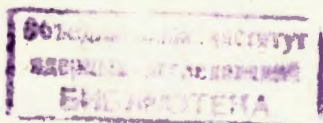


объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна



8-83-45

В.И.Дацков, Л.Н.Зайцев, Е.Д.Клещенко,
С.В.Мунтян, Ю.А.Шишов

ИНЕРЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КРИОГЕННЫХ ТЕРМОДАТЧИКОВ-ДОЗИМЕТРОВ

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

1983

Особенность сверхпроводящих ускорителей заключается в том, что относительно небольшие радиационные нагрузки от потерь частиц способны создать условия для возникновения ограниченных нормальных зон в сверхпроводящих обмотках /СПО/ без перехода их в нормальное состояние. Распространение нормальной зоны по СПО за время цикла ускорения или вывода пучка может привести либо к недопустимому изменению характеристик магнитного поля и динамики частиц ^{/1/}, либо к переходу СПО в нормальное состояние ^{/2/}. Важную роль при этом играют как абсолютные величины, так и пространственно-временные распределения поглощенной энергии /дозы/ в СПО.

До настоящего времени в работах, посвященных проблеме стабильности сверхпроводящих магнитов при облучении, информация о пространственных распределениях поглощенной дозы в СПО была получена лишь расчетным путем, причем зависимость от времени вообще не исследовалась ^{/3-5/}. Критерием правильности расчетов является сравнение с соответствующими экспериментальными результатами, поэтому разработка методик измерения дозного поля в сверхпроводящих магнитах, выбор и изучение характеристик датчиков-дозиметров представляется весьма актуальным.

Измерения пространственно-временных распределений мощности дозы в СПО /или вблизи СПО/ позволили бы глубже изучить закономерности их формирования, апробировать расчетные коды и разработать для проектируемых ускорителей системы контроля радиационных нагрузок. Такие системы должны измерять поглощенные дозы в СПО в последовательных временных интервалах Δt в течение всего цикла ускорения. Длительность временных интервалов в зависимости от решаемых задач может изменяться в широких пределах от сотен микросекунд /характерное время развития сильных резонансов/ до нескольких секунд /характерное время вывода пучка/. В отдельных случаях может потребоваться измерение поглощенной дозы за более короткое время /-1 мкс/, например, при инъекции.

Используемые для этих целей датчики должны надежно работать в полях переменной магнитной индукции / $B = 0,1-0,5$ Тл; $\dot{B} = \pm 1,5-2$ Тл/с/ при температурах 4,2-10 К, обладать, по возможности, минимальными размерами, достаточной радиационной стойкостью и быстроедействием, поскольку правильная интерпретация показаний дозиметра в заданном временном интервале зависит от его инерционных характеристик.

Наиболее пригодными являются резистивные датчики Аллен-Бредли, ТВО и датчики на основе специального медноникелевого сплава ^{/6-9/}. Они обычно используются как термометры, однако, применяя извест-

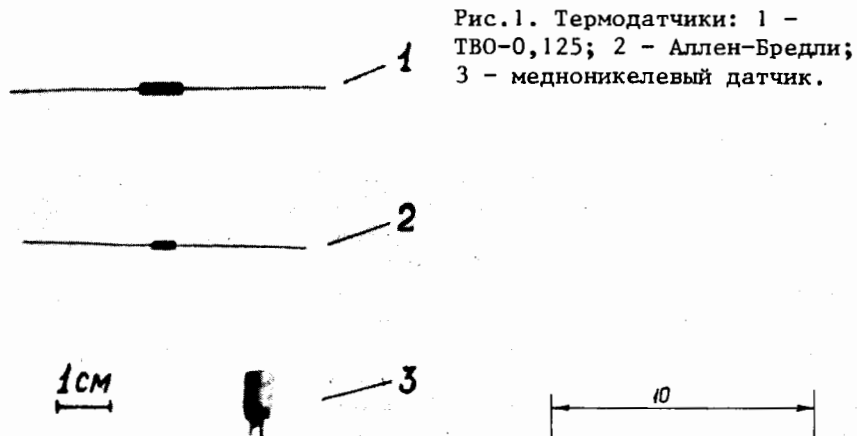
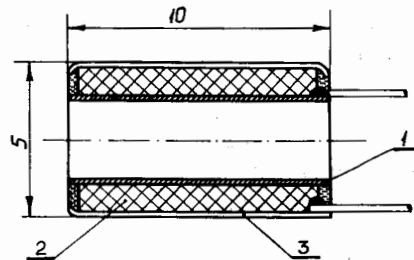


Рис.1. Термодатчики: 1 - ТВО-0,125; 2 - Аллен-Бредли; 3 - медноникелевый датчик.

Рис.2. Конструкция медноникелевого датчика. 1 - каркас из медной фольги, 2 - медноникелевая проволока, 3 - полиэтиленовая изоляция.



ное соотношение $D = cm\Delta T$, где c - удельная теплоемкость, m - масса датчика, ΔT - его перегрев, обусловленный излучением, их показания можно интерпретировать в терминах поглощенной в датчике дозы - D . К сожалению, различие в материалах датчиков и СПО приводит к тому, что доза в датчике может существенно отличаться от дозы в СПО. Это различие в дозах, не связанное с различием в теплоемкостях, зависит от вида и энергии излучения - "хода с жесткостью". Изучение "хода с жесткостью", необходимое для интерпретации показаний датчиков в терминах дозы в СПО, так же, как и измерения зависимости теплоемкости датчиков-дозиметров от температуры, является предметом отдельного исследования. В настоящей работе приводятся результаты изучения инерционных характеристик этих датчиков.

На рис.1 показаны резисторы Аллен-Бредли, ТВО-0,125 с номинальным сопротивлением 50 Ом и 1 кОм соответственно и датчик, изготовленный нами из медноникелевой проволоки ^{19/} диаметром 35 мкм, которая наматывалась на каркас из медной фольги толщиной 30 мкм. После пропитки обмотки клеем БФ-2 датчик покрывался полиэтиленовой изоляцией толщиной ~0,5 мм. Этот датчик в разрезе показан на рис.2. Номинальное сопротивление медноникелевого датчика /МНД/ - 708 Ом. На рис.3 приведены измеренные нами зависимости сопротивления от температуры. Наибольшей чувствительностью обладают датчики ТВО и Аллен-Бредли. Хотя МНД значительно менее

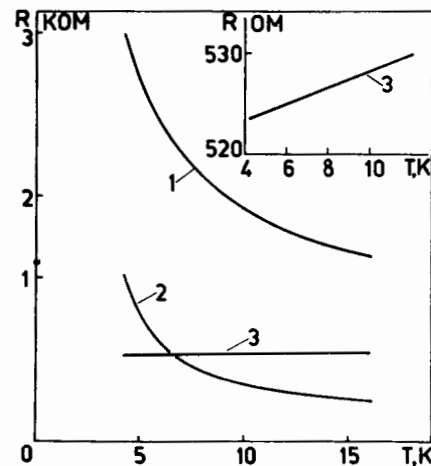
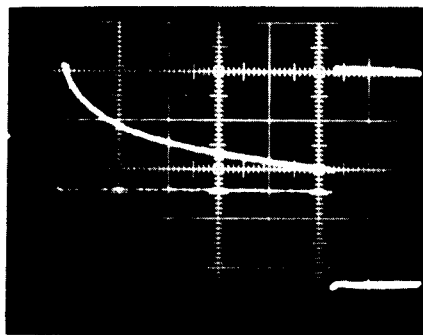


Рис.3. Зависимость сопротивления термодатчиков от температуры. 1 - ТВО-0,125, 2 - Аллен-Бредли, 3 - медноникелевый датчик.

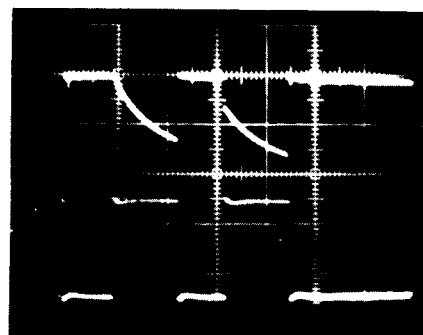
чувствителен, чем первые два, он обладает тем достоинством, что материал, из которого он изготовлен, близок по составу к материалу обмоток сверхпроводящих магнитов, что, по-видимому, позволит избежать "хода с жесткостью" при использовании его в качестве дозиметра.

Традиционные методики измерения тепловой инерции датчиков, основанные на переносе датчика из одной

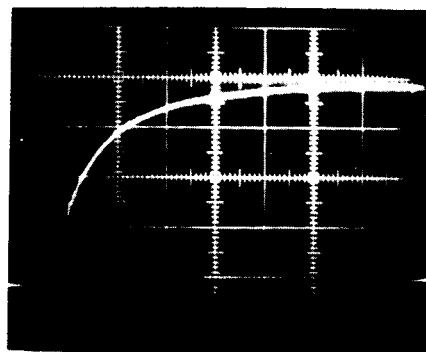
среды в другую ^{10,11/} либо нагревание датчика импульсом тока с последующим включением в измерительную цепь ^{10,12/} в нашем случае неприемлемы, т.к. они рассчитаны на измерения характерных времен, более чем на порядок превышающих постоянные времени исследуемых датчиков. Поэтому в наших измерениях цепь нагревания датчика и цепь измерения были объединены, что позволяло наблюдать отклик датчика либо во время действия нагревающего импульса, либо сразу же после его окончания. Измерения зависимости сопротивления датчиков от температуры и времени при нагревании их импульсами тока проводились в парах гелия и непосредственно в жидком гелии. Температура контролировалась калиброванным термометром ТВО ^{7/}, который размещался в непосредственной близости от исследуемого датчика. Начальная температура устанавливалась перемещением этих датчиков относительно уровня жидкого гелия. Исследуемые датчики включались в плечо моста постоянного тока, на который подавались одиночные прямоугольные импульсы напряжения /или одиночные пачки коротких импульсов/. Исследуемый датчик нагревался проходящим через него импульсом тока, что вызывало разбаланс уравновешенного моста. Сигнал разбаланса усиливался дифференциальным усилителем постоянного тока с уровнем собственных шумов ~10 мкВ и регистрировался запоминающим осциллографом С8-9А. Для того, чтобы уменьшить погрешность значения температуры, при которой производились измерения, амплитуда нагревающего импульса выбиралась такой, что перегрев датчика не превышал 0,1 К, при этом типичная амплитуда разбаланса моста составляла 0,1-1 мВ. Вследствие конечной теплоемкости датчиков и теплопередачи окружающей среде передние и задние фронты импульсов с датчиков затягивались относительно прямоугольного нагревающего импульса. Характерные импульсы показаны на рис.4. Фронты импульсов аппроксимировались выражением вида: $R = R_{Texp}(-t/\tau)$, где



а/



б/



в/

Рис.4. Характерные импульсы датчиков: а - нагревание одиночным прямоугольным импульсом, б - нагревание пачкой прямоугольных импульсов, в - фронт остывания датчика.

R_T - начальное сопротивление термодатчика при фиксированной температуре T , τ - постоянная времени установления равновесной температуры термодатчика. Эту величину обычно принимают за характеристику инерционности датчика. Постоянная нагревания τ_H определялась по трем точкам переднего фронта импульса датчика

в соответствии с формулой: $\tau_H = \Delta t / \ln \frac{U_3 - U_1}{U_2 - U_3}$. Аналогичным обра-

зом по заднему фронту импульса датчиков, обладающих большей чувствительностью /Аллен-Бредли, ТВО/, определялась постоянная остывания τ_0 с тем лишь различием, что в этом случае на мост подавались нагревающие прямоугольные импульсы с некоторой постоянной составляющей, необходимой для наблюдения заднего фронта импульса разбаланса моста. Величина постоянной составляющей выбиралась такой, чтобы проходящий при этом через датчик измерительный ток /~20 мкА/ не вызывал заметного разогрева. При определении постоянной остывания МНД, имеющего малую чувстви-

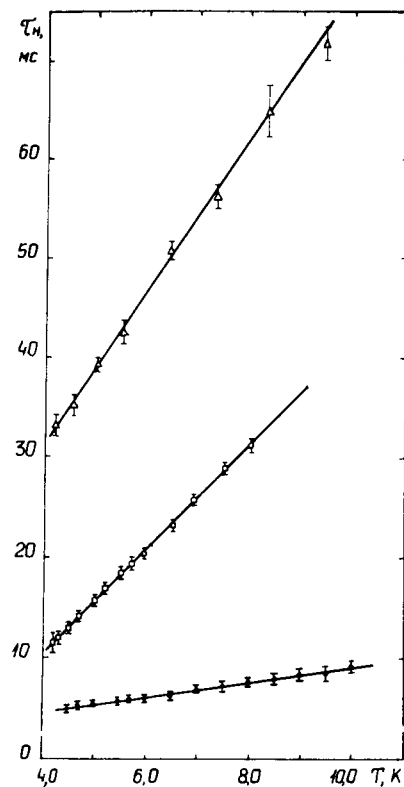


Рис.5. Зависимость постоянных нагревания от температуры: ● - ТВО-0,125, □ - Аллен-Бредли, Δ - медноникелевый датчик.

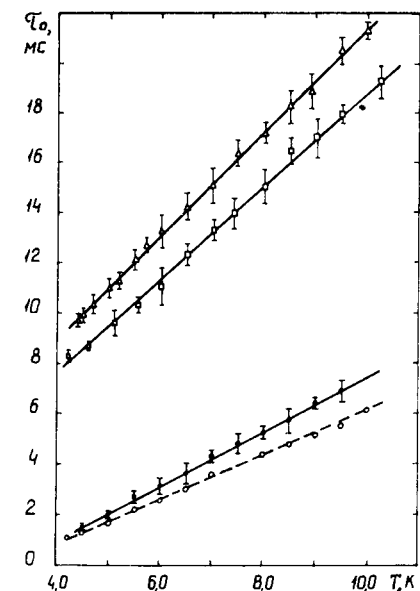


Рис.6. Зависимость постоянных остывания от температуры. ● - ТВО-0,125 - нагревание одиночным прямоугольным импульсом, □ - ТВО-0,125 - нагревание пачкой прямоугольных импульсов, □ - Аллен-Бредли, Δ - медноникелевый датчик.

тельность, методика, описанная выше, непригодна, т.к. для получения достаточно большой для надежных измерений амплитуды /~1 мВ/ сигнала разбаланса моста требуется такое увеличение постоянной составляющей напряжения, подаваемого на мост, которое приводит к заметному разогреву датчика. В этом случае на мост подавались одиночные пачки импульсов и измерялось уменьшение амплитуды сигнала разбаланса моста ΔU за время Δt между двумя соседними импульсами в пачке. Постоянная остывания τ_0 находилась из выражения: $\tau_0 = \Delta t / \ln(1 - \Delta U / U_0)$.

Зависимость постоянных нагревания и остывания для всех трех датчиков показана на рис.5 и 6. Наибольшим быстродействием обладает ТВО, у которого τ_H не превышает 10 мс, а τ_0 - 8 мс в диапазоне 4,2-10 К. На этом датчике было проведено сравнение двух методик определения τ_0 . Результаты сравнения приведены на рис.6.

Расхождения в значениях τ_0 не превосходят 20% во всем интервале температур. Это расхождение обусловлено, по-видимому, некоторым разогреванием датчика при пропускании через него постоянного измерительного тока в случае измерения τ_0 по заднему фронту одиночного импульса.

Определены постоянные нагревания и остывания трех типов датчиков, позволяющие сделать относительную оценку быстродействия дозиметров, которые могут быть изготовлены на основе этих термодатчиков. Данная методика позволяет определить быстродействие термодатчиков-дозиметров в реальных тепловых условиях сверхпроводящей обмотки.

Авторы выражают благодарность В.А.Черенкову и В.И.Иванову за полезные обсуждения и интерес к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василев П.Г. и др. ОИЯИ, Р9-82-486, Дубна, 1982.
2. Зайцев Л.Н. ЭЧАЯ, 1980, т.2, вып.3, с.525.
3. Cox B. et al. Rep. FERMILAB, TM-828-A, 1978.
4. Allinger J. et al. IEEE Trans. on Magn., 1979, vol.Mag-15, p.119.
5. Dixon R., Mokchov N.V. FN327, Batavia, 1980.
6. Вепшек Я. Измерение низких температур электрическими методами. "Энергия", М., 1980.
7. Дацков В.И. ПТЭ, 1981, № 4, с.253.
8. Черенков В.А., Бейлин В.М. ПТЭ, 1980, № 5, с.241.
9. Черенков В.А. ПТЭ, 1980, № 6, с.191.
10. Мальгун М.М., Соболев М.Д. ПТЭ, 1977, № 3, с.197.
11. Солодихин Ю.В., Свириденко В.И. Труды ВНИИФТРИ, 1977, вып.32/62/, с.39.
12. Зубов В.Г. и др. ПТЭ, 1979, № 6, с.156.

Рукопись поступила в издательский отдел
31 января 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XIII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Дацков В.И. и др.

8-83-45

Инерционные характеристики криогенных термодатчиков-дозиметров

Измерены постоянные времени нагревания и остывания резистивных криогенных термодатчиков Аллен-Бредли, TVO⁷⁷ и термодатчика на основе сплава Cu-Ni в диапазоне температур 4,2-10 К, предназначенных для использования в качестве дозиметров. Для менее инерционного термодатчика TVO-0,125^{6/} значение постоянной нагревания не превышает 10 мс, а постоянной остывания - 8 мс при температуре 10 К.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Datskov V.I. et al.

8-83-45

Inertial Characteristics of Cryogenic Temperature Sensors

Time constants of heating and cooling of resistance cryogenics temperature sensors "Allan-Bradley", TVO⁷⁷ and of a temperature sensor manufactured of Cu-Ni are measured in 4.2-10 K temperature range. These are intended for use as dosimeters. For a less inertial temperature sensor - TVO-0,125 the value of time constant of heating does not exceed 10 ms, and time constant of cooling - 8 ms at 10 K temperature.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.