

СЗ44.18.

Л-33

ИТЭ, 1966, №5,

с. 82-85. 30/X-65

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P - 2376



Р.М. Лебедев, И.С. Саитов,
Е.П. Устенко, Ю.А. Шишов

УПЛОТНЕНИЕ ИЛЛЮМИНАТОРОВ БОЛЬШИХ
ВОДОРОДНЫХ ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР
ОИЯИ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1965

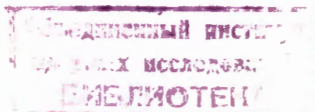
P-2376

3673/3 чф.

Р.М. Лебедев, И.С. Саятов,
Е.П. Устенко, Ю.А. Шишов

УПЛОТНЕНИЕ ИЛЛЮМИНАТОРОВ БОЛЬШИХ
ВОДОРОДНЫХ ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР
ОИЯИ

Направлено в ПТЭ



1. Описание

Широко известны конструкции уплотнения больших стекол - иллюминаторов в водородных пузырьковых камерах Шатта ^{/1/} и Альвареда ^{/2/}.

В ЛВЭ ОИЯИ разработано устройство, показанное на рис. 1. ^{/3/} Герметизация рабочего объема камеры с жидким водородом производится с помощью надувного элемента (1), жесткой рамки (2) и трех слоев индиевых прокладок (3). Индиевые прокладки размещаются: между стеклом и рамкой (2), рамкой (2) и элементом (1), элементом (1) и выступом (4) на корпусе камеры. Уплотнение рабочего объема камеры достигается за счет смятия индиевых прокладок путем подачи в надувной элемент гелия высокого давления. Подача гелия в надувной элемент производится после охлаждения камеры, т.е. после прекращения взаимных перемещений деталей уплотняющего устройства и стекла, которые обусловлены различными температурными усадками материалов.

В каждой из индиевых прокладок внутреннее кольцо герметизирует разъем со стороны жидкого водорода, внешнее - создает промежуточный ловушечный объем для откачки и контроля.

В отличие от конструкций, которые применены в камерах, упомянутых выше, в данной конструкции введено уплотнение индием по гибким поверхностям надувного элемента, а нижняя рамка заменена выступом на корпусе камеры. Это позволило не приваривать гибкую часть устройства (надувной элемент) к жестким рамкам. Такая конструкция имеет ряд достоинств, обсуждаемых ниже.

Надувной элемент (1) и рамка (2) изготовлены из нержавеющей стали марки Х18Н10Т. Соединение прокладок из индия в замкнутое кольцо обеспечивается путем сдвигания концов прокладки, имеющих косой срез и сложенных внахлест. Используется индий чистотой 99,98%.

Заготовки для штампуемых деталей надувного элемента подвергаются предварительному отжигу в среде инертного газа ($1050^{\circ} \pm 20^{\circ}\text{C}$ с охлаждением в воду). Отштампованные детали скрепляются при помощи аргонодуговой сварки по внутреннему и наружному контуру двумя вакуумноплотными швами.

Надувной элемент, изготовленный таким образом, не требует отжига для устране-

ния поводок, т.к. является тонкостенной деталью (в нашем случае толщина стенок 0,8 мм). Непосредственно в надувной элемент впаивается на серебре медная трубка 4 мм х 0,5 мм для подачи гелия. Размеры некоторых деталей приведены в таблице 1.

Описываемая конструкция обладает следующими преимуществами.

Во-первых, повышена надежность всей конструкции, т.к. число сварных швов уменьшено до двух, причем устранены все те швы, для которых проверка вакуумной плотности сложна, а ремонт невозможен. Испытания надувных элементов на прочность проводились повышенным давлением. Это позволяет гарантировать высокую надежность имеющихся швов и тем самым повысить верхний предел рабочего давления, что существенно для увеличения числа охладений камеры без замены индиевых прокладок. Связанное с этим увеличение числа отбракованных надувных элементов не имеет существенного значения из-за небольшой стоимости этих деталей. Каждый надувной элемент испытывается давлением 120 ат (при максимальном рабочем давлении 70 ат), в то время как сварная надувная прокладка в камере Альвареца^{1,2/} из-за риска потерять дорогое изделие испытывается лишь давлением 58 ат (при максимальном рабочем давлении 50 ат).

Во-вторых, значительно снижены затраты на изготовление всего устройства как за счет сокращения числа приспособлений (например, кондукторов для сварки и отжига после сварки и т.п.), так и за счет того, что запасной деталью является дешевый надувной элемент. В конструкциях, описанных в^{1,2/}, запасной деталью является разжимная прокладка, трудоемкость изготовления которой по меньшей мере на порядок больше. В данной конструкции наиболее трудоемкая деталь – жесткая рамка – не приварена к наиболее нагруженной детали – надувному элементу. Поэтому в случае порчи надувного элемента жесткая рамка сохраняется для дальнейшей эксплуатации.

Имеются и другие, второстепенные особенности описываемого устройства. Например, из рис. 1 видно, что число герметизируемых разъемов увеличено до трех по сравнению с двумя в камерах Шатта и Альвареца. Однако это не ухудшает работу устройства, т.к. во вводимом третьем раземе индиевые прокладки помещаются между деталями, имеющими одинаковую температурную усадку. Отсутствие взаимных перемещений уплотняемых поверхностей позволяет сохранить плотность разъема даже при многократном повторении цикла охлаждения камеры. Наличие откачиваемых ловушечных объемов делает работу конструкции надувного уплотнения устойчивой по отношению к величине утечек через отдельные прокладки.

Еще одной особенностью данной конструкции является применение алюминиевых вытеснителей^{1,5/}. Вытеснители уменьшают объем сжатого гелия внутри надувного элемента примерно в 3-4 раза. Поэтому в случае разрыва внутреннего шва надувного

элемента давление в метровой камере увеличится не более чем на 5–8 ат (при давлении гелия 70 ат), для двухметровой камеры соответствующий скачок давления будет примерно вдвое меньше.

2. Испытания

а) Стендовые испытания

Стендовые испытания проводились в среде жидкого азота (77°K). В процессе этих испытаний в первую очередь выяснялся вопрос о принципиальной возможности надежного создания вакуумной плотности в разъемах с гибкими поверхностями в условиях водородной камеры. На рис. 2 изображена часть стенда для испытаний. Здесь (1) – плиты из дюралюминия, 2 – надувной элемент, 3 – жесткие рамки. Плиты имитируют стекло, обеспечивая при охлаждении примерно одинаковые со стеклом (но противоположные по направлению) перемещения относительно индиевых прокладок. Внутренний объем этого устройства заполнялся жидким азотом под давлением, которое менялось импульсно между 8–2 ат. с помощью пневматических клапанов. Устройство погружалось в дьюар с жидким азотом. Вакуум в ловушках V_3 , V_4 , V_5 и V_6 измерялся вблизи откачивающего насоса (производительностью 50 л/мин). Для одного из объемов (V_4) измерения проводились также и в точке, наиболее удаленной от места откачки. По этим данным оценивались средние значения вакуума в ловушечных объемах (таблица 2). Измерения показали, что вакуум во всех ловушечных объемах был не хуже вакуума в существующих камерах, например, рассмотренной в ^{12/}. При переходе от статического режима давления в “камерном” объеме к динамическому вакуум заметно улучшался. Было выяснено также, что после достижения рабочей плотности разъемов давление гелия в надувном элементе можно значительно снизить (до 20 ат) без ухудшения вакуума в ловушечных объемах.

б) Испытания на кратность

Были проведены специальные испытания на кратность уплотнения без замены индиевых прокладок. После каждых 2000–3000 циклов расширения–сжатия производились остановка, отепление до 0°C и затем повторное охлаждение. Всего проведено семь циклов охлаждения без замены индиевых прокладок, причем каждый раз вакуум доводился до заданной “рабочей” величины (не хуже 1 мм рт. ст.) путем подачи давления в надувной элемент. Указанное количество циклов охлаждения не является, по-видимому, предельным, потому что в процессе испытаний на кратность не было достигнуто предельное рабочее давление в надувном элементе, а испытания были приостановлены из-за недостатка времени.

в) Испытания в рабочих условиях

Заключительным этапом испытаний явились первые пуски метровой водородной пузырьковой камеры ОИЯИ на жидком водороде, в ходе которых были получены снимки следов заряженных частиц. Вакуум измерялся вблизи насоса и был приблизительно равен $1 \cdot 10^{-1}$ мм рт.ст. при одновременной откачке всех ловушечных объемов одним насосом. При первом водородном пуске в надувной элемент подавалось давление гелия 45 ат, значительно меньшее максимального рабочего давления в надувном элементе (70 ат). Герметизация при втором пуске камеры потребовала небольшого увеличения давления (до 50 атм). Таким образом, основные итоги этих пусков совпадают с выводами стендовых испытаний. Подтверждены возможность герметизации жидкого водорода по гибкой поверхности надувного элемента и возможность многократного уплотнения камеры без разборки.

В заключение авторы выражают благодарность Э.В. Козубскому за ценные советы, Г.М. Иванову, В.Н. Алмазову, Л.П. Титовой, а также сотрудникам экспериментальных мастерских ЛВЭ ОИЯИ за участие и помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. D.Bugg. Progr. Nucl.Phys., 7, 1 (1959)
(русский перевод Д. Багг, УФН, т. LXXIV, вып. 4, стр. 7, 1961).
2. L.R.Lucas and H.P.Hernandez, Rev. Sci. Instr., 30, 941 (1959).
3. Р.М. Лебедев, И.С. Сайтов, Е.П. Устенко, Ю.А. Шишов. Устройство для уплотнения стекол низкотемпературных пузырьковых камер. Авторское свидетельство № 164 083.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 сентября 1965 г.

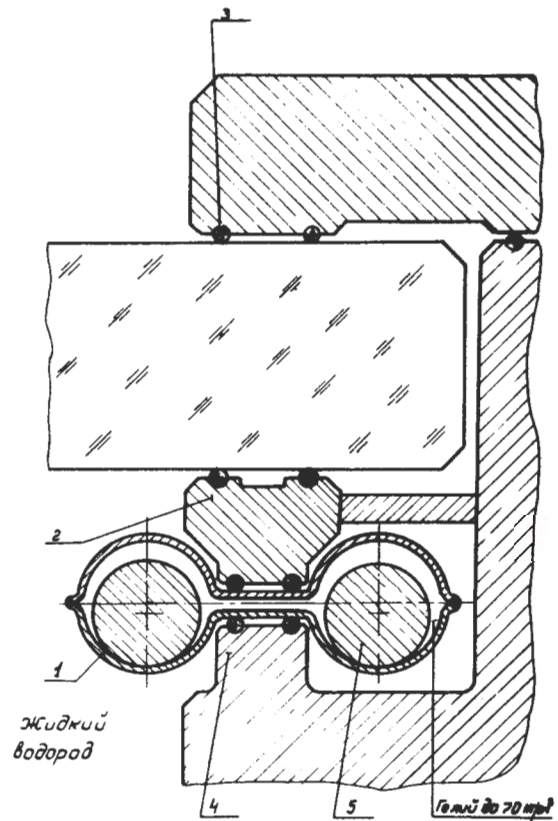
Т а б л и ц а 1

Параметры надувного уплотнения больших водородных пузырьковых камер
ОИЯИ

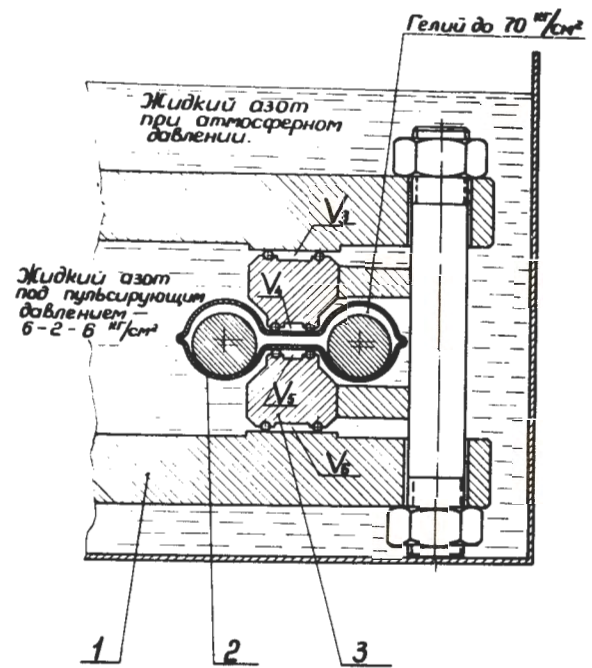
		Р а з м е р к а м е р ы	
		1 м	2 м
1	Ход надувного элемента (н.э.) X макс.	2,5 мм	3,2 мм
2.	Давление при испытаниях P _{пров} (T = 77°K)	120 кг/см ²	100 кг/см ²
3	Максимальное рабочее давление P _{макс.}	70 кг/см ²	70 кг/см ²
4	Радиус трубки н.э. R _{ср.}	10,8 мм	13,1 мм
5	Толщина стенки н.э. δ	0,8 мм	0,8 мм
6	Радиус вытеснителя r _{выт.}	8 мм	12 мм
7	Диаметр прокладок из индия а	3,0 мм	3,0 мм

Т а б л и ц а 2

Давление в ловушках					
1	P _{изм.} мм Hg	$3 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,10^{-2}$	$3,10^{-1}$
2	$\frac{P}{\text{мм Hg}}$ _{оцен.}	≈ 2	≈ $14 \cdot 10^{-2}$	≈ $7 \cdot 10^{-2}$	≈ 2



Р и с. 1



Р и с. 2.