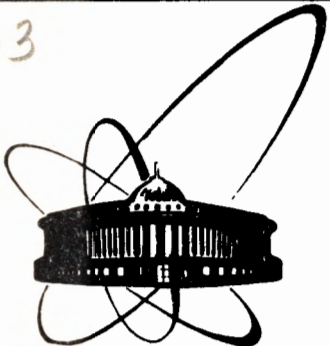


83-191

~~ЛЯП~~

Б-823



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3414 / 83

8-83-191

Ю.Т.Борзунов, Л.Б.Голованов, В.Л.Мазарский,
А.П.Цвинев, В.Ф.Чумаков

ЖИДКОВОДОРОДНАЯ МИШЕНЬ
С РЕКОНДЕНСАЦИЕЙ ВОДОРОДА ГЕЛИЕМ

Направлено в журнал "ПТЭ"

1983

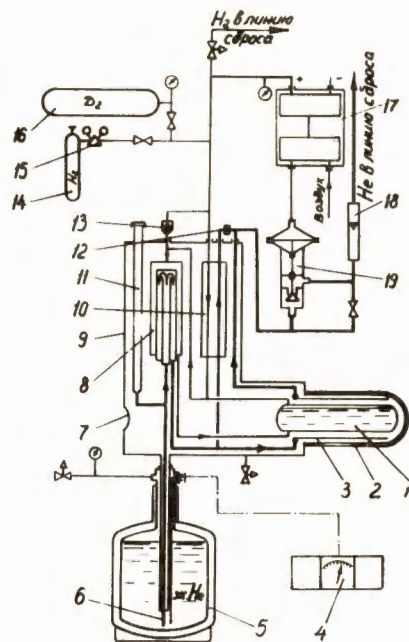
Установка с жидководородной мишенью разработана в ОИЯИ и предназначена для совместной работы с бесфильмовым искровым спектрометром БИС-2 на пучках пи-мезонов в ИФВЭ. Охлаждение и конденсация газообразного водорода при заполнении мишени происходят за счет теплоты испарения жидкого гелия и использования холода его паров. Несмотря на то, что конденсация водорода жидким гелием как термодинамически, так и экономически невыгодна, использование гелия имеет ряд существенных преимуществ. Работа на жидком гелии особенно целесообразна в лабораториях и на установках, где не имеется взрывозащищенных электроприборов^{1/}.

Основные элементы установки: мишень, система подачи газообразных водорода или дейтерия на конденсацию, система автоматической подачи жидкого гелия для конденсации водорода, блок измерения уровня жидкого гелия и поддержания давления в сосуде Дьюара, стойка коммутации и контроля параметров.

Мишень /рис.1/ состоит из рабочего объема /внутреннего сосуда/ 1, окруженного тепловым экраном 3, теплообменника-конденсатора 8 и теплообменника предварительного охлаждения 10, расположенных в одном вакуумном кожухе 9. Заполнение сосуда Дьюара 5 жидким гелием осуществляется через горловину 11, а подача жидкого гелия в теплообменник-конденсатор производится по трубке 6. Вес мишени 12 кг. Рабочий объем мишени имеет диаметр 60 мм, длину 300 мм, емкость 0,81 литра. Он изготовлен из лавсановой пленки, алюминизированной с одной стороны. Толщина пленки 125 мкм. Слой алюминия толщиной 0,03 мкм напылен с внешней стороны. Часть вакуумного кожуха 2, которая окружает рабочий объем, изготовлена из пенопласта марки ПС-1. Удельный вес пенопласта 0,124 г/см³. Наружный диаметр кожуха 120 мм, толщина стенки 10 мм. Внешняя поверхность пенопластового кожуха покрыта тонким слоем эпоксидной смолы /0,015 г/см²/. Для входа частиц в вакуумном кожухе сделано окно 7 из металлизированной лавсановой пленки толщиной 125 мкм. Количество вещества стенок в р.е. /г/см²/: на входе - 0,0008 /0,035/; на выходе - 0,0031 /0,156/; в поперечном сечении с учетом теплового экрана - 0,0037 /0,188/.

Водород /дейтерий/ оживает в теплообменнике-конденсаторе и самотеком поступает в рабочий объем мишени. Теплообменник-конденсатор - проточного типа, гелий в нем идет сначала по внутреннему каналу в прямом направлении, затем по кольцевому пространству - в обратном /см. рис.1/. Поверхность, на которой происходит конденсация водорода, охлаждается обратным потоком гелия, температура которого выше точки замерзания водорода. Такой теплообменник-конденсатор исключает намораживание

Рис.1. Схема установки. 1 - рабочий объем мишени; 2 - вакуумный кожух из пенопласта; 3 - тепловой экран; 4 - блок измерения уровня жидкого гелия и поддержания давления в сосуде Дьюара; 5 - сосуд Дьюара; 6 - трубка подачи гелия; 7 - лавсановое окно; 8 - теплообменник-конденсатор; 9 - вакуумный кожух; 10 - теплообменник предварительного охлаждения; 11 - горловина заливки гелия; 12 - диафрагма; 13 - обратный клапан; 14 - баллон; 15 - редуктор; 16 - ресивер; 17 - дифманометр; 18 - ротаметр; 19 - регулирующее устройство.



водорода на эту поверхность и позволяет полностью использовать холод гелия с 4 до 20 К. Он значительно легче и эффективнее конденсаторов, в которых используется естественный конвективный теплообмен ^{1/2-4/}.

СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВОДОРОДА И ДЕЙТЕРИЯ

При заполнении мишени охлаждение водорода с 300 до 20 К перед поступлением его в конденсатор производится в теплообменнике предварительного охлаждения 10 гелием, выходящим из конденсатора. Теплообменник противоточный типа "труба в трубе". По внутренней трубе сечением 28 мм² идет гелий, по кольцевому пространству сечением 72 мм² - водород. Длина теплообменника 4 м.

Предусмотрены две системы подачи газа в конденсатор: одна с использованием ресивера 16, другая - баллона 14. Давление газа в конденсаторе при подаче его как из ресивера, так и из баллона, не превышает допустимого давления в мишени, т.е. 0,07 МПа.

При работе на дейтерии газ на конденсацию поступает из ресивера, в котором он находится под давлением 0,07 МПа. Объем ресивера в основном зависит от емкости рабочего объема мишени. Для данной установки объем ресивера принят 1000 литров. После конца работы и испарения дейтерия газ поступает обратно в ресивер, в котором он и хранится до следующего эксперимента.

При работе с водородом газ на конденсацию поступает из баллона емкостью 7 л. Для данной мишени начальное давление в баллоне 10 МПа. Для снижения давления водорода при подаче его в конденсатор использован редуктор 5, изготовленный на базе дыхательного автомата акваланга АВМ-1М. Он поддерживает любое заданное давление с высокой точностью $\pm 0,005$ МПа. После конца работы водород из мишени испаряется и выходит по линии сброса в атмосферу.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ ЖИДКОГО ГЕЛИЯ ДЛЯ КОНДЕНСАЦИИ ВОДОРОДА /ДЕЙТЕРИЯ/

Количество гелия, поступающего из дьюара в теплообменник-конденсатор определяется давлением в дьюаре и сопротивлением гелиевых линий, включая регулирующее устройство 19. Система подачи гелия работает в двух режимах: накопления жидкости в мишени и поддержания рабочего давления /уровня/ в мишени. Давление в дьюаре поддерживается постоянным и не зависит от режима работы установки. Величина давления определяется режимом накопления.

При накоплении жидкости давление в дьюаре устанавливается таким, чтобы поток гелия соответствовал заданной производительности теплообменника предварительного охлаждения и теплообменника-конденсатора. Это расчетное давление, равное сопротивлению гелиевых линий /при заданной производительности/, было окончательно уточнено во время испытаний установки. При производительности конденсатора 30 Вт поток гелия, конденсирующего водород - 7,6 нм³/ч, сопротивление линий /давление в дьюаре/ - 0,05 МПа. Регулирующее устройство 19 в этом случае полностью открыто. Производительность теплообменных устройств выбрана таким образом, чтобы время охлаждения и заполнения мишени жидкостью было около 1 ч.

После завершения конденсации газа, поступающего из баллона /ресивера/, и заполнения рабочего объема жидкостью, давление водорода в системе уменьшается. При снижении давления в мишени

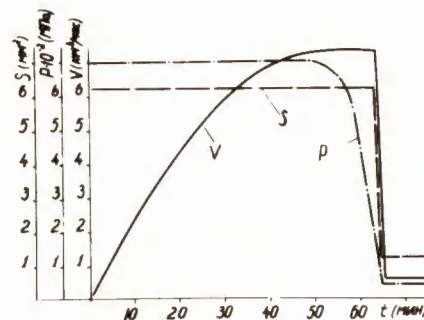


Рис.2. Изменение расхода гелия (V), давления в ресивере (P) и площади проходного сечения регулирующего устройства (S) в пусковой период.

до 0,01 МПа включается в работу регулирующее устройство, которое автоматически поддерживает заданное рабочее давление в мишени /рис.2/.

Работа регулирующего устройства происходит следующим образом. При повышении давления в мишени пневмосигнал поступает в измерительный блок дифманометра /17/, где усиливается и подается на открытое регулирующее устройство. Это ведет к увеличению количества гелия, проходящего через теплообменник-конденсатор, и давление в мишени в результате конденсации водорода падает. Падение давления ведет, в свою очередь, к закрытию регулирующего устройства.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Площадь поверхности с температурой кипения жидкого водорода равна 1576 см². Из них: поверхность рабочего объема мишени составляет 40%, поверхность теплообменника-конденсатора - 30%, остальные 30% - трубки, соединяющие рабочий объем с конденсатором.

Основным условием при теплозащите внутреннего сосуда является минимальное количество вещества теплоизоляционного материала на пути частиц при максимальном уменьшении теплопритока. Поэтому рабочий объем защищен экраном, изготовленным из лавсановой пленки толщиной 125 мкм. Сторона экрана, обращенная к внутреннему сосуду, покрыта слоем меди толщиной 0,03 мкм. С внешней стороны экран изолирован 10 слоями алюминизированного 5 мкм лавсана, чередующегося с 20 мкм стекловалью. Торец экрана, расположенный вне рабочей зоны мишени, охлаждается парами гелия. На рис.3 показано распределение температур вдоль экрана.

Теплообменник предварительного охлаждения является экраном для теплообменника-конденсатора. Минимальный теплоприток к мишени обеспечивается в рабочем режиме, если 20% паров гелия идет на охлаждение экрана рабочего объема и 80% - на охлаждение теплообменника предварительного охлаждения /экрана конденсатора/. Распределение потоков производится диафрагмой 12. Трубки, соединяющие рабочий объем с конденсатором, изолированы десятью слоями

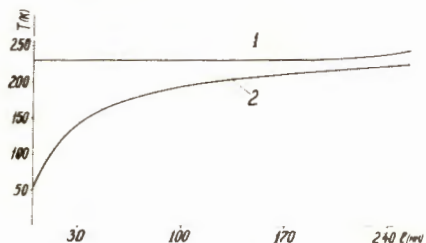


Рис.3. Распределение температур вдоль экрана. 1 - экран неохлаждаемый /плавающий/; 2 - экран, охлаждаемый парами гелия с торца.

мятого металлизированного лавсана, так же как и трубка, по которой жидкий гелий из сосуда Дьюара подается к теплообменнику-конденсатору.

Рабочий вакуум в мишени - $5 \cdot 10^{-6}$ гПа - поддерживается криогенными поверхностями и адсорбентом, прикрепленным к ним. В таблице приведены расчетные и экспериментальные величины теплопритока к мишени /расход гелия/ в зависимости от способа охлаждения экрана. Из таблицы видно, что использование лавсанового экрана с изоляцией уменьшает теплоприток в 3 раза при увеличении постороннего вещества на пути частиц всего на 20%. При охлаждении экрана парами гелия с торца теплоприток уменьшается на 25%.

Таблица

Тепловой экран внутреннего сосуда мишени	Теплоприток к внутреннему сосуду и подводимым водородом трубкам, Вт	Расход гелия в режиме реконденсации, $\frac{л \cdot ж}{ч}$	Количество материала стенок и изоляции в поперечном сечении мишени	
			р.е.	г/см ²
1. Без экрана и изоляции*	8,6	3,01	0,0031	0,156
2. Металлизированная лавсановая пленка с изоляцией без охлаждения парами гелия	2,7	0,95	0,0037	0,188
3. То же по п.2 с охлаждением торца парами гелия /20% от испаряющегося гелия/.	2,0	0,72	0,0037	0,188
4. Медь толщиной 0,5 мм с охлаждением по п.3*	1,1	0,37	0,038	0,680

* Приведены расчетные данные

Основные элементы мишени имеют предохранительные устройства. Рабочий объем находится под давлением не более 0,07 МПа. Для предохранения его от разрушения установлена мембрана, разрывающаяся при давлении $0,11 \div 0,12$ МПа. Внутри вакуумного кожуха давление менее 1 гПа. При возникновении в нем давления выше атмосферного возможно смятие рабочего объема /если он соединен с атмосферой/. Для предохранения рабочего объема от смятия, а вакуумного кожуха - от разрыва, на нем поставлен предохранительный клапан, открывающийся при давлении 0,003 МПа.

Блок измерения уровня жидкого He и поддержания давления предназначен для контроля уровня жидкого гелия, сигнализации о минимальном уровне жидкого гелия и поддержания рабочего давления в сосуде Дьюара.

Блок состоит из сверхпроводящего датчика уровня жидкого гелия и вторичного измерительного прибора 4, обеспечивающего необходимую коммутацию цепей для выполнения вышеперечисленных задач.

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА УСТАНОВКИ

1. Снижена взрывоопасность за счет уменьшения количества водорода в установке до рабочего объема мишени.
2. Уменьшен теплоприток к мишени: а/ путем использования холодных паров гелия с 20К; б/ за счет уменьшения длины криогенных линий путем размещения мишени непосредственно на горловине сосуда Дьюара.
3. Использование теплообменника-конденсатора с принудительным движением гелия вместо естественной конвекции дало возможность: а/уменьшить вес холодных частей и время заполнения рабочего объема мишени жидким водородом; б/исключить намораживание водорода на поверхности конденсатора, охлаждаемой гелием.

Авторы признательны М.Ф.Лихачеву и Г.Г.Тахтамышеву за постоянный интерес и помощь в работе, А.Г.Зельдовичу - за полезные советы; авторы благодарны Т.Н.Борзуновой, А.И.Калмыковой, В.И.Костырко, М.В.Левину, Ю.П.Павлову, Е.И.Воробьеву, Н.И.Николу, С.В.Королеву, А.А.Демину, Г.Г.Хореву, а также сотрудникам НИКО и ЦОЭП ЛВЭ за участие в создании мишени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голованов Л.Б. ЭЧАЯ, 1977, 8/2/, с. 1163.
2. Белоусов В.И. и др. Препринт ИФВЭ, 73-90, Серпухов, 1977.
3. Акоподжанов Г.А. и др. Препринт ИФВЭ, 77-3, Серпухов, 1977.
4. Безверхняя Н.С. и др. Препринт ИФВЭ, ОКУ 77-58, Серпухов, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 марта 1983 года.

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

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

ДЗ-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 XII 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.
ДЗ,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

Борзунов Ю.Т. и др. 8-83-191
Жидководородная мишень с реконденсацией водорода гелием

Описана конструкция жидководородной мишени с реконденсацией водорода гелием. Использование гелиевого теплообменника-конденсатора водорода с принудительным движением гелия вместо естественной конвекции позволило уменьшить вес холодных частей и время заполнения мишени криогенной жидкостью. Мишень изготовлена из лавсановой пленки и пенопласта. Теплоприток к мишени снижен за счет использования холодных паров гелия. Приведена техническая характеристика мишени.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Borzunov Yu.T. et al. 8-83-191
Liquid Hydrogen Target with Recondensation of Hydrogen by Helium

Design of liquid hydrogen target with recondensator of hydrogen by helium is discussed. The use of helium heater-recondensator of hydrogen with a forced motion of helium permits to reduced the weight of cold parts and time of filling of the target cryogenic liquid. The target is prepared from mylar film and foamed polystyrene. A heat influx to the target is reduced by using cold gases of helium. Technical characteristics of the target is presented.

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.