и подробно исследован предсказанный им эффект — кумулятивное образование мезонов и барионов. Указанные исследования явились основой новой области физики — релятивистской ядерной физики.

В 1968 г. А. М. Балдин избирается на пост директора Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований. Большое внимание уделяет А. М. Балдин организации международного научного сотрудничества, проводимого в рамках ОИЯИ. Он является членом Комитета по физике высоких энергий Европейского физического общества, организатором ряда международных симпозиумов, семинаров и школ. Кроме того, А. М. Балдин — один из организаторов и заместитель председателя Научного Совета АН СССР по проблеме «Электромагнитные взаимодействия», заместитель главного редактора периодического научного издания «Проблемы физики элементарных частиц и атомного ядра». Он ведет активную работу по подготовке научных кадров. Под его руководством подготовлено большое число высококвалифицированных специалистов, многие из которых стали известными учеными.

Заслуги А. М. Балдина высоко отмечены правительственными и другими наградами.

БОГОЛЮБОВ Н. Н., КУЗНЕЦОВ А. А., СЕМЕНЮШКИН И. Н.

Конференции и совещания

Семинар по переменным режимам работы АЭС

В октябре 1975 г. в Москве состоялся отраслевой семинар «Инженерные и экономические аспекты ядерной энергетики», на котором были обсуждены проблемы использования АЭС в переменной части графика нагрузок энергосистем. В работе семинара приняли участие свыше 100 специалистов научных и проектно-конструкторских организаций, занимающихся разработкой оборудования для АЭС, представители энергетического машиностроения и эксплуатационники. Открывая семинар, чл.-корр. АН СССР И. Я. Емельянов отметил, что возрастающая роль АЭС в энергоснабжении нашей страны, ввод в эксплуатацию мощных энергоблоков на органическом и ядерном топливе, разуплотнение графика нагрузок энергосистем изменяют условия эксплуатации ТЭС и АЭС. К технологическому оборудованию предъявляются все более жесткие требования по маневренности, что заставляет конструкторов и проектировщиков тщательнее оценивать маневренные возможности оборудования АЭС и приводить их в соответствие с требованиями энергосистем.

В докладах, заслушанных на семинаре, были затронуты, в частности, такие вопросы, как требования энергосистем к технологическому оборудованию, возможности использования отечественных реакторов в переменных режимах, особенности физики реакторов при работе в энергосистемах, коррозия конструкционных материалов и требования к ним по условиям прочности при переменных режимах работы АЭС и т. п.

В первой группе докладов (акад. Л. А. Мелентьев, А. В. Баканов и др.) были показаны перспективы формирования энергосистем СССР и сформулированы основные требования к маневренности энергоблоков при их работе в ожидаемом все более неравномерном графике нагрузки. Среди основных требований энергосистем к технологическому оборудованию АЭС на 1980 г. и далее отмечены следующие: ежесуточный ночной останов на 5—8 ч с последующим набором нагрузки со скоростью не менее 1,2% в минуту; останов в нерабочие дни на 24—32 или 40—55 ч с последующим набором нагрузки со скоростью не менее 0,7% в минуту; изменение нагрузки после длительной работы в пределах регулировочного диапазона (30—100% номинальной мощности) со скоростью не менее 4% в минуту без ограничения числа таких режимов и пр. Невыполнение этих и некоторых других требований существенно снижает экономичность работы энергосистем и может привести к недополучению потребителями электроэнергии, например из-за отставания набора мощности энергоблоками от требуемого по графику нагрузки.

Вторая группа докладов показала, насколько полно существующие конструкции реакторов типа РБМК, ВВЭР и БН удовлетворяют требованиям энергосистем и какие имеются возможности по улучшению их маневренных характеристик.

Реакторы РБМК (К. К. Полушкин, А. Я. Крамеров) позволяют изменять мощность в интервале 100—50% от номинальной со скоростями ~ 0,1% в секунду и длительно работать в этом интервале мощностей без попадания в «иодную яму». Термомеханический режим всех основных элементов конструкции реактора, контура охлаждения и паропроводов практически не зависит от мощности и не накладывает ограничений при работе в переменных режимах. Вместе с тем работоспособность твэлов и стабилизация полей энерговыделения при переменных режимах требуют особого рассмотрения и дальнейшего изучения.

Хорошими регулировочными характеристиками — приемистостью, быстродействием оперативных регулирующих органов, отсутствием недопустимых по условиям термоциклической прочности ограничений в диапазоне нагрузок нормального регулирования обладают реакторы ВВЭР (В. П. Спасских и др.). Недостаток ВВЭР — снижение регулировочного диапазона в конце кампании — относительно просто устраняется для АЭС с несколькими энергоблоками, когда перегрузку топлива на реакторах можно проводить в разное время. Работоспособность твэлов при многоцикловых изменениях нагрузки также требует дальнейших исследований.

Опыт эксплуатации быстрых натриевых реакторов подтвердил, что они имеют хорошие динамические характеристики и могут устойчиво работать в широком диапазоне нагрузок и скоростей их изменения (В. С. Даниловский), однако экономические соображения и специфика этих реакторов заставляют использовать их в базовой части графика нагрузки энергосистем.

ГГПОИТ СИНТЕТУ ИМЕНИ Ф. Скорины

Конструкция мощного канального реактора РБМКП в секционно-блочном исполнении и с ядерным перегревом пара (О. М. Глазков) показывает, что при разработке проекта учтены основные требования энергосистем и есть основания считать вполне реальной работу энергоблока с таким реактором в переменных режимах. Особенностями реактора РБМКП, расширяющими его маневренные характеристики, являются секционирование активной зоны и циркуляционного контура, охлаждаемые металлоконструкции, отсутствие толстостенных плакированных коллекторов большого диаметра, вертикальные сепараторы, использование турбин на перегретом паре и др.

О расширении маневренных возможностей энергоблока с реактором РБМКП говорилось в докладе П. А. Кругликова и др., посвященном особенностям тепловой схемы энергоблока, позволяющим обеспечивать регулирование температуры перегретого пара на выходе из реактора при переменных режимах.

Опыт работы реакторов Билибинской АТЭЦ в сложных условиях изолированной энергосистемы (А. В. Бондаренко) подтвердил высокую эксплуатационную надежность канальных реакторов.

В интересном докладе Ю. И. Митяева подробно проанализированы физические аспекты работы реакторов типа РБМК в переменных режимах. Показано, как наилучшим образом использовать имеющийся запас реактивности с учетом физических и экономических ограничений. Еженедельные остановы реактора в нерабочие дни на 40—55 или на 24—32 ч не вызовут дополнительных ограничений по условиям выхода из «иодной ямы». Напротив, ежесуточные остановы на 5—8 ч более неблагоприятны и экономически невыгодны. Отмечено также, что нейтронно-физические характеристики реакторов типа РБМК не ограничивают необходимую скорость изменения их мощности за исключением скорости подъема мощности в интервале 80—100% от номинальной. До накопления достаточного опыта эксплуатации увеличение мощности в этом интервале целесообразно проводить осторожно с учетом стабилизации и формирования полей энерговыделения.

Интересны сообщения по стабилизации нейтронных полей в реакторе ВВЭР-100 (А. С. Духовенский, В. Н. Семенов) и поведению реактивности ВВЭР-440 в условиях работы АЭС в режиме переменной нагрузки (В. Ф. Горохов).

При использовании в качестве конструкционных материалов АЭС с реакторами ВВЭР и РБМК нержавеющих аустенитных сталей, сталей перлитного класса и сплавов циркония не следует ожидать снижения их коррозионной стойкости при периодических остановах на несколько суток, в том числе и с разгерметизацией контура (В. В. Герасимов). При более продолжительных остановах в случае использования перлитных сталей может потребоваться введение в контур консервирующих агентов.

Большое число докладов, посвященных требованиям к материалам и оборудованию по условиям прочности и ресурса их работы в переменных режимах (Г. П. Карзов) и анализу термонапряженного состояния основных элементов турбин (А. Ш. Лейзерович и др.), подтверждает возможность использования основного технологического оборудования при эксплуатации АЭС с регулированием нагрузки.

Проведенное на семинаре обсуждение позволяет сделать следующие выводы:

1) существующие конструкции реакторов могут быть использованы в переменных режимах и удовлетворять большинству требований энергосистем;

2) некоторые требования энергосистем к реакторам, такие, как необходимость ежесуточного останова, неограниченное число изменений мощности на ±10% со скоростью 2% в секунду и ряд других, являются чрезмерными, экономически неоправданными и должны обеспечиваться другими средствами;

3) при разработке перспективных конструкций реакторов и тепломеханического оборудования необходимо полнее учитывать требования энергосистем;

4) работоспособность твэлов при многоцикловом изменении нагрузки требует дальнейшего серьезного изучения и экспериментального подтверждения.

БАТУРОВ Б. Б., ГЛАЗКОВ О. М., ИОНАЙТИС Р. Р.

Международный симпозиум по газоохлаждаемым реакторам

С 13 по 17 октября 1975 г. в Центре ядерных исследований в Юлихе (ФРГ) проходил Международный симпозиум по газоохлаждаемым реакторам, организованный МАГАТЭ и Агентством по ядерной энергии (NEA) Организации экономической кооперации и развития (OECD). Симпозиум касался всех реакторов с гелиевым охлаждением: высокотемпературных (HTR) энергетических реакторов с паротурбинным (HTR-ST) и гелиевотурбинным циклами (HTR-HT или HHT), сверхвысокотемпературных реакторов VHTR для производства тепла и электроэнергии, высококонверсионных реакторов HTR-HC и гелиевого бридера GCFR.

Рассматриваемое направление в реакторостроении развивается в течение 20—25 лет. В течение 8—10 лет успешно работают опытные реакторы «Драгон», «Пич-Боттом» и AVR. В последнее время на реакторе «Драгон» заменен отражатель (подобные операции предусматриваются на HTR вследствие больших флюенсов быстрых нейтронов). Первый блок АЭС «Пич-Боттом» остановлен для тщательного изучения состояния установки после восьми лет работы. Год назад выходная температура гелия в реакторе AVR увеличена с 850 до 950° С, что привело к увеличению выхода продуктов деления из твэлов (R/B): ^{133}Xe — в три, а ^{135}Xe — в полтора раза. Доминирующими по γ-активности изотопами в первом контуре AVR стали ^{65}Zn, ^{110m}Ag, ^{137}Cs и ^{134}Cs. Общее увеличение γ-активности всех благородных газов составило 30—50%, а уровень загрязнения гелия окисью углерода повысился в три — пять раз.

В течение многих лет основной задачей в развитии реакторов HTR было создание коммерческого конкурентоспособного HTR-ST для внедрения на рынок АЭС. Эта цель остается на Западе основной и сейчас, однако на пути ее достижения в последнее время встретились трудности. Несмотря на общеизвестные и остающиеся в силе положительные качества HTR чувствуется, что атомная энергетика, вероятно, сможет обойтись и без широкого внедрения АЭС с HTR-ST за счет использования хорошо отработанных LWR и бридеров (LMFBR или GCFR в том случае, если возникнут непред-

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скорины