

A-239

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



1330/2-76

12/12

9 - 9379

А.И.Агеев, Н.Г.Анищенко, Н.И.Балалыкин, В.В.Бекетов,
Н.С.Бычков, Э.В.Волковыский, А.Г.Зельдович,
В.В.Крылов, В.М.Лачинов, Ю.В.Муратов, Н.Б.Рубин,
В.П.Саранцев, Ю.И.Смирнов, Ж.В.Трейбалова,
В.Г.Шабратов, Ю.А.Шишов

РЕЗУЛЬТАТЫ

НЕКОТОРЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ
ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ УСКОРЯЮЩЕЙ СЕКЦИИ
КОЛЛЕКТИВНОГО УСКОРИТЕЛЯ

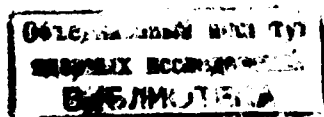
1975

А.И.Агеев, Н.Г.Анищенко, Н.И.Балалыкин, В.В.Бекетов,
Н.С.Бычков, Э.В.Волковвыский, А.Г.Зельдович,
В.В.Крылов, В.М.Лачинов, Ю.В.Муратов, Н.Б.Рубин,
В.П.Саранцев, Ю.И.Смирнов, Ж.В.Трейбалова,
В.Г.Шабратов, Ю.А.Шишов

РЕЗУЛЬТАТЫ

**НЕКОТОРЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ
ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ УСКОРЯЮЩЕЙ СЕКЦИИ
КОЛЛЕКТИВНОГО УСКОРИТЕЛЯ**

Направлено в ЖТФ



В работе /1/ дается описание и приводятся основные параметры ускоряющей секции коллективного ускорителя - "Кольцетрона", главными элементами которой являются сверхпроводящие магниты и резонаторы. Предлагаемую работу следует рассматривать как продолжение указанной публикации.

К настоящему времени в кольцетроне проведены исследования одного резонатора с индиевым стыком и сверхпроводящей пленкой толщиной ~ 2 мкм состава 65% Nb - 35% Ti. Помимо добротности Q , определялся "фактор увеличения добротности" F , равный отношению добротности сверхпроводящего резонатора Q_c к добротности аналогичного медного резонатора, Q_m при комнатной температуре / $T = 300$ К/: $F = Q_c / Q_m$.

Измерения проводились при малом уровне ВЧ мощности. При отсутствии внешнего магнитного поля $F = 160 / Q_c = 2 \cdot 10^6$ при $T = 4,5$ К. В поле ~ 2 Т добротность падала в 5 раз.

В экспериментах на модельных резонаторах цилиндрического типа / $f = 1400$ МГц / без внешнего магнитного поля была получена добротность $Q_c \sim 5 \cdot 10^7 / F = 5000$ при $T = 2$ К и $F = 1500$ при $T = 4,2$ К/.

Результаты испытаний сверхпроводника /шина сечением $5 \times 2,5$ мм²/ для соленоида СПС-600 /1/ представлены на рис. 1, где показаны зависимости критических токов I_c от напряженности внешнего магнитного поля H коротких / ~ 1 м / образцов. Исследована также работа

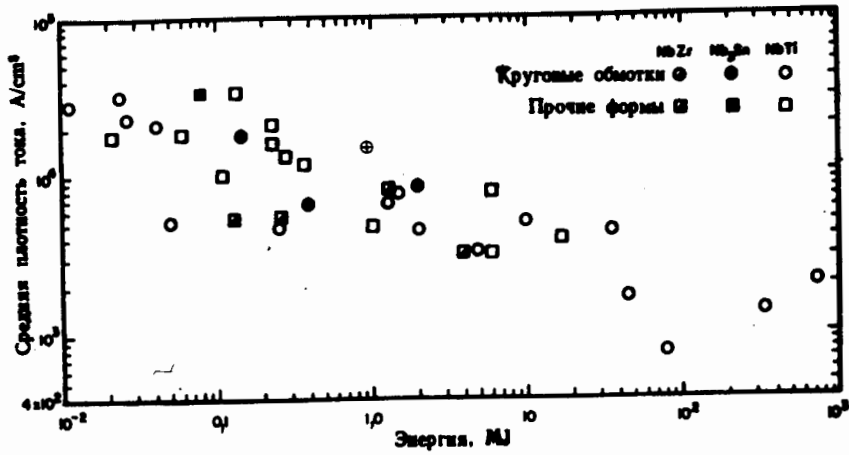


Рис. 3. Соотношение между средней по обмотке плотностью тока и запасенной энергией в современных сверхпроводящих магнитах^{1/2/}. ⊗ - соленоид СПС-600 с внутренним диаметром 60 см, входящий в установку "Кольцетрон".

спада тока до $I=0,1 \cdot I_0$ составляло $3,2 \pm 0,2$ с. Сравнение с расчетом температуры резонаторов / $T=54$ К/, представленным в /1/, показывает, что совпадение результатов вполне приемлемое. Полученная разница объясняется тем, что в экспериментальных условиях часть тепла, выделяемого в резонаторах, отводилась жидким гелием, заполнявшим ванны резонаторов.

При подготовке к намотке катушек СПС-170^{1/1/} были испытаны короткие образцы провода $\phi 0,5$ мм и четыре пробные катушки, затем измерены критические токи катушек СПС-170 в криостате с внутренним диаметром 300 мм. Один из модулей полностью собран и испытан в кольцетроне. Получено среднее магнитное поле $\sim 2,0$ Т при последовательном питании катушек модуля и необходимая вариация поля при независимом питании 16 катушек токами в пределах ± 50 А.

Измеренные теплопритоки к узлам кольцетрона приведены в таблице. В большинстве случаев теплопритоки существенно выше расчетных.

Дальнейшие работы на кольцетроне направлены на улучшение криогенных систем с тем, чтобы существенно

Таблица

Теплопритоки к некоторым узлам кольцетрона

Наименование узла	Величина теплопритоков (Вт)
Криостат соленоида СПС-600	26
Трубопроводы прямого и обратного потоков гелия (4,5 К) с азотным экранированием (2 x 8 м)	26
Трубопровод потока гелия (4,5 К) без азотного экранирования	60
Промежуточный сосуд с жидким гелием	4
Тоководы соленоида СПС-600 (при 2,5 кА) в автономном режиме	7,8
Тоководы модуля СПС-170 (0,1 кАx32) в автономном режиме	3,8

суммарный теплоприток к системе (без модуля) 125

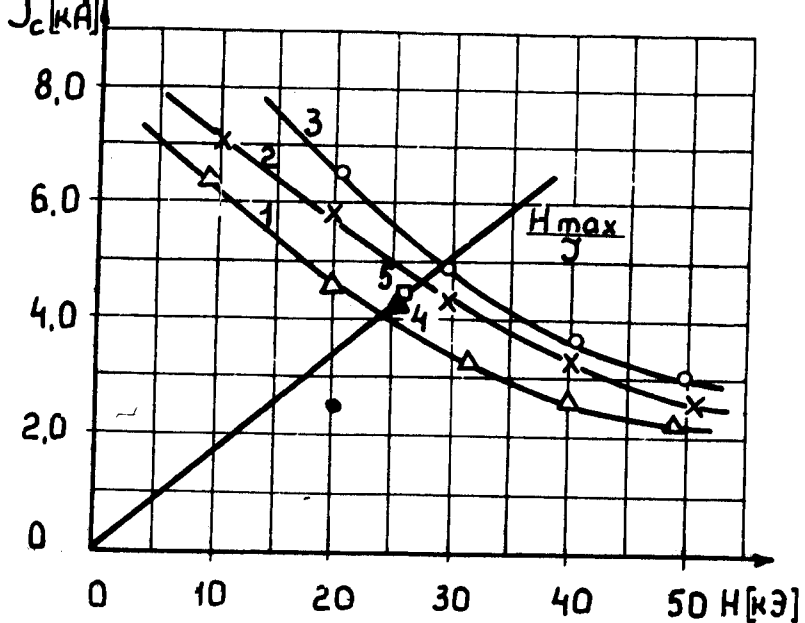


Рис. 1. Зависимость $I_c(H)$ коротких образцов шины сечением $5 \times 2,5 \text{ мм}^2$ и характеристики H_{max}/I пробных катушек и соленоида СПС-600. 1, 2 - образцы, взятые от концов шины длиной $\sim 1,5 \text{ км}$, 3 - образец от шины, подвергнутой дополнительной термообработке; 4; 5 - пробные катушки из шины с образцами 1, 2; • - рабочие параметры соленоида СПС-600.

пробных катушек внутренним диаметром 10 см, в которые вошло по 25 м шины. Характеристики H_{max}/I катушек и СПС-600 также приведены на этом рисунке. Видно, что шина в катушках не испытывает "деградации".

В соленоид СПС-600 многократно вводился ток 2,5 кА со скоростью 2 А/с.

При установившемся токе 2 кА проводились магнитные измерения на радиусе $r = 3 \text{ см}$ в двенадцати точках по z /рис. 2/. Отношение расчетной напряженности магнитного поля к экспериментальной во всех точках составляло 1,074. Такое же отношение было получено для ряда точек и при токе 2515 А. Причина расхождения

экспериментальных и расчетных данных не была выяснена.

Плотность тока в обмотке при транспортном токе 2,75 кА достигает $j = 1,28 \cdot 10^4 \text{ А/см}^2$, запасенная энергия - $1,35 \cdot 10^6 \text{ Дж}$.

До настоящего времени большинство крупных сверхпроводящих соленоидов с запасенной энергией W порядка 1 МДж рассчитывалось, как правило, на меньшие плотности тока в обмотке. На рис. 3, взятом из работы [2], показаны j и W различных соленоидов.

Проведена эвакуация запасенной в соленоиде энергии на активное сопротивление. При этом внутри соленоида был расположен лишь один резонатор, имеющий температуру 4,5 К. Наблюдался нагрев резонатора и небольшое испарение жидкого гелия. При эвакуации с начальным током 2,5 кА на $R = 0,2 \text{ Ом}$ температура резонатора достигала $T = 24 \text{ К}$ и испарилось $\sim 2,8 \text{ нм}^3$ гелия. Время

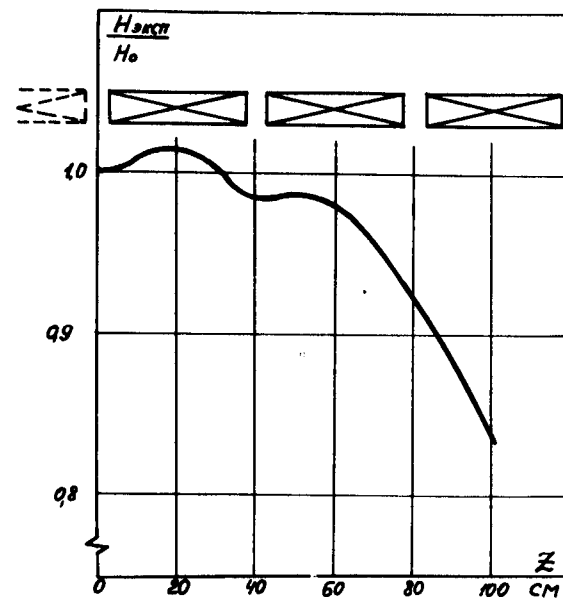


Рис. 2. Распределение магнитного поля основного соленоида вдоль его оси при токе в шине 2000 А. H_0 - значение магнитного поля в центре соленоида.

снизить теплопритоки. В настоящее время смонтированы новые криогенные магистрали, опытные экземпляры которых имеют средний теплоприток /с учетом стыковочных участков/ $< 0,35 \text{ Вт/м}$, что в 5 с лишним раз меньше, чем старые. Создается система для получения в резонаторах температуры $\sim 2 \text{ К}$.

Продолжаются исследования на модельных резонаторах по выяснению оптимального состава сверхпроводника и выявлению оптимального режима термообработки сверхпроводящего покрытия. Намечены пути повышения добротности резонаторов до 10^8 и исследуются вопросы их работы в условиях, когда магнитное поле в центральной области резонаторов $\sim 2 \text{ Т}$.

Литература

1. А.И.Агеев и др. Препринт ОИЯИ, 9-9363, Дубна, 1975.
2. З.Стекли, Р.Тоум. ТИИЭР, том. 61, №1, стр. 104. Мир, М. 1973.

*Рукопись поступила в издательский отдел
12 декабря 1975 года.*