

отсутствие распухания не зависит от температуры, но возрастает с потоком. Эта зависимость может быть выражена как

$$\varepsilon/\Phi t = 2,2 \cdot 10^{-12} \text{ МПа}^{-1} (\text{смещений/атом})^{-1}.$$

Деформация ползучести с учетом распухания выражается формулой Болтакса $\varepsilon/\sigma = C\Phi t + DS^\lambda$, где C и D — константы; S — распухание; $\lambda = 0,54$.

Следует отметить, что результаты измерения деформации ползучести разных материалов в различных условиях часто противоречивы и требуют аккуратного подхода к выделению составляющей радиационной ползучести из общей деформации, куда распухание также вносит заметный вклад.

Много вопросов остается за изучением механизмов радиационной ползучести и влияния на нее различных факторов, в том числе структурного состояния материалов и условий облучения.

Для прикладной теории радиационных повреждений материалов, которой на конференции было отведено значительное место, характерно рассмотрение ползучести и распухания в рамках единой модели, основанной на разделении потоков точечных дефектов к различным микроструктурным стокам — дислокациям и порам.

При исследовании влияния облучения на фазовую стабильность показано, что при большом флюенсе радиационные дефекты запасают энергию, которая существенно сдвигает равновесие и может приводить к появлению фаз, неустойчивых в обычных условиях. Рассмотрены различные молекулярно-кинетические механизмы, приводящие к появлению радиационно-индуцированных нестабильных фаз и к смещению линий фазовой диаграммы.

Представляет интерес предлагаемая компьютерная модель, позволяющая предсказать влияние свойств материала и условий облучения на эволюцию микроструктуры. Эта модель может служить руководством для постановки имитационных экспериментов. В частности, для имитации испытаний ползучести на ускорителях рекомендуется предварительно облучать образцы в реакторе для создания хорошо выраженной микроструктуры, характерной для облученных материалов.

Материалы конференции содержат много полезной информации и фактических данных о влиянии облучения на свойства металлов и конструкционных сталей и, несомненно, представляют интерес для широкого круга специалистов.

БЫКОВ В. Н.

Четвертая сессия советско-американской координационной комиссии по термоядерной энергии

Очередная сессия комиссии, координирующей сотрудничество в области управляемого термоядерного синтеза (УТС), состоялась 1—3 июня 1977 г. в Принстоне (США). Рассмотрев итоги сотрудничества за 1976 г., комиссия отметила, что программа 1976 г. выполнена полностью и дала существенные взаимовыгодные результаты. В целом успешно выполняется и программа 1977 г. При обсуждении проекта программы обменов на 1978 г., а также дальнейших перспектив сотрудничества было признано целесообразным ввести в практику планирование долгосрочных совместных исследований по таким ключевым проблемам УТС, как теоретические исследования и численное моделирование поведения плазмы в системах с магнитным удержанием, разработка методов дополнительного нагрева плазмы в токамаках, разработка сверхпроводящих магнитных систем для крупных термоядерных установок, исследования объемных радиационных повреждений материалов и эффектов взаимодействия плазма — стенка, концепционное проектирование бланкетов термоядерных реакторов, системный анализ термоядерных электростанций.

В качестве основной задачи сотрудничества на ближайший период признано и согласовано проведение совместных работ по изучению удержания плазмы в токамаках [в первую очередь уточнение и сравнение результатов, полученных на токамаках Т-10 (СССР) и PLT (США)] и исследованию возможностей улучшения удержания плазмы в открытых ловушках.

По сложившейся традиции руководители делегаций Э. Кинтнер (США) и Е. П. Велихов (СССР) представили доклады о результатах, достигнутых за 1976 г. в работах по УТС в обеих странах. После этого состоялась развернутая дискуссия, посвященная анализу дальнейших перспектив развития термоядерной программы в целом.

В сообщениях американской стороны отмечалось, что новая программа решения энергетических проблем США привела к некоторому снижению ассигнований, выделяемых на работы по ядерной энергетике. В частности, уменьшен примерно на 20% и бюджет по УТС. В результате в 1978 финансовом году на работы по УТС выделено 433 млн. долл. (вместо запрошенных 496 млн. долл.), в том числе на системы с магнитным удержанием плазмы 318 млн. долл. и на лазерные и пучковые системы 115 млн. долл.

За год, прошедший после третьей сессии, наиболее существенные результаты в США были получены на токамаках «Alcator», PLT и ORMAK, а также на открытой магнитной ловушке 2ХПВ.

На токамаке «Alcator» (Массачусетский технологический институт) плотность плазмы n удалось довести до 10^{15} см^{-3} при тороидальном магнитном поле 85 кГс. Плазма характеризуется высокой степенью чистоты (эффективный заряд $z_{\text{эфф}} \sim 1$). В результате достигнут рекордный параметр удержания $\tau = 2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}$ (τ — энергетическое время жизни плазмы). Завершаются работы по сооружению нового токамака «Alcator-C» с тороидальным магнитным полем 140 кГс. Предполагается, что эксперименты на нем начнутся в январе 1978 г.

На крупнейшем токамаке PLT (Принстон) при плотности плазмы $\sim 10^{14} \text{ см}^{-3}$ и магнитном поле 32 кГс получено $\tau \sim 10^{13} \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}$. До сих пор не удается получить плазму с достаточно малым $z_{\text{эфф}}$ при разрядах в водороде. Плазма содержит большой процент примесей тяжелых элементов, в первую очередь вольфрама, что приводит к существенным радиационным потерям энергии. Изучение проблемы примесей составляет в настоящее время основу программы исследований на PLT. Вместе с тем ведется подготовка к экспериментам с инъекцией в плазму пучков быстрых нейтральных

атомов. Смонтирован инжектор мощностью 500 кВт. К концу 1977 г. мощность системы инъекции PLT будет доведена до 3 МВт.

На токамаке ORMAK (Ок-Ридж) за счет инъекции пучков нейтральных атомов общей мощностью 500 кВт удалось увеличить ионную температуру плазмы с 500 до 1800 эВ, при этом электронная температура возросла с 400 до 800 эВ. После аварии, происшедшей в 1976 г., установка не работает. Предлагается ее реконструировать и в дальнейшем исследовать на ней возможность инъекции в токамак крупинок твердого водорода размером ~200 мкм со скоростью ~ 10^4 см/с.

На открытой магнитной ловушке 2ХПВ (Ливермор) ток инъекции доведен до 600 экв. А при энергии атомов 20 кэВ. В результате получена плазма с ионной температурой 13 кэВ, плотностью $2 \cdot 10^{14}$ см⁻³ и параметром $\beta_{\text{макс}} \sim 2$. Интенсивно ведутся эксперименты по созданию в установке магнитной конфигурации с обращенным магнитным полем. Развернуты работы по проектированию магнитной ловушки следующего поколения MFTF (ранее она имела индекс MX).

MFTF (Mirror Fusion Test Facility) рассчитана на получение плазмы с ионной температурой 50 кэВ, плотностью ~ 10^{14} см⁻³ и $nt \sim 10^{12}$ см⁻³·с. В установке предполагается использовать сверхпроводящую магнитную систему с полем в области пробок 20 кГс, расстоянием между пробками ~3,4 м и пробочным отношением 2 : 1. Запас энергии в магнитной системе ~500 МДж. Для создания плазмы в ловушке предусматривается использовать инжекторы «холодной» плазмы — мишени и инжекторы пучков нейтральных атомов энергией 20 кэВ, суммарным током 1000 экв. А, рассчитанные на длительность работы 10 мс. Затем для нагрева и поддержания плотности плазмы будут включаться 24 других инжектора (750 экв. А, 80 кэВ, 0,5 с). Основная вакуумная камера установки MFTF (см. рисунок) будет иметь диаметр 9 м, высоту 12 м. Окончание сооружения MFTF — 1982 г.

После окончания сессии советская делегация посетила основные термоядерные центры США: Принстонскую лабораторию физики плазмы, лабораторию физики плазмы фирмы «Дженерал атомик» в Сан-Диего, Лоуренсовские лаборатории в Ливерморе и Беркли, Лос-Аламосскую научную лабораторию и Массачусетский технологический институт.

В Принстоне наряду со знакомством с экспериментами на PLT делегация посетила строительную площадку токамака с дивертором PDX, а также ознакомилась с ходом проектирования испытательного токамака-реактора TFTR. Проектирование ведется совмест-

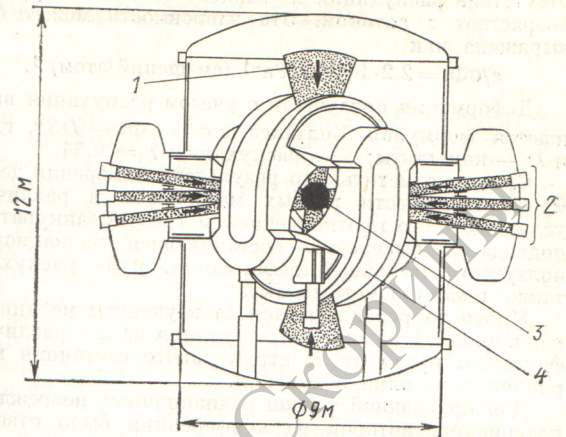


Схема термоядерной установки MFTF:

1 — инъекция плазмы-мишени; 2 — инъекция пучков быстрых нейтральных атомов; 3 — зона удержания плазмы; 4 — обмотки магнитной ловушки

но фирмами «Эбаско» и «Граман» под научным руководством Принстона. Ввод TFTR в строй намечен на 1981 г. Однако сейчас по сравнению с принятым графиком намечено отставание примерно на 6 мес., связанное, как уже говорилось, с сокращением финансирования работ по УТС.

В Сан-Диего монтируется крупный токамак «Dublet III», который начнет работать весной 1978 г. К середине 1979 г. намечается довести мощность потока нейтральных атомов, инжектируемых в «Dublet III», до 5 МВт.

Серьезные изменения претерпевает в настоящее время программа исследований по УТС в Лос-Аламосе. Прекращены работы по программе SCYLAC, из-за отсутствия финансирования свернуты работы по созданию мощного источника нейтронов INS. Больше внимания предполагается уделить исследованию Z-пинчей, в частности принято решение о сооружении Z-пинча с обратным полем диаметром 40 см — ZT-40. В целом намечается использовать термоядерные лаборатории Лос-Аламоса для проведения исследований, поддерживающих два основных направления работ по УТС в США (токамаки и открытые магнитные ловушки).

ЕЛИСЕЕВ Г. А.

Заседание ТК 45 Международной электротехнической комиссии по ядерному приборостроению

Очередное 15-е заседание Технического комитета 45 (ТК 45) проходило 3—12 марта 1977 г. в Карлсруэ и Баден-Бадене (ФРГ). В то же время состоялись заседания подкомитетов ПК 45А «Реакторное приборостроение» и ПК 45В «Дозиметрические приборы и приборы радиационной безопасности», а также заседание 12 рабочих групп комитета и подкомитетов.

Заседания характеризовались дальнейшей активизацией деятельности ТК 45. В них участвовали 81 эксперт из 14 государств Европы, Азии и Америки и представитель МАГАТЭ. Впервые заседала рабочая груп-

па РГ 12, которая обсуждала документ, относящийся к техническим требованиям и методам испытаний аналоговых измерителей скоростей счета импульсов. Во время заседаний принято решение о создании двух новых рабочих групп для разработки документов, касающихся систем радиационного контроля на АЭС. Национальный комитет Японии впервые назначил своих экспертов во многие рабочие группы.

В течение времени, прошедшего после предшествующих заседаний, подготовлены к изданию 12 новых Публикаций. В их числе Публикация 532, определяю-