

рассматривается лишь как запасной вариант в случае неудачи с натриевым бридером.

В качестве альтернативы в случае задержки ввода бридеров Е. Тойхерт и др. (ФРГ) предлагают эксплуатировать любой вид НТР в высококонверсионном ($KB=0,76$), а впоследствии в почти бридерном ($KB=0,97$) режимах с использованием ториевого цикла. Режим НТР-НС приводит к снижению удельной мощности до 5 МВт/м³ и глубины выгорания до 20—30 МВт·сут на 1 кг топлива.

Значительное внимание было уделено проблемам разработки материалов: изоляции, слабораспухающего графита, неметаллических лопаток гелиевых турбин, высокотемпературных сплавов с присадками окислов алюминия к стали НК-40 (25% Cr, 20% Ni), увеличивающими прочность на разрыв с 1 до 8 кг/мм² при 900 °С (Г. Е. Василевский и др., США) и др. Большие работы ведутся по изучению механизмов выхода из твэлов продуктов деления и их отложения в контуре, а также по усовершенствованию топлива и завершению топливного цикла. Только в 1976 г. ERDA выделяет на эти работы 20 из 30 млн. долл., предназначенных для доводки НТР-СТ. Окончание работ намечено на 1986 г. В KFA в 1977 г. будет запущена установка «Юпитер» по переработке твэлов AVR. Совершенствование микро-топлива идет по пути замены оболочек из SiC оболочками из ZrC и добавки окислов Al, Si и других элемен-

тов к топливному ядру для стабилизации эффекта «Амеба» (смещения топливного керна). Число стран, участвующих в разработке НТР, расширяется (Бразилия, Австрия и др.). Национальная программа Австрии состоит в создании и совершенствовании отдельных элементов оборудования НТР. В Австрийском ядерном центре Сайберсдорф сооружен крупный стенд по испытанию корпусов из напряженного бетона (PCRВ) и другого оборудования при давлениях в контуре до 100 бар. Интересная особенность австрийского PCRВ — использование горячей (300° С) внутренней герметизирующей оболочки, расположенной перед теплоизоляцией корпуса, что облегчает ее осмот и ремонт. Австрийские специалисты не видят препятствий для повышения давления в PCRВ до 150—200 бар.

От СССР на симпозиуме был представлен доклад А. П. Александрова и других о структуре АЭС в процессе развития атомной энергетики.

Симпозиум, собравший около 300 делегатов из 24 страны и пяти международных организаций, продемонстрировал широкий фронт научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по технологии газоохлаждаемых реакторов и подтвердил (несмотря на некоторые затруднения с НТР-СТ) необходимость дальнейшего развития НТР (особенно VHTR).

ГАНЕВ И. Х.

Советско-французский семинар по водо-водяным энергетическим реакторам

В Центре ядерных исследований Сакле (Франция) 17—23 сентября 1975 г. проходил советско-французский семинар по теме «Парогенераторы, конструкционные материалы и технология изготовления компонентов первого контура водо-водяных реакторов». Рассматривалась вторая тема программы сотрудничества ГКАЭ СССР и КАЭ Франции в области разработок для АЭС с водоохлаждаемыми реакторами, согласованной в 1974 г. Первая тема программы «Физика, гидравлика и теплообмен водо-водяных реакторов» обсуждалась на семинаре в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова в октябре 1974 г.

На семинаре в Сакле было представлено шесть советских и восемь французских докладов. Советские доклады охватывали проблемы разработки реакторных установок ВВЭР, парогенераторов для них, конструкционных материалов для основного оборудования реакторных установок, а также обоснования прочности основных компонентов первого контура. Во французских докладах рассматривались отдельные вопросы по вертикальным парогенераторам фирмы «Вестингауз», применяемым в строящихся АЭС с водо-водяными реакторами во Франции, разработки новой конструкции прямоточных вертикальных парогенераторов, результаты исследования охрупчивания корпусных сталей под облучением, возможность сварки электронным лучом компонентов первого контура, результаты разработки систем контроля качества оборудования первого контура при эксплуатации. Основную часть при обсуждении заняла проблема парогенераторов для АЭС с ВВЭР. Советские специалисты в своих докладах на основании десятилетнего опыта эксплуатации парогенераторов на первом блоке НВАЭС и многолетнего

опыта работы парогенераторов второго — четвертого блоков этой станции, а также парогенераторов Кольской АЭС, АЭС «Норд», «Козлодуй» показали правильность выбора горизонтальной конструкции парогенератора с вертикальными цилиндрическими трубными коллекторами, обеспечивающей надежную работоспособность теплообменной поверхности, выполненной из обычной аустенитной стали ОХ18Н10Т. Коррозионная стойкость обеспечивается тем, что в условиях горизонтальной компоновки трубного пучка и вертикальных трубных коллекторов исключается возможность постоянного накопления коррозионно-активных примесей за счет обеспечения устойчивой циркуляции «котловой» воды и поддержания норм водного режима. Французские специалисты представили результаты расчетно-экспериментальных исследований, направленных на улучшение работы вертикальных парогенераторов с U-образными пучками. Недостатки таких парогенераторов — коррозионные повреждения теплообменных труб в местах заделки в трубные доски. В одном из докладов рассматривалась циркуляция котловой воды в U-образном трубном пучке и предложено использовать встроенные струйные насосы для интенсификации циркуляции, в частности в районе плоской трубной доски парогенератора, и тем самым предотвратить постоянное накопление коррозионных примесей на трубной доске.

В докладе об исследовании сепараторов пара в парогенераторах интерес представляет применение на моделях в качестве рабочей среды смеси вода — фреон и измерение влажности пара различными датчиками. Коррозионной стойкости труб теплообменной поверхности вертикальных парогенераторов посвящен

другой доклад французских специалистов, в котором по результатам исследований указывается на недостаточную коррозионную стойкость труб из инконеля-600, отдается предпочтение инколлою-800 и рекомендуются для новых проектов парогенераторов использовать сплавы Sanico-30. Советские специалисты высказали положительное мнение о вертикальных парогенераторах, но в них должны выполняться условия работы мест заделок труб в трубные доски, аналогичные условиям работы в горизонтальных парогенераторах.

Из представленных французскими специалистами докладов и по результатам посещения советской делегацией ряда лабораторий Сакле видно, что во Франции большое внимание уделяется проблемам конструкционных материалов, контролю качества оборудования первого контура АЭС с водо-водяными реакторами типа «Буже», «Фессенхейм» как при изготовлении, так и при эксплуатации, исследованиям облученной корпусной стали реакторов, хрупкой прочности конструкционных материалов на образцах с имитированной трещиной. Необходимо отметить значительные успехи, достигнутые в лабораториях Сакле по перечисленным проблемам. Так, по оборудованию для контроля качества металла основных элементов корпуса реактора при эксплуатации полностью отработана система с применением методов ультразвукового контроля, магнитопорошковой дефектоскопии, вихревых токов, акустической эмиссии. Французские специалисты продемон-

стрировали работу всей основной аппаратуры на натуральных макетах узлов корпуса реактора. Отличительная особенность аппаратуры ультразвуковой дефектоскопии — применение датчиков с регулируемой фокусировкой, имеющих большую чувствительность и разрешающую способность, а также использование головки с системой групповых датчиков. В лабораториях Сакле проводится технологическая отработка ряда решений по оборудованию первого контура, например усовершенствуется приварка патрубков к корпусу реактора с помощью электронно-лучевой сварки. Необходимо при этом отметить использование способа местного вакуумирования участков сварки; имеются отработанная аппаратура и приспособления для сварки продольных и кольцевых швов, а также приварки патрубков размерами более 1 м по наружному диаметру. Лаборатории Сакле оснащены современным оборудованием в достаточно большой номенклатуре.

Семинар прошел в деловой, дружественной атмосфере и, по мнению советских и французских специалистов, принес определенную практическую пользу для обеих сторон в развитии АЭС с водо-водяными реакторами. После окончания работы семинара советские специалисты были приняты руководством КАЭ Франции и ознакомлены с перспективой строительства АЭС с водо-водяными реакторами во Франции на ближайшие 10 лет.

ДЕНИСОВ В. П.

Симпозиум по трансплутониевым элементам

Работа IV Международного симпозиума по трансплутониевым элементам (сентябрь, 1975 г., Баден-Баден, ФРГ) была посвящена систематизации свойств, химии разделения, препаративной химии, физической и координационной химии и прикладному применению актиноидных элементов, синтезу и стабильности трансактиноидных элементов. Было представлено свыше 50 докладов.

На первой секции по систематизации свойств актиноидных элементов было сделано девять докладов, касавшихся установления закономерностей в свойствах актиноидных элементов, обусловленных их электронным строением. Например, в докладе Х. Хилла и Е. Кметко (США) изложена попытка истолковать электронное строение актиноидных металлов с позиции теории валентных связей. В. Уорд и Х. Хилл (США) предложили способ расчета стандартной энтропии металлов, учитывающий немагнитную и магнитную составляющие.

Ряд докладов посвящен систематике последних экспериментальных данных по термодинамическим свойствам ионов актиноидных элементов, установлению закономерностей в их изменении и оценке на основе полученных соотношений окислительных потенциалов для различных пар.

В докладах по химии разделения обсуждались экспрессные методы разделения и идентификации трансактиноидных элементов в газовой сфере. В. Брюкл и др. (ФРГ) исследовали экстракцию аналогов элементов 108—116 дитилдитиофосфатами в органическом растворителе из растворов соляной и серной кислот. На основании полученных данных предлагается методика их выделения. И. К. Швецов (СССР) сообщил об иссле-

дованиях разделения трансплутониевых элементов фосфорорганическими соединениями.

Доклады по препаративной химии были посвящены получению и изучению структуры актиноидных металлов: актиния, протактиния, америция, юрия, калифорния; получению и определению параметров кристаллической решетки монохалькогенидов и монопниктидов (P, N, As, Sb, Bi) актиноидных элементов. При обсуждении кристаллической структуры металлических америция и юрия (В. Мюллер и др., ФРГ) авторы приходят к выводу, что в случае получения этих элементов конденсацией из газовой фазы они имеют двойную гексагональную плотноупакованную решетку.

На заседании секции по физической химии обсуждались результаты исследований удельной теплоемкости, электросопротивления, упругости паров и магнитной восприимчивости металлических америция, юрия и калифорния, магнитной восприимчивости пниктидов америция и юрия. В этих работах приводятся новые экспериментальные данные, позволяющие судить об электронном строении металлов и их соединений.

В ряде докладов исследовалось строение соединений актиноидных элементов с использованием методов ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. Наибольший интерес представляют работы по окислам Pa, U, Np, Am, Cm, Cf (Д. Мане, Р. Туркотт, США), исследования строения комплексных перекисей, карбонатов и ацетатов пяти- и шестивалентного нептуния (С. Мюзикас, Дж. Борнс, США). Выводы авторов последней работы об общем характере изменения силы связей металл — кислород и металл — лиганд при переходе от Np(VI) к Np(V) согласуются с выводами, сделанными в докладе Д. Н. Суглобова.