

дующего поколения, которая может быть построена международными усилиями. На заседании были определены цели, состав участников, порядок и расписание работы группы, повестка дня первой сессии, цели, физические и технологические аспекты, которые должны быть рассмотрены в проекте ИНТОР.

Руководящий комитет решил, что доклад IFRC должен включать оценку плазмофизических и технологических основ проекта и цель установки, которая может быть построена теперь или которую можно будет строить в начале 1980-х гг.; рекомендации относительно концепции реактора, согласующиеся с физическими и технологическими основами и целями, учитывающими рассмотренные альтернативы; идентификацию основных неопределенностей, которые должны быть выяснены до того, как может быть начато строительство установки, и определение исследований, необходимых для развития программы; определение потребностей в наиболее важных материалах и план-график разработки и сооружения установки; рекомендации по технической и научной осуществимости создания такой установки, которая работала бы в конце 1980-х или начале 1990-х гг.

На заседании был согласован состав участников рабочей группы. Каждая сторона (СССР, США, страны Евратома, Япония) на заседании Международной рабочей группы будет представлена не более чем четырьмя участниками. Кроме того, Руководящий комитет или

отдельные его члены могут приглашать экспертов для участия в заседаниях рабочей группы.

Расписание работы рабочей группы предусматривает три-четыре заседания в Вене в 1979 г. и выполнение домашних заданий в периоды между заседаниями согласно утвержденной программе.

IFRC определил цель установки ИНТОР так: сделать максимально разумный следующий шаг в термоядерных исследованиях, чтобы продемонстрировать научную, техническую и инженерную осуществимость производства электроэнергии с использованием чистого DT-реактора;

предусмотреть в установке основные элементы и системы, характерные для промышленной термоядерной электростанции;

предусмотреть испытания оборудования систем, элементов и материалов промышленного реактора.

Руководящий комитет определил технические цели ИНТОР как достижение коэффициента усиления мощности в плазме $Q > 5$ при горении D—T-реакции; создание технологии, пригодной для реактора; разработка способов создания и поддержания плазмы, пригодных для реактора; разработка устройств для испытания экспериментальных модулей blanketа, а также осуществление возможности производства электроэнергии.

Первая сессия Международной рабочей группы состоялась в Вене в феврале 1979 г.

ПИСТУНОВИЧ В. И.

Советско-американское совещание «Проблемы использования термоядерной энергии»

На совещании, состоявшемся в ноябре 1978 г. в Москве, обсуждались возможности и перспективы использования термоядерных реакторов для получения высокопотенциального технологического тепла и синтетического топлива. Исследования в этом направлении проводили специалисты некоторых лабораторий и фирм США, а также ИВТана и ИАЭ им. И. В. Курчатова.

Преимущества использования тепла, выделяемого в blanketе термоядерного реактора, для газификации угля, получения водорода путем термохимического или электрохимического разложения воды, фиксации азота воздуха и других целей заключаются в возможности нагревать технологический компонент (воду, воздух и т. п.) непосредственно в blanketе реактора. Рабочее тело в связи с отсутствием в этом случае теплообменника можно нагревать до 1200—2000 °С, что значительно упрощает термохимический цикл получения синтетического топлива или позволит подводить большую часть энергии в виде тепла при электротермохимическом разложении воды. Анализ, однако, показал, что при таком варианте нагрева продукты разложения могут быть радиоактивными за счет активации как собственно рабочего тела, так и высокотемпературных материалов blanketа (Al_2O_3 , MgO , SiO_2). По проектам, предусматривающим дополнительный теплообменник для передачи тепла рабочему телу, его температура снижается до 1000—1200 °С, что приближается к уровню, принятому при разработке высокотемпературных ядерных реакторов.

Значительное число работ было посвящено поиску такой структуры blanketа термоядерного реактора, в которой можно было бы большую часть тепла отводить

при высокой температуре и в то же время достигать коэффициента воспроизводства трития выше единицы. Такая задача оказывается разрешимой при доле высокотемпературного тепла 0,4—0,7 полной мощности реактора. Blanket при этом выполняется из керамических материалов. Его необходимо будет менять раз в один-два года или предусмотреть непрерывную циркуляцию мелкодисперсионных керамических элементов через зону blanketа.

Большое внимание на совещании было уделено предварительному экономическому анализу проблемы. Рассматривали два типа систем: «чистый» термоядерный реактор, продуктом которого является синтетическое топливо, и гибридный, в котором, кроме высокотемпературной зоны blanketа, есть зона для производства ядерного топлива (Pu , ^{233}U). По последнему варианту реактор будет двухцелевым, что может снизить конечную стоимость его продукции. Затраты на производство синтетического топлива с помощью термоядерных реакторов сравнивали с аналогичными затратами при использовании установок, работающих на угле (~3,5 долл. за $2,52 \cdot 10^5$ ккал, что в два-три раза выше существующих цен на органическое топливо). Стоимостные показатели термоядерных реакторов базировались на проектах, разработанных для электроэнергетики. Анализ показал, что чистые термоядерные реакторы будут производить синтетическое топливо с затратами на два раза большими, чем установки, работающие на угле, в то время как гибридные установки при разумных ценах на ядерное топливо могут его производить с теми же затратами, что установки, работающие на угле, а может быть, даже и при вдвое меньших затратах. Потенциальные преимущества чистых термоядерных реакторов могут быть

в этом случае связаны в основном с меньшим загрязнением окружающей среды, что в экономическом анализе не учитывали.

В целом рассмотрение показало, что для производства синтетического топлива чистые термоядерные реакторы могут иметь преимущества перед другими типами энергоустановок только при получении в них температуры рабочего тела свыше 1500°C , для чего необходима

значительная работа по исследованию и выбору подходящих материалов и конструкций бланкета. Использование для этой цели гибридных реакторов экономически кажется более привлекательным, при этом используемая технология и материалы будут во многом аналогичны применяемым при разработке ядерных высокотемпературных графитовых реакторов.

ВАСИЛЬЕВ Н. Н.

VI Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц

Совещание состоялось в октябре 1978 г. в Дубне. В его работе участвовали ученые Советского Союза, а также 11 зарубежных стран. На двух пленарных заседаниях, посвященных обсуждению проектов новых крупных ускорителей, были представлены обзорные доклады.

С большим интересом были выслушаны сообщения о проектировании УНК ИФВЭ для ускорения $\sim 6 \cdot 10^{14}$ протонов в цикле до энергии 3 ТэВ, о проекте «Тэватрон» и планах развития работ на 500-ГэВ ускорителе Национальной лаборатории им. Э Ферми в Баттевии (США), о прогрессе в технологии создания сверхпроводящих магнитных систем (НИИЭФА). Внимание привлекли доклады о проекте установки со встречными линейными e^-e^+ -пучками (ВЛЭПП), о возможности использования электронного охлаждения в ускорителях на сверхвысокие энергии, а также о состоянии работ по пуску накопителя ВЭПП-4 и о настоящем и будущем установок со встречными e^-e^+ -пучками (ИЯФ СО АН СССР).

В центре внимания находились сообщения о разрабатываемом комплексе для ускорения ионов всех элементов таблицы Менделеева до энергии от сотен МэВ до нескольких ГэВ на нуклон (ИАЭ им. Курчатова, ОИЯИ, НИИЭФА, МРТИ АН СССР) и о применении тяжелых ионов высокой энергии для УТС (США). На последней сессии совещания были заслушаны ставшие уже традиционными доклады о современных проблемах физики высоких энергий и о требованиях к следующему поколению ускорителей (ИТЭФ, ИФВЭ).

На сессии ускорителей тяжелых ионов, с которыми связываются разнообразные физические направления, были представлены доклады о проблемах развития этих установок и мощном изохронном циклотроне тяжелых ионов У-400, сооружение которого завершено в ОИЯИ в декабре 1978 г. Выход его на проектные параметры позволит получать пучки тяжелых ионов (до ксенона) большей интенсивности. Интересными были материалы, посвященные реконструкции циклотрона ИАЭ им. Курчатова и синхротрона «Сатурн-2» (Франция), а также разработке источника для получения ионов с высокой зарядностью (Бельгия). Приводились результаты оптимизации ускоряющей структуры для линейного компактного ускорителя тяжелых ионов (ФТИ АН УССР) и параметры инжектора тяжелых ионов для протонного синхротрона ИТЭФ. Успешно изучается ускорение тяжелых ионов с широким спектром зарядов (НИИЭФА, ИТЭФ). Большинство докладов на сессии было посвящено циклическим машинам.

На сессии встречных пучков рассматривалось электронное охлаждение и оптимизация стохастического охлаждения. Следует отметить, что метод охлаждения пучков сейчас уже стал одним из основных компонентов установок со встречными $p\bar{p}$ -пучками. Большой интерес вызвали доклады о новом подходе к созданию

установок со встречными e^-e^+ -пучками (проект ВЛЭПП), позволяющем надеяться на получение энергии $2 \times (100-300)$ ГэВ при длине ускорителя $2 \times (1-3)$ км и светимости $\sim 10^{32}$ см $^{-2}$ ·с $^{-1}$. В связи с этим обсуждалось получение прироста энергии ~ 100 МэВ/м и др. В одном из докладов был предложен метод достижения в экспериментах на встречных e^-e^+ -пучках энергетического разрешения, сравнимого с ширинами резонансных пиков, которые характерны для семейств ψ -частиц. На сессии обсуждались также результаты, полученные на установке ВЭПП-2М (ИЯФ СО АН СССР).

Циклическим и линейным интенсивным ускорителям была посвящена специальная сессия. Здесь большой интерес вызвали доклады о современном состоянии и будущем ускорителя TRIUMF (Канада), а также о перспективах дальнейшего развития высокоэнергетических сильноточных циклотронов (НИИЯФ МГУ). Часть докладов была посвящена проектам сильноточных линейных ускорителей с литиевыми мишенями — мощных источников нейтронов, предназначенных для материаловедческих исследований в связи с работами по УТС (ИТЭФ; США). Следует отметить интересное сообщение о применении электростатической фокусировки в центральной области синхrocиклотрона ИИЯФ АН СССР на энергию 1 ГэВ, что позволило увеличить ток внутреннего пучка в три раза.

Центральное место на сессии новых методов ускорения заняли сообщения о полученных в ОИЯИ результатах, где на прототипе коллективного ускорителя тяжелых ионов в спадающем магнитном поле ускорены ионы азота до энергии 2 МэВ/нукл. на длине 0,5 м при интенсивности $\sim (5-6) \cdot 10^{11}$ ионов/цикл, а также проверен процесс ускорения ионов аргона и ксенона. На установке PUSTAREX (ФРГ) завершаются работы по инжекции электронов, формированию и выводу колец. Большой интерес вызвали работы по коллективному ускорению ионов в системе с изолированным анодом (НИИЯФ при ТПИ). Часть докладов была посвящена изучению системы многооборотной инжекции и неадиабатичности процесса формирования электронных колец (ИТЭФ), исследованию нелинейной стадии циклотронно-фокусировочной неустойчивости (МРТИ) и другим проблемам. На втором заседании этой сессии обсуждалось создание малогабаритных сильноточных линейных ускорителей, которые могут быть использованы в качестве инжекторов для коллективных ускорителей (ИАЭ им. Курчатова, НИИЯФ при ТПИ, ИВТАН), взаимодействие сильноточных пучков с различными резонаторными системами (ОИЯИ, МРТИ) и формирование электронных колец с помощью сильноточных релятивистских электронных пучков (НИИЯФ при ТПИ). Приведенные на сессии результаты и их обсуждение еще раз подтвердили перспективность проводимых исследований.