

23  
И Н С Т И Т У Т  
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН СССР

ПРЕПРИНТ И ЯФ 75 - 50

В.В.Анашин, Н.С.Диканский, Ю.А.Королев,

Л.А.Мирошенко, Б.В.Смирнов, А.П.Усов

ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА НАП-М

Новосибирск

1975

В.В.Анашин, Н.С.Диканский, Ю.А.Королёв  
Л.А.Мироненко, Б.В.Смирнов, А.П.Усов

А Н Н О Т А Ц И Я

Описывается вакуумная система накопителя протонов НАП-М со средним вакуумом  $\sim 2 \cdot 10^{-10}$  мм.рт.ст. Накопитель предназначен для изучения электронного охлаждения.

## I. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВАКУУМУ

Накопитель НАП-М представляет собой синхротрон с очень медленным подъемом энергии (30 сек). Низкая энергия инъекции  $W = 1,5$  мэв и медленный подъем требуют получения среднего давления в кольце (длина 47 м)  $5 \cdot 10^{-10}$  мм.рт.ст. по азоту. [1] Это означает, что на инъекции время уменьшения протонного тока в  $e$  раз равно  $5 + 10$  сек. При ускорении протонного пучка время жизни возрастает как  $W^{3/2}$  поэтому теряя около 50% протонов можно осуществить ускорение протонов до энергии 100 мэв за время 30 сек.

Исследования, произведенные с охлажденным протонным пучком показали, что основное требование на среднее давление в камере предьявляет получение малого установившегося углового разброса  $\Theta \approx 10^{-5} + 10^{-6}$  рад [2]. При температуре электронного пучка 1 эв для получения  $\Theta \approx 10^{-5}$  необходимо давление  $10^{-10}$  мм.рт.ст.

Вакуумная камера накопителя НАП-М состоит из четырех прямолинейных промежутков и четырех камер прямоугольного сечения. В первом прямолинейном промежутке камера накопителя соединяется с каналом инъекции и далее с ускорительной трубкой инжектора (ускоритель Ван де Граафа). Давление в источнике ускорителя составляет  $10^{-2}$  мм.рт.ст., а в ускорительной трубке  $5 \cdot 10^{-6}$  мм.рт.ст.

Таким образом, конструкция вакуумной системы канала должна обеспечивать перепад давлений от  $5 \cdot 10^{-6}$  мм.рт.ст. до  $1 \cdot 10^{-10}$  мм.рт.ст. при двухсантиметровой апертуре канала.

Ещё одной особенностью вакуумной системы накопителя является значительное газоотделение со стенок вакуумной камеры электронной установки, встроенной в вакуумную камеру накопителя.

## 2. ВЫБОР ОТКАЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Значительная длина вакуумной камеры ускорителя требует размещения откачных устройств по всей длине камеры с определенным интервалом. Требуемая скорость откачки будет определяться газоотделением стенок вакуумной камеры, её проводимостью и необходимым рабочим вакуумом.

Предварительные экспериментальные исследования и расчет показали, что оптимальным будет размещение устройств с производительностью 1500 + 2000 л/сек с интервалом 3 + 4 м.

Задачу создания откачного устройства с такой скоростью откачки и предельным вакуумом порядка  $1 \cdot 10^{-11}$  мм.рт.ст. разрешить с помощью одного магниторазрядного насоса можно, но затруднительно ввиду значительных размеров и высокой стоимости такого насоса.

Анализ остаточных газов в прогретых до 400°C установках с магниторазрядным насосом малой производительности показал, что основными компонентами остаточных газов являются водород, смесь азота и окиси углерода, пары воды и небольшое количество аргона (Рис. I а) [3]. Анализ остаточных газов в установках с одним геттерным насосом большой производительности показал, что остаточное давление ограничивается значительным содержанием инертных газов, в основном аргона, а также метаном и парами воды (Рис. I б)

При совместной работе этих двух насосов получается значительное улучшение как предельного вакуума, так и повышение скорости откачки (Рис. I в). Чистые магниторазрядные насосы хорошо откачивают инертные газы и эффективно расщепляют молекулы метана и воды, а продукты расщепления уже хорошо откачиваются, как сорбционными титановыми насосами, так и магниторазрядными.

Комбинация этих двух насосов позволяет развить большую скорость откачки за счет простого по устройству и дешевого сорбционного насоса. Скорость откачки магниторазрядного насоса может составлять всего 10% от скорости откачки всего агрегата. Азотное охлаждение сорбционного титанового насоса не обязательно, так как нужную скорость откачки проще реализовать увеличением площади, на которую пылится титан. Для получения 2000 л/сек достаточно иметь 1000 + 1500 см<sup>2</sup> титановой пленки. На сверхвысоком вакууме, когда распыление титана достаточно производить раз в месяц по 5 мин., не нужно даже водяное охлаждение. Важным условием для эффективности действия комбинации двух насосов, является возможно более близкое расположение обоих насосов, чтобы расщепляемые в МРН вода и

метан быстрее захватывались сорбционным насосом.

Для понижения парциального давления аргона желателен использование триодного магниторазрядного насоса. Удобным оказывается использование такой комбинации и для течеискания. Достаточно выключить в районе предполагаемой течи магниторазрядный насос и, следя за показаниями манометров, производить обдувку гелием. Так как геттерный насос гелий не откачивает, то при попадании гелия в вакуумную камеру наблюдается быстрое ухудшение давления. Это позволяет быстро и оперативно устранить возникающие течи.

На основании вышесказанного и была выбрана комбинация магниторазрядного насоса со скоростью 300 л/сек с титановым испарителем. Площадь напыляемой титановой пленки 2000 см<sup>2</sup>. Рабочее давление -  $10^{-7} + 3 \cdot 10^{-12}$  мм.рт.ст.

### 3. КОНСТРУКЦИЯ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ

Вакуумная камера (Рис. 2) в поворотных магнитах представляет собой в поперечном сечении прямоугольник 70x100 мм, а по длине четверть окружности с радиусом 3 м. Стенки её сварены аргонодуговой сваркой из листовой нержавеющей стали толщиной 3 мм. Конструкция камеры позволяет производить прогрев её до 300°C без разборки магнита. Для этого на вертикальных стенках камеры уложено по три ряда нагревателя (2), представляющего собой ленту сечением 0,1x10 мм из нержавеющей стали. Для изоляции на ленту одеты плоские керамические изоляторы. В качестве теплоизолятора использовано несколько слоев асбестовой ткани и алюминиевой фольги. Обмотки магнита защищены дополнительно охлажденным водой медным экраном (3). Для обдувки гелием при течеискании в магнит заведена трубка с рядом отверстий по длине. Компенсация температурного удлинения камеры происходит за счет сильфонов по концам камер.

Откачной агрегат (Рис. 3) состоит из магниторазрядного насоса триодного типа (I) производительностью по воздуху 300 л/сек и титанового сублимационного насоса. Сублимационный насос представляет собой цилиндрический бак диаметром 230 мм и высотой 350 мм. На внутреннюю сторону производится пыление

титана, площадь титановой пленки  $2000 \text{ см}^2$ . Испарители титана (2) представляет собой титановые цилиндры с внутренним вольфрамовым нагревателем мощностью 470 вт. Охлаждение — естественное. Эффективная скорость откачки агрегата в диапазоне давлений  $1 \cdot 10^{-8} + 1 \cdot 10^{-11}$  торр составляет 2000 л/сек.

На откачной агрегат смонтированы смотровое окно, измерительная аппаратура и цельнометаллический прогреваемый вентиль, отсекающий черновой насос от вакуумной системы.

Вакуумная камера прямолинейных промежутков имеет длину 7,1 м состоит, в основном, из сочетания труб различных диаметров, имеющих значительное количество металло-керамических и металло-стеклянных электрических вводов. Внутри камеры размещены различные элементы аппаратуры управления и наблюдения за пучком (инфлектор, пластины раскачки, пробники и пр.) В промежутках размещены также датчики вакуума, откачные агрегаты, прямопролетные вентили и вентили для форвакуумной откачки. Все элементы вакуумных камер прямых промежутков выполнены из нержавеющей стали, безкислородной меди. Для прогрева прямолинейных промежутков используется гибкий ленточный нагреватель, который после прогрева снимается.

Цельнометаллический прямопролетный вентиль ДУ-70 (Рис.4). Уплотнение осуществляется за счет смятия конуса клапана кромками отверстия корпуса вентиля. Сменное седло клапана изготовлено из оттоженной безкислородной меди и крепится к штоку, перемещаемому винтом. Сильфонный узел уплотняется с корпусом через медную прокладку. Усиление уплотнения создается винтом и передается на корпус вентиля через дополнительный фланец. При этом исключается возможность разуплотнения сильфонного узла с корпусом при закрытии вентиля.

На рис. 5 показана общая схема вакуумной системы накопителя.

#### 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВАКУУМА

Все детали вакуумной системы проходили перед сборкой на месте отжиг до  $400^\circ\text{C}$  в вакуумных печах и на стендах.

После сборки вся система или её часть откачивается передвижным агрегатом АВМ-50 с азотной ловушкой, производится поиск и устранение течей. Включаются черновые магниторазрядные насосы и при достижении вакуума  $1 \cdot 10^{-6}$  торр обезгаживаются титановые испарители.

В течении 2-х суток производится прогрев установки при температуре  $250 + 300^\circ\text{C}$ . После этого производится запуск чистых магниторазрядных насосов и напыление титановой пленки. При этом черновые насосы вентилями ДУ-40 отсекаются от камеры. Течеискание после прогрева осуществляется обдувкой гелия с индикацией или по омеготрону ИПЦО-1, или по манометрическим датчикам.

Измерение вакуума производится шестнадцатью манометрическими датчиками типа ММ-14М и ММ-27 и по току магниторазрядных насосов.

#### 5. ДОСТИГНУТЫЙ ВАКУУМ И ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ

К сожалению из-за ряда конструктивных особенностей система электронного охлаждения в настоящее время не может быть обезгажена прогревом на месте и средний вакуум накопителя  $P = 2 \cdot 10^{-10}$  мм.рт.ст. определяется этим непрогретым участком.

При этом давлении в откачных агрегатах составляет  $P \sim 5 \cdot 10^{-12}$  мм.рт.ст. давление в районе инъекции при работающем источнике  $P \sim 3 + 5 \cdot 10^{-11}$  мм.рт.ст.

Такой вакуум достигается после прогрева вакуумной системы до температуры  $250 + 300^\circ\text{C}$  в течение 48 часов.

В настоящее время сконструирована и изготовлена прогреваемая вакуумная камера системы электронного охлаждения. Это, а также более интенсивный (до  $400^\circ\text{C}$ ) прогрев позволяют надеяться на получение среднего по накопительному кольцу давления  $P \sim 3 + 5 \cdot 10^{-11}$  мм.рт.ст

Л и т е р а т у р а

1. А.А.Коломенский, А.Н.Лебедев, Теория циклических ускорителей М., Физматгиз (1962).
2. В.В.Пархомчук, Диссертация, Новосибирск (1975).
3. В.В.Анашин, Г.А.Блинов, Л.А.Мироненко, Ю.П.Сахно, Г.А.Корнюхин, Э.М.Трахтенберг. Доклад на У Всесоюзной конференции по вакуумной технике, Казань, 1972 г.

Поступила - 30 апреля 1975 г.

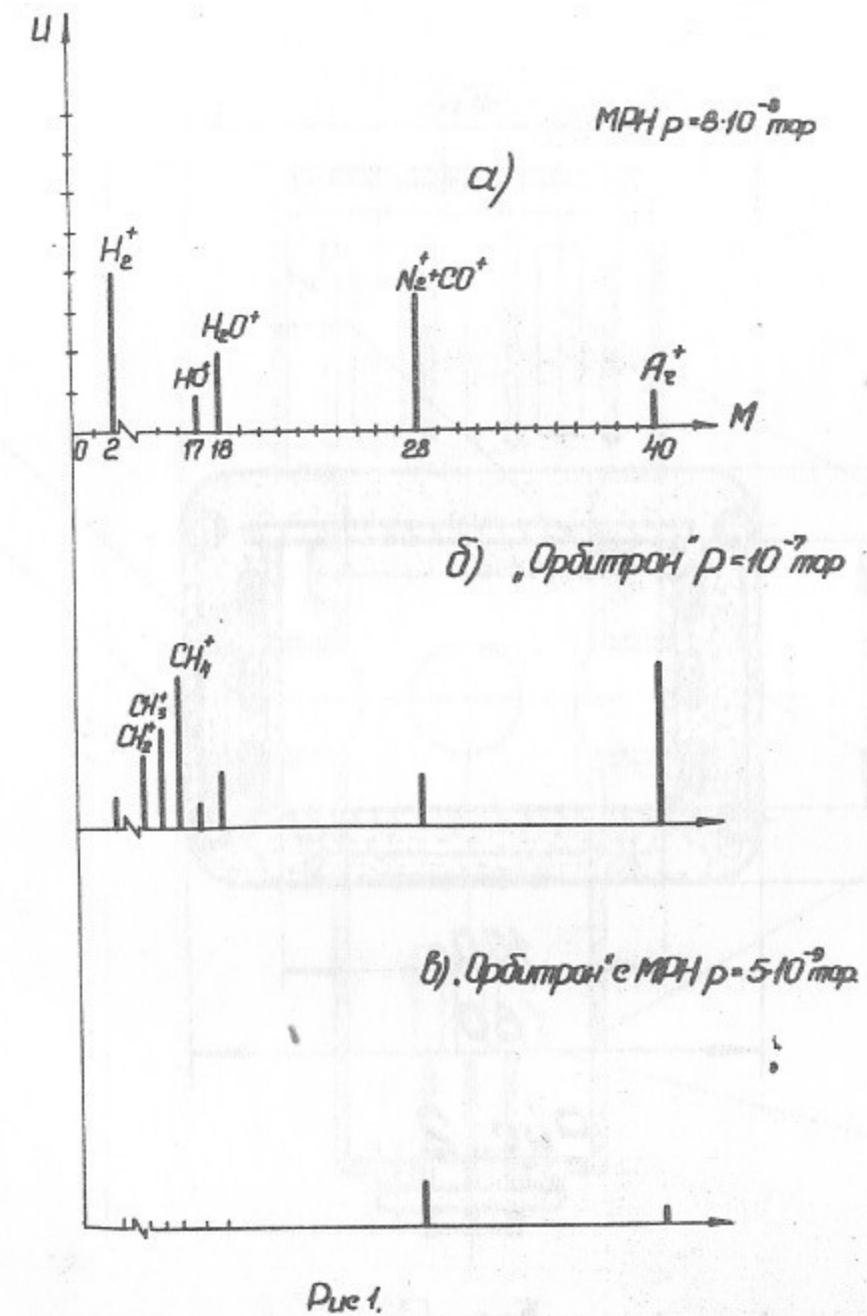


Рис.1. Спектр остаточных газов при откачке систем различными типами насосов.

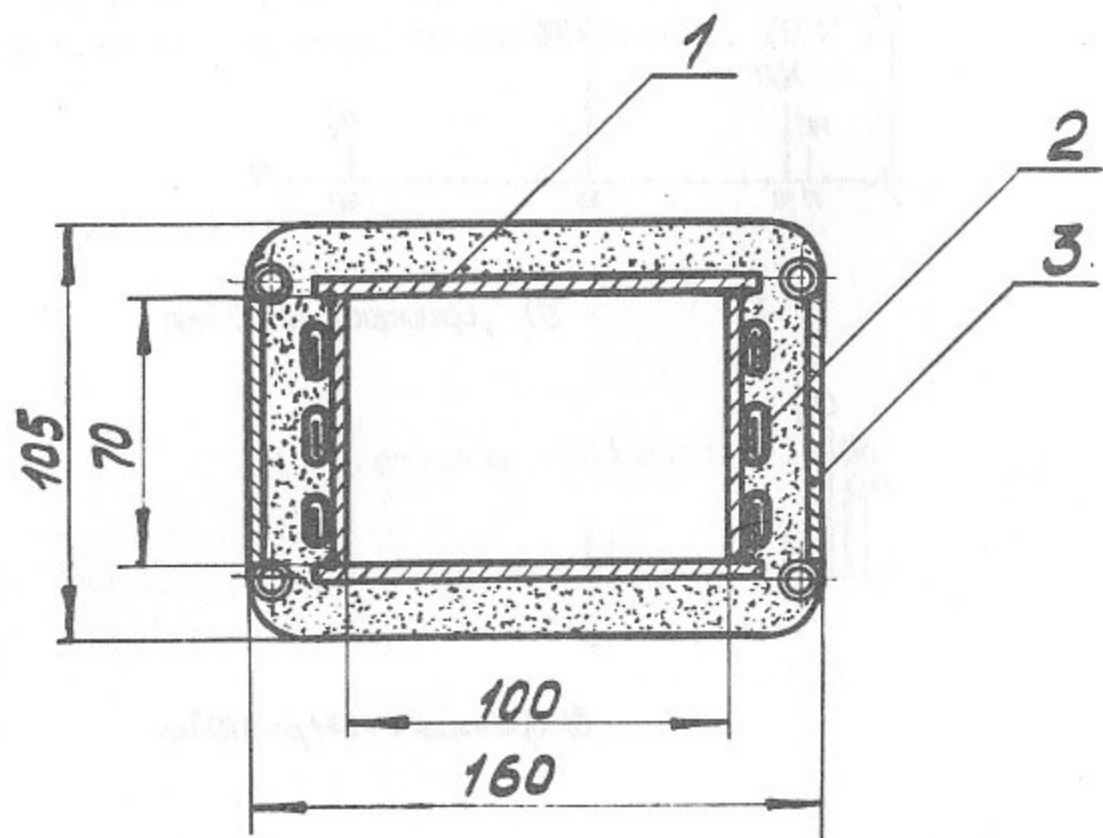


Рис. 2

Рис.2. Вакуумная камера в поворотных магнитах.

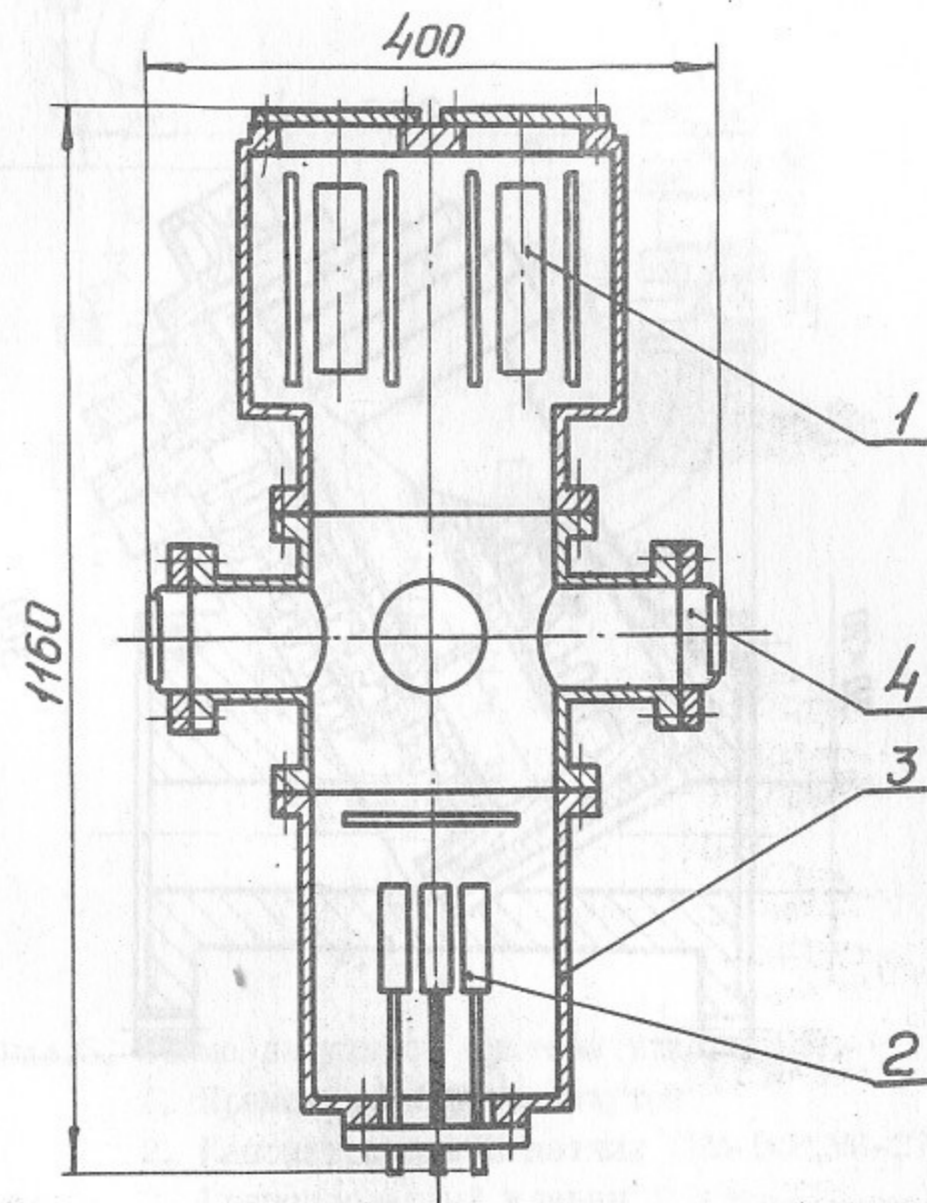


Рис.3

Рис.3. Откачной агрегат.

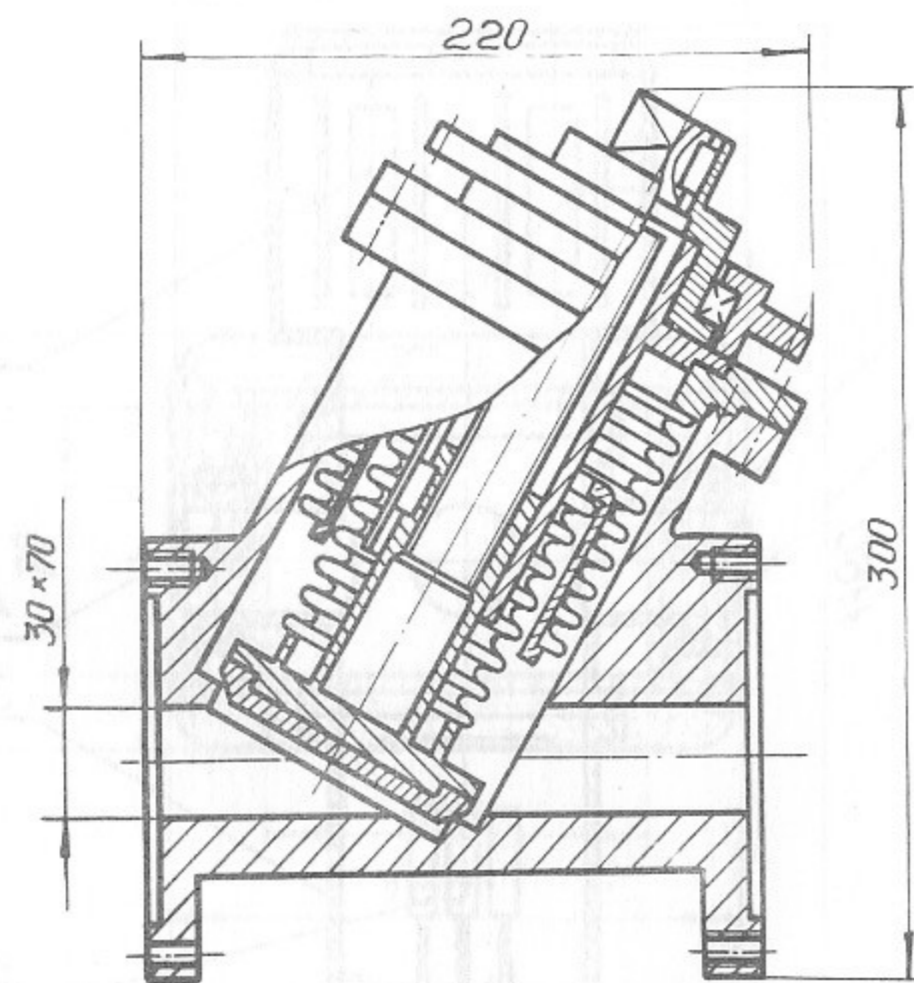


Рис. 4.

Рис. 4. Прямопролетный цельнометаллический вентиль

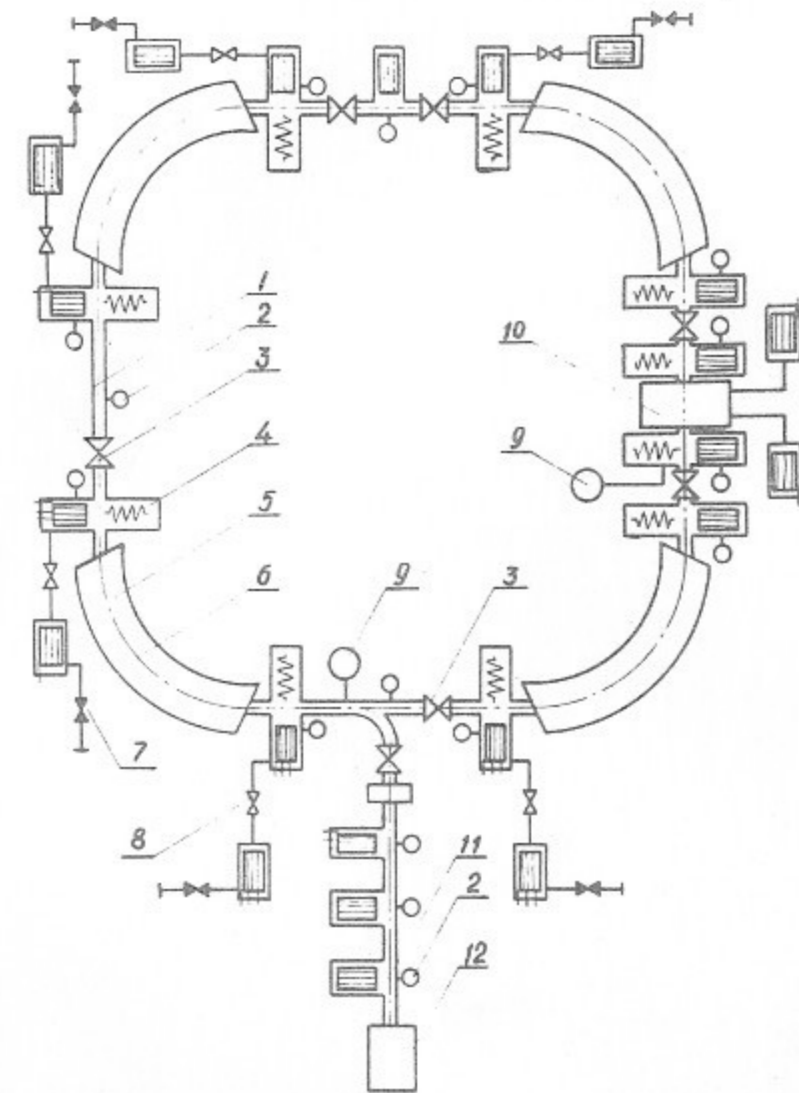


Рис. 5.

Рис. 5. Схема вакуумной системы накопителя.

1. Прямолинейный промежуток
2. Манометрический датчик (ММ-14М, МИ-27)
3. Прямопролетный клапан
4. Откачной агрегат
5. Поворотный магнит
6. Вакуумная камера
7. Вентиль К-25 для форвакуумной откачки
8. Чистометаллический вентиль ДУ-40
9. Измеритель парциальных давлений (ИПДО-1)
10. Электронная установка
11. Канал инъекции
12. Электростатический ускоритель.



Ответственный за выпуск Г.А. СПИРИДОНОВ

Подписано к печати 30.V-1975г. МН 03007

Усл. печ. 0,8 л., тираж 200 экз. Бесплатно

Заказ № 50.

Отпечатано на ротапринте ИЯФ СО АН СССР, от