

## Научно-технические связи

### О поездке в США советских специалистов по технической сверхпроводимости

С 30 апреля по 14 мая 1972 г. в США с ответным визитом находилась делегация советских специалистов по сверхпроводимости (Е. Ю. Клименко, Г. В. Трохачев, Н. А. Черноплеков). Члены делегации приняли участие в работе традиционной национальной конференции по прикладной сверхпроводимости (Аннаполис) и посетили национальные лаборатории США в Ок-Ридже, Аргонне, Эймсе и Брукхейвене, где ознакомились с работами по физической и прикладной сверхпроводимости.

Сверхпроводящие магнитные системы постоянного тока широко используются в физических лабораториях. Сверхпроводящие соленоиды, в том числе и крупнейшие, не только выгоднее обычных электромагнитов и соленоидов, но и значительно удобнее и надежнее в эксплуатации. На конференции сообщено о нескольких проектах крупных магнитных систем, осуществляемых сейчас в США; крупнейший из них — сверхпроводящий соленоид для пузырьковой камеры Национальной ускорительной лаборатории в Батевии (3 тл в 30 м<sup>3</sup>). В Льюисовском исследовательском центре НАСА испытана магнитная система термоядерной установки «Бампи-тор». В Ок-Риджской национальной лаборатории успешно эксплуатируется магнитная система диполь-квадруполь с минимумом *B*. В Массачусетском технологическом институте продолжаются испытания сверхпроводящей секции гибридного соленоида, предназначенного для генерации поля 23 тл. С обзором крупных проектируемых и эксплуатируемых сверхпроводящих магнитных систем в Западной Европе выступил представитель компании «Сименс АГ» Г. Богнер. Рассказывая о ходе выполнения широко известных проектов большой европейской пузырьковой камеры и искровой камеры «Омега», он отметил серьезные затруднения в получении вакуума в изолирующем пространстве криостата пузырьковой камеры, а также то, что из-за деформации одной из силовых плит соленоида «Омега» искровая камера будет вначале введена в эксплуатацию лишь с одной секцией магнита.

Значительная часть докладов была посвящена проблеме создания сверхпроводящих магнитов для ускорителей. К настоящему времени на основе ниобий-титанового сплава разработаны материалы, из которых удастся создать конструкции диполей и квадруполей, обеспечивающие приемлемый, хотя и сравнительно высокий, уровень потерь энергии при переменном токе с частотой 0,1–1 гц. И в США, и в Европе интенсивно ведется моделирование таких систем. В Брукхейвской национальной лаборатории, например, разрабатываются модели сверхпроводящих диполей для накопительного кольца со встречными протонными пучками (проект «Изабелла»). В докладе представителей Лос-Аламосской лаборатории приводились сведения об испытаниях малых (33 кдж) накопителей (в рамках проекта термоядерного реактора типа тета-пинча). В ходе разработки накопителя емкостью 100 кдж, предназначенного для ВВС, испытана серия малых накопителей энергии (500 дж), способных работать с весьма высокой частотой до 5 имп/сек (время зарядки 4,5 мсек,

разряда 0,21 мсек) в течение 40 сек, прежде чем их обмотка перегревается.

Доклады, оценивающие перспективы применения сверхпроводников для магнитных систем термоядерных реакторов, синхротронов и для линий электропередачи, как правило, были оптимистичными. В настоящее время организации КАЭ США собираются начать разработку комплексных проектов атомных электростанций, включающих в себя сверхпроводящие электрогенераторы и линии электропередачи.

До сих пор основным материалом, используемым в сверхпроводящих магнитных системах, является сплав ниобия и титана. Технология изделий из этого сплава доведена до высокой степени совершенства. Представители фирмы IMI (Англия), например, сообщили о проводе, содержащем более 40 тыс. ниобий-титановых нитей диаметром до 5 мк, заключенных в медную стабилизирующую матрицу, причем в эту же матрицу введены перегородки из медно-никелевого сплава, препятствующие возникновению экранирующих токов в проводе. Существенные успехи достигнуты и в технологии интерметаллических материалов. Японские и американские фирмы осваивают производство многожильных проводов на основе интерметаллических соединений ниобий-олово и ванадий-галлий. Существует мнение, что производство таких материалов будет не дороже, чем производство провода из сплава ниобий-титан.

В лабораториях США ведутся интенсивные поиски технологии производства обмоточных материалов на основе соединения ниобий-галлий, являющегося наилучшим среди бинарных соединений по критическим параметрам: 20,3 К; 34 тл при 4,2 К. Определенные надежды возлагаются и на тройные сплавы, имеющие структуру фазы Лавеса. Критические характеристики у этих материалов несколько ниже, чем у интерметаллических, но они более технологичны.

Ведутся работы по исследованию влияния облучения нейтронами и электронами на сверхпроводящие материалы в связи с задачей создания линейных электронных ускорителей со сверхпроводящими резонаторами и подготовкой к созданию новых мощных термоядерных установок и ускорителей со сверхпроводящими магнитными системами.

Большое внимание уделяется применению сверхпроводящих материалов для электромашиностроения. По-видимому, именно электромашиностроение будет первой отраслью, где сверхпроводимость найдет промышленное применение. Большие надежды на сверхпроводящие электромашины возлагаются в области судостроения. Такая заинтересованность объясняется теми неоспоримыми преимуществами, которые представляет схема электродвижения кораблей с газовыми турбинами при использовании сверхпроводящих электромашин. Действительно, применение сверхпроводящих электромашин примерно вдвое сокращает капитальные затраты, улучшает к. п. д. при снижении веса и габаритов двигателей. Возможность рассредоточения двигательного оборудования упрощает компоновку судна и повышает его живучесть. Возрастает и маневренность корабля.