



## О некоторых вопросах применения ядерной энергетики

А. РАУ, Л. ХАЙНЕ (ГДР)

В настоящее время мы отчетливо осознаем, что в ближайшие десятилетия дальнейшая электрификация наших стран во все возрастающей мере будет осуществляться на базе атомной энергии. Ниже излагаются некоторые соображения о проблеме прогнозируемого развития, причем мы исходим из того, что решение этой проблемы является задачей, которая нами может быть успешно решена только благодаря социалистическому сотрудничеству.

Ядерная энергетика на базе деления ядра и на основе термоядерной реакции дает новый источник первичной энергии, который будет находиться в нашем распоряжении практически неограниченное время. В отличие от других способов выработка электроэнергии на базе энергии деления ядра дает возможность снизить удельные затраты на производство электроэнергии, уменьшить удельную потребность в трудовых ресурсах, улучшить производственные и бытовые условия персонала АЭС и населения, проживающего в их окрестностях, улучшить чистоту биосферы, обеспечить более надежное снабжение энергией, особенно в зимние месяцы, так как работа АЭС в меньшей степени зависит от климатических условий.

В настоящее время в ГДР преобладает выработка электроэнергии на базе бурого угля. Однако в будущем предполагается коренное изменение структуры энергоносителей. Переход в ГДР к ядерной энергетике необходим также потому, что затраты на добычу бурого угля увеличиваются.

Исходя из указанных выше причин, вопросам развития атомной энергии в ГДР придается исключительно важное значение. Предполагается до 1980 г. подготовить переход к выработке электроэнергии на АЭС в промышленном масштабе и сдать в эксплуатацию первые крупные АЭС. К ним относятся сооружаемая в настоящее время АЭС Норд (на побережье Балтийского моря около г. Грайфсвальд).

После 1980 г. возникнет необходимость в том, чтобы прирост базисной мощности удовлетворялся в основном за счет АЭС. Однако развитие ядерной энергетике нельзя рассматривать в отрыве от развития энергетического хозяйства в целом. Последнее отражается в виде ряда требований, связанных со структурой энергопотребности, развитием фондов капиталовложений и оборотных средств, коэффициентом использования и возможностью работы электростанции в различных диапазонах нагрузки, автоматизацией всей системы энергоснабжения, сочетанием условий работы АЭС с местными условиями.

Главная задача, имеющая решающее значение для развития ядерной энергетике, — снижение удельных затрат на АЭС, при этом наиболее существенным фактором является повышение единичной мощности блоков и отдельных агрегатов, укрупнение оборудования. Если исходить из международного опыта, то можно предположить, что в существующих условиях удвоение мощности блока приводит к снижению удельной стоимости на 10—20%. При рассмотрении вопросов перспективного развития сле-

дует учитывать, что мощность блоков АЭС будет увеличиваться в той же мере, в которой осуществляется прирост установленной мощности. Только такой подход позволит держать на оправдываемом с народнохозяйственной точки зрения уровне затраты на опытно-конструкторские, проектные и строительно-монтажные работы, а также число строительных объектов. Это относится и к общей мощности АЭС. Объединенные сети энергоснабжения наших стран будут обладать достаточной стабильностью, чтобы при условии выбора соответствующих мест расположения АЭС позволить необходимое развитие единичных мощностей.

Существенной предпосылкой для снижения стоимости является разработка оптимизированных схем и конструкций сооружаемых серийным способом типовых АЭС, позволяющая применять эффективные и современные технологии строительства и монтажа. Кроме того, необходимо добиться такого режима работы, который вызывает низкие затраты на обслуживание, позволяет осуществлять оптимальный режим текущих ремонтов и одновременно обеспечивает высокий коэффициент использования. Для нас существенной проблемой является изыскание решений, требующих наименьших строительных затрат. Поэтому большое значение следует придавать подготовительным работам, в частности проектным.

Важным фактором при этом является то, что в области развития надежных и мощных твэлов советскими научно-исследовательскими коллективами достигнуты передовые результаты, определяющие научно-технический уровень в мире.

Для снижения удельной стоимости горючего помимо постоянного повышения общего к. п. д. АЭС необходимо развивать в тесном сотрудничестве наших стран высокопроизводительное топливное хозяйство, которое обеспечивало бы надежное и экономное снабжение АЭС твэлами и кассетами.

Эта обширная и комплексная постановка задач превосходит значительно по своей ширине и многосторонности научно-технические и эконо-

мические возможности одной страны, как, например, ГДР.

Развитие ядерной энергетики в наших странах возможно только в том случае, если нам удастся организовать на всех этапах процесса материального производства долгосрочное тесное сотрудничество между нашими странами, в частности с СССР, и добиться соответствующего разделения труда и специализации в разработке и изготовлении систем и узлов оборудования.

В связи с развитием ядерной энергетики возникает сложная и в то же время важная проблема реакторной стратегии, т. е. выбор типов АЭС для дальнейшего развития. Наиболее эффективным путем мы считаем двухтиповую стратегию, предусматривающую использование на первом этапе реакторов с водой под давлением, затем — реактора-размножителя на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем.

В соответствии с этим на АЭС Норд вначале будут установлены разработанные в СССР энергетические блоки с водо-водяными реакторами мощностью 440 Мвт. Первые блоки должны быть пущены в течение предстоящей пятилетки. Во второй половине 70-х годов мы предполагаем перейти к блокам с реакторами мощностью 1000 Мвт. Таким образом, в 70-х годах мы будем располагать таким типом АЭС, который достигнет высокой степени развития, обеспечит высокую надежность работы и высокий коэффициент использования, позволит добиться выгодных технико-экономических показателей. Все это будет логическим развитием той цепи, начало которой положено сооружением АЭС в Рейнсберге.

Несмотря на эти преимущества, водо-водяные реакторы имеют недостатки, такие как плохое использование ядерного горючего (например 0,5%, а в случае замкнутого топливного цикла не выше 2%), значительные трудности и затраты при существенном повышении мощности реактора. Эти недостатки вызывают в связи с ограниченными запасами природного урана необходимость в скорейшем внедрении крупных (в промышленном масштабе) реакторов-размножителей на быстрых нейтронах. Достигнутый в СССР

высокий технический уровень работ в этом направлении дает основание предполагать, что в первой половине 80-х годов этот тип реакторов будет внедряться и в других странах — членах СЭВ ГДР. Он позволит существенно повысить эффективность выработки электроэнергии, добиться дальнейшего снижения удельной стоимости горючего и в связи с высокой степенью использования урана решить топливную проблему ядерной энергетики. Поэтому особое значение приобретает вопрос создания эффективного топливного хозяйства, в частности замкнутого топливного цикла. Только это позволит полностью реализовать экономические преимущества реакторов-размножителей. В то время как в связи с эксплуатацией АЭС с водо-водяными реакторами топливное хозяйство наших стран будет основываться на договорной кооперации с СССР по получению свежего и, если это целесообразно, переработке отработавшего горючего, использование реакторов-размножителей вызовет экономическую необходимость создания систем топливного цикла не только в СССР.

Ввиду значительного прироста установленных электрических мощностей на АЭС следует ожидать, что по крайней мере часть сооружаемых АЭС с быстрыми реакторами будет пускаться на обогащенном уране. Поэтому необходимо своевременно провести совместные исследования, направленные на сокращение до минимума потребности в природном уране и на снятие ожидаемой в 1990 г. пиковой потребности в обогатительных мощностях. Такие исследования весьма сложны, поскольку в них должна рассматриваться вся система АЭС. В связи с разработкой системы АЭС топливное хозяйство требует учета новой функциональной зависимости. Это подчеркивает комплексный характер проблем ядерной энергетики.

Дальнейшей важной проблемой, связанной с сооружением АЭС, является выбор места их расположения. По сравнению с классическими электростанциями АЭС имеют то принципиальное преимущество, что они независимы от места расположения горючего. Это дает возможность

стремиться к концепции выбора места расположения АЭС с точки зрения потребителя энергии. Освоение АЭС с точки зрения безопасности и компоновки уже сегодня позволяет строить их вблизи центров потребления энергии. Основное ограничение в отношении выбора мест расположения АЭС связано с обеспечением их требуемым количеством воды для охлаждения конденсаторов турбин (это относится как к проточному охлаждению, так и к охлаждению с помощью градирен). В будущем решение этой проблемы будет связано с повышением к. п. д. электростанций, а также с разработкой систем воздушного охлаждения. С этой целью необходимо проводить совместные исследования, направленные на освоение этого способа в связи с укрупнением блоков АЭС и на существенное улучшение их технико-экономических показателей. При этом следует учитывать также способы отвода электроэнергии в объединенную сеть энергоснабжения, свойства грунтов и грунтовой воды, метеорологические условия, условия подключения строительных площадок к транспортной системе, вопросы создания бытовых объектов, сочетания жилых поселков с уже освоенными участками территории, а также минимальное использование сельскохозяйственной площади. Окончательное решение принимается в результате экономических оптимизаций, направленных на сокращение до минимума зависящих от местных условий затрат, с учетом всех воздействующих факторов. Первые исследования показали, что в ГДР имеется ряд равноценных с экономической точки зрения мест расположения электростанций, обеспечивающих их достаточную мощность.

В заключение следует отметить проблему, которая, по нашему мнению, в ближайшее время получит широкое развитие.

В народном хозяйстве большая часть полезной энергии потребляется в виде тепловой энергии, прежде всего в виде горячей воды или пара. Замещение этих энергоносителей электроэнергией будет проходить постепенно, кроме того, этот переход существенно зависит от

снижения удельной стоимости электроэнергии. Поэтому все больший интерес приобретает вопрос использования атомной энергии для теплоснабжения. Проведенные исследования показали, что совмещенная выработка АЭС электрической и тепловой энергии может экономически конкурировать с другими методами выработки тепловой энергии. Данные исследования проведены применительно к тем типам АЭС, которые в настоящее время проектируются или строятся в СССР. Речь идет о АЭС с крупными блоками, которые можно построить тех районах, где имеется большая потребность в тепло-

вой энергии. При этом возникают специальные проблемы, связанные с выбором подходящих площадок, обеспечивающих минимальную протяженность теплофикационной сети, наличием достаточного количества охлаждающей воды и созданием резервной мощности, чтобы обеспечить достаточную надежность теплоснабжения.

В данном докладе нам хотелось затронуть ряд проблем, которые необходимо решать в предстоящей пятилетке. Независимо от трудностей и сложностей этих задач мы будем их решать, содействуя тем самым экономическому и политическому сплочению наших стран.

## Пятнадцать лет сотрудничества с СССР в области атомной техники и предполагаемое перспективное развитие ядерной энергетики в ЧССР

К. БАРАБАС (ЧССР)

Использование атомной энергии для энергетических целей открыло новые возможности для покрытия потребностей в электроэнергии, так как собственные запасы ископаемого топлива в ЧССР будут исчерпаны в течение 50—60 лет. Поэтому 23 апреля 1955 г. был подписан первый договор Советского Союза с Чехословакией о строительстве Института ядерных исследований в Ржежи под Прагой. Советский Союз обеспечил поставку главного оборудования (реактор ВВРС и циклотрон) и подготовку чехословацких специалистов. Таким образом, нам была предоставлена возможность постепенно овладевать теоретическими и практическими основами мирного использования атомной энергии.

Важным моментом в сотрудничестве между СССР и ЧССР в области мирного использования атомной энергии было подписание в марте 1956 г. договора о помощи СССР при проектировании и строительстве первой чехословацкой АЭС. Эта АЭС мощностью 150 Мвт с тяжеловодным реактором, охлаждаемым углекислым газом, и с горючим в виде природного металлического урана в настоящее время готова к сдаче в эксплуатацию. Физический пуск планируется на июнь 1971 г. В связи с этим проводят-

ся все необходимые мероприятия, чтобы одну из трех турбин мощностью 50 Мвт ввести в эксплуатацию до конца сентября 1971 г. Задержка в постройке нашей первой АЭС объясняется прежде всего пессимизмом в отношении ядерной энергетики в 1958—1962 гг., в результате чего сооружение первой АЭС А-1 было практически прекращено на четыре года. Другая причина заключается в том, что А-1 рассчитана на мощность 150 Мвт (для прототипа такая мощность является большой). Однако необходимо отметить, что создание станции А-1 позволило нам воспитать собственные научно-технические кадры и создать основные условия в машиностроительной промышленности для производства технологического оборудования для ядерной энергетики.

В связи с тем что в энергетическом балансе страны необходимо будет уже в 1971—1980 гг. покрыть возникший дефицит, в ЧССР приступили к сооружению АЭС с реакторами типа ВВЭР-440, уже проверенными в эксплуатации. По предложению Чехословацкой комиссии по атомной энергии правительство ЧССР обратилось к правительству СССР с просьбой соорудить до 1980 г. две АЭС, каждая с двумя реакторами ВВЭР-440. Соответствующий договор