

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P9-93-280

А.Д.Коваленко, С.А.Аверичев

СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ МАГНИТЫ
С ФЕРРОМАГНИТНЫМИ СЕРДЕЧНИКАМИ
ТИПА «ОКОННАЯ РАМА»
С ИНДУКЦИЕЙ ~ 3,6 ТЛ

1993

В рамках программы создания нуклотрона — сверхпроводящего синхротрона релятивистских ядер [1] в ЛВЭ ОИЯИ были разработаны экономичные магниты, основанные на использовании железного яра типа «оконная рама» и сверхпроводящей обмотки [2,3]. Такие магниты обладают рядом преимуществ. Наличие яра существенно упрощает конструкцию магнита, примерно в три раза сокращает расход сверхпроводника, обеспечивает высокую однородность магнитного поля. Сверхпроводящая обмотка в несколько раз снижает расход электроэнергии, уменьшает габариты магнита и вес магнитопровода.

Основным недостатком магнитов этого типа является ограничение индукции в рабочем зазоре магнита величиной $B_m \geq 2$ Тл вследствие эффектов насыщения железа. Вместе с тем при температурах, близких к температуре жидкого гелия (4,5 К), некоторые редкоземельные металлы и сплавы на их основе обладают магнитными характеристиками, существенно превосходящими их значения для железа. Так, например, специально обработанный диспрозий, будучи магнитомягким материалом, обладает при температуре $\sim 4,5$ К индукцией насыщения B_s на уровне 3,5—3,7 Тл [4].

Используя этот материал (или другие, обладающие подобными свойствами), можно увеличить индукцию в рабочем зазоре магнитов описанного типа, сделав комбинированный магнитопровод (см. рисунок 1). В таблице приведены результаты расчетов (в первом приближении) некоторых вариантов магнитов с комбинированным магнитопроводом, способных обеспечить поле в зазоре $B_z \approx 3,7$ Тл. При этом поле в железе не превосходит величины $B_{ж} \approx 1,8—1,9$ Тл.

Таблица

№№ варианта	h , см	a , см	b , см	I_w , А	c , см	G , кг/м
1	3,0	4,5	3,0	8,5	0,75	5,74
2	5,6	12,6	8,3	158	2,0	43,0
3	5,5	7,5	5,6	75	1,4	17,9

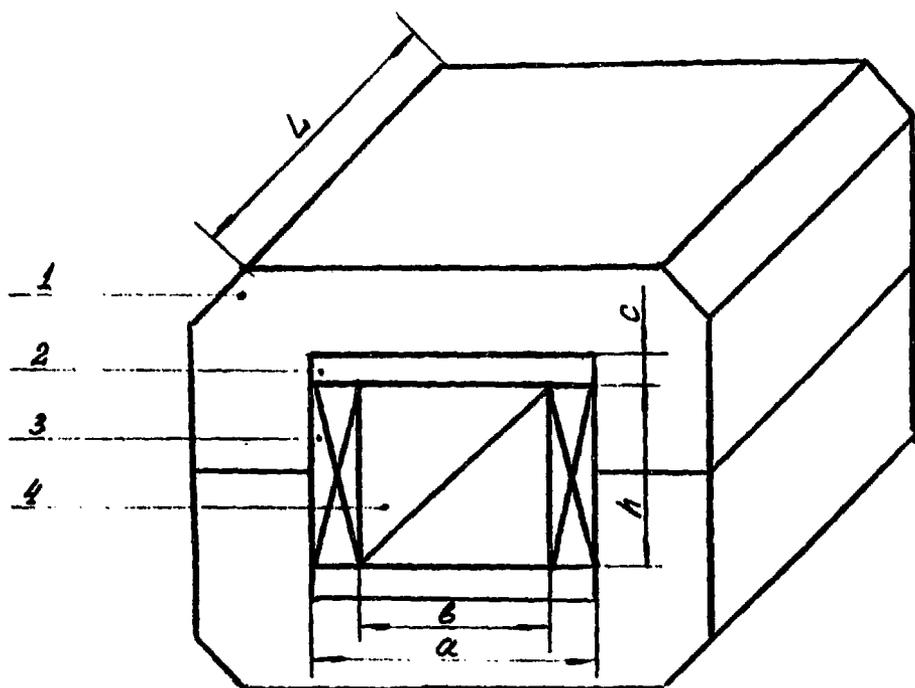


Рис.1. Схема сверхпроводящего магнита с комбинированным магнитопроводом: 1 — железный магнитопровод, 2 — вставки из материала с высокой индукцией насыщения (дисприний), 3 — сверхпроводящая обмотка, 4 — рабочая апертура магнита

Помимо обозначений рисунка 1, в таблице указаны: h — суммарный вес вставок на единицу длины магнита ($G = 2 \times a \times c \times \rho$; $\rho = 8,53 \text{ г/см}^3$) и I_w — необходимое количество ампервитков. Вторая и третья строки таблицы содержат исходные параметры магнитов нуклотрона и спина соответственно.

В принципе величину поля в зазоре можно повысить до 5 Тл, если использовать схему магнита Умштеттера [15]. При этом происходит векторное сложение магнитных полей двух расположенных взаимно перпендикулярно пар дипольных обмоток в зазоре, а поле на поверхности магнитопровода не возрастает.

Таким образом устраняется основной недостаток магнитов с ферромагнитными сердечниками, и нам представляется актуальной задачей экспериментальная проверка описанной модификации магнита, которая может найти применение в различных устройствах управления движением заряженных частиц.

Литература

1. Baldin A.M. et al. — IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1983, NS-30, 4, p.3247.
2. Аверичев С.А. и др. — ОИЯИ, Р8-11700, Дубна, 1978.
3. Смирнов А.А. и др. — ОИЯИ, 9-83-625, Дубна, 1983.
4. Степанкин В.Н. — Препринт ИОФ РАН, №14—93, Москва, 1993.
5. H.H.Umstatter — IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1973, NS-20, 3, p.1720.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 июля 1993 года.

Принимается подписка на препринты, сообщения Объединенного института ядерных исследований и «Краткие сообщения ОИЯИ».

Установлена следующая стоимость подписки на 12 месяцев на издания ОИЯИ, включая пересылку, по отдельным тематическим категориям:

Индекс	Тематика	Цена подписки на год
1.	Экспериментальная физика высоких энергий	915 р.
2.	Теоретическая физика высоких энергий	2470 р.
3.	Экспериментальная нейтронная физика	365 р.
4.	Теоретическая физика низких энергий	735 р.
5.	Математика	460 р.
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия	275 р.
7.	Физика тяжелых ионов	185 р.
8.	Криогеника	185 р.
9.	Ускорители	460 р.
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных	560 р.
11.	Вычислительная математика и техника	560 р.
12.	Химия	90 р.
13.	Техника физического эксперимента	720 р.
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами	460 р.
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях	460 р.
16.	Дозиметрия и физика защиты	90 р.
17.	Теория конденсированного состояния	365 р.
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники	90 р.
19.	Биофизика	185 р.
	«Краткие сообщения ОИЯИ» (6 выпусков)	560 р.

Подписка может быть оформлена с любого месяца года.

По всем вопросам оформления подписки следует обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу: 141980, г.Дубна, Московской области

Коваленко А.Д., Аверичев С.А.
Сверхпроводящие магниты
с ферромагнитными сердечниками
типа «оконная рама» с индукцией ~ 3,6 Тл

P9-93-280

С целью получения магнитных полей с индукцией 3,5—5 Тл в сверхпроводящих магнитах с железным ярмом типа «оконная рама» предлагается использовать вставки из диспрозия. Сделаны оценки параметров вставок для нескольких вариантов магнитов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1993

Перевод авторов

Kovalenko A.D., Averichev S.A.
Superconducting Magnets with a Ferromagnetic Yoke
of the Window-Frame Type for Field Induction of ~ 3,6 T

P9-93-280

To provide magnetic fields over a range of 3.5—5 T, dysprosium plates are proposed to be used in superconducting magnets with a window-frame type ferromagnetic yoke. Numerical estimations were made for several options of magnet parameters.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1993

9 р. 36 к.

Редактор М.И.Зарубина. Макет Т.Е.Попеко.

Набор О.А.Козловой, Е.Н.Водоватовой.

Подписано в печать 04.08.93.

Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 0,52.

Тираж 305. Заказ 46572.

**Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области**