

Конференция по тяжеловодным реакторам*

В мае 1962 г. в Оттаве состоялась Международная конференция и выставка по тяжеловодным реакторам, организованные Канадской ядерной ассоциацией. На конференции присутствовало около 300 делегатов из разных стран; было заслушано 40 докладов, посвященных техническим, экономическим и физическим аспектам тяжеловодных реакторов. Большинство докладов носило обзорный характер.

Работа конференции проходила в двух направлениях. На нескольких заседаниях рассматривалась роль ядерной энергетики в различных странах, обсуждались достижения в использовании атомной энергии и программы дальнейших исследований.

Другая серия докладов была посвящена техническим проблемам использования атомной энергии с помощью тяжеловодных реакторов. Здесь наибольший интерес вызвали доклады о канадских реакторах CANDU и OCCR. Сооружаемый в настоящее время реактор CANDU электрической мощностью 200 Мвт является реактором с трубками под давлением, в которых расположены тепловыделяющие элементы из природного урана. Пуск реактора должен состояться в 1964 г. В настоящее время эксплуатируется прототип реактора CANDU — реактор NPD полезной мощностью 19,3 Мвт. К сожалению, на конференции ничего не было сообщено об опыте эксплуатации этого реактора.

Реактор OCCR является вариантом реактора CANDU и отличается от последнего органическим теплоносителем (в реакторе CANDU в качестве теплоносителя используется тяжелая вода). Несколько докладов было посвящено основным проблемам, связанным с созданием тяжеловодных реакторов с органическим теплоносителем. В частности, обсуждались результаты экспериментов, проводившихся в обоснова-

ние прототипа реактора OCCR — реактора OTR, строительство которого ведется в Уайтшелл-Майнитоба. Опытами в Чолк-Ривере было показано, что перенос массы, приводящий к крайне нежелательным отложениям на поверхности тепловыделяющих элементов, существенно зависит от присутствия в органическом теплоносителе следов воды (0,2—0,3%). Удаление воды с помощью молекулярных фильтров снижает загрязнение теплоносителя примерно в 200 раз. Было также установлено, что опасность применения для покрытий твэлов сплавов циркония, связанная с наводороживанием циркония в среде органического теплоносителя, может быть значительно уменьшена при снижении содержания фтора в сплаве.

В одном из докладов рассматривался новый метод регулирования реакторов с жидким замедлителем. Сущность метода заключается в изменении плотности замедлителя пропусканием через него потока пузырьков воздуха, что увеличивает резонансное поглощение нейтронов. Такой метод регулирования исключает непроизводительное поглощение нейтронов и позволяет увеличить коэффициент воспроизводства ядерного горючего.

Во время конференции действовала выставка, в которой приняли участие около 25 фирм (преимущественно канадских). На выставке демонстрировались модели различных реакторов и перегрузочных машин и стенды, иллюстрирующие возможности применения радиоизотопов в медицине и промышленности. Следует отметить модель оригинального реактора, активная зона которого представляет собой перекрещивающиеся слои тепловыделяющих сборок, которые расположены в кубическом баке для замедлителя. Одним из преимуществ такого реактора является возможность выравнивания энерговыделения по всем трем направлениям и применения двух различных теплоносителей.

ГИМ

* Atomwirtschaft, 7, Nr. 11, 560 (1962).

Симпозиум по регистрации, дозиметрии и стандартизации нейтронов

Симпозиум, организованный МАГАТЭ, проходил в Харуэлле (Великобритания) в декабре 1962 г. В его работе приняли участие около 300 ученых из 30 стран и международных научных организаций. Всего было представлено 115 докладов.

Работы, представленные на симпозиум, были разделены на четыре группы: 1) обзорные доклады; 2) измерение характеристик нейтронного поля; 3) измерение доз; 4) градуировка и стандартизация.

В первую группу включены доклады, излагающие вопросы организации нейтронных измерений и направления исследовательских работ в различных ядерных центрах.

Ко второй группе относится наибольшее число докладов, заслушанных на симпозиуме. В этих докладах рассматривались два основных вопроса: измерение потоков нейтронов и спектрометрические измерения. Из экспериментальных методов наибольшее внимание было уделено активационным методам измерения, по-видимому, из-за их большей распространен-

ности. Сообщения по активационным методам касались главным образом методических вопросов, уточнения сечений, поисков новых активационных детекторов. В докладе В. Зияпа (Нидерланды) приведены данные об использовании реакции $Ti^{46}(n, p)Sc^{46}$ для измерения интегральных потоков быстрых нейтронов в реакторах вместо широко используемой реакции $Ni^{58}(n, p)Co^{58}$. В докладе В. Гросса (Канада) также указано на полезность применения титана в сочетании с другими детекторами. О практически простом и достаточно точном методе активации натрия и иода, входящих в состав сцинтиллятора NaJ(Tl), сообщено в докладе Б. Гримлянда и др. (Норвегия).

Интересно указание на возможность использования «радиационного элемента» для регистрации нейтронов (Р. Хоземанн, ФРГ). В «радиационном элементе» происходит преобразование энергии излучения непосредственно в электроэнергию за счет различных условий выбивания заряженных частиц из различных электродов. Измеряется разность потенциалов между элект-

тродами, заряд на электродах или ток в пространстве между электродами. Для электродов площадью 50 см^2 поток тепловых нейтронов $10^{11} \text{ нейтр/см}^2 \cdot \text{сек}$ создает ток $\sim 10^{-8} \text{ а}$; такой же поток быстрых нейтронов — ток 10^{-9} а .

У. Фаринелли (Италия) предложил для измерения интегрального потока нейтронов определять отношение активностей двух источников одного и того же изотопа, один из которых активируется под действием нейтронов:

$$\int_0^T \Phi(t) dt = \frac{\sigma}{\sigma'} \ln \frac{r}{r'},$$

где σ — сечение активации; r — первоначальное отношение активностей источников; r' — отношение активностей источников после облучения одного из них в течение времени T .

Основное преимущество метода — отсутствие необходимости в абсолютном измерении активности; поток определяют по измерению отношения активностей двух источников. Подходящими изотопами для этого метода являются Na^{22} и Co^{58} .

Дальнейшее совершенствование методов разделения нейтронов и γ -импульсов в органических сцинтилляторах осуществлено Г. Г. Дорошенко и Е. Л. Столяровой (СССР). В их методе фотоэлектронный умножитель работает в специальном режиме глубокого насыщения пространственным зарядом, что позволяет простым путем получить большие амплитуды импульсов с малыми длительностями; метод обеспечивает загрузку детектора вплоть до $3 \cdot 10^4 \text{ имп/сек}$.

В докладе В. В. Матвеева и др. (СССР) обсуждаются вопросы применения монокристаллов иодистого лития, активированного европием, для спектрометрии быстрых нейтронов на интенсивном γ -фоне. Особенность метода — использование одного и того же элемента (литий) в качестве детектора γ -квантов и смешанного гамма-нейтронного излучения; разная чувствительность к нейтронам осуществляется за счет разного изотопного состава детекторов (Li^6 и Li^7).

В нескольких докладах были обсуждены результаты применения полупроводниковых детекторов нейтронов как для измерения потоков, так и для целей спектрометрии.

Эффективность кремниевых счетчиков, помещенных в He^3 при давлении 3^2 атм , равна 10^{-5} для нейтронов с энергией 3 Мэв (М. Ли и М. Авкок, Великобритания); систему из двух кремниевых диодов использовали для определения энергии нейтронов. При измерении в тепловой колонне реактора в потоке $5 \cdot 10^5 \text{ нейтр/см}^2 \cdot \text{сек}$ разрешение оказалось равным 100 кэв для пика 770 кэв . В докладе Р. Бабюкка и Г. Чана (США) отмечено, что нейтронные детекторы из карбида кремния удовлетворительно работают при температуре выше 700° С . Небольшое число докладов было посвящено тепловым методам измерения потоков и поглощенных энергий нейтронов от реакторов; обращено внимание на конструктивные особенности термобатарей и выбор материалов, пригодных для работы в условиях высоких температур и больших потоков.

Около 25 докладов посвящено собственно дозиметрии нейтронов. Дозиметрии нейтронов промежуточных энергий посвящен доклад О. И. Лейпунского (СССР). Оценочными расчетами показано, что наибольший вклад в дозу промежуточных нейтронов вносят нейтроны с энергиями 10^4 — $5 \cdot 10^5 \text{ эв}$.

Р. Хитчи и Г. Херст (США) сделали попытку дать обобщенный принцип радиационной дозиметрии, частным случаем которого может служить принцип Брэгга — Грея*.

Дальнейшее развитие получил метод де Пангера, использующий замедление нейтронов в веществе, окружающем детектор. Чувствительность (18 отсчетов/сек на $2,5 \text{ мбэр/час}$) нейтронного дозиметра с VF_3 -счетчиком в качестве детектора (И. Андерсон и И. Браун, Швеция) постоянна в интервале энергий от $0,025 \text{ эв}$ до 10 Мэв ; прибор нечувствителен к γ -излучению с мощностью дозы до 50 р/ч .

Несомненный интерес представляют указания на возможность применения полупроводниковых детекторов для нейтронной дозиметрии. В Ханфордских лабораториях (США) исследуют возможность применения кремниевых диодов в качестве индивидуальных дозиметров. Сопротивление диода изменяется линейно с наклоном $\sim 0,2\%$ на 1 рад для нейтронов с энергиями от $0,5$ до 4 Мэв . Наименьшая доза, измеренная таким дозиметром, составляет $0,5 \text{ рад}$.

Несколько докладов было посвящено применению ионизационных камер. В основном, уточнялся известный способ дифференциальных ионизационных камер с тканеэквивалентными стенками для дозиметрии смешанного γ -нейтронного излучения.

Б. М. Исаев (СССР) сообщил об опыте применения дифференциальных ионизационных камер для изучения глубинных доз нейтронного пучка в биологическом канале реактора ИРТ-1000.

Новый принцип использования ионизационного метода содержится в работе Н. Зельчинского (ОИЯИ). Эффективность собирания ионов в камере с преимущественной колонной рекомбинацией ионов определяется плотностью ионизации вдоль треков частиц. Поскольку относительная биологическая эффективность (ОБЭ) зависит от плотности ионизации, существует определенная связь между ОБЭ и эффективностью собирания ионов.

В докладе В. И. Иванова (СССР) обсуждается новый способ применения пропорционального счетчика типа Херста для дозиметрии смешанного гамма-нейтронного излучения с учетом ОБЭ. Идея способа заключается в том, что импульсы, обусловленные γ -квантами, не отбрасываются совсем, как в счетчике Херста, а направляются по другому каналу. Сумматор на выходе прибора регистрирует импульсы от электронов и протонов, приходящие по разным каналам. Учет ОБЭ производится с помощью электроники путем изменения величины сигнала в каждом канале. В докладах по градуировке и стандартизации рассмотрены вопросы абсолютных измерений нейтронных потоков, спектров и доз, приспособления и устройства для градуировки приборов, результаты сравнения измерений, проведенных различными лабораториями.

В докладе В. Д. Васильева, Г. А. Дорофеева и др. (СССР) сообщается об интересной возможности создания источника тепловых нейтронов для метрологических целей.

Результаты обсуждения вопросов градуировки и стандартизации показывают, что со стандартизацией нейтронных дозиметров обстоит дела значительно хуже, чем со стандартизацией нейтронных источников. По существу, вопросы стандартизации измерений нейтронных доз только сейчас ставятся на уровень важных научно-технических задач.

* Основные положения теории опубликованы в Health Physics, 8, Mart—April, 117 (1962).

На симпозиуме было организовано специальное заседание, посвященное обсуждению вопросов терминологии и основных понятий в области нейтронной дозиметрии. На этом заседании не было принято определенных решений, а состоялся свободный обмен мнениями по дискуссионным вопросам.

После окончания симпозиума состоялось совещание экспертов по стандартизации приборов для измерения нейтронов. От Советского Союза в совещании приняли

участие В. И. Иванов и Г. А. Дорофеев. Основным предметом обсуждения явился выбор места для организации Международного центра по сличению нейтронных дозиметров. По предложению Дж. Аксера (США) эксперты согласились на организацию такого центра в Ок-Ридже (США).

МАГАТЭ предполагает издать материалы симпозиума в первом полугодии 1963 г.

В. И. Иванов

Сверхмощная атомная электростанция в центре Нью-Йорка *

Фирма «Консолидейтед Эдисон» в ответ на обращение КАЭ к частной промышленности о строительстве в США мощных атомных электростанций предложила построить на собственные средства атомную

мой станцией, при использовании первой активной зоны составит 0,7, а в дальнейшем она будет снижена до 0,25 цент/кет.ч. Стоимость станции 175 млн. долл.

Считая, что если атомные электростанции будут прибыльными и главное полностью безопасными, то их расположение в центрах крупных городов, например в Нью-Йорке, явится также и экономической необходимостью. Последняя объясняется высокой стоимостью прокладки подземных линий передач сверхвысокого напряжения от станций, расположенных за городом, к распределительным подстанциям в центре города. Положительным обстоятельством является и значительно меньшее загрязнение воздуха по сравнению с обычной станцией.

На атомной электростанции предполагается установить реактор с водой под давлением (рис. 2) и использовать нефтяные парогереватели. Реактор будет обеспечивать ~75% электрической мощности станции. Основные характеристики реактора следующие:

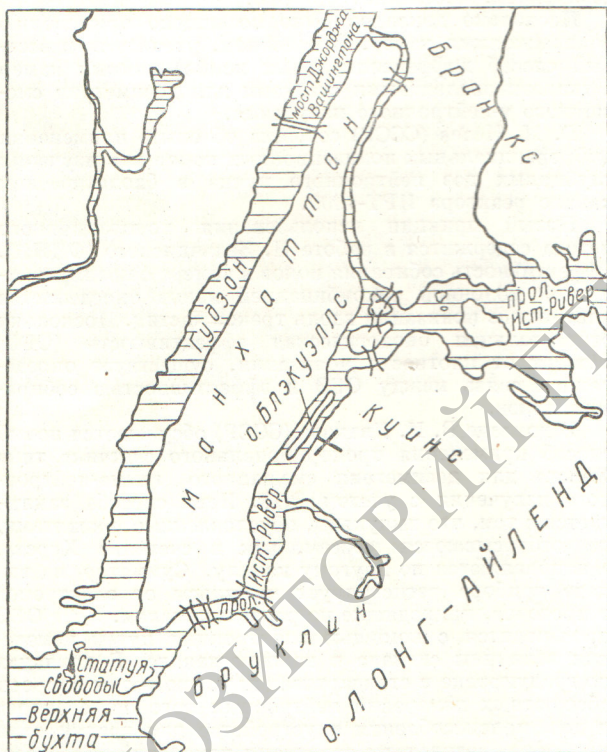


Рис. 1. Центр Нью-Йорка (крестом обозначено предполагаемое место строительства атомной электростанции).

электростанцию мощностью 1000 Мвт в Нью-Йорке. Станцию предложено построить в центре города на берегу прол. Ист-Ривер против о. Блэкуэллс (рис. 1).

По данным фирмы, экономические показатели станции не будут уступать новейшим тепловым электростанциям, которые будут построены до 1970 г. По расчетам фирмы стоимость электроэнергии, вырабатываемой

Общий вес	535 т
вес крышки	92 т
Защитная оболочка:	
внутренний диаметр	45,8 м
внутренняя высота	51 м
Мощность:	
тепловая	2030 Мвт
электрическая	700—750 Мвт
Теплоноситель:	
давление	142 атм
температура на входе	284° С
температура на выходе	309° С
Пар в парогенераторах:	
температура	261° С
давление	48 атм
Активная зона:	
высота	3 м
диаметр	3,7 м
горючее	UO ₂
количество тепловыделяющих сборок	456
количество секций	3
обогащение по секциям, %	3,2; 3,6; 4
загрузка UO ₂	103 т
Корпус реактора	
высота	14,2 м
внутренний диаметр	4,3 м
максимальная толщина стенки	31,8 см

Естественно, что расположение станции в центре города требует прежде всего тщательного рассмотрения и обеспечения мер по полной ее безопасности. Фирма

* Nucleonics, 21, No. 1, 17 (1963); No. 2, 17 (1963).