

Г-61

1454 / 2-77

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



18/iv-77

8 - 10284 e

Л.Б.Голованов, В.Л.Мазарский, А.П.Цвинев

МИШЕНЬ С ЖИДКИМ ГЕЛИЕМ,
ВОДОРОДОМ И ДЕЙТЕРИЕМ

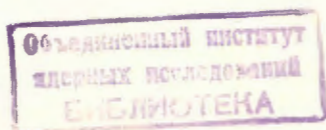
1977

8 - 10284

Л.Б.Голованов, В.Л.Мазарский, А.П.Цвинев

МИШЕНЬ С ЖИДКИМ ГЕЛИЕМ,
ВОДОРОДОМ И ДЕЙТЕРИЕМ

Направлено в ПТЭ



Голованов Л.Б., Мазарский В.Л., Цвинев А.П.

8 - 10284

Мишень с жидким гелием, водородом и дейтерием

Описана конструкция мишени, содержащей в одном вакуумном кожухе с большой выходной апертурой лавсановые сосуды, заполняемые жидкими гелием, водородом и дейтерием, а также сосуд для фоновых измерений. Приведена схема работы с дейтерием без закачки его в баллоны после каждого сеанса. Показаны способы уменьшения термоакустических колебаний, вызывающих испарение гелия и водорода.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

© 1977 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

Криогенная мишень - один из основных элементов установки "Диск", разработанной в ЛВЭ ОИЯИ для исследования кумулятивного эффекта^{/1/}.

Описание конструкции мишени

Особенностью мишени является размещение в одном вакуумном кожухе с большой выходной апертурой сосудов с жидкими гелием, водородом и дейтерием, а также сосуда для фоновых измерений. На *рис. 1* и *2* приведены схема конструкции и общий вид мишени. Вакуумный кожух цилиндрической формы с вертикальной осью выполнен из нержавеющей стали и имеет четыре одинаковых, расположенных одно под другим, прямоугольных окна. Размер окон, определяемый величиной пространственного угла с вершиной в центре мишени, составляет 210° в горизонтальной плоскости и 45° в вертикальной. Окна закрыты цилиндрической обечайкой 2, изготовленной из лавсановой пленки толщиной 0,12 мм. Напротив каждого окна находятся внутренние сосуды, сделанные из такой же лавсановой пленки. Сосуды имеют двойные доньшки^{/2/}. Несущее доньшко 14 толщиной 0,12 мм работает при перепаде давлений в одну атмосферу и имеет сферическую форму. Ограничивающее плоское доньшко 15 толщиной 0,02 мм отделяет жидкость от газа. Для выравнивания давлений между доньшками и объемом с жидкостью в ограничивающем доньшке сделано отверстие. Внутренние сосуды и лавсановая обечайка кожуха изготовлены по технологии, описанной в^{/3/}. Сделаны две мишени: одна с внутренними сосудами длиной 50 мм, другая - 140 мм.

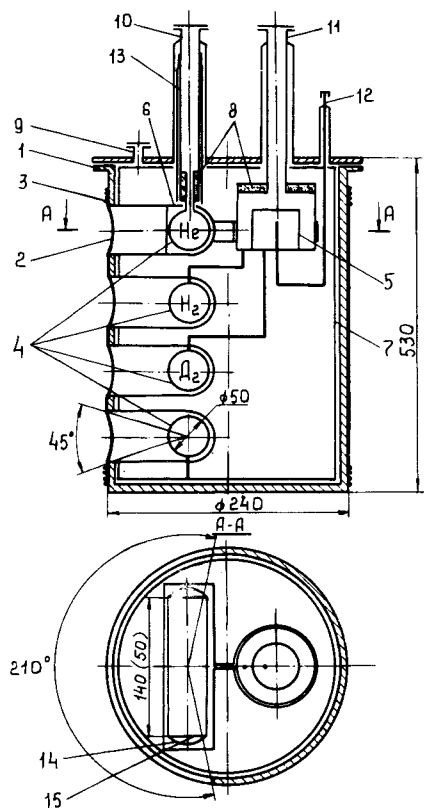


Рис. 1. Схема конструкции мишени: 1 - кожух вакуумный; 2 - обечайка лавсановая; 3 - бандаж; 4 - сосуды лавсановые; 5 - конденсатор дейтерия; 6 - экран гелиевого сосуда; 7 - экран; 8 - адсорбент; 9 - штуцер вакуумирования; 10 - труба заливки и испарения гелия; 11 - труба заливки и испарения водорода; 12 - труба подачи и испарения газообразного дейтерия; 13 - экран гелиевой горловины; 14 - доньшко несущее; 15 - доньшко ограничивающее.

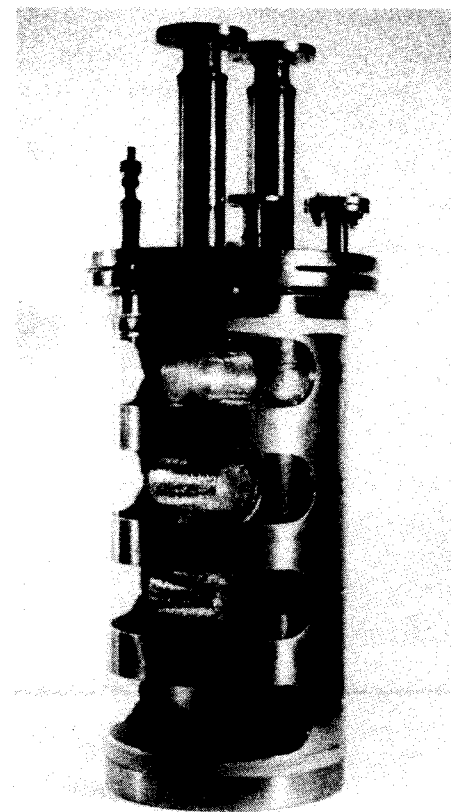


Рис. 2. Общий вид мишени /без фонового сосуда/.

Дейтерий ожижают жидким водородом в конденсаторе 5, который выполнен из двух коаксиальных нержавеющей цилиндров. На рис. 3 показаны конденсатор и внутренние сосуды для гелия, водорода и дейтерия, смонтированные на крышке вакуумного кожуха мишени.

Уменьшение теплопритока к сосудам мишени обеспечивается медным полированным экраном 7 /рис. 1/ и тремя слоями металлизированного лавсана толщиной 0,012 мм, которыми обернуты холодные поверхности

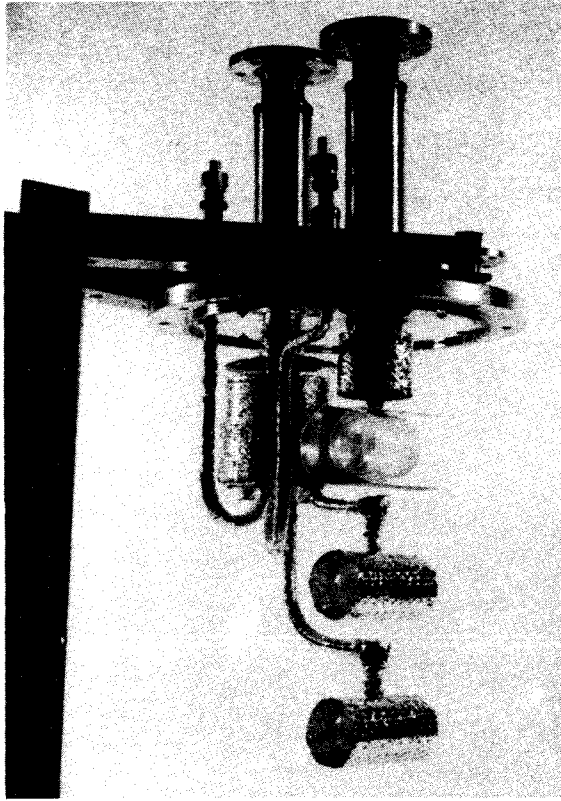


Рис. 3. Конденсатор и лавсановые сосуды для гелия, водорода и дейтерия, смонтированные на крышке вакуумного кожуха мишени.

мишени. Кроме того, гелиевый сосуд защищен экраном 6, находящимся в тепловом контакте с конденсатором 5 и имеющим температуру, близкую к температуре жидкого водорода.

Рабочий вакуум в кожухе мишени $10^{-4} \div 10^{-5}$ Тор создается и поддерживается адсорбентом 8, после предварительной откачки форвакуумным насосом.

Описание схемы установки и особенности работы с дейтерием

Питание мишени гелием и водородом осуществляется самотеком из промежуточных сосудов, расположенных над мишенью /рис. 4/^{4/}. Емкость каждого промежуточного сосуда - 50 л. В качестве изоляции в них используются экраны, которые охлаждаются парами гелия и во-

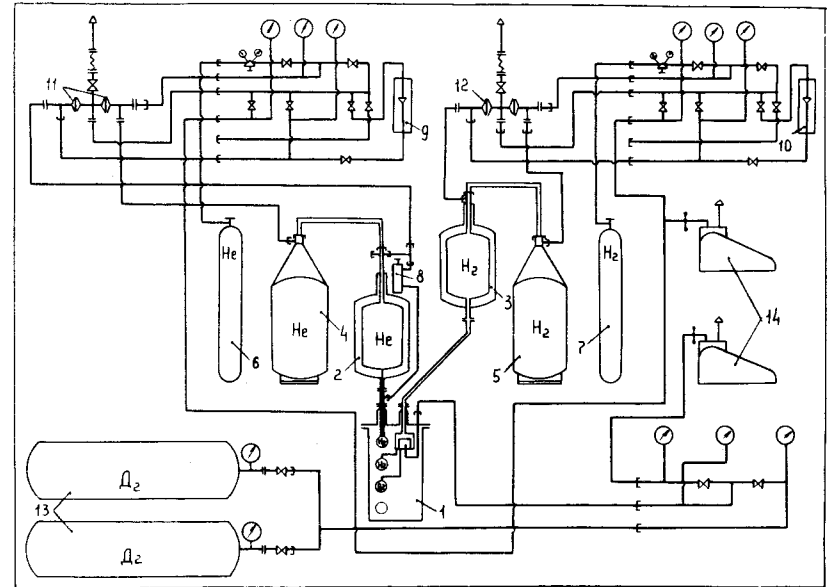


Рис. 4. Схема установки: 1 - мишень; 2 - промежуточный сосуд для гелия; 3 - промежуточный сосуд для водорода; 4 - дьюар с жидким гелием; 5 - дьюар с жидким водородом; 6 - баллон с жидким гелиевый; 7 - баллон водородный; 8 - ротаметр для замера расхода гелия при снятии теплопритока с горловины мишени; 9 - ротаметр для замера испаряемости гелия из мишени и промсосуда; 10 - ротаметр для замера испаряемости водорода из мишени и промсосуда; 11 - предохранительные мембраны на линиях выхода гелия; 12 - предохранительные мембраны на линии выхода водорода; 13 - емкости для газообразного дейтерия; 14 - насосы вакуумные.

дорода, образующимися в мишени и промсосудах. Газообразный дейтерий из специальной емкости поступает в конденсатор мишени, где охлаждается водородом, находящимся при атмосферном давлении, и стекает в дейтериевый сосуд. Минимальное давление, при котором происходит конденсация дейтерия, колеблется от 240 до 270 Тор в зависимости от давления над жидким водородом в конденсаторе. Размеры емкости, в которой находится газообразный дейтерий, рассчитаны таким образом, чтобы максимальное давление в системе не превышало допустимого давления внутреннего сосуда /0,7 ати/, а минимальное, при заполнении жидкостью дейтериевого сосуда, - было выше атмосферного на 0,1 ати. Дейтерий находится в жидком состоянии в мишени до тех пор, пока в конденсаторе имеется жидкий водород. После испарения или удаления жидкого водорода начинается испарение жидкого дейтерия. Давление в дейтериевом сосуде и емкостях начинает расти. Когда мишень полностью отеплится, емкости отсоединяются. Дейтерий находится в них до следующего сеанса. Обычно дейтерий после окончания сеанса закачивается специальным компрессором в баллоны^{/9/}. При работе по схеме, описанной выше, эта операция не нужна. Потери дейтерия после каждого сеанса невелики ввиду малости рабочего объема мишени /~300 см³/ и соединяемых коммуникаций /~1000 см³/ и при давлении 0,7 ати составляют ~2200 см³. Эти же потери при закачке дейтерия компрессором в баллоны только на линии высокого давления составляют /при объеме линии высокого давления ~100 см³/ ~10000 см³.

Емкости для дейтерия сделаны из стандартных элементов /наружные обечайки и доньшки/, применяемых для изготовления сосудов Дьюара^{/5/}. Объем одной емкости - 500 л. В зависимости от размеров дейтериевого сосуда мишени используются одна или две емкости.

На случай повышения давления в сосудах мишени при внезапной порче вакуума имеются аварийные линии для выхода гелия и водорода. На этих линиях установлены предохранительные мембраны, которые разрываются при давлении 1,1÷1,2 ати. Дейтериевый сосуд мишени по-

стоянно связан с емкостями. Сопротивление соединяющих трубопроводов рассчитано так, что давление, возникающее в сосуде при нарушении вакуума, не превышает допустимого.

Мишень и промсосуды для гелия и водорода расположены на специальной ферме, рис. 5. Механизм с дистанционным управлением перемещает ферму в вертикальном и горизонтальном направлениях так, чтобы

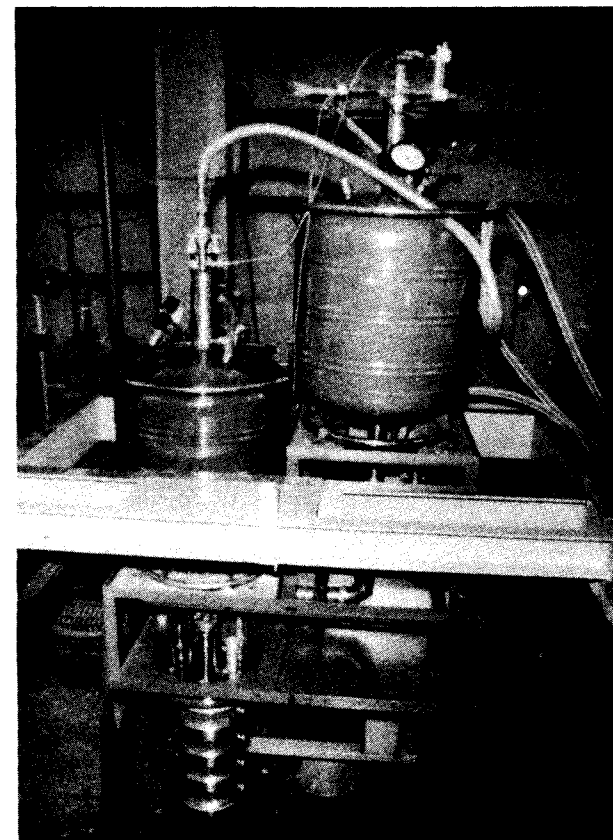


Рис. 5. Общий вид мишени и промежуточных сосудов для водорода и гелия, установленных на ферме.

сосуды мишени поочередно устанавливались на пути налетающих частиц.

Необходимо отметить некоторые преимущества установки, упрощающие эксплуатацию мишени:

1. Пополнение мишени гелием и водородом осуществляется самотеком из промежуточных сосудов, без использования каких-либо регулирующих органов.

2. Нет необходимости закачивать дейтерий в баллоны после каждого сеанса работы на ускорителе, т.к. емкости для аварийного сброса дейтерия служат и для хранения его между сеансами.

3. Не используются диффузионные насосы для поддержания рабочего вакуума в кожухе мишени, что уменьшает взрывоопасность при работе с водородом и дейтерием благодаря отсутствию электронагревательных элементов.

4. Нет необходимости использовать жидкий азот для охлаждения тепловых экранов, т.к. они охлаждаются парами гелия и водорода.

5. Исключается возможность подсоса воздуха в дейтериевые коммуникации, т.к. минимальное давление в системе всегда выше атмосферного.

Пути уменьшения испарения гелия и водорода

Большое внимание при создании установки уделялось подавлению термоакустических колебаний.

Известно, что в трубке, если один конец ее опущен в криогенную жидкость, а другой закрыт и имеет комнатную температуру, возникают термоакустические колебания^{/6,7/}, особенно значительные при работе с жидким гелием. Испарение, вызванное термоакустическими колебаниями, в сотни раз интенсивнее испарения от других теплопритоков^{/8/}. Схема промсосуд-мишень /рис. 6/ аналогична описанной нами в работе^{/8/}. Как и там, термоакустические колебания возникают в кольцевом пространстве между горловиной мишени и сливной трубкой промсосуда, во много раз увеличивая испаряемость гелия.

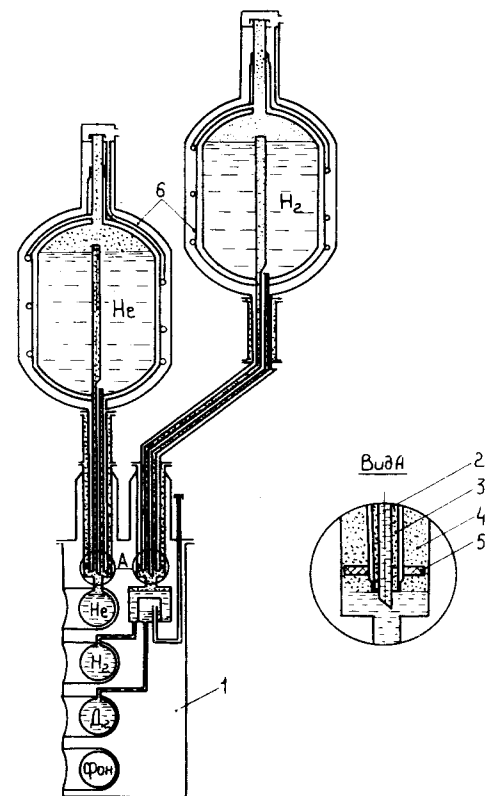


Рис. 6. Схема расположения мишени и промежуточных сосудов: 1 - мишень; 2 - трубка слива жидкости; 3 - кольцевое пространство для выхода испаряющегося газа; 4 - кольцевое пространство, в котором возникают термоакустические колебания; 5 - перегородка для гашения термоакустических колебаний; 6 - промежуточные сосуды.

Во время испытаний было отмечено также увеличение, по сравнению с расчетами, испаряемости водорода. Было установлено, что причиной этого также являются термоакустические колебания, возникающие в горловине конденсатора.

Существует несколько способов для устранения термоакустических колебаний. Один из них - размещение в холодной зоне клапана^{/10/}. Другой - подсоединение к горловине, в которой возникают термоакустические колебания, замкнутого объема. Этот способ был использован при работе с гелиевой мишенью^{/8/}. Тогда же экспериментально были определены минимальные размеры присоединяемого объема. Испытания криогенной мишени показали, что существенную роль играют не только размеры подсоединяемого объема, но и величина отверстия, через которое объем соединен с горловиной мишени. Получена экспериментальная зависимость испаряемости водорода от величины этого отверстия /рис. 7/. Видно, что минимальная испаряемость соответствует отверстию диаметром $1,5 \div 2$ мм.

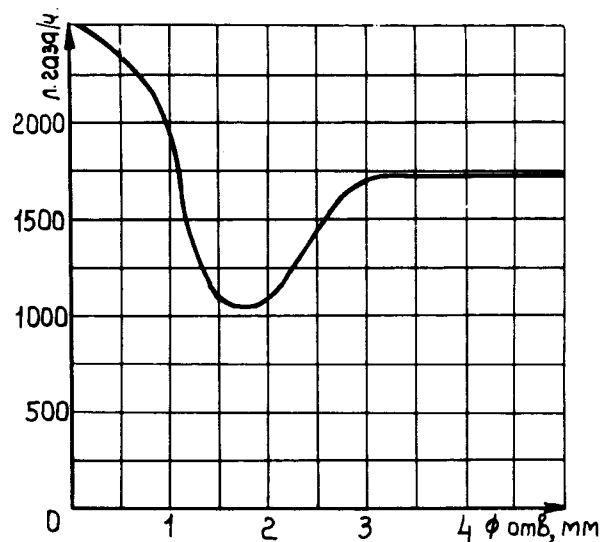


Рис. 7. Зависимость испаряемости водорода от величины отверстия, соединяющего горловину водородного сосуда мишени с замкнутым объемом для гашения термоакустических колебаний.

Более простой способ устранения термоакустических колебаний - размещение в нижней части горловины перегородки, которая отделяет криогенную жидкость от замкнутого объема горловины /рис. 6, вид А/. Испытания подтвердили надежность этого способа. Причем, герметичность перегородки не обязательна. Между перегородкой и горловиной мишени допустим зазор ~ 0,1 мм, достаточный для вакуумирования горловины при "промывках" мишени, а также для прохождения газа при съеме теплопритока с горловины.

Так как гелиевый сосуд мишени хорошо экранирован /температура экрана близка к температуре жидкого водорода/, то основной теплоприток к сосуду идет по горловине /~1 Вт/. Этот теплоприток можно значительно уменьшить, если часть холодного испаряющегося газа пропускать через горловину. Экспериментально было найдено, что оптимальное количество холодного пара, проходящего через горловину за час, составляет $125 \div 150$ л, т.е. $20 \div 25\%$ общего количества газа, направляемого на охлаждение экрана протсоса. На рис. 8 представлена зависимость испаряемости гелия из мишени и протсоса (Q) от количества газа (q), проходящего через горловину.

В таблице приведены значения теплопритоков к гелию и водороду из мишени и протсосов, полученные расчетным и экспериментальным путем.

	С теплопритоком по горловине		
	Теплоприток экспериментальный, Вт		Теплоприток расчетный, Вт
	до подавления т.а.к.	после подавления т.а.к.	
Гелий	70	1,5 ^{х/}	2,1
Водород	28,8	12,8	12,6

^{х/} При снятии теплопритока с горловины - 0,7 Вт.

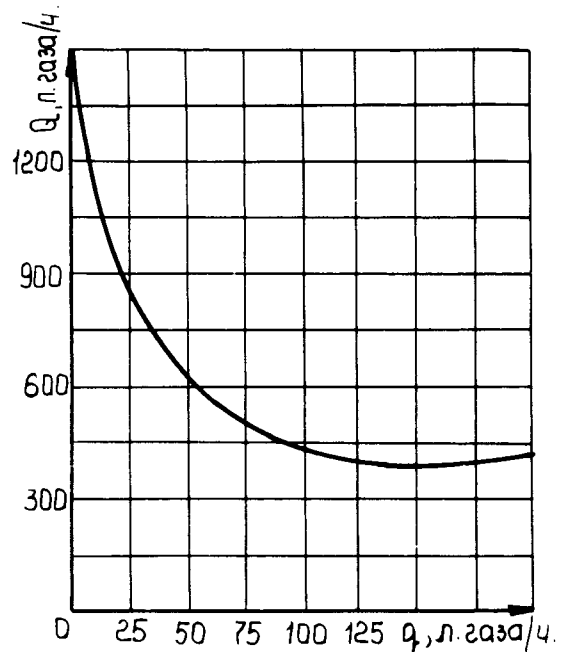


Рис. 8. Зависимость испаряемости гелия из мишени и промсосула от количества холодного газа, проходящего через горловину гелиевого сосуда мишени и снимающего с нее теплоприток.

Технические данные мишени

Рабочая длина внутренних сосудов, мм	- 50 /140/.
Диаметр внутренних сосудов, мм	- 50.
Объем внутренних сосудов, л	- по 0,1 /0,3/.
Количество рабочего вещества вдоль пучка частиц, г/см ² :	
гелия	- 0,63 /1,75/,
водорода	- 0,35 /0,98/,
дейтерия	- 0,85 /2,36/.

Количество вещества стенок на входе и выходе, г/см ²	- по 0,075.
Тепловой приток /экспериментальный/ к мишени и промсосулу /Вт/, заполненным водородом	- 12,8,
гелием	- 0,7.
Время заполнения дейтерием внутреннего сосуда мишени, ч	- 1 /3/.
Время /ч/ непрерывной работы мишени, пополняемой из промежуточного сосуда емкостью 50 л на	
водороде	- 40,
гелии	- 80.

Авторы признательны А.Г.Зельдовичу за полезные советы, В.С.Ставинскому за внимание и интерес к работе и благодарят Ю.Т.Борзунова, Т.Н.Борзунову, А.И.Калмыкову, В.И.Костырко, М.В.Левина, Ю.П.Павлова, В.Ф.Чумакова, а также всех сотрудников криогенного и производственно-технического отделов, принимавших участие в изготовлении и испытаниях мишени.

Литература

1. Балдин А.М., Бондарев В.К., Гиордзнеску Н., Зубарев В.Н., Манятовский А.П., Мороз Н.С., Повторейко А.А., Панебратцев Ю.А., Рихвицкий С.В., Ставинский В.С., Хренов А.Н. В кн.: IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. ОИЯИ, Д1,2-9224, Дубна, 1975, с.176.
2. Борзунов Ю.Т., Голованов Л.Б., Мазарский В.Л., Цвинев А.П. ОИЯИ, Р8-5212, Дубна, 1970.
3. Борзунов Ю.Т., Голованов Л.Б., Мазарский В.Л., Цвинев А.П. ОИЯИ, 8-8991, Дубна, 1975.
4. Борзунов Ю.Т., Голованов Л.Б., Мазарский В.Л., Цвинев А.П. ПТЭ, 1971, 3, с.52.
5. Уайт Г.К. Экспериментальная техника в физике низких температур. М., ГИФМЛ, 1971, с.70.

6. Дмитриевский Ю.П., Мельник Ю.М. ИФВЭ, 72-73, Серпухов, 1972.
7. Борзунов Ю.Т., Голованов Л.Б., Цвинев А.П. ПТЭ, 1974, 4, с.32.
8. Cryogenics, 1973, 12, p. 490.

*Рукопись поступила в издательский отдел
27 января 1977 года.*