

Белякин В.М. и др.

Б1-13-7793

С3441и

Б-448

+



1573/74

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б1-13-7793

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1974

Объединенный институт ядерных исследований  
Лаборатория высоких энергий  
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

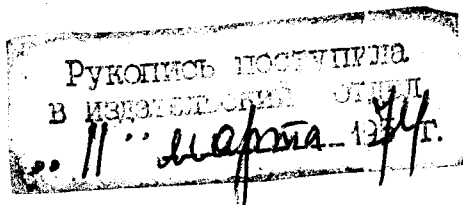
БЗ-13-

В.М.Белякин, С.М.Биттибаев ж), Ю.П.Мальков, ж)  
Е.А.Матюшевский, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин, ✓  
Ж.Ж.Мусульманбеков, ж) Э.А.Николаевская,  
Н.Н.Нургожин ж), В.Н.Семенова ж)

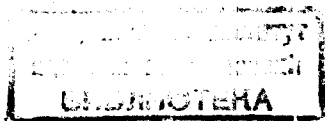
БЗ-13-7493

СИСТЕМА ГАЗОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРИМЕРНЫХ И  
ТРЕКОВЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР БОЛЬШОГО ОБЪЕМА СГК-БО

ж) Сотрудники ИФВЭ АН Каз.ССР



Дубна, 1974 г.



СОДЕРЖАНИЕ

стр.

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	3
I. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ . . . . .	4
II. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА СГК . . . . .	6
I. Способы газообеспечения камер . . . . .	6
2. Разработанный способ . . . . .	8
3. Режимы работы . . . . .	9
III. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УЗЛЫ СИСТЕМЫ . . . . .	12
I. Платформа уравновешенных газгольдеров . . . . .	12
2. Платформа мембранного компрессора . . . . .	13
3. Платформа буферных баллонов . . . . .	14
4. Платформа регенерации газа . . . . .	14
IV. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ . . . . .	18
V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . .	19
ПОЯСНЕНИЯ К РИСУНКАМ . . . . .	20
ЛИТЕРАТУРА . . . . .	22

## В В Е Д Е Н И Е

По мере развития методики и техники искровых и стримерных камер растут ~~внешние~~ размеры их чувствительного объема. Поддержание постоянства качественного и количественного состава газового наполнения камеры является одним из основных условий успешного проведения эксперимента.

Как показывает опыт, трудно рассчитывать на изготовление камеры, первоначальное газовое наполнение которой не загрязнялось бы неконтролируемыми примесями, обусловленными газовыделениями из швов и стенок камеры, продуктами разложения примесей под действием электрического разряда и натеканием в камеру компонентов окружающей среды (обычно воздуха). Для большинства камер основной причиной загрязнения газа является натекание через тонкие пленки (майларовые) /1,2,3/ - стенки камеры.

В соответствии с планом совместных работ ЛВЭ-ЛВТА ОИЯИ по созданию большой стримерной камеры в магнитном поле для исследования К-мезонов, в результате анализа опыта использования искровых камер в установках на синхротроне, имеющихся литературных сведений и частных сообщений с соответствующих установках за рубежом (ЦЕРН, Станфорд и др.), обсуждений с заинтересованными

группами физиков ЛВЭ и консультаций в специализированных организациях (БНИИКИМАШ, ВЭИ, НИИХИММАШ, НИИГАЗ, Криогенный отдел ЛВЭ) были разработаны общие требования к системе газообеспечения искровых и стримерных камер, предложен вариант, рассчитанный на выполнение требований газообеспечения проектируемой стримерной камеры, имеющей объем  $1 \text{ м}^3$ , с учетом требований газообеспечения камер с большим объемом.

Первый вариант системы газообеспечения был изготовлен силами ЛВЭ и ЛВТА при поддержке азотного завода ОИЯИ. При этом были проведены предварительные испытания всех её основных узлов, показавшие положительные результаты в целом и выявившие недостаточную развязку системы. На базе этого варианта была продолжена работа по созданию описываемой системы газообеспечения (СГКБО) совместно с заинтересованными группами Лаборатории космических лучей ИФВЭ АН Каз.ССР. СГКБО была испытана <sup>до</sup> стримерной камерой объемом  $1 \text{ м}^3$  установки СКМ-200<sup>/13/</sup>. Предполагается использовать такую систему в установке "Адрон-44", создаваемой в ИФВЭ АН Каз.ССР для изучения взаимодействий адронов при энергиях выше  $10^{13}$  эв. В этой установке, эффективная площадь регистрации которой  $44 \text{ м}^2$ , будут использованы 12 трековых искровых камер со стенками из майларовой пленки. Объем каждой камеры  $5,5 \text{ м}^3$  /3/.

## I. Основные технические требования

В качестве основного наполнителя в искровых и стримерных камерах используются инертные газы или их смеси. В зависимости от условий работы камеры в состав основного наполнителя могут вводиться контролируемые примеси (элегаз, пары спирта, пропана и т.д.).



Давление в камере, как правило, - атмосферное.

Разработка СТКБО велась с таким расчетом, чтобы с её помощью можно было обеспечить выполнение следующих основных технических требований:

1. Поддержание заданного количественного и качественного состава рабочей смеси в камере непрерывно в ходе эксперимента (по крайней мере в течение одной экспозиции на ускорителе).

2. Автоматическое поддержание давления в камере близким к атмосферному ( $\Delta P \leq 30$  мм вод.ст.).

3. Замену воздушного наполнения камеры рабочей смесью при минимальном её расходе и атмосферном давлении.

4. Возможность непрерывного или периодического контроля степени чистоты рабочей смеси при работе камеры.

5. Регенерацию загрязненной рабочей смеси при минимальных потерях основного наполнителя.

6. Нетрудоемкое восстановление эффективности регенерационных устройств.

7. Возможность автономного использования регенерационных устройств для очистки предварительно собранного загрязненного газа.

8. Возможность закачки и перекачки газа до давления 150 атм. без его загрязнения при минимальных потерях.

Кроме того в СТКБО предусматривается введение дозируемых микропримесей. Конструктивное исполнение СТКБО осуществлялось под углом зрения максимальной мобильности системы в целом и её отдельных функциональных узлов, обеспечения автономности, надежности в работе при длительной эксплуатации.

## II. Функциональная схема СК-Б0

### I. Способы газообеспечения камер

#### а) Периодическая замена газа в камере

Одним из простых способов газообеспечения камер с малым натеканием является периодическая замена наполнения камеры после её "загрязнения" путём откачки её объёма и последующего наполнения в специальном вакуумном боксе. Уменьшение толщины стенок камеры требует наличия автоматических устройств слежения за перепадом давления между камерой и средой в боксе в целях экономии расхода газа. <sup>114/</sup> Малая толщина стенок, обычно, обуславливает большие уровни натекания и приводит к необходимости частой замены газа. При увеличении объёма камер с тонкими стенками трудности поддержания постоянства состава газа возрастают ещё более из-за необходимости увеличения размеров вакуумного бокса, частой транспортировки камеры для откачки и смены газового наполнения, что связано с размонтированием камер и их последующим монтажом и запуском. При этом состав газа в камере все же изменяется со временем от одного наполнения к другому, в результате чего характеристики камеры также не остаются постоянными, что существенно усложняет проведение эксперимента.

#### б) Продув

Простейшим методом газообеспечения камер является продув газа заданного количественного состава через камеру (в атмосферу). Скорость потока при продуве зависит от величины натекания и уровня требуемой чистоты газа. Расход газа при этом можно оценить

по известной формуле /2,4/:

$$Q = V_c \frac{m}{y - y_1} \quad (1)$$

где  $Q$  - расход рабочего газа (л/час).

$V_c$  - объем камеры (л)

$m$  - натекание (%/час)

$y$  - необходимая чистота газа в камере (%)

$y_1$  - чистота вдуваемого газа (%)

Первоначальная замена воздушного наполнения камеры требует расхода газа в соответствии с формулой /2,4/

$$y = 100 \exp\left(-\frac{Qt}{V_c}\right) \% \quad (2)$$

где  $t$  - время продува камеры (час).

Отсюда следует, что для первоначальной замены воздушного наполнения камеры (остаточное содержание воздуха  $y = 0.01\%$ ), требуется продуть через неё около 10 объемов (камеры) чистого газа (натекание отсутствует). Зависимость концентрации остаточных примесей в камере от количества продуваемого газа (в объемах камеры) показана на рис.14.

Кроме того, наличие микротечей, неизбежных в камерах большого объема с тонкими стенками требует создания непрерывного потока через камеру, связанного с недопустимо высоким расходом газа на поддержание требуемой степени чистоты.

### в) Циркуляция.

Одним из приемлемых может считаться способ циркуляции газа через камеру, при котором загрязненная газовая смесь перед повторным поступлением в камеру, очищается в регенерационных устройствах,



соединенных с камерой трубопроводами /1,5,6,7/. Периодическая или непрерывная циркуляция газа осуществляется со скоростью, зависящей от степени загрязнения, эффективности регенерации и требуемого уровня чистоты рабочего газа в камере.

Обладая определенными достоинствами, этот способ не обеспечивает постоянства качественного и количественного состава газа в камере, т.к. эффективность регенерационных устройств меняется в зависимости от объема пропущенного через камеру газа, в результате чего изменяется и состав газа. Это приводит к периодическому изменению характеристик камеры.

## 2. Разработанный способ

Основной разработанной схемой газообеспечения является пропуск камеры со сбором и регенерацией газа, причем на входе заранее готовится достаточно большой запас рабочего газа (до 45 м<sup>3</sup>), что дает возможность поддерживать постоянство качественного и количественного состава газа в камере в течение длительного времени (экспозиции на ус<sup>0</sup>крителе) без регенерации. Регенерация газа в системе может осуществляться как одновременно с газообеспечением камеры так и после экспозиции, если запаса газа хватает.

Отдельные функциональные узлы системы газообеспечения полностью автономны, что дает возможность в случае надобности разнести посты газообеспечения камеры и регенерации газа при наличии достаточного количества требуемых функциональных блоков. В систему входят четыре различных функциональных узла, смонтированных на подвижных платформах: ПУГ - платформа уравновешенная

газгольдеров, ПМК - платформа мембранного компрессора, ПББ - платформа буферных баллонов, ПРГ - платформа регенерации газа. Все платформы снабжены винтовыми домкратами, на которых они устанавливаются после завершения транспортировки.

### 3. Режимы работы

В зависимости от условий проведения эксперимента система газообеспечения позволяет реализовать режим работы как с постоянной, так и с периодической регенерацией газа. С целью экономии времени, затрачиваемого на осушку газа, собираемого из камеры при первоначальном заполнении целесообразно предварительно продуть камеру и газгольдеры "сухим" азотом (8-10 объемов камеры за 3-4 суток), выпуская его в атмосферу. Возможно также использование "сухого" достаточно чистого углекислого газа вместо азота /6,7/.

После предварительной осушки объемов камеры и газгольдера заполнение камеры рабочим газом и ввод её в рабочий режим осуществляется быстрее. Расход рабочего газа при первоначальном заполнении камеры может быть предварительно определен по формуле (2) в зависимости от требуемой чистоты, а проток газа в рабочем режиме по - (1). Контроль чистоты выходящего из камеры газа производится с помощью специально отградуированных разрядников - газоразрядных ячеек, аналогично /8/.

#### а) Работа СТК с постоянной регенерацией газа.

В этом варианте процесс регенерации газа осуществляется одновременно с газообеспечением камеры. Схема соединений функциональных узлов СТК приведена на рис.1.

Заранее подготовленный в баллонах ПББ рабочий газ подается в камеру через пульт, содержащий ротаметры для измерения протока, контрольные разрядники и предохранительные устройства от чрезмерных перепадов давления в камере относительно атмосферного.

Загрязненный газ собирается в уравновешенном газгольдере  $\Gamma_1$ , обеспечивающем автоматическое поддержание давления в камере близко к атмосферному. Далее газ через регенерируемые осушители поступает на ПМК, где с помощью мембранного компрессора (МК-4,5/200) под давлением подается на ПРГ. Здесь загрязненный газ подвергается дополнительной осушке и очистке в угольных адсорберах, охлаждаемых жидким азотом. Очищенный газ собирается в баллонах ПББ. Адсорберы и ловушки ПРГ, а также баллоны ПББ рассчитаны на работу в диапазоне давлений до 150 атм.

Для осуществления непрерывного процесса газообеспечения и регенерации (~~осушения~~) осушительные и регенерационные устройства снабжены параллельными ветвями, а схема включений баллонов допускает возможность заблаговременной подготовки новой порции рабочего газа.

Для сокращения потерь основного наполнителя при регенерации адсорберов загрязненный газ из них сбрасывается не в атмосферу, а в газгольдер  $\Gamma_2$ , откуда вторично поступает на очистку.

Включение и выключение компрессора производится автоматически от концевых выключателей, установленных на газгольдерах или вручную с пульта управления ПМК.

б) Работа СГК с периодической регенерацией газа.

Этот вариант позволяет сместить во времени процессы газообеспечения камеры и регенерации газа за счет использования первоначального достаточно большого запаса рабочего газа в баллонах ПББ (до 45 м<sup>3</sup> в трех баллонах). Схема соединений функциональных узлов СГК в этом варианте для газообеспечения камеры приведена на рис.2. Газообеспечение камеры производится аналогично первому варианту, в той лишь разнице, что загрязненный газ закачивается непосредственно в баллон ПББ, минуя платформу регенерации.

Регенерация собранного в баллонах загрязненного газа осуществляется согласно схеме, приведенной на рис.3. Причем, пока давление в баллонах с загрязненным газом выше давления в баллонах с очищенным газом, то первоначально загрязненный газ направляется непосредственно на ПРТ и процессы дополнительной осушки и очистки производятся без участия ПМК вплоть до выравнивания давлений, после чего включается компрессор и загрязненный газ, поступление которого на компрессор регулируется редуктором, закачивается во входную магистраль ПРТ. Таким образом, может быть очищен весь газ, а затем приготовлена рабочая смесь.

Вообще говоря, приготовление рабочей смеси может быть осуществлено одновременно, если ввести в заранее вакуумированные баллоны для очищенного газа известные порции микропримесей, а затем закачивать очищенный газ. Для осуществления требуемых дозировок микропримесей на ПРТ предусмотрено специальное устройство с двумя 5-литровыми баллонами, а для контроля чистоты входящего и выходящего газа - контрольные разрядники.

На рис.4 приведена градуировочная кривая разрядников; по ней можно определить степень чистоты неона ( $\gamma$  %) в зависимости от зазора разрядника ( $\rho_{\text{мм}}$ ), при котором происходит пробой промежутка с разностью потенциалов электродов в I кв. Максимальная степень чистоты соответствует паспортизированному неону "особой" чистоты Балашихинского завода.

### III. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УЗЛЫ СИСТЕМЫ

#### I. Платформа уравновешенных газгольдеров - ПУГ

В состав ПУГ (рис.5) входят два уравновешенных газгольдера  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ , четыре осушителя ОI+O4, вакуумный насос (НВ) типа РВН-20, пульт ротаметров (пульт I), пульт масляных предохранителей (пульт 2), ~~пульт масляных предохранителей~~ (пульт X), пульт контрольных разрядников (пульт 3) и две электрические печи для регенерации осушителей.

Каждый газгольдер объемом  $1 \text{ м}^3$  снабжен концевыми выключателями для управления компрессором, а также контактами для сигнализации об аварийной ситуации, возникающей при предельных положениях колпака газгольдера.

Газгольдер  $\Gamma_1$  предназначен для сбора газа, выходящего из камеры,  $\Gamma_2$  - для сбора газа, сбрасываемого из ловушек и адсорбентов ПУГ при их насыщении или остановке процесса очистки. Если же очистка не производится, второй газгольдер может работать одновременно или поочередно с первым.

Каждый осушитель представляет собой стальной сосуд цилиндрической формы с внутренним объемом 4л, заполненным силикагелем.

Влагепоглощаемость каждого осушителя составляет 100-150 мл воды. Регенерация осушителя производится путем нагревания его до температуры 100-120° с помощью специальной электрической печи мощностью 500 вт, при одновременном продувании сухим азотом с последующим вакуумированием.

Пульт 1 с ротаметрами РТ1-РТ3 позволяет осуществлять контроль потока рабочего газа, поступающего из баллонов ПББ через редуктор. Диапазон контролируемых потоков от 5 до 500 литров в час.

Пульт 2 с масляными предохранителями МП1 и МП2 исключает случайное повышение давления на входе и выходе камеры сверх допустимых пределов, заданных уровнями вакуумного масла.

Пульт 3 с разрядниками Р1 и Р2 позволяет осуществлять как непрерывный, так и периодический контроль чистоты газа, входящего и выходящего из камеры. Проток газа через разрядники контролируется соответствующими ротаметрами РТ1 и РТ2. Все узлы ПУГ смонтированы на подвижной четырехколесной тележке; фотография платформы приведена на рис.6.

## 2. Платформа мембранного компрессора - ПМК

В состав ПМК входит мембранный компрессор МК-4,5/200, блок маслозащиты и пульт управления (рис.7). Максимальное давление газа создаваемое компрессором 200 атм., рабочее - до 150 атм. На выходе компрессора установлено специальное устройство - блок маслозащиты, срабатывающее при появлении в закачиваемом газе масла (разрыв мембраны) или влаги (полное насыщение осушителей ПУГ). При срабатывании БМ, происходит автоматическое запираание выхода, выключение компрессора и подача аварийного сигнала. Автоматическое



различение компрессора и сигнал тревоги производятся также и в том случае, если колпак газгольдера находится в предельно крайних положениях (вверху или внизу). Для осуществления этих операций на пульте ПМК собрана схема управления с соответствующей визуальной сигнализацией.

Для предотвращения обратного тока <sup>газа</sup> на выходных магистралях ПМК установлены обратные клапаны. Фотография платформы приведена на рис.8.

### 3. Платформа буферных баллонов - ПББ

В состав ПББ (рис.9) входят девять 100 литровых баллонов Б1-Б9, вакуумный насос - НВ типа РВН-20 и пульт управления.

Максимальное давление, на которое рассчитаны баллоны, 200 атм., рабоче - 150 атм. Баллоны объединены в три группы по три баллона в каждой. Каждая из групп может быть поочередно использована для рабочего, загрязненного или очищенного газа. С помощью соответствующих вентилей, расположенных на пульте и насоса производится вакууммирование любого баллона. Фотография ПББ приведена на рис.10.

### 4. Платформа регенерации газа - ПРГ

В состав ПРГ (рис.11) входят ловушки Л1 и Л2, адсорберы А1-А4, вакуумный насос НВ типа РВН-20, пульт с разрядниками контроля чистоты газа, баллон для очищенного газа Б1 (40л, 150 атм.), баллон для загрязненного газа Б2 (40л, 150 атм), два баллона для сухого азота Б3 (2х40л, 150 атм.), два баллона для дозировки микропримесей Б4и Б5 (2х5л, 150 атм), три электрические печки для реге-

испарения газа ловушек и адсорберов, три пенопластовых дьюара для охлаждения ловушек и адсорберов жидким азотом, а также высоковольтный выпрямитель ВС-28 для подачи напряжения на разрядники.

Ловушки и адсорберы представляют собой цилиндрические сосуды из нержавеющей стали, аналогичные осушителям, установленным на ИТ. Внутренний объем каждого сосуда - 4л. Рабочее давление в них до 150 атм. Внутри ловушек установлены радиаторы с развитой поверхностью, внутренний объем адсорберов заполнен активированным углем.

В охлажденных жидким азотом ловушках происходит вымораживание водяных паров, а также ожижение основных компонентов воздуха при соответствующем повышении давления в них. Это дает возможность осуществлять предварительную очистку даже сильно загрязненного газа (воздухом или азотом), который поступает при первоначальном заполнении камеры рабочим газом,

Как показали испытания, коэффициент очистки от компонентов воздуха при соответствующих парциальных давлениях в ловушке при скорости потока  $\sim 3 \text{ м}^3/\text{час}$  составляет величину, близкую к 10 (частота газа повышалась от 30% до 3%). При этом емкость ловушки по воздуху около  $1 \text{ м}^3$ . Влагопоглощаемость ловушки также зависит от скорости потока газа и составляет величину, близкую к 200 мл воды при скорости  $3 \text{ м}^3/\text{час}$ . В ловушках происходит также удаление микропримесей, вводимых в газ. Более глубокая очистка основного наполнителя камеры происходит в адсорберах с активированным углем АГ-2, поверхность которого развита до  $1200 \text{ м}^2/\text{час}$ . Процесс адсорбирования может производиться при комнатной температуре, однако, адсорбционная способность при этом мала и поглощающая способность

одного адсорбера составляет 15-20 литров воздуха, что, вообще говоря, учитывая наличие четырех адсорберов, может обеспечить очистку газа при небольшом натекании воздуха в камеру.

При охлаждении адсорбера жидким азотом его поглощающая способность резко возрастает, достигая 150-200 литров воздуха /9,10/. Глубина очистки зависит от скорости потока, давления газа в адсорбере, а также чистоты поступающего загрязненного газа. Максимальная чистота очищенного газа не хуже неона "особой чистоты", при уровне загрязнения входного газа 0.3% и чистоте выходного газа не хуже 0.01% производительность ПРГ (1 ловушка, 2 адсорбера) не менее  $3\text{ м}^3/\text{час}$ .

Количество газа  $V_0$ , которое может быть поглощено в адсорбере, содержащем  $G$  г угля, определяется из формулы

$$V_0 = \frac{G V_m}{y - y_1}$$

где  $V_m$  - количество адсорбируемого вещества в газовой смеси в литрах, поглощаемое 1г угля в рабочих условиях).

$y$  - концентрация адсорбируемого компонента в очищаемом газе (% в объеме).

$y_1$  - минимальная концентрация адсорбируемого вещества на выходе адсорбера (% в объеме).

Значения  $V_m$  определяются из соответствующих изотерм адсорбции. Для примера, на рис.12 приводятся изотермы адсорбции <sup>азота</sup> на активированном угле /10/.

Установка поглощительных свойств адсорбера, после его насыщения, осуществляется нагреванием его до температуры 200-300° и последующим длительным вакуумированием ( 2 часа).

Следует отметить, что в ловушках и адсорберах при температуре жидкого азота и давлении 150 атм. накапливается значительная масса газа ( 3 м<sup>3</sup> в каждом сосуде, здесь имеется в-виду атмосферное давление и комнатная температура). Поэтому недопустимо прерывать процесс очистки перекрытием вентилей сосудов на длительное время (более 15-20 мин.) после съема д<sup>ю</sup>баров с жидким азотом, т.к. давление газа повышается сверх допустимого. Для предотвращения аварийной ситуации при случайном повышении давления на каждом сосуде установлен предохранительный клапан, аналогичный клапану второй ступени компрессора МК-4,5/200. Тем не менее, для исключения потерь основного наполнителя после насыщения адсорбера либо окончания процесса очистки, следует сначала в течение некоторого времени ( 1,5-2 часа) продолжать выпускать газ в баллоны с очищенным газом до тех пор, пока чистота газа достаточна для работы, что контролируется с помощью пульта с разрядниками, а затем сбрасывать газ в газгольдер для повторной очистки вплоть до атмосферного давления. После снятия д<sup>ю</sup>бара при атмосферном давлении в адсорбере еще некоторое время (30-40 мин.) из него продолжает поступать сравнительно чистый газ ( 100 л), а затем наступает резкое его ухудшение, сигнализирующее об окончании процесса отбора основного наполнителя.

Баллоны Б1 и Б2 (рис. II) предусмотрены в составе ПРГ для возможности быстрой остановки процесса очистки. При снятии д<sup>ю</sup>баров с жидким азотом с ловушки и адсорберов можно соединить их объемы с объемами сосудов, тем самым предотвращая потери основного

наполнителя.

Для уменьшения расхода жидкого азота выводные трубопроводы ловушек и адсорберов выполнены в виде змеевикового рекуперативного теплообменника.

Для предотвращения обратного тока газа на входной и выходной магистралях ПРТ установлены обратные клапаны.

Градуировка разрядников производится для каждой рабочей смеси в отдельности путем последовательного "разбавления" заданного количества воздуха чистой смесью в требуемой пропорции. Таким же образом можно построить градуировочные кривые для рабочего газа, содержащего заданный процент микропримесей.

#### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- |                                                                                                                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. Запас рабочего газа в системе: максимальный,                                                                             | 90 м <sup>3</sup>       |
| номинальный                                                                                                                 | 45 м <sup>3</sup>       |
| 2. Производительность системы при 1% загрязненности основного наполнителя воздухом и чистоте очищенного газа 0.01% не менее | 1 м <sup>3</sup> /час   |
| 3. Производительность компрессора: максимальная,                                                                            | 4,5 м <sup>3</sup> /час |
| номинальная (с учетом осушителей)                                                                                           | 3 м <sup>3</sup> /час   |
| 4. Емкость уравновешенных газгольдеров                                                                                      | 2x1 м <sup>3</sup>      |
| 5. Влагопоглощаемость осушителей не менее                                                                                   | 4x100 мл воды           |
| 6. Влагопоглощаемость ловушек не менее                                                                                      | 2x200 мл воды           |
| 7. Емкость ловушек по воздуху при температуре жидкого азота и давлении 150 атм                                              | 2x1 м <sup>3</sup>      |
| 8. Количество поглощаемого воздуха в адсорберах не менее                                                                    | 4x150л                  |
| 9. Давление в системе не более                                                                                              | 150 атм.                |

10. Максимальная глубина очистки газа от воздуха	0.005%
11. Точность определения степени чистоты газа от воздуха в помощью разрядника не хуже	10%
12. Расход жидкого азота для охлаждения одной ловушки или адсорбера	85л
13. Время охлаждения	1 час
14. Расход жидкого азота в режиме очистки (одна ловушка и два адсорбера)	10 л/час
15. Время регенерации ловушки или адсорбера	6 час.
16. Расход воды на охлаждение компрессора не более	10 л/мин.
17. Расход электроэнергии не более	10 квт/час
18. Потери основного наполнителя при одном цикле регенерации не более	1%
19. Обслуживающий персонал	2 чел/смену
20. Стоимость очищенного газа без учета стоимости разработки системы и амортизационных расходов не более	2 коп/л
(неона Балашихинского кислородного з-да без учета транспортных расходов)	38 коп/л

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

I. Разработана и изготовлена и испытана система газообеспечения микро- и стримерных камер, позволяющая обеспечить заполнение камер большого объема рабочим газом, поддержание постоянства его состава в камере путем создания протока через камеру, сбор загрязненного газа в баллоны под давлением до 150 атм. и как одновременно с продувом камеры, так и отдельную очистку загрязненного газа от компонентов воздуха до требуемого уровня чистоты, который определяется с помощью газоразрядной ячейки.



2. Система использовалась при работе со струйной камерой детектора СМ-200.

3. В системе предусмотрено введение контролируемых примесей в состав рабочего газа путём предварительного замеса.

В заключение авторы выражают благодарность А.М.Балдину, М.Г.Мещерякову, Ж.С.Такибаеву, Н.И.Павлову, И.А.Савину, Э.О.Окошину, В.А.Свиридову, Ю.А.Сусову за поддержку работы, С.А.Краснову, А.М.Завгороднему, Т.Д.Иманбекову, Л.Г.Макарову, внесших большой вклад в разработку, изготовление и наладку системы на различных этапах работы. В.С.Григорашенко, Б.К.Курятникову, А.В.Сабаеву, И.Э.Фурсову, осуществивших изготовление системы. В.Я.Рубцову и Б.Е.Роганову за изготовление и монтаж отдельных узлов. С.Е.Клячкину, Г.В.Кущенко, А.Г.Комаровой, Г.И.Олейнику, В.И.Трофимову, проводивших конструирование некоторых узлов системы. Н.И.Баладжикову за помощь при отработке технического задания на адсорберы.

рис.13. Изотермы адсорбции азота на активированном угле

рис.14. График зависимости концентрации воздуха (азота, углекислого газа)  $У$  (%) в камере от пропущенного газа (в объемах камеры).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Per Thingstad. IEEE, Transactions on Nuclear Science 1969, Vol 16, N3, Part I, 659-660
2. Система газообеспечения большой струйной камеры в магнитном поле для исследования К-мезонов -- СТК. ЛВЭ, ЛВТА ОИЯИ, Дубна, 1968. Б-1-13-3999. Препринт ОИЯИ, 13-4527, 1969.
3. С.М.Биттибаев, Н.Н.Нургожин, Ж.С.Такибаев. ПТЭ, 2, 1973.
4. В.Г.Фастовский, А.Е.Ровинский, Ю.В.Петровский. Инертные газы. Атомиздат, Москва, 1964.
5. Л.К.Богомолова, А.Т.Василенко, Ю.Н.Зыкин, А.И.Егоров, В.И.Нижаноров, А.Ф.Писарев, В.Ф.Писарев. Высокопроизводительная циркуляционная система очистки газа для искровых камер. Препринт ОИЯИ, 1973. P13-7172, 1973.
6. E.F. McLaughlin and R.V. Schafer, Nuclear Instruments and Methods, Vol 70, (1969), N3, 343-345
7. F. Bulos, A. Odian, F. Villa and D. Yount. Streamer Chamber development, SLAC-74, 1967.
8. А.Ф.Писарев, В.М.Шешунов. ПТЭ, № 2, 191, 1970.
9. С.Брунауэр. Адсорбция газов и паров. Москва, 1948.
10. С.Дашман. Научные основы вакуумной техники. ИЛ, Москва, 1950.
11. Б.Д.Степин и др. Методы получения особо чистых неорганических веществ. Издательство "Химия", 1969.
12. М.А.Духовский и др. ПТЭ, 1, 1969.
13. Г.Варденга и др. International Conf. on Instr. for High Energy Frascati, Italy, May 1973, 8<sup>12</sup> (Bulet)
14. А.О.Омаров, А.К.Кзыл-Ходжаев и Ч.Н.Нургожин Авторское свид. № 219936. Бюл. СЯПТИЗ 1968

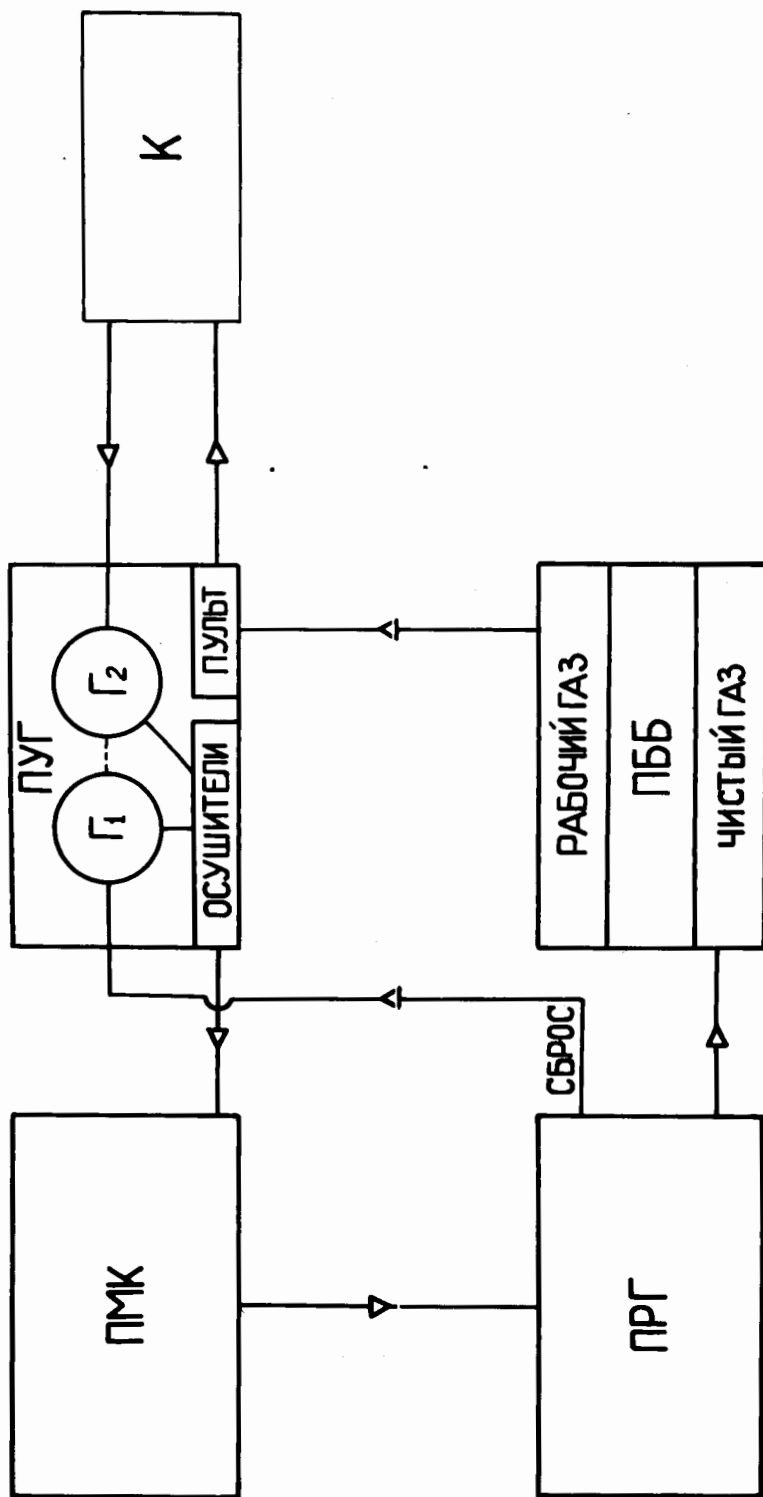


Рис. 1

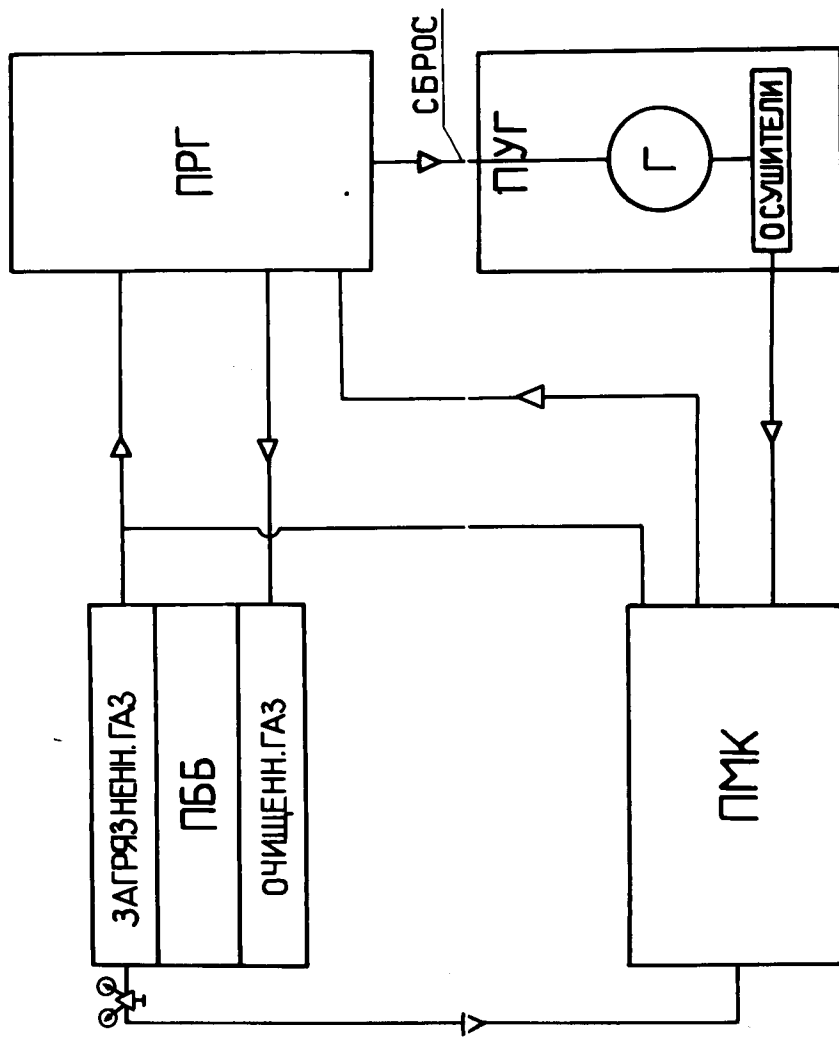


Рис. 2. Функциональная схема работы СИКБО с периодической регенерацией газа. Режим газобезопасения камеры.



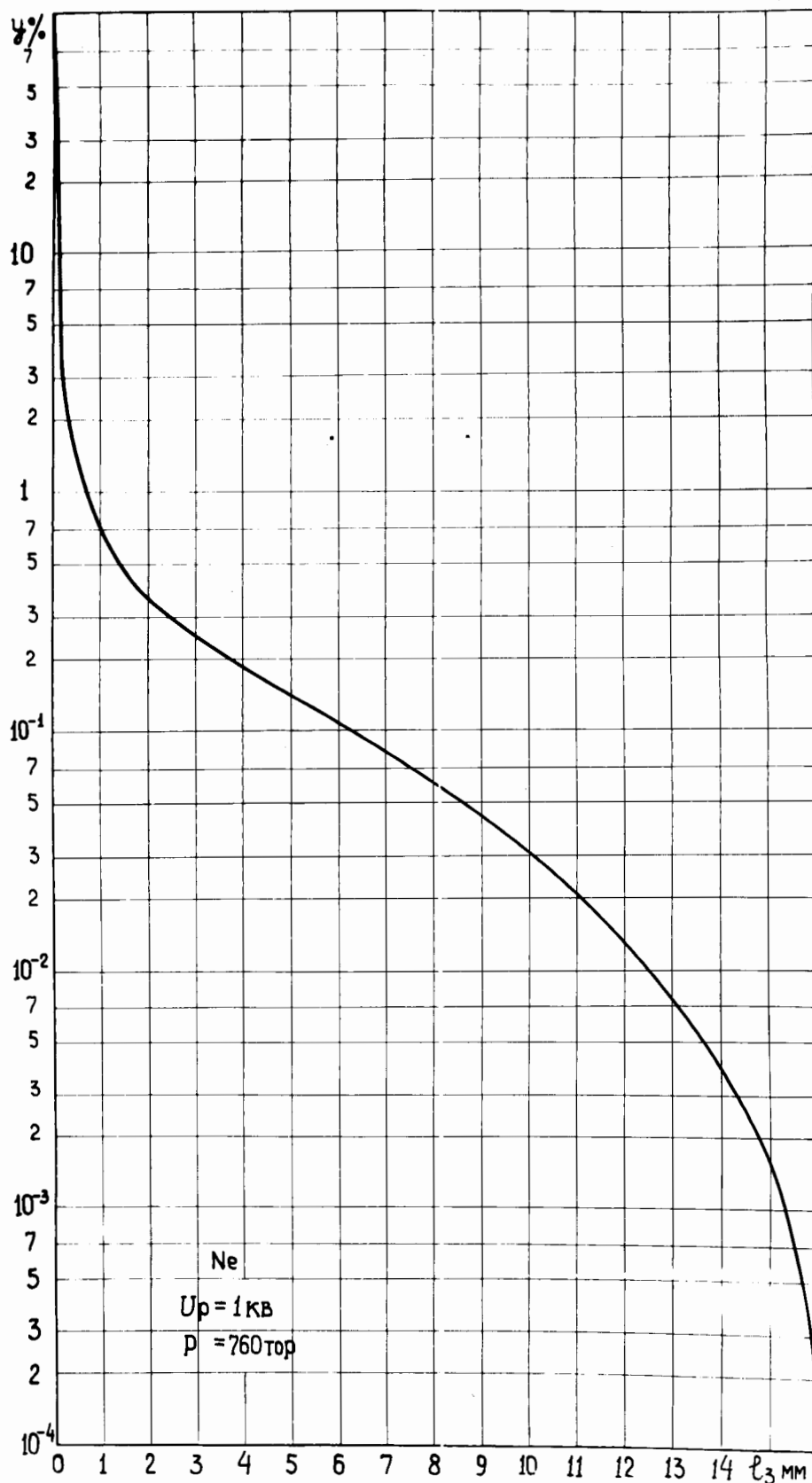
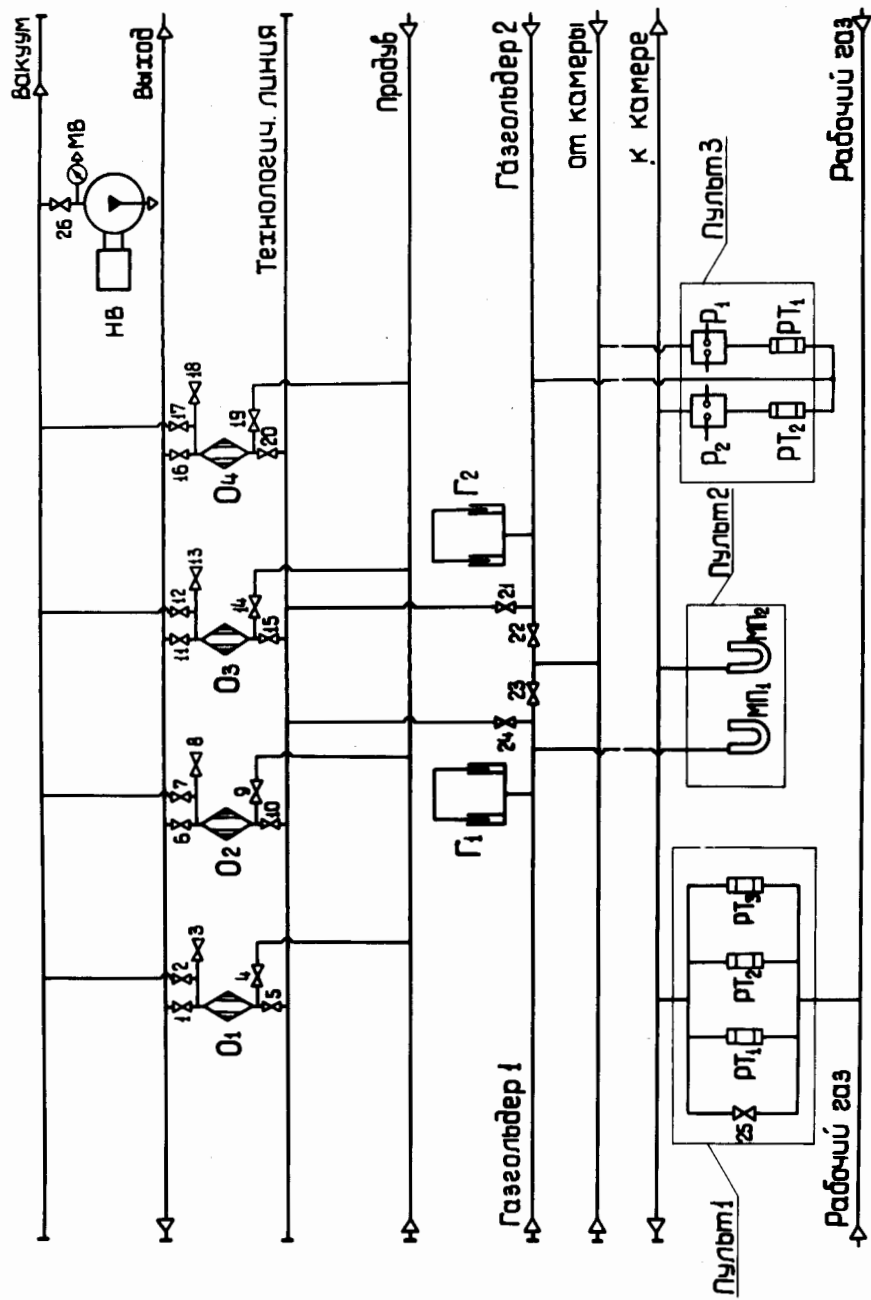


Рис. 4. Градуировочная кривая разрядника  $U$  % - концентрация компонентов воздуха в составе неона "особой чистоты".

$l_3$  мм - межэлектродный зазор разрядника.





- НВ — насос вакуумный.
- МВ — мановакуумметр
- Г — газальдер
- РТ — ротаметр
- МП — масляный преобразователь
- Р — ртутный

Рис. 5

Рис. 5. Схема соединений ПУГ.

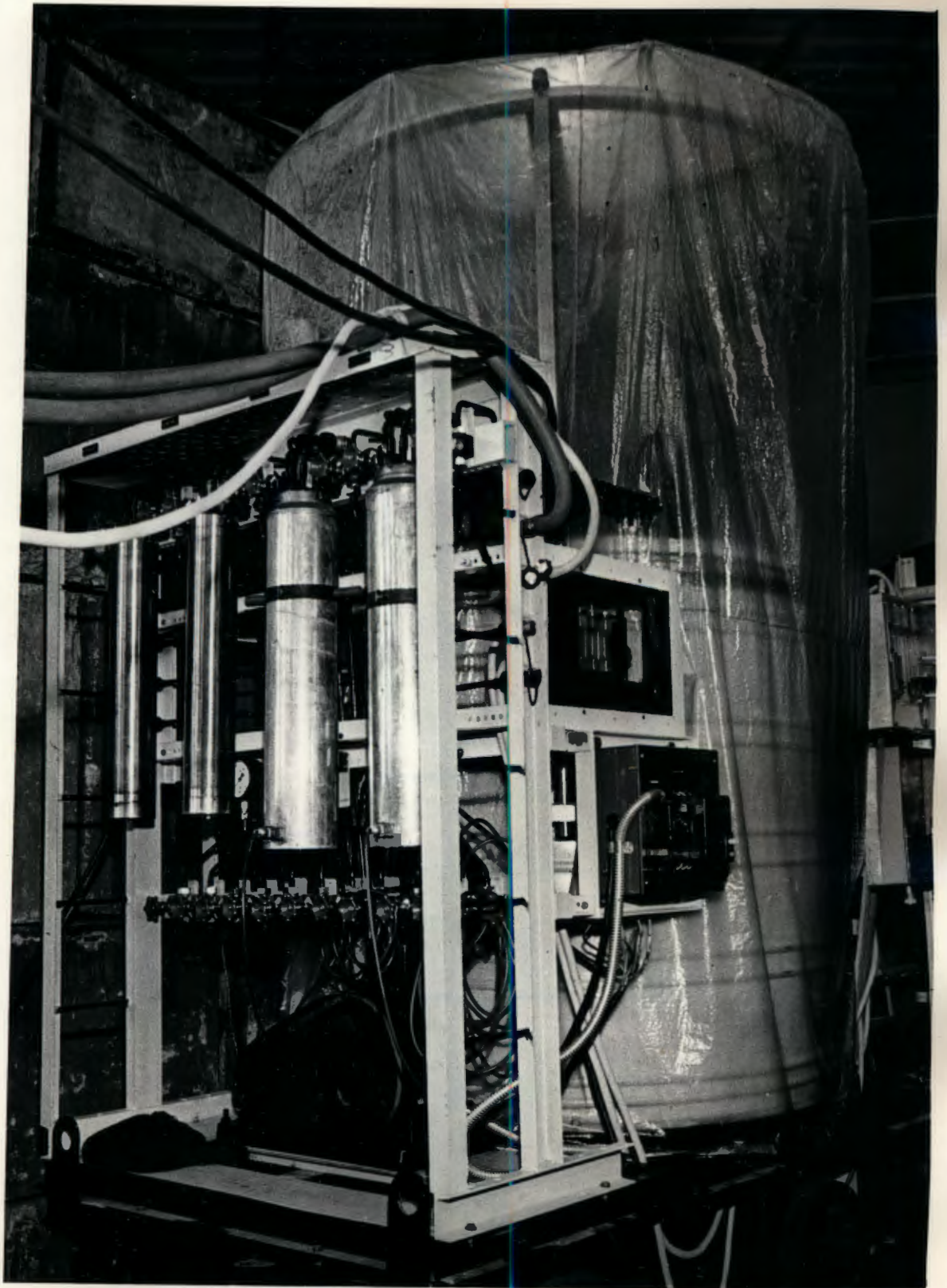
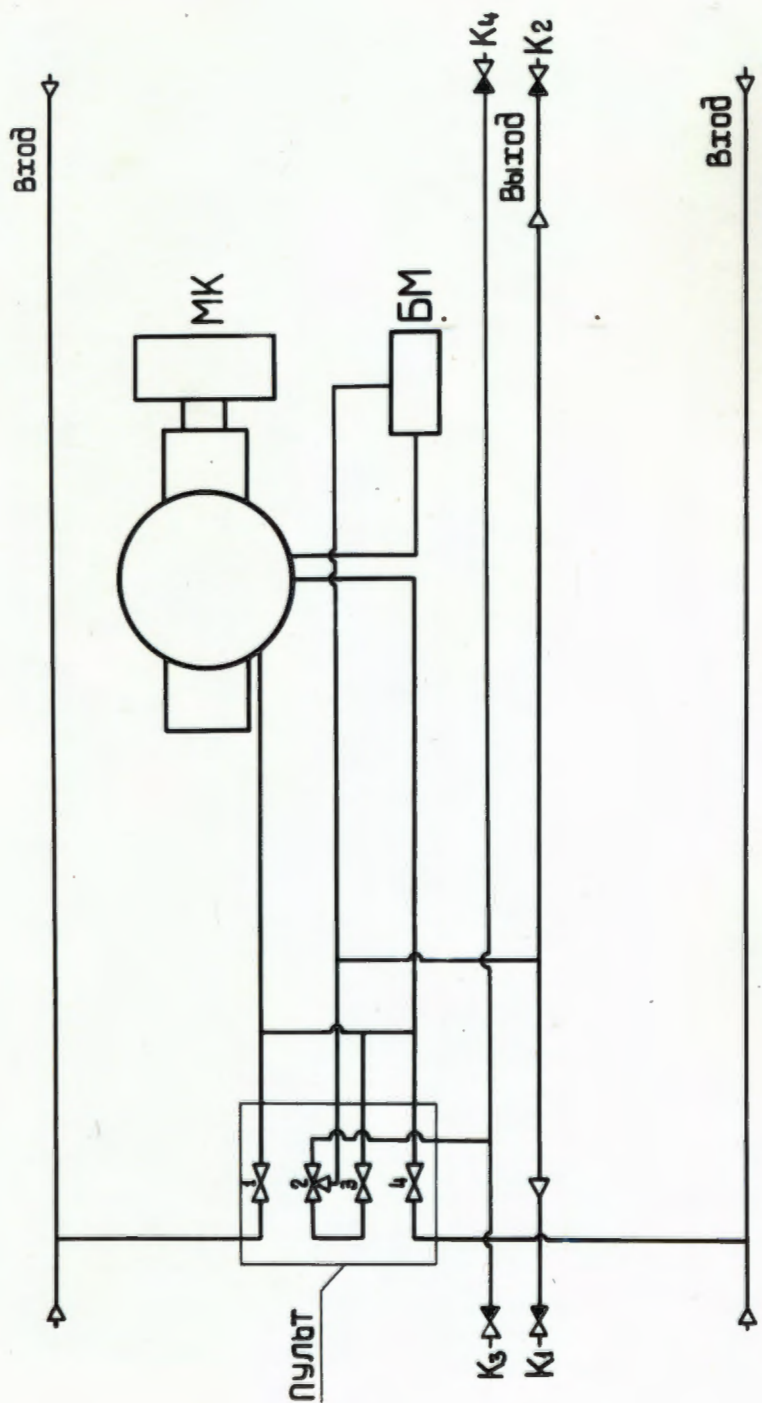


Рис. 6. Общий вид ПУТ.



МК – Мембранный компрессор  
 БМ – Блок масляозащиты  
 К – Обратный клапан

Рис. 7. Схема соединений ПМК.



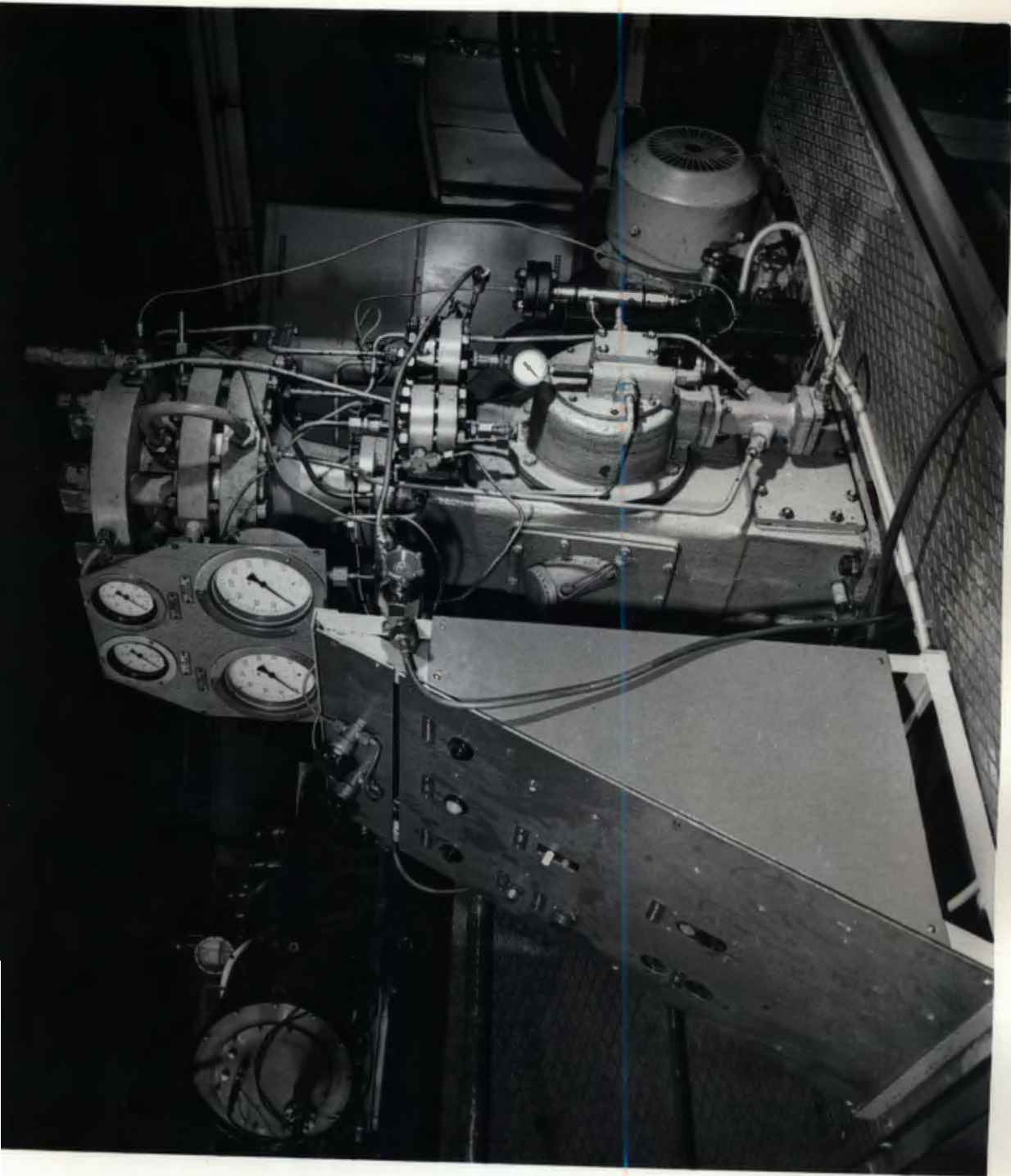


Рис. 8. Общий вид ПМЖ.

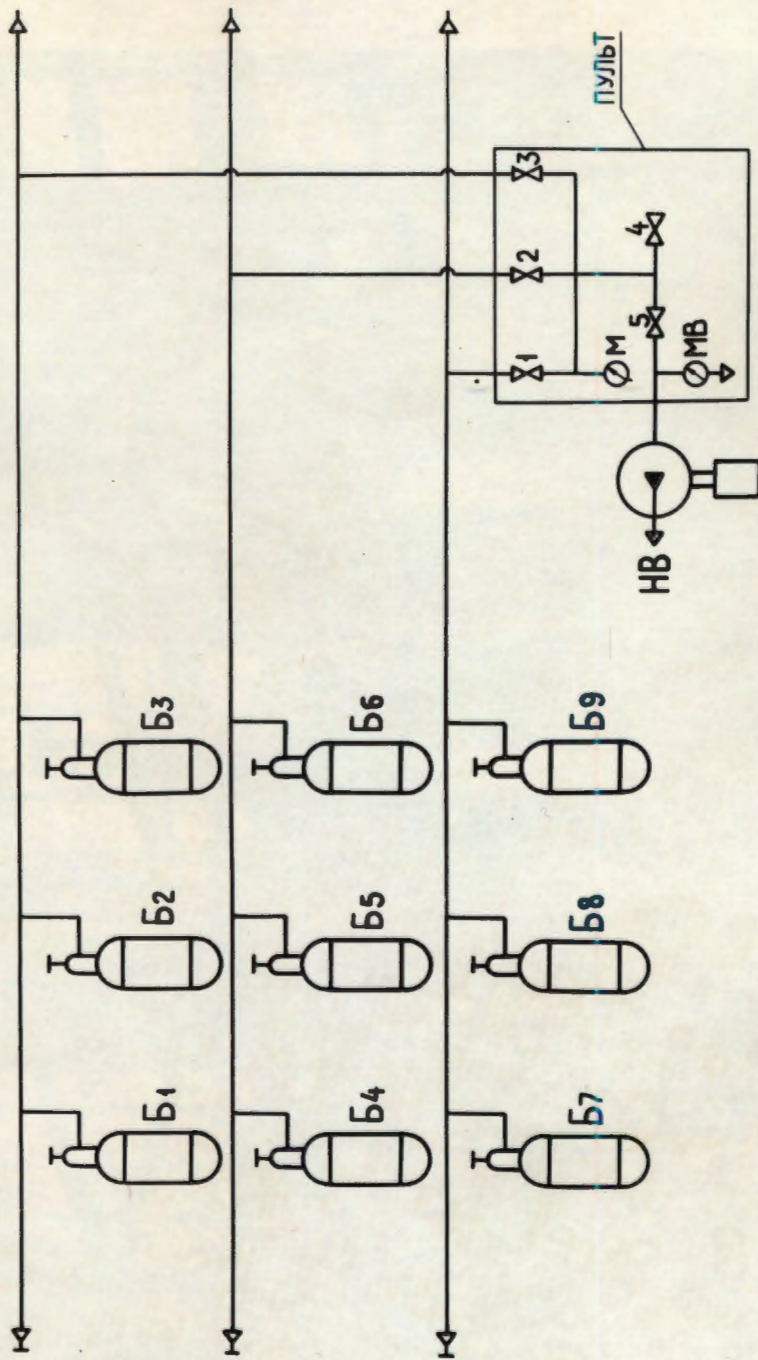


Рис. 9. Схема соединений ПББ.

- Б — БАЛЛОН
- НВ — НАСОС ВАКУУМНЫЙ
- МВ — МАНОВАКУУМЕТР
- М — МАНОМЕТР



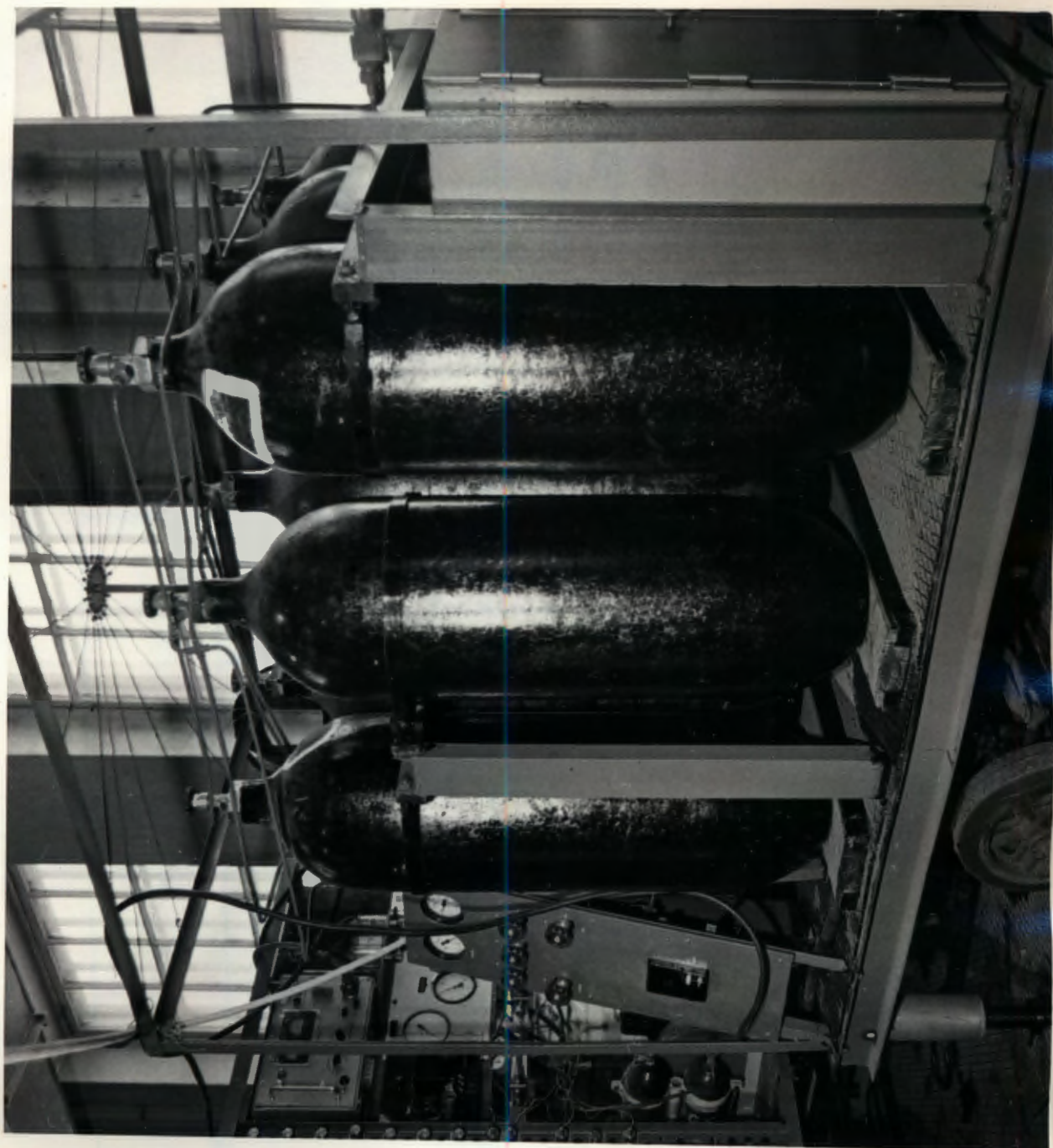


рис. 10. Общий вид ПББ.



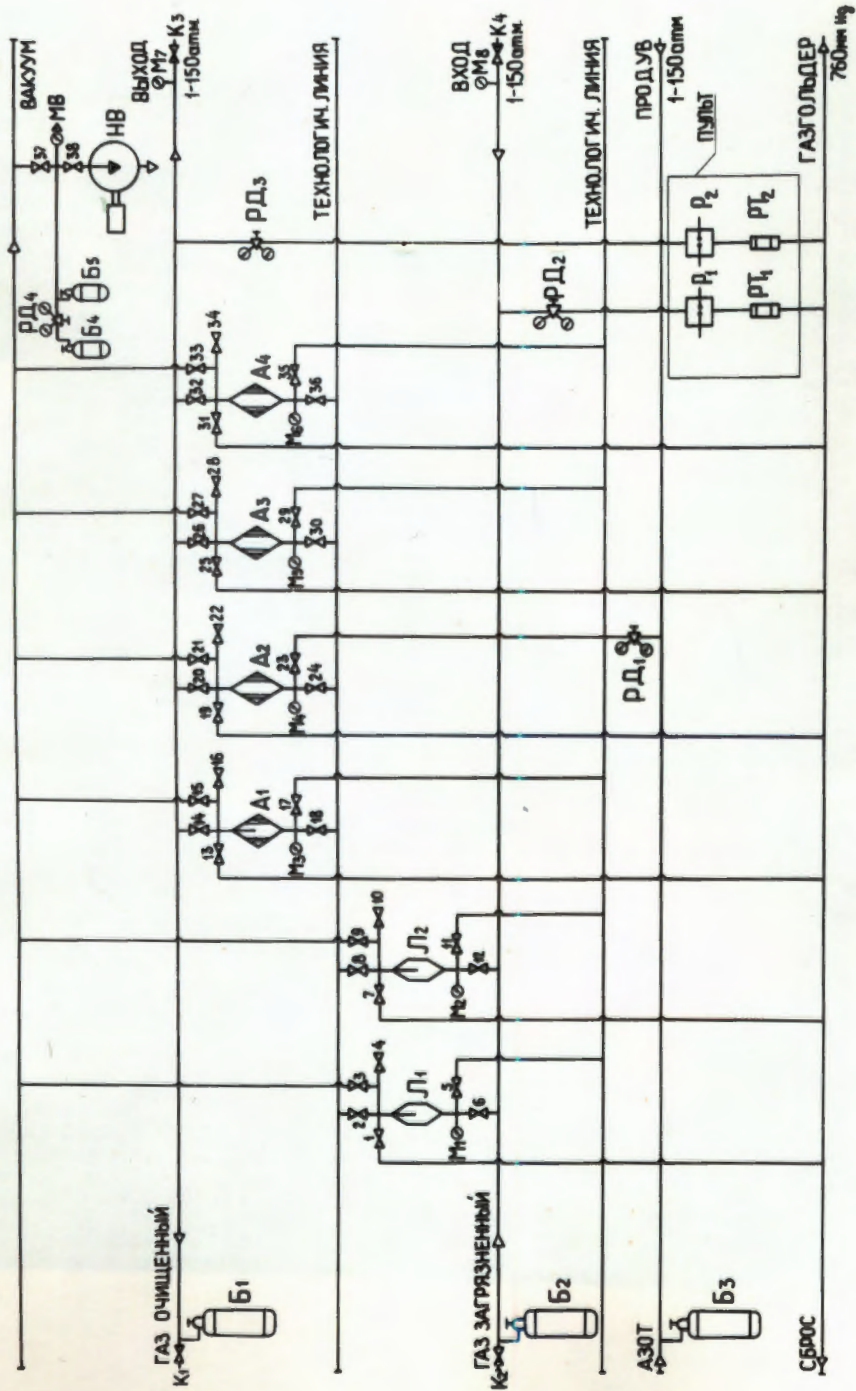


Рис. I.I. Схема соединений ПГТ.

- РД - РАЗОРОФК
- Б - БАШЕН
- А - АБОРБЕР
- Л - ЛОБЫШКА
- РТ - РОТАМЕТ
- НВ - МАКОВОКУМЕТ
- НБ - МАСС ВАКУУМ-М
- М - МАНОМЕТР
- РД - РЕДАКТОР
- Б - БАШЕН
- А - АБОРБЕР
- Л - ЛОБЫШКА
- РТ - РОТАМЕТ

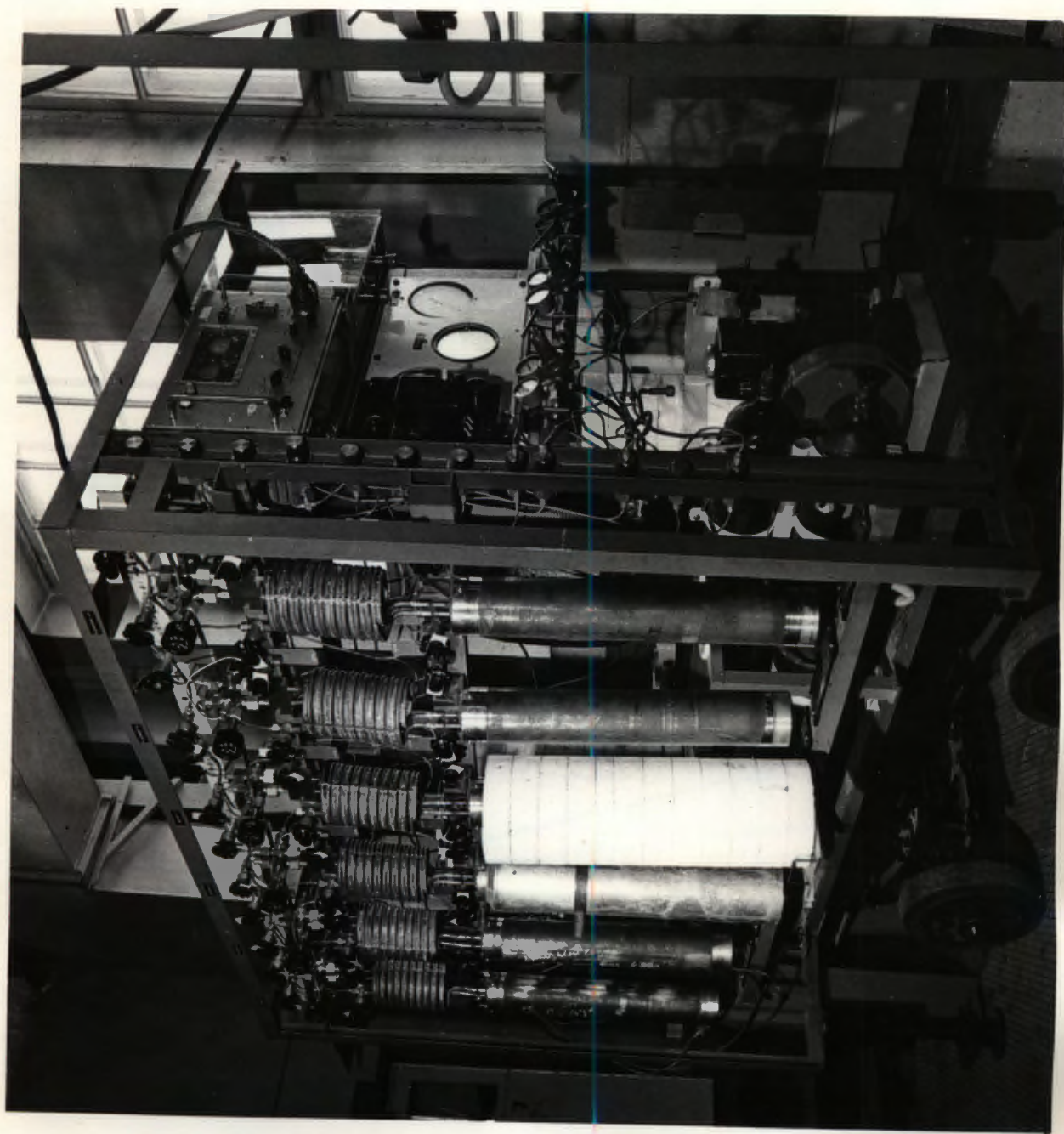


Рис. 12



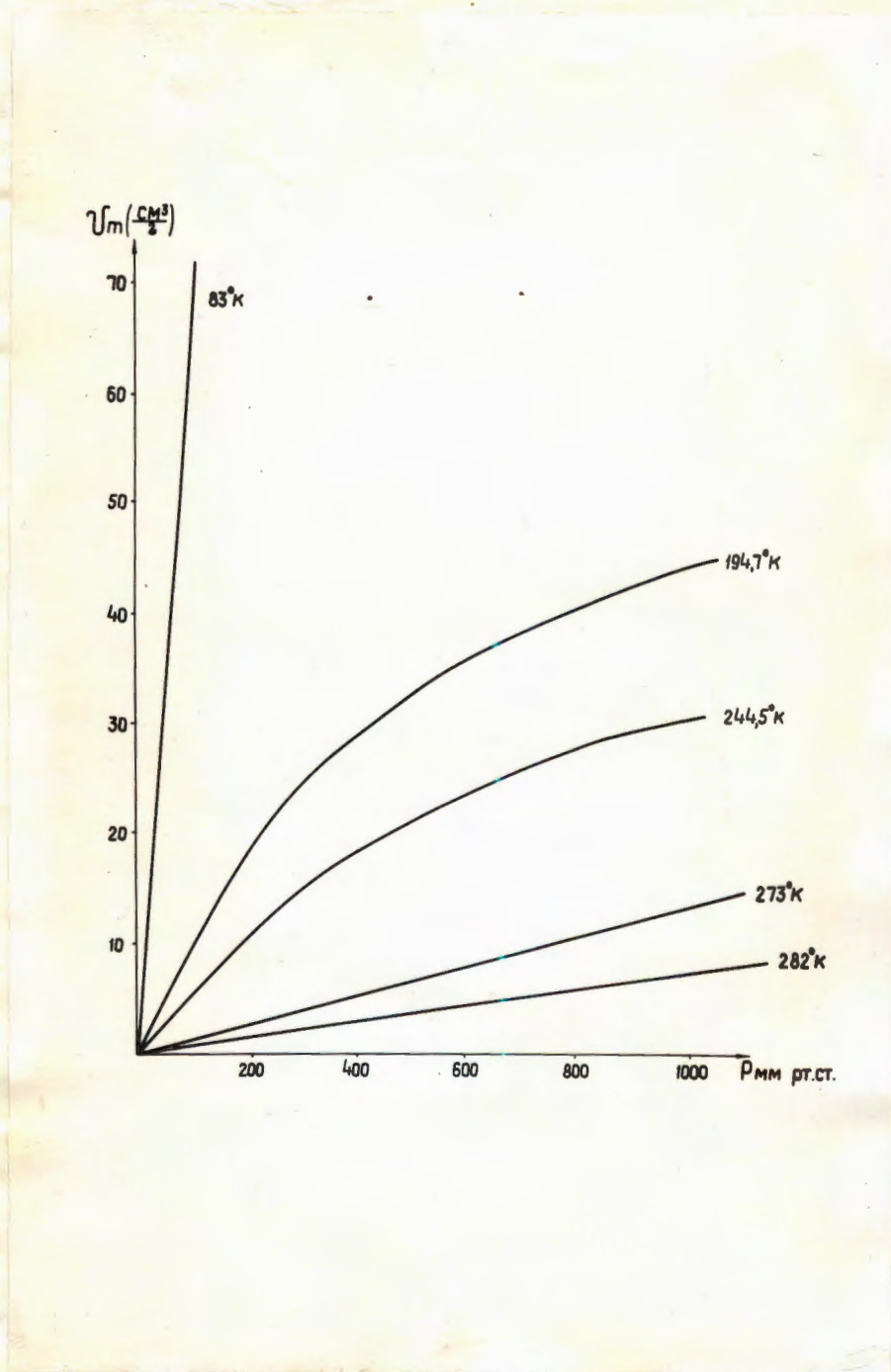


Рис. 13. Изотермы адсорбции азота на активированном угле.

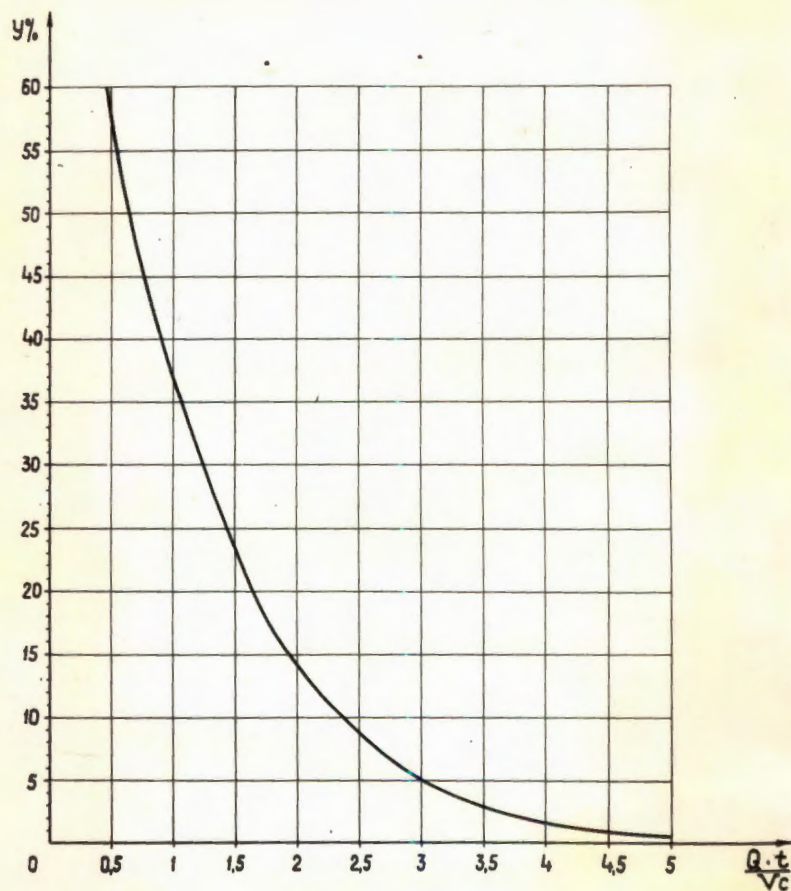


Рис. 14. График зависимости концентрации воздуха (азота, углекислого газа) (%) в камере от процентного газа (в объемах камеры).