



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

3584/82

2/viii-82

8-82-250

Л.Б.Голованов, А.Г.Зельдович, В.Л.Мазарский

СОСУД ДЛЯ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ  
С ГИБКОЙ ВАКУУМНОЙ ОБОЛОЧКОЙ

1982

При проведении исследований в области ядерной физики широко применяются криогенные мишени, в которых используются жидкие водород, дейтерий и гелий. Транспортировка этих жидкостей от ожижительных установок к месту проведения экспериментов, как правило, осуществляется в сосудах Дьюара. Доставку дьюаров к мишеням, расположенным на пучках ускоренных частиц в условиях, где невозможно воспользоваться транспортными средствами, приходится производить вручную. В этом случае вес дьюара становится главным параметром, а испаряемость - второстепенным, так как дьюары нужны не для хранения жидкости, а для доставки ее к потребителю.

Уменьшения веса дьюара можно достичь при применении более легких материалов/1/. Но значительного сокращения веса можно ожидать, лишь принципиально изменив конструкцию дьюара. Например, сделав вакуумный кожух тонкостенным, гибким, опертым через изоляцию на стенки внутреннего сосуда/2/. При такой конструкции вес вакуумного кожуха составит всего несколько процентов от веса вакуумного кожуха обычных дьюаров.

Задачей данной работы являлась проверка работоспособности тонкостенного вакуумного кожуха цилиндрической формы на сосуде Дьюара емкостью 100 литров.

## ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

При создании сосуда были использованы днища и обечайки вакуумного кожуха 50-литровых сосудов Дьюара, изготовленных в ОИЯИ.

Особенностью описываемого сосуда является замена цилиндрической обечайки вакуумного кожуха из нержавеющей стали толщиной 1,5 мм на гибкую оболочку из лавсановой пленки толщиной 0,34 мм /рис.1/. При откачке вакуумного пространства гибкая лавсановая оболочка ложится на изоляцию, прижимая ее к внутренней жесткой обечайке под действием атмосферного давления.

Жесткость дьюара обеспечена внутренним сосудом /6/, верхней /2/ и нижней /9/ обечайками. Сосуд и обечайки имеют одинаковый наружный диаметр. Они изготовлены из нержавеющей стали толщиной  $1 \pm 1,5$  мм.

Днища /1/, /10/, верхняя /2/ и нижняя /9/ обечайки образуют изоляционные вакуумные полости по торцам внутреннего сосуда.

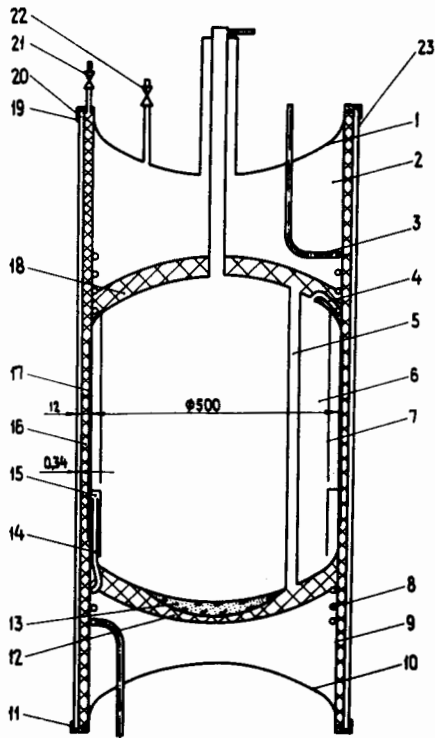


Рис. 1. Схема конструкции сосуда.

Эти полости соединены между собой трубкой /5/, проходящей через внутренний сосуд. На верхнее и нижнее днище внутреннего сосуда уложена многослойная изоляция /18/, /12/. Цилиндрическая поверхность внутреннего сосуда также изолирована многослойной изоляцией /16/, но в отличие от изоляции, находящейся на днищах сосуда, эта изоляция сжата усилием 0,1 МПа. Таким образом, теплоизоляция сосуда состоит из двух независимых по вакууму и разных по степени сжатия изоляции частей: первая - изоляция цилиндрической части, вторая - днищ. Вакуум в изоляционном пространстве цилиндрической части сосуда поддерживается за счет криосорбционной угольной ткани /17/, размещенной на обечайке

сосуда. Вакуум в изоляционном пространстве днищ поддерживается активированным углем /13/, расположенным на нижнем днище внутреннего сосуда. Для снятия теплопритока по верхней и нижней обечайкам к ним припаяны змеевики /3,8/, по которым проходит часть испаряющегося газа. По трубке /4/ осуществляется отбор холодного газа на верхний змеевик, по трубке /14/ - на нижний. Заборный конец нижней трубки расположен в специальном кармане /15/. Внутри сосуда расположена дополнительная обечайка /7/, предназначенная для уменьшения теплопритока при ухудшении изоляционного вакуума в цилиндрической части сосуда. В нижней и верхней частях сосуда расположены кольцевые компенсаторы /11,19/, предотвращающие образование поперечных складок на лавсановой обечайке во время охлаждения сосуда. Из технологических соображений, а также для повышения надежности поддержания рабочего вакуума в цилиндрической части изоляции, между лавсановой обечайкой и многослойной изоляцией размещена резиновая оболочка /20/.

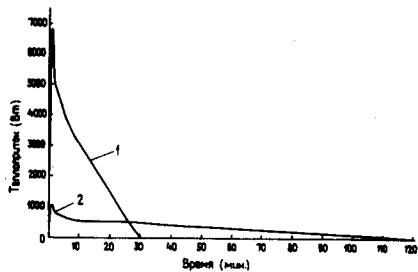
Для измерения теплопритока сосуд был заполнен жидким водородом. Экспериментальные и расчетные данные приведены в таблице. При измерении теплопритоков в сосуде находилось 82 литра жидкого водорода. Общий объем сосуда - 104 литра. Из таблицы

Таблица

Вид теплопритока	Расчетные величины *	Теплоприток, Вт	
		без отбора газа на змеевики	при пропускании через змеевики 2 нм <sup>3</sup> /час газа
Через изоляцию к верхнему днищу внутреннего сосуда	$T_T=300; T_X=20,4;$ $\delta=0,02; S=0,2;$	0,3	0,3
Через изоляцию к нижнему днищу внутреннего сосуда	$\lambda=1 \cdot 10^{-4};$ $P=1,33; P_{сж}=10^{-4};$	0,3	0,3
Через изоляцию к цилиндрической части внутреннего сосуда	$T_T=300; T_X=20,4;$ $\delta=0,012; S=0,64;$ $\lambda=2 \cdot 10^{-3};$ $P=1,33; P_{сж}=0,1$	35,0	35,0
По верхней обечайке	$f=2,2 \cdot 10^{-3};$	35,0 $T_1=71^{жж}$ $T_2=29$	19,0 $T_1=52$ $T_2=28$
По нижней обечайке	$\lambda=5$	42,6 $T_1=70$ $T_2=29$	15,4 $T_1=45$ $T_2=29$
Суммарный, расчетный		113,2	70,0
Общий, полученный по скорости испарения жидкости		123,0	65,0

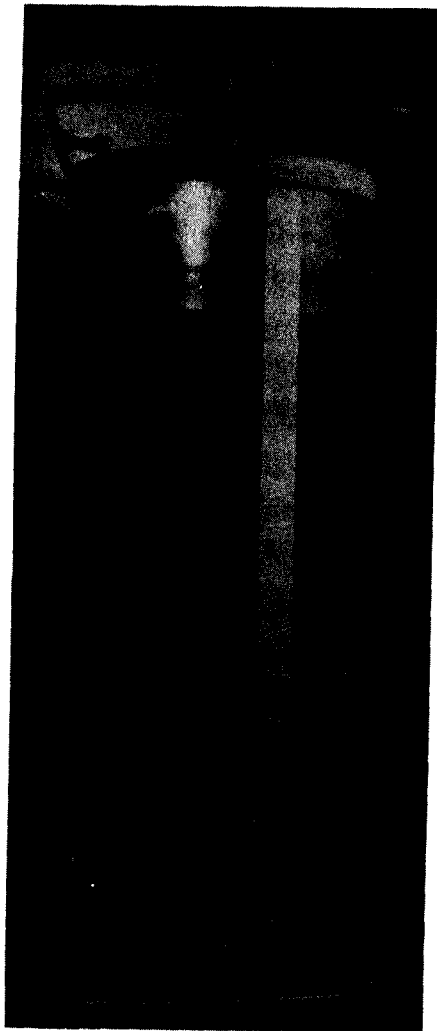
\*  $T_T$  и  $T_X$  - соответствующие температуры теплой и холодной стенок К;  $\delta$  - толщина изоляции, м;  $S$  - поверхность, м<sup>2</sup>;  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности, Вт/мК;  $P$  - давление в изоляционном пространстве, ГПа;  $P_{сж}$  - усилие сжатия изоляции, МПа;  $f$  - поперечное сечение, м<sup>2</sup>.

видно, что основная часть теплопритока идет через изоляцию к цилиндрической части внутреннего сосуда /~30%/ и по верхней и нижней обечайкам - мостам /~70%/. Теплоприток по обечайкам можно уменьшить на 50%, если пропускать через змеевики, припаянные к ним, по 2 нм<sup>3</sup>/ч испарившегося водорода.



**Рис.2.** Изменение теплопритока к жидкому водороду при нарушении герметичности лавсановой оболочки.

Особое внимание при создании сосуда с гибкой лавсановой оболочкой было уделено определению теплопритока при нарушении ее герметичности. Первый эксперимент был проведен без обечайки /7/. После заполнения сосуда жидким водородом были открыты вентили откачки изоляционных пространств цилиндрической /21/ и торцевых /22/ частей сосуда. Воздух из атмосферы по вакуумному шлангу  $d_y = 12$  длиной 1 м заполнил теплоизоляционные полости. На рис.2 /кривая 1/ дано изменение по времени величины теплопритока к жидкому водороду. Измерения показали, что максимальный теплоприток наступает через 30 с после того, как начали ухудшать вакуум, и равен 6800 Вт. Видно, что через 10 мин величина теплопритока начинает линейно убывать со временем. Время полного испарения — 30 мин. Для уменьшения аварийного теплопритока к сосуду была введена цилиндрическая обечайка с отверстиями /7 на рис.1/. После этого были проведены повторные измерения теплопритока при заполнении изоляционного пространства воздухом при таких же условиях, как и в первом случае, когда не



**Рис.3.** Сосуд для криогенной жидкости с гибкой вакуумной оболочкой.

было обечайки. На рис.2/кривая 2/ видно, что максимальный теплоприток возникает через 40 с и составляет около 1100 Вт. Величина теплопритока мало изменяется во времени. Средняя нагрузка составляет около 700 Вт. Время испарения всего водорода — 120 мин. Введение обечайки внутрь сосуда позволило значительно уменьшить тепловую нагрузку при аварийной ситуации — заполнении изоляционного пространства воздухом. На рис.3 — фотография сосуда.

Авторы выражают глубокую благодарность за активное участие в проведении работы Ю.Т.Борзунову, В.Ф.Чумакову, А.П.Цвиневу, В.И.Костырко, М.В.Левину.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин Г.И. и др. Препринт ИФВЭ, СЭФ 73-4, Серпухов, 1973.
2. Голованов Л.Б. ЭЧАЯ, 1972, 2, с.740.

Рукопись поступила в издательский отдел  
2 апреля 1982 года.