

Конференция, посвященная 10-летию Первой атомной электростанции

В ознаменование 10-летия со дня пуска первой в мире атомной электростанции в Обнинске 27 июня 1964 г. состоялась научная конференция по атомной энергетике.

На утреннем заседании 29 июня со вступительным словом выступил академик А. П. Александров, кратко рассказавший об истории создания Первой АЭС и об основных направлениях работ, связанных с созданием этой уникальной установки. Он подчеркнул важность этой уникальной установки, который сделан специалистами СССР в области мирного использования атомной энергии, практическая реализация которой является задачей ближайшего будущего.

Доклад М. И. Родионова был посвящен десятилетнему опыту эксплуатации Первой АЭС. В докладе был отмечен значительный вклад коллективов специалистов, принимавших участие в создании АЭС, а также специалисты, занимавшиеся тем или иным направлением работ — Н. А. Доллежалы, Д. И. Блохищев, А. К. Крайнов, В. А. Малах, Н. А. Николаева, М. Е. Мишагина, А. А. Смирнов и др. Десятилетняя эксплуатация реактора Первой АЭС позволила получить богатый экспериментальный материал, необходимый для дальнейшего развития ядерной энергетики Советского Союза. Особое внимание в докладе было уделено испытаниям реактора в различных жестких режимах, а также режиму работы реактора вначале в режиме кипения, а затем переводу нескольких каналов в режим ядерного перегрева пара. Наложен и обобщен опыт эксплуатации энергетического оборудования АЭС, а также экспериментальные исследования по химии воды, коррозии. Значительная часть доклада была посвящена опыту пуска Белоярской АЭС (реакторы которой по своим конструктивным принципам реактора Первой АЭС) и другим результатам работы этой атомной электростанции.

В обобщающем докладе академик Л. А. Арцимович отметил, что Вторая женеvская конференция по мирному использованию атомной энергии в 1958 г. был достигнут важный итог термоядерных исследований, проведенных в различных странах. Для первого периода термоядерных исследований было характерным преобладание теории. После 1958 г. в экспериментах пришлось встретиться с большими трудностями. Стало ясно, что практически важные результаты могут быть достигнуты только после создания солидной экспериментальной базы и что ранее проведенные эксперименты носили не более как иллюстративный характер. Другой характерной особенностью исследований по

управляемому термоядерному синтезу является удивительное совпадение и единообразие логического мышления специалистов различных стран. Программа исследований в Советском Союзе охватывает все известные направления:

- 1) изучение плазмы в открытых магнитных ловушках (с незамкнутыми магнитными силовыми линиями);
- 2) исследования по нагреву плазмы внутри тороидальной камеры;
- 3) исследования по удержанию, стабилизации и нагреву плазмы высокочастотными электромагнитными полями.

Все они по сути дела являются пока исследованиями высокотемпературной плазмы. Однако нет сомнений, что время проведения действительно термоядерных исследований не за горами.

Вечернее заседание 29 июня открылось докладом академика Н. А. Доллежалы, посвященным развитию мощных тепловых энергетических реакторов. Значительное внимание было уделено разграничению функций быстрых и тепловых энергетических реакторов в обеспечении энергоснабжения при широком развитии ядерной энергетики, исходя из качественных особенностей этих двух классов реакторов. Неизбежные сезонные колебания в потреблении энергии имеют интересные особенности и закономерности, которые могут предопределить границы применимости того или иного класса реакторов, выполнения ими определенных задач в энергоснабжении. Рассмотрены экономические аспекты развития мощных тепловых реакторов, а именно пути улучшения их двух показателей — стоимости установленного киловатта и себестоимости вырабатываемой электроэнергии. Охарактеризована эволюция реакторов бескорпусного типа от реактора Первой АЭС к реакторам первого и второго блоков Белоярской АЭС и, наконец, к сверхмощному реактору на 800—1000 Мвт на сверхкритических параметрах пара, техническая осуществимость которого представляется вполне реальной. Наконец, были рассмотрены некоторые зарубежные строящиеся и разрабатываемые бескорпусные реакторы, принципиальные технологические схемы которых являются повторением вариантов схем реакторов Белоярской АЭС.

Следующим был заслушан доклад В. А. Кузнецова и др. «Экспериментальные работы по изучению органических теплоносителей на Первой АЭС». Эти работы проводились с 1956 по 1963 г. и охватывают три этапа исследований органических жидкостей: исследования в ампулах, испытания с принудительной циркуляцией и петлевые испытания. Испытывалось примерно 20 образцов органических жидкостей. В качестве крите-

рия стойкости их было взято газовыделение. Испытывались кубовые остатки, моноизопротилдифенил, дауртерм, кремнийорганические жидкости и др. Приведено описание экспериментальных петель, установленных на реакторе Первой АЭС, работы их оборудования. Полученные результаты по радиационной и термической стойкости обобщены. Они хорошо согласуются с имеющимися опубликованными данными. Даются рекомендации по температурным интервалам применения различных органических теплоносителей. Ректификация моноизопротилдифенила осуществлялась на одной из петель, причем работа этой установки весьма удовлетворительна.

В докладе Ш. Ш. Ибрагимова и др. рассматривались вопросы поведения ядерного горючего в различных условиях как по температуре, так и по облучению. Изучалось поведение образцов урана, изготовленных различными технологическими методами. Измерялся коэффициент радиационного роста в зависимости от выгорания и интенсивности нейтронного потока. Получен ряд интересных данных по зависимости коэффициента радиационного роста от температуры и степени прокатки. Исследовались макро- и микроструктура образцов, их плотность и твердость после облучения.

Следующим был доклад Н. С. Хлопкина и Н. М. Мордвинова «Создание активных зон на повышенные ресурсы для реакторов ледокола «Ленин». Ледокол успешно работает пятую навигацию. На первой загрузке реакторы ледокола работали до 1962 г. Выработка энергии первой загрузкой в среднем составила 13—14 тыс. Мет.сутки/т, а максимальная—до 30 тыс. Мет.сутки/т. Дано описание твэлов и каналов первой топливной загрузки, рассмотрены различные варианты удлинения кампании активных зон реакторов ледокола (подгрузка каналов, введение выгорающего поглотителя). Состояние твэлов после выгрузки их из реактора в 1962 г. удовлетворительное; изменений размеров и формы их не обнаружено. Учитывая это, два комплекта каналов второй загрузки для двух реакторов были сделаны такими же, как и для первой загрузки. Третий комплект рассчитан на кампанию 340 суток. В твэлах этого комплекта увеличено количество выгорающего поглотителя. В настоящее время эти комплекты загрузки активных зон прошли максимумы борного выбега реактивности, и прогнозы относительно длительности кампании реакторов ледокола со второй загрузкой не ухудшились.

Последним на вечернем заседании был доклад В. В. Орлова и др. «Физический пуск реактора Белоярской АЭС». Физический пуск этого реактора был осуществлен в сентябре—декабре 1963 г. Критическая масса была достигнута при загрузке ~100 каналов. Большое внимание было уделено экспериментальному изучению физики этого реактора. Измерялись коэффициент использования тепловых нейтронов (установлено, что заметную роль играют термализационные эффекты) и коэффициент избежания резонансного захвата. Результаты измерения последнего побудили вновь тщательно изучить методику расчета этого коэффициента и при расчете учитывать более мелкие эффекты. Измерен запас реактивности реактора и другие эффекты (температурный, эффект перехода пароперегревательных каналов в режим перегрева пара и др.). В целом измерения позволили выработать рекомендации по переводу реактора на энергетический режим работы и уточнить методику расчета реактора подобного типа.

На утреннем заседании 30 июня первым был доклад академика АН УССР А. И. Лейпунского «Научные и технические аспекты создания реакторов большой

мощности на быстрых нейтронах для крупной ядерной энергетики». Он остановился на состоянии проблемы по быстрым реакторам и перспективам их развития в направлении максимального сокращения времени удвоения количества вторичного ядерного горючего и уменьшения себестоимости электроэнергии. Были рассмотрены различные виды горючего для быстрых реакторов, вопрос о глубине выгорания горючего и его влиянии на время удвоения. Докладчик особо остановился на вопросах технологии использования натрия как теплоносителя и опыте работы с ним. В заключение доклада были рассмотрены различные способы улучшения физических характеристик мощных быстрых энергетических реакторов, а также обсуждены возможности использования таких реакторов в комбинации с радиационно-химическими установками для опреснения воды.

Следующим был доклад В. И. Субботина «Проблема теплосъема в ядерных реакторах с жидкометаллическим теплоносителем». Рассматривались три основных вопроса: очистка теплоносителя, специфика теплосъема в каналах сложной конфигурации и специфика теплосъема во времени (пульсации). Проблема очистки теплоносителя в основном решена. Серьезным вопросом, который подлежит изучению, является теплофизический твэл, расположенных по углам и бокам решетки активных зон реакторов с жидкометаллическим охлаждением. В заключение докладчик рассказал о механизме теплопередачи в ламинарном слое жидкости.

Доклад Ш. С. Николайшвили был посвящен программам, разработанным в СССР в последние годы для расчета реакторов. Он отметил, что проблема расчета одномерных реакторов решена достаточно хорошо. Развита методика Монте-Карло и классический метод анализа (метод интегрирования по лучам). В настоящее время важной является проблема оптимизации физических характеристик реактора.

В докладе В. Л. Карпова было отмечено, что в настоящее время в области радиационной химии наблюдается переход от исследовательских работ к попыткам создания радиационно-химической технологии в опытных масштабах. Докладчик рассмотрел два вида процесса: процессы, где энергия излучения необходима только для инициирования химического процесса, и энергетические процессы, где энергия излучения нужна в течение всего времени их протекания. По мнению докладчика в настоящее время есть несколько процессов, вполне подготовленных к промышленному внедрению.

Доклад Ю. И. Корякина и др. посвящен технико-экономическим перспективам развития в СССР малой ядерной энергетики. Рассмотрены типы реакторов и действующие прототипы, перспективные для использования в отдаленных районах СССР, обсуждены технические и экономические показатели этих реакторов. Специально рассмотрен вопрос о выборе минимальной, экономически оправданной единичной мощности атомных энергоустановок малой мощности.

В докладе В. В. Гончарова «Исследовательские реакторы для испытания высоконапряженных твэлов» был описан реактор канального типа, расположенный в бассейне; реактор сооружен в Институте атомной энергии вместо известного реактора РФТ. Мощность его 20 Мет. В активную зону реактора могут устанавливаться 9 петлевых каналов, а в отражателе—4 канала. В заключение докладчик кратко остановился на проектных характеристиках новых исследовательских реакторов МИР и МР.

Заключительным докладом на конференции был доклад С. М. Фейнберга «Новые исследовательские реакторы». В нем были подведены некоторые итоги ра-

тепловых реактора СМ-2; в этом реакторе достигнута рекордная плотность тепловых (3 · 10¹⁶ нейтр/см² × 10¹⁵ нейтр/см²·сек с энергией 1,5 · 10¹⁵ эв) нейтронов; рекордные энергонапряженности (1,5 · 10¹² эв/л, максимальная 4,5 · 10¹³ ккал/л) и мощность нагрева (10¹⁰ ккал/м²·ч). Докладчик рассказал о возможности усовершенствования этого реактора с целью дальнейшего повышения (в 2 раза) мощности нейтронов. В заключение докладчик сообщил о возможности разработки вариантов импульсного графитового реактора — генератора нейтрино как новой области применения исследовательских реакторов.

После состоялось обсуждение затронутых в докладах вопросов. В заключение участникам конференции были показаны кинофильмы об использовании атомной энергии в СССР.

Конференция показала, какой большой путь прошло советское реакторостроение за 10 лет со дня пуска Первой АЭС, и фактически явилась творческим отчетом советской атомной науки и техники в деле мирного использования энергии атома.

Ю. К.

Международный симпозиум по медицинскому радиоизотопному скеннированию

В апреле 1964 г. в Афинах (Греция) МАГАТЭ организовало Международный симпозиум по медицинскому радиоизотопному скеннированию, в котором приняли участие около 180 ученых из 26 стран и 5 международных организаций. Из представленных на симпозиум докладов было заслушано и обсуждено 58 сообщений, разделенных на три группы: теория скеннирующих систем, детекторы излучений (передвижные и стационарные) и клиническое применение метода.

Основной целью общей теории скеннирующих систем является расчет детекторов, оптимальных для конкретной цели применения этой методики, например, для обнаружения опухолей мозга. В докладе Р. Бека (США) приведены попытки вывести уравнения, связывающие геометрические и физические параметры, подлежащие рассмотрению (размер опухоли, глубина ее залегания, коэффициент поглощения излучения покровными тканями, проницаемость и решающая способность детектора, фокусное расстояние, площадь скеннирования, время скеннирования и т. д.).

А. Селергуд (Швеция) обратил особое внимание на то, что эти свойства сцинтиграммы часто характеризуются разрешающей способностью и контрастностью, но эти параметры в действительности зависят друг от друга. Разрешающую способность можно увеличить только за счет уменьшения контрастности и наоборот. Показано, что при определенных условиях, по мере уменьшения числа элементов объем информации на изображении сначала увеличивается, достигает максимума, а затем сокращается.

Чувствительность коллиматора к точечному источнику излучения, перемещающемуся по линии, перпендикулярной к оси коллиматора, можно определить путем вычисления изменения телесного угла, стянутого конусом зрения коллиматорского канала в поле излучения. Определенные таким способом экспериментальные кривые чувствительности всегда шире, чем теоретические кривые, главным образом ввиду проникновения излучения через стенку коллиматора. В докладе П. Селера (Великобритания) величина эффекта проникновения подсчитана для цилиндрической камеры в виде конуса в ее тени и полутени. Экспериментальные кривые чувствительности, измеренные для цилиндрических и конусных камер с источниками излучения различной энергии, оказались в приемлемом согласии с теоретическими кривыми, полученными с учетом эффекта проникновения.

Формы цилиндрических, конических и сфокусированных коллиматоров в зависимости от энергии γ -излучения была дана В. Мак-Интайром и др. (США).

Показано, что ни один из коллиматоров не может быть оптимальным для всех случаев, но один коллиматор может превосходить другой при обнаружении дефекта определенного вида для γ -квантов данной энергии.

Количественная взаимосвязь между скеннограммой и поперечным сечением органа, подвергнутого исследованию, до недавнего времени была изучена только для щитовидной железы. Р. Вольф и И. Фишер (ФРГ) провели серию исследований на фантоме из пластика с целью определения точности скеннографического изображения при различных условиях. Важным результатом работы является вывод, что при оптимальных ширине канала спектрометра, режиме вычитания фона и скорости скеннирования может быть получено точное изображение и таких больших органов, как селезенка или печень.

В докладе К. Эфраима (Нидерланды) описан опробованный в клинике специальный 36-канальный многофокусный коллиматор, разработанный для скеннирования головного мозга, печени и костной ткани. Чувствительность этого коллиматора мало изменяется по мере углубления источника в фантоме, имитирующем тело человека, до максимальной толщины печени.

В докладе Р. Бека (США) описаны методы конструирования, изготовления испытания сфокусированных коллиматоров, основанных на упомянутом выше теоретическом анализе для трех групп γ -квантов: с энергиями ниже 0,150 Мэв, в диапазоне 0,15—1,0 Мэв и выше 1 Мэв. Для первой группы γ -квантов предложена конструкция, максимально увеличивающая геометрическую характеристику для установленного фокусного расстояния, радиуса наблюдения, толщины перегородки и диаметра кристалла. Во втором диапазоне проникновение γ -квантов через перегородки коллиматора является значительным, и геометрическая характеристика достигает максимума для конкретных энергий γ -квантов и фиксированных значений других параметров. При энергиях выше 1 Мэв используют одноканальный коллиматор.

Конструкция многоканального коллиматора для низких энергий γ -квантов J^{125} дана в докладе Р. Хефера и А. Росцужки (Австрия). Высокая эффективность достигнута за счет уменьшения толщины перегородки (менее 1 мм Рb), что увеличило эффективность регистрации излучения без снижения разрешающей способности.

Д. Куль (США) сообщил о клиническом радиоизотопном скеннере для цилиндрического и секционного скеннирования, разработанным для выявления преимуществ различных форм движения детектора. На основе про-