

сти. Хотя в следующие 10 лет начали созываться во все возрастающем числе и другие совещания и конференции по ядерной физике низких и средних энергий, школы, симпозиумы и т. д., но, как правило, лишь для ограниченного числа лиц. Всесоюзное совещание по ядерной спектроскопии и структуре ядра продолжало оставаться уникальным, но уже в том смысле, что практически всякий, кто сделал работу и заблаговременно побеспокоился о необходимых формальностях, имел возможность приехать на сове-

щание и в той или иной форме изложить свои результаты.

В заключение отметим замечательную организацию последнего совещания, для участников которого были созданы все условия успешной и плодотворной работы. Успеху конференции способствовал высокий научный уровень представленных работ и оживленные дискуссии, развернувшиеся по многим докладам.

О. Е. КРАФТ, М. А. ЛИСТЕНГАРЕН

О поездке советской делегации в Италию

В январе — феврале 1970 г. Италию посетила делегация советских специалистов по быстрым реакторам. Делегация ознакомилась с исследовательскими центрами в Касачча (Рим), Салуджа, проектным центром по быстрым реакторам в Болонье, строящимся экспериментальным комплексом в Бразимоне (близ Болоньи), а также некоторыми фирмами, которые могут рассматриваться как возможные поставщики оборудования для экспериментальных стендов по программе быстрых реакторов, а в дальнейшем и оборудовании для АЭС.

Проектные работы. Проектные работы по энергетическим установкам с быстрыми реакторами в основном ведутся в Болонском центре. В настоящее время основные усилия сосредоточены на выпуске технической документации реактора *PEC*, ввод в действие которой ожидается в 1974 г. (Защитный контейнер уже смонтирован.)

Для реактора *PEC* окончательно выбран герметичный вариант твэла с полостью для сбора газовых продуктов деления и проволоочным дистанционированием (ранее сообщалось об использовании негерметичного твэла). Характерной особенностью конструкции твэла является наличие стальных, фиксированных относительно оболочки втулок, которыми горючее разделяется на четыре участка. Это позволяет избежать опасности появления значительных осевых зазоров в столбе горючего, а следовательно и неконтролируемого перемещения последнего.

Решение об использовании в реакторе *PEC* герметичных твэлов отнюдь не означает свертывания работ над негерметичным твэлом, поскольку итальянские специалисты считают, что такие твэлы позволят обеспечить высокие экономические показатели АЭС с быстрыми реакторами.

В Болонском центре ведутся также значительные проектные работы в рамках перспективной программы «Фильера», которой предусматривается последовательное сооружение АЭС с быстрыми реакторами возрастающей мощности. Итальянские специалисты считают, что коммерческим быстрым реактором с натриевым теплоносителем будет реактор *PCC* электрической мощностью 1300 *Мвт* (эл.). На данном этапе они ставят своей целью определение оптимального соотношения физических и теплофизических параметров, схемных и конструктивных решений, исходя из экономических соображений и соображений ядерной безопасности.

Делегацию ознакомили с конструктивной схемой реактора *PCC* в интегральной компоновке по схеме французского реактора «Феникс» (собственно реактор, три насоса первого контура, шесть теплообменников размещены в баке диаметром ~ 20 м).

Руководители итальянской программы быстрых реакторов считают, что реактору *PCC* должен предшествовать так называемый демонстрационный реактор *PCD* мощностью 600 *Мвт* (эл.), с помощью которого они надеются заинтересовать и привлечь капиталы частных промышленных фирм. Ориентировочное время создания такого реактора ожидается в конце этого десятилетия.

Указанные проектные разработки позволяют итальянским специалистам обоснованно формулировать требования к соответствующим исследовательским стендам, поэтому они надеются избежать разрыва между условиями испытаний на стендах и рабочими условиями в будущем коммерческом реакторе.

Работы в области ядерного горючего. Можно отметить достижения итальянских специалистов в разработке технологии получения двуокиси урана или плутония в виде сферических гранул заданного размера. Фирма «Agip Nucleare» (Милан) продемонстрировала в действии лабораторную автоматическую установку для приготовления сферизованной двуокиси урана (плутония) производительностью ~ 8 кг/сутки. Процесс начинается с растворения уранилнитрата и заканчивается расфасовкой спеченных гранул. Продолжительность цикла — 40 ч, диапазон диаметров гранул, которые могут быть получены на установке, от 200 до 800 мк. При этом заданный диаметр гранул обеспечивается с точностью ± 5 мк, а плотность — до 96% от теоретической. Лицензия на описанную установку продана США. Аналогичная установка с несколько большим диапазоном получения диаметров гранул смонтирована в Касачча (плутониевая лаборатория) и дополнена участками для изготовления твэлов.

В керамической лаборатории в Касачча оборудование рассчитано на изготовление прессованных таблеток ядерного горючего. Предполагается, что твэлы для *PEC* будут изготавливаться в Италии.

Исследования по теплообмену, гидравлике. Исследования по теплообмену применительно к быстрым реакторам с натриевым теплоносителем проводятся в основном в центре Касачча, а также в Бразимоне. Имеются стенды для исследования вскипания натрия, поведения твэлов при тепловых ударах. Центр в Касачча располагает стендом (ENA-2), на котором можно проводить исследования на пучках твэлов (19 и 36 шт.) при температурах натрия до 1200° С. Стенд подключен к специализированной вычислительной машине, позволяющей резко увеличить объем получаемой информации. Заканчивается монтаж теплового стенда мощностью 1 *Мвт* для парогенераторных исследований.

В экспериментальном центре Бразимоне уже проведены исследования по взаимодействию натрия с во-

дой, масштаб которых в ближайшее время должен возрасти. Планируется сооружение мощного натриевого стенда (с объемом натрия 40 м³) для парогенераторных исследований. Только что принято в эксплуатацию здание с двумя водяными стендами. На одном из них исследуется вибрация на пучках твэлов реактора РЕС (19 и 91 твэл в пучке). В Бразилоне планируется изучение полей скоростей теплоносителя в пучке твэлов, а также вопросов теплового перемешивания между ячейками. Предполагаемые методы исследования: добавка в теплоноситель на входе в пучок радиоактивных изотопов или легко обнаруживаемых химических веществ, измерения температуры в сечениях пучка (смещение холодной и горячей воды).

Вопросы безопасности. Итальянские специалисты значительное внимание уделяют исследованию вопро-

сов безопасности АЭС с быстрыми реакторами. В Болонском проектном центре ведется систематическая работа в этой области. При этом, по-видимому, используется вероятностный метод оценки масштаба опасности глобальной аварии и последовательный анализ возможного развития обычных аварий.

В целом состояние работ по быстрым реакторам в Италии следует признать достаточно высоким, хотя не все относящиеся к этой теме технические проблемы пользуются здесь одинаковым вниманием. При этом Италия при реализации программы быстрых реакторов ориентируется на широкое сотрудничество и кооперацию с другими странами.

Ф. М. МИТЕНКОВ

Советские специалисты по физике твердого тела в Канаде

Делегация советских специалистов по физике твердого тела в составе В. Ф. Зеленского, И. П. Садикова и Ю. Н. Сокурского в январе 1970 г. посетила Канаду, где ознакомилась с работами в Атомном центре в Уайтшелле, Университете Мак-Майстера в Гамильтоне, отделе физики университета в Торонто, Атомном центре в Чолк-Ривере, лаборатории низких температур Национального исследовательского совета в Оттаве и ходом строительства АЭС в Пикеринге.

Исследования спектров возбуждения в твердом теле по неупругому рассеянию медленных ($E \leq 0,1$ эв) нейтронов проводятся двумя группами исследователей: в Чолк-Ривере (группа д-ра Вудса) и в Гамильтоне (группа проф. Брукхауза). В Чолк-Ривере эти исследования проводятся на реакторе NRU с использованием кристаллических спектрометров, в том числе недавно созданного многоканального прибора с кристаллами-монохроматорами (2) и кристаллами-анализаторами (6). С целью изучения природы магнетизма исследованы: редкие земли (Ho, Er, Ho_{0,5}, Er_{0,5}), обнаружена сильная анизотропия взаимодействия и заметное влияние электронов проводимости на характер магнитных возбуждений; антиферромагнитные соли (CoO, CoF₂, KCoF₃, UO₂), установлено сильное влияние орбитального углового момента на характер магнитных возбуждений и сильномагнетон-фононное взаимодействие; соединения с примесями [MnF₂ (Co)], [KMnF₃ (Co)], [MnF₂ (Zn)], показано, что добавка магнитных примесей (Co) приводит к появлению локальной частоты, но слабо сказывается на характере дисперсионной кривой и ширине магнитных пиков рассеяния, добавка же немагнитной примеси (Zn) заметно уменьшает частоту спиновых волн и время жизни магнона.

Изучение эффекта ангармонизма колебаний (K, KBr) показало, что в ангармоническом кристалле, в частности в KBr, распространение звуковой волны зависит от связи ее частоты с временем жизни фонона. Исследования переходных металлов и их сплавов (Nb, Mo, Nb — Mo) выполнены с целью выяснения влияния незаполненных внутренних оболочек элементов на динамику колебаний атомов и получения информации о деталях структуры электронной зоны путем анализа особенностей Кона. Изучение ферроэлектриков (SrTiO₃) показало, что антиферроэлектрический фазовый переход при температуре 100° К возникает от нестабильности кристалла к одному из нормальных колебаний.

Группой Вудса выполнены также интересные исследования по измерению дисперсионных кривых для

молекулярных кристаллов (CH₂)₆N₄, измерению фононных возбуждений в жидком He при больших значениях переданного импульса, определению природы нормальных колебаний в системах с большой концентрацией примесей (KBr/RbBr), анализу возможностей рассеяния нейтронов для исследования электронных свойств металлов, находящихся в сильных магнитных полях.

Следует подчеркнуть, что большинство экспериментальных работ подкреплено соответствующими теоретическими расчетами, проводимыми на основе современных представлений и моделей.

Основное направление исследований группы проф. Брокхауза — сплавы. С целью выяснения влияния 3d-электронов на динамику решетчатых изучены дисперсионные кривые в сплавах Cu — Zn и Ni — Fe. На сплавах Bi — Pb и Bi — Tl — Pb детально исследовано влияние концентрации электронов проводимости на фононный спектр. Интерес к этим сплавам вызван достаточно высокой температурой перехода в сверхпроводящее состояние. Проводятся исследования Rb, KCl, Ag, Ge, Pt.

В Чолк-Ривере в лаборатории д-ра Брауна проводятся исследования каналирования ионных пучков и эффекта «блокировки» (образование теней атомных плоскостей). Изучается угловое распределение частиц (ионов гелия или водорода), рассеянных «назад» исследуемым монокристаллом. Для получения быстрых ионов используются ускорители Ван-де Граафа на 2 и 4 Мэв. Регистрация рассеянных частиц осуществляется с помощью пленки из нитроцеллюлозы и детекторов-пластинок из полупроводниковых кристаллов. Метод каналирования был использован для оценки дефектной структуры кристаллов кремния, облученных ионами B, Al, Ga, In, P, As, Sb, Bi, H, He в электромагнитном сепараторе, и определения положения этих ионов в решетке Si.

Интересно применение метода каналирования для оценки времени жизни составного ядра, образующегося при облучении U²³⁸ протонами с энергией 12 Мэв. Эксперимент выполнялся на монокристалле UO₂. Предполагалось, что ядра U²³⁸, получившие импульс при взаимодействии с протоном, будут смещаться из атомных плоскостей, а осколки деления получат возможность перемещения вдоль «зазора» между атомными плоскостями. Полученное время жизни возбужденного ядра $\approx 2 \cdot 10^{-17}$ сек оказалось много меньше, чем это следует из предыдущих оценок.