

54-1877

+

18/XI-64

VEDEB P.M.

C344 1A
A-33

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

"Утверждаю"

Директор Лаборатории
высоких энергий

• 26 июля 1954 г.



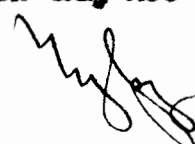
54-1877

с. 00. 831

Р.М.Лебедев, И.С.Самцов, Е.П.Устенко, Ю.А.Шинков
"Конструкция и испытания системы уплотнения стенок
метровой и двухметровой жидководородных пузырьковых
камер АЭО ОИЯИ."

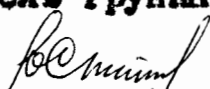
~~SECRET~~

Начальник научно-экспериментального
отдела



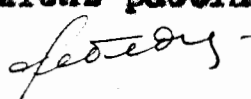
/А.З.Чувпало/

Руководитель группы

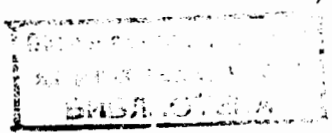


/Г.М.Сташков/

Руководитель работ



/Р.М.Лебедев/



Дубна

СИСТЕМА УПЛОТНЕНИЯ СТЕКОЛ МЕТРОВОЙ И ДВУХМЕТРОВОЙ
ВОДОРОДНЫХ ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР ЛЭО ОПИИ.

В В Е Д Е Н И Е

Важным узлом водородных пузырьковых камер является система уплотнения больших стекол. Герметизация таких стекол до настоящего времени является трудной технической задачей, что обусловлено следующими причинами:

1. Различием температурной усадки уплотняемых деталей. При охлаждении камеры от комнатной до рабочей температуры для больших стекол смещения крайних точек относительно деталей уплотнения достигает нескольких миллиметров, что вызывает нарушение плотности, достигнутой при комнатной температуре.
2. Большой текучестью жидкого водорода и необходимость обеспечивать высокий теплоизолирующий вакуум (10^{-4} + 10^{-6} мм.рт.ст.).
3. Пульсирующим характером давления в камере.
4. Высокой стоимостью стекол (около 50.000 руб. для двухметровой камеры), что выдвигает дополнительные требования к конструкции системы уплотнения, которая должна исключать

возможность поломки стекла при затяжке.

Лучшим решением указанной задачи является надувное уплотнение [1-4].

Рассмотрим, в качестве примера, уплотнение, примененное на 72- дюймовой водородной камере группы проф. Альварца (см. вариант 1) [1]. Основной частью этой системы является разжимная прокладка из нержавеющей стали, состоящая из жестких рамок /1/ и приваренных к ним гибких деталей /2/. После охлаждения стекло /4/ и корпус камеры /3/ герметизируются следующим образом: пластиковые индиевые прокладки /5/ прижимаются к стеклу, опертому на фланец камеры /6/, под действием давления гелия в разжимной прокладке. Внутреннее кольцо индиевой прокладки уплотняет стекло со стороны жидкого водорода, внешнее - создает промежуточный объем для откачки и контроля.

ВИДОВ КОНСТРУКЦИИ.

В ЛЭО была разработана нигде ранее не применявшаяся система уплотнения (см. вариант II и черт.арх. № 1971,1972), в которой вместо приварки гибких деталей к жестким рамкам применяется вакуумное уплотнение индием по гибкому надувному элементу (/2/ варианта II). Таким образом, сварная разжимная прокладка заменена деталями, не скрепленными между собой. Форма сечения надувного элемента, имеющего вид замкнутой двухканальной трубы, выбрана так, чтобы обеспечить его

работу, в особенности плоских частей, в области упругих деформации при сминании индентных прокладок.

Для уменьшения числа герметизируемых разъемов нижняя рамка заменена выступом /7/ корпуса камеры.

Такая конструкция, по сравнению с вариантом I, обладает рядом преимуществ:

1) Повышена надежность работы разжимной прокладки за счет уменьшения числа сварных швов с 6 до 2-х. В условиях низких температур, большого давления с одной стороны и высокого вакуума - с другой, к швам предъявляется весьма высокие требования по плотности и прочности.

2) Значительно снижена трудоемкость изготовления системы, т.к.:

Во-первых, требования к точности изготовления намного уменьшены. Для варианта I необходимо изготавливать рамки с тонкими выступами и обеспечивать при аргоно-дуговой сварке зазор между этими выступами и гибкими деталями не более 0,15мм по всему периметру при габаритах деталей 1-2м.

Во-вторых, нет необходимости в термообработке.

В варианте I сварка массивных деталей с тонкими вызывает коробление изделия после окончательной механической обработки, если не будут сняты внутренние напряжения с помощью термообработки. Для термообработки нужны большие печи и специальные кондукторы. Гибкий надувной элемент новой конструкции после сварки не коробится.

работу, в особенности плоских частей, в области упругих деформаций при сминании видневых прокладок.

Для уменьшения числа герметизируемых разъемов нижняя рамка заменена выступом /7/ корпуса камеры.

Такая конструкция, по сравнению с вариантом I, обладает рядом преимуществ:

1) Повышена надежность работы разжимной прокладки за счет уменьшения числа сварных швов с 6 до 2-х. В условиях низких температур, большого давления с одной стороны и высокого вакуума - с другой, к швам предъявляется весьма высокие требования по плотности и прочности.

2) Значительно снижена трудоемкость изготовления системы, т.к.:

Во-первых, требования к точности изготовления намного уменьшены. Для варианта I необходимо изготавливать рамки с тонкими выступами и обеспечивать при аргоно-дуговой сварке зазор между этими выступами и гибкими деталями не более 0,15мм по всему периметру при габаритах деталей 1-2м.

Во-вторых, нет необходимости в термообработке.

В варианте I сварка массивных деталей с тонкими вызывает коробление изделия после окончательной механической обработки, если не будут сняты внутренние напряжения с помощью термообработки. Для термообработки нужны большие печи и специальные кондукторы. Гибкий надувной элемент новой конструкции после сварки не коробится.

В-третьих, уменьшено число деталей. Нет компенсирующего кольца (/1/ варианта I), функцию которого выполняет жесткая рамка (/1/ вариант II). Кроме того, вместо одной-двух запасных разжимных прокладок варианта I достаточно иметь только дешевые гибкие надувные элементы.

3) Устранены все трудные для контроля и неремонтируемые внутренние швы. При нарушении герметичности любого из них разжимная прокладка вар. I не может быть отремонтирована. Контроль качества этих швов в процессе изготовления прокладки требует специальных приспособлений. Причем, такой контроль проводится при комнатной температуре и не является полной гарантией герметичности шва при низких температурах.

4) Особо отметим, что для получения большего хода гибкого надувного элемента можно несколько раз его деформировать в неупругой области. Об этом и других способах увеличения кратности герметизации разъемов уплотнения без разборки камеры см. в разделе " ^{отчете} Испытания уплотнения на водороде".

Следует обратить внимание на две особенности новой конструкции. В ней увеличено число герметизируемых разъемов на границе жидкость - вакуум. Однако, как показал опыт, это не ухудшает работу системы уплотнения. Во вводимом третьем разьеме индусные прокладки помещаются между деталями, имеющими одинаковую температурную усадку. Отсутствие взаимных перемещений уплотняемых поверхностей обеспечивает надежное получение вакуумной плотности даже при многократном повторении цикла охлаждения камеры. Кроме того, наличие откачиваемых объемов

V_1 и V_2 (черт. вар.П). делает работу обоих вариантов очень устойчивой по отношению к величине утечек через отдельные разъемы. В вар.1 вакуум между нижними прокладками может меняться в пределах $0,01 \pm 1$ мм рт.ст., не оказывая существенного влияния на величину вакуума над стеклом $V_3 / - 10^{-5} \pm 10^{-6}$ мм рт.ст. (см. работу [1]).

Вторая особенность состоит в уменьшении жесткости надувного элемента в плоскости герметизации разъемов вследствие того, что он не скреплен с жесткими рамками сваркой.

Но, как показано в разделе " Испитания", деформации под действием камерного давления и изменения контура сечения элемента незначительны и ограничены жесткими частями системы надувного уплотнения.

КРАТКИЙ ОБЗОР ОСТАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ.

Рассмотрим еще несколько вариантов систем уплотнения. Они не были приняты к изготовлению по изложенным ниже причинам.

Вариант III осуществлен в работающих камерах [3], [4]. Он отличается от вар.1 тем, что к рамкам /1/ припаивается уплотняющая диафрагма /6/, а надувное кольцо /2/ имеет овальную форму сечения. К его недостаткам следует отнести:

- а) Большое число сварных швов.
- б) Необходимость в компенсирующем кольце.

в) Необходимость в распайке диафрагмы для ремонта внутреннего шва надувного элемента.

г) Нерациональная форма сечения - овал, дающая малый ход прокладки при значительном давлении в ней (около 100 атм).

д) Дополнительная деталь - диафрагма, требующая, при качественном ее выполнении, изготовления специального штампа. Пайка также не является достаточно хорошим средством уплотнения в данных условиях и при таких больших размерах.

Для вар. IУ могут быть применены два типа сварки *гибких деталей с жесткими* - роликовая и точечная. Первый тип отклонен по отзыву Института электро-сварки им. Патона, так как такой шов не обладал бы достаточной плотностью. Второй тип с перекрытием точек был опробован в нашей лаборатории на кольцевом уплотнении диаметром 400 мм (см. отчет [6]). Точечная сварка требует хорошей отладки режима и тщательной его стабилизации. В противном случае появляются непровары и соответственно неплотности, которые можно ремонтировать только до полной сварки надувного уплотнения. Этот вариант сокращает объем механической обработки и снижает требования к точности, но сохраняет многие недостатки своего прототипа - вар. I.

Варианты У и VI являются смешанными и поэтому обладают рядом достоинств и недостатков предыдущих вариантов.

Вариант VII заслуживает более подробного рассмотрения. Если расположить разжимную прокладку вар. I над стеклом, то останется только одна плоскость герметизации жидкого водорода, но для ее уплотнения в противовес давлению в камере нужно будет

значительно увеличить давление в разжимной прокладке. Общее число индиевых прокладок и, следовательно, ход разжимной прокладки остается прежним.

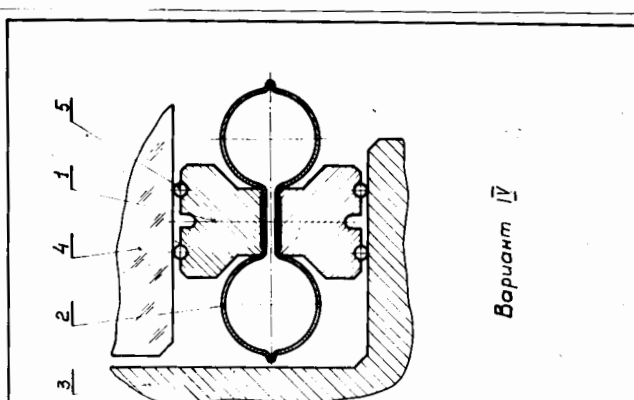
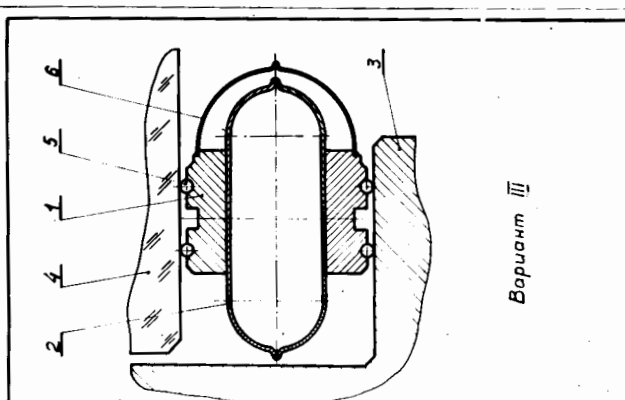
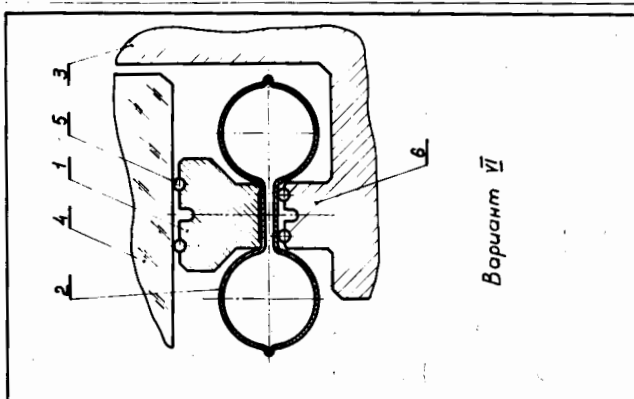
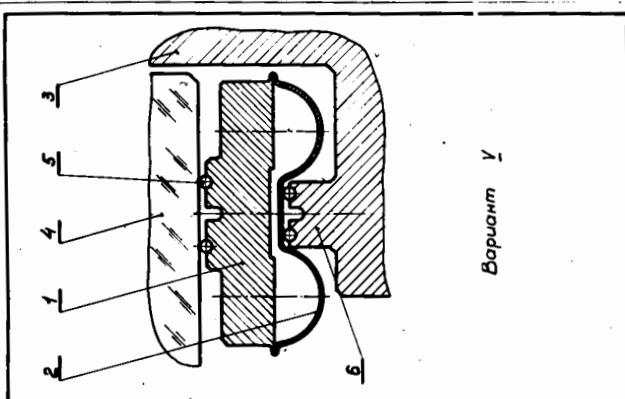
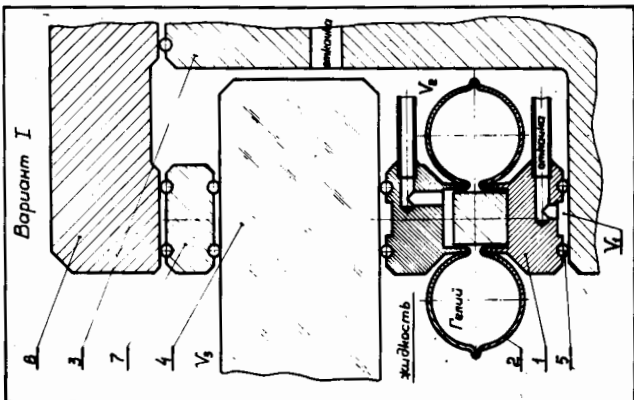
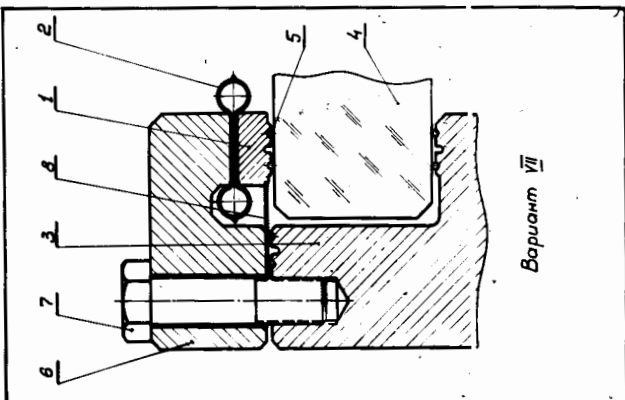
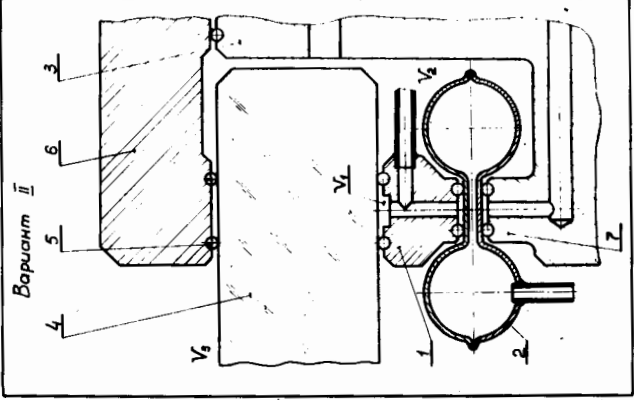
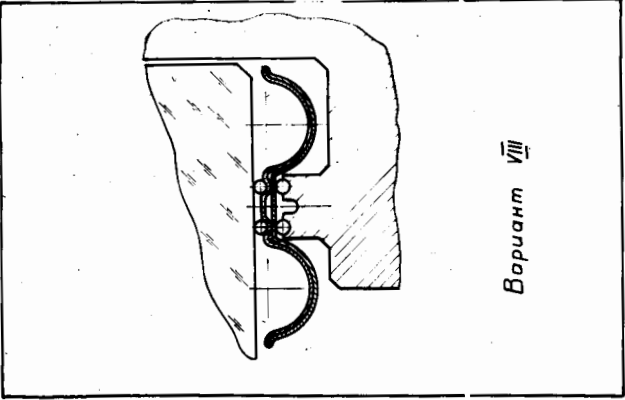
Конструкция значительно упрощается, если к рамке /1/ приварить диффранту /8/, уплотняемую по наружному контуру между корпусом камеры /3/ и фланцем /6/. При этом остается только два слоя индиевых прокладок, что примерно вдвое уменьшает необходимый ход разжимной прокладки. Это позволяет уменьшить диаметр гибких трубок и, следовательно, повысить давление в них, что требуется для увеличения усилия от прокладки, стоящей над стеклом.

Уменьшается трудоемкость изготовления, так как подкруется только две плоскости разреза и ниже требования к точности. Однако при разрыве надувного элемента обязательно смещается стекло. Его энергия, накопленная в результате работы сил давления в камере, должна быть погашена при ударе, равносильном падению стекла примерно с высоты 0,5 м. Одновременно может разуплотниться камера.

Кроме того, на индиевую прокладку, уплотняющую жидкий водород, действует переменное давление (повышенное при сбросе давления в камере). В других вариантах переменное давление действует на неответственные прокладки, расположенные над стеклом и работающие на границе вакуум-вакуум.

Обе эти причины требуют тщательной проверки работоспособности этого варианта, что не было сделано в нашей лаборатории за недостатком времени.

Вариант У111 интересен формой надувного элемента, но обладает рядом недостатков.



БИБЛИОГРАФИЯ:

- 1 *The Review of Scientific Instruments,*
vol. 30, № 10, p. 941, 1959
 - 2 *Annual Review of Nuclear Science,*
vol. 10, p. 129, 1960, Palo Alto, California, USA.
 - 3 Успехи физических наук, т. XLV, вып. 4, стр. 696, 1961
 - 4 *L'onde Electrique, vol. XXI, № 417, p. 1009, 1961*
 - 5 "Пузырьковые камеры" под редакцией Делоне Н.Б.,
Москва, 1963 г., стр. 247-249.
авторы: Александров Ю.А., Воронов Г.С. и др.
- В. Лебедев Р.М., Сайтов И.С. и др. "Модель надувного уплотнения для жидководородных пузырьковых камер с применением точечной сварки" /Отчет ОИЯИ/.

И С П Ы Т А Н И Я .

Как было показано выше, выбранная нами система уплотнения обладает рядом преимуществ по сравнению с применявшимися до сих пор. Необходимо было опытным путем проверить основные расчёты и предположения, сделанные в ходе разработки. Во-первых, было важно определить, обеспечивается ли вакуумная плотность на гибких поверхностях надувного элемента; и во-вторых - не приведет ли отсутствие сварного скрепления гибкой и жестких частей уплотнения к появлению недопустимо больших деформаций надувного элемента, которые могут возникать под действием давления в камере / $P_k = 6 + 7 \text{ ата}$ / и давления в самом элементе / $p_0 = 20 + 70 \text{ ата}$ /.

Целью испытаний было определение работоспособности новой системы в условиях, близких к рабочим условиям в камере.

Из-за опасности и неудобства работы с жидким водородом для охлаждения системы нами применялся жидкий азот, до температуры кипения которого производилось охлаждение / $T = 77^\circ\text{K}$ /. Опыт работы с жидководородными камерами подтверждает допустимость такой замены.

1. Кольцевая модель.

Ответ на первый вопрос был получен при испытаниях кольцевой модели уплотнения диаметром $\phi 500 \text{ мм}$. Для создания рабочих условий модель помещалась в приспособление и подключалась к испытательному стенду /рис. 1 и 1а/.

Стенд.

1. Система уплотнения в сборе с приспособлением, объем V_1 , герметизованной системой уплотнения - камерный объем.
2. Объем V_2 надувного элемента.

3, 4, 5, 6. Лампы АТ-2 для замера вакуума в "ловушках" V_3 .

V_4 , V_5 , V_6 .

7. Тервакуумный насос ВТ - 461.

8. Коллектор для откачки "ловушек".

9. Вакууметр ВТ - 2.

10. Электромагнитный клапан для осуществления цикла расширения-сжатия /быстрый сброс давления P_k в V_4 от 6 ата до 2 ата и последующий подъем давления до 6 ата/.

11. Резервуар для газообразного азота.

12. Теплоизолированная ванна, заполняемая жидким азотом.

13. Баллон со сжатым гелием для подачи давления в V_2 .

14. Газовый редуктор "РС-250-53".

15. Манометры.

16. Дюралевый имитатор стекла.

При испытаниях системы уплотнения, как модели, так и рабочего экземпляра, вместо дорогостоящего стекла применялся имитатор. Выбор материала для имитатора предусматривал примерное сохранение величины смещений деталей уплотнения относительно имитатора, происходящих при охлаждении до $T = 27^{\circ}K$. Таким требованиям отвечает дюраль, обеспечивая аналогичные смещения.

17. Крышка приспособления.

18. Днище приспособления.

19. Рамка.

20. Надувной элемент.

Приспособление.

Приспособление для модели /рис. 1а / состоит из крышки 17 и дна 18, изготовленных из стали 1Х18Н9Т и соединяемых при помощи болтов. В днище сосуда изготовлен выступ с канавками

под проволочки 21 из индия, на которые укладывается надувной элемент 20 с рамкой 19 и штатвором стекла 16.

Приспособление и стенд обеспечивали возможность:

производить откачку объемов V_1, V_2 и "ловушек" V_3, V_4, V_5 ,

во время испытаний и при определении качества сборки;

охлаждать собранное в ванне приспособление до $T = 77^\circ K$;

замерять вакуум в V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 и коллекторе ;

производить заполнение V_1 жидким азотом;

подавать рабочее давление в V_1 и в V_2 ;

замерять давление в V_1, V_2 и ресивере , а также

с помощью электромагнитного клапана и электронного блока

управления /на схеме не показан/ осуществлять цикл расширения-

-сжатия в объеме V_1 с периодом $T = 3-6$ сек. /При испытаниях кольцевой модели клапан в работу не включался/.

Замеры вакуума в V_3, V_4 и V_5 показали, что их герметизация

в охлажденном до $T = 77^\circ K$ состоянии наступает при

В то же время, $p_2 = 20-30$ атм. Герметизация V_4 и V_5 - объемов с разъемными

по гибкой поверхности - происходит регулярно при несколько более низком давлении в надувном элементе.

Заполнение объема V_1 жидким азотом не влияет на вакуум

в V_3, V_4 и V_5 , а подъем давления в V_1 до $6 + 6,5$ атм

ухудшает вакуум на $0,02 + 0,03$ мм рт.ст.

По мере увеличения давления в V_2 до $p_2 = 70$ атм вакуум

в "ловушках" улучшался от $2 \cdot 10^{-1} - 6 \cdot 10^{-1}$ при $p_2 = 20-30$ атм

до $1,2 \cdot 10^{-2} - 2,2 \cdot 10^{-2}$ при $p_2 = 60-70$ атм. Максимальный ва-

куум, полученный с включенным диффузионным насосом ЦВЛ-100 -

$1,1 \cdot 10^{-3}$ мм рт.ст. Вакуум в V_4 и V_5 регулярно был лучше

вакуума в других объемах.

При водимые в данном отчете значения вакуума

в "ловушках" определялись замером на коллекторе.

В ходе испытаний модели определялись также качество аргоно-дуговой сварки надувного элемента из тонкой листовой стали. ИКРНУТ, и влияние качества полировки поверхностей, смазочных индустриальных прокладок, на плотность этих разъемов. Были установлены максимальный ход надувного элемента, а также верхний предел давления p_3 , при которых еще не происходит заметных неупругих изменений формы сечения надувного элемента / т.е. не наступают пластические деформации в металле, из которого изготовлен элемент/. Давление оказывалось равным $p_3 = 70$ атм, а ход - 3 мм.

Вместе с тем, было очевидно, что испытания кольцевой модели не могли дать исчерпывающего представления о рабочей системе надувного уплотнения, детали которой значительно отличаются размерами и формой. Ввиду этого был изготовлен и испытан экземпляр рабочего варианта системы для 1-метровой камеры.

2. Рабочий вариант системы уплотнения 1-метровой водородной камеры.

Нами уже отмечалось, что одной из особенностей нового варианта системы уплотнения является отсутствие сварки гибкого надувного элемента с жесткой рамкой и связанное с этим понижение общей жесткости конструкции. При испытаниях было уделено большое внимание выяснению влияния этой особенности на работу уплотнения.

В рабочих условиях детали уплотнения подвергаются действию постоянного давления в надувном элементе и переменного внутрикамерного давления. Под действием первого возникает довольно сложные деформации надувного элемента: кроме деформации сечения /обеспечивающей раздавливание индустриальных прокладок и, соответственно, плотность разъемов/, давление, подаваемое

в свободном состоянии наддувной элемент, испытывает значительное изменение его общей конфигурации /см. рис. 2 и табл. #1/.

Такое изменение общей конфигурации элемента в камере недопустимо, так как, безусловно, вызвало бы потерю плотности в разъемах.

Было выяснено, что силы, вызывающие перемещение ΔL , зависят от деформации контура сечения элемента $1/\Delta L = F(\Delta h)$

/см. рис. 2/, и по своей природе аналогичны силам, действующим в пружинах Бурдона. Величина этих сил для наддувного элемента принятой формы сечения оказалась меньше величины сил трения между элементом и индусовой прокладкой, и перемещение ΔL , в конечном счете, отсутствует.

Чтобы устранить влияние внутрикамерного давления, рамка 19 /см. рис. 1б/ опирается на корпус камеры с помощью планок.

Применялась та же схема установки, что и в испытаниях модели /рис. 1/. Приспособление изображено на рис. 1б.

В дополнение к прежним условиям производилось включение цикла расширения-сжатия.

Результаты испытаний приводятся в таблице #2. Число непрерывно подаваемых циклов превышало $1 \cdot 10^4$ циклов.

В данном опыте была предусмотрена возможность замерять во время испытаний вакуум в V_3, V_4, V_5 и V_6 в точке, наиболее удаленной от места откачки и, таким образом, получать исчерпывающие данные о герметизации разъемов. На рис. 3 показан *характер* *близко к нулю* *характер* *зависимости* вакуума в "ловушках" и коллекторе от давления P_2 .

Необходимо подчеркнуть, что каждый раз после включения цикла расширения-сжатия наблюдалось заметное улучшение вакуума в "ловушках" и коллекторе. Этот эффект, очевидно, является результатом дополнительного затекания индия в неровности уплотняемых поверхностей под действием вибрации, которая воз-

контролем плотности по вакууму в "ловушках" - отепление до $0 + -30^{\circ}\text{C}$ - повторенке всего цикла. После того, как было осуществлено семь циклов герметизации, мы имели возможность продолжать испытания, так как не достигли еще предельного давления в надувном элементе. Запас по давлению составлял 20 атм, что, по нашему мнению, соответствует не менее, чем трём-четырёх циклам герметизации. Однако, за недостатком времени испытания на кратность были прекращены. Данные измерений приведены в таблице № 2.

В ходе испытаний на кратность была замечена более надежная способность к повторным уплотнениям разъемов с гибкой поверхностью. Плотность в них постоянно наступала при более низком давлении p_0 , а вакуум в "ловушках" V_4 и V_5 был, как правило, более высоким, чем в V_3 и V_6 .

В заключение необходимо сделать одно замечание, имеющее отношение к условиям, в которых проводились испытания.

Как известно, натекание в "ловушки" V_3 , V_4 и V_5 при работе системы уплотнения в камере происходит со стороны нижних прокладок, находящихся в контакте с жидким водородом. Остальные нижние прокладки, наружные по отношению к рабочему объёму камеры, разделяют объёмы, откачиваемые на вакуум, и, следовательно, натекание в "ловушки" со стороны этих прокладок отсутствует.

Система уплотнения испытывалась в таких условиях, что жидкий азот омывал все нижние прокладки. Натекание в "ловушки" происходило с обеих сторон.

В связи с этим можно ожидать, что при испытаниях в камере величина натекания в "ловушки" будет почти вдвое меньше, и вакуум в них соответственно более высоким.

никает при сбросе давления. В таблице №2 приведены усредненные данные испытаний для нескольких рабочих экземпляров уплотнения.

3. кратность уплотнения.

После того, как водородная камера завершает этап работы в пучке, из неё удаляют жидкий водород и она остывает.

Для проведения следующей экспозиции в пучке камера снова охлаждается и герметизируется. Индиевые прокладки при этом подвергаются дополнительному сжатию до момента появления плотности во всех разъёмах. Каждый очередной цикл герметизации может потребовать дополнительного сжатия индиевых прокладок и, следовательно, повышения давления в надувном элементе. По достижении предельного рабочего давления, обусловленного прочностью надувного элемента, индиевые прокладки должны быть заменены новыми. Число циклов герметизации, которое обеспечивается системой уплотнения до замены индиевых прокладок, - иначе говоря, кратность уплотнения, - является очень важной характеристикой систем уплотнения жидководородных /и других низкотемпературных/ пузырьковых камер. Это определяется высокой сложностью и большой трудоёмкостью полной разборки камеры, которую необходимо производить для каждой замены индиевых прокладок. Согласно / 1 / кратность уплотнения в 79-й домовой камере Е.Альвареса в начальный период её работы была равна трём.

Рабочий экземпляр системы уплотнения 1-метровой камеры подвергался испытаниям на кратность при температуре жидкого азота. Эти испытания проводились в такой последовательности: охлаждение - герметизация - заполнение "камерного" объема жидким азотом - повышение давления до 6 + 7 атм - работа в цикле расширения-сжатия / 1000 + 1500 циклов/ с одновременным

Выводы.

Испытания новой системы уплотнения определяли её хорошую работоспособность.

1. Получен положительный ответ на вопрос о возможности применения системы с вакуумными разъёмами по гибкой поверхности надувного элемента. Неоднократные испытания модели и рабочего варианта уплотнения показали, что герметизация таких разъёмов обеспечивается более надёжно, чем герметизация разъёмов на имитаторе стекла.
2. "Бурдошовские" деформации надувного элемента, возникающие при смятии индиевых прокладок, не оказывают отрицательного влияния на работоспособность данной системы уплотнения, так как они полностью скомпенсированы действием сил трения.
3. Колебания внутрикамерного давления в процессе цикла расширения-сжатия не вызывают ухудшения вакуума в "ловушках"; наоборот, установлено, что они способствуют его улучшению.
4. Испытания на кратность показали хорошую способность данной системы к повторным уплотнениям. Благодаря этому качеству, эксплуатационный персонал будет производить меньше разборок камеры для замены индиевых прокладок.

В ходе конструирования и испытаний были выработаны основные характеристики работы системы уплотнения. Эти характеристики, позволяющие дать сравнительную оценку работе системы, приведены в таблице № 3.

Испытания рабочего варианта уплотнения 1-метровой камеры подтвердили наличие в нём ожидавшихся достоинств.

Данная система рекомендована и принята как основной рабочий вариант системы уплотнения большого стекла ^{также и для} 2-метровой индководородной камеры, сооружаемой в настоящее время в О.И.Я.И.

Библиография:

- 11/ *The Review of Scientific Instruments*, vol 30, w10, p.941, 1959
- 12/ А.Б.Андреева "Упругие элементы приборов", стр.349
Известия 1962г.
- 13/ Успехи физических наук, т. LXXIV стр.595, 1961г.
- 14/ *L'onde Electrique*, vol. XL1, w417, p.1009, 1961

Подписи:

..... / Р.М.Лебедев /
 / И.С.Самтов /
 / Е.П.Устенко /
 / Ю.А.Шинков /

.....196 г.

Схема испытательного стенда.

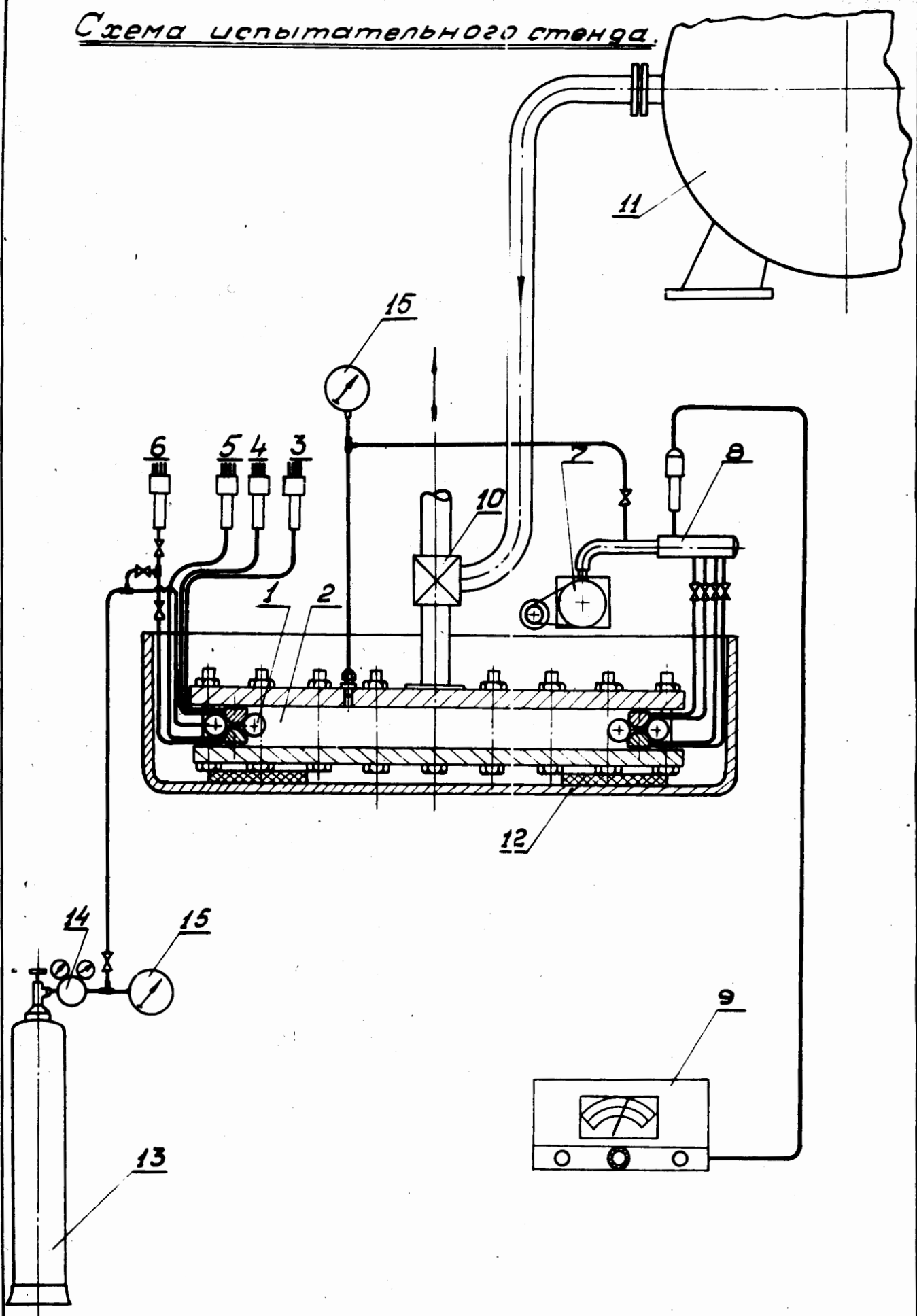
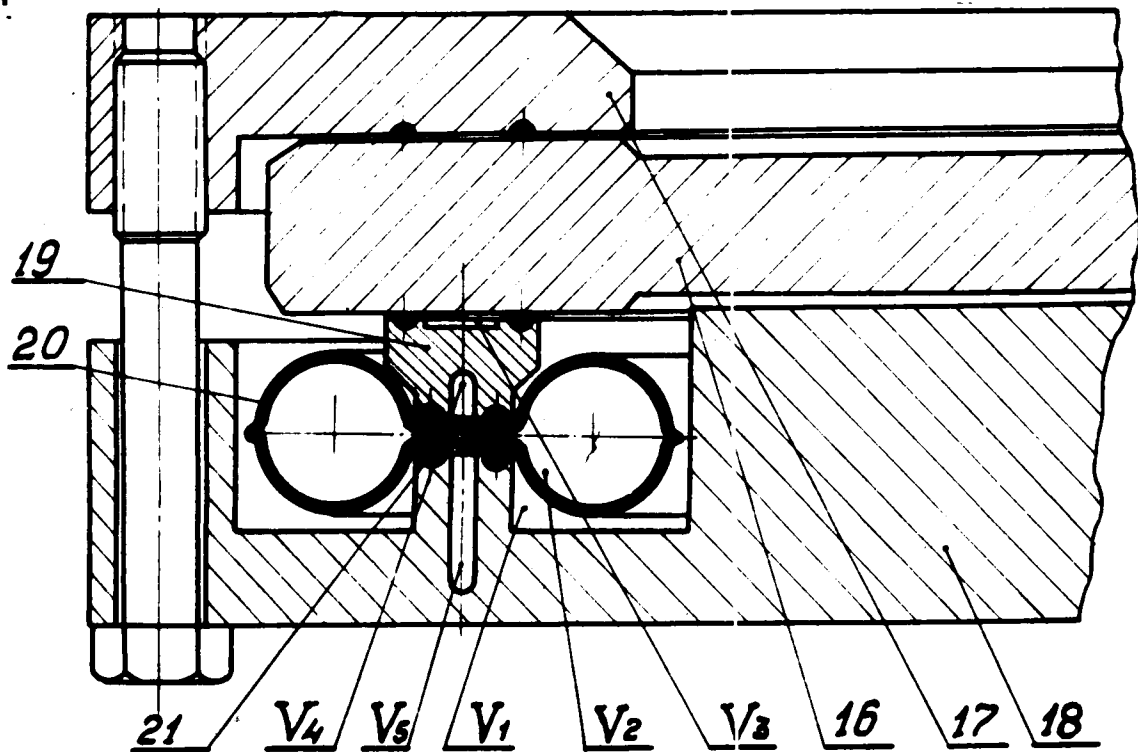
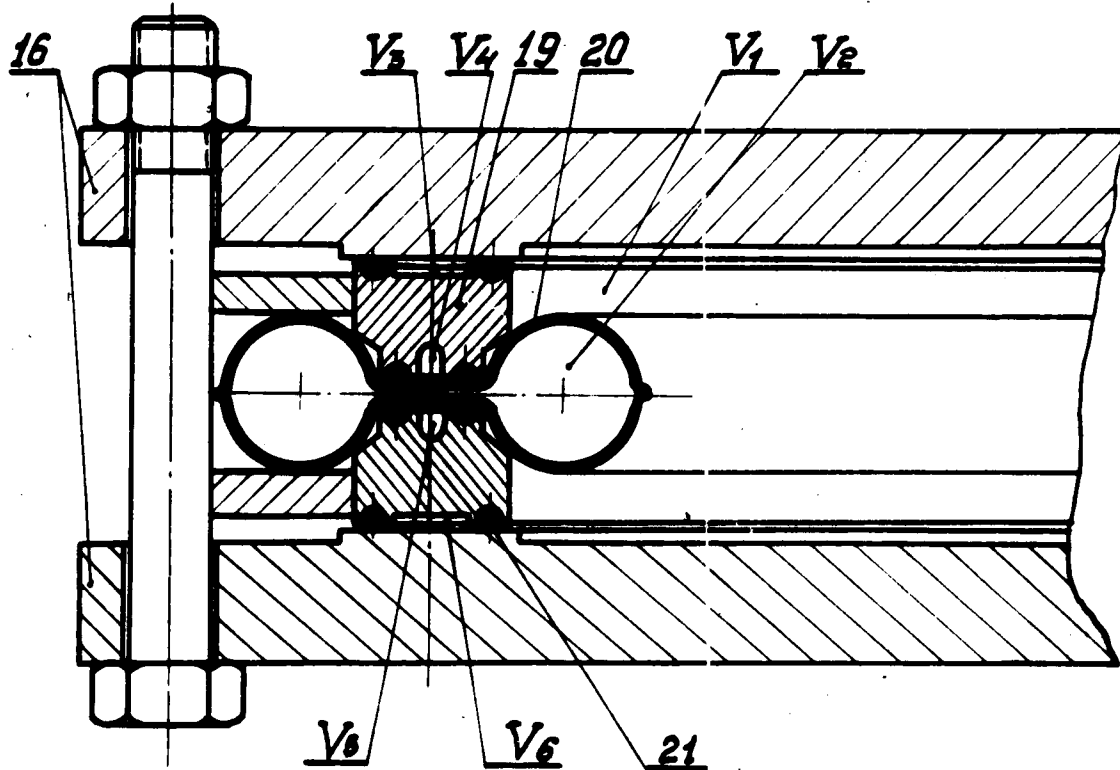


Рис. 1.



Приспособление для испытаний модели.

Рис. 1а



Приспособление для испытаний рабочего варианта системы уплотнения 1-метровой камеры.

Рис. 1б.

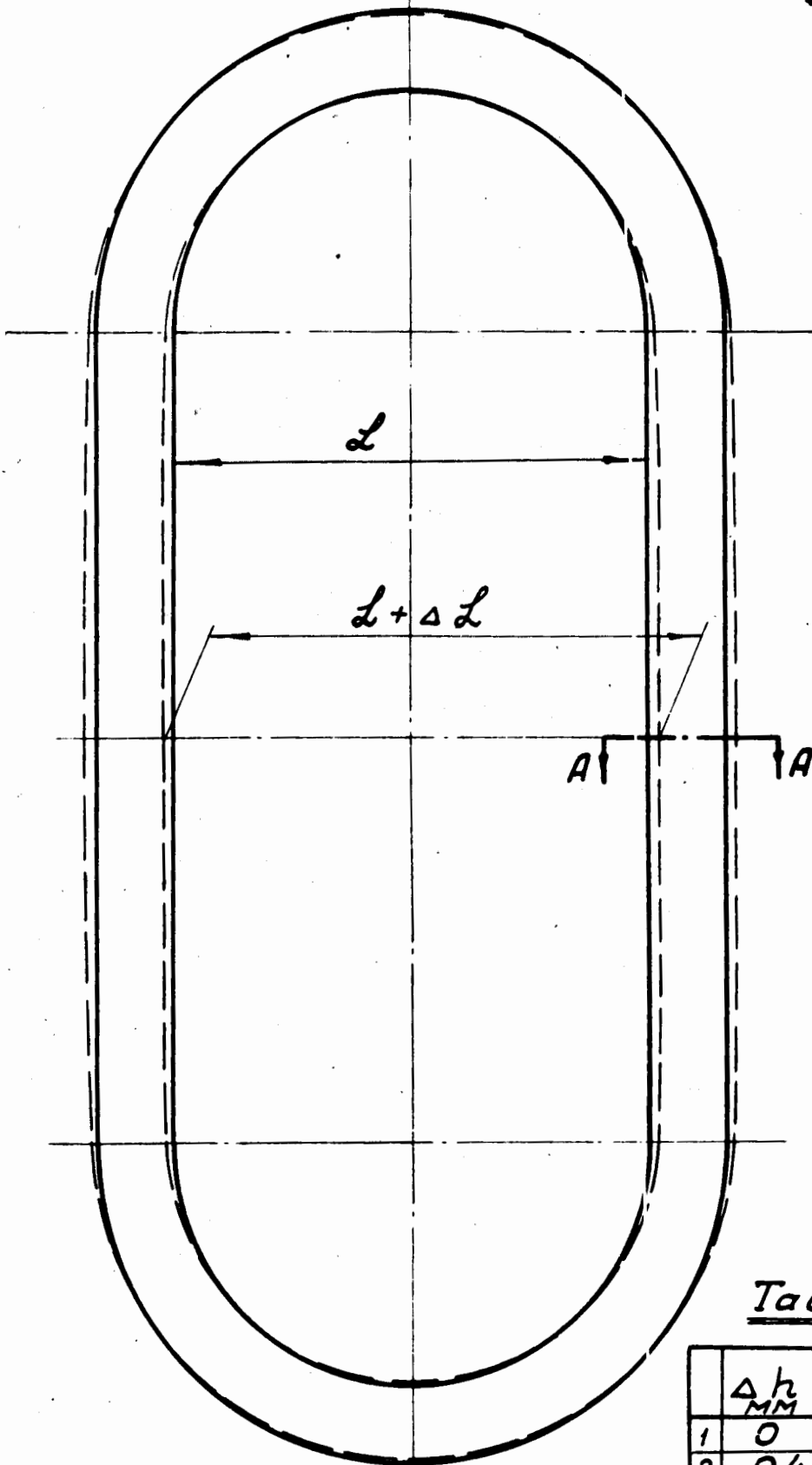
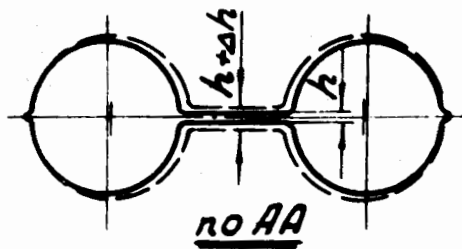


Таблица № 1

	Δh мм	ΔL мм	Ротн	L мм
1	0	0	0	343.4
2	0.4	0.3	1.0	
3	1.3	0.8	2.0	
4	2.1	1.2	3.0	
5	3.5	1.7	4.0	

Перемещение ΔL в зависимости от деформации сечения Δh надувного элемента.

Рис. 2.

Изменение вакуума
при повышении давления P_3 .
(показательная зависимость).

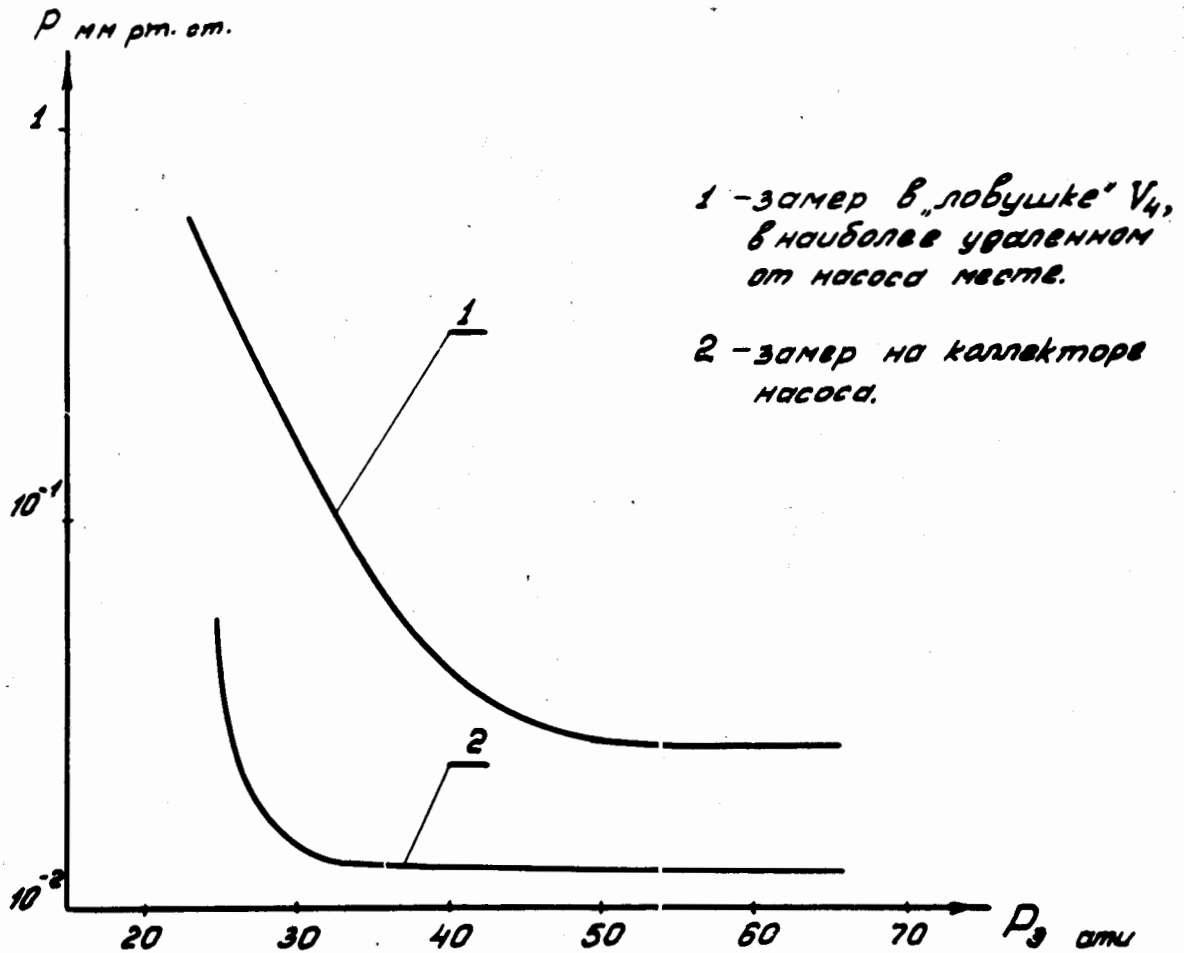


Рис. 3

Таблица №3

	Система уплотнения	
	72* дюйм. камеры Альварца ⁽¹⁾	1-метровой камеры ЛВЭ ОИЯИ ⁽²⁾
Вакуум в "ловушках"	от 1,0 до $1 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст.	от $3,5 \cdot 10^{-1}$ до $\sim 1,0 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст.
Кратность уплотнения	3	больше 7-ми
Максимально допустимое давление P_2	50 ати	70 ати
Минимальное давление P_2 герметизации разъемов	30 ати	20÷30 ати
Диаметр индиевых проволочек	3,8 мм	3,0 мм
Максимальный ход	4,06 мм	3,66 мм
Испытательное давление (при $T=77^{\circ}K$)	56 ати	120 ати

(1) Данные, опубликованные в (1) после начального периода работы камеры.

(2) ~~Отчет ОИЯИ №~~ Данная работа.

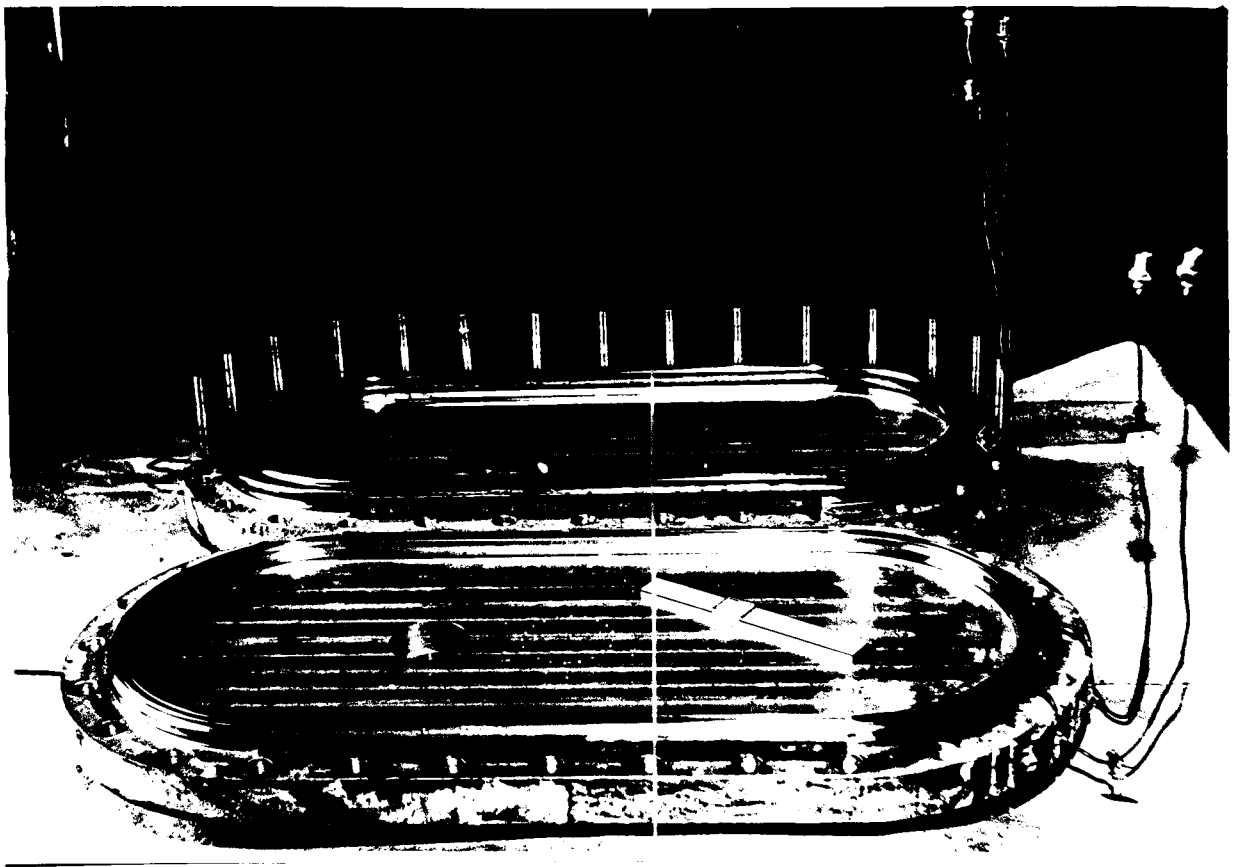


Фото 2.

Детали уплотнения 1-мет-
ровой камеры и плиты для
испытаний.

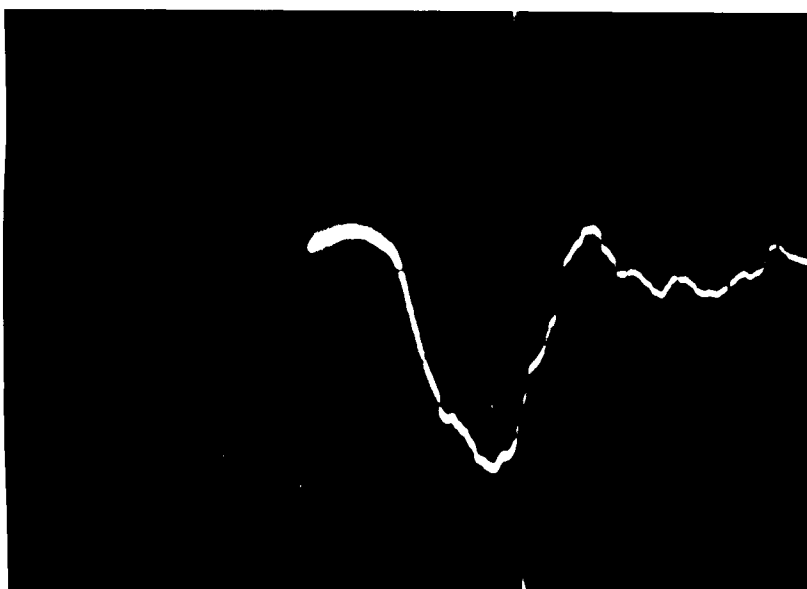


фото 1

Кривая изменения давления в объеме V_1 при испытании системы уплотнения 1-метровой камеры.

Масштаб: по оси абсцисс — 1 мсек в 1 мм,
по оси ординат — 0,2 атм в 1 мм.