

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-340(65)-78

К.Ш.АГАБАБЯН, Р.Т.МИНА

ЖИДКОДЕЙТЕРИЕВАЯ МИШЕНЬ

ԱՐՄՍ

ԵՐԵՎԱՆ

1979



ԵՐԵՎԱՆ

ЛФМ-340(65)-78

УДК.621.384.664:546.11.02.2

К.Ш.АГАБАБЯН, Р.Т.МИНА
ЖИДКОДЕЙТЕРИЕВАЯ МИШЕНЬ

Представлена конструкция жидкодейтериевой мишени, в которой охлаждение дейтерия происходит за счет отогрева паров жидкого гелия. Измерен коэффициент охлаждения дейтерия. Полученное значение коэффициента охлаждения практически совпадает с расчетным [5] и составляет 3,8 л. жидкого гелия на 1 л. жидкого дейтерия.

Ереванский физический институт

Ереван 1978

ЭФМ-340(65)-78

K.Sh.AGABABYAN, R.T.MINA

LIQUID DEUTERIUM TARGET

The construction of liquid deuterium target in which the deuterium liquifaction takes place due to heat exchange with warming helium vapour is presented. The value of liquifaction factor of deuterium is measured. The measured value is in a good agreement with the calculated one, and ^[5] makes 3.8 ℓ of liquid helium per 1 ℓ of liquid deuterium.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1978

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ФФН-340(65)-78.

К.Ш.АГАБАБЯН, Р.Т.ШИНА

М.И.КОДЕЙТЕРИЕВАЯ М.И.ШЕНЬ

Ереван 1978

© *Ереванский физический институт, 1979*

Введение

Применяемые в экспериментах по физике элементарных частиц жидководородные (ЖВМ) и жидкодейтериевые (ЖДМ) мишени представляют собой объем с жидким водородом или дейтерием, устанавливаемый на пучке ускорителя и имеющий минимальное количество вещества стенок. Для ожижения дейтерия ($T_K = 23,57^\circ \text{K}$) чаще всего используется теплообмен с хладагентом, имеющим более низкую температуру кипения. В качестве хладагента применяется либо жидкий водород ($T_K = 20,4^\circ \text{K}$) [1-3], либо жидкий гелий ($T_K = 4,2^\circ \text{K}$) [4].

Наиболее важным параметром, характеризующим работу такого ожижителя является коэффициент ожижения R , представляющий собой отношение количеств затраченного хладагента и ожиженного газа. Согласно работе [5] для комбинации гелий-дейтерий $R_m = 2,9$, $R_v = 3,8$ и $R_g = 2,8$. Значки при R означают соответственно отношения массопотоков (m), объемов жидкостей (V) и газов при нормальных условиях (q). Таким образом, при наличии достаточно производительного гелиевого ожижителя вышеуказанный способ ожижения дейтерия вполне приемлем, тем более, что, учитывая высокую стоимость дейтерия,

другие методы ожижения сопряжены с большими эксплуатационными расходами.

Большое количество гелия, которое расходовалось в ЖДМ, описанной в работе [4], скорее свидетельствует о неудачной конструкции, чем о пороках метода ожижения. Опыт [6] создания ЖВМ доказывает, что можно сделать ожижитель с параметрами близкими к расчетным.

Данная работа имела целью создать экономичную и простую в эксплуатации ЖДМ, а также исследовать процесс ожижения дейтерия.

Жидкодейтериевая мишень

ЖДМ включает в себя ожижитель дейтерия, головку мишени с рабочим объемом, газовую схему, а также различные системы, обеспечивающие безопасность работы, дистанционное управление и т.д.

I. Ожижитель дейтерия

При изготовлении ожижителя дейтерия за основу был взят ожижитель водорода для ЖВМ [6], в конструкцию которого были внесены следующие изменения:

- а) изменена конструкция конденсатора,
- б) изменена конструкция головки мишени и рабочего объема,
- в) увеличены объемы азотной и гелиевой ванны,
- г) азотный экран сделан разборным на индиевом уплотнении, что открывает доступ к конденсатору без распайки азотного экрана.

Были испытаны две конструкции конденсатора. В первой из них теплообменник, на поверхности которого происходила конденса-

сация дейтерия, представлял собой змеевик, свернутый из трех параллельно соединенных медных трубок диаметром 6 мм, вложенных в герметично запаянный конденсатор. Общая длина трубок составляла около 10 метров. Эта конструкция аналогична использованной в [6] и отличается от нее только увеличенной в несколько раз поверхностью теплообмена за счет использования трех трубок, включенных параллельно, вместо одной.

Была испытана и другая конструкция конденсатора, исходя из следующих соображений. Как показано в [7] для водорода, для того, чтобы обеспечить нужный теплообмен, необходимо в конденсаторе иметь примерно в сто раз более развитую поверхность теплообмена со стороны гелия, чем со стороны водорода. Соответствующие расчеты для дейтерия затруднены из-за отсутствия в литературе необходимых данных. Однако можно было ожидать, что и для дейтерия ситуация аналогична. Схематический чертеж ожижителя дейтерия с конденсатором пластинчаторебристого типа, изготовленным с учетом вышесказанного, приведен на рис. I. Ожижение дейтерия происходит следующим образом. Жидкий гелий испаряется в ванне (2) и его пары по сифонной трубке (3) поступают сначала в конденсатор (I), а затем выходят наружу через зазор, образованный трубками (4) и (5) предварительного теплообменника. Дейтерий поступает из газгольдера через зазор между трубками (5) и (6) в конденсатор, где ожижается и стекает в рабочий объем.

Конденсатор (I), подобный испытанному в работе [7] состоит из 18 концентрически расположенных медных трубок диаметром 10 мм впаянных в медные листы толщиной 0,5 мм. Верхний и ниж-

ний листы герметизируют дейтериевый объем и отделяют его от гелиевого. В данной конструкции практически вся поверхность конденсатора участвует в теплообмене, причем достигается равномерное обтекание гелием всех ребер.

2. Головка мишени

Головка мишени состоит из наружного съемного кожуха из нержавеющей стали (7) с натянутыми лавсановой пленкой окнами и рабочего объема (8), заполняемого жидким дейтерием. Наружный кожух своим верхним фланцем крепится к нижнему фланцу ожижителя дейтерия, т.е. имеет общий вакуум с ожижителем.

Рабочий объем образован двумя лавсановыми цилиндрами со сферическими окнами. Толщина лавсановой пленки 80 мкм.

Цилиндры приклеены к кольцу из нержавеющей стали (9). В кольцо впаяна мягким припоем заливочная трубка, оканчивающаяся фланцем с индиевым уплотнением для соединения с конденсатором. Сферические окна изготавливались выдавливанием в специальной форме по технологии, описанной в [8]. Все склейки производились низкотемпературным клеем ВТ-200 [9]. В верхней части рабочего объема помещен подогреваемый угольный термометр, служащий индикатором заполнения рабочего объема дейтерием. Рабочий объем окружен экраном из алюминия, толщиной 0,4 мм, в котором вырезаны окна под пучок.

3. Газовая схема ЖДМ

Газовая схема ЖДМ практически подобна газовой схеме ЖВМ [6]. Измерения потоков газообразного дейтерия и гелия производились также аналогично [6] по скорости наполнения или опорожнения

соответствующих газгольдеров. Дейтерий из газгольдера, перед тем как поступить на ожижение, пропускался через блок очистки, представляющий собой азотную ловушку, заполненную смесью активированного угля и силикагеля. Длительная эксплуатация ЖДМ показала, что такой очистки вполне достаточно.

Контроль основных параметров ЖДМ (уровня дейтерия в рабочем объеме, количества ожиженного дейтерия и испаренного гелия, вакуума в ожижителе, давления в сборниках гелия и дейтерия и т.д.) производился дистанционно с пульта, расположенного примерно в ста метрах от места эксперимента.

4. Технические данные ЖДМ

Объем гелиевого сборника - 14 литров

Объем азотного сборника - 5 литров

Объем конденсатора - 2 литра

Объем лавсановой мишени - 250 см²

Время непрерывной работы от одной заливки гелия
60 часов.

Время запуска от температуры жидкого азота - 2 часа.

Суммарный теплоприток к конденсатору и мишени - 0,8вт

Давление в конденсаторе - атмосферное

Исследование процесса ожижения дейтерия

В процессе эксплуатации ЖДМ производилось измерение коэффициента ожижения R_d в зависимости от потока гелия G_1 для обеих конструкций конденсатора. Коэффициент ожижения вычислялся по формуле [6].

$$R_g = \frac{G_1}{G_2 + G_2^0},$$

где G_2 - поток дейтерия, измеряемый в процессе ожижения, G_2^0 - нулевая испаряемость, представляющая собой поток дейтерия, испаряющегося в отсутствие потока гелия через конденсатор.

Результаты измерений приведены на рис.2. Точки относятся к змеевиковому конденсатору, треугольники - к пластинчато-ребристому. Из рис.2 видно, что при малых потоках гелия ($G_1 < 250$ л/ч для змеевикового и $G_1 < 500$ л/ч для пластинчато-ребристого конденсатора) измеренные значения R_g хорошо согласуются с расчетным значением $R_g = 2,8$ [5]. При больших потоках гелия эффективность ожижения несколько падает и, соответственно коэффициент ожижения растет. Это увеличение коэффициента ожижения объясняется следующим. При увеличении потока гелия появляется перепад давлений на предварительном теплообменнике, обусловленный конечным проходным сечением последнего. Вследствие этого уменьшается температура конденсатора, что приводит к увеличению коэффициента ожижения [10]. Следует отметить, что даже при максимальных потоках гелия для обоих типов конденсатора указанный перепад не превышал 0,3 атм, что свидетельствует о том, что дейтерий в конденсаторе был далек от замерзания.

Из рис.2 также видно, что конструкция пластинчато-ребристого конденсатора предпочтительнее змеевикового, как в смысле коэффициента ожижения, так и диапазона рабочих значений потока гелия.

В заключение авторы выражают благодарность Г.А.Вартапетяну за внимание и интерес к работе.

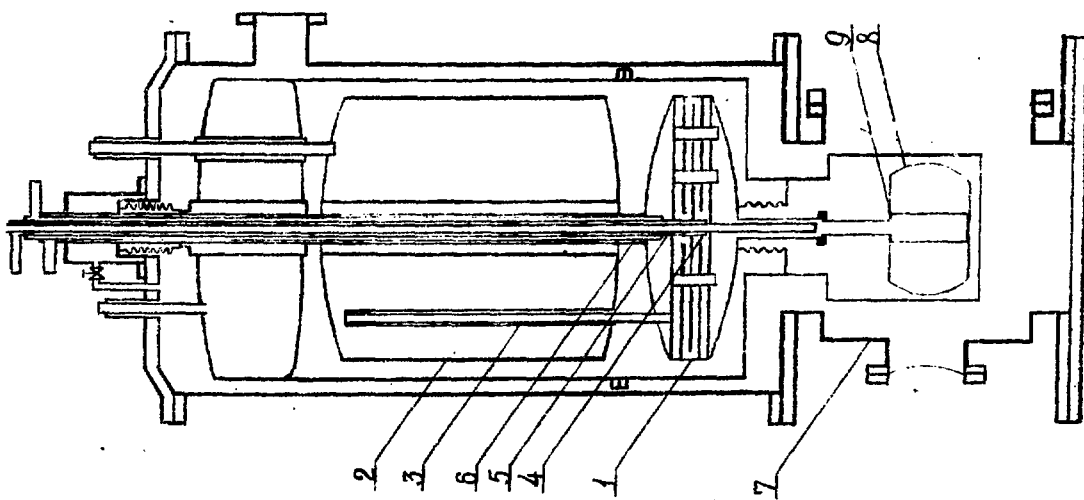


Рис.1

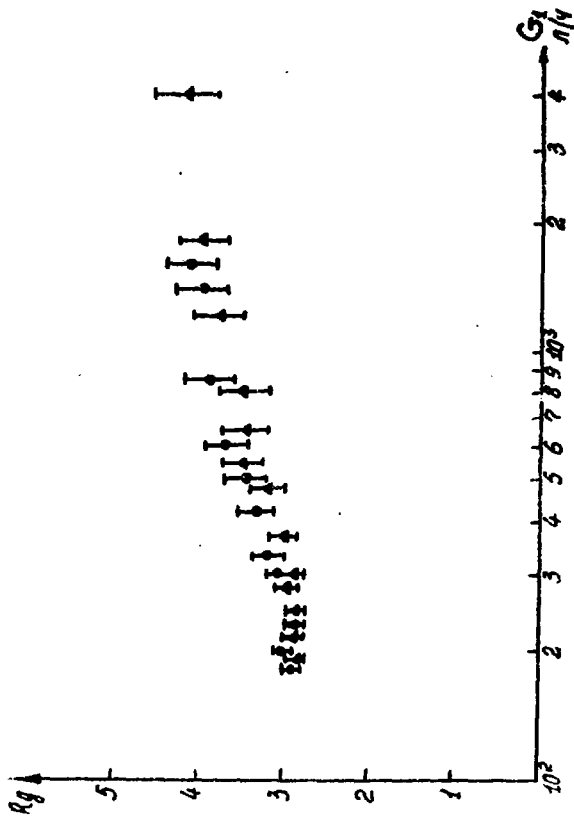


Рис.2

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Конструкция охладителя дейтерия и головки мишени.

Рис.2 Зависимости коэффициента охижения дейтерия от потока гелия для змеевикового и пластинчато-ребристого конденсатора, показанные соответственно точками и треугольниками.

ЛИТЕРАТУРА

1. W.H. Evans, J.J.Hall Nucl.Instr.and Meth.24, 345, 1963.
2. G.Moneti, V.Montelatici Nucl.Instr. and Meth 15, 207, 1962.
3. D.F.Measday Nucl.Instr.and Meth. 40, 213, 1966
4. J.F.Bubb Nucl.Instr. and Meth. 22, 1971.
5. К.Ш.Агабабян, Р.Т.Мина. Изв.АН АрмССР, Физика, 13, 5, 413, 1978.
6. К.Ш.Агабабян, С.Л.Аракелян; Р.Т.Мина, В.К.Яццо.НСЕФМ-160(76)
7. К.Ш.Агабабян. НС ЕФМ-268(61)-77.
8. Л.М.Васильев, Ю.П.Дмитревский и др. ПТЭ, 3, 1976.
9. О.П.Анашкин, В.Е.Кейлин. ПТЭ, 5, 1973.
10. К.ш.Агабабян, Р.Т.Мина. НС ЕФМ-152(75)

Рукопись поступила 4-го ноября 1978 г.



Редактор Л.П.Мукаян
Тех.Редактор А.С.Абрамян

Заказ 21

ВФ- 08827

Тираж 299

Препринт ЕФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 19/II-79г.

С,9 уч.изд.л. Ц. 6 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван-36, пер.Маркаряна 2

индекс 3624