

14
А46



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Г.М. Александров, О.А. Займидорога, М.М. Кулюкин, В.П. Пешков,
Р.М. Суляев, А.И. Филиппов, В.М. Цупко-Ситников, Ю.А. Щербаков

1289

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕЛИЯ-3 ДЛЯ НАПОЛНЕНИЯ
ДИФфуЗИОННОЙ КАМЕРЫ
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

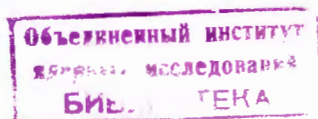
Тр. ИЯЭ, 1964, № 1, с. 69-75

Г.М. Александров, О.А. Займидорога, М.М. Кулюкин, В.П. Пешков,^{х)}
Р.М. Суляев, А.И. Филиппов, В.М. Цупко-Ситников, Ю.А. Шербаков

1289

1942/3 48

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕЛИЯ-3 ДЛЯ НАПОЛНЕНИЯ
ДИФФУЗИОННОЙ КАМЕРЫ
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ



х) Институт физических проблем АН СССР.

В в е д е н и е

При исследовании захвата отрицательных μ - и π -мезонов ядрами He^3 /1-3/, проводившегося при помощи диффузионной камеры высокого давления в магнитном поле, нам пришлось столкнуться с решением ряда специфических задач. Они диктовались двумя обстоятельствами. Во-первых, имевшийся в нашем распоряжении гелий-3 содержал $\approx 0,1\%$ трития, в то время как для нормальной работы диффузионной камеры примесь трития должна быть порядка 10^{-15} . Во-вторых, мы располагали ограниченным количеством гелия-3 и должны были обеспечить эффективное использование его и сохранение в процессе длительных экспериментов. Конкретно, необходимо было решить следующие задачи: очистить гелий-3 от трития до необходимой степени чистоты; создать конструкцию камеры и установку для ее наполнения, которая обеспечивала бы наиболее полное использование гелия-3, позволяла бы наполнять камеру до давления 20 атм и проводить эвакуацию газа без потерь и загрязнений. Наконец, условия эксперимента обязывали предусмотреть возможность непрерывной работы камеры в течение 500-600 часов.

Ниже описывается метод очистки гелия-3 от трития, а также комплекс аппаратуры, при помощи которого были решены указанные задачи.

О ч и с т к а $He-3$

В зависимости от целей, для которых предназначается гелий-3, очистка его от трития ведется до разной степени чистоты. Например, для криогенных работ достаточно провести очистку до 10^{-8} , т.е. сделать газ радиационно безопасным. Для спектрометрических целей нужен газ более чистый: 10^{-10} - 10^{-11} , для экспериментов с камерой Вильсона (при давлениях 1-2 атм) - 10^{-12} и, наконец, для наполнения диффузионной камеры (при давлении около 20 атм) - 10^{-15} . К настоящему времени предложено несколько методов очистки гелия-3 от трития. Так, например, в работе /4/ изложен метод очистки путем конденсации гелия-3 с последующим испарением его при температуре $\approx 1,2^{\circ}K$. Таким методом после повторного проведения очистки концентрация трития в газе была уменьшена до 10^{-10} . Эллиот /5/, учитывая опыт работы Моррисона и Вильсона, применил для очистки гелия-3 от трития метод поглощения трития на активированном уране. Для этого он пропускал в течение 6 часов через активированную урановую ловушку газ, смешанный с водородом (500 см^3 на 10 л. He^3). Лучшим результатом, полученным этим методом после четырехкратной очистки (для небольшого количества газа $\approx 1 \text{ л}$), было уменьшение концентрации He^3 до $1,5 \cdot 10^{-12}$. Из рассмотрения изложенных выше работ видно, что при использовании предложенных методов нет оснований надеяться на получение достаточно чистого газа, пригодного для наполнения диффузионной камеры.

Нами для очистки гелия-3 от трития был применен метод конденсации He^3 с последующим испарением его при температуре $\approx 1,2^{\circ}K$. Для получения необходимой степени

чистоты He^3 цикл очистки повторялся четыре раза, причем перед началом ожижения, начиная со второго цикла, в очищаемый газ добавлялось небольшое количество водорода ($\approx 0,005\%$). При этом мы опирались на тот факт, что после первой стадии очистки, когда исходный газ имел значительную примесь водородной компоненты, содержание трития понизилось приблизительно на семь порядков. Добавление водорода, по-видимому, способствовало образованию достаточно крупных кристаллов твердого водорода, которые менее подвержены уносу потоком испаряющегося газа, а также, благодаря наличию изотопного обмена, улучшало условия очистки. Исходный газ содержал до $0,1\%$ H^3 и $0,5-1\%$ примесей водорода дейтерия, азота, кислорода и аргона. С целью повышения степени очистки был применен ряд дополнительных мер, о которых говорится ниже. Очистка гелия-3 производилась по схеме, изображенной на рис. 1.

Газ, подлежащий очистке, из баллонов C_1 через угольную ловушку Л, охлаждаемую жидким азотом, и эмеевик поступал в тонкостенный цилиндрический сосуд А из красной меди. Сосуд А и эмеевик помещались в криостат с жидким He^4 . За счет откачки паров He^4 из криостата в нем поддерживалась температура $\approx 1,2^\circ K$. Ожижение He^3 происходило в эмеевике, откуда он стекал по сифонной трубке в сборник А. Конец сифонной трубки доходил почти до дна пальцевидного отростка на нижней части сосуда. Таким образом создавался гидравлический затвор, который препятствовал проникновению неочищенного газа в сосуд А. В верхней части сборника имелся фильтр из металлической стружки, предназначенный для того, чтобы кристаллы твердого водорода не могли быть унесены потоком газа. После ожижения достаточного количества газа (заполнение сосуда А на $2/3$) и понижения температуры до $1,2^\circ K$ начиналась откачка чистого He^3 герметичным форвакуумным насосом и нагнетание его в баллоны C_2 . В дальнейшем производилось одновременное ожижение исходного газа и откачка чистого. В течение всего процесса очистки осуществлялся контроль по балансу газа за количеством жидкого гелия-3 в сосуде А. Для контроля давления газа использовались ртутные манометры M_1 , M_2 и M_3 . Обращалось особое внимание на чистоту отдельных элементов установки, т.е. обеспечивались условия, исключающие загрязнение очищенного газа. С целью повышения степени очистки откачка первой порции газа ($1-2$ л) производилась в отдельный баллон, таким же образом поступали и на заключительной стадии процесса ($5-10$ л). Такая мера позволяла отделить He^3 , прошедший эмеевик в газовой фазе (содержащий в $50-100$ раз больше трития чем газ, полученный от испарения жидкого He^3), от чистого газа и получить основное количество He^3 более высокой степени чистоты.

Скорость проведения процесса в установившемся режиме составляла $30-40$ л/час. После проведения первой очистки в ожижителе собиралось значительное количество трития, который по мере отогревания ожижителя откачивался через вентиль в активированную урановую ловушку.

Для контроля за степенью очистки He^3 от трития на промежуточных стадиях процесса применялся гейгеровский счетчик. После первой стадии очистки счетчик наполнялся He^3 , прошедшим очистку. В дальнейшем (из-за малой концентрации трития в газе) для анализа использовалась водородосодержащая компонента, собранная со всего количества газа, подвергнувшегося очистке. Зная концентрацию трития в водородосодержащей компоненте, можно

было определить содержание трития в газе, подвергавшемся очистке. Определение чистоты газа после заключительной стадии очистки производилось путем непосредственного наблюдения числа распадов трития в чувствительном объеме диффузионной камеры. После первой стадии очистки концентрация трития составляла $8 \cdot 10^{-10}$ в газе, полученном путем испарения из жидкой фазы, и $2 \cdot 10^{-8}$ в газе, прошедшем очистку в газовой фазе. После четырехкратной очистки степень чистоты He^3 по тритию была лучше 10^{-15} .

Для сбора и хранения гелия-3 использовались сварные баллоны из нержавеющей стали, снабженные сильфонными вентилями. Перед заполнением баллоны обезжизнялись и обезгаживались путем откачки их при нагретом корпусе. Затем они промывались несколько раз водородом.

После завершения работы по исследованию процессов образования мезоатомов в смеси $\text{He}^3 + \text{H}_2^{1/6}$ (содержание He^3 было около 30% по объему) необходимо было разделить гелий-3 и водород. Эта задача была решена путем выжигания водорода из смеси, которая пропусклась через нагретую до температуры $400-500^\circ\text{C}$ окись меди (где водород окислялся за счет восстановления окиси меди). Затем смесь паров воды и He^3 пропусклась через систему фильтров, где она освобождалась от паров воды. Контроль степени разделения осуществлялся по балансу гелия-3. Содержание водорода в гелии-3 после разделения не превышало 0,3% (верхняя граница, определенная по точности метода контроля).

Диффузионная камера

Имевавшаяся в нашем распоряжении диффузионная камера ДК-2^{17/} не удовлетворяла предъявляемым требованиям. Поэтому была проведена ее реконструкция, касавшаяся в основном внутренних элементов камеры. Внутри несущей силовую нагрузку оболочки была помещена герметичная камера. Конструкция камеры показана на рис. 2.

На дне камеры 1, представляющем собой медный диск, покрытый черным бархатом, устанавливался на резиновой прокладке стеклянный цилиндр 2 с внутренним диаметром 300 мм, высотой 100 мм и толщиной стенок 4-6 мм. Для изготовления цилиндра использовалось бескальциевое стекло с тем, чтобы избавиться от фоновых электронов, основным источником которых является K^{40} . Стеклянный цилиндр прижимался ко дну камеры через опорный цилиндр 3 фланцем 4. Фланец, в свою очередь, болтами прикреплялся к корпусу внешней оболочки. С целью сохранения надежности уплотнений при охлаждении камеры и обеспечения равномерной передачи нагрузки на стеклянный цилиндр давление с болтов на фланец передавалось через цилиндрические пружины 5. Опорный цилиндр сверху закрывался кварцевым диском 6 толщиной 10 мм и прижимался фланцем 8. Над диском был смонтирован электрический нагреватель 10, который позволял избежать конденсации паров спирта на стекле. Снаружи, в проточке опорного цилиндра, размещался электрический нагреватель 9, служивший для поддержания заданной температуры источника пара. Внутри камеры, на изоляторах, был подвешен кольцевой электрод 7 с закрепленной в нем по диаметру тонкой нитью для создания очищающего электрического поля. В опорный цилиндр были впаены две медные трубки, с помощью которых камера имела выход наружу через промежуточный колпак наружной оболочки.

В качестве источника пара использовались фитили 11, опущенные в углубление на дне камеры /8/. В верхней части камеры фитиль развивался по всему периметру опорного цилиндра. Для уменьшения отражения света сторона фитиля, обращенная внутрь камеры, покрывалась черным бархатом. Метилловый спирт, наливаемый на дно камеры, поднимался под действием капиллярных сил по фитилю и затем, испаряясь, диффундировал в объем камеры. При применении такого варианта источника пара отпадает необходимость в периодическом добавлении спирта и контроле за его уровнем.

В дне камеры, опорном цилиндре и на верхнем стекле закреплялись термодатчики, предназначенные для измерения температуры в указанных точках камеры. При выбранном тепловом режиме камеры (температура дна - 65°C , температура источника пара $+10^{\circ}\text{C}$) чувствительный слой имел высоту 6,5-7 см и начинался почти у стенок стеклянного цилиндра. Чувствительный объем составлял 45% от всего объема камеры.

Камера, имевшая объем ≈ 11 литров, заполнялась гелием-3 до давления 20 атм. Наружная оболочка заполнялась очищенным водородом. Внутренняя камера была рассчитана на перепад давления 1 кг/см^2 . Рабочий перепад давления поддерживался на уровне $\approx 0,25 \text{ кг/см}^2$. При избытке давления снаружи камера дополнительно самоуплотнялась и таким образом исключалась возможность попадания гелия-3 в наружный объем за счет утечки газа. Водород для заполнения несущей оболочки был выбран потому, что он обеспечивал хороший теплообмен между камерой и внешней оболочкой. Кроме того, в случае протекания водорода во внутренний объем (в небольших количествах) он не мог исказить результаты эксперимента. И, наконец, в случае разрыва камеры и смешивания водорода с гелием-3 можно было сравнительно легко произвести их разделение. Для предотвращения обмерзания осветительных окон водород тщательно очищался от паров воды и масла.

Управление работой камеры осуществлялось с помощью описанной в работе /7/ аппаратуры, подвергшейся небольшим изменениям. В частности, было применено опережение снятия очищающего электрического поля для локализации фоновых следов, образовавшихся за 1-2 сек до момента прохождения мезонов через камеру. Импульсы управления ускорителем были синхронизованы с импульсами от фотодатчика ускорителя. Число этих импульсов подсчитывалось с помощью коммутаторного декатрона и могло регулироваться от 1 до 20. Для контроля за правильностью работы исполнительных элементов установки была применена дополнительная схема, сигнализирувавшая о всех отклонениях от нормального режима. Контролировалась заданная последовательность операций, как-то: наличие запускающего импульса на ускоритель, срабатывание импульсных ламп, перетяжка пленки в фотоаппарате, а также наличие магнитных полей в магните-соленоиде с размещенной в нем камерой, отклоняющем магните и наличие величины перепада давления в камере в заданном интервале. Для визуального наблюдения за работой камеры применялся стробоскопический режим работы импульсных ламп с питанием их от сети переменного тока /9/ через трансформатор.

Фотографирование камеры производилось с расстояния 475 мм стереофотоаппаратом с базой 120 мм (объективы "Юпитер-12") на 35 мм пленку "Панхром X". Для освещения камеры использовались два осветителя, оснащенные иммерсионными линзами, что позволило увеличить к.п.д. осветителя (при использовании ламп ИФП-500, напряжении 1,4 кв и емкости конденсатора 80 мкф относительное отверстие объективов - 1:8).

На рис. 3 приведена схема установки для наполнения камеры гелием-3 и его эвакуации.

Гелий-3 из баллонов 5 и 6 с помощью герметизированного форвакуумного насоса H_1 , подавался в балластный объем первой ступени компрессора, откуда он нагнетался через ртутную/ L_3 /и угольную/ L_2 /ловушки, предназначенные для поглощения паров ртути и масла, в камеру. Давление гелия-3 на входе насоса H_1 поддерживалось на уровне 15 мм H_g . Параллельно с заполнением внутреннего объема камеры во внешний объем поступал водород. Камера наполнялась таким образом, чтобы во внешнем объеме был избыток давления порядка 0,1-0,2 атм. Перепад давления контролировался с помощью дифференциального манометра IV. Дифференциальный манометр представлял собой обычный мановакуумметр с трубкой Бурдона, заключенной в герметичный кожух с плексигласовым окном, рассчитанным на работу при давлении до 25 атм. Манометр был снабжен сигнальными контактами, установленными таким образом, чтобы они замыкались при перепаде давления выше установленной нормы.

На случай аварийной ситуации (например, разрыв внутреннего стеклянного цилиндра, значительная течь во внешней оболочке и т.д.) был предусмотрен аварийный сброс газа в предварительно откачанные баллоны 1, 2, 3 и 4. Объемы этих баллонов рассчитаны так, что могут вместить весь газ как из внутренней камеры, так и из внешнего объема (в случае их соединения в результате аварии).

Нормальная эвакуация газа из камеры производилась через ловушку L_1 , охлаждаемую смесью сухого льда и спирта. В ловушке L_1 газ освобождался от большей части паров метилового спирта, а затем пропусклся через ловушку L_2 , где задерживались остатки спирта. Газ самотеком перетекал в баллоны 5 и 6, а остаток газа из камеры выкачивался с помощью форвакуумного насоса H_1 . После закрытия баллонов 5 и 6 газ из системы закачивался в герметизированный насос H_2 , где и хранился до последующего использования.

При транспортировке и длительном хранении гелий-3 находился в баллонах под давлением ниже атмосферного с тем, чтобы исключить значительные потери газа в случае возникновения течи.

В установке использовался форвакуумный насос H_1 обычной конструкции производительностью 250 л/мин (итальянской фирмы *Officine galileo*, тип V2h). Для возможности работы с He^3 сальник вала насоса запитывался маслом от отдельного резервуара, расположенного над насосом 10^3 (отверстие, соединявшее сальник с внутренней полостью насоса, перекрывалось). Таким образом обеспечивалась герметичность насоса со стороны приводного вала. При проверке герметичности насоса с помощью гелиевого течеискателя натекание обнаружено не было. Давление в предварительно откачанном до 0,1 мм H_g насосе за месяц повышалось примерно до 2 мм H_g (6 см³ газа). Это повышение давления, по-видимому, связано с газовыделением масла (имитация натекания). За период 6 месяцев повышение давления доходило до 5 мм H_g (15 см³). Тем не менее, насос H_1 мог считаться надежно герметичным только ограниченное время при условии постоянного наблюдения за уровнем масла в резервуаре, питающем сальник. Поэтому он использовался только для перекачки,

но не для хранения газа. Насос H_2 производительностью 70 л/мин имел индукционный привод и являлся абсолютно герметичным. В схеме установки насосы H_1 и H_2 были включены последовательно, что позволило нам сократить число элементов установки (манометры и вентили). При таком включении насос H_1 применялся для перекачки газа, а насос H_2 в основном для хранения гелия-3, собираемого из системы после окончания закачки газа в баллоны 5 и 6. Производительностью насоса H_1 , в конечном итоге, лимитировалось время наполнения камеры. Мы не могли повысить производительность насоса за счет увеличения давления газа на входе, что привело бы к значительному увеличению количества масла, нагнетаемого в систему, и создало бы дополнительные трудности.

При монтаже установки использовались сильфонные вентили с проходным отверстием 4 мм. Вентили располагались таким образом, чтобы при длительном запираии газа сильфон не нес нагрузки (на схеме стрелками указано направление запорной иглы). Образцовые манометры-I и II, дифференциальный манометр-IV, образцовые вакууметры-III, V, VII и IX, ртутный манометр-VI, а также манометр сопротивления (ЛТ-4М) служили для контроля за герметичностью системы и количеством He^3 .

Для компримирования газа в первых опытах использовался ртутный насос Теплера (рассчитанный на давление 25 атм). Он представлял собой два сообщающихся сосуда- C_1 и C_2 из нержавеющей стали, соединенных между собой через вентиль. Верхний сосуд имел сверху сужающийся конус (для сокращения "мертвого" объема) и был снабжен стеклянным указателем уровня жидкости. В качестве рабочей жидкости применялась ртуть (для предохранения элементов установки от действия паров ртути сверху был налит слой силиконового масла).

В дальнейшем для целей компримирования гелия-3 применялся разработанный нами герметичный двухступенчатый компрессор КГЛ производительностью 210 л/час (при давлении всасывания 1 атм), рассчитанный на сжатие газа до 25 атм. На рис.4 он изображен в разрезе. В данном компрессоре сжатие газа осуществлялось плунжером, через ртуть, благодаря чему достигалось абсолютное уплотнение рабочих объемов компрессора. Он представляет собой горизонтальный двухступенчатый тип компрессора с оппозитным расположением ступеней. Первая 1 и вторая 2 ступени компрессора смонтированы на общей плите 3. В горизонтальных расточках ступеней осуществляется возвратно-поступательное движение плунжеров 4 и 5. Плунжеры жестко соединяются между собой рамкой 6, которая охватывает эксцентрик 7. Возвратно-поступательное движение плунжеров, имеющих ход 50 мм, достигается благодаря вращению эксцентрика. Эксцентрик выполнен в виде шарикоподшипника, насаженного на колено составного коленчатого вала. Благодаря такой конструкции эксцентрика, удалось уменьшить угол давления между эксцентриком и закаленной пластинкой рамки почти до нуля. Это, в свою очередь, позволило уменьшить удельное давление, оказываемое плунжерами на бронзовые втулки 8 и 9, а также на втулки 10 и 11 из фторопласта-4, что гарантирует надежную и долговечную работу компрессора. Движение плунжеров осуществляется по синусоидальному закону; компрессор работает плавно, без ударов.

В вертикальные расточки первой и второй ступени залита ртуть^{/11/}, играющая роль уплотняющего тела. Ртуть в своем нижнем положении имела уровень на 10 мм выше верхней

образующей плунжеров, благодаря чему достигалась надежная герметизация камеры сжатия, из которой газ не может утечь в атмосферу через горизонтальные расточки. Подсос воздуха из окружающей среды в первую ступень также исключался, несмотря на то, что разрежение в ней может достигать 500 мм рт.ст. Уплотнение плунжеров осуществлялось кожаными манжетами 12 и 13. Уплотнение вертикальных расточек достигалось кольцами 14 и 15 из фторопласта-4, которые поджимались клапанными крышками 16 и 17. Таким образом достигается полная герметизация внутренних рабочих плоскостей компрессора от окружающей среды.

Для предупреждения всплесков ртути при ее движении в вертикальных расточках скорость плунжеров выбрана небольшой (36 циклов в мин.). Вращение эксцентрика осуществлялось асинхронным электродвигателем мощностью 1 квт через червячный редуктор. За время эксплуатации компрессора утечек гелия-3 или подсоса воздуха обнаружено не было.

Заключение

Применение описанного выше метода очистки He^3 позволило получить газ необходимой чистоты ($\frac{H^3}{He^3} < 10^{-15}$). Потери газа в процессе очистки составляли 1,3%.

Установка с диффузионной камерой, наполненной He^3 , экспонировалась на пучках мезонов синхроциклотрона ОИЯИ. Было проведено несколько экспозиций, причем некоторые из них продолжались непрерывно ≈ 500 часов. При использовании в первых опытах для компримирования газа насоса Теплера наполнение камеры продолжалось 11 часов. В дальнейшем, благодаря применению компрессора КГЛ, это время было сокращено на 5 часов. Установка, предназначенная для наполнения камеры He^3 и его эвакуации, позволяла надежно работать с He^3 , причем потери газа при каждой экспозиции не превышали 0,1%. Потери газа определялись диффузией гелия-3 через прокладки, поглощением газа в угольной ловушке и невозможностью полной эвакуации объемов до высокого вакуума при низкой температуре отдельных элементов системы. Установка показана на рис. 5.

Авторы выражают глубокую благодарность В.П.Джелепову, Л.И.Лapidусу за интерес к работе, К.А.Байчеру и С.Ф.Малышевой за помощь в изготовлении установки В.В.Кузнецову за предоставление аппаратуры и помощь при определении концентрации трития в газе. Монтажные работы были проведены А.Г.Жуковым, П.Е.Лайковым, Н.В.Лебедевым, В.И.Ореховым, В.Ф.Поенко, А.Г.Потехиным и А.И.Чернецким, за что пользуемся случаем выразить им свою благодарность.

Нам особо хотелось бы выразить свою благодарность Б.Понтекорво за обсуждения и активную помощь на всех этапах выполнения настоящей работы.

Л и т е р а т у р а

1. О.А.Займидорога, М.М.Кулюкин, Б.Понтекорво, Р.М.Суляев, А.И.Филиппов, В.М.Цупко-Ситников, Ю.А.Щербаков. ЖЭТФ, 41, 1804 (1961).
2. О.А.Займидорога, М.М.Кулюкин, Б.Понтекорво, Р.М.Суляев, И.В.Фаломкин, А.И.Филиппов, В.М.Цупко-Ситников, Ю.А.Щербаков. ЖЭТФ, 43, 355 (1962).

3. I.V.Falomkin, A.I.Filippov, M.M.Kulyukin, B.Pontecorvo, Yu.A.Scherbakov, R.M.Sulyaev, V.M.Турко-Ситников, Ю.А.Займидорога. Proc. of the 1962 Ann. Intern. Conf. on High-Energy Physics at CERN, 14 (1962) Geneve.
4. E.R.Hason, H.H.Otsuki, L.Passel, W.H.Lien and N.E.Phillips, Rev. Sci. Instr. 30, 591 (1959).
5. M.J.W.Elliot, Rev. Sci. Instr. 31, 1218 (1960).
6. О.А. Займидорога, М.М. Кулюкин, Р.М. Суляев, А.И. Филиппов, В.М. Цупко-Ситников, Ю.А.Щербаков. Препринт ОИЯИ, Р-1168, Дубна, 1963. ЖЭТФ (в печати).
7. М.С.Козодаев, М.М.Кулюкин, Р.М.Суляев, А.И.Филиппов, Ю.А.Щербаков. ПТЭ, 6, 47 (1958).
8. В.К. Ляпидевский. Авторское свидетельство № 100, 754 (1952).
9. И.С. Маршак. ПТЭ, 5, 1 (1957).
10. H.A.Reich and R.L.Garwin. Rev. Sci. Instr. 30, 7 (1959).
11. F.J.Edeskuty. Rev. Sci. Instr., 28, 142 (1957).

Рукопись поступила в издательский отдел
4 мая 1963 г.

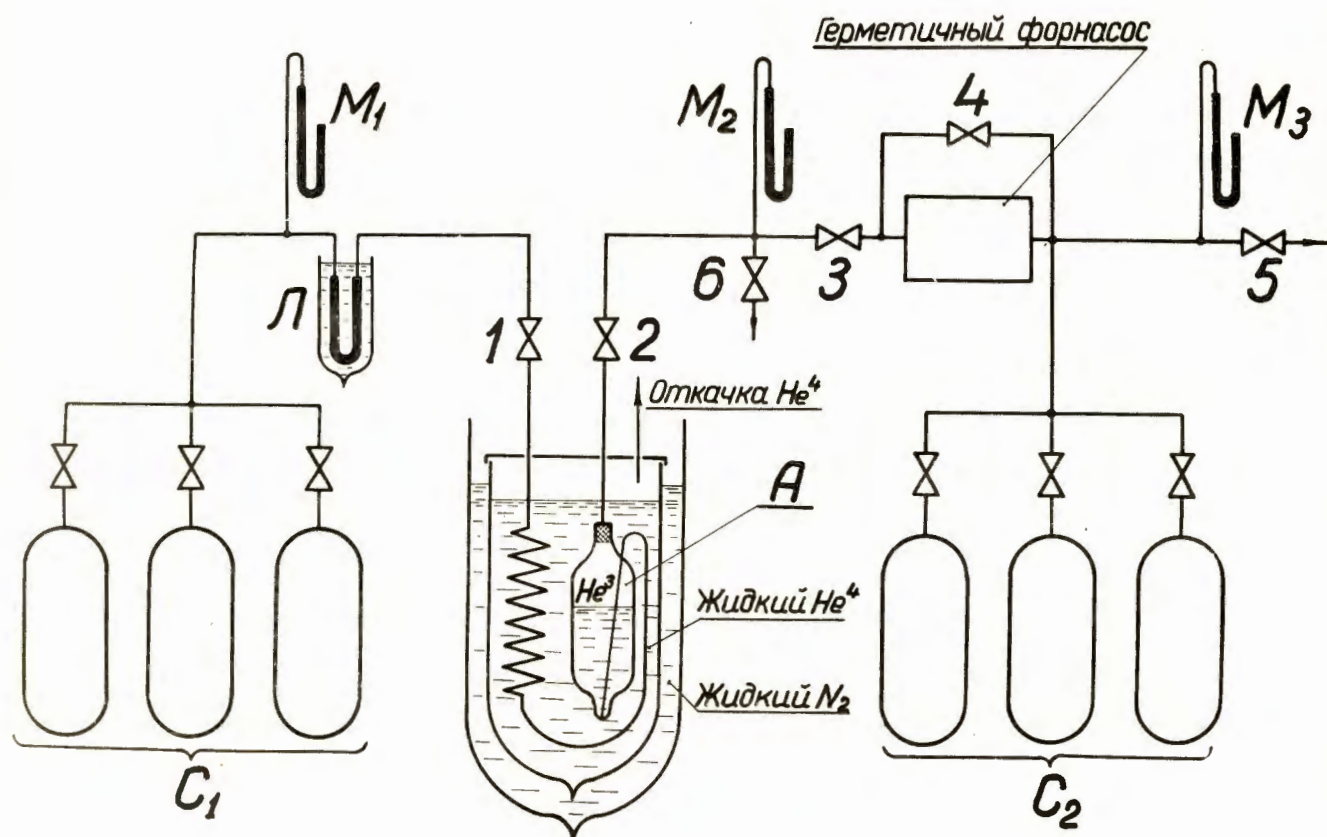


Рис. 1. Схема очистки гелия-3 от трития.

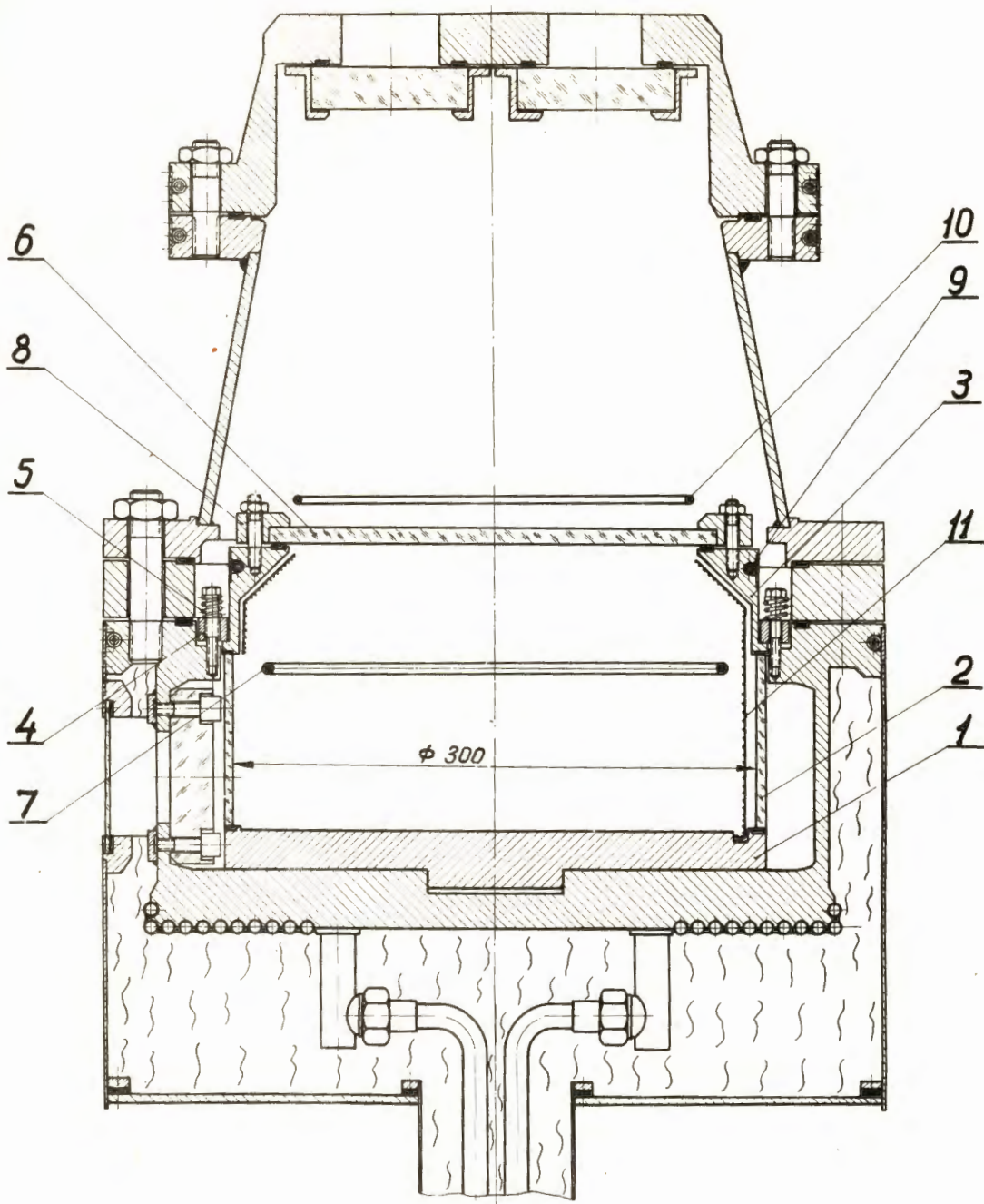


Рис. 2. Схема диффузионной камеры.

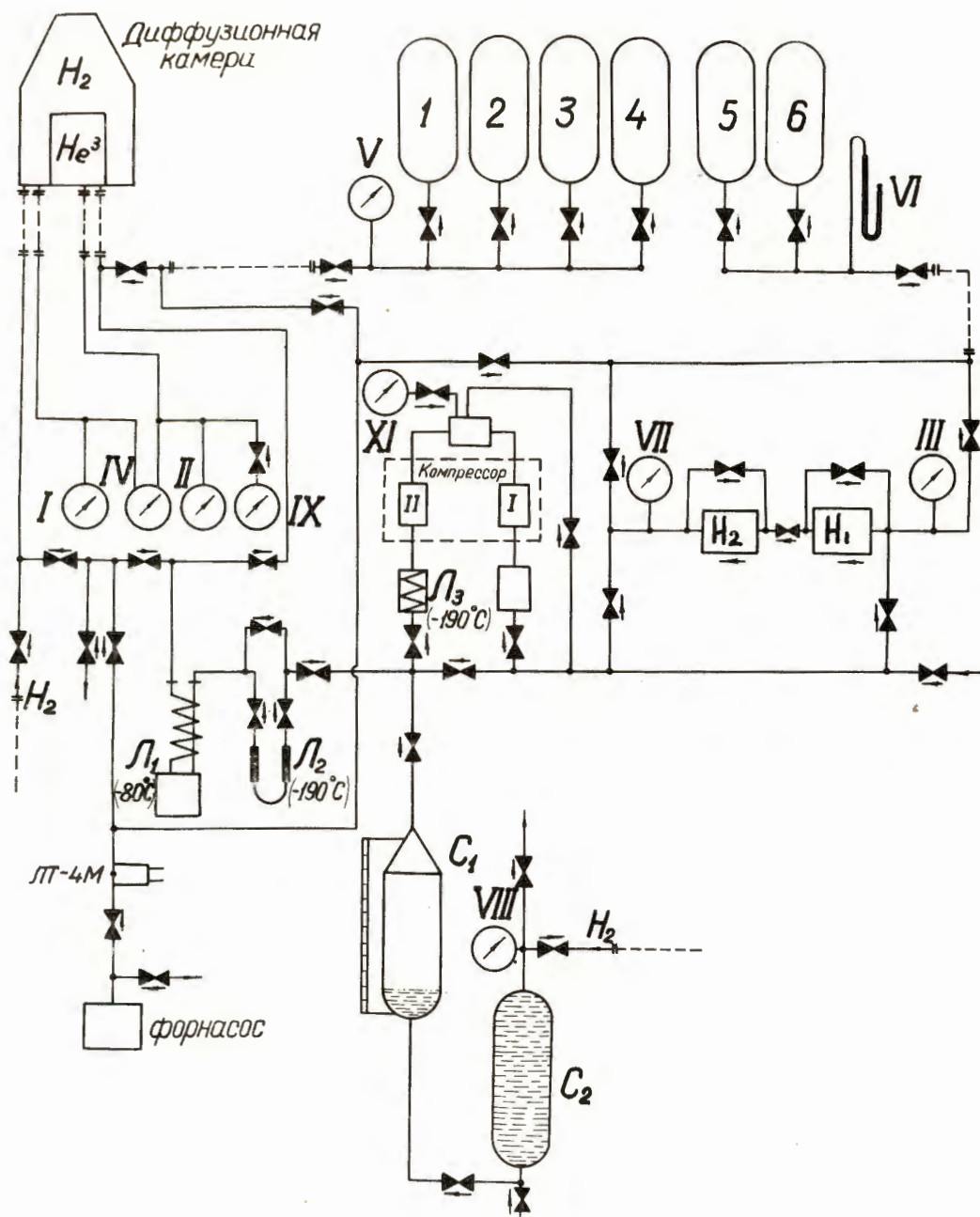


Рис. 3. Схема установки для наполнения диффузионной камеры гелием-3 и его эвакуации.

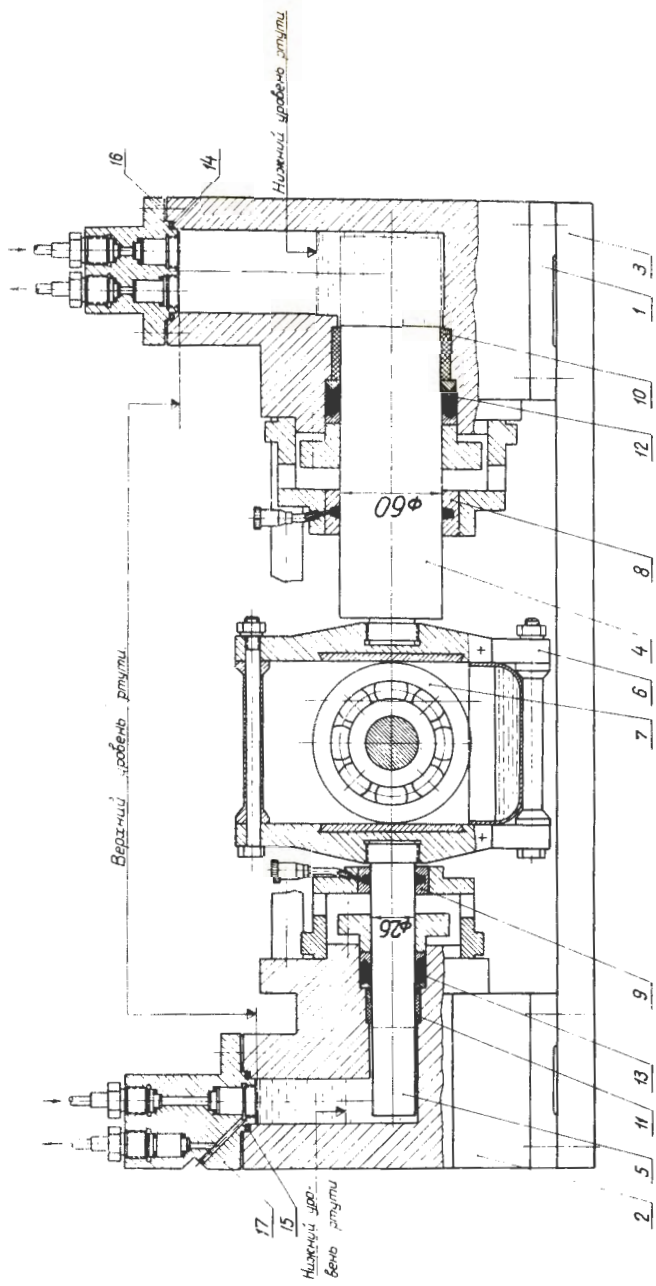


Рис. 4. Поперечный разрез герметичного компрессора КГЛ.

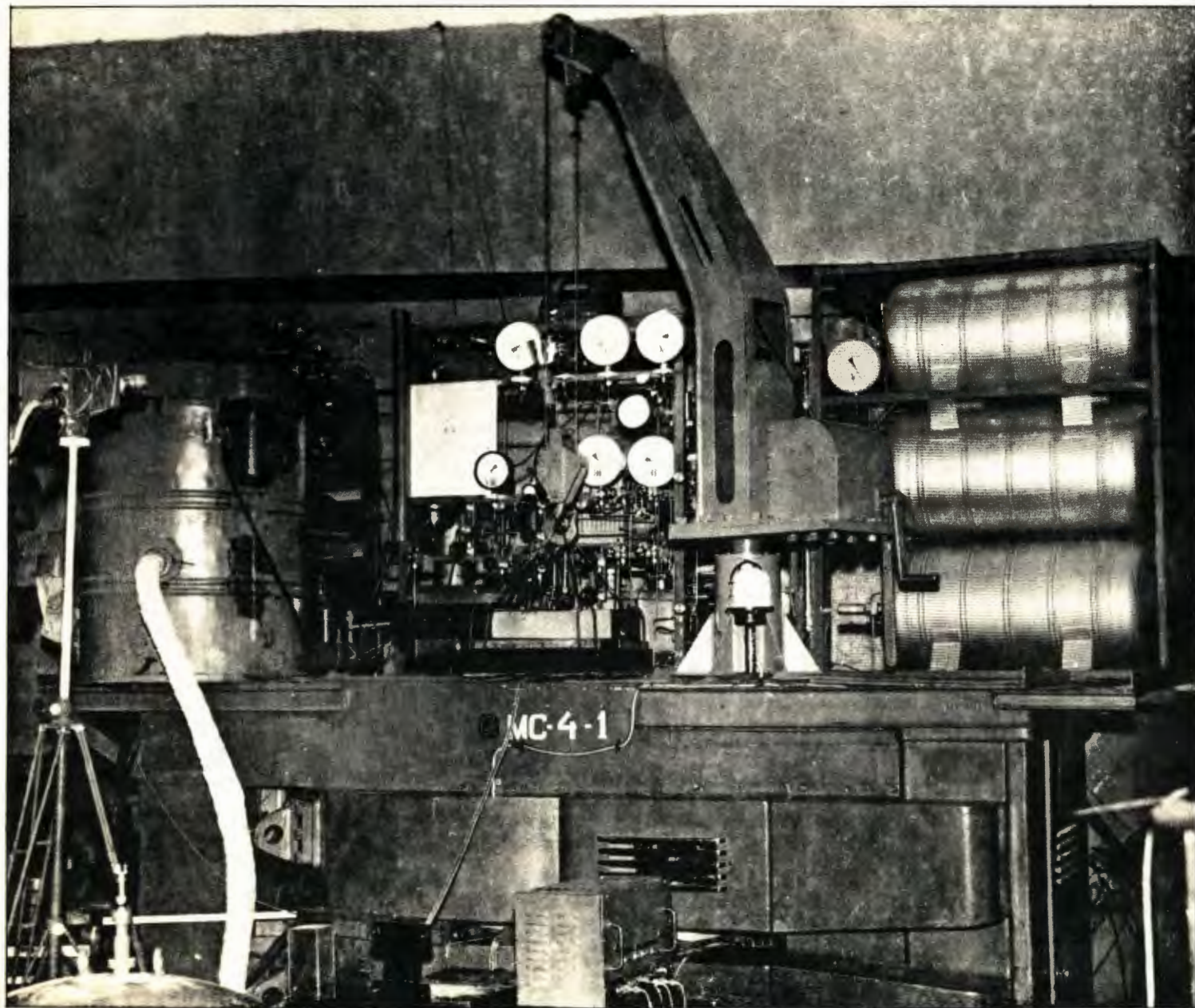


Рис. 5. Общий вид установки.