

нических комитетов (ТК) по направлениям, соответствующим сводам положений. В задачу ТК входит определение названия и содержания будущего документа, рассмотрение и ревизия проектов документов на различных этапах. Первоначальный вариант документа составляется рабочей группой (РГ), заседанию которой предшествует работа секретариата МАГАТЭ по сбору национальных нормативных документов и другой информации, касающейся данной темы. Составленный РГ первый проект документа после обсуждения на ТК и внесения соответствующих изменений (часто весьма существенных) выносится на обсуждение Группы старших советников, состоящей из высококвалифицированных экспертов различных стран* и международных организаций, которые контролируют программу и рассматривают все документы на различных этапах. После первого рассмотрения документа и внесения соответствующих изменений он рассылается в страны-члены (приблизительно в 40—50 стран). После получения замечаний ТК создает новый вариант документа (иногда с необходимостью вторичного созыва РГ) и представляет его для окончательного утверждения Группой старших советников. Документы с рабочего английского языка на другие официальные языки МАГАТЭ (русский, французский и испанский) переводятся трижды: после первого рассмотрения на ТК, перед рассылкой для комментариев в страны-члены и после окончательного рассмотрения Группой старших советников.

Подобная процедура при ее практической реализации потребовала для создания документа значительно

больше времени, чем предполагалось. В результате срок окончания программы в 1977—1978 гг. переносится за 1980 г. В настоящее время окончательное рассмотрение на последней стадии прошли все пять сводов положений и одно руководство. Есть также около 25 проектов различных документов, находящихся на различных стадиях процедуры. Ожидается, исходя из сложившегося опыта прохождения документов через ТК и Группу старших советников, окончательное рассмотрение 6—8 документов в год.

На 10 заседании Группы старших советников в своде положений «Проектирование» принята формулировка о назначении и функциях системы защитной оболочки (containment system). В окончательном варианте говорится, что «для того, чтобы выход радиоактивных веществ в окружающую среду при аварийных условиях не превышал допустимых пределов, должна быть предусмотрена система локализации (удержания), если нельзя доказать, что выход радиоактивных веществ не может быть ограничен другими способами. Эта система предполагает наличие герметичных строений или ограждений, подсистем подавления давления и установок по очистке. Такая система обычно называется системой защитной оболочки и может иметь различные инженерные решения в зависимости от проектных требований». Эта формулировка отвечает различным инженерным подходам в создании систем по локализации радиоактивных продуктов при аварии на АЭС, применяемым в различных странах.

КОВАЛЕВИЧ О. М., КОНСТАНТИНОВ Л. В.

Научно-технические связи

Работы по канальным реакторам в Италии

В октябре 1977 г. советские специалисты посетили исследовательские центры Италии, где ознакомились и обменялись опытом работы в области энергетических реакторов канального типа.

Направление канальных реакторов развивается в Италии на базе проекта CIRENA. Сооружение этого прототипного реактора мощностью 40 МВт (эл.) начато в Латина в 70 км от Рима. Физический пуск намечен на конец 1981 г., энергетический — на 1982 г.

Являясь реактором с тяжеловодным замедлителем, CIRENA имеет много общего с хорошо освоенными канадскими реакторами CANDU-PHW. Однако использование кипящей воды в качестве теплоносителя поставило новые задачи и потребовало проведения большой программы исследований. Эти исследования и были предметом обсуждений при посещении центров.

Об особенностях конструкции реактора, его систем регулирования и перегрузки топлива рассказали специалисты исследовательского центра Кассачи (близ Рима). Делегация осмотрела металлургическую лабораторию, стенд для изучения фреттинг-коррозии труб давления CIRENA, теплотехнический стенд. Итальянские специалисты уделяют большое внимание разра-

ботке системы регулирования CIRENA, имеющего большой положительный паровой коэффициент реактивности (производная $dk/d\rho$ изменяется от $-7,9$ до $-6,2\%/г/см^3$ при переходе от свежей загрузки к стационарному состоянию). Автоматическое регулирование осуществляют так называемыми «двухфазными» стержнями, представляющими U-образные трубки диаметром 15 мм с непрерывно циркулирующим поглотителем — смесью борированной воды и водорода с меняющимся соотношением. Все четыре регулятора работают синхронно от трех ионизационных камер, расположенных за боковым отражателем. Суммарная эффективность $\pm 0,3\%$, скорость $0,05\%/с$. В прототипном реакторе проблема устойчивости полей энерговыделения отсутствует ввиду малого размера активной зоны. Для коммерческого варианта мощностью 300 МВт (эл.) проблема решается разбиением реактора на две зоны с локальными регуляторами и автоматизированным управлением с использованием ЭВМ. В случае большого реактора ~ 600 МВт (эл.) таких зон должно быть 8—12.

Интересной особенностью реактора является система холодного пуска, обеспечивающая среднюю плотность воды в активной зоне $\sim 0,3 г/см^3$ путем подачи пара в рабочие каналы. Пар получается за счет остаточного энерговыделения и разогрева воды от насосов.

Большое внимание уделяется исследованию поведения тепловыделяющих сборок реактора в аварийных режимах, связанных с разрывом трубопроводов контура. Эти работы проводятся в центре CISE (под Мила-

* Страны — Чехословакия, Франция, ФРГ, Индия, Япония, Мексика, Швеция, Швейцария, Великобритания, США, СССР.

ном) на стендах IETI-1, IETI-4, REM и CIRCE. Последний моделирует в полном масштабе циркуляционный контур CIRENA с сохранением отметок размещения сепаратора, насосов и др. Разрывы трубопроводов имитируются с помощью быстродействующих клапанов с временем срабатывания несколько миллисекунд. Кроме того, используются быстродействующие клапаны-затворки, позволяющие отсекал исследуемую часть контура и определять количество оставшейся воды в функции времени после разрыва контура. Исследования на стендах показали, что допустимое время прекращения подачи воды в рабочие каналы CIRENA составляет 100 с, после чего необходимо включение аварийной системы охлаждения. Максимальная температура оболочки твэла достигнет при этом $\sim 1200^\circ\text{C}$.

В лаборатории LFCEC (под Туринем) разрабатывают и изготавливают твэлы и тепловыделяющие сборки CIRENA, а также разрабатывают соединения циркония со сталью в трубах давления. При этом рассматривается как циркалло-2, так и сплав $\text{Zr} + 2,5\% \text{Nb}$. Разрабатываются твэлы в основном по канадской технологии, в частности, используют контактную сварку с магнитным прижимом для герметизации оболочки. Внутрореакторные испытания твэлов проводят как на реакторах Италии, так и на реакторах Норвегии, Швеции и других стран. В программу испытаний входит изучение наводороживания оболочки, подной коррозии оболочки.

В лаборатории LFCEC разрабатывают топливо из смеси $\text{ThO}_2 - \text{UO}_2$ (2,2% ^{235}U). Технологию переработки облученного ториевого топлива отработывают на установке в исследовательском центре Роттонделло.

О расчетно-теоретических исследованиях физики CIRENA рассказали специалисты вычислительного центра в Болонье. Основные экспериментальные работы проводятся на реакторах RB-1 (критичность решеток с естественным и обогащенным ураном, измерения доплер-эффекта и др.) и RB-3 (гетерогенные эффекты). В последнем случае некоторое число кассет исходной загрузки реактора заменяли «новыми» и формировали смешанные решетки либо вводили в зону поглотители, размещенные вне исходной решетки. Значение $K_{\text{эф}}$ и пространственное распределение нейтронного потока определяли по трехгрупповой гетерогенной методике, реализованной в программах HETROIS (трехмерная, монополярная) и SOS (двумерная, дипольная). Имеется также модульная система NEFREEM, в которую включены двумерные монополярные версии обеих программ. Граничные условия на поверхности каналов задаются матрицей коэффициентов, которые рассчитывают тремя различными способами. Для улучшения согласия с экспериментом вводились поправки к значениям коэффициентов.

Характерной чертой проводимых в Италии работ в области ядерной энергетики является тесный контакт с Канадой, Японией, Англией и другими европейскими странами. Итальянские специалисты, с одной стороны, широко используют передовые достижения мировой реакторной науки и техники, с другой стороны, сосредотачивают внимание на решении частных проблем и добиваются при этом значительных успехов.

РОМАНЕНКО В. С.

Новые книги Атомиздата (I квартал 1978 г.)

Карташев Е. Р., Штань А. С. Нейтронные методы непрерывного анализа вещества. 15 л. 2 р. 60 к.

Кольчужкин А. М., Учайкин В. В. Введение в теорию прохождения частиц через вещество. 15 л. 2 р. 60 к.

Курчатов И. В. Ядерную энергию на благо человечества. 15 л. 3 р.

Лукьянов А. А. Структура нейтронных сечений. 13 л. 2 р. 20 к.

Слесарев И. Е., Сироткин А. М. Вариационно-разностные схемы в теории переноса нейтронов. 6 л. 90 к.

Климов А. Н., Орехов В. Н. Телесистемы для измерения и контроля ионизирующих излучений. 10 л. 50 к.

Франк-Каменецкий А. Д. Моделирование траекторий нейтронов при расчете реакторов методом Монте-Карло. 6 л. 90 к.

Наумов Г. Б. Основы физико-химической модели карбонатного уранового рудообразования. 15 л. 2 р. 50 к.

Попов В. И. Метод ЛПЭ-спектрометрии ионизирующих излучений. 9 л. 1 р. 40 к.

Перцов Л. А. Биологические аспекты радиоактивного загрязнения моря. 10 л. 1 р. 70 к.

Шустов В. В. Советский Союз и проблема прекращения испытаний ядерного оружия. 10 л. 1 р. 20 к.

Делоне Н. Б., Крайнов В. П. Атом в сильном световом поле. 7,5 л. 2 р. 60 к.

Зажигаев Д. С., Кишьян А. А., Романников Ю. И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. 20 л. 2 р. 60 к.

Иванов А. А., Соболев Т. К. Неравновесная плазма. 18 л. 3 р. 10 к.

Манипуляторы. 10 л. 50 к.

Романцев М. Ф. Химическая защита органических систем от ионизирующего излучения. 11 л. 1 р. 70 к.

Приборы для радиационной диагностики в медицине. 15 л. 1 р.

Миросердин Ю. В., Баранов В. М. Высокотемпературные испытания реакторных материалов. 20 л. 3 р. 40 к.

Альбиков З. А., Веретенников В. И., Козлов О. В. Детекторы импульсных излучений. 12 л. 1 р. 80 к.

Козлов И. Г. Современные проблемы электронной спектроскопии. 18 л. 2 р. 70 к.

Клемпарская И. Н., Шальнов Г. А. Нормальные аутоантитела как радиозащитные факторы. 10 л. 1 р. 50 к.