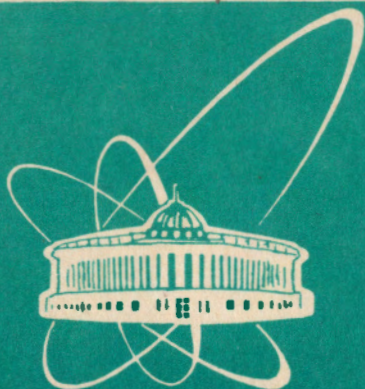


93-28



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P13-93-28

В.И.Пряничников

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОБРАЗЦОВ
КОМПОЗИТНОЙ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ
ОБМОТКИ ПРОТОТИПА ДЕЙТРОННОГО
ЦИКЛОТРОНА ДЦ-1

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

1993

1. ВВЕДЕНИЕ

Создание крупных сверхпроводящих систем требует экспериментальной проверки ключевых вопросов, в частности, технологии изготовления обмоток. Для прототипа дейтронного циклотрона ДЦ-1 [1] изготовлены экспериментальные полномасштабные композитные сверхпроводящие обмотки специальной формы и конструкции (рис.1).

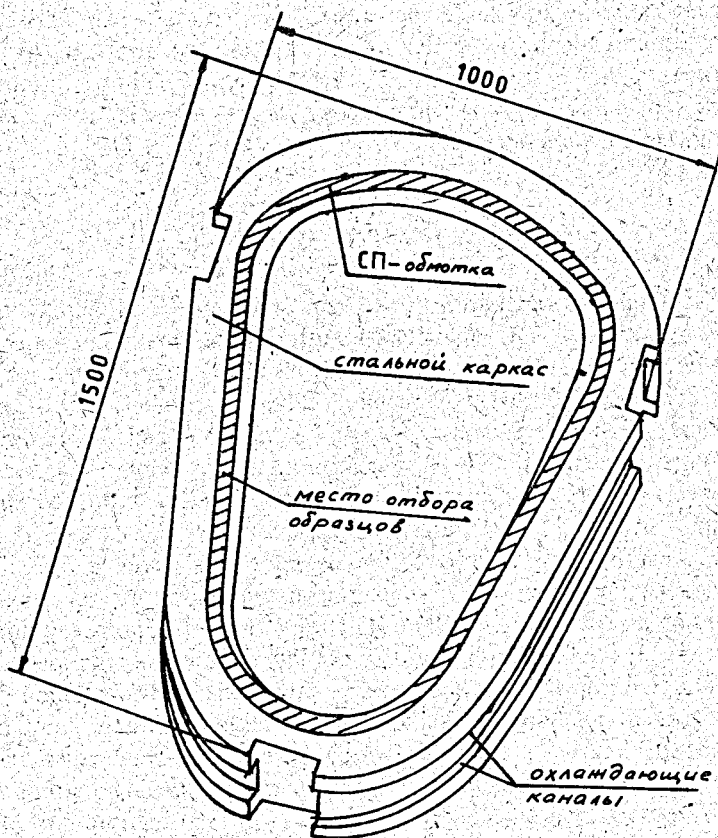


Рис.1. Конструкция магнитного модуля с композитной сверхпроводящей обмоткой для прототипа дейтронного циклотрона ДЦ-1

Одним из ключевых вопросов для этой магнитной системы является ее криостатирование в связи с тем, что для ДЦ-1 выбран косвенный способ охлаждения путем циркуляции потока 2-фазного гелия по охлаждающим каналам обмотки, теплопроводность которой является определяющим фактором для времени захлаживания обмотки и всей магнитной системы в целом до рабочей температуры. Аналогичный способ охлаждения был использован в конструкции ТОКАМАК-7 [2].

Циркулирующий поток гелия в сочетании с теплопроводностью обмотки и критическим током ее проводника являются основными компонентами криостатической стабилизации сверхпроводящей обмотки и определяют защищенность обмотки при аварийных переходах в нормальное состояние, ее разогрев.

Теплопроводность композитных сверхпроводящих обмоток недостаточно исследована в настоящее время, что, очевидно, связано с многочисленными технологическими особенностями и факторами при изготовлении каждой вновь создаваемой обмотки, которые существенно влияют на ее теплопроводность, что не всегда дает возможность использовать уже полученные данные по теплопроводности.

2. ИЗМЕРЕНИЕ

Технология намотки и запекания обмотки для циклотрона ДЦ-1 разработана специалистами ЛЯП ОИЯИ [3]. Основу композитной сверхпроводящей обмотки для циклотрона ДЦ-1 составляет сверхпроводящая шинка СПНТ-50-2x3, 5-390-0,35 [4], которая успешно используется в крупных сверхпроводящих магнитных системах [5]. В качестве связующего элемента используется компаунд ЭТ-10, в состав которого входят: смола ЭД-22, отвердитель ИзоМГТФА и каучук СКТ. Межслоевой изоляцией является стеклоткань марки Т-11 (92) толщиной 0,3 мм.

Для проведения измерений теплопроводности обмотки в трех направлениях: осевом, продольном и поперечном были вырезаны три образца из изготовленной по технологии ЛЯП ОИЯИ полномасштабной сверхпроводящей обмотки. На рис.1 показан общий вид одного магнитного модуля (сверхпроводящая обмотка заключена в каркас из нержавеющей стали), указаны места отбора образцов и размещения охлаждающего канала. Контактные поверхности образцов были шлифованы и покрыты сплавом Вуда. Измерение теплопроводности образцов проводилось на аппаратуре и с помощью методики, приведенных в работе [6], что гарантирует точность измерений около 2%.

Измеренные и обработанные значения теплопроводности трех образцов в интервале температур 4,5 — 35 К представлены на рис.2—4, где приведе-

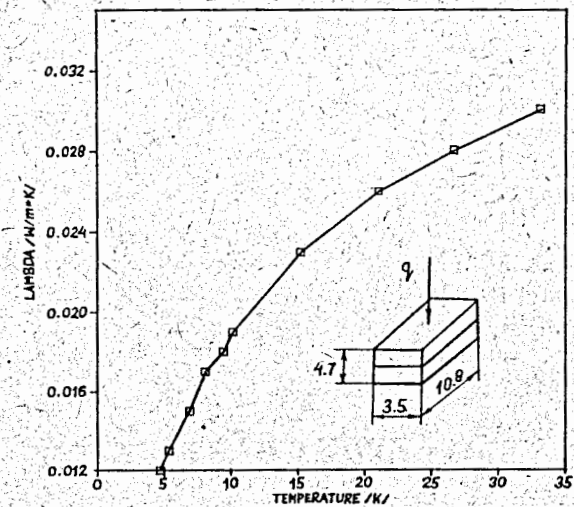


Рис. 2. Зависимость теплопроводности от температуры при поперечном направлении теплового потока в образце

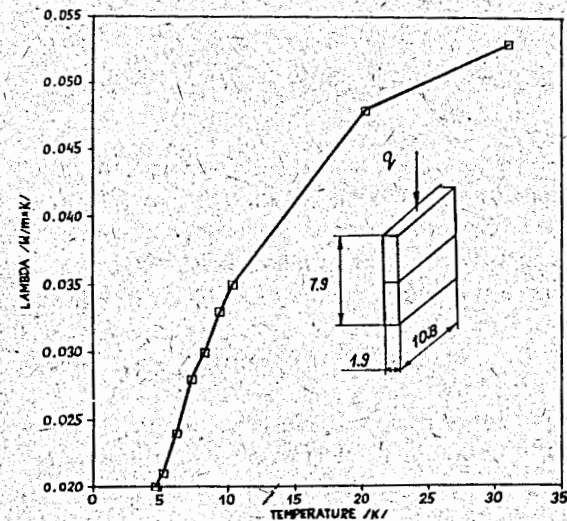


Рис. 3. Зависимость теплопроводности от температуры при продольном направлении теплового потока в образце

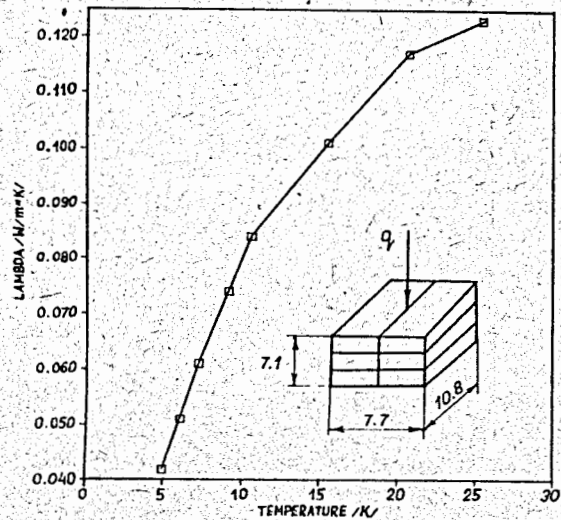


Рис. 4. Зависимость теплопроводности от температуры при осевом направлении теплового потока в многослойном образце

ны размеры образцов в мм и показано направление теплового потока q в процессе измерения.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставление результатов настоящей работы с результатами других авторов, полученных на компаундах, близких по составу нашему, показано на рис.5. Очевидно, что стеклоткань и компаунд вносят определяющий вклад в измеренные значения теплопроводности. Расхождение наших результатов с результатами других авторов на 10—20% в диапазоне 15—30 K позволяет говорить о достоверности полученных данных, измеренная теплопроводность сложного (многослойного) образца имеет лучшее совпадение с результатами работ [7,8].

Ценность полученных значений теплопроводности, на взгляд автора, заключается в том, что они дают представление о теплопроводности реальной конструкции сверхпроводящей обмотки, изготовленной по конкретной технологии, и могут быть использованы в расчетах.

Автор выражает благодарность В.И.Дацкову за помощь при подготовке к эксперименту.

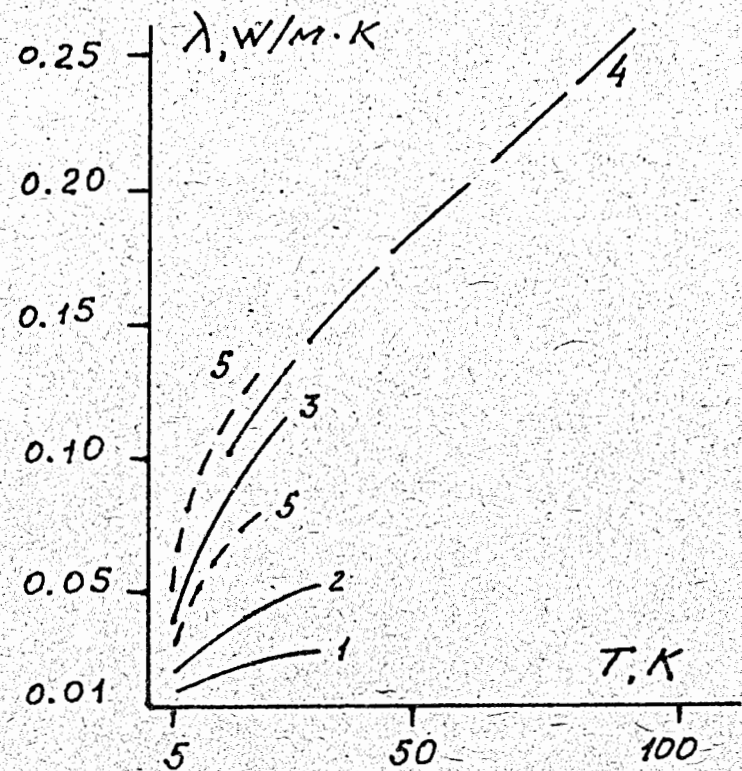


Рис.5. Сопоставление результатов данной работы с результатами других авторов. 1, 2, 3 — наши результаты; 4 — работа [8], стеклоэпоксидный компаунд; 5 — работа [7], эпоксидированная лента

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазов А.А. и др. — Припринт ОИЯИ, Р9-81-734, Дубна, 1981.
2. Иванов Д.П. и др. — Препринт ИАЭ-3413/7, Москва, 1981.
3. Аленицкий Ю.Г. и др. — В сб.: Труды 2-го Международного совещания по циклотронам и их применению, Бехине, ЧССР. ОИЯИ, Д9-89-708, Дубна, 1989, с.203.
4. Гусаров М.С. и др. — Атомная энергия, т.43, вып.3, 1977, с.161.
5. Иванов Д.П. и др. — Атомная энергия, т.45, вып.3, 1978, с.171.

6. Величков И.В., Дацков В.И. — Препринт ОИЯИ, 8-87-708, Дубна, 1987.
7. Козуб С.С., Эшер У. — Препринт ИВФЭ ОУНК, 81-61, Серпухов, 1981.
8. Hust J.G., Boskardin R. — Cryogenics, 1981, v.21, N5, p.286.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 января 1993 года.