

## Семинары и совещания

### Советско-английский семинар по каналным реакторам

В августе 1976 г. в Москве состоялась первая, а в феврале 1977 г. в Великобритании вторая часть семинара «Физика и инженерные вопросы проектирования и эксплуатации каналных реакторов, охлаждаемых кипящей водой». К таким реакторам относятся тяжеловодный SGHWR и водографитовый РБМК, имеющие много общего как в конструкции активной зоны, так и во всей технологической схеме.

Первая встреча включала трехдневный семинар в ИАЭ им. И. В. Курчатова, на котором зачитывали доклады английские специалисты, знакомство с тепло-техническим стендом КС, реактором МР и ЛАЭС. Во время второй встречи состоялся двухдневный семинар в Рисли, где с докладами выступили советские специалисты, посещение исследовательских центров в Рисли, Спрингфилде, Уинфрите и Уиндскейле.

Доклады советских и английских участников семинара касались конструкции реактора и тепломеханического оборудования, физики и тепловых процессов, тепловыделяющих элементов, конструкционных материалов и водно-химического режима, опыта эксплуатации реактора — прототипа в Уинфрите и первого реактора ЛАЭС.

Состоявшаяся дискуссия показала, что несмотря на то, что советские и английские специалисты придерживаются единых взглядов на многие аспекты каналных реакторов, в решении конкретных задач имеются различия. Так, в проекте коммерческого реактора SGHWR заслуживают внимания:

использование топлива нескольких обогащений для выравнивания энерговыделения как по радиусу реактора, так и в пределах отдельной тепловыделяющей сборки;

переход на меньшие тепловые нагрузки твэлов по сравнению с прототипом;

система аварийного впрыска теплоносителя в тепловыделяющую сборку;

отсутствие объединения ГЦН по напору и их резервирования;

применение горизонтальных сепараторов с циклонами;

использование углеродистых сталей для циркуляционного контура.

Английские специалисты на семинаре в Рисли представили интересный материал о 20-летних исследованиях, выполненных по каналным тяжеловодным реакторам. В частности, сообщили о достигнутой высокой точности в расчетном и экспериментальном определении полей энерговыделения, коэффициентов реактивности, изотопного состава облученного топлива в реакторе SGHWR. Разработаны и широко используются

трехмерные программы совместного нейтронно-физического, теплового и гидравлического расчетов реактора. Такая программа применяется, например, в централизованной системе сбора, обработки, представления и хранения информации на реакторе SGHWR. Система использует главную ЭВМ в Уинфрите и работает в режиме слежения за параметрами реактора и станции.

Проводятся обширные вне реакторные и внутри реакторные исследования кризиса теплосъема для тепловыделяющих сборок, результаты которых согласуются между собой и хорошо описываются расчетными корреляциями. Проведены внутри реакторные исследования работоспособности твэлов в закритическом режиме охлаждения при температуре оболочки до 900 °С.

Максимальная линейная тепловая нагрузка на твэлы коммерческих реакторов SGHWR выбирается с учетом условий обеспечения приемлемого температурного режима в аварийной ситуации, связанной с потерей теплоносителя. Исследованиям таких режимов уделяется большое внимание. Определяющим критерием при этом является максимальная температура оболочки, которая не должна превышать 1200 °С. Учет этой аварийной ситуации снижает предельную линейную нагрузку на твэл с 60 до 42 кВт/м.

Большой опыт накоплен в Великобритании по проектированию твэлов и тепловыделяющихборок и по обеспечению их стойкости в условиях кипящего каналного реактора. На основе исследований выработаны важные рекомендации по конструктивным и технологическим решениям и критериям надежной работы твэлов и ТВС. Особого внимания заслуживают результаты изучения влияния переходных процессов на работоспособность твэлов, включая хрупкое разрушение оболочки из-за иодной коррозии, которые позволили разработать рекомендации допустимой скорости подъема мощности и повышения мощности твэла.

Дискуссия и обмен информацией принесли несомненную пользу. Для английских специалистов большое значение имеет успешный опыт создания в СССР мощных АЭС с каналными реакторами РБМК, так как это может в известной мере стимулировать развитие каналных реакторов SGHWR в Великобритании. Судьба их остается все еще неясной в связи с пересмотром общей программы развития ядерной энергетики. В настоящее время проводится сравнительный технико-экономический анализ АЭС с тремя типами реакторов (SGHWR, AGR и PWR), в связи с чем строительство шести АЭС с SGHWR мощностью по 660 МВт перенесено с начала 1978 г. на начало 1979 г.

РОМАНЕНКО В. С.

### Совещание консультативной группы МАГАТЭ по технике отверждения высокоактивных отходов

Целью совещания, состоявшегося 28 февраля — 4 марта 1977 г. в Карлсруэ (ФРГ), являлась выработка руководства для создания аппаратуры технологических

схем отверждения высокоактивных отходов. На заседании присутствовали 20 специалистов из 12 стран и двух международных организаций.

В подготовленном руководстве освещается современное состояние процессов отверждения высокоактивных отходов. Подробно обсуждаются состав и объем отходов, образующихся в разных странах при переработке топлива различного вида, спектр продуктов деления, коррозионные примеси и элементы сплавов, количество и спектр трансурановых элементов и соединений, внесенных при химической переработке. Особое внимание уделяется отдельным узлам технологических схем остекловывания, системам очистки отходящих газов, конструкции и размерам контейнеров для хранения.

В руководство внесены изменения в состоянии процессов отверждения, произошедшие со времени проведения Венского Симпозиума (см. «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 2, с. 161). Так, установка двухстадийного непрерывного процесса остекловывания АVM максимальной производительностью 20 кг/ч по стеклу в Маркуле (Франция) находится в состоянии пуска. Начало работы намечено на вторую половину 1977 г. В середине 80-х годов планируется ввод в строй на мысе Аг установки для отверждения отходов перерабатывающего завода производительностью 1500 т/год.

В США продолжают разработки аппаратурно-технологических схем отверждения. Однако стадия сушки и кальцинации рассматривается только в двух аппаратурных оформлениях (в кипящем слое и распылительной сушилке). Прорабатываются два варианта стадии плавления — периодический процесс в емкости и непрерывный в джоулевым керамическом плавителе.

В ФРГ разрабатывается непрерывный керамический плавитель с прямой подачей раствора производительностью более 100 л/ч. Разработки этого процесса планируются закончить в 1983 г. Новыми в ФРГ являются работы по использованию на стадии плавления керамических плавителей прямого электрического нагрева. Так, в Карлсруэ с сентября 1976 г. введен в действие новый вариант установки VERA. Верхняя ее часть является модифицированным кальцинатором распылительного типа, в котором отходы, смешанные со стеклом, сушатся, кальцинируются, затем плавятся в нижней части установки, представляющей собой печь плавления. Тепло в ней генерируется за счет прохождения

тока между четырьмя молибденовыми электродами (максимальная производительность установки по раствору 30 л/ч).

Керамический плавитель прямого электрического нагрева предусматривается также использовать в памела-процессе, разрабатываемом совместно ФРГ и Еврокемиком (Бельгия) для остекловывания отходов с последующим включением их в металлические матрицы. Этот плавитель рассматривается как возможный вариант стадии плавления в ФИПС-процессе (Юлих, ФРГ) для отверждения отходов от переработки твэлов высокотемпературных реакторов.

В Англии продолжают исследовательские и конструкторские разработки одностадийного тигельного харвест-процесса. В соответствии с программой разработка процесса должна закончиться строительством полномасштабной установки в Уиндскейле с работой на реальных отходах в 1986 г.

Полунепрерывный тигельный процесс отверждения для переработки отходов рассматривается в Индии. Средняя производительность установки 10 л/ч по раствору, максимальная по стеклу — 3 кг/ч. Пуск завода намечен на 1978—1979 гг.

В Японии работы находятся на ранней стадии изучения и направлены на разработку процесса отверждения отходов с высоким содержанием натрия. В качестве первой стадии выбрана кальцинация в кипящем слое, для второй исследуются плавление с соответствующими природными минералами, спекание и горячее прессование кальцинированных отходов с различными добавками, а также получение высокотемпературной керамики. По расчетам, опытная установка для получения высокоактивных отвержденных отходов и оценки их свойств начнет функционировать в 1981 г.

К 1982 г. в Еврокемике решено построить демонстрационную установку для проверки лотес- и памела-процессов.

Дополненный и уточненный вариант «Руководства» после повторного обсуждения на пленарном заседании был рекомендован для издания в технической серии МАГАТЭ в конце 1977 г.

КРЫЛОВА Н. В., МАРТЫНОВ Ю. П.

## Первое Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике

В совещании, состоявшемся 12—14 октября 1976 г. в Киеве, участвовало более 300 специалистов из 87 организаций. На его двух пленарных заседаниях и пяти секциях было обсуждено 215 докладов, посвященных актуальным вопросам автоматизации исследований в ядерной физике. Наибольшее число докладов заслушано на секции «Автоматизированные системы для ядерно-физических исследований». Кроме этой, работали секции системного математического обеспечения, аналоговой обработки экспериментальной информации, программно-управляемых блоков в стандартах «Камак» и «Вектор», средств для представления данных.

На пленарном заседании с докладом о задачах совещания, состоянии работ по автоматизации научных исследований в ядерной физике выступил М. Г. Мещеряков. Два доклада на этом заседании были посвящены перспективам применения управляющих вычислитель-

ных комплексов М-6000/М-7000 (В. В. Застела и др.) и развития и использования ЭВМ в научных исследованиях (Б. Н. Наумов). В докладе Р. Г. Оффенгенда рассматривались тенденции развития аналоговых и цифровых средств для сбора, накопления и обработки данных. Интерес участников совещания вызвали доклады С. С. Забары о возможности автоматической трассировки печатных плат с использованием ЭВМ М-4030 и И. П. Степаненко о достижениях микроэлектроники.

На секции автоматизированных систем сообщалось о созданных или разрабатываемых в различных организациях страны системах автоматизации научных исследований. Часть докладов посвящена созданию спектрометрических систем на базе ЭВМ с магистральным каналом (ЛИЯФ АН СССР, ОИЯИ). Использовались ЭВМ PDP 11/05, PDP 11/20, М-400. Однако из-за отсутствия в некоторых из них запоминающих устройств