

Техническое сотрудничество по ядерной энергетике в Корейской Республике

*АЭС производят около половины всей электроэнергии
в стране*

М.М. Ислам, Дж. Фишер и Ф. Калори

Корейская Республика имеет обширную ядерную программу, включающую в себя энергетические и исследовательские реакторы наряду с установками ядерного топливного цикла. Строительство первой АЭС (Кори-1) было начато в начале 1970 г.; в апреле 1978 г. она была пущена в коммерческую эксплуатацию. К концу 1988 г. в Корейской Республике действуют восемь АЭС и близко к завершению строительство еще одной. К концу 1989 г. можно ожидать, что суммарная установленная мощность в сети достигнет 7180 МВт эл. В середине 1995 и в 1996 гг. запланирован ввод в эксплуатацию еще двух АЭС по 1000 МВт эл. каждая. В течение 1988 г. вклад ядерной энергетики составлял 46,9 % всей произведенной в стране электроэнергии. Такая мощная ядерная энергетическая программа стала возможной благодаря наличию хорошо скоординированной инфраструктуры, основу которой составляет Корейская электроэнергетическая корпорация (KEPCO) и ее филиал Korea Power Engineering Company, Inc. (КОРЕС). KEPCO – единственная национальная организация электроснабжения, отвечающая за строительство и эксплуатацию всех АЭС в стране. Научную поддержку в ядерной и специализированных областях оказывает Институт новейших энергетических исследований (KAERI). Очень важно также участие корейской обрабатывающей промышленности. Регулирование и контроль осуществляются Министерством науки и технологии (MOST) с помощью Центра ядерной безопасности (NSC).

Г-да Ислам, Фишер и Калори являются сотрудниками, соответственно, Отдела технической помощи и сотрудничества, Отдела ядерной безопасности и Отдела ядерной энергетики МАГАТЭ. В подготовке статьи принимал участие также г-н К. Мрабит из Отдела технической помощи и сотрудничества.

Направления технического сотрудничества

Корейская Республика стала членом МАГАТЭ в 1957 г. и с тех пор активно участвует в программе Агентства по техническому сотрудничеству. Однако в виду широкого развертывания ядерной энергетической программы в течение последних 10 лет техническое сотрудничество Агентства было, естественно, ориентировано на области ядерной техники и безопасности. За 8-летний период с 1981 по 1988 гг. общий объем технической помощи Агентства составил 5,382 млн.долл. США, из них 3,480 млн. (65 %) пошло на проекты по ядерной технике и безопасности. Эта сумма распределилась следующим образом: 1,459 млн. (42 %) – на услуги экспертов, 1,495 млн. (43 %) – на предоставление стипендий и только 0,526 млн. (15 %) – на поставку оборудования (см. рисунок). Эти цифры, однако, не включают в себя услуги бесплатных экспертов из некоторых стран-доноров.

В 1989 г. на проекты в этих областях было предоставлено 0,700 млн. долл. США, или около 90 % объема технической помощи Корейской Республике (Эта сумма не включает в себя проект Программы развития ООН в области сельского хозяйства).

Сказанное выше свидетельствует о том, что техническая помощь Агентства за последние 8-10 лет тесно связана с ядерной энергетикой, а также с внутренней структурой и организацией ядерного сообщества в стране. Наиболее характерной чертой программы помощи является распределение ее среди получателей. С финансовой точки зрения самая многочисленная группа участников ядерной программы связана с KEPCO, национальной компанией электроснабжения. Однако свыше 90 % помощи Агентства было направлено в другие национальные организации. Это не критическое замечание, а скорее показатель того, кто в наиболь-

шей степени нуждался в помощи, а именно регулирующий орган и организации его технической поддержки KAERI и NSC. KEPCO, с другой стороны, располагала достаточными финансовыми ресурсами для получения в случае необходимости помощи извне, а общий план по увеличению национального вклада в проектирование и поставку оборудования для строительства АЭС оказывал достаточное давление на руководство, заставляя его позаботиться о своевременном получении „ноу-хау“.

В то же время регулирующая организация должна была обходиться очень ограниченным бюджетом, потому что правительство очень медленно приходило к пониманию необходимости иметь сильный независимый орган по регулированию в качестве необходимого дополнения мощной и амбициозной ядерной программы. Первым шагом на пути предоставления слабой регулирующей организации некоторой свободы действий и технической поддержки было создание NSC в 1982 г. как части KAERI. Таким образом поддержка Агентства направлялась в основном в KAERI и распределялась с ограниченной дискриминацией между фундаментальными исследованиями, прикладными работами, оценками безопасности и контрольными инспекциями. Со временем акцент технической помощи Агентства заметно сместился на специфические вопросы регулирования и была предпринята попытка сосредоточения усилий на тех видах помощи, которые не так легко получить по коммерческим каналам.

Особенно на начальном этапе быстрорастущая национальная программа требовала притока „ноу-хау“ во всех возможных вариантах, особенно в области регулирования, чтобы компенсировать очевидный дисбаланс и добиться создания сильной, уверенной в себе организации, укомплектованной соответствующими кадрами. В этом заключалась также причина отсутствия энтузиазма в удовлетворении некоторых запросов KAERI, который в возрастающей степени ориентировался на коммерческие заказы по проектированию и опытного производству.



Типичным следствием этой тенденции было ограничение поставок оборудования по линии Агентства, и, действительно, с 1985 г. очень мало оборудования было предоставлено в рамках проектов по ядерной технике и безопасности. В то же время эксперты KAERI были лучше подготовлены для самостоятельных закупок именно того оборудования, которое им было нужно и наилучшим образом соответствовало потребностям действующей лабораторной установки.

Для обеспечения эффективности и правильного распределения помощи сотрудники Агентства и другие эксперты регулярно направлялись в контрольные поездки с целью посещения организаций-получателей. В 1985 г. группа, включающая в себя двух приглашенных экспертов, в течение 3 недель провела с участием национальных партнеров анализ и оценку каждого отдельного проекта за предыдущие 5 лет. Хотя эта миссия подтвердила в целом полезность технической помощи МАГАТЭ и ее соответствие национальным нуждам, во время поездки выяснилось, что длительная и сложная процедура принятия первичных заявок и последующего приглашения экспертов часто отстает от быстрых темпов развития национальной программы. Прямые контакты с корейскими партнерами помогли улучшить ситуацию и облегчили процедуру оперативного внесения поправок.

Время от времени Агентство занималось рассмотрением вопроса о срочном удовлетворении некоторых специфических заявок правительства на оказание технической помощи. Характерен следующий пример: Корейская Республика планирует строительство в Йонгване двух реакторов на воде под давлением (2825 МВт тепловой мощности каждый), поставляемых американской фирмой Combustion Engineering, Inc. На этой площадке уже размещены два блока фирмы „Вестингауз“. Правительство направило в Агентство заявку о предоставлении 5 человеко-месяцев экспертных услуг для рассмотрения подготовленных NSC предварительных отчетов по анализу безопасности (PSAR) в отношении двух планируемых блоков с целью подтвердить, что их проект отвечает действующим нормам безопасности (включая применимые в данном случае коды и стандарты в соответствии с инструкциями) и что все параметры безопасности надлежащим образом предусмотрены в проекте и будут реализованы в процессе строительства. Заявка будет удовлетворена в 1989 г. путем направления пяти приглашенных экспертов и одного сотрудника Агентства.

Подготовка кадров

Около 85 % технической помощи МАГАТЭ Корейской Республике было использовано на подготовку кадров и передачу „ноу-хау“. Существуют различные формы этой деятельности, включая учебные курсы, стажировку и предоставление стипендий за границей. Наиболее важными вопросами, по которым один или более экспертов МАГАТЭ направлялись в Корейскую Республику для оказания консультативной помощи, были выбор и обследование площадок, рассмотрение и анализ проблем безопасности инспекции во время пуска и эксплуатации установок, чрезвычайное планирование и дозиметрия,

обращение с отходами, топливные разработки и гарантия качества. Для получения представления о характере оказанной консультативной помощи можно рассмотреть более подробно два примера.

Рассмотрение и анализ проблем безопасности.

В 1980 г. были тщательно изучены изменения в подходах или процедурах, вызванные аварией на АЭС Три Майл Айленд (ТМІ) в США, и эксперт из американской Комиссии по ядерному регулированию был направлен в Корейскую Республику для изложения плана действий, разработанного в США в связи с этой аварией, и для оказания помощи в его применении на действующих или строящихся АЭС в Корейской Республике. Аналогичным образом через несколько лет французский эксперт разъяснил изменения, внесенные при строительстве французских АЭС в то время. Он также участвовал в работе нескольких групп экспертов по оценке французского отчета об анализе безопасности.

Одним из уроков аварии на ТМІ было осознание необходимости критического пересмотра положений, относящихся к взаимодействию человека с машиной, особенно в отношении планировки и наглядного размещения приборов на контрольном пульте. Дважды эксперт из США изучал контрольные панели действующих АЭС и давал конкретные советы, как изменить их конфигурацию для улучшения наглядности информации, демонстрируемой на приборах. После того как эксперты KAERI/NSC одобрили стандартные программы ЭВМ, полученные в основном из США, несколько групп экспертов было направлено в страну в 1986–1988 гг. для подробного обсуждения термодинамико-нейтронных программ и проблем анализа безопасности. Они помогли обновить анализы KAERI по последним разработкам кодов и по подготовке ввода информации или оценке результатов.

За последние несколько лет KAERI и NSC накопили значительный опыт использования методов вероятностных анализов безопасности (ВАБ). С участием нескольких экспертов обсуждались практические проблемы получения данных о надежности компонентов и системного моделирования. На действующем реакторе в Уолсонге пришлось встретиться с проблемой анализа механизма отказов, а также прогнозирования последствий выхода из строя трубы под давлением, как это случилось в Пикеринге. Командирование экспертов в Корейскую Республику и предоставление стипендий в Канаде повысили способность корейских специалистов к поиску решений этих проблем.

Инспекции в период пуска и эксплуатации. Другая область оказания помощи в виде предоставления в значительном объеме услуг экспертов — это пуск и эксплуатация АЭС. Поскольку в эксплуатации или стадии строительства находится больше реакторов PWR, чем других типов реакторов, количество экспертов в Корейской Республике, знакомых с реакторами PWR, превышало и, вероятно, продолжает превышать число экспертов на единственном реакторе в Уолсонге. В течение ряда лет (1982–1985 гг.) несколько инженеров из Канадской комиссии по регулированию оказали на постоянной основе помощь соответствующему отделу Министерства науки и технологии Корейской Республики в подготовке корейских инспекторов на месте в Уолсонге. Эти инженеры выполняли также роль

посредников между корейским и канадским органами лицензирования и передавали новейшие данные разработок по порядку лицензирования и оперативного наблюдения за реакторами. Еще в 1983 г. группа анализа эксплуатационной безопасности МАГАТЭ (OSART) посетила Уолсонг, где поделилась с операторами и руководителями АЭС практическим опытом, накопленным в международном масштабе. Новая миссия OSART на ту же АЭС запланирована на 1989 г.

С увеличением участия корейской промышленности в строительстве новых реакторов возросла роль лицензирующего органа в осуществлении контроля над строительством и пуском. Поскольку последние АЭС в Ульджине строятся по французскому проекту, для них не могут быть использованы все процедуры и практические приемы, применявшиеся для проектов США. Поэтому ряд американских, шведских и французских экспертов помогали при подготовке процедур и проведении пусковых испытаний в течение последних нескольких лет.

Формы учебной подготовки

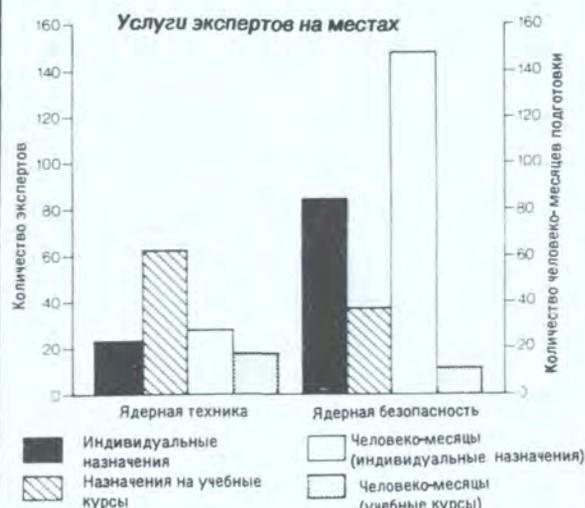
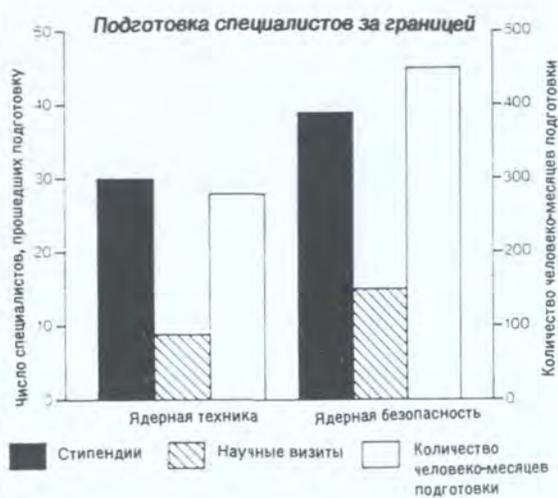
Стипендии и научные визиты. Около 43 % технической помощи Агентства в области ядерной техники и безопасности было использовано на предоставление стипендий корейскому персоналу за границей. За период 1981–1988 гг. 93 специалиста прошли подготовку в этих областях по программе стипендий и научных визитов МАГАТЭ (см. график).

Командирование экспертов. Выполнение задачи по подготовке корейских ученых и инженеров на местах связано с предоставлением долгосрочных и краткосрочных услуг экспертов. Если в случае долгосрочных услуг эксперты командировались на сроки от 1 до 12 месяцев, то на короткий срок эксперты командировались с целью проведения учебных курсов и семинаров с большим числом участников — корейских ученых и инженеров из администрации и организаций, обеспечивающих электроснабжение (см. график).

Учебные курсы. Для удовлетворения потребности в учебной подготовке как можно большего числа ученых и инженеров за короткое время было уделено должное внимание организации на месте учебных курсов и семинаров. В рамках Корейской электроэнергетической корпорации был сформирован Комитет по подготовке кадров для координации мероприятий по подготовке специалистов на местах. Корейская Республика располагает прекрасными учебными центрами в KAERI и Кори, а также достаточным опытом и ресурсами. Тем не менее Агентство предоставило помощь в организации общего руководства по выявлению потребностей в подготовке специалистов во всех заинтересованных организациях, а также по координации учебных программ для оптимизации использования имеющихся учебных центров.

По запросу правительства два эксперта МАГАТЭ в 1983 г. провели оценку планов Корейской электроэнергетической корпорации по подготовке специалистов, а также проанализировали учебные программы и материалы в ядерном учебном центре

Техническая помощь МАГАТЭ Корейской Республике в 1981–1988 гг.



АЭС Кори. Их рекомендации, в дополнение к тому, о чем говорилось выше, касались организации и структуры учебного процесса, так чтобы программа подготовки кадров соответствовала темпам развития ядерной энергии в стране. После этого были успешно проведены в течение 1985 г. национальные учебные курсы по трем темам: управление предпроектными мероприятиями; средства и методы управления ядерными энергетическими проектами; техническое обслуживание АЭС. На курсах был

занят 21 эксперт Агентства, подготовку на них получили 125 работников национальных организаций.

В 1983 г. были организованы учебные курсы с участием 12 экспертов МАГАТЭ по различным аспектам гарантий качества при проектировании и пуске АЭС.

В 1987 г. по просьбе правительства консультативная миссия МАГАТЭ посетила KAERI. Группа, состоявшая из четырех экспертов Агентства, рассмотрела организацию учебного процесса в KAERI с целью наилучшим образом приспособить учебные программы к планам подготовки кадров. В частности, к группе обратились с просьбой рекомендовать, какие меры должны быть приняты корейскими властями для поощрения общей координации между KAERI и другими национальными организациями с целью наиболее эффективного использования учебного центра KAERI.

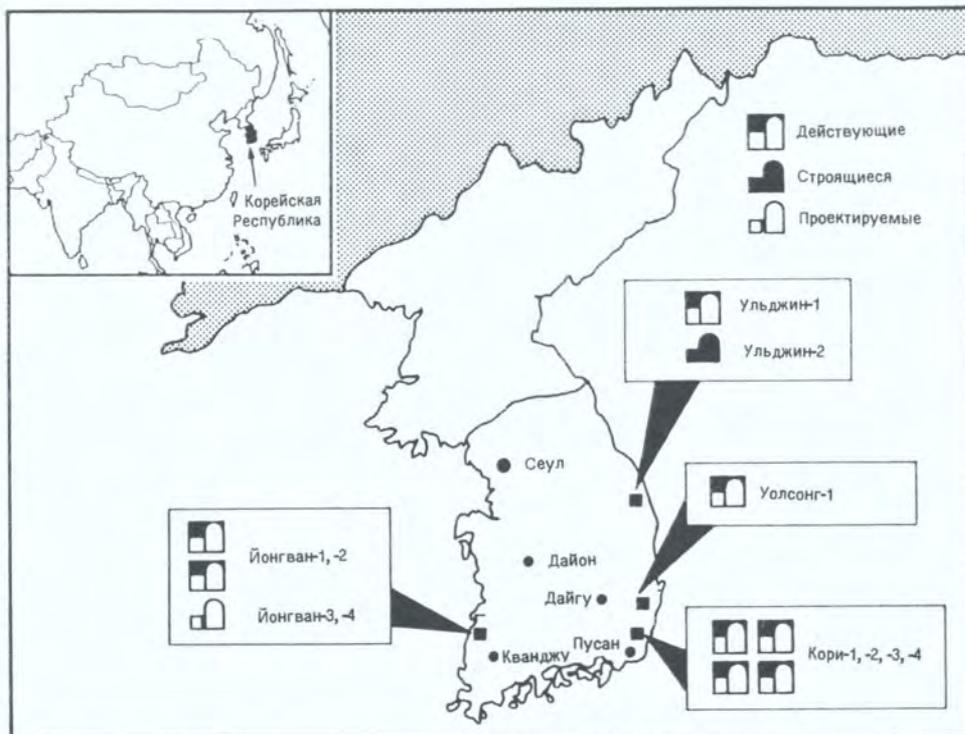
Быстрый рост корейской ядерной энергетики вызвал потребность в квалифицированных специалистах во всех областях ядерной технологии. В частности, для консолидации местного опыта и знаний в области проектирования и архитектурных аспектов строительства в октябре 1987 г. в KAERI были организованы учебные курсы по сопротивлению материалов. Для организации и руководства курсами Агентство вело переговоры с рядом архитектурно-строительных компаний и, наконец, заручилось поддержкой Отдела образовательных программ Аргоннской национальной лаборатории в США.

Поскольку ядерная энергетика в Корейской Республике обеспечивает около 50 % производства электроэнергии, стала очевидной необходимость эксплуатации АЭС в режиме сетевых нагрузок. Поэтому в октябре 1988 г. в KAERI был организован семинар по технологии работы энергетических реакторов в этом режиме с участием представителей компаний-поставщиков и организаций электроснабжения из Франции, Канады и США. Слушателями семинара были 62 специалиста, в основном из КЕРСО и KAERI.

Для повышения квалификации эксплуатационного персонала на 1989 г. запланирован семинар для операторов АЭС за счет внебюджетных средств, предоставленных из США. Основное внимание на семинаре будет обращено на опыт, расходы и выгоды, связанные с оформлением и реализацией учебных программ компаний электроснабжения по эксплуатации и ремонту АЭС.

Корейская Республика в настоящее время достигла такого уровня развития ядерной энергетики, когда она через МАГАТЭ может внести ценный вклад в подготовку специалистов в этой области, делясь своим опытом и достижениями по интеграции ядерной энергетики в национальную структуру. В связи с этим корейским правительством были организованы в KAERI в ноябре 1988 г. учебные курсы по планированию и осуществлению проектов ядерной энергетики. Слушателями курсов, проходивших в рамках Регионального соглашения о сотрудничестве для стран Азии и Тихого океана, были 15 специалистов из 12 стран.

АЭС в Корейской Республике



К концу 1988 г. в Корейской Республике действуют 8 АЭС и строительство еще одной в Ульджине близится к завершению. Все, кроме одного реактора, работают на воде под давлением (PWR); один реактор в Уолсонге работает на тяжелой воде под давлением (Канду). Два реактора PWR должны, по плану, вступить в эксплуатацию в середине 90-х годов в Йонгване.

По материалам Nuclear Engineering International. Статус АЭС – по данным системы PRIS МАГАТЭ.

