

о различного типа дисплеях на электронно-лучевых трубках. Достаточно универсальные дисплеи разработаны в Институте ядерной физики в Ржеже (Чехословакия) и Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ. Эти дисплеи имеют трубку с магнитным отклонением, по осям которой размещается до 1024 точек. Они содержат генераторы векторов и знаков, снабжены световым карандашом и другими устройствами взаимодействия. Более простые и дешевые специализированные дисплеи были представлены Техническим университетом ГДР (Дрезден) и Лабораторией ядерных реакций ОИЯИ. Эти дисплеи выполнены на основе осциллографических трубок и снабжены перемещаемыми маркерами. В ЦИФИ Венгрии разработан дисплей телевизионного типа.

Большое внимание уделено оборудованию вычислительно-измерительных центров, позволяющих одновременно проводить несколько экспериментов. Присутствовавший в качестве гостя В. Захаров (Англия) рассказал о системе, включающей около 10 малых ЭВМ различных типов, которые могут одновременно участвовать в экспериментах. Эти ЭВМ через буферную ЭВМ среднего класса (IBM-1802) соединены с центральной (IBM-370/165), имеющей быструю оперативную память емкостью 2 Мбайт и богатое периферийное оборудование. Малые ЭВМ являются терминалами центральной и освобождены от функции обработки поступающей информации. Каждый экспериментатор через интерактивный дисплей может вести непосредственный диалог с центральной ЭВМ и использовать все ее богатое математическое обеспечение. Использование стандарта КАМАК позволило придать всей системе большую гибкость.

Лаборатория ядерных проблем ОИЯИ представила доклад об опыте эксплуатации системы, в состав которой входит ЭВМ HP-2116C с достаточно большим периферийным оборудованием, связанная с шестью измери-

тельно-накопительными устройствами, используемыми в экспериментах. Центр, созданный в Россендорфе (ГДР), основан на двух ЭВМ типа TRA, соединенных с большой ЭВМ. Оригинальная система для одновременного проведения нескольких экспериментов, основанная на запоминающем устройстве, создана в Институте атомной физики в Бухаресте.

Из экспериментальных установок, выполненных в стандарте КАМАК и непосредственно связанных с ЭВМ, следует отметить систему, состоящую из четырех каркасов, и устройство для измерения параметров импульсов синхрофазотрона (Лаборатория высоких энергий ОИЯИ), систему счетчиков (Лаборатория ядерных проблем ОИЯИ), устройство для исследования поведения пучка в адгезаторе коллективного ускорителя (Отдел новых методов ускорения ОИЯИ), систему управления нейтронным спектрометром (Сверк, Польша), систему для отбора событий рассеяния (Институт ядерной физики, Ленинград). Представляют интерес также такие установки, связанные с ЭВМ, как система многопараметрового анализа с цифровыми окнами (Лаборатория ядерных реакций ОИЯИ), аппаратура для изучения протон-протонного рассеяния на выведенном пучке синхрофазотрона (Лаборатория вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ), система для изучения аннигиляции электронов на ускорителе со встречными пучками (Институт ядерной физики, Новосибирск) и др.

В ЦИФИ Венгрии для промышленного выпуска разработан малогабаритный 1024-канальный анализатор на интегральных схемах ICA-70, предназначенный для широкого применения.

Труды симпозиума будут опубликованы Издательским отделом ОИЯИ.

СИНАЕВ А. Н.

V Конгресс Форатома

С 15 по 19 октября 1973 г. во Флоренции проходил V Конгресс Форатома на тему «Атомные электростанции в Западной Европе вчера, сегодня и завтра». Кроме представителей 15 западноевропейских стран — членов Форатома (Австрии, Бельгии, Великобритании, Нидерландов, Дании, Испании, Италии, Люксембурга, Норвегии, Португалии, Финляндии, Франции, ФРГ, Швеции, Швейцарии), на Конгрессе присутствовали делегации США, Канады и Японии и в качестве наблюдателей — Австралии, Бразилии, Венгрии, ГДР, Греции, Израиля, Польши, Турции и Югославии. Присутствовали также представители МАГАТЭ, Европейской экономической комиссии ООН и др. — всего около 850 человек из 27 стран.

Особенность этого Конгресса в отличие от предыдущих конгрессов, посвященных более узким проблемам, — рассмотрение всей совокупности проблем ядерной энергетики в Западной Европе. Так, например, на конгрессе в Лондоне шесть лет назад рассматривались быстрые реакторы, а три года назад в Стокгольме — топливные циклы.

Каждое заседание начиналось с одного обзорного доклада, подготовленного организаторами Конгресса — представителями Италии. После дискуссии, развернув-

шейся по докладу, принять участие в работе приглашались делегаты трех неевропейских стран (США, Канады и Японии).

Остановимся на основных вопросах, рассматриваемых на Конгрессе.

1. Опыт, накопленный в области проектирования и строительства АЭС. Как важнейшие факторы при решении вопроса о сооружении АЭС приводятся стремление уменьшить зависимость от классических источников энергии; потребность и возможность развивать собственную промышленность и приобрести опыт в освоении новых технологий; преимущества в отношении охраны окружающей среды и лишь на последнем месте — надежды на то, что ядерная энергетика станет более экономичной, чем обычные виды и источники энергии.

Во время дискуссии о типах договоров на строительство АЭС преобладающим было мнение, что ответственность за строительство должен нести один орган. Большинство стран высказалось за так называемые договоры turn-key о полностью укомплектованной АЭС. Тем не менее пока все страны единодушны лишь в том, что на основе договора turn-key должна строиться ядерная часть электростанции. Любопытен пример подпи-

сания Финляндией договора с СССР о строительстве ядерного реактора, причем из ФРГ она импортирует приборы и сама принимает деятельное участие в строительстве. Преимущества такого строительства — большая применимость к местным условиям и меньшая стоимость строительства, а недостатки — больший риск в отношении надежности сооружений и соблюдения сроков строительства.

Характерно, что при строительстве АЭС, как правило, нарушаются предусмотренные сроки. В качестве основных причин задержки строительства приводятся такие, как ограниченный опыт применения новой технологии, введение технологических новшеств в ходе самого строительства, отсутствие нормативов по безопасности или их несоответствие местным условиям, применение новых материалов и критериев для проверки качества. Для избежания этих проблем предлагается максимально возможная стандартизация объектов. По мнению участников, опыт показал, что в течение строительства не следует вносить изменения, ибо возникающие в таком случае проблемы могут зачеркнуть все положительные эффекты таких изменений.

Отмечалось, что капиталовложения в машиностроительную базу ядерной энергетики слишком велики, а промышленный потенциал каждой европейской страны в отдельности слишком мал, чтобы оправдать существование специализированных заводов. Поэтому целесообразнее опираться на промышленность, специализированную в области проектирования и строительства классических электростанций.

2. Прогресс в области проектирования и строительства АЭС. Он сопровождается постоянным усложнением техники проектирования, производства и проверки прежде всего для того, чтобы удовлетворить новым стандартам и требованиям, выдвигаемым общественными организациями. В результате АЭС усложняются, удлиняются сроки строительства и в конечном итоге растут их стоимость.

Настоящее время характеризуется большим ростом единичных мощностей реакторов (от тепловой мощности 500 Мвт для АЭС первого поколения до 3 800 Мвт) и резким увеличением числа атомных электростанций. Это требует анализа возможных аварий, но уже применительно не к одной обособленной, а к комплексу АЭС.

Время, которое проходит с момента принятия решения о строительстве АЭС до ее пуска в эксплуатацию, в большинстве западноевропейских стран растет и в среднем составляет 8—10 лет. При этом 3—4 года затрачиваются на выбор площадки, получение разрешения на строительство и другие юридические мероприятия. Конструкторские работы начинаются в среднем через 4 года, а сооружение — шесть лет спустя после принятия решения о строительстве. Очевидно, что правильная оценка будущих потребностей в энергии, так же как и заблаговременное принятие решения о строительстве АЭС, имеют решающее значение.

В последние годы удельная стоимость АЭС не увеличивалась в первую очередь благодаря увеличению мощностей их блоков. В ФРГ, например, удельная стоимость колеблется от 1050 до 1100 марок/квт(эл.) для блоков мощностью 950—1000 Мвт(эл.) и от 900 до 950 марок для блоков мощностью 1250—1320 Мвт(эл.). Тем не менее следует отметить, что при дальнейшем увеличении единичной мощности удельная стоимость не уменьшается, а, наоборот, растет. В качестве грубого критерия экономичности АЭС применяется величина отношения удельной стоимости АЭС к удельной стои-

мости ТЭС. Для США это отношение составляет 1,6; ФРГ — 1,4; Испании — 1,55.

Отмечена роль АЭС в решении проблемы охраны окружающей среды. С самого начала развития ядерной энергетики потребовалось соблюдение весьма строгих мер по охране окружающей среды и по безопасности, что вызвало рост цен на атомную энергию и некоторое отставание ее конкурентоспособности по сравнению с другими видами энергии. Тем не менее эти неблагоприятные обстоятельства впоследствии стали бесспорным преимуществом, особенно в густо населенных странах, где наиболее остро стоит проблема загрязнения окружающей среды.

3. Надежды на дальнейшее развитие ядерной энергетики. Опыт коммерческой эксплуатации АЭС в девяти странах — членах Форатома составляет 10 лет (1962—1972 гг.) и относится к 32 АЭС (216 реакторных лет) с суммарной установленной мощностью 12040 Мвт(эл.). В их числе 64,4% (158 реакторных лет) графито-газовых реакторов; 35% (53 реакторных года) легководных реакторов и 0,6% (4,5 реакторных лет) тяжеловодных газоохлаждаемых реакторов. Собранные данные позволяют делать надежные выводы об эксплуатации АЭС, их безопасности и решении проблемы защиты окружающей среды. В то же время эти данные — весьма надежный показатель при планировании дальнейшего развития ядерной энергетики.

Ожидается, что к 1980 г. мощность АЭС в Западной Европе составит свыше 70 000, а к 1985 г. — 160 000 Мвт(эл.). Это будет равно 10—20% суммарной электрической мощности в 1980 г. и 20—30% в 1985 г. Поскольку АЭС всегда будут работать с большей средней нагрузкой, удельный вес АЭС в выработке электроэнергии будет еще большим. В Швеции и Испании, например, к 1985 г. он составит около 50%. Долгосрочные прогнозы показывают, что к концу века в промышленно развитых странах около 60% энергетического потенциала будет обеспечиваться за счет АЭС.

В ближайшие два года, по-видимому, заказы на строительство АЭС составят 12 000 Мвт(эл.)/год, а с 1976 по 1980 гг. — 17 000 Мвт(эл.)/год. Мощность блоков будет варьироваться в пределах 900—1300 Мвт [(новые нормы по безопасности предусматривают предел мощности 1300 Мвт(эл.)). Считается, что в странах — членах Форатома достаточно мощностей для проектирования и строительства АЭС и производства всех необходимых компонентов. Они смогут удовлетворить собственные потребности и обеспечить экспорт 3—4 комплектов АЭС в год.

В обозримом будущем нет причин опасаться нехватки ядерного топлива и не предвидится значительного роста цен на него. Полагают, что имеющиеся мощности для переработки облученного горючего достаточны. Неудовлетворительными считаются технология процесса и мощности по обогащению урана. Эта проблема особенно остро встала в результате почти полной переориентировки на легководные реакторы.

Судя по всему, в последующие годы меньше внимания будет уделяться дальнейшему усовершенствованию технических данных реакторов. Тем не менее улучшения с целью сокращения стоимости строительства и повышения безопасности АЭС проводиться будут. Основная задача промышленного развития АЭС — стремление к стандартизации компонентов и повышению надежности работы.

При решении вопросов безопасности и защиты окружающей среды особое значение придается выбору подходящего места для АЭС. До сих пор преобладает

мнение, что АЭС следует строить как можно дальше от крупных населенных пунктов. При этом наибольшее внимание обращается на такой эффект, как нагрев воды, используемой для охлаждения конденсаторов. Меньше внимания уделяется проблемам хранения радиоактивных отходов, что, по-видимому, будет успешно решено путем утверждения высокоактивных жидких отходов и их захоронения в подходящие для этого геологические формации.

Полезно привести некоторые данные, сообщенные представителями США, Японии и Канады. Так, в США до октября 1973 г. эксплуатировались 39 АЭС; 55 строятся, на 90 получен заказ; принято решение о строительстве 16 АЭС. В качестве главнейших причин, вызвавших строительство такого большого числа АЭС, приводятся постоянный рост потребления всех видов энергии и, в частности, электроэнергии, и тенденции дальнейшего роста; истощение собственных ресурсов органического топлива, которое при современных темпах потребления наступит к 2010—2050 гг.; надежды на то, что расходы на производство энергии от АЭС будут ниже, чем от ТЭС, несмотря на большую стоимость первых.

В Японии эксплуатируются пять АЭС; их мощность 1823 Мвт (эл.); 17 АЭС на 13633 Мвт строятся. Сооружение АЭС обосновывается следующими соображениями: необходимостью иметь более надежный источник энергии; надеждой, что ядерная энергетика уже в обозримом будущем по своей стоимости сможет конкурировать с энергией от традиционных источников; преимуществами АЭС с точки зрения экологии. Все реакторы Японии за исключением только одной АЭС с газоохладимым графитовым реактором, легководные.

В Канаде и на будущее предпочтение отдается собственному тяжеловодному реактору типа CANDU. Приводятся такие его преимущества, как низкая топливная составляющая энергии, высокий уровень использования природного урана; отличная технология производства твэлов, обеспечивающая большую надежность в работе; непрерывная замена горючего в течение работы реактора; наличие серии энергетических реакторов различных мощностей со стандартизованными компонентами и одинаковой технологией.

4. Экономические аспекты и роль тепловых и быстрых реакторов. Из проверенных типов реакторов с технической и экономической точек зрения несомненное преимущество имеют легководные реакторы (кипящие и с водой под давлением). В Западной Европе, за исключением АЭС Великобритании и прототипных и экспериментальных реакторов, все строящиеся и намеченные к строительству АЭС будут оснащены легководными реакторами. Считается, что они удовлетворят максимальную долю потребностей в атомной энергии в ближайшем и более отдаленном будущем. Тем не менее, однако, не исключается определенное значение и других типов реакторов.

Из усовершенствованных реакторов (конвертеров), по-видимому, наиболее перспективными являются реакторы на природном уране с тяжелой водой в качестве замедлителя и теплоносителя. Такие реакторы имеют отличные характеристики и как наработчики плутония; они могут сыграть значительную роль при вводе быстрых реакторов и повторном использовании возможного избытка плутония. Считается также, что тяжеловодный реактор, охлаждаемый обыкновенной кипящей водой, заслуживает дальнейшего развития, так как обладает всеми положительными качествами тяжеловодных реакторов и позволяет резко сократить потери тяжелой воды. Особое внимание привлекают и высокотемпературные газовые реакторы, развивающиеся в основном в двух направлениях: для работы непосредственно с газовой турбиной и для использования высоких температур в некоторых производственных процессах.

Большая часть фундаментальных и прикладных исследований в странах Западной Европы посвящена быстрым реакторам-размножителям. При этом разрабатывается в основном один тип — реактор, охлаждаемый жидким натрием и с горючим в виде смеси оксидов урана и плутония. Другие типы быстрых реакторов-размножителей, например высокотемпературный газовый реактор, все еще находятся в стадии предварительного исследования.

МАТАУШЕК М., СТРУГАР П.

(Институт ядерных наук имени Бориса Кидрича-Винча, Белград, Югославия)

Краткие сообщения

Очередная, четвертая, сессия Всесоюзной Школы по теоретической ядерной физике при Московском инженерно-физическом институте проходила с 6 по 20 июня 1973 г. на загородной базе МИФИ. В работе сессии приняли участие 40 молодых научных сотрудников и преподавателей, представляющих практически все институты и университеты, где ведутся работы по физике ядра. Эта сессия была посвящена некоторым перспективным направлениям в исследовании структуры ядра.

Лекторами были сформулированы актуальные задачи и проблемы, которые могут служить темами теоретических исследований по ядерной физике.

Подробные конспекты всех лекционных курсов были изданы в МИФИ к началу работы сессии. Кроме слу-

шателей, эти конспекты имеют научные библиотеки соответствующих институтов и университетов.

По единодушному мнению участников, сессия прошла успешно, чему способствовали высокий научный уровень лекций, четкая организация школы, прекрасные условия, созданные слушателям для работы.

Совещание экспертов МАГАТЭ по оценке радиационных доз на население было проведено 29 октября — 2 ноября 1973 г. в Варшаве. В нем приняли участие 23 эксперта из 12 стран и три представителя международных и региональных организаций. Цель совещания — обсуждение содержания подготавливаемого под эгидой МАГАТЭ доклада, содержащего методы и примеры оценки индивидуальных, коллективных и по-