области ядерной техники. По мере расширения программы по ядерной энергетике и увеличения потребностей в кадрах усиливается необходимость включения подготовки специалистов для ядерной энергетики в существующую образовательную инфраструктуру. Но даже в том случае, когда это становится основным способом подготовки кадров для ядерной энергетики, курсы специализации остаются нужными, например, для продолжения образования, ознакомления с последними разработками (новая технология, новые правила), повышения образования в специальных или ядерных областях и подготовки определенных категорий специалистов (начальников смен, дозиметристов и других).

Образовательная и промышленная инфраструктуры в странах различны, как различны характер программ по ядерной энергетике и их цели, например, степень государственного участия. В связи с этим трудно рекомендовать подробный план для программ специализации, и потому предлагается модель такого учебного плана.\* При этом курсы специализации должны дать общие знания и практические навыки в ядерной области, составляющие основу специальной подготовки.

Программа специализации должна отличаться от обычной аспирантской программы, поскольку у нее более строгая ориентация на актуальные требования ядерно-энергетической программы, и она предусматривает более высокий уровень традиционной технологии по сравнению с принятыми в стране студенческими программами. Она дает образование и практические навыки в конкретных ядерных областях, таких как радиационные эффекты и реакторная технология. Чрезвычайно важно подключение к этой программе университетов.

\* *Guidebook on engineering and science education for nuclear power* („Руководство по техническому и научному образованию для ядерной энергетики“), МАГАТЭ, Вена (1986 г.), стр. 17-40.

Следует поощрять совершенствование ими своих учебных планов, факультетов и оборудования применительно к студенческим и выпускным программам в целях повышения образовательного уровня в обычных и ядерных областях знаний, обусловленного программами по ядерной энергетике и государственным участием.

Особенно важен отбор для такого обучения лиц, которые впоследствии смогут стать преподавателями на местных курсах специализации. На таких курсах должны работать знающие и опытные преподаватели, поэтому рекомендуется уделять большое внимание всем аспектам их образования и подготовки, включая эффективную педагогическую практику.

### Постоянное обучение для ядерной энергетики

Для того, чтобы профессиональный технический персонал мог получать, поддерживать, совершенствовать и обновлять знания и практические методы работы для достижения той квалификации, которая требуется для повышения уровня задач и функций программы по ядерной энергетике, необходимы широкие и гибкие возможности осуществления непрерывного обучения, особенно в области технологии. В таком обучении нуждаются специалисты и преподаватели, оно должно являться составной и узаконенной частью программы подготовки кадров и образовательной инфраструктуры заинтересованных стран. Оно должно быть частью процесса сотрудничества университетов, промышленности, энергетических предприятий, ядерных учебных и исследовательских центров и других организаций. Профессиональные общества могут оказаться полезными в содействии некоторым видам непрерывного обучения. Может потребоваться и образование за границей, особенно в областях, связанных с последними технологическими разработками и сложной техникой. Международное сотрудничество дает возможность обмениваться преподавателями и учебными материалами, создавать региональные центры непрерывного обучения.

Основным условием обеспечения необходимого качества образования и подготовки является разработка, поддержание и применение здоровых

критериев внешнего рассмотрения, оценки и признания университетских программ, позволяющих получить технические и научные степени ядерной ориентации, устанавливать и поддерживать минимальные уровни квалификации. Важно также обеспечить признание ядерной специализации без степеней и других программ непрерывного обучения, предлагаемых университетами и другими учреждениями, такими как энергетические и промышленные предприятия, национальные лаборатории и ядерные учебные центры.

### Роль правительства

Программа по ядерной энергетике включает работы, ответственность за которые несут государственные организации и которые выполняются, главным образом, государственным персоналом независимо от содержащихся в контрактах обязательств. Это те „главные“ виды деятельности, которые требуют государственного участия. В странах, реализующих в настоящее время программу по ядерной энергетике или приступающих к процессу ее реализации, ответственность за разработку, координирование и контроль за осуществлением этой программы, а также за общую программу подготовки кадров, возлагается в основном на правительство. Правительство может передать выполнение многих из возлагаемых на него задач и функций соответствующим подчиненным ему организациям. Но за ним остается конечная ответственность, определение политики и стратегии, принятие окончательных решений.

Через свои ответственные организации правительство заключает двусторонние и многосторонние соглашения о сотрудничестве в ядерной области, о поставках ядерного оборудования и материалов и о подготовке кадров. Двусторонние соглашения включают положения о научном обмене между определенными учреждениями с целью развития инфраструктур, в том числе программ по подготовке специалистов и регламентационных функций. Обычно национальная комиссия по ядерной энергии или соответствующий орган (характер которого зависит от национальной политики и программы в ядерной области) создает основную правительственную инфраструктуру и организацию, несущую ответственность и выполняющую функции по разработке и осуществлению программ по ядерной энергетике и по подготовке кадров.

Меры, которые могут быть приняты правительствами для расширения возможностей в области национального технического и научного образования для ядерной энергетике включают:

- Установление необходимых стандартов аккредитации академических и неакадемических программ и профессорско-преподавательского состава, и надлежащих уровней квалификации и/или дипломирования технических и других специалистов.
- Повышение через соответствующие стандарты, поддержку и стимулирование исследователей и профессорско-преподавательского состава университетов качества курсов по техническим и научным программам. Это может быть сделано при

поддержке правительства и промышленности путем предоставления стипендий, учебного оборудования и исследовательских контрактов, а также путем финансирования обновления учебных планов и лабораторного, компьютерного оборудования, исследований и разработок. Возможно потребуются улучшить условия работы исследовательскому и преподавательскому персоналу (включая повышение зарплаты) для того, чтобы предотвратить их уход в промышленность.

- Повышение с помощью экзаменов, квалификационных требований и материальных стимулов числа и качества обучения студентов, желающих учиться и завершить программы технического и научного образования с ядерной ориентацией.

- Постоянное повышение роли промышленности в предоставлении необходимой практики и подготовки (а также передачи необходимого опыта) при *inter alia* поддержке законодательства, введении материальных стимулов и предоставлении контрактов.

- Изучение возможностей и преимуществ технического сотрудничества между странами.

### Образовательная инфраструктура и ее возможности

МАГАТЭ помогает государствам-членам в развитии инфраструктур и увеличении возможностей технического и научного образования для ядерной энергетике. Оказываемая МАГАТЭ государствам-членам помощь включает:

- Передачу информации в связи с составлением или совершенствованием академических и неакадемических учебных программ по науке и технике ядерной энергетике (на основе учебного плана, рекомендуемого Агентством в *Guidebook on engineering and science education for nuclear power*.)

- Помощь оказываемая экспертами в создании или совершенствовании лабораторий и учебного оборудования, квалифицированными преподавателями в деле организации курсов по ядерной науке и технике и преподавания на них, миссиями экспертов для определения потребностей страны в образовании и учебной подготовке с ядерной ориентацией, предоставлением стипендий (стипендии МАГАТЭ могут использоваться для подготовки преподавателей.

- Оценку способности и заинтересованности государств-членов и их учреждений и организаций в техническом сотрудничестве между странами (особенно между развивающимися) в организации технического и научного образования, а также в определении его осуществимости и полезности. Это требует сотрудничества между МАГАТЭ и государством-членом в оценке и, при необходимости, оказании помощи в расширении возможностей отдельных учреждений, имеющих опыт практической работы в какой-либо важной области технического и научного образования с ядерной ориентацией.

- Подготовку и проведение курсов по ядерной специализации (например, по радиационной защите) в различных государствах-членах.