

вертируемым в ^{233}U , необходимый для загрузки высокотемпературных реакторов. Для функционирования системы требуются торий и отвалный или природный уран. Причем, поскольку необходимость в обогащенном уране существенно снижается, экономически оправдано использование даже дорогих урановых руд.

В институте разработаны математические модели, позволившие проверить реализуемость описанных реакторных стратегий при различных условиях развития энергетики и вероятных временах освоения новых типов реакторов.

МАСТБАУМ В. И.

Международный семинар по реакторным шумам

21—25 октября 1974 г. в Риме проходил I Международный семинар, посвященный исследованию шумов в ядерных реакторах (SMORN-I). Он был организован Европейско-американским комитетом по реакторной физике совместно с Итальянским национальным комитетом по ядерной энергии. Были приглашены также представители стран, не входящих в эти организации, в частности СССР, Польши, Венгрии и Румынии. Всего в работе семинара участвовало 60 ученых более чем из 20 стран. Представлено было около 40 докладов.

Столь представительное собрание было создано впервые. Предыдущие конференции и симпозиумы по реакторным шумам имели национальный либо двух- или трехсторонний характер (национальные конференции в США в 1963 и 1966 гг., Советско-бельгийско-голландский симпозиум 1967 г., Всесоюзная школа физиков по импульсным и статистическим методам в реакторах 1967 г. и др.).

Последние годы отмечены возрастанием роли ядерной энергетики, строительством новых АЭС и, как следствие, возникновением проблемы их оптимальной эксплуатации. Последняя, в свою очередь, требует всестороннего изучения физических процессов в реакторах. Практическая направленность семинара была определена девизом: «От критических сборок — к энергетическим реакторам».

О явном повышении интереса исследователей к «энергетическим» шумам свидетельствует тот факт, что флуктуациям нейтронного потока в реакторах низкой (так называемой «нулевой») мощности было посвящено гораздо менее половины всех докладов. Общее мнение в настоящее время сводится к тому, что в целом вопрос о шумах в критических сборках исчерпан. Статистические методы измерений кинетических параметров взяты в ряде случаев на вооружение как стандартные. Оставшиеся нерешенными вопросы представляют скорее академический интерес. К тому же сама роль эксперимента на физическом стенде падает.

Положение с шумами в энергетических реакторах несколько иное. Широкие возможности использования статистических характеристик ядерной установки для контроля безопасности и ранней диагностики технологических нарушений определяют интерес к их изучению. С другой стороны, «шумовая» картина в энергетическом реакторе намного сложнее, чем в критической сборке. Если в физическом реакторе основной источник шума реактивности имеет равномерный («белый») частотный спектр, то в энергетическом присутствует большое число источников (температура, расход теплоносителя, механические вибрации и т. д.), спектральный состав которых зачастую существенно «небелый». Наличие большого числа обратных связей значительно усложняет проблему. Поэтому до получения завершенной картины шумов энергетического реактора пока далеко. В настоящее время теоретические и экспериментальные исследования в различных странах направлены,

в основном, на решение отдельных частных задач, многие из которых представляют непосредственный практический интерес.

Ряд докладов на семинаре был посвящен методам обнаружения кипения теплоносителя в активной зоне при аварийной блокировке каналов. Такие работы ведутся в Венгрии, Японии, ФРГ, США, Франции. Исследуются вне реакторные макеты кипящих каналов, а также шумы нейтронного потока при барботировании пузырьков газа в активную зону водяных реакторов. В процессе экспериментов регистрируются флуктуации температуры, нейтронного потока, акустические шумы. Акустические методы рассматриваются как наиболее перспективные для обнаружения кипения в быстрых реакторах с жидкометаллическим теплоносителем. Поскольку в реальном энергетическом реакторе присутствует сильный акустический фон, не связанный с кипением, для его подавления предлагается использовать взаимную корреляцию акустических шумов и флуктуаций нейтронного потока. На французском быстром реакторе «Суперфеникс», например, предполагается осуществить постоянный контроль кипения по взаимной корреляции акустических и нейтронных шумов. Применение внутрореакторных нейтронных датчиков типа ДПЗ позволяет даже определять область кипения. Эти же датчики используются для контроля циркуляции теплоносителя в кипящем реакторе путем измерения скорости подъема пузырьков пара по взаимной корреляции двух детекторов, расположенных вдоль канала. Результаты измерения скорости теплоносителя по взаимной корреляции двух термопар представили венгерские физики.

В некоторых докладах (США, Австралия) подчеркивалась необходимость изучения механических колебаний в энергетических реакторах для целей контроля. Использование соответствующих датчиков (например, акселерометров) дает информацию о вибрациях стержней, вызванных флуктуациями давления или гидродинамическими эффектами. В США изучались шумы различных датчиков (вне реакторная нейтронная камера, акселерометры) для контроля перемещений активной зоны в водо-водяном реакторе.

Одновременно с экспериментами в различных странах ведутся теоретические исследования. Во многих случаях они имеют прикладной характер и направлены на истолкование имеющихся экспериментальных данных. Строятся определенные физические модели (как правило, простейшие), и на основании эксперимента проводится определение коэффициентов уравнений. Это позволяет получить такие важные характеристики, как постоянные времени элементов активной зоны, параметры функции обратной связи. В некоторых докладах обсуждались более общие теоретические вопросы, связанные, например, с нелинейными эффектами (Япония, СССР).

Дальнейшие исследования в области шумов энергетических реакторов должны дать материал для более глубокого теоретического обобщения. Стимулом является та полезная информация, которую эти шумы содержат.

Следует отметить большую работу, проведенную оргкомитетом семинара под руководством профессора

Н. Пачилио и доктора В. Иорио. Избранные доклады, касающиеся статистических эффектов в энергетических реакторах, будут опубликованы в английском журнале «Annals of Nuclear Science and Engineering». Полный сборник докладов будет издан в Италии.

ШВЕЦОВ Д. М.

V Всесоюзная конференция по теплообмену и гидравлическому сопротивлению при движении двухфазного потока в элементах энергетических машин и аппаратов

Конференция работала 15—18 октября 1974 г. в Ленинграде по инициативе ГКНТ СССР, АН СССР, Министерства тяжелого энергетического и транспортного машиностроения СССР, ЦКТИ им. И. И. Ползунова, Института высоких температур АН СССР, Национального комитета по тепло- и массообмену и других организаций.

На конференции присутствовало свыше 800 делегатов от 168 научных, конструкторских и проектных организаций, промышленных предприятий и вузов. Было заслушано и обсуждено 50 обзорных докладов, обобщивших свыше 250 научных работ.

М. А. Стырикович посвятил свой вступительный доклад перспективам развития энергетики и использованию природных ресурсов. Директор ЦКТИ Н. М. Марков в своем сообщении подчеркнул важность скорейшего внедрения результатов научных исследований в промышленность. Выступившие затем С. С. Кутателадзе, В. М. Боришанский, В. И. Голубинский осветили некоторые проблемы гидродинамики и теплообмена в двухфазных средах.

На конференции работали две секции:

1. Теплообмен и гидродинамика при кипении жидкостей в условиях свободной конвекции. Конденсация паров и испарение. Теплообмен и гидродинамика в околкритической области.

2. Теплообмен и гидродинамика при организованном движении двухфазного потока и быстродвижущихся пароводяных потоках. Кризис теплообмена при свободной конвекции и организованном движении теплоносителя (трубы, каналы).

На первой секции большое внимание было уделено исследованию механизма кипения. Были представлены новые данные по отрывным диаметрам, характеристикам поверхности и динамике роста паровых пузырей. Большой интерес вызвали доклады, посвященные кипению на оребренных поверхностях, в щелевых каналах и на поверхностях с различными покрытиями. Привлекли внимание сообщения об исследованиях теплоотдачи при конденсации паров различных веществ, в которых были рассмотрены новые аспекты механизма переноса тепла при пузырьковом кипении жидкостей.

Некоторые доклады содержали анализ работы энергооборудования, в частности, парогенератора Нововоронежской АЭС, реактора ВК-50 и т. п. Результаты этих исследований позволили оптимизировать величину поверхности нагрева парогенератора, разработать новую методику расчета корпусных кипящих реакторов.

На второй секции обсуждались проблемы теплоотдачи и гидродинамики при кипении жидкостей в трубах, а также кризиса теплообмена при кипении.

Был представлен обширный экспериментальный материал по теплообмену, гидродинамике, истинным объемным паросодержаниям, границам течения двухфазных сред. В настоящее время все большее внимание уделяется исследованию локальных характеристик двухфазных потоков с использованием новейших методов диагностики, что нашло широкое отражение в ряде докладов.

Большой интерес вызвали доклады, посвященные актуальному вопросу — кризису теплообмена в парогенерирующих каналах. Исследован механизм возникновения кризиса, получены зависимости для расчета предельного расхода жидкости в пленке, интенсивности выпадения капель из ядра потока на стенку. Отмечено совпадение опытных данных по критическим тепловым нагрузкам у ряда авторов.

По докладом, представленным на конференцию, состоялась плодотворная дискуссия.

В решении, принятом на заключительном пленарном заседании, подведены итоги исследований. Научным организациям рекомендовано уделять больше внимания критическим сопоставлениям и обобщениям экспериментального материала, быстрее выдаче рекомендаций по тепловому и гидравлическому расчету энергетического оборудования. Признан целесообразным выпуск межотраслевых нормативных материалов. Намечено развитие наиболее перспективных направлений в теплоэнергетике.

БЕЛЕНЬКИЙ М. Я., ШЛЕЙФЕР В. А.