

ВАКУУМНАЯ



ТЕХНИКА

ВАКУУМНАЯ

ТЕХНИКА

**СПРАВОЧНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

В настоящее время вакуумная техника находит все более широкое применение в самых различных отраслях народного хозяйства. Этим, в частности, обусловлено и то, что эксплуатацией вакуумного оборудования зачастую занимаются специалисты, не являющиеся вакуумщиками.

Вследствие значительной специфичности проектирования, монтажа и обслуживания вакуумных систем, особенно высоковакуумных установок, потребителю подчас трудно выбрать необходимый комплект оборудования и арматуры, заказать наиболее пригодный для конкретных рабочих условий материал для уплотнителей, подобрать соответствующую рабочую жидкость (вакуумное масло).

Выпуская в свет „Справочные материалы“, его составители ставят перед собой задачу помочь потребителям в рациональном выборе вакуумного оборудования и комплектowaniu вакуумных систем.

Разделам „Материалов“ предшествует вводная часть, в которой указаны общее назначение и область применения изделий (серии, ряда), включенных в данный раздел, и дано описание их общих конструктивных принципов.

В „Материалах“ включены данные о выпускаемых в Советском Союзе или подготавливаемых к выпуску изделиях вакуумной техники — механических, струйных, электроразрядных, сорбционно-ионных, геттерно-ионных и сорбционных насосах и агрегатах, о приборах для измерения общего и парциального давлений, течеискателях, вакуумной арматуре, ловушках и рабочих жидкостях (вакуумных маслах).

Наряду с описанием новейших промышленных образцов вакуумной техники в „Материалах“ содержатся данные о некоторых видах оборудования, выпуск которых вскоре будет прекращен ввиду разработки новых, более совершенных изделий. Однако эти широко распространенные виды оборудования будут находиться еще длительное время в эксплуатации.

Для облегчения пользования „Материалами“ составители стремились там, где это представлялось возможным, дать описания не отдельного изделия, а серии (ряда) изделий вакуумной техники. Перед описанием того или иного изделия в правом верхнем углу помещен каталожный индекс.

Технические характеристики, приведенные в „Материалах“, могут быть изменены без дополнительной информации.

МЕХАНИЧЕСКИЕ

НАСОСЫ

И АГРЕГАТЫ

Область действия механических вакуумных насосов охватывает диапазон давлений от 1 атм (механические насосы с масляным уплотнением) до 10^{-9} мм рт. ст. (турбомолекулярные насосы).

Механические вакуумные насосы можно разделить на три группы:

- 1) насосы с масляным уплотнением;
- 2) двухроторные насосы ДВН;
- 3) молекулярные насосы.

Насосы с масляным уплотнением обладают быстротой откачки от десятых долей до сотен литров в секунду. В частности, в СССР выпускается насос ВН-500 с наибольшей быстротой откачки — 500 л/сек.

За последние годы появились насосы, использующие известный принцип воздуходувки Рутса с двумя вращающимися без трения фигурными роторами. Эти насосы, получившие название двухроторных (ДВН), нашли очень широкое применение в области давлений $1 \div 10^{-3}$ мм рт. ст. Производительность двухроторных вакуумных насосов — от 5 до 5000 л/сек.

Молекулярные насосы применяются для создания высокого и сверхвысокого вакуума. Современная разновидность этих насосов — так называемые турбомолекулярные насосы — используются для достижения давлений $10^{-9} \div 10^{-10}$ мм рт. ст. Быстрота откачки промышленных образцов составляет 200—2500 л/сек.

МЕХАНИЧЕСКИЕ НАСОСЫ С МАСЛЯНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ

Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением, используются для получения остаточных давлений от 760 до 10^{-3} мм рт. ст. и являются неотъемлемой частью любой вакуумной установки.

Они используются в качестве насосов предварительного разрежения в высоковакуумных агрегатах, при работе со струйными, двухроторными, молекулярными и другими высоковакуумными насосами. Широко применяются для откачки воздуха, химически неактивных газов, паров и парогазовых смесей, не воздействующих на материалы конструкции и рабочую жидкость насоса.

Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением по принципу действия относятся к насосам объемного типа. Через впускной патрубков газ поступает в рабочую камеру. В зависимости от геометрических размеров камеры и роторного механизма порция газа, заполняющая рабочий объем насоса, при вращении роторов в определенный момент отсекается пластиной или периферийной частью головки ротора от входной части камеры и переносится на сторону выпуска. У одноступенчатых насосов и в выпускных ступенях двухступенчатых насосов с масляным уплотнением перенос периодически захватываемых порций газа сопровождается их сжатием и выбросом в атмосферу через клапан.

Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением являются вращательными насосами. По своему устройству они разделяются на пластинчато-роторные, пластинчато-статорные, пластинчато-статорные с пластиной в виде поршня и плунжерные. Циркулирующее в насосах этого типа масло уплотняет зазоры между трущимися деталями, предотвращает поступление в камеру насоса атмосферного воздуха через клапан, заполняет вредные объемы и уменьшает их влияние на величину остаточного давления.

Масло, поступающее в камеру насоса, содержит растворенные газы. В рабочей камере эти газы выделяются из пленки масла и поступают на вход насоса. Масло, выброшенное из камеры, некоторое время находится под воздействием атмосферного воздуха и поглощает газы, после чего вновь поступает в камеру насоса, где частично обезгаживается. Масло может также поглощать газы на стороне сжатия.

Одной из причин, вызывающих изменение состава масла в процессе работы, является влияние откачиваемых газов и паров. При нормальной эксплуатации масло в насосах, откачивающих только воздух или неагрессивные газы, не ухудшается даже после нескольких месяцев работы. Откачка агрессивных газов и паров (SO_2 , Cl_2 , F_2 и др.) вызывает более или менее быструю порчу масла. Кроме того, как при откачке агрессивных сред, так и при откачке паров воды происходят коррозия поверхностей деталей насоса и осмоление масла.

Современным требованиям отвечают насосы с масляным уплотнением, рассчитанные на максимальное использование небольшого числа унифицированных элементов для получения ряда типоразмеров. Унифицированные насосы обеспечивают достижение низкого остаточного давления, динамически сбалансированы, надежны в эксплуатации, для них разработаны специальные входные и выходные ловушки — отстойники, вентили — проходные и угловые, ручного и дистанционного управления и аварийного закрытия.

Существенное улучшение эксплуатационно-технических характеристик достигнуто благодаря разделению в этих насосах обенх камер и их маслосистем в двухступенчатых насосах, обезгаживанию масла между ступенями, разработке системы газобалластного устройства, предохранительного устройства (типа обгонной муфты) от проворота роторного механизма в обратную сторону и „забрасывания“ масла на сторону высокого вакуума; характерна компоновка роторных узлов с приводными механизмами на одном валу, позволяющая производить полную динамическую балансировку, создающую плавность хода без вибрации насоса.

Большой интерес для потребителей представляет самый маленький насос оригинальной конструкции ВН-0,1 (вертикальный). Малые габариты, незначительная потребляемая мощность и вертикальная компоновка делают его удобным для переносной аппаратуры, масс-спектрометров, установок лабораторного и промышленного назначения.

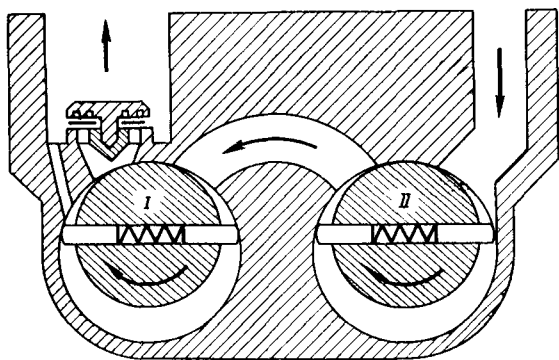


Схема двухступенчатого механического вакуумного насоса

Для получения остаточного давления по воздуху ниже, чем $2 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст., применяется двухступенчатый насос. Насос состоит из двух последовательно соединенных ступеней, причем ступень I служит в качестве насоса предварительного разрежения для ступени II, которую часто называют высоковакуумной ступенью.

Лучшие образцы двухступенчатых насосов достигают остаточного давления по воздуху около $1 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. Легкие фракции масла, имеющиеся в ступени II, в процессе работы испаряются, и их пары непрерывно откачиваются ступенью I, т. е. происходит обеднение легкими фракциями масла в высоковакуумной ступени, что почти не имеет места у одноступенчатых насосов. Естественно, что и на входе в двухступенчатый насос уменьшается количество паров легких фракций, которые определяют полное остаточное давление вакуумного насоса.

Наличие газобалластного устройства позволяет откачивать механическими вакуумными насосами с масляным уплотнением парогазовые смеси с большим содержанием паров и воды.

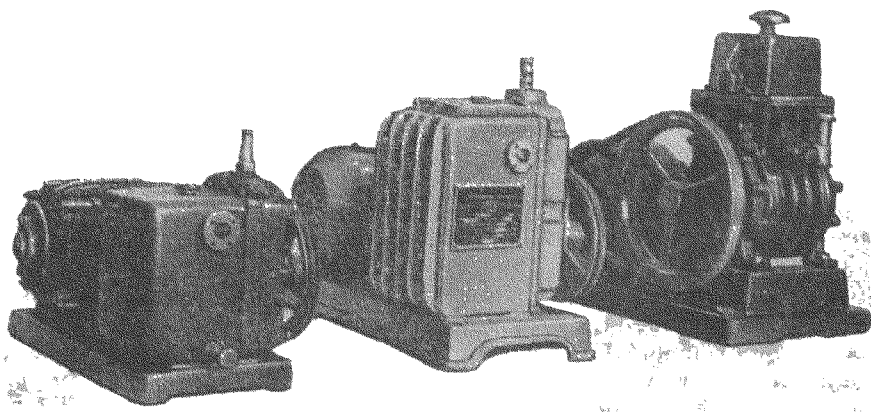
Минимально необходимое количество балластного газа при этом определяется из условия, чтобы к моменту выпуска, когда достигается наивысшее давление, парциальное давление конденсируемых паров в камере насоса не достигало давления их насыщения при температуре насоса.

**МЕХАНИЧЕСКИЕ НАСОСЫ С МАСЛЯНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ
ПЛАСТИНЧАТО-РОТОРНЫЕ И ПЛАСТИНЧАТО-СТАТОРНЫЕ**

2.1.01/1

НАСОСЫ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Насосы пластинчато-роторного и пластинчато-статорного типов с масляным уплотнением ВН-494, ВН-461М (ВН-0,8Г), РВН-20 предназначены для предварительной откачки при работе с высоковакуумными насосами, а также для самостоятельной откачки воздуха, химически неактивных газов, не воздействующих на материалы конструкции и рабочую жидкость насоса.

**Насосы ВН-494, ВН-461М, РВН-20**

Насосы не имеют газобалластного устройства (кроме насоса ВН-0,8Г), поэтому для откачки конденсируемых паров не рекомендуются.

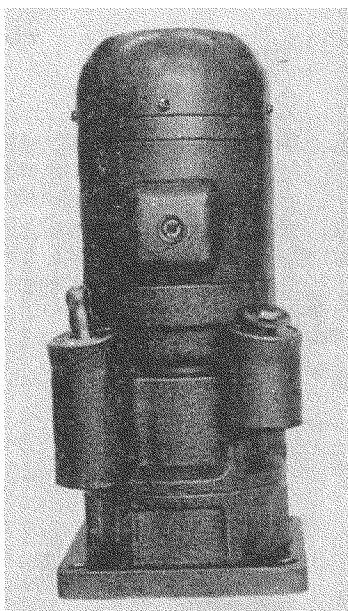
Наиболее совершенным насосом этой группы является двухступенчатый пластинчато-статорный насос ВН-0,8Г, представляющий собой модернизированную конструкцию насоса ВН-461М. Насос может откачивать пары с наибольшим допустимым давлением на входе 14 мм рт. ст. При этом производительность насоса по чистой воде составляет 40 г/час. Наибольшее давление на входе, при котором насос может длительно работать, — 75 мм рт. ст.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы			
	ВН-494	ВН-461М	ВН-0,8Г	РВН-20
Число ступеней	2	2	2	2
Быстрота откачки в интервале давлений $760 \div \div 1$ мм рт. ст., л/сек	0,21	0,78	0,78	2,6
Остаточное давление, мм рт. ст.:				
полное с газобалластом	—	—	$3 \cdot 10^{-2}$	—
полное без газобалласта	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
парциальное по воздуху	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Число оборотов ротора в минуту	360	540	540	450
Рабочая жидкость	Вакуумное масло ВМ-4 или ВМ-6			
Количество масла, заливаемого в насос, л	1,5	2,3	2,3	0,5
Электродвигатель: 50 гц, 380/220 в		асинхронный, трехфазный		
мощность электродвигателя, квт	0,6	0,6	0,6	0,6
Габариты, мм:				
длина	437	530	530	613
ширина	300	300	300	320
высота	325	415	415	430
Вес насоса с приводом, кг	34	64	65	110

НАСОС ВН-0,1

Насос ВН-0,1 — самый маленький из вакуумных насосов — имеет два исполнения: вертикальное и горизонтальное.



Насос ВН-0,1 предназначен для откачки воздуха и неагрессивных газов из сравнительно небольших объемов. Большое число оборотов, применение прифланцованного двигателя, малые габариты и вес при хороших рабочих параметрах позволяют использовать насос в переносной аппаратуре, течеискателях, в установках лабораторного и промышленного назначения. Насос ВН-0,1 может работать в качестве насоса предварительного разрежения с диффузионными насосами малой производительности.

Насос ВН-0,1 не имеет газобалластного устройства, поэтому для откачки конденсируемых паров не рекомендуется.

Насос ВН-0,1 в вертикальном исполнении

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Число ступеней	2
Средняя быстрота откачки в интервале давлений 760 ÷ 1 мм рт. ст., л/сек	0,1
Остаточное давление, мм рт. ст.:	
полное	$3 \cdot 10^{-2}$
парциальное по воздуху	$3 \cdot 10^{-3}$
Число оборотов ротора в минуту:	
насос вертикального исполнения	1390
насос горизонтального исполнения	1400
Рабочая жидкость	вакуумное масло ВМ-4 или ВМ-6
Электродвигатель: 50 гц, 380/220 в	асинхронный трехфазный
Номинальная мощность электродвигателя, вт:	
насос вертикального исполнения	80
насос горизонтального исполнения	120
Габаритные размеры, мм:	
насос вертикального исполнения	140 × 135 × 295
насос горизонтального исполнения	306 × 135 × 170
Вес с электродвигателем, кг:	
насос вертикального исполнения	6,6
насос горизонтального исполнения	8,25

ГАЗОБАЛЛАСТНЫЕ НАСОСЫ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Насосы пластинчато-роторного типа с масляным уплотнением единой серии (ВН-0,25-2, ВН-0,5-1, ВН-0,5-2, ВН-1-1, ВН-1-2, ВН-3-1, ВН-3-2 и ВН-6-2) предназначены для предварительной откачки при работе с высоковакуумными насосами, а также для самостоятельной откачки воздуха, химически неактивных газов, паров и парогазовых сме-

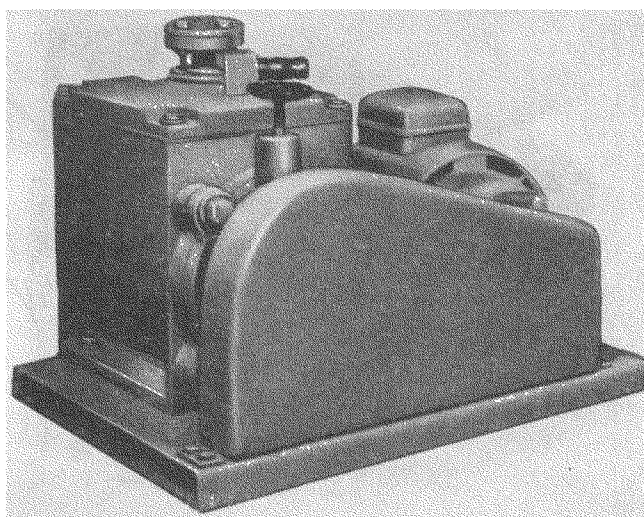


Рис. 1. Насос ВН-0,25-2

сей, не воздействующих на материалы конструкции и рабочую жидкость насоса.

Благодаря газобалластному устройству насосы откачивают конденсируемые газы и парогазовые смеси.

Допустимое парциальное давление паров воды на входе в насос — 17,6 мм рт. ст.

Эти насосы не имеют принудительного охлаждения, компактны, удобны в эксплуатации.

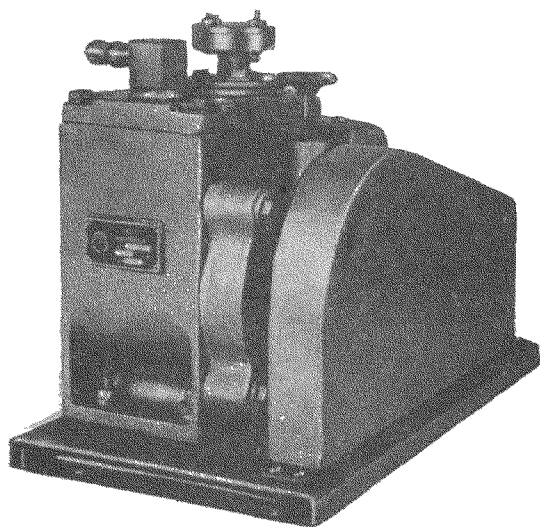


Рис. 2. Насос BH-0,5-1

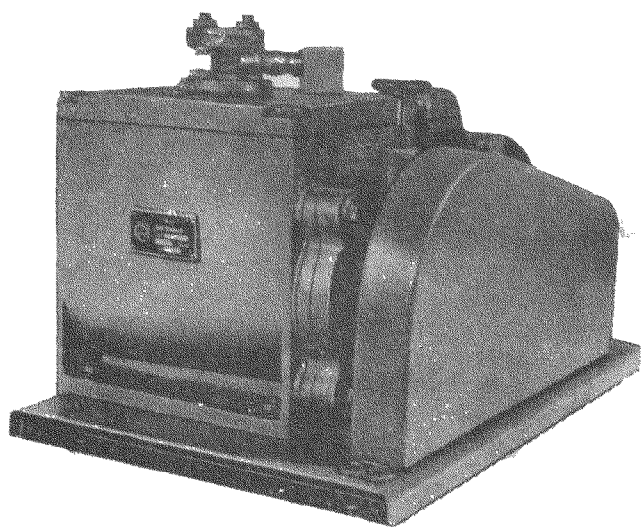


Рис. 3. Насос BH-0,5-2

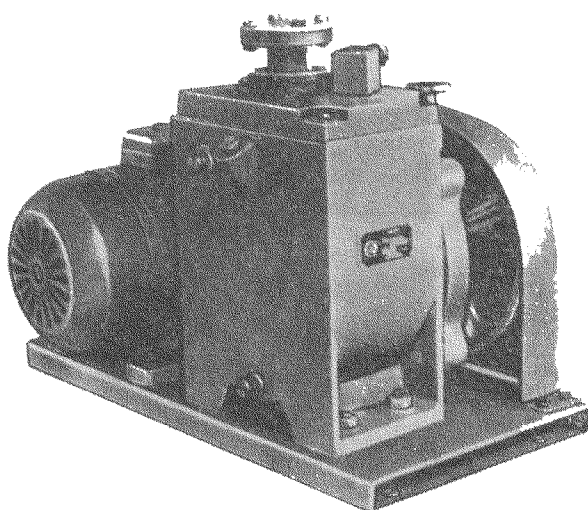


Рис 4 Насос BH 1 1

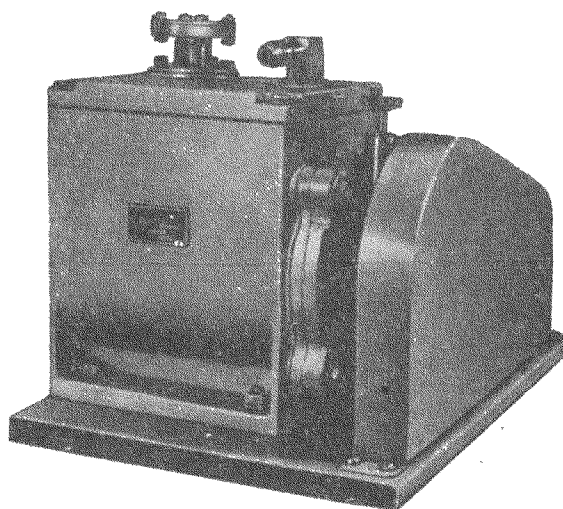


Рис 5 Насос BH 1 2

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы							
	ВН-0,25-2	ВН-0,5-1	ВН-0,5-2	ВН-1-1	ВН-1-2	ВН-3-1	ВН-3-2	ВН-6-2
Число ступеней	2	1	2	1	2	1	2	2
Быстрота откачки в интервале давлений 760 ÷ 1 мм рт. ст., л/сек	0,25	0,5	0,5	1	1	3	3	6
Остаточное давление, мм рт. ст.:								
полное с газобалластом	$1 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
полное без газобалласта	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
парциальное по воздуху	$2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Число оборотов ротора в минуту	450	450	450	450	450	450	450	450
Рабочая жидкость	вакуумное масло ВМ-4 или ВМ-6							
Количество масла, заливаемого в насос, л	0,85	0,75	1,2	1,2	2,3	2	4,7	5,3
Электродвигатель: 50 гц, 380/220 в			асинхронный, трехфазный					
мощность электродвигателя, кВт	0,18	0,18	0,27	0,27	0,4	0,4	0,6	1,0
Габариты, мм:								
длина	330	370	380	450	450	482	545	568
ширина	243,5	253	278	269	325	297	433	447
высота	229	255	255	335	335	359	358	420
Вес насоса с приводом, кг	16,5	18	26,5	26	38	37,5	67,5	70

МЕХАНИЧЕСКИЕ НАСОСЫ С МАСЛЯНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ ПЛУНЖЕРНЫЕ

2.1.02/1

НАСОСЫ ВП СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Насосы плунжерного типа ВП-2МГ, ВП-1МГ, ВП-4Г, ВП-7Г (ВП-7М), ВП-6Г (ВП-6МГ), ВП-300 (ВП-300М) и ВП-500 (ВП-500М) предназначены для использования в качестве насосов предварительного разрежения при работе с высоковакуумными насосами, а также для самостоятельной откачки воздуха, химически неактивных газов, паров и

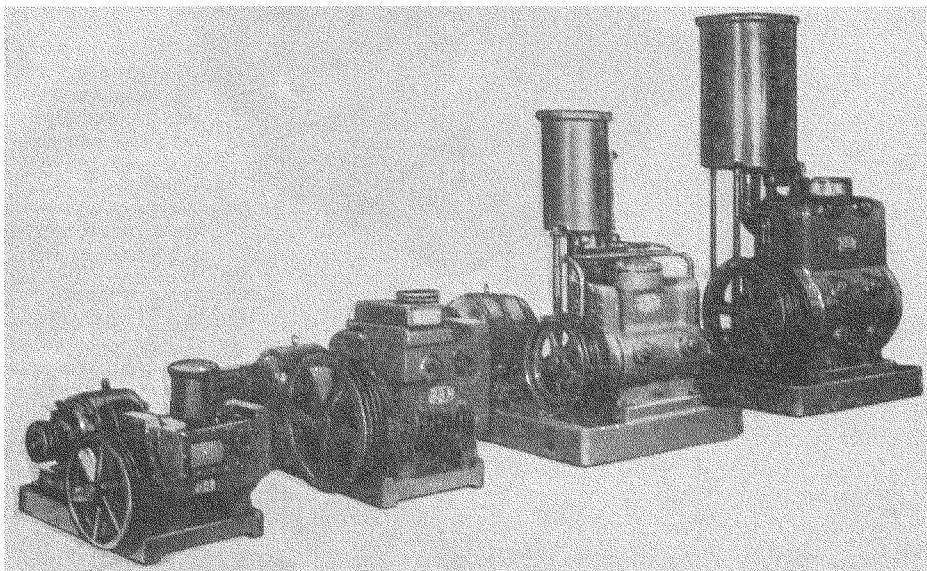


Рис 1 Насосы ВП 2МГ ВП 1МГ, ВП 4Г, ВП 6Г

парогазовых смесей, не воздействующих на материалы конструкции и рабочую жидкость насоса.

Плунжерные насосы средней производительности ВП-2МГ, ВП-1МГ, ВП-4Г (ВП-7Г) и ВП-6Г (рис. 1), а также насосы большой производительности ВП-300 (рис. 2) и ВП-500 (рис. 3) не приспособлены для дистанционного управления (кроме насоса ВП-7Г, имеющего частично элементы автоматики и контроля). Модернизированные на их основе вакуумные насосы ВП-7М, ВП-6МГ, ВП-300М и ВП-500М допускают дистанционное управление и имеют систему контрольных, исполнительных и сигнализирующих устройств, осуществляющих:

- а) контроль вращения роторов насоса (работы насоса) — реле оборотов;
- б) контроль номинального расхода охлаждающей воды во время работы насоса — гидрореле;
- в) автоматическое включение и выключение подачи масла, согласованные с пуском и остановкой насоса — при помощи реле оборотов;
- г) контроль температуры масла — посредством датчика.

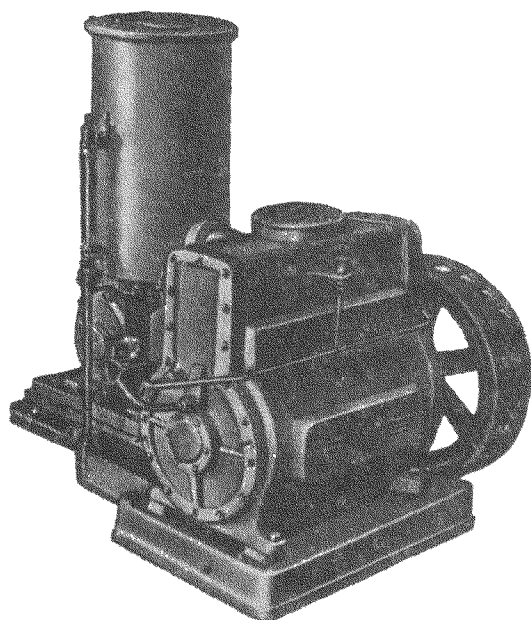


Рис 2 Насос БН 300

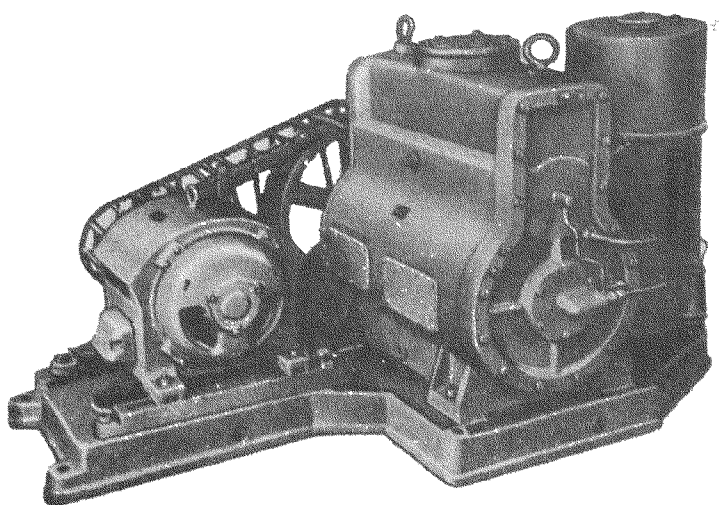


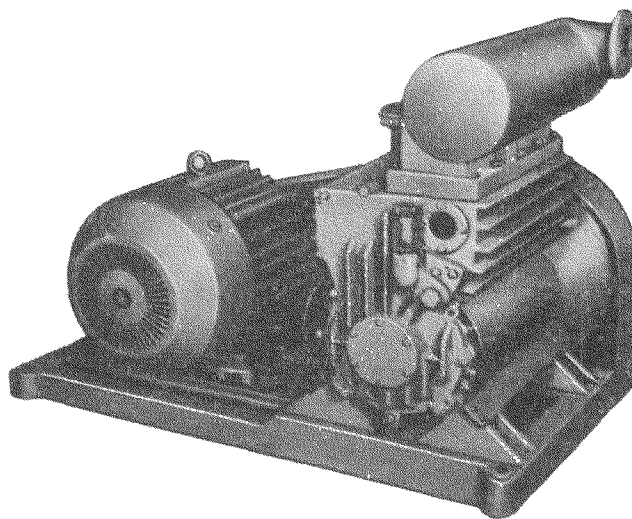
Рис 3 Насос Б11 500

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы					
	ВН-2МГ	ВН-1МГ	ВН-4Г ВН-7Г (ВН-7М)	ВН-6Г (ВН-6МГ)	ВН-300 (ВН-300М)	ВН-500 (ВН-500М)
Число ступеней	2	2	1	1	1	1
Быстрота откачки в интервале давлений $760 \div 1 \text{ мм рт. ст.}$, л/сек	5,8	16,5	45	120	300	500
Остаточное давление, мм рт. ст.:						
полное с газобалластом	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	1	$1 \div 1,5$	1	1
полное без газобалласта	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
парциальное по воздуху	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Максимальное всасное давление паров воды, мм рт. ст.	4	4	5	5	8	8
Число оборотов ротора в минуту	525	500	500	360	260	210
Расход охлаждающей воды, л/час	охлажденное воздушное		2300	3000	5500	6500
Рабочая жидкость	Вакуумное масло ВМ-4 или ВМ-6					
Количество масла, заливаемого в насос, л	2	3,8	16	55	80	85
Электродвигатель: 50 гц, 220/380 в	Асинхронный, трехфазный					
мощность						
электродвигателя, квт	1,7	2,8	7	20	40	55
Габариты, мм						
длина	822	954	1370 (1490)	1560 (1500)	2075	2910
ширина	486	580	770	970 (980)	1510 (1705)	1850 (2060)
высота	575	745	1300	1790	1800	1535
Вес насоса с приводом, кг	187	290	690 (622)	1557 (1500)	2605 (2613)	4226 (4078)

НАСОСЫ ВН СРЕДНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Насосы плунжерного типа единой серии ВН-10-2, ВН-10-1, ВН-20-2, ВН-20-1, ВН-40-2 и ВН-40-1 предназначены для использования в качестве насосов предварительного разрежения при работе с вакуумными



Насос ВН-40-1 (ВН-40-2)

насосами, а также для самостоятельной откачки воздуха, химических неактивных газов, паров и парогазовых смесей, не воздействующих на материалы конструкции и рабочую жидкость насоса.

Все насосы имеют один и тот же размер профиля роторного механизма и разные длины. До 90% деталей насосов унифицировано, что дает возможность на базе одних и тех же деталей получить шесть типов насосов одно- и двухступенчатых насосов производительностью 6 до 40 л/сек.

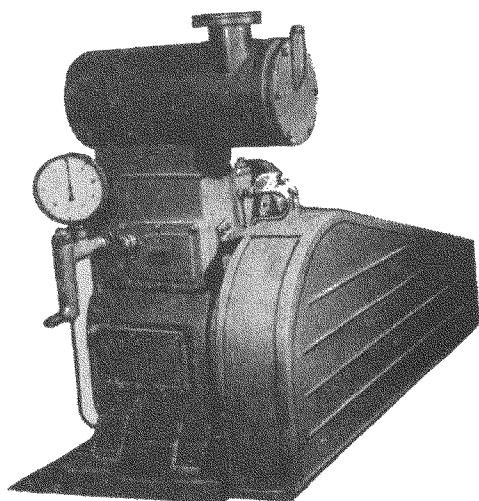
Насосы имеют газобалластное устройство, позволяющее откачивать пары воды с давлением на входе в насос 17,6 мм рт. ст. Насосы отличаются совершенной системой смазки, низким остаточным давлением, хорошими удельными характеристиками, достаточно высокими максимально допустимыми входными давлениями при длительной работе.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы					
	ВН-10-2	ВН-10-1	ВН-20-2	ВН-20-1	ВН-40-2	ВН-40-1
Число ступеней	2	1	2	1	2	1
Быстрота откачки в интервале давлений $760 \div 1$ мм рт. ст., л/сек	6	9	12	18	25	40
Остаточное давление, мм рт. ст.:						
полное с газобалластом	$3 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-1}$
полное без газобалласта	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$
парциальное по воздуху	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Максимальное давление паров воды, мм рт. ст.	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6
Число оборотов ротора в минуту	540	540	540	540	540	540
Рабочая жидкость	Вакуумное масло ВМ-4 или ВМ-6					
Количество масла, заливаемого в насос, л	0,8	1,4	1,5	2,5	2,3	3,7
Электродвигатель: 50 гц, 220/380 в	Асинхронный, трехфазный					
мощность электродвигателя, кВт	1,0	1,1	1,5	2,2	4,0	5,5
Габариты, мм						
длина	752	752	752	752	872	872
ширина	342	360	415	415	597	597
высота	680	668	680	668	690	678
Вес насоса с приводом, кг	120	110	165	170	290	285

НАСОСЫ ВН БОЛЬШОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Насосы плунжерного типа единой серии ВН-75-2, ВН-75-1, ВН-150-2 и ВН-150-1 предназначены для использования в качестве насосов предварительного разрежения при работе с высоковакуумными насосами,



Насос ВН-75 1 (ВН-75-2)

а также для самостоятельной откачки воздуха, химически неактивных газов, паров и парогазовых смесей, не воздействующих на материалы конструкции и рабочую жидкость насоса.

Для получения четырех типоразмеров ряда насосов производительностью от 50 до 150 л/сек используется один размер профиля роторного механизма и разные длины. Унифицировано 90% деталей насосов.

Наличие газобалластного устройства позволяет откачивать пары воды.

Насосы имеют хорошую динамическую балансировку вращающихся деталей и узлов, совершенную систему смазки, низкое предельное остаточное давление и высокие удельные характеристики.

Насосы удобны и надежны в работе, имеют достаточно высокие максимально допустимые впускные давления при длительной непрерывной работе. Охлаждение — водяное.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы			
	ВН-75-2	ВН-75-1	ВН-150-2	ВН-150-1
Число ступеней	2	1	2	1
Быстрота откачки в интервале давлений 760÷1 мм рт. ст., л/сек	50	75	100	150
Остаточное давление, мм рт. ст.:				
полное с газобалластом	$1 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-1}$
полное без газобалласта	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$
парциальное по воздуху	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Максимальное впускное давление паров воды, мм рт. ст.	17,6	17,6	17,6	17,6
Число оборотов ротора в минуту	470	475	450	450
Расход охлаждающей воды, л/час	600	600	900	900
Рабочая жидкость	вакуумное масло ВМ-4 или ВМ-6			
Количество масла, заливаемого в насос, л	9,5	14	19	25
Электродвигатель: 50 гц, 220, 380 в	асинхронный, трехфазный			
мощность электродвигателя, квт	7,5	9	13	13
Габариты, мм:				
длина	1430	1430	1430	1430
ширина	650	650	1183	1183
высота	1165	1165	1175	1175
Вес насоса с приводом, кг	765	770	948	948

ДВУХРОТОРНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ НАСОСЫ

Двухроторные механические вакуумные насосы ДВН предназначены для создания и поддержания в вакуумных установках рабочих давлений $1 \div 10^{-4}$ мм рт. ст.

Основное достоинство насосов ДВН — высокая быстрота откачки при малых габаритах и малом потреблении мощности в области среднего вакуума.

Компактность конструкции, отсутствие масляного уплотнения, малая чувствительность к пыли и загрязнению, спокойная безвибрационная работа, постоянная готовность к работе делают двухроторные насосы незаменимыми во многих случаях эксплуатации вакуумных систем.

Двухроторные насосы работают с предварительным разрежением (обычно от механических насосов с масляным уплотнением).

Предельное остаточное давление одноступенчатых насосов составляет $\sim 5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст., двухступенчатых $\sim 5 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.

Разработаны насосы этого типа с быстротой откачки от 5 до 5000 л/сек.

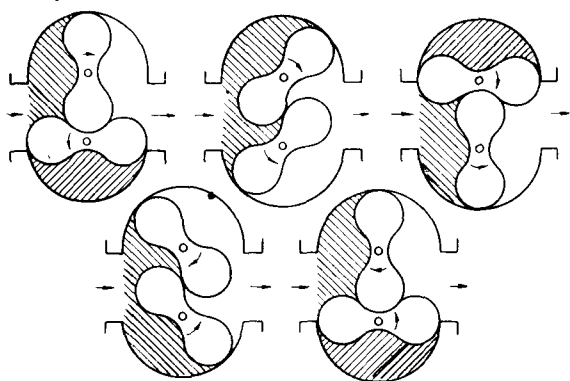
Малые насосы ДВН (до 150 л/сек) могут устанавливаться непосредственно на насосе предварительного разрежения и приводиться в действие от его двигателя, большие насосы устанавливаются на отдельной фундаментной плите.

Для защиты насосов от попадания в них твердых частиц при откачке загрязненных газов во впускных патрубках установлены защитные сетки.

Двухроторные вакуумные насосы состоят из двух фигурных роторов, по профилю напоминающих восьмерки, и синхронно вращающихся в корпусе навстречу друг другу. Роторы приводятся во вращение через шестеренчатую передачу, связывающую их валы и находящуюся вне рабочей камеры. Во время работы роторы не касаются друг друга благодаря специальной профилировке и регулировке зазоров при сборке. Основными достоинствами двухроторных насосов являются отсутствие трения в роторном механизме, простота устройства и хорошая балансировка роторов, благодаря чему может быть достигнута большая производительность при малых габаритах за счет высокого числа оборотов.

На рисунке показан ряд последовательных положений роторов при работе. Отсеченный от стороны всасывания газ при вращении роторов переносится на сторону выпуска.

Таким образом, геометрическая быстрота откачки двухроторного насоса определяется объемом, удаляемым обоими роторами в единицу времени. Фактическая быстрота откачки несколько меньше геометрической за счет обратного перетекания газа через зазоры в роторном механизме.



Принцип действия двухроторного вакуумного насоса

НАСОСЫ ДВН МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Двухроторные вакуумные насосы ДВН-5-1, ДВН-5-2, ДВН-15-1, ДВН-15-2, ДВН-50-1, ДВН-50-2 и ДВН-150-1 предназначены для под-

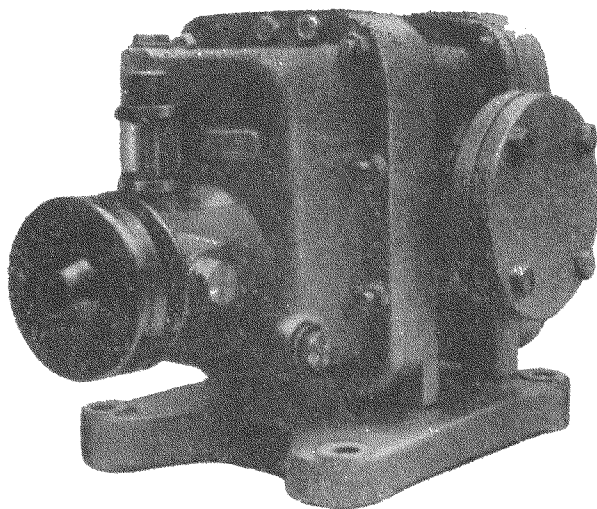


Рис. 1. Насос ДВН-5-1

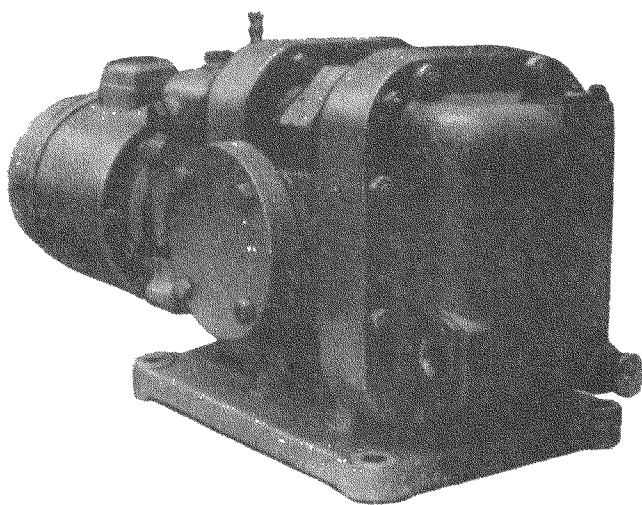


Рис. 2. Насос ДВН-15-1

держания рабочего давления в диапазоне $1 \div 10^{-3}$ мм рт. ст. (средний вакуум) в установках с большим газоотделением. Основная область применения — вакуумная металлургия. Поскольку насосы ДВН не боятся прорывов атмосферного воздуха и их рабочее давление совпа-

дает с выпускным давлением пароструйных насосов, насосы ДВН могут использоваться в централизованных системах предварительного разрежения, например, в электровакуумной промышленности, где один или несколько насосов ДВН обеспечивают откачку изделий от 1 атм до $10^{-1} \div 10^{-2}$ мм рт. ст. (черновая линия) и работу диффузионных насосов (чистовая линия) на большом количестве откачных постов.

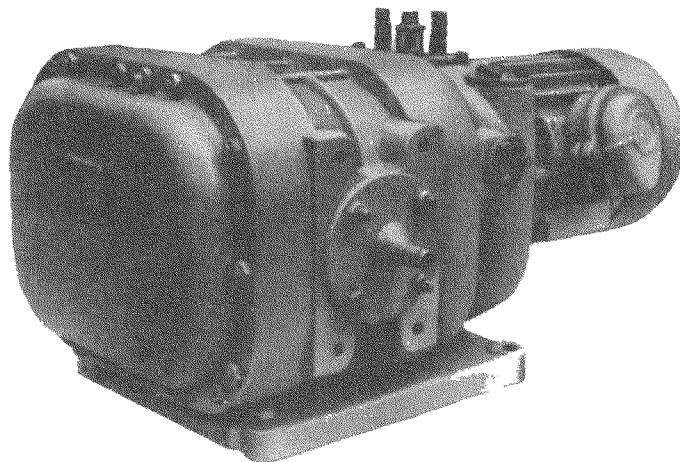


Рис 3. Насос ДВН-50 2 с прифланцованным электродвигателем

Максимальную быстроту откачки насосы этого типа имеют в диапазоне впускных давлений $1 \div 5 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст.

Двухроторные вакуумные насосы ДВН-5-1, ДВН-15-1, ДВН-15-2 и ДВН-50-2 имеют два исполнения: со шкивом и фланцевым электродвигателем. Последние могут быть установлены непосредственно в линии вакуумных систем вне зависимости от расположения насоса предварительного разрежения. Существенным достоинством этих насосов является возможность установки их как в горизонтальном, так и в вертикальном положении, в зависимости от монтажа вакуумных систем.

Насосы в исполнении со шкивом обычно комплектуются вместе с насосами предварительного разрежения и передача вращения производится от электродвигателя последних.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	ДВН-5-1		ДВН-5-2		ДВН-15-1		ДВН-15-2		ДВН-50-1		ДВН-50-2		ДВН-150-1
	с флан- цем	со шки- вом	с флан- цем	со шки- вом	с флан- цем	со шки- вом	с флан- цем	со шки- вом	с флан- цем	со шки- вом	с флан- цем	со шки- вом	
Рекомендуемый насос предварительного разрежения	ВН-1-1 или ВН-1-2		ВН-1-2		ВН-3-1 или ВН-3-2		ВН-3-2		ВН-6-2 или ВН-10-2		ВН-6-2 или ВН-10-2		ВН-20-1
Быстрота откачки в интервале давлений $1 \div 5 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст., л/сек	5		7 ÷ 10		15		15		40 ÷ 50		50		120 ÷ 130
Остаточное давление, мм рт. ст.:													
полное	$5 \cdot 10^{-3}$		$4 \cdot 10^{-4}$		$5 \cdot 10^{-3}$		$5 \cdot 10^{-4}$		$5 \cdot 10^{-3}$		$4 \cdot 10^{-4}$		$5 \cdot 10^{-3}$
парциальное по воздуху	$2 \cdot 10^{-5}$		$1 \cdot 10^{-5}$		$3 \cdot 10^{-5}$		$1 \cdot 10^{-5}$		$2 \cdot 10^{-5}$		$1 \cdot 10^{-5}$		$2 \cdot 10^{-4}$
Наибольшее всасное давление, мм рт. ст.	10		1		25		25		10		5		5
Число оборотов ротора в минуту	2800		2400		2800		2800		2860		2860		2860
Расход охлаждающей воды, л/час	30	охлаждение воз- душное			30		30		30		50		70
Количество масла ВМ-1, заливаемого в картер насоса, л	0,1		0,12		0,25		0,4		0,22		1,0		0,22
Электродвигатель: 50 гц, 220/380 в мощность электродвигателя, кВт	0,18		—		0,4		0,6		—		1,5		—
Габариты, мм:													
длина	447	295	261		550	430	572	430	426		645	443	623
ширина	158	158	166		208	208	200	200	240		355	355	240
высота	187	187	224		247	236	314	314	280		325	290	260
Вес насоса с приводом, кг	17	15	23		53	45	65	51	28		60	45	45

Примечание. Привод насосов ДВН-5-2, ДВН-50-1 и ДВН-150-1 от электродвигателя насоса предварительного разрежения.

НАСОСЫ ДВИ БОЛЬШОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Двухроторные вакуумные насосы ДВН-500 (2ДВН-500), ДВН-1500 (2ДВН-1500) и ДВН-5000 предназначены для поддержания рабочего давления в диапазоне $1-10^{-3}$ мм рт ст (средний вакуум) в установках с большим газоотделением. Основная область применения — вакуумная металлургия. Поскольку насосы ДВН не боятся прорывов атмосферного воздуха и их рабочее давление совпадает с выпускным давлением пароструйных насосов, насосы ДВН могут использоваться в цен-

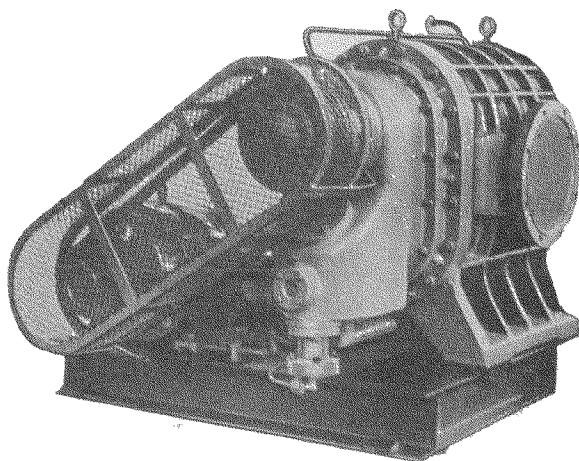


Рис. 1 Насос ДВН 500

трализованных системах предварительного разрежения, например, в электровакуумной промышленности, где один или несколько насосов ДВН обеспечивают откачку изделий от 1 атм до $10^{-1} \div 10^{-2}$ мм рт ст (черновая линия) и работу диффузионных насосов (чистовая линия) на большом количестве откачных постов.

Насосы унифицированной серии 2ДВН 500 и 2ДВН-1500 выпускаются взамен насосов ДВН-500 и ДВН 1500.

Насосы 2ДВН-500 и 2ДВН-1500 имеют следующие отличия от насосов ДВН-500 и ДВН-1500:

- меньшие габариты за счет увеличения окружной скорости роторов;
- непосредственное соединение валов электродвигателя и насоса вместо соединения посредством клиноременной передачи;
- манжетное концевое уплотнение вала вместо металлического сальника;
- на насосе 2ДВН-500 водяное охлаждение заменено воздушным;
- детали корпуса выполнены из чугуна, а не из алюминиевого литья.

Все эти конструктивные изменения дали возможность улучшить рабочие параметры, удельные характеристики, увеличить долговечность и повысить надежность работы насосов.

Наибольшим насосом серии является насос ДВН-5000.

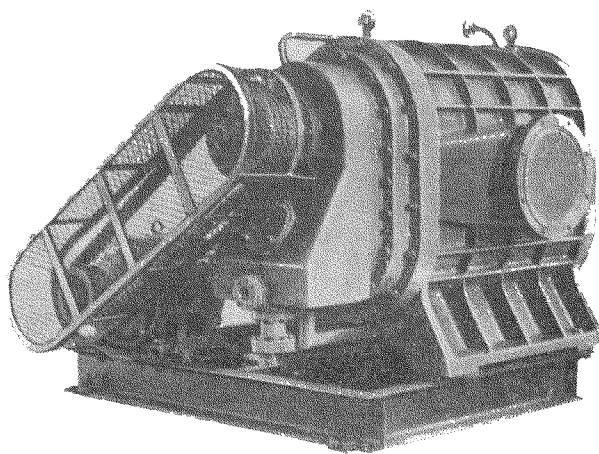


Рис 2 Насос ДВН 1500

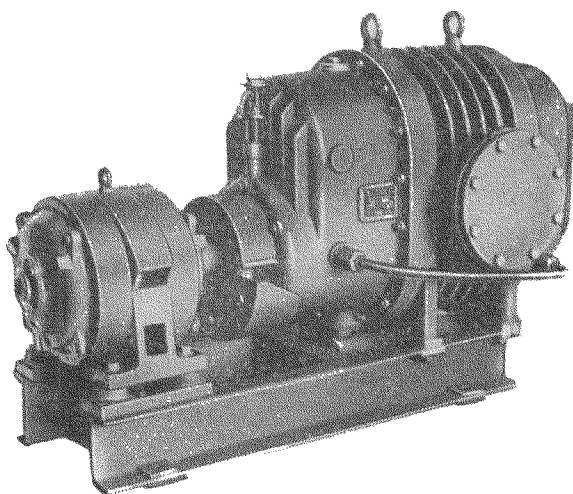


Рис 3 Насос 2ДБ11 500

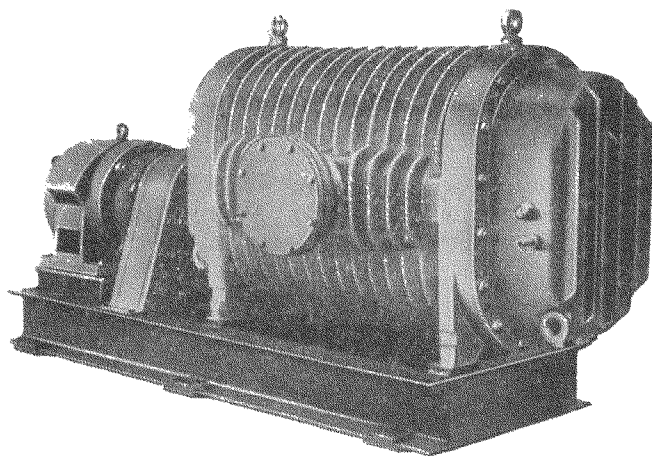


Рис 4 Насос 2ДВН 1500

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы				
	ДВН-500	2ДВН-500	ДВН-1500	2ДВН-1500	ДВН-5000
Рекомендуемый насос предварительного раз- режения	ВН-4Г или ВН-75-2		ВН-6Г или ВН-150-1		ВН-500М
Быстрота откачки в ин- тервале давлений 1— $5 \cdot 10^{-2}$ <i>мм рт. ст., л/сек</i>	500		1500		5000
Остаточное давление <i>мм рт. ст.:</i>					
полное	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
парциальное по воз- духу	$5 \cdot 10^{-4}$		$5 \cdot 10^{-4}$		$5 \cdot 10^{-4}$
Наибольшее впускное давление, <i>мм рт. ст.</i>	1		1		1
Число оборотов ротора в минуту	2000	2910	2000	2910	2940
Расход охлаждающей воды, <i>л/час</i>	500	охлаждение воздушное	500	30	30
Количество масла, заливае- мого в картер насоса, <i>л</i>	3,5	4,5	4,5		7,5
Электродвигатель: 50 гц, 220/380 в	Асинхронный, трехфазный				
мощность электродвигателя, <i>квт</i>	7	7,5	10		28
Габариты, <i>мм:</i>					
длина	1065	1315	1418	1929	2580
ширина	1175	600	1395	580	890
высота	935	850	1105	890	1145
Вес насоса с приводом, <i>кг</i>	520	565	870	830	1900

МЕХАНИЧЕСКИЕ ВАКУУМНЫЕ АГРЕГАТЫ

2.3.01/1

АГРЕГАТЫ АВМ

Вакуумные агрегаты АВМ-5-2, АВМ-50-1 (рис. 1), АВМ-150-1 (рис. 2) предназначены для откачки воздуха, газов и парогазовых смесей, не воздействующих на материалы конструкций и рабочую жидкость насосов.

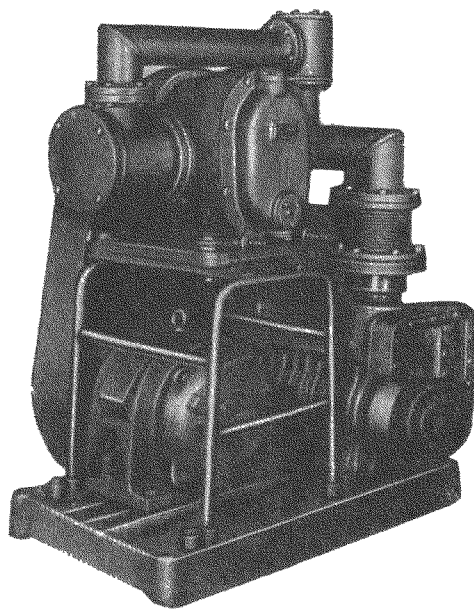


Рис. 1. Агрегат АВМ-51-1

Агрегаты применяются в вакуумной металлургии, в черновых и чистовых линиях централизованных систем предварительного разрежения и т. п.

Механический вакуумный агрегат АВМ состоит из двухроторного вакуумного насоса ДВН и вакуумного насоса с масляным уплотнением ВН в качестве насоса предварительного разрежения.

Агрегаты имеют примерно в 3 раза меньший расход мощности, занимают в 2—3 раза меньшую производственную площадь, приблизительно в 3 раза меньше по габаритам и весу, чем механические вакуумные насосы с масляным уплотнением той же производительности в области давлений от 1 до $5 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст.

Двухроторный насос и насос предварительного разрежения смонтированы на общем основании. Агрегаты выполнены с перепускным устройством (байпасом), которое позволяет включать двухроторный насос ДВН при атмосферном давлении одновременно с насосом ВН, устраняя тем самым перегрузку электродвигателя и перегрев насоса ДВН.

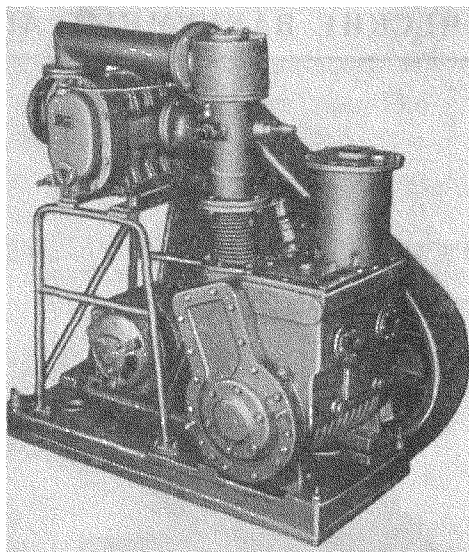


Рис. 2. Агрегат АВМ-150-1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Агрегаты		
	АВМ-5-2	АВМ-50-1	АВМ-150-1
Двухроторный вакуумный насос	ДВН-5-2	ДВН-50-1	ДВН-150-1
Насос предварительного разрежения	ВН-461М или ВН-0,8Г	ВН-2МГ	ВН-1МГ
Быстрота откачки в интервале давлений $1 \div 5 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст., л/сек	$7 \div 10$	40	120
Остаточное давление, мм рт. ст.:			
полное	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
парциальное (по воздуху)	$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Число оборотов ротора в минуту	2400	2860	2860
Расход охлаждающей воды (для привода), л/час	охлаждение воздушное	30	70
Количество масла ВМ-1, заливаемого в картер насоса ДВН, л	0,12	0,22	0,22
Электродвигатель. 50 гц, 220/380 в	асинхронный, трехфазный		
мощность электродвигателя, квт	0,6	1,7	2,8
Габариты, мм:			
длина	540	700	920
ширина	315	500	640
высота	603	800	985
Вес агрегата, кг	95	220	356

СВЕРХВЫСОКОВАКУУМНЫЕ ТУРБОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ НАСОСЫ И АГРЕГАТЫ

2.4.01/1

НАСОСЫ ТВН-200 и ТМН-200

Турбомолекулярные вакуумные насосы, сходные по устройству с многоступенчатыми осевыми компрессорами, предназначены для работы в области высокого и сверхвысокого вакуума (от 10^{-3} до 10^{-10} мм рт. ст.). По сравнению с молекулярными насосами турбомолекулярные насосы не имеют малых зазоров, допускают прогрев области впускного патрубка до 150°C , более надежны в эксплуатации и, главное, имеют значительно более высокую быстроту откачки.

При достижении остаточного давления во впускном патрубке турбомолекулярных насосов не содержится паров масла. В противоположность пароструйным насосам турбомолекулярные насосы начинают работать сразу же после пуска и не ухудшают своих характеристик от прорывов атмосферного воздуха.

Большая быстрота безмасляной откачки в широком диапазоне давлений, отсутствие ловушек и затворов — важные преимущества турбомолекулярных насосов по сравнению с паромасляными.

Турбомолекулярные насосы применяются для откачки крупных электронных ламп, в масс-спектрометрии, ускорителях элементарных частиц, в установках для имитации космических условий и т. д.

Схема устройства турбомолекулярного насоса показана на рис. 1. В корпусе 1 с закрепленными в нем дисками 2 вращается ротор 3 с дисками. В дисках имеются косые прорезы, причем прорезы в роторных дисках расположены зеркально по отношению к прорезам в дисках корпуса. При вращении ротора откачка происходит за счет преимущественного отражения молекул от середины ротора к краям. Толщина дисков в описываемом насосе составляет несколько миллиметров, расстояние между дисками 1 мм. Радиальные зазоры также могут составлять около 1 мм, поскольку обратное протекание газа через такие зазоры при низких давлениях значительно меньше достигаемой быстроты откачки. Диски имеют большое число параллельно работающих прорезей, благодаря чему достигается большая быстрота откачки.

Выпускаются два типа турбомолекулярных насосов: ТВН-200 и ТМН-200.

В отличие от насоса ТВН-200 турбомолекулярный насос ТМН-200 (рис. 2) имеет встроенный герметичный привод, работающий от высокочастотного генератора.

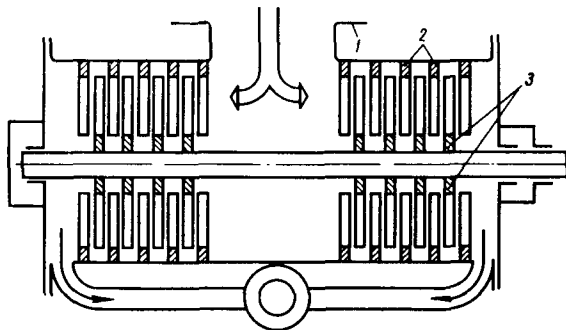


Рис. 1. Схема устройства турбомолекулярного насоса

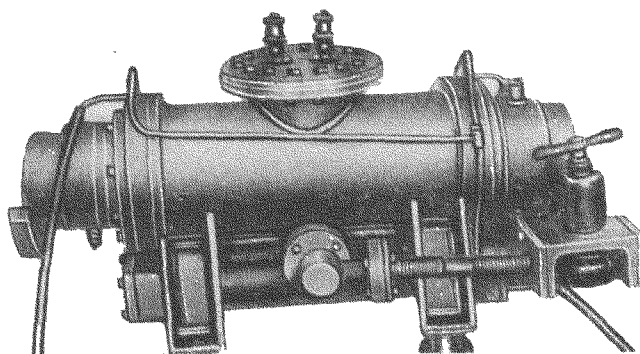


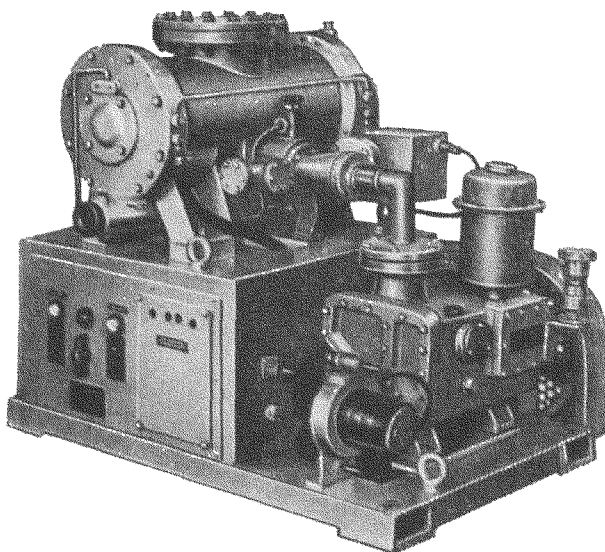
Рис. 2 Насос ТМН 200

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Быстрота откачки воздуха в диапазоне выпускных давлений $1 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-9}$ мм рт. ст., л/сек	250
Предельное остаточное давление при давлении на выпускном патрубке не более $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст., мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-9}$
Синхронное число оборотов роторов электродвигателей в минуту	18000
Общая продолжительность работы без ремонта, ч	10000
Электропитание насоса	
род тока	переменный
частота, гц	300
напряжение, в	220
мощность, вт	600
Расход охлаждающей воды, л/час	70
Габариты насоса, мм:	
длина	1000
ширина	430
высота	510
Вес турбомолекулярного насоса (с электродвигателями и масляным насосом), кг	205

АГРЕГАТ ТВА-200

Сверхвысоковакуумный агрегат ТВА-200 создан на базе гурбомолекулярного насоса ТВН-200 и применяется для откачки крупных электронных ламп, в масс-спектрометрии, в ускорителях элементарных частиц, в установках для имитации космических условий и т. д.



Агрегат ТВА-200

Агрегат состоит из насосов ТВН-200, ВН-2МГ, переходника и магнитного клапана, предназначенного для автоматического перекрытия линии предварительного разрежения между переходником и механическим вакуумным насосом ВН-2МГ. Для охлаждения подшипников насоса ТВН-200 предусмотрена водяная система с гидрореле. Папуск воздуха при остановке насоса осуществляется через осушающий фильтр вентилем. Все эти элементы, а также электрощиток собраны на раме. Для сокращения времени достижения остаточного давления необходимо обезгазить откачиваемую систему при температуре от 250 до 300° С в течение нескольких часов.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Быстрота откачки воздуха в диапазоне впускных давлений от $5 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-8}$ мм рт. ст, не менее, л/сек	200
Предельное остаточное давление, мм рт. ст.	$5 \cdot 10^{-9}$
Количество масла, л:	
заливаемого в картер насоса ТВН-200	0,65
заливаемого в насос ВН-2МГ	2,0
Марка масла:	
для насоса ТВН-200	Т
для насоса ВН-2МГ	ВМ-4
Расход охлаждающей воды, л/час	50
Электропитание:	
род тока	переменный
частота, гц	50
напряжение, в	220/380
суммарная мощность, квт	2,1
Габариты, мм:	
длина	925
ширина	675
высота	810
Вес, кг	433

СТРУЙНЫЕ

НАСОСЫ

И АГРЕГАТЫ

ПАРОСТРУЙНЫЕ НАСОСЫ

Действие пароструйных вакуумных насосов основано на использовании в качестве откачивающего элемента высокоскоростной паровой струи. В зависимости от области рабочих давлений и принципа действия различают три вида пароструйных насосов: эжекторные ($760 \div 10^{-2}$ мм рт. ст.), бустерные ($10^{-1} \div 10^{-4}$ мм рт. ст.) и высоковакуумные (ниже 10^{-4} мм рт. ст.).

Несмотря на различие в диапазонах рабочих давлений, в конструктивном оформлении, режимах работы и физическом механизме про-

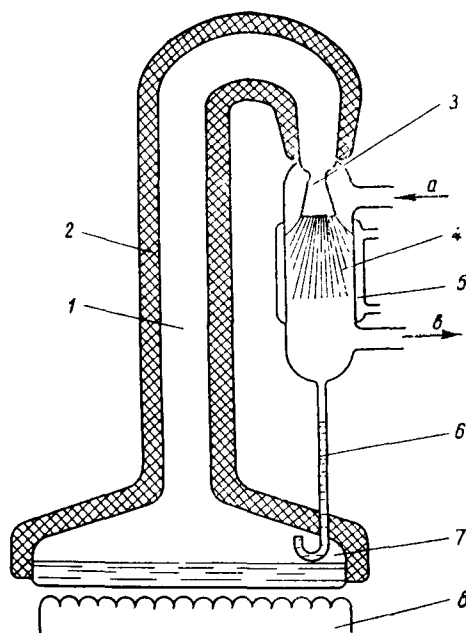


Рис. 1. Схема струйного насоса:

1 — пароподводящая труба; 2 — теплоизоляция; 3 — сопло; 4 — рабочая камера насоса; 5 — охлаждающая рубашка; 6 — трубка для стока конденсата в кипятыльник; 7 — кипятыльник; 8 — нагреватель; а — выпуск газа; б — выпуск газа

цесса откачки, общая принципиальная схема работы насосов одинакова. На рис. 1 приведена упрощенная схема, иллюстрирующая работу насосов с собственным кипятыльником.

В кипятыльник 7 насоса заливают специальную рабочую жидкость (вакуумное масло или ртуть). Нагревателем 8 жидкость нагревается в кипятыльнике до рабочей температуры; образующийся пар по пароподводящей трубе 1 поступает к соплу 3, из которого с большой скоростью истекает в виде расходящейся струи в пространство рабочей камеры насоса 4. Откачиваемый газ поступает в рабочую камеру, захватывается струей и увлекается ею к охлажденным стенкам рабочей камеры. На стенках камеры пар конденсируется, и конденсат по сливной трубке 6 возвращается обратно в кипятыльник. Газ, увлекаемый

струей к стенкам камеры, сжимается ею и выбрасывается к насосу предварительного разрежения.

Несколько отличается от приведенной схемы работа пароводяного эжекторного насоса, в котором пар готовится не в собственном кипятильнике, а подается по паровой магистрали из котельной или ТЭЦ. Кроме того, пар не конденсируется на стенках насоса, а либо выбрасывается вместе с газами, либо конденсируется в установленном за насосом конденсаторе.

Механизм увлечения газа струей в струйном насосе зависит от режима течения откачиваемого газа и режима течения паровой струи.

В эжекторных насосах, работающих при высоких впускных и выпускных давлениях, из сопел истекают плотные турбулентные или ламинарно-вязкостные струи. При этом увлечение газа струей в первом случае осуществляется за счет турбулентного перемешивания вихреобразно движущихся масс струи с частицами откачиваемого газа, в процессе которого последние получают импульсы в направлении движения струи от паровых частиц. Во втором случае, при ламинарной струе, увлечение газа осуществляется за счет вязкостного трения граничных слоев струи и прилегающих слоев газа, а также частично за счет диффузии газа в струю.

В бустерных насосах увлечение газа струей осуществляется за счет вязкостного трения между слоями пара и газа и в значительной мере за счет диффузии газа в струю.

В высоковакуумных насосах механизм увлечения газа струей целиком определяется диффузией молекул газа в струю.

Современные вакуумные струйные насосы — многоступенчатые, имеют две-три, а эжекторные насосы и большее число последовательно работающих ступеней.

В качестве рабочих жидкостей в насосах используются ртуть, вакуумные масла и вода. Поэтому в зависимости от рода рабочей жидкости струйные насосы подразделяются на парортутные, паромасляные и пароводяные.

В условиях промышленной эксплуатации вакуумные струйные насосы присоединяются к откачиваемым системам обычно через переходные трубопроводы, вакуумные затворы, отражатели, ловушки. Для расширения возможностей промышленного применения вакуумных струйных насосов выпускаются типовые вакуумные затворы, ловушки, отражатели, вентили.

Наряду с насосами выпускаются вакуумные струйные агрегаты, представляющие собой установку для откачки, состоящую из струйного насоса, отражателя, ловушки, затвора, присоединительного патрубка и электропитка, смонтированных на общей раме.

ЭЖЕКТОРНЫЕ НАСОСЫ

В эжекторном насосе (рис. 1) пар повышенного давления истекает через расширяющееся сопло 1 со сверхзвуковой скоростью. За счет турбулентного перемешивания или вязкостного трения граничных слоев струи и газа происходит захват и увлечение газа в сужающийся насадок 2 — камеру смешения. Пройдя через горловину 3, парогазовая смесь из камеры смешения поступает в расширяющийся диффузор 4, в котором скорость потока уменьшается, а статическое давление растет.

Обычно одна ступень вакуумного эжектора сжимает газ в 5—10 раз. Так, одна ступень эжектора, работающего с выпуском в атмосферу, может создавать давление от 80 до 150 мм рт. ст. Для получения более низких давлений необходимо устанавливать ряд ступеней последовательно. При этом за эжекторной ступенью обычно устанавливается конденсатор, в котором пар конденсируется, а газ откачивается следующей ступенью. Схема типичного пароводяного эжекторного насоса с промежуточным конденсатором приведена на рис. 2.

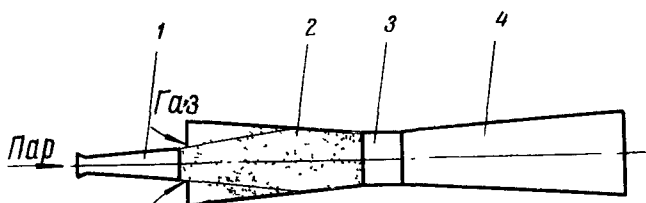


Рис. 1. Схема эжекторного насоса

1 — сопло, 2 — камера смешения, 3 — горловина, 4 — диффузор

Основной характеристикой пароежекторных насосов является зависимость впускного давления от производительности или внешней нагрузки (рис. 3).

Характеристика имеет два участка, наклоненных под разными углами к оси абсцисс: пологий — рабочий участок и крутой — перегрузочный участок. На рабочем участке значительные изменения нагрузки мало изменяют впускное давление. На перегрузочном участке малые изменения нагрузки приводят к резкому росту впускного давления.

Точка перегиба характеристики, соответствующая максимальной производительности насоса на рабочем участке, является расчетной рабочей точкой, для которой обычно указываются параметры насоса.

Быстрота откачки насоса в зависимости от впускного давления имеет вид кривой с максимумом (рис. 4), соответствующим рабочей точке.

В качестве рабочих жидкостей в вакуумных эжекторных насосах используют воду, ртуть и вакуумные масла.

На рис. 5 приведен внешний вид четырехступенчатого парортутного эжекторного насоса ЭН-100Р. Быстрота откачки насоса равна 100 л/сек при давлении 10^{-1} мм рт. ст., предельный вакуум $1,5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст. (измеренный при вымораживании паров ртути в азотной ловушке перед манометром); наибольшее выпускное давление 50 мм рт. ст. Насос выполнен в виде компактного блока последовательно соединенных эжекторных ступеней и промежуточных конденсаторов, кипятильника и паропроводов, смонтированных на общей раме. В выпускном патрубке насоса имеется дисковая ловушка, предотвращающая выход паров ртути в сторону насоса предварительного разрежения. Насос изготовлен из нержавеющей стали Х18Н9Т. Насос применяют в качестве вспомогательного для создания предварительного разрежения, а также в каче-

стве высоковакуумного для получения давления $\sim 10^{-6}$ мм рт.ст. при сниженной скорости откачки.

Соединенный последовательно с водоструйным насосом, насос ЭН-100Р обеспечивает безмасляную предварительную откачку больших объемов. По своей производительности при давлении 10^{-1} мм рт.ст. он эквивалентен механическому насосу ВН-6Г.

Характеристики и размеры насоса ЭН-100Р приведены в подразделе „Высоковакуумные насосы“.

Насос может быть рекомендован:

для использования в системах безмасляной откачки термоядерных, ускорительных и других установок;

для перекачки редких и дорогостоящих газов из сосуда с низким давлением в сосуд с высоким давлением без риска загрязнения газов органическими продуктами или частичной потери их за счет растворения в рабочей жидкости (в случае использования масляных насосов);

для откачки радиоактивных газов без загрязнения их органическими продуктами (в случае использования масляных насосов; кроме того, радиоактивные газы разрушают масло в насосе, что делает применение масляного насоса для этой цели малопригодным);

для перекачки и сжатия газовых смесей при газовом анализе без загрязнения и потери газов.

Наиболее широкое распространение получили пароводяные эжекторные насосы. Это обусловлено ценными свойствами пара как рабочего тела (однороден по составу, не разлагается, не окисляется и т. п.), доступностью его и возможностью практически неограниченного потребления при современном уровне котлостроения. В отличие от паромасляных и парортутных насосов в парово-

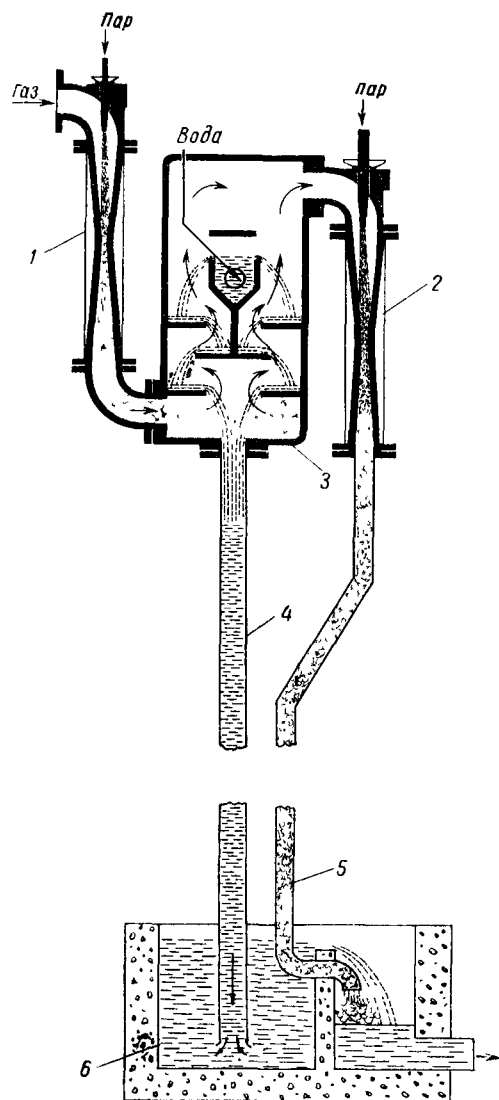


Рис. 2. Схема двухступенчатого пароводяного эжекторного насоса:

1 — первая ступень; 2 — вторая ступень;
3 — конденсатор смешения; 4 — сливная труба;
5 — выпускная труба; 6 — барометрический колено

дяных эжекторных насосах пар готовится не в собственном кипятильнике, а подается к соплам по магистральным паропроводам от ТЭЦ или котельных под повышенным давлением, обычно порядка 5—10 атм. Многоступенчатые парожетекторные насосы могут быть рассчитаны на различные производительность и предельный вакуум, а также на работу при различных параметрах пара и воды.

Характеристики пароводяных эжекторных насосов существенно зависят от давления и состояния пара, температуры и расхода воды. При этом, чем выше давление пара и чем ниже температура охлаждающей

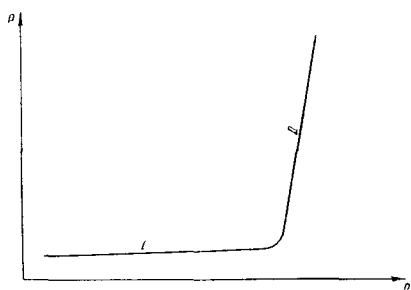


Рис. 3 Зависимость впускного давления (P) пароежекторного насоса от внешней нагрузки (Q):

I — рабочий участок; II — перегрузочный участок

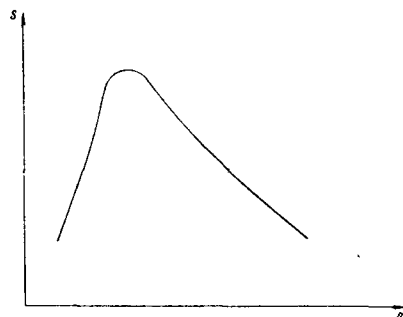


Рис. 4 Зависимость скорости откачки (S) пароежекторным насосом от впускного давления (P)

конденсатор воды, тем меньше удельный расход пара и воды на 1 кг откачиваемого газа. В связи с этим высокопроизводительные пароводяные эжекторные насосы проектируют обычно для конкретных целей, под определенные параметры пара и воды на объекте, где предполагается установка насоса. Эти насосы, имеющие различную компоновку в зависимости от эксплуатационных условий, изготавливаются по специальным заказам промышленности.

Пароводяные эжекторные насосы широко применяются для откачки конденсаторов паровых турбин, дистилляционных установок, выпарных аппаратов, вакуум-кристаллизаторов, деаэраторов, дегидраторов, вакуум-сушильных аппаратов, вакуум-фильтров, вакуум-пропиточных установок, вакуум-металлургических печей, установок для вакуумной обработки жидкой стали и др., а также могут быть использованы в качестве насосов предварительного разрежения в безмасляных системах откачки.

Столь широкое распространение пароводяных эжекторных насосов обусловлено рядом их важных достоинств:

1) практически любая, сколь угодно большая, объемная производительность, на которую насосы могут быть рассчитаны и изготовлены;

2) отсутствие движущихся частей, очень простая конструкция, вследствие чего насосы обладают

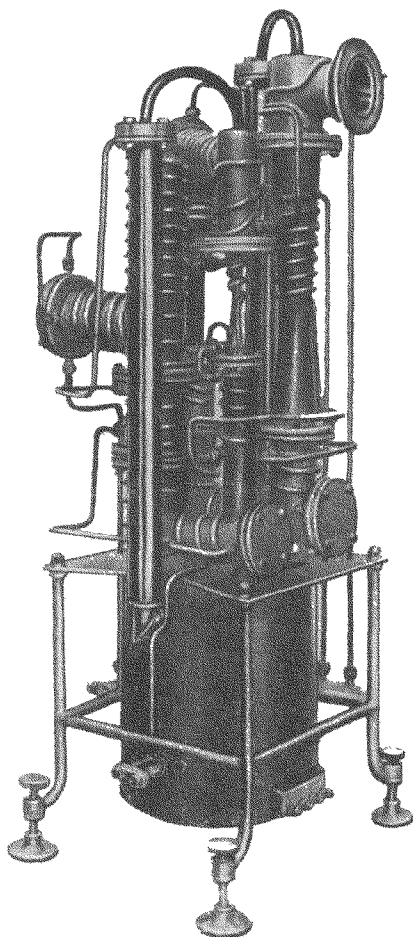


Рис. 5. Парорутный эжекторный насос ЭН-100Р

большой надежностью в работе, срок службы их практически не ограничен;

3) возможность изготовления из различных материалов и откачки любых газов, в том числе агрессивных и загрязненных механическими примесями; при откачке запыленной среды насосы не нуждаются в установке фильтров, благодаря чему полностью используется их производительность;

4) малый вес; для установки насосов не требуются фундаменты;

5) компактность; отдельные элементы насоса могут быть размещены по стенам, колоннам, потолкам так, что занимаемая ими производственная площадь оказывается незначительной;

6) малая стоимость изготовления и эксплуатации, простота обслуживания.

В настоящее время выпускаются насосы с быстротой откачки, достигающей 150000 л/сек и позволяющей получать в больших объемах давление $10^{-1} \div 10^{-2} \text{ мм рт. ст.}$

Пятиступенчатый пароводяной насос НЭВ-100×0,5 (рис. 6) имеет три последовательно соединенные первые ступени, состоящие из четырех ниток, объединенных в две параллельные группы, два параллельно работающих барометрических конденсатора смещения за третьей ступенью и один конденсатор смещения между четвертой и пятой ступенями.

На рис. 7 приведена схема шестиступенчатого насоса НЭВ-2×10⁻², предназначенного для откачки вакуумной дуговой печи при давлении $10^{-2} \text{ мм рт. ст.}$ Насос имеет четыре последовательно соединенные эжекторные ступени без промежуточных конденсаторов и два конденсатора смещения за четвертой и пятой ступенями.

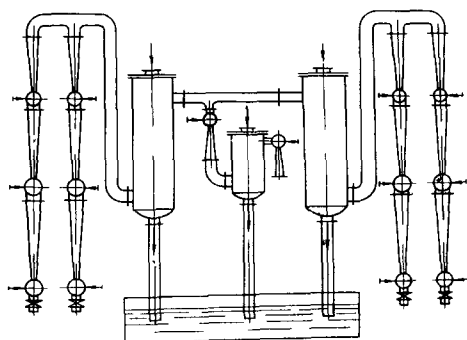


Рис. 6. Схема пароводяного эжекторного насоса НЭВ-100×0,5

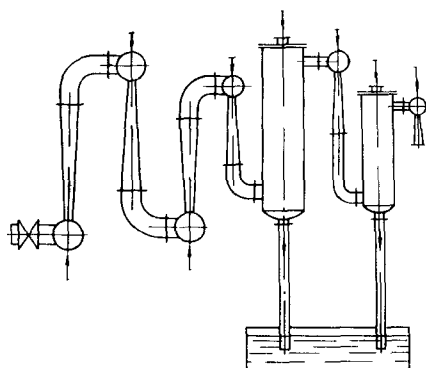


Рис. 7. Схема пароводяного эжекторного вакуумного насоса НЭВ-2×10⁻²

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы	
	НЭВ-100 × 0,5	НЭВ-2 × 10 ⁻²
Производительность по сухому воздуху, кг час	100 при давлении 0,5 мм рт. ст.	2 при давлении 10 ⁻² мм рт. ст.
Давление пара, атм	8	7
Температура пара, °С	194	190
Расход пара, кг час	5720	2200
Давление воды, атм	2	2
Температура воды, °С	35	30
Расход воды, м³/час	375	130
Вес, кг	9,3	15

Наряду с конденсаторами смешения в пароводяных эжекторных насосах применяются также поверхностные конденсаторы, обычно трубчатого типа. Здесь, в отличие от конденсаторов смешения, теплообмен происходит не в результате непосредственного контакта парогазовой смеси с охлаждающей водой, а через стенки трубок, внутри которых движется вода, а снаружи — парогазовая смесь.

Конденсаторы смешения получили большее распространение, чем поверхностные конденсаторы, благодаря своей простоте, меньшему потреблению воды, возможности изготовления из различных материалов, меньшей стоимости изготовления и эксплуатации. Они крайне редко требуют очистки, могут работать на загрязненной воде, не боятся попадания механических частиц, которые смываются потоком воды в сливные трубы, мало боятся коррозии, так как попадающая в них корродирующая среда разбавляется охлаждающей водой.

Вместе с тем поверхностные конденсаторы обладают достоинствами, которые в ряде случаев делают их использование более предпочтительным, чем конденсаторов смешения. Так, охлаждающая вода в них не смешивается с конденсатом, что позволяет возвращать чистый конденсат в систему. При отсосе конденсата конденсатным насосом требуется меньшая, чем для конденсатора смешения, производительность конденсатного насоса. Если в конденсате содержатся коррозирующие, ядовитые или радиоактивные компоненты, то при применении поверхностного конденсатора возникает гораздо меньше проблем, связанных с улавливанием этих компонентов, чем при применении конденсатора смешения.

Вопрос о применении того или другого типа конденсатора решается при проектировании и изготовлении насоса в зависимости от конкретных условий использования пароэжекторного насоса заказчиком.

Наряду с барометрическими конденсаторами, требующими размещения их на высоте примерно 11 м от уровня воды в дренажном колодце, применяют также и низкоуровневые конденсаторы, из которых конденсат удаляется не по барометрическим сливным трубам, а отсасывается конденсатными насосами. В этих случаях высота сливных труб составляет приблизительно 1,5 м, что достаточно для уравнивания разности давлений между отдельными конденсаторами.

Для малых насосов весьма удобной и экономичной является схема с промежуточными поверхностными конденсаторами и отсосом конденсата из них водоструйными насосами. При этом водоструйные ступени питаются водой, выходящей из конденсаторов, что позволяет избежать ее дополнительного расхода. Насосы, работающие по такой схеме, имеют производительность 0,2 кг/час (НЭВ-0,2×20) и 2 кг/час (НЭВ-2×20) сухого воздуха при рабочем давлении 20 мм рт. ст. Насосы двухступенчатые, выполнены в виде блоков ступеней, смонтирован-

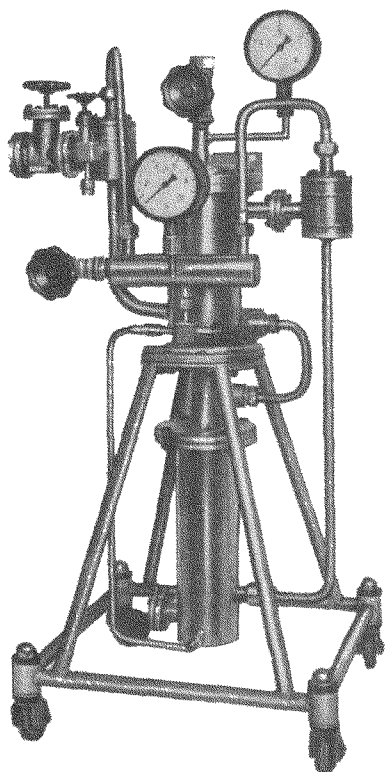


Рис. 8. Пароводяной эжекторный насос НЭВ-0,2×20

ных на рамах. Блок ступеней может быть снят с рамы и закреплен на стене скобами, приваренными к конденсатору.

Насосы присоединяются к откачиваемой системе через вентиль D₄-25. Основные детали насосов изготавливаются из стали X18H9T.

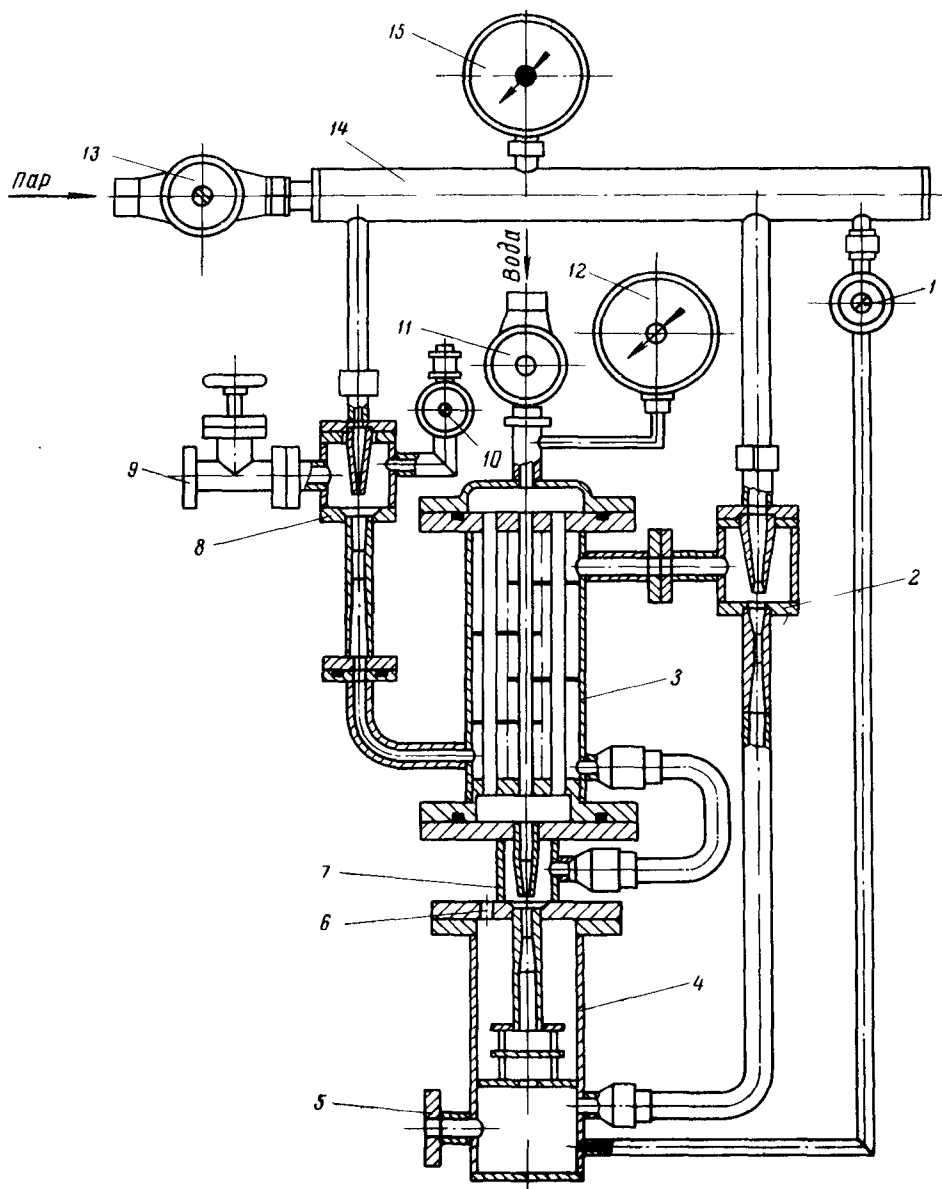


Рис. 9. Схема насоса НЭВ-0,2x20:

1, 10, 13 — паровые вентили; 2 — вторая эжекторная ступень; 3, 4 — конденсаторы; 5 — сливной патрубок; 6 — выпускное отверстие; 7 — водоструйный насос; 8 — первая эжекторная ступень; 9 — вентиль D₄-25; 11 — водяной вентиль; 12, 15 — манометры; 14 — паровой коллектор

Компактным насосом, выполненным в виде блока ступеней, смонтированного на раме, является также насос НЭВ-3. Насос имеет три первые парозежекторные ступени без промежуточных конденсаторов и последнюю ступень — водоструйную, являющуюся одновременно конденсатором пара, выбрасываемого из третьей ступени.

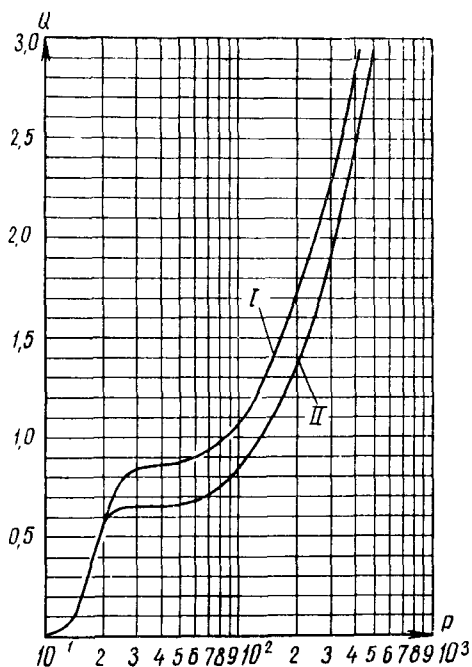


Рис. 10. Производительность насоса НЭВ-0,2×20 в зависимости от выпускного давления (P, мм рт. ст.).

I — температура охлаждающей воды 20° С;
II — температура охлаждающей воды 30° С

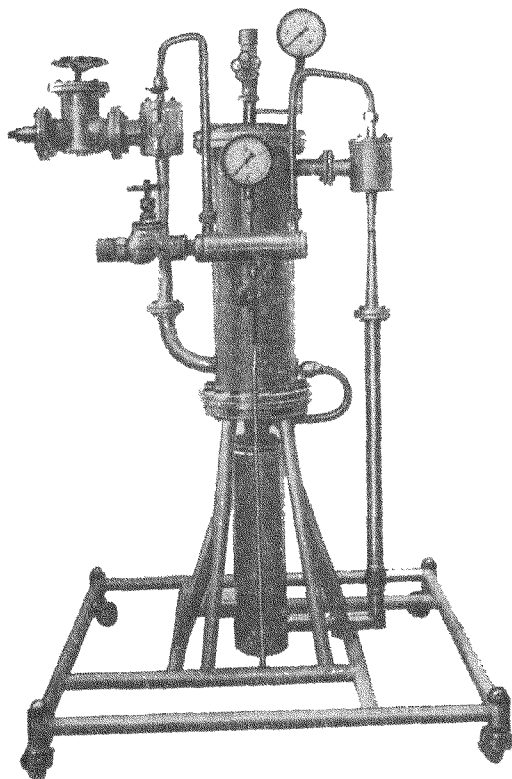


Рис. 11. Пароводяной эжекторный насос НЭВ-2×20

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы		
	НЭВ-0,2×20	НЭВ-2×20	НЭВ-3
Производительность по сухому воздуху, кг/час	0,5 при 20 мм рт. ст.	3 при 20 мм рт. ст.	1 при 0,5 мм рт. ст.
Предельный вакуум, мм рт. ст.	10	10	0,38
Давление рабочего пара (сухой насыщенный), ати	2,6	2,6	4,0
Расход пара, кг час	12	86	140
Давление охлаждающей воды, ати	1,0	1,5	4,0
Максимальная температура воды, С	30	30	30
Расход воды, м³ час	0,35	1,5	14
Габаритные размеры, мм:			
с рамой	500×445×1025	800×800×1423	1048×1148×2569
без рамы	500×345×910	684×395×1329	—
Вес, кг:			
с рамой	51	80	290
без рамы	41	60	—

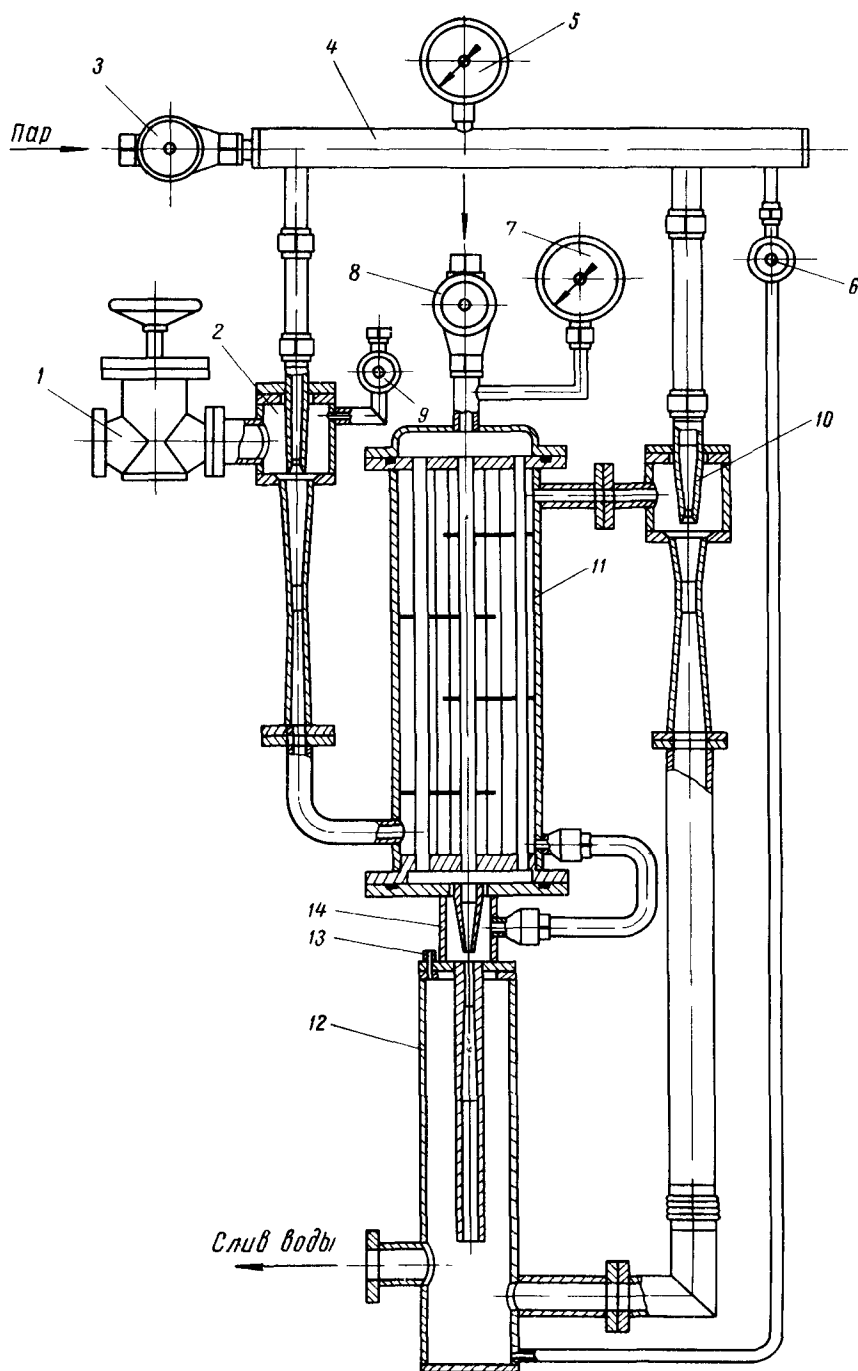


Рис 12 Схема пароводяного эжекторного насоса НЭВ-2×20

1 — вентиль Ду 25, 2, 10 — эжекторные ступени, 3, 6 — паровые вентили, 4 — паровой коллектор, 5, 7 — манометры, 8 — водяной вентиль, 9 — вентиль для напуска воздуха, 11, 12 — конденсаторы, 13 — выпускное отверстие, 14 — водоструйный насос

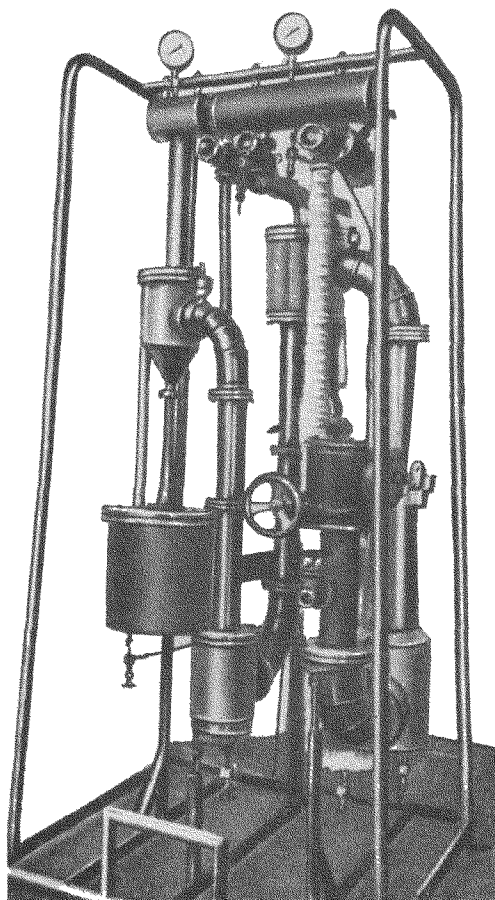


Рис 13 Пароводяной эжекторный насос ПЭВ-3

БУСТЕРНЫЕ НАСОСЫ

Бустерные насосы применяются для откачки больших количеств газа из вакуумных установок при давлениях от 10^{-1} до 10^{-4} мм рт. ст. Они широко используются для откачки вакуумных индукционных и дуговых металлургических печей, установок для сушки и пропитки электрических конденсаторов, трансформаторов, кабелей, вакуум-дистилляционных установок, аэродинамических труб и т. д.

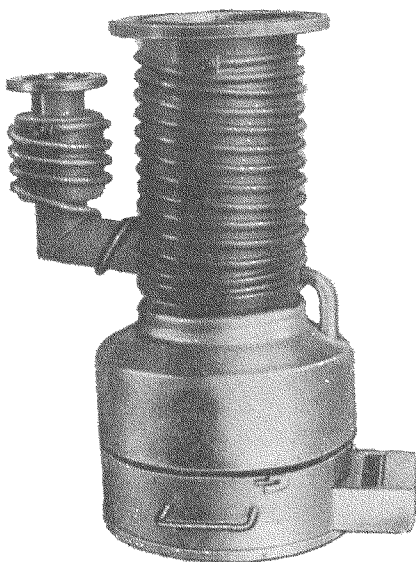


Рис. 1 Паромасляный бустерный насос БН-3

В качестве рабочих жидкостей в бустерных насосах используются вакуумные масла „Г“ и ВМ-3 и кремнийорганическое соединение ПФМС-1.

Выпускаются бустерные паромасляные насосы с быстрой откачкой 500, 2000, 4500 и 15000 л/сек. Характерными особенностями бустерных насосов являются большая производительность (до 150 л · мм рт. ст./сек в диапазоне давлений от 10^{-2} до 10^{-3} мм рт. ст. и высокие значения наибольшего выпускного давления 0,5—2,0 мм рт. ст.), а также связанные с этим значительное потребление электрической энергии и увеличенные размеры кипятильников. Быстрота откачки бустерных насосов изменяется с изменением впускного давления и имеет максимум при давлении $1 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст.

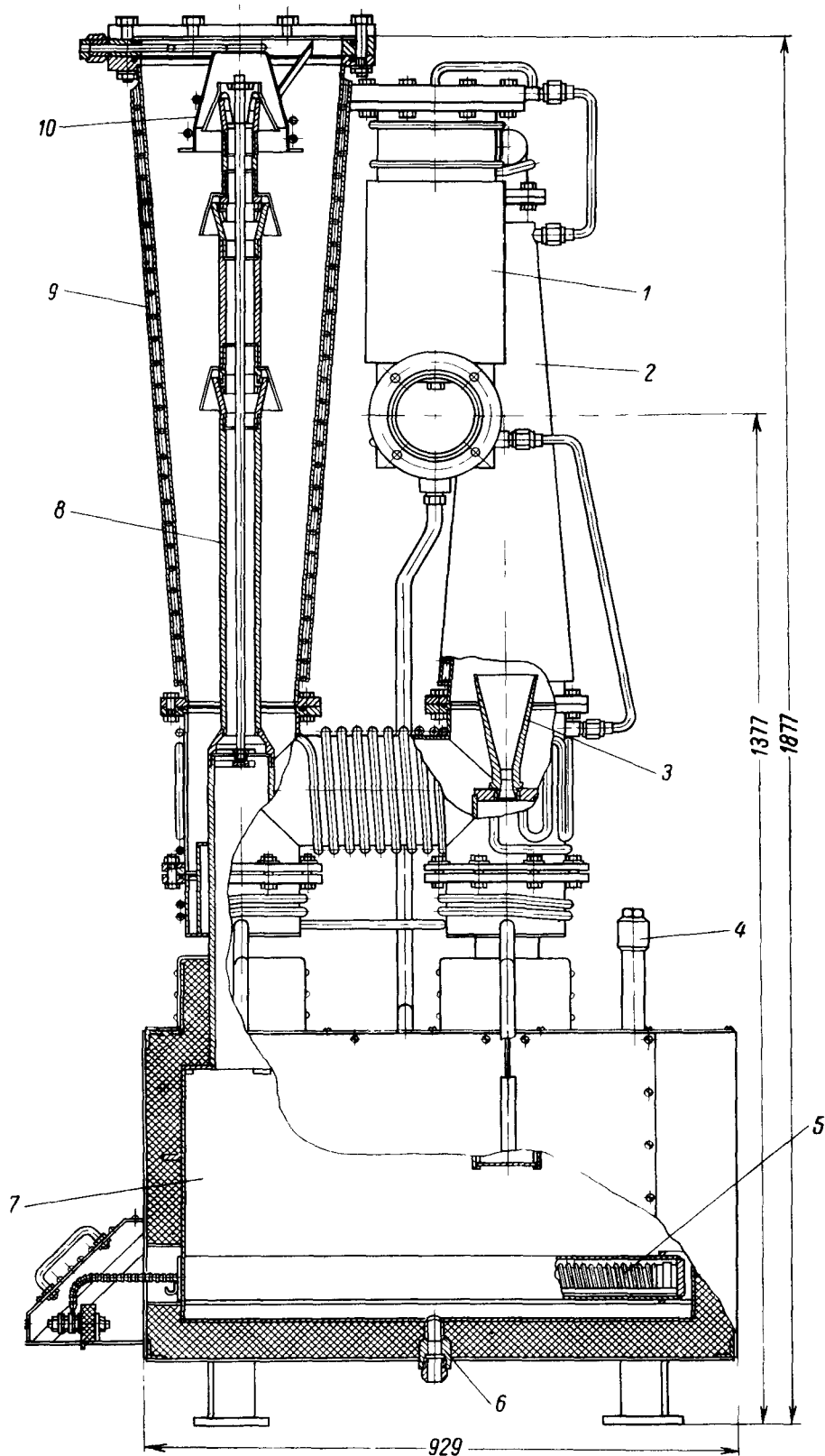


Рис. 2. Паромасляный бустерный насос БН-2000.

1 — ловушка для паров масла, 2 — конфузор эжекторной ступени; 3 — сопло эжекторной ступени; 4 — трубка для заливки масла в кипятильник; 5 — электронагреватель; 6 — штуцер для слива масла, 7 — кипятильник, 8 — паропровод; 9 — корпус; 10 — маслоотражатель

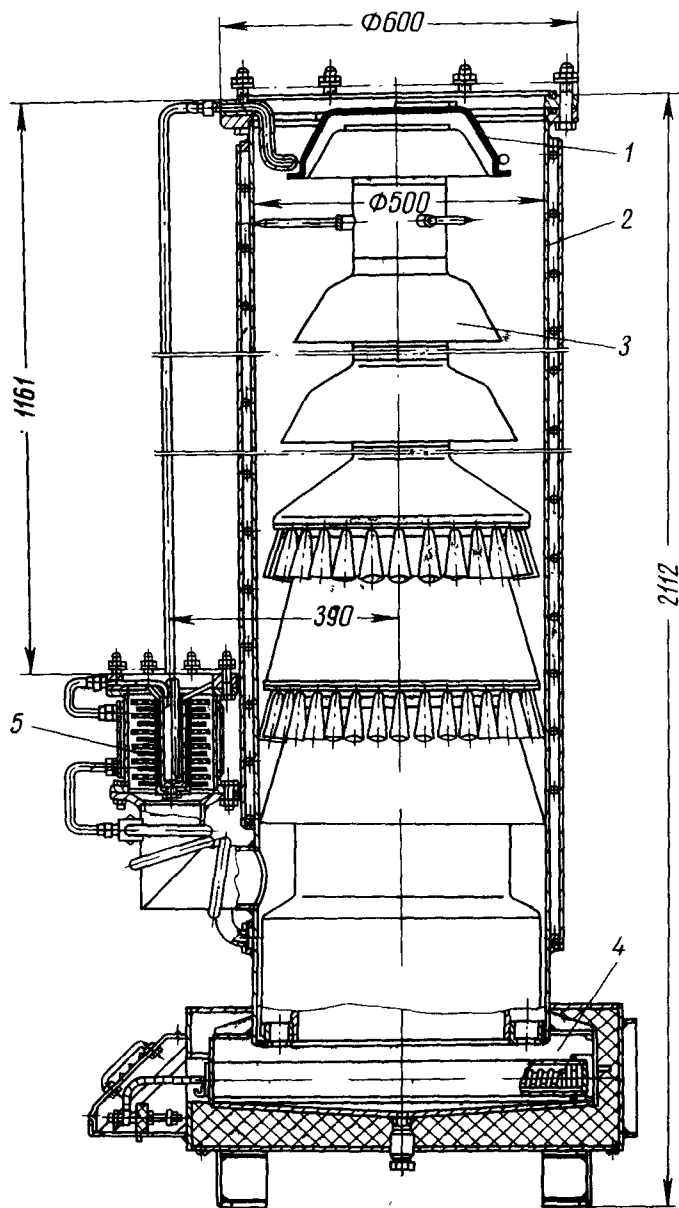


Рис. 3. Паромасляный бустерный насос БН-4500:
 1 — маслоотражатель; 2 — корпус; 3 — паропровод; 4 — кипятильник; 5 — ловушка для паров масла

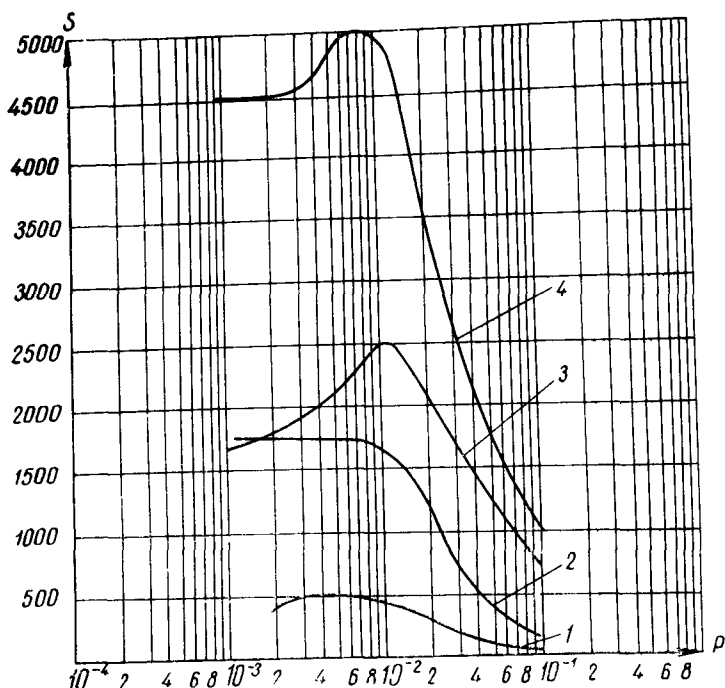


Рис. 4. Быстрота откачки (S , л/сек) паромасляных бу-
стерных насосов по воздуху в зависимости от впускного
давления (P , мм рт. ст.):

1 насос БН 3, 2 насос БН-1500, 3 насос БН 2000, 4 - насос
БН-4500

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы			
	БН-3	БН-2000	БН-4500	БН-15000
Рабочий диапазон давлений, мм рт. ст.	$5 \cdot 10^{-4} \div$ $\div 1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-4} \div$ $\div 1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-4} \div$ $\div 1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-4} \div$ $\div 1 \cdot 10^{-2}$
Максимальная быстрота от- качки воздуха при $1 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст., л/сек	450	2500	4500	15000
Предельный вакуум, мм рт. ст.	$\leq 5 \cdot 10^{-4}$	$\leq 5 \cdot 10^{-4}$	$\leq 5 \cdot 10^{-4}$	$\leq 5 \cdot 10^{-4}$
Наибольшее выпускное дав- ление, мм рт. ст.	0,3—0,5	2,0—2,5	1,0	1,5
Мощность электронагрева- теля, кВт	3,5	7,5	25,0	42,0
Расход воды на охлаждение насоса (оптимальный), л/час	180	450	1100	2000
Количество рабочей жидко- сти, см ³	1500	16000	20000	45000
Рабочая жидкость	„Г“; ВМ-3	„Г“; ВМ-3	„Г“; ВМ-3	„Г“; ВМ-3
Вес, кг	33,5	266	400	1000
Диаметр условного прохода, мм:				
впускной патрубков	160	260	500	900
выпускной патрубков	55	100	150	260
Высота насоса, мм	610	1877	2112	3355
Размеры в плане, мм	410×361	929×666	800×940	1060×2430
Необходимая быстрота от- качки механического на- соса, л/сек	15	35	100	250

ВЫСОКОВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ

Высоковакуумные пароструйные насосы являются наиболее простыми и надежными средствами откачки, позволяющими создавать низкие давления — от 10^{-4} до 10^{-12} мм рт. ст. Они широко применяются в производстве радиоламп, ламп накаливания, электроннолучевых трубок, фотоэлементов, газоразрядных и сверхвысокочастотных приборов, в производстве полупроводниковых материалов и сверхчистых тугоплавких металлов, для откачки выпрямителей, электронных микроскопов, установок для нанесения тонких пленок, масс-спектрографов, ускорителей, установок для термоядерных и космических исследований и т. д.

Характерной особенностью высоковакуумных насосов является постоянство скорости действия в широком диапазоне рабочих давлений.

В качестве рабочей жидкости в высоковакуумных насосах применяются ртуть (марка Р-1) и высоковакуумные масла ВМ-1, ВМ-2, ВМ-5 и ВМ-7, сложные эфиры „ОФ“ и „ОС“, кремнийорганические жидкости ВКЖ-94А, ВКЖ-94Б и ПФМС-2.

ПАРОРТУТНЫЕ НАСОСЫ

Высоковакуумные парортутные насосы до настоящего времени находят широкое применение в промышленности и технике, несмотря на известные недостатки ртути: токсичность, высокую упругость пара при комнатной температуре, обуславливающую необходимость применения низкотемпературных ловушек; высокую химическую активность по отношению к металлам, ограничивающую выбор конструкционных материалов насосов. Они используются для откачки ртутных выпрямителей, газосветных ламп, масс-спектрометров, ускорителей, установок для термоядерных исследований и т. д.

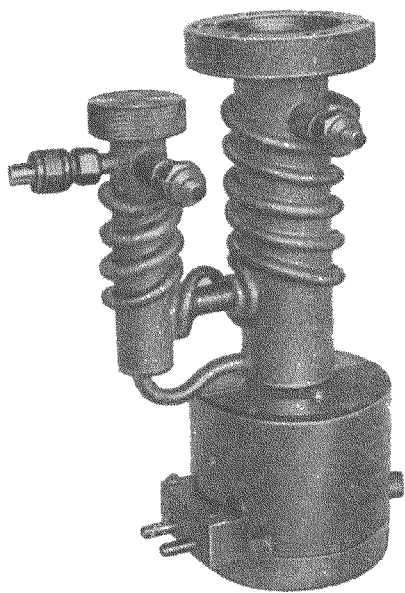


Рис. 1. Парортутный насос Н-10Р

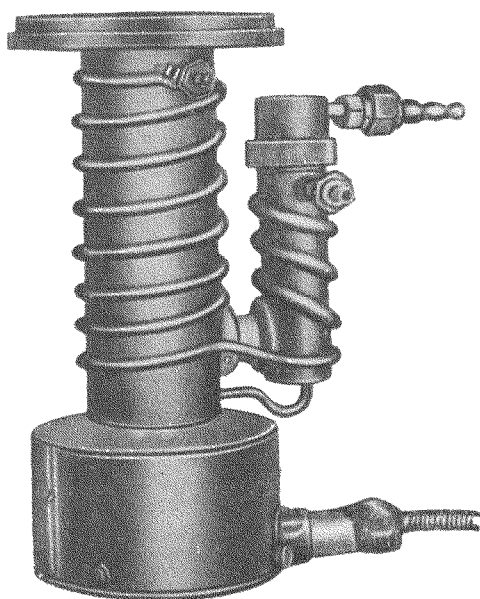


Рис. 2. Парортутный насос Н-50Р

Широкое распространение парортутных насосов обусловлено рядом их важных достоинств: при использовании низкотемпературных ловушек они позволяют получать „чистый“ вакуум, не загрязняя откачиваемую систему какими-либо побочными газообразными продуктами; очень стабильны в работе, так как ртуть не разлагается в кипяильнике насоса; имеют большой срок службы и мало чувствительны к прорывам атмосферы в насос, если при этом не происходит значительного уноса из него ртути.

Выпускаются высоковакуумные парортутные насосы с быстротой откачки 10, 50, 500, 1500 и 6000 л/сек.

Трехступенчатые насосы Н-10Р (рис. 1) и Н-50Р (рис. 2) подобны по конструкции и отличаются высокими технико-экономическими показателями: малыми габаритными размерами и весом, небольшим расходом охлаждающей воды и малыми величинами потребляемой мощности. Вместе с тем они имеют широкий диапазон рабочих давлений (от 10^{-7} до 10^{-2} мм рт. ст. при использовании ловушек, охлаждае-

мых жидким азотом) и высокие значения наибольшего выпускного давления (2 мм рт. ст.). При применении специальных ловушек, охлаждаемых жидким азотом, они обеспечивают получение в прогрессивной системе давления 10^{-10} мм рт. ст.

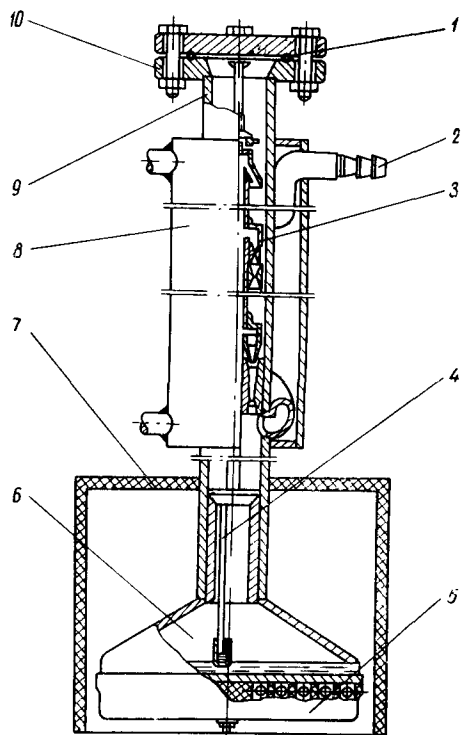


Рис. 3. Парортутный насос ДРН-50:

1 — уплотнитель; 2 — выпускной штуцер; 3 — система сопел; 4 — затворная сливная трубка; 5 — электронагреватель; 6 — киль тильник; 7 — теплоизоляционный кожух; 8 — водяная рубашка; 9 — корпус; 10 — фланец

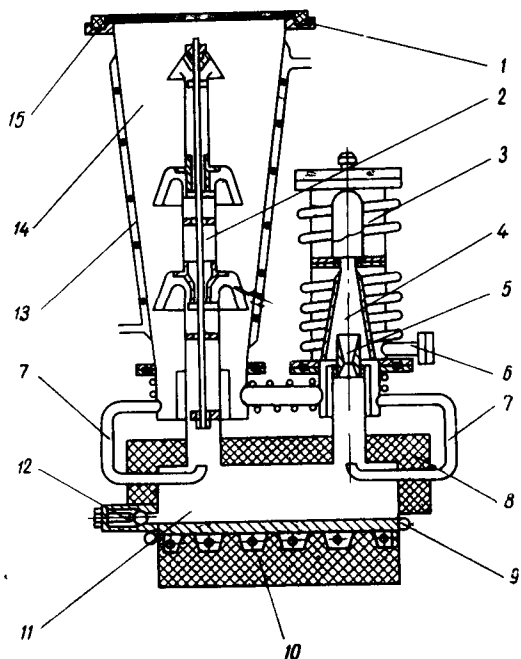


Рис. 4. Парортутный насос Н-5СР:

1 — фланец впускной патрубка; 2 — паропровод; 3 — ловушка; 4 — диффузор; 5 — эжекторное сопло; 6 — выпускной патрубок; 7 — затворные трубки; 8 — теплоизоляция кипятильника; 9 — трубка водяного охлаждения кипятильника; 10 — электронагреватель; 11 — кипятильник; 12 — сливное устройство; 13 — рубашка водяного охлаждения; 14 — корпус насоса; 15 — уплотнитель

Насосы снабжены долговечными электронагревателями закрытого типа, в которых электрическая спираль запрессована в керамическую массу, предохраняющую ее от окисления кислородом воздуха. Материал насоса — нержавеющая сталь Х18Н9Т.

Близким по производительности к насосам Н-10Р и Н-50Р является насос ДРН-50 (рис. 3). Насос имеет высокое значение наибольшего выпускного давления (15—20 мм рт. ст.), что позволяет использовать для него в качестве насоса предварительного разрежения водоструйный насос.

Насос ДРН-50 изготовлен из стали Ст. 3.

Насос ДРН-50 по своим технико-экономическим показателям, как высоковакуумный насос, уступает насосам Н-10Р и Н-50Р. Его рекомендуется применять как бустерный насос для работы в области давлений 10^{-1} до 10^{-2} мм рт. ст. В сочетании с водоструйным насосом он оказывается весьма ценным для создания предварительного разрежения в безмасляных системах откачки.

Для откачки больших объемов до высокого и сверхвысокого вакуума предназначены насосы Н-5СР (рис. 4), Н-6ТР (рис. 5) и Н-1ТР (рис. 6).

Насосы Н-5СР и Н-6ТР четырехступенчатые, сходны по конструкции, имеют сужающиеся книзу конические корпуса и отдельно присо-

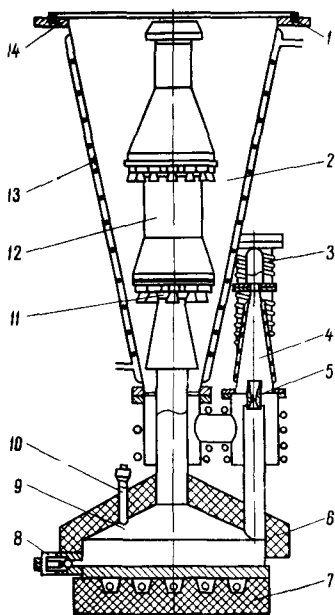


Рис. 5. Парортутный насос Н-6ТР.

1 — уплотнитель фланца, 2 — корпус насоса, 3 — водная ловушка, 4 — диффузор, 5 — эжекторное сопло, 6 — теплоизоляция кипятильника, 7 — электроннагреватель, 8 — устройство для заливки ртути, 9 — кипятильник, 10 — устройство для заливки ртути, 11 — сопло, 12 — паропровод, 13 — рубашка водяного охлаждения, 14 — фланец

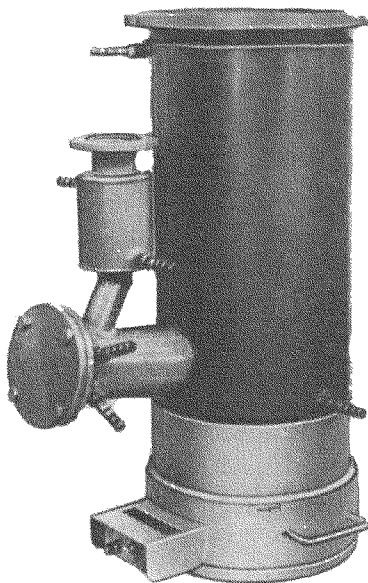


Рис. 6. Парортутный насос Н-1ТР

единенные к кипятильникам эжекторные ступени. За эжекторными ступенями установлены охлаждаемые водой дисковые ловушки. Насосы имеют устройства для заливки ртути в котел и слива ее из котла.

Над первыми ступенями насосов во впускном патрубке устанавливаются охлаждаемые водой колпачковые отражатели, предотвращающие рассевание ртутного пара из струи в откачиваемую систему.

Насосы обладают высокими технико-экономическими показателями. При применении специальных ловушек, охлаждаемых жидким азотом, они позволяют создавать в прогреваемых системах давления ниже 10^{-10} мм рт. ст.

Насосы изготавливаются из стали X18H9T. Наряду с насосом Н-5СР выпускается также его модификация: насос Н-5СР-1, предназначенный для прогреваемых вакуумных систем и отличающийся тем,

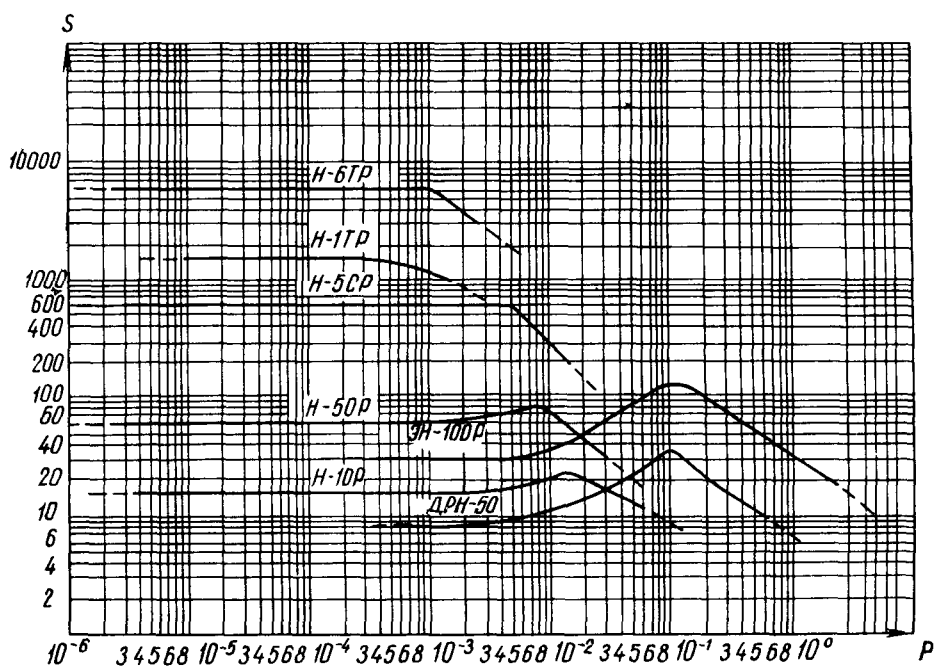


Рис. 7 Быстрота откачки (S , л/сек) паровутных вакуумных насосов по воздуху в зависимости от впускного давления (P , мм рт. ст.)

что вместо обычного резинового уплотнителя в нем применено прогреваемое уплотнение с медной прокладкой.

Отличным по конструкции от описанных паровутных насосов является трехступенчатый насос Н-1ТР, изготавливаемый из стали 20. Насос обладает сравнительно невысоким наибольшим выпускным давлением (0,3 мм рт. ст.) и потребляет небольшую мощность (1,3 квт).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы						
	Н-10Р	Н-50Р	Н-5СР	Н-1ТР	Н-6ТР	ДРН-50	ЭН-100Р
Рабочий диапазон давлений, мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-7} \div 2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7} \div 2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7} \div 1,0$	$1,5 \cdot 10^{-6} \div 1,0$
Средняя быстрота откачки воздуха, л/сек	15—20	50—70	600	1500	6000	30 при 10^{-1} мм рт. ст.	100 при 10^{-1} мм рт. ст.
Предельный вакуум, мм рт. ст.	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$	$\leq 1,5 \cdot 10^{-6}$
Наибольшее выпускное давление, мм рт. ст.	2,5	2,5	2,0	0,3	2,0	15—20	50
Мощность электронагревателя, кВт	0,2	0,35	1,7	1,3	5,0	2,5	4
Расход воды, л/час	7	25	200	300	650	—	400
Количество рабочей [жидкости, см ³	35	250	500	1000	2500	250	1500
Рабочая-жидкость	Р-1	Р-1	Р-1	Р-1	Р-1	Р-1	Р-1
Вес насоса, кг	1,9	3,1	70	60	235	25	96
Диаметр условного прохода, мм:							
впускной патрубок	3,8*	60*	160	260	500	50	80
выпускной патрубок	8	7	30	50	50	10	80
Высота, мм	235	272	726	729	1468	875	1373
Размеры в плане, мм	90×160	140×212	335×435	370×500	666×720	280×280	560×570
Необходимая быстрота откачки вспомо- гательного насоса, л/сек	0,4	0,35	1,5	3,0	5,0	0,4	0,6

Примечание. Звездочкой отмечен фланец с металлическим уплотнителем.

ПАРОМАСЛЯНЫЕ НАСОСЫ

Высоковакуумные паромасляные насосы наиболее широко распространены в промышленности, что обусловлено простотой их устройства и надежностью работы. Используемые в насосах в качестве рабочих жидкостей вакуумные масла совершенно безвредны, не взаимодействуют с конструкционными материалами и обладают низкой упругостью пара при комнатной температуре. При помощи высоковакуумных паромасляных насосов можно получать остаточные давления ниже 10^{-6} мм рт. ст. без применения низкотемпературных ловушек.

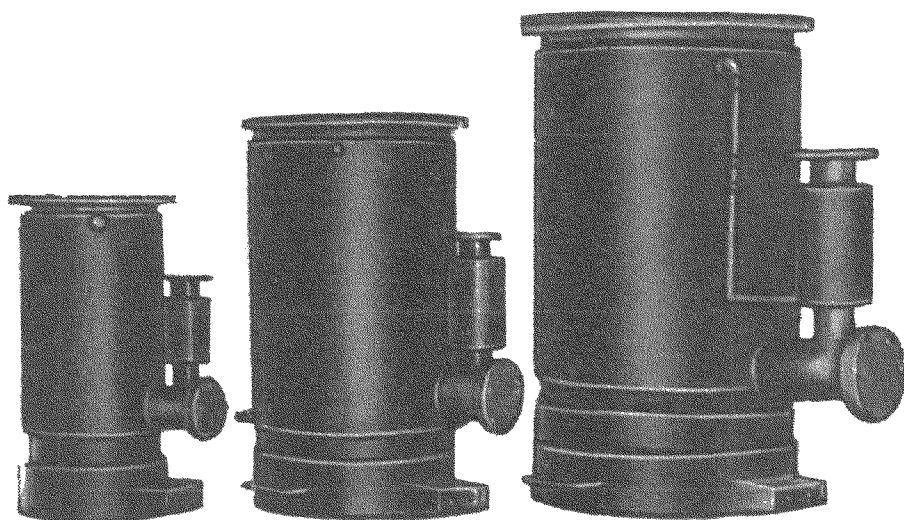


Рис. 1. Насосы Н-2Т, Н-5Т и Н-8Т

Выпускается значительный ассортимент различных высоковакуумных паромасляных насосов как общего, так и специального назначения с быстротой откачки от 5 до 38 000 л/сек.

Насосы общего назначения составляют ряд с быстротой откачки 100 л/сек (Н-1С-2), 500 л/сек (Н-5СМ-1), 1500 л/сек (Н-2Т), 3000 л/сек (Н-5Т) и 6000 л/сек (Н-8Т). Все эти насосы фракционирующие, снабжаются колпачковыми маслоотражателями, имеют алюминиевые трех- и четырехступенчатые паропроводы и корпус из стали 20.

Насосы Н-2Т, Н-5Т и Н-8Т (рис. 1 и 2) — трехступенчатые, идентичны по конструкции, имеют электронагреватели открытого типа.

Насосы Н-1С-2 и Н-5СМ-1 имеют укороченную рубашку водяного охлаждения и улучшенное фракционирование масла в кипятильнике.

Паряду с насосами общего назначения выпускается значительное число типов высоковакуумных паромасляных насосов специального назначения. Так, паромасляные насосы серии ИО-76, насосы ММ-40 и ЦВЛ-100 применяются главным образом в электровакуумной промышленности.

Насосы НВО-40 и НВО-40М (рис. 3) имеют воздушное охлаждение и применяются в масс-спектрометрических теческателях и в других передвижных вакуумных установках. У насоса НВО-40М имеются маслоотражатель и нагреватель закрытого типа с электрической спиралью, запрессованной в керамику.

Насос Н-015С (рис. 4) малогабаритный, предназначен для использования в лабораториях и небольших промышленных установках. Насос имеет маслоотражатель колпачкового типа, запрессованный в корпус и съемный кипятильник для облегчения его очистки; электронагреватель насоса закрытого типа.

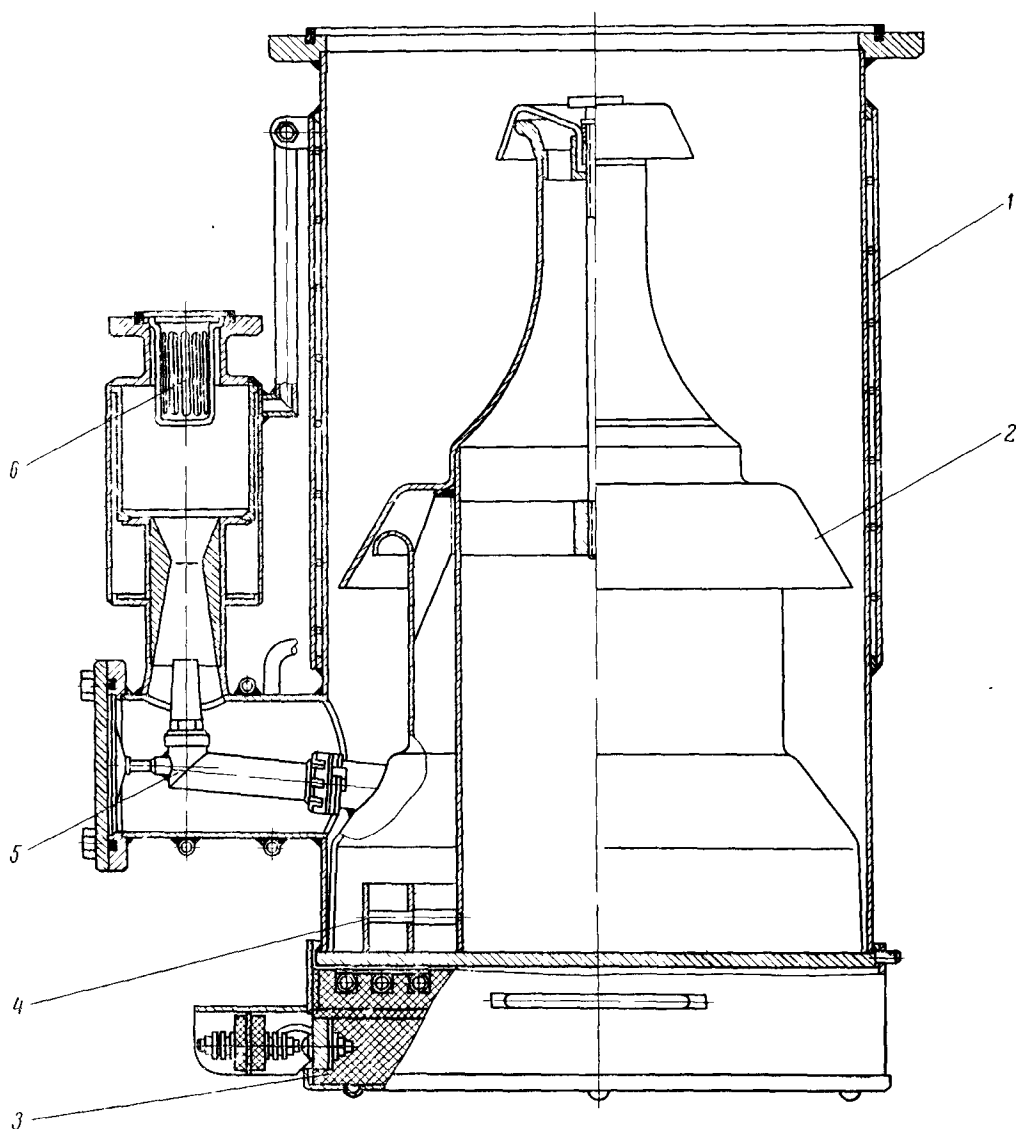


Рис. 2. Устройство насосов Н-2Т, Н-5Т и Н-8Т:

1 — корпус, 2 — система сопел и паропроводящих труб, 3 — электронагреватель; 4 — лабиринтные кольца, 5 — эжекторная ступень, 6 — ловушка для паров масла

Насос Н-1С-Б (рис. 5) имеет маслоотражатель и специальную медную ловушку, охлаждаемую за счет теплопроводности от корпуса насоса. На кипятильник наварена водяная рубашка, позволяющая охлаждать насос за 8—10 мин после выключения нагревателя. Нагреватель закрытого типа. Насос применяется преимущественно в конвейерных линиях откачки электроннолучевых трубок. Может быть использован и в других вакуумных установках, где требуется быстрое охлаждение насоса и предъявляются высокие требования к проникновению масла в откачиваемую систему.

Насос Н-005 (рис. 6) имеет малые габариты, высокое значение наибольшего выпускного давления, широкий диапазон рабочих давлений и предназначен главным образом для установки на автоматах откачки.

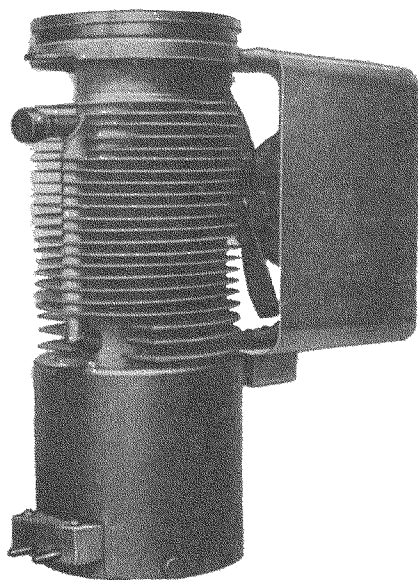


Рис. 3. Насос НВО-40М

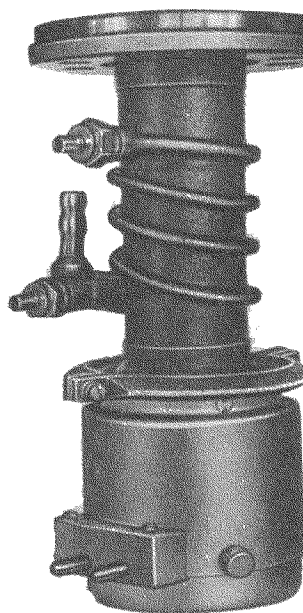


Рис. 4. Насос Н-015С.

Насосы Н-5СМ (рис. 7), Н-2Т-3 (рис. 8), Н-5Т-3 и Н-8ТМ изготавливаются из нержавеющей стали Х18Н9Т и предназначаются преимущественно для откачки сверхвысоковакуумных установок.

Насосы Н-20Т и Н-40Т предназначены для откачки крупных вакуумных установок. В качестве выходной ступени насосов используется бустерный насос БН-3.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы				
	Н-1С-2	Н-5СМ-1	Н-2Т	Н-5Т	Н-8Т
Рабочий диапазон давлений, мм рт. ст.	$5 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-7} \div 5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6} \div 2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6} \div 2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6} \div 2 \cdot 10^{-4}$
Средняя быстрота откачки воздуха, л/сек	100	500	1500	3000	6000
Предельный вакуум, мм рт. ст.	$\leq 5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 3 \cdot 10^{-6}$	$\leq 3 \cdot 10^{-6}$	$\leq 3 \cdot 10^{-6}$
Наибольшее выпускное давление, мм рт. ст.	0,4	0,15	0,1	0,1	0,1
Мощность подогревателя, кВт	0,5	0,7	1,5	2,0	2,8
Расход воды на охлаждение насоса, л/час	50	120	200	350	500
Количество рабочей жидкости, см³	100	500	1000	1500	4000
Рабочая жидкость	Вакуумное масло ВМ-1				
Вес, кг	10	26	41	79	148
Диаметр условного прохода, мм:					
впускного патрубка	86	160	260	380	500
выпускного патрубка	17	32	50	50	85
Высота насоса, мм	365	550	610	800	1037
Размеры в плане, мм	210×160	330×300	452×370	596×537	825×650
Необходимая быстрота откачки механического насоса, л/сек	0,4	2,0	4,0	7,0	15,0

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы							
	ММ-40А	ЦВ.1-100С	ИО-76 001	ИО-76 013	ИО-76 017	ИО-76 012	ИО-76 014	ИО-76 016
Рабочий диапазон давлений, <i>мм рт. ст.</i>	$5 \cdot 10^{-6} \div$ $\div 2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6} \div$ $\div 3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-6} \div$ $\div 2 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-7} \div$ $\div 2 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-7} \div$ $\div 2 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-7} \div$ $\div 2 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-7} \div$ $\div 2 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-7} \div$ $\div 2 \cdot 10^{-4}$
Средняя быстрота откачки воздуха, <i>л сек</i>	25	100	6,2	15	30	60	100	500
Предельный вакуум, <i>мм рт ст.</i>	$\leq 5 \cdot 10^{-6}$	$\leq 3 \cdot 10^{-6}$	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$	$\leq 7 \cdot 10^{-7}$	$\leq 7 \cdot 10^{-7}$	$\leq 7 \cdot 10^{-7}$	$\leq 7 \cdot 10^{-7}$	$\leq 7 \cdot 10^{-7}$
Наибольшее выпускное давление, <i>мм рт. ст.</i>	0,05	0,1	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7—1,0
Мощность подогревателя, <i>квт</i>	0,45	0,450	0,11	0,4	0,45	0,5	1,15	2,0
Расход воды на охлаждение насоса (оптимальный), <i>л час</i>	50	50	30	60	90	120	150	210
Количество рабочей жидкости, <i>см³</i>	40	75	30	30	40	50	150	300
Рабочая жидкость	Вакуумное масло ВМ-1							
Высота насоса, <i>мм</i>	455	465	155	300	345	440	480	540
Размеры в плане, <i>мм</i>	205×116	265×130	88×72	130×82	146×96	220×116	216×172	320×220
Вес, <i>кг</i>	6,9	6,9	0,6	1,6	2,8	5,6	7,3	14,0
Необходимая быстрота откачки механического насоса, <i>л/сек</i>	0,2	0,4	0,007	0,007	0,015	0,03	0,05	0,16

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы										
	НВО-40	НВО-40М	Н-015С	Н-1С-Б	Н-005	Н-5С-М	Н-2Т-3	Н-5Т-3	Н-8Т-М	Н-20Т	Н-40Т
Рабочий диапазон давлений, <i>мм рт. ст.</i>	$5 \cdot 10^{-6} \div \div 1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-6} \div \div 1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-6} \div \div 1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-6} \div \div 1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-6} \div \div 1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-7} \div \div 5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-6} \div \div 5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-7} \div \div 1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-7} \div \div 4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-6} \div \div 2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6} \div \div 2 \cdot 10^{-4}$
Средняя быстрота откачки воздуха, <i>л сек</i>	50	40	15	50	6	500	1500	3000	7500	20000	38000
Предельный вакуум, <i>мм рт. ст.</i>	$\leq 5 \cdot 10^{-6}$	$\leq 5 \cdot 10^{-6}$	$\leq 2 \cdot 10^{-6}$	$\leq 2 \cdot 10^{-6}$	$\leq 5 \cdot 10^{-6}$	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$	$\leq 5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 2 \cdot 10^{-6}$	$\leq 5 \cdot 10^{-6}$
Наибольшее выпускное давление, <i>мм рт. ст.</i>	0,3	0,3	0,4	0,3	4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
Мощность нагревателя, <i>квт</i>	0,45	0,45	0,2	0,35	0,42	0,7	1,7	2,2	3,5	6,0	8,5
Расход воды на охлаждение насоса, <i>л час</i>	охлаждение воздушное 100	охлаждение воздушное 100	25	40—50	50	120	250	350	300	1000	1200
Количество рабочей жидкости, <i>см³</i>	ВМ-1	ВМ-1	ВМ-1	ВМ-1; ПФМС-2	ПФМС-2	ВМ-5	ВМ-1	ВМ-1	ВМ-1	ВМ-1	ВМ-1
Рабочая жидкость	ВМ-1	ВМ-1	ВМ-1	ВМ-1; ПФМС-2	ПФМС-2	ВМ-5	ВМ-1	ВМ-1	ВМ-1	ВМ-1	ВМ-1
Вылет масла на сторону всасывающего вакуума, <i>мг час.см²</i>	5	0,1	0,1	$1 \cdot 10^{-2}$	0,1	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
Вес, <i>кг</i>	8	8	3	8	3	22	65	—	225	650	920
Диаметр условного прохода, <i>мм</i>	62	62	46*	86	32	160*	260	380	500	900	1200
впускного патрубка	10	10	8	20	8	32	50	50	85	55	55
выпускного патрубка	304	302	240	323	331	540	775	1075	1234	1435	1945
Высота насоса, <i>мм</i>	275×160	283—159	165—120	206×124	108×82	344×240	555×388	747×480	985×600	1375×1140	1880×1330
Размеры в плане, <i>мм</i>	0,2	0,2	0,04	0,2	0,02	2,0	3,0	12,0	12,0	10,0	30,0
Необходимая быстрота откачки механического насоса, <i>л,сек</i>											

Примечание. Звездочкой отмечен фланец с металлическим уплотнителем.

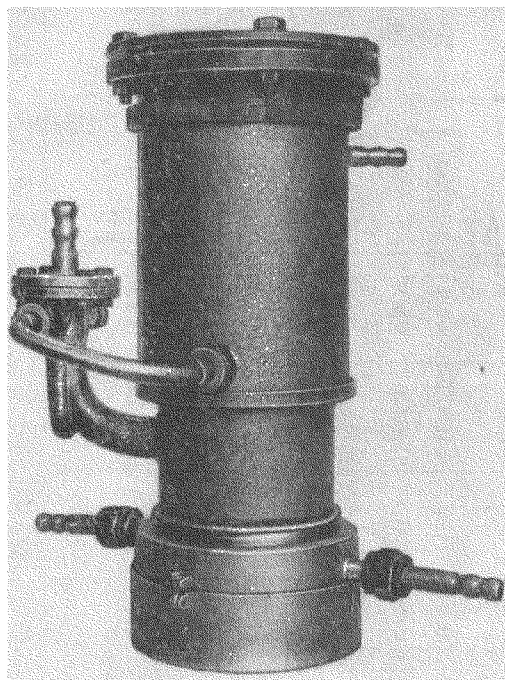


Рис 5 Насос Н 1С Б

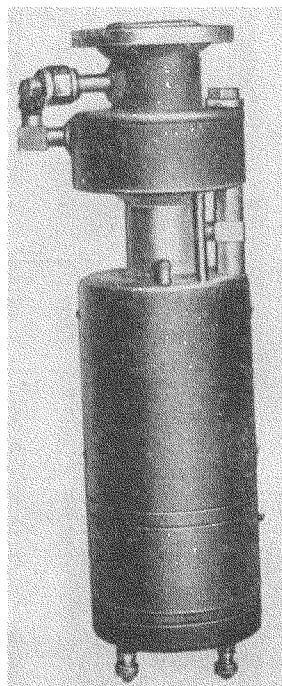


Рис 6 Насос Н 005

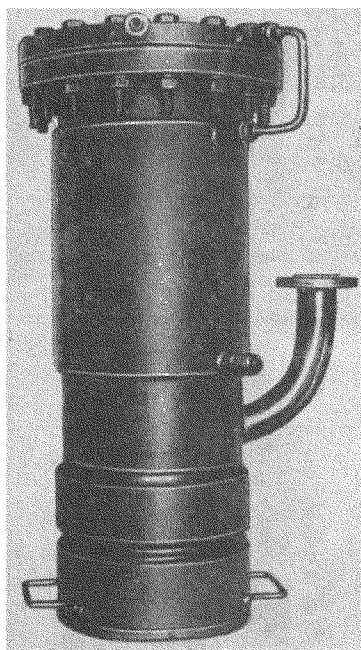


Рис 7 Насос Н 5С М

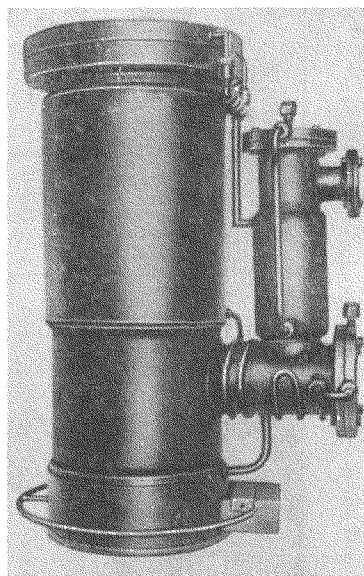


Рис 8 Насос Н 2Т 3

ВЫСОКОВАКУУМНЫЕ ПАРОСТРУЙНЫЕ АГРЕГАТЫ

В зависимости от рода рабочей жидкости высоковакуумного насоса, входящего в состав агрегатов, последние подразделяются на парортутные и паромасляные. По величине предельного вакуума агрегаты подразделяются на высоковакуумные ($>10^{-7}$ мм рт. ст.) и сверхвысоковакуумные ($<10^{-7}$ мм рт. ст.).

3.3.01

ПАРОРТУТНЫЕ АГРЕГАТЫ

Высоковакуумные парортутные агрегаты представляют собой непрогреваемые откачные установки с одnorядными азотными ловушками и

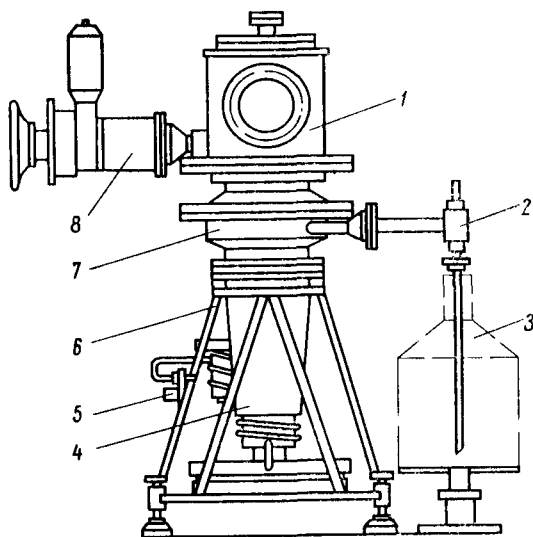


Рис 1. Схема агрегата РВА-05-1.

1 — затвор; 2 — питающее устройство; 3 — сосуд Дьюара; 4 — насос Н-5СР; 5 — гидрореле; 6 — рама; 7 — азотная ловушка; 8 — электропривод затвора

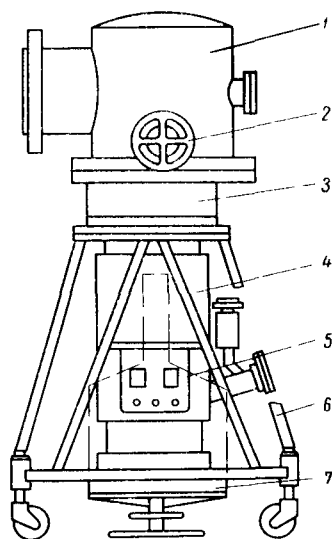


Рис 2. Схема агрегата ВА-2-1Р

1 — затвор; 2 — привод затвора; 3 — азотная ловушка; 4 — насос Н-1Р; 5 — электрощиток; 6 — рама; 7 — сосуд Дьюара

с резиновыми уплотнителями в разъемных соединениях. Эти агрегаты предназначены для получения остаточного давления $\sim 1 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст.

Промышленностью выпускается несколько типов парортутных высоко- и сверхвысоковакуумных агрегатов.

Высоковакуумный агрегат РВА-05-1 (рис. 1) состоит из парортутного насоса Н-5СР, ловушки, охлаждаемой жидким азотом, вакуумного затвора Д_з-160 с присоединительным патрубком. Затвор имеет электрический привод с дистанционным управлением. Время закрытия затвора 5 сек. Питание ловушки агрегата осуществляется подачей жидкого азота через специальное питающее устройство из стандартного металлического сосуда Дьюара емкостью 15 л.

В высоковакуумный агрегат ВА-2-1Р — рис. 2 — входят парортутный насос Н-1ТР, затвор Д_у-260 с электроприводом и однорядная азотная ловушка.

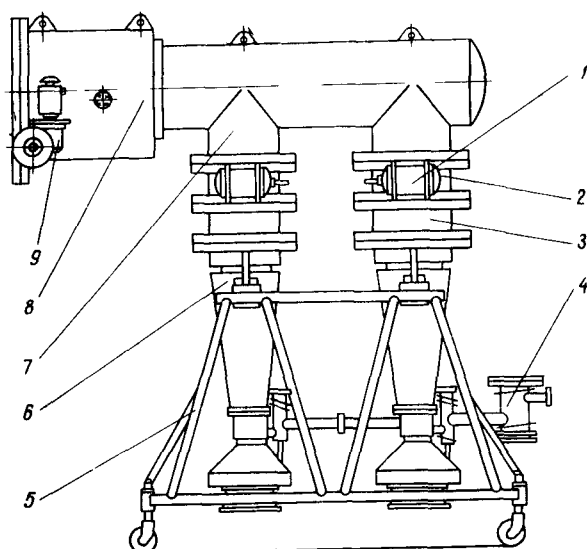


Рис. 3. Схема агрегата РВА-6-1:

1 — оживитель, 2 — азотная ловушка; 3 — фреоновая ловушка; 4 — выпускная фреоновая ловушка; 5 — рама; 6 — насос Н-6ТР; 7 — коллектор; 8 — затвор; 9 — электропривод затвора

Высоковакуумный агрегат РВА-6-1 (рис. 3) состоит из двух парортутных насосов Н-6ТР, объединенных общим коллектором, двухряд-

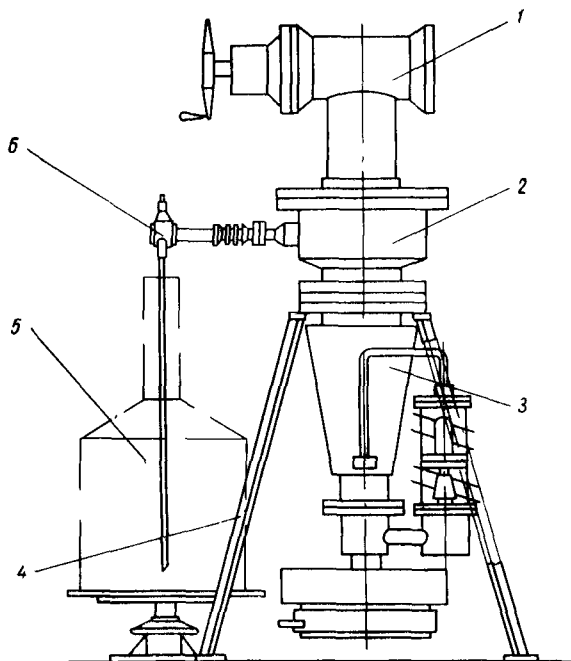


Рис. 4. Схема агрегата РВА-05-2:

1 — затвор; 2 — азотная ловушка; 3 — насос Н-5СР; 4 — рама; 5 — сосуд Дьюара; 6 — питательное устройство

ных низкотемпературных ловушек и затвора Д_у-500 с электроприводом. Ловушки установлены над каждым насосом Н-6ТР. Нижняя ловушка охлаждается фреоном до температуры -38°C , верхняя ловушка

охлаждается жидким азотом, подаваемым из стандартного сосуда Дьюара или из индивидуального ожижителя. Агрегат имеет на выпускном патрубке охлаждаемую фреоном ловушку, предназначенную для предотвращения проникновения паров ртути в трубопровод предварительной откачки.

Сверхвысоковакуумные парортутные агрегаты представляют собой откачные установки, прогреваемые до температуры 400—450° С

В сверхвысоковакуумный агрегат РВА-05-2 (рис. 4) входят насос Н-5СР, однорядная азотная ловушка и прогреваемый затвор Д_з-100 с металлическим уплотнением.

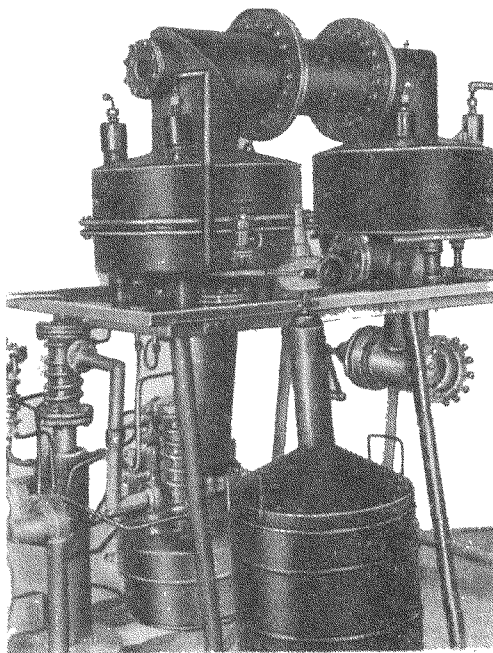


Рис. 5. Агрегат РВА 05-4

Сверхвысоковакуумный агрегат РВА-05-4 (рис. 5 и 6) состоит из парортутного насоса Н-5СР-1, соединенного последовательно с парортутным вспомогательным насосом ДРН-50, ловушки, охлаждаемой фреоном, и двух охлаждаемых жидким азотом ловушек, затвора Д_з-100 с металлическим уплотнением. Вся высоковакуумная часть агрегата (ловушки, соединительные пагрубки и затвор) при запуске агрегата прогревается до температуры 400—450° С с целью обезгаживания. Агрегат позволяет получать предельный вакуум ниже 10⁻¹⁰ мм рт. ст. Высокое значение наибольшего выпускного давления насоса ДРН-50 (15—20 мм рт. ст.) дает возможность использовать для агрегата водоструйный насос в качестве насоса предварительного разрежения.

Агрегат с водоструйным насосом обеспечивает безмасляную сверхвысоковакуумную откачку до давлений ниже 10⁻¹⁰ мм рт. ст.

В сверхвысоковакуумный агрегат РВА-1-3 (рис. 7 и 8) входят высоковакуумный парортутный насос специальной конструкции с быстротой откачки 1000 л/сек и последовательно установленный за ним высоковакуумный насос Н-5СР-1, фреоновая ловушка и двухрядная азотная ловушка. Между высоковакуумными насосами расположены две охлаждаемые водой ловушки, предотвращающие перекачку ртути из насоса в насос. Фреоновая и азотная ловушки, а также присоединительный патрубок агрегата перед его запуском прогреваются до температуры 400—450° С с целью обезгаживания.

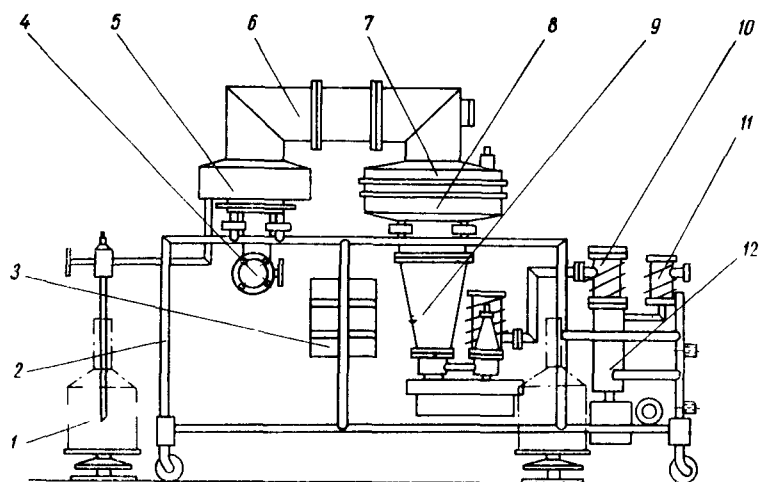


Рис. 6. Схема агрегата РВА-05-4:

- 1 — сосуд Дьюара; 2 — рама, 3 — электродвигатель;
 4 — затвор; 5 — азотная ловушка; 6 — соединительный патрубков;
 7 — азотная ловушка; 8 — фреоновая ловушка; 9 — насос Н-5СР-1;
 10, 11 — водяные ловушки; 12 — насос ДРН 50

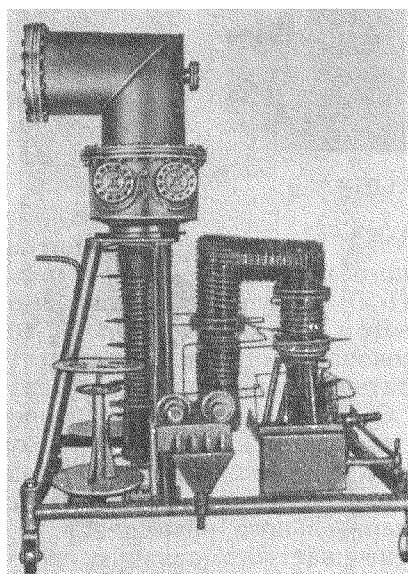


Рис. 7. Агрегат РВА-1-3

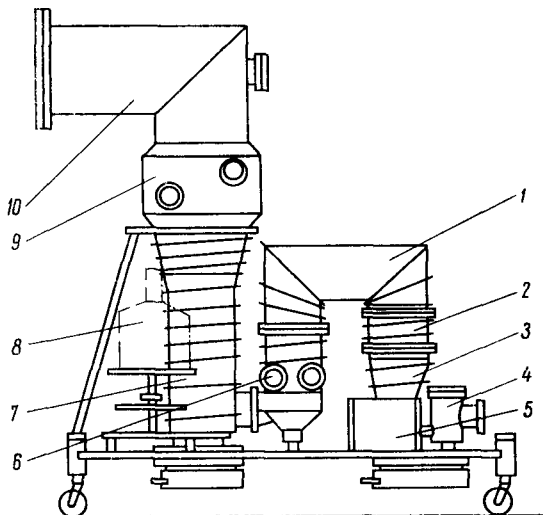


Рис. 8. Схема агрегата РВА-1-3:

- 1 — соединительный патрубков; 2 — водяная ловушка;
 3 — насос Н-5СР-1; 4 — выходная ловушка; 5 — электродвигатель;
 6 — водяной коллектор; 7 — основной насос;
 8 — сосуд Дьюара; 9 — система ловушек; 10 — присоединительный патрубков

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Агрегаты					
	РВА-05-1	ВА-2-1Р	РВА-6-1	РВА-05-2	РВА-05-4	РВА-1-3
Рабочий диапазон давлений, <i>мм рт. ст.</i>	$1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-6} \div 8 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-6} \div 2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-8} \div 1 \cdot 10^{-3}$	$10^{-10} \div 1 \cdot 10^{-3}$	$10^{-10} \div 1 \cdot 10^{-3}$
Средняя быстрота откачки воздуха, <i>л/сек</i>	200	400	2000	100	70 (в диапазоне $10^{-7} \div 10^{-3}$ <i>мм рт. ст.</i>)	200—400
Предельный вакуум, <i>мм рт. ст.</i>	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$	$\leq 5 \cdot 10^{-8}$	$\leq 10^{-10}$	$\leq 10^{-10}$
Наибольшее выпускное давление, <i>мм рт. ст.</i>	2,0	0,3	2,5	2,0	15—20	2,0
Мощность электронагревателя, <i>квт</i>	1,7	1,3	10	1,7	4,2	3,4
Расход воды, <i>л/час</i>	200	300	650	200	800	600
Расход жидкого азота, <i>л/час</i>	1,9	1,0	6,0	1,2	7,0	7,0
Количество рабочей жидкости, <i>см³</i>	500	1000	5000	500	1200	1700
Рабочая жидкость	P-1	P-1	P-1	P-1	P-1	P-1
Вес, <i>кг</i>	195	200	1300	188	510	500
Диаметр условного прохода, <i>мм</i> :						
впускного патрубка	160	260	500	100*	100*	380*
выпускного патрубка	30	50	50	30	—	30
Высота от оси впускного патрубка, <i>мм</i>	1185	1120	2200	1300	950	2250
Размеры в плане, <i>мм</i>	470 × 930	785 × 1108	1200 × 2620	580 × 730	1229 × 272	1325 × 1675
Необходимая быстрота откачки вспомогательного насоса, <i>л/сек</i>	0,5	2	10	0,5	0,4	0,5

Примечание. Звездочкой отмечен фланец с металлическим уплотнителем.

ПАРОМАСЛЯНЫЕ АГРЕГАТЫ

В серию высоковакуумных паромасляных агрегатов общего назначения входят агрегаты ВА-01-1, ВА-05-4 (рис. 1 и 2), ВА-2-3, ВА-5-4,

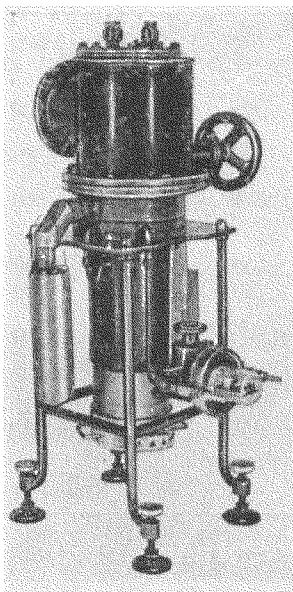


Рис. 1. Агрегат ВА-05-4

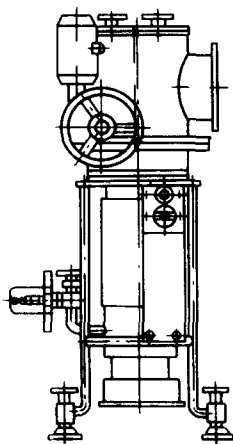


Рис. 2. Схема агрегатов
ВА-01-1 и ВА-05-4

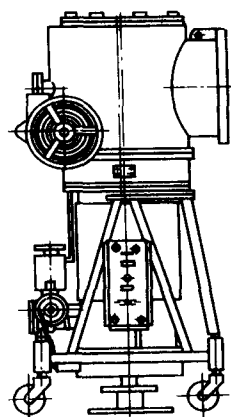
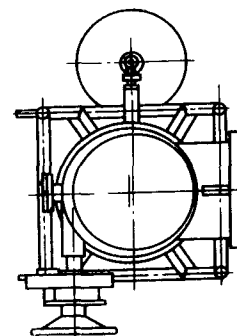
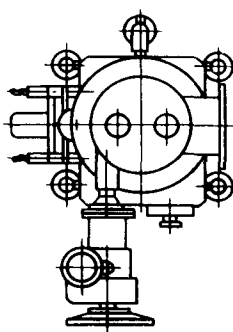


Рис. 3. Схема агрегатов
ВА-2-3, ВА-5-4, ВА-8-4



ВА-8-4 (рис. 3), которые широко используются в разных областях техники и промышленности — электровакуумной, металлургической, химической, пищевой и др., где требуется поддерживать давления в пределах $10^{-3} \div 10^{-6}$ мм рт. ст.

Высоковакуумный паромасляный агрегат представляет собой откачную вакуумную систему, состоящую из следующих основных узлов:

- высоковакуумного паромасляного насоса;
- ловушки, охлаждаемой жидким азотом;
- вакуумного затвора.

Агрегаты установлены на раме-тележке, имеют гидрореле для контроля протока охлаждающей воды и электрощиток, предназначенный для подачи электропитания, для сигнализации при перегорании спирали электронагревателя насоса и блокировки, предотвращающей возможность включения электронагревателя насоса при отсутствии протока охлаждающей воды.

В зависимости от конструкции приводов затвора агрегаты подразделяются на следующие виды:

- агрегаты с ручным приводом затвора (Р);
- агрегаты с электроприводом затвора от сети постоянного тока напряжением 24 в (ПС);
- агрегаты с электроприводом затвора от сети переменного тока напряжением 220/380 в (ПР).

При заказе к обозначению типа добавляют соответствующий индекс (ВА-01-1Р; ВА-01-1ПС; ВА-01-1ПР).

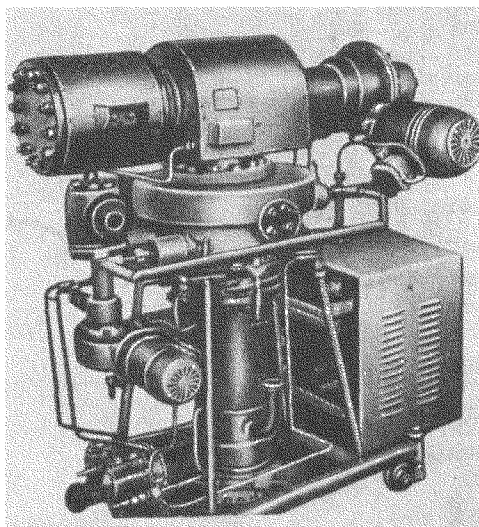


Рис 4. Агрегат ВА-05-5

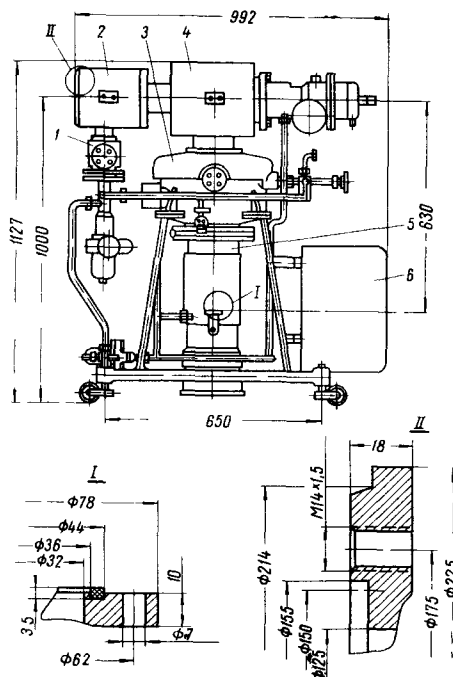


Рис 5. Схема агрегата ВА-05-5

1 — вентиль 25 ТД У, 2 — переходник,
3 — азотная ловушка, 4 — вентиль 100 ТД У,
5 — паромасляный насос Н-5С-М, 6 — электродвигатель

Как правило, поставляются агрегаты с электроприводом затвора от сети переменного тока напряжением 220/380 в.

Агрегаты с ручным приводом затвора и с электроприводом от сети постоянного тока напряжением 24 в поставляются по специальному заказу.

Затворы агрегатов позволяют осуществлять дистанционное и ручное управление.

Агрегаты допускают вертикальное и горизонтальное подсоединение к откачиваемому объему.

Ловушки агрегатов ВА-01-1 и ВА-05-4 охлаждаются жидким азотом через стержень, который погружается в сосуд с жидким азотом. Питание жидким азотом ловушек агрегатов типа ВА-2-3, ВА-5-4 и ВА-8-4 осуществляется из стандартного сосуда Дьюара емкостью 15 л при помощи специального питательного устройства, входящего в комплект агрегатов.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Агрегаты					
	BA-01-1	BA-05-4	BA-2-3	BA-5-4	BA-8-4	BA-05-5
Рабочий диапазон давлений, мм рт. ст.	$5 \cdot 10^{-7} \div \div 1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-7} \div \div 5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-7} \div \div 5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-7} \div \div 5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-7} \div \div 5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-9} \div \div 5 \cdot 10^{-4}$
Средняя быстрота откачки воздуха, л/сек	50	200	500	1200	2500	1200
Предельный вакуум, мм рт. ст.	$\leq 5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 5 \cdot 10^{-7}$	$\leq 5 \cdot 10^{-9}$
Наибольшее выпускное давление, мм рт. ст.	0,4	0,15	0,1	0,1	0,1	0,2
Мощность электронагревателя, квт	0,5	0,7	1,2	2,0	2,8	0,7
Расход воды, л/час	50	150	200	400	450	200
Расход жидкого азота, л/час	0,12	0,25	1,0	1,0	1,5	2,5
Количество рабочей жидкости, см ³	100	500	1000	1500	4000	500
Рабочая жидкость	Вакуумное масло ВМ-1					
Вес, кг	47	107	200	331	500	250
Диаметр условного прохода, мм:						
выпускного патрубка	85	160	260	380	500	125*
выпускного патрубка	17	32	50	50	85	32
Высота от оси выпускного патрубка, мм	624	917	1117	1310	1535	1000
Высота агрегата, мм	834	1095	1312	1590	1932	1127
Размеры в плане, мм	340×542	500×800	735×1103	821×1317	1035×1336	611×992
Необходимая быстрота вспомогательного насоса, л/сек	0,25	2,0	4,0	7,0	15	2,0
						1430×1495
						15

Примечание. Звездочкой отмечен фланец с металлическим уплотнителем.

Сверхвысоковакуумные паромасляные агрегаты специального назначения представляют собой откачные установки, прогреваемые до 300—400° С.

Агрегат ВА-05-5 (рис. 4 и 5) применяется для откачки электровакуумных изделий повышенной надежности, в установках для получения

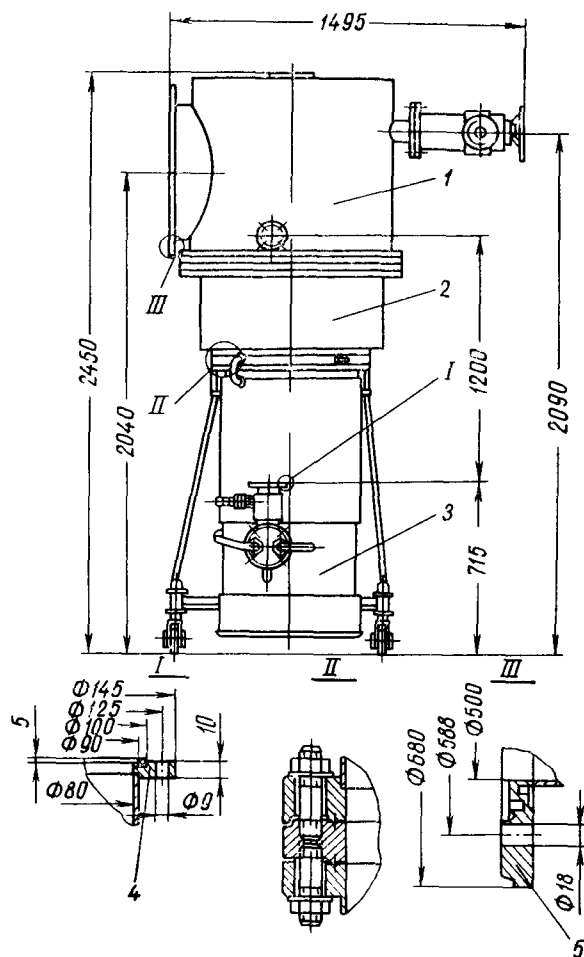


Рис. 6. Схема и габаритные размеры агрегата ВА-8-9М:

1 — затвор Д-500 РСМ; 2 — азотная ловушка; 3 — паромасляный насос Н-8Т-М; 4, 5 — фланцевые соединения

тонких пленок, для физических исследований, где требуется поддерживать давление в диапазоне от 10^{-4} до 10^{-9} мм рт. ст.

Агрегат ВА-05-5 состоит из следующих основных узлов:

- высоковакуумного паромасляного насоса Н-5С-М;
- двухъярусной ловушки;
- вакуумного вентиля Д_у-100 с металлическим уплотнителем;
- вакуумного вентиля Д_у-25 с металлическим уплотнителем.

Высоковакуумная часть агрегата прогревается до температуры 300° С. Двухъярусная ловушка охлаждается жидким азотом, подача которого производится из стандартного сосуда Дьюара емкостью 15 л.

Привод вентилей D_y-100 и D_y-25 электрический, с дистанционным управлением. Агрегат подсоединяется к откачиваемому объекту переходником, имеющим патрубок для подсоединения через вентиль D_y-25 линии байпасной откачки.

Агрегат оборудован электрощитком, предназначенным для управления агрегатом. Весь агрегат установлен на раме-тележке.

В качестве основного конструкционного материала применяется сталь марки X18H9T.

Сверхвысоковакуумный паромасляный агрегат ВА-8-9М (рис. 6) предназначен для откачки сверхвысоковакуумных установок до остаточного давления 10^{-9} мм рт. ст.

Агрегат ВА-8-9М состоит из следующих основных узлов:

- паромасляного насоса Н-8Т-М с маслоотражателем и гидрореле;
- азотной проточной ловушки;
- вакуумного затвора (D_y-500).

Агрегат установлен на раме-тележке.

В качестве основного конструкционного материала применяется сталь X18H9T.

СОРБЦИОННЫЕ

НАСОСЫ

И АГРЕГАТЫ

Действие сорбционных насосов основано на поглощении откачиваемого газа поверхностью какого-либо поглотителя (сорбента). В качестве поглотителя используются пористые вещества с сильно развитой поверхностью (цеолит, активированный уголь и др.), охлажденные до низкой температуры. Насосы с пористыми сорбентами обычно применяются для создания предварительного разрежения, но могут использоваться при соответствующем выборе поглотителя и конструкции насоса и в качестве высоковакуумных насосов.

В другом виде сорбционных насосов поглощающая поверхность создается напылением химически активного металла, обычно титана, образующего прочные соединения с большей частью встречающихся в вакуумных системах газов. Примеси не взаимодействующих с титаном газов, в частности инертных, откачиваются небольшим вспомогательным насосом или удаляются при помощи ионной откачки. В последнем случае насос называют геттерно-ионным.

По способу получения поглощающей пленки металла геттерно-ионные насосы разделяются на испарительно-ионные (ГИН, СТОИ) и магниторазрядные (НЭМ, НОРД, ТРИОН). В испарительно-ионных насосах активные пленки образуются путем термического испарения накаливаемой титановой проволоки или штабика. В магниторазрядных насосах титан распыляется бомбардировкой ионами, образованными в газовом разряде.

Отличительной особенностью сорбционных насосов является отсутствие рабочей жидкости, что позволяет применять их в тех случаях, когда недопустимо проникновение в откачиваемый объем паров рабочей жидкости или продуктов ее разложения. По той же причине сорбционные насосы могут присоединяться к откачиваемому объему без промежуточных вентилях и ловушек, благодаря чему эффективно используется полная быстрота откачки насоса. Сорбционные насосы бесшумны в работе, не требуют непрерывной работы системы предварительной откачки и, как правило, имеют малое время запуска и остановки.

С другой стороны, сорбционные насосы малоэффективны при откачке объемов с большим содержанием органики (резины, масел и т. п.), при длительной работе в области давлений $10^{-4} \div 10^{-3}$ мм рт. ст., при откачке инертных газов.

ЦЕОЛИТОВЫЕ НАСОСЫ И АГРЕГАТЫ

Сорбционные цеолитовые вакуумные насосы ЦВН (рис. 1) и созданные на базе этих насосов цеолитовые вакуумные агрегаты ЦВА (рис. 2, 3) являются весьма простыми средствами безмасляной откачки вакуумных систем объемом 10—100 л от атмосферного давления до давлений $10^{-2} \div 10^{-4}$ мм рт. ст. Они применяются для предварительной откачки сорбционно-ионных, паромасляных и парортутных насосов, для безмасляной откачки в технике физического эксперимента, в усло-

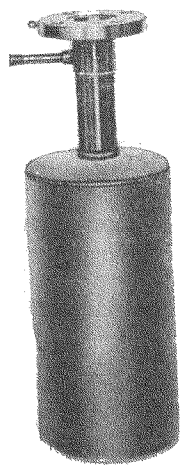


Рис. 1 Насос ЦВН-1 2

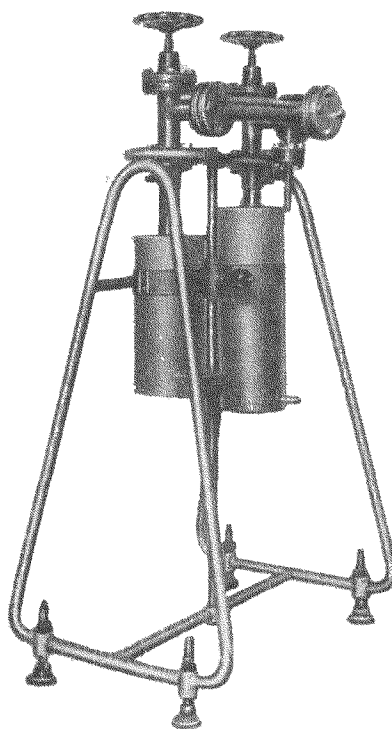


Рис. 2 Агрегат ЦВА-0,1-1

виях, требующих отсутствия вибрации и шумов, и т. п.

Действие цеолитовых насосов основано на способности рабочего вещества насоса — высокопористого сорбента цеолита (могут применяться активированный уголь, силикагель и т. п.) — при охлаждении его жидким азотом или другими сжиженными газами с более низкой температурой кипения поглощать при низких давлениях значительные количества газов, в том числе паров воды, воздуха, азота, кислорода, окиси и двуокиси углерода, криптона, ксенона и т. д. Значительно хуже поглощаются пористыми сорбентами гелий, неон и водород. Охлажде-

ние цеолита в период откачки производится погружением насоса в сосуд Дьюара, заполненный жидким азотом. Насыщенные газами пористые сорбенты после прогрева практически полностью восстанавливают свои сорбционные свойства (регенерация сорбента) и поэтому могут использоваться в насосах без замены в течение продолжительного времени.

В качестве сорбирующего материала в насосах типа ЦВН применен промышленный синтетический цеолит марки 5А (СаА). Для полной регенерации этого сорбента необходимо периодически производить прогрев его при 550°C .

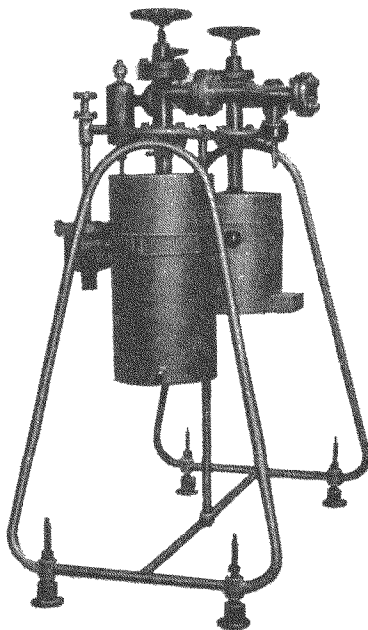


Рис. 3 Агрегат ЦВА-1-2

Насосы ЦВН представляют собой цилиндрическую капсулу, заполненную сорбентом. Агрегаты ЦВА (рис. 4) состоят из двух насосов ЦВН, вакуумной арматуры, металлического сосуда Дьюара и электронагревателя для регенерации цеолита в корпусе насоса. Вся система монтируется на металлической стойке.

В агрегатах ЦВА-0.1-2 и ЦВА-1-2, кроме цеолитовых насосов, работающих попеременно для обеспечения непрерывности действия, с целью предварительного удаления из откачиваемого объема основного количества газа применен водоструйный насос (рис. 5). Такая комбинация двух цеолитовых и водоструйного насосов позволяет откачивать большее количество газов и получать высокий вакуум, свободный от углеводородов.

Основным конструкционным материалом насосов ЦВН и вакуумной арматуры агрегатов ЦВА является нержавеющая сталь. Уплотняемый профиль разъемных вакуумных соединений насосов и большинства узлов агрегата канавочно-клиновой с алюминиевыми уплотнителями.

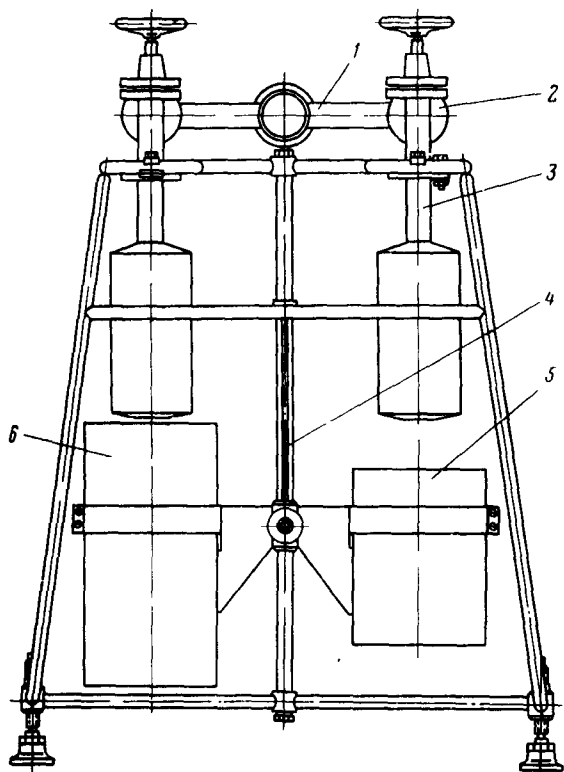


Рис. 4. Схема агрегата ЦВА-1-1

1 — соединительный трубопровод, 2 — вентиль $D_y=20$; 3 — насос ЦВН-1-2, 4 — поддерживающая стойка; 5 — электронагреватель, 6 — сосуд Дьюара

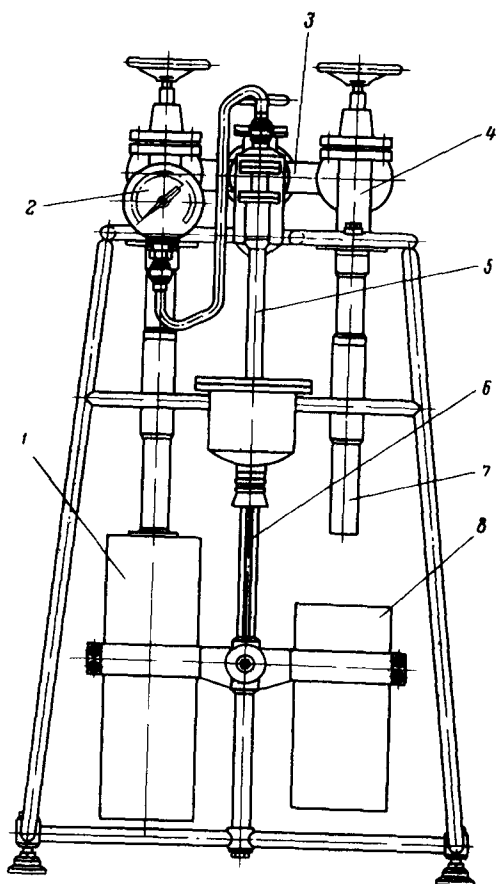


Рис. 5. Схема агрегата ЦВА-0,1-2

1 — сосуд Дьюара; 2 — образцовый вакуумметр; 3 — соединительный трубопровод, 4 — вентиль $D_y=20$; 5 — водоструйный насос ЦВН-1-2; 6 — поддерживающая стойка, 7 — насос ЦВН-0,1-2; 8 — электронагреватель

Промышленностью выпускаются цеолитовые вакуумные насосы с емкостью капсул, заполняемых цеолитом 0,1 кг (ЦВН-0,1-2) и 1 кг (ЦВН-1-2), а также цеолитовые вакуумные агрегаты на базе этих насосов (ЦВА-0,1-1 и ЦВА-1-1) и агрегаты с дополнительным водоструйным насосом (ЦВА-0,1-2 и ЦВА-1-2). Насосы и агрегаты комплектуются гранулированным цеолитом 5А в герметичной упаковке, алюминиевыми уплотнителями.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы агрегаты					
	ЦВН-0,1-2	ЦВН-1-2	ЦВА-0,1-1	ЦВА-0,1-2	ЦВА-1-1	ЦВА-1-2
Предельный вакуум, мм рт. ст.	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-4}	10^{-2}	10^{-4}
Объем воздуха, л	10	100	10	10	100	100
Время откачки без предварительного охлаждения цеолита, ч	1	1	1	2	1	2
Расход воды в водоструйном насосе при давлении воды 1,5 атм, м ³ /час	—	—	—	1	—	1
Расход жидкого азота:						
за первый час работы, см ³	1300	6000	1300	1300	6000	6000
за последующий период, см ³ /час	200	250	200	200	250	250
Марка сорбента	Цеолит 5А	Цеолит 5А	Цеолит 5А	Цеолит 5А	Цеолит 5А	Цеолит 5А
Количество сорбента, кг	0,1	1	0,1	0,1	1	1
Габариты, мм:						
высота	390	388	1145	1145	1170	1170
в плане	92×118	124×124	455×590	553×590	545×820	596×820
Вес, кг	1,3	4,2	48,5	55,8	60	67
Электропитание нагревателя:						
род тока	—	—	переменный		—	—
напряжение, в	—	—	220	220	220	220
потребляемая мощность, Вт	—	—	400	400	825	825

Примечание. Приведено время откачки указанного в таблице объема воздуха от атмосферного давления до предельного вакуума.

АГРЕГАТ АВТО-20М

Сверхвысоковакуумный титановый охлаждаемый агрегат АВТО 20М (рис 1 и 2) предназначен для безмасляной откачки вакуумных систем. Он применяется в напылительных установках, прецизионной металлургии, электровакуумном производстве, в установках для физических исследований и для имитации космических условий.

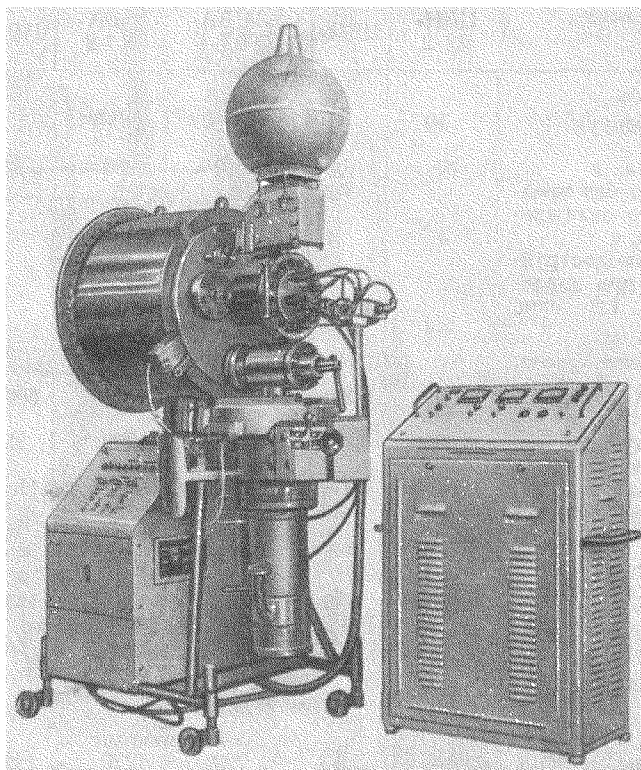


Рис. 1 Сверхвысоковакуумный агрегат АВТО 20М

Агрегат отличается высокой скоростью откачки и крайне низким остаточным давлением — до 10^{-12} мм рт. ст. Быстрота откачки различных газов приведена на графике (рис. 3).

Откачка газа производится слоем титана, напыляемого на охлаждаемую поверхность. В агрегате применен электроннолучевой испаритель титана с минимальным тепловым излучением. Агрегат выполнен из нержавеющей стали и обезгаживается прогревом при $400-450^{\circ}\text{C}$.

В состав агрегата входят:
сверхвысоковакуумный титановый охлаждаемый насос,
паромасляный насос Н 5С М,
азотная ловушка,
цельнометаллический вентиль 80ТР-У,
блок электропитания.

Агрегат комплектуется пультом управления, снабжается комплектом запасных медных уплотнителей.

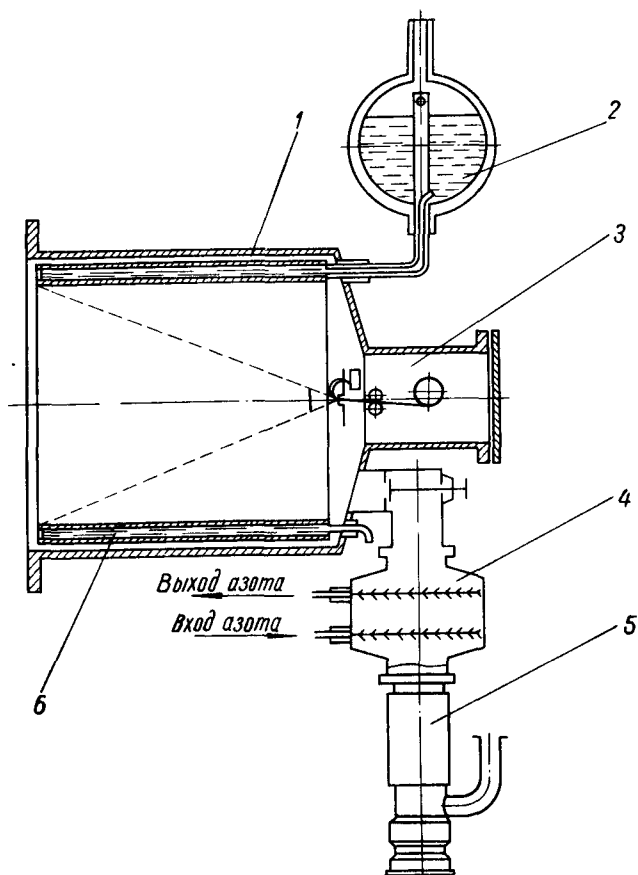


Рис. 2. Схема агрегата АВТО-20М:

1 — сорбционный охлаждаемый насос; 2 — сосуд Дьюара;
3 — испаритель титана в насосе; 4 — азотная ловушка; 5 — паромасляный насос; 6 — охлаждаемый экран насоса

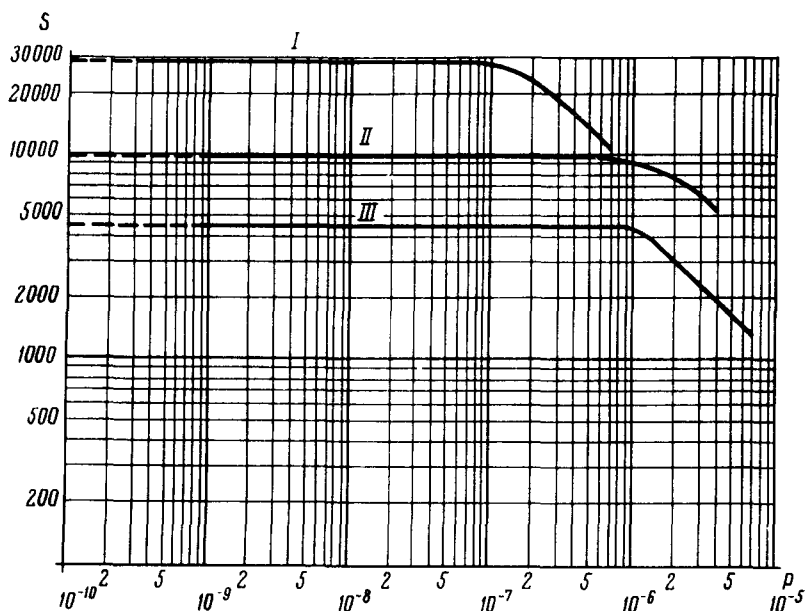


Рис. 3. Зависимость быстроты откачки (S , л/сек) агрегата АВТО-20М от давления (P , мм рт. ст.) при скорости испарения титана 5 мг/мин:

I — водород; II — азот; III — воздух

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Предельный вакуум, мм рт.ст.	$1 \cdot 10^{-12}$
Скорость испарения титана (регулируемая), мг/мин	0—5
Количество титана, испаряемого в агрегате без чистки и перезарядки, г	70
Наибольший расход жидкого азота, л/час . .	4
Мощность, потребляемая агрегатом, квт . .	2
Диаметр отверстия впускного фланца, агре- гата, мм	500

Габариты, мм:

	агрегат без пульта	пульт управления
высота	2080	1065
в плане	1300×1700	785×405
Вес, кг	300	55

МАГНИТОРАЗРЯДНЫЕ НАСОСЫ И АГРЕГАТЫ

Сверхвысоковакуумные магнитные электроразрядные (магнито-разрядные) насосы являются эффективным средством создания высокого и сверхвысокого вакуума. Применяются они для безмасляной откачки электровакуумных приборов, ускорителей, в пленочной технике, в технике физического эксперимента и т. д.

В основе действия магнито-разрядного насоса лежит поглощение газов титаном, распыляемым при высоковольтном разряде в магнитном поле.

Одиночная разрядная ячейка насоса образована двумя титановыми катодными пластинами и анодом из нержавеющей стали. Разрядная ячейка помещена в магнитное поле, перпендикулярное плоскости катодов.

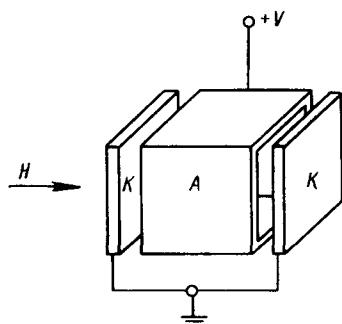


Схема разрядной ячейки

При подаче на электроды разрядной ячейки высокого напряжения (положительного на анод по отношению к катодам в насосах НЭМ или отрицательного на катоды по отношению к аноду в насосах НОРД) в ячейке возникает газовый разряд в широкой области низких давлений.

Образующиеся в разряде положительные ионы газа ускоряются электрическим полем к катодам и внедряются в них; при этом происходит распыление материала катода (титана) и осаждение его на стенках анода и других поверхностях насоса.

Откачное действие насоса определяется внедрением ионов газа в материал катода (ионной откачкой) и поглощением остаточных газов распыленным титаном (сорбционной откачкой).

В зависимости от производительности магнито-разрядные насосы НЭМ, НОРД содержат десятки и сотни разрядных ячеек, которые объединены в электродные блоки, помещенные в корпус из нержавеющей стали. Магнитное поле напряженностью 700 э создается оксидно-барьерными магнитами, расположенными с внешней стороны корпуса.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ БЫСТРОТА ОТКАЧКИ ГАЗОВ МАГНИТОРАЗРЯДНЫМИ НАСОСАМИ

Газ	Быстрота откачки, %	Газ	Быстрота откачки, %
Водород	270	Азот	100
Метан	270	Окись углерода	85
Дейтерий	210	Двуокись углерода	85
Аммиак	170	Кислород	55
Этиловый эфир	135	Гелий	11—20
Пары воды	130	Аргон	1—4
Воздух	100		

Уплотняемый профиль разъемных вакуумных соединений насосов канавочно-клиновой с медными уплотнителями (прокладками).

Насос обезгаживается прогревом при температуре $400 \div 450^\circ \text{C}$.

Благодаря отсутствию в насосах нагретых и движущихся деталей, а также рабочей жидкости они обладают высокой надежностью, большим сроком службы (десятки тысяч часов), просты в обслуживании и не выходят из строя при аварийном попадании атмосферы в вакуумную систему. Насосы позволяют оценивать давление в системе по разрядному току. Они работают в области высокого и сверхвысокого вакуума и дают возможность получить предельное остаточное давление $1 \cdot 10^{-10}$ мм рт. ст.

Запуск магниторазрядных насосов типа НЭМ можно производить при давлении $\leq 10^{-2}$ мм рт. ст., однако работать при давлениях $1 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. в течение длительного времени насосы не могут из-за перегрева электродов.

Магниторазрядные насосы НОРД имеют водяное охлаждение анода электродного блока, что позволяет производить запуск насоса при давлении $5 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст. и иметь максимальное рабочее давление $8 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.

НАСОСЫ НЭМ-30-2, НЭМ-100-2, НЭМ-300-1

Сверхвысоковакуумные магниторазрядные насосы НЭМ производимостью 30, 100 и 300 л/сек (рис. 1, 2, 3) предназначены для безмасляной откачки электровакуумных приборов, ускорителей, а также применяются в пленочной технике, в технике физического эксперимента и т.п.

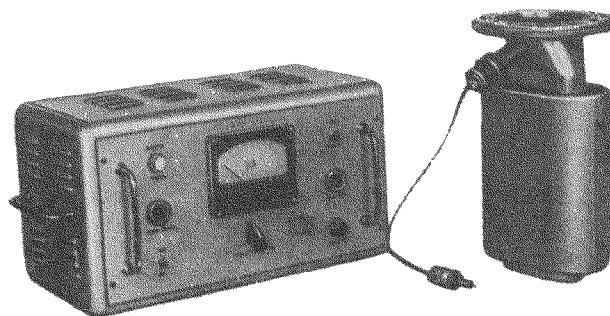


Рис. 1. Насос НЭМ-30-2 с блоком питания

Конструктивно насосы представляют собой цельносварной корпус из нержавеющей стали, внутри которого размещены разрядные электродные блоки (1, 4 или 8 блоков соответственно типу насоса). Съемные магнитные системы (рис. 4, 5, 6) расположены с внешней стороны

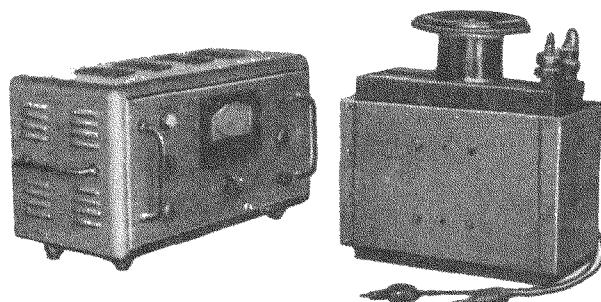


Рис. 2. Насос НЭМ 100 2 с блоком питания

корпуса насоса. Габаритные схемы магниторазрядных насосов приведены на рис. 7, 8, 9.

Разрядный электродный блок состоит из двух анодных решеток и трех титановых катодов, собранных на керамических изоляторах.

Высокое положительное напряжение подается на аноды электродных блоков через высоковольтные вакуумные вводы. К каждому вводу подсоединен один блок или группа электрически соединенных блоков. Это позволяет в случае необходимости отключать ту или другую электродную группу. Питание насоса осуществляется от высоковольтных выпрямителей с падающей характеристикой.

На рис. 10, 11 и 12 приведены зависимости быстроты откачки насосами воздуха от давления.

Насосы НЭМ обладают высокой надежностью, большим сроком службы (десятки тысяч часов), просты в обслуживании, бесшумны

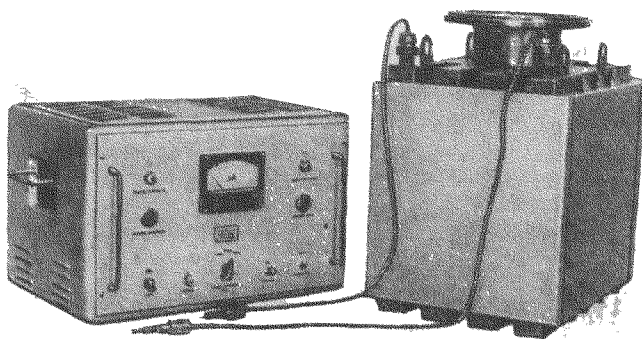


Рис 3 Насос НЭМ-300-1 с блоком питания

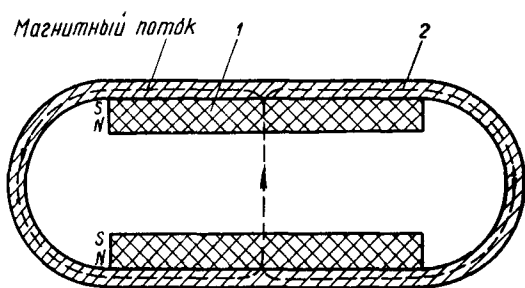


Рис 4 Схема магнитной системы насоса НЭМ-30-2.

1 — магнит, 2 — магнитопровод

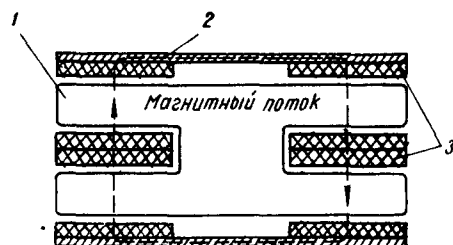


Рис 5 Схема магнитной системы насоса НЭМ-100-2.

1 — корпус насоса, 2 — магнитопровод; 3 — магниты

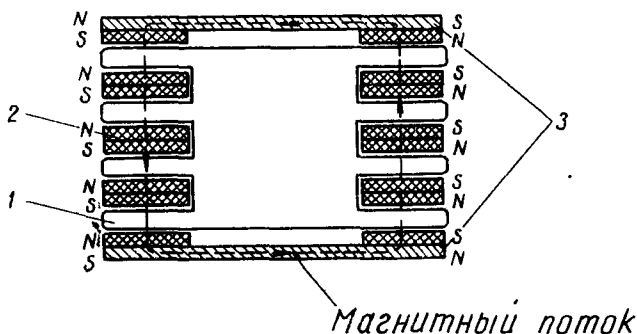


Рис. 6 Схема магнитной системы насоса НЭМ-300-1:

1 — корпус насоса, 2 — магниты 3 — магнитопровод

в работе, не выходят из строя при аварийном попадании атмосферы в вакуумную систему.

Насосы комплектуются высоковольтными источниками питания и запасными медными уплотнителями

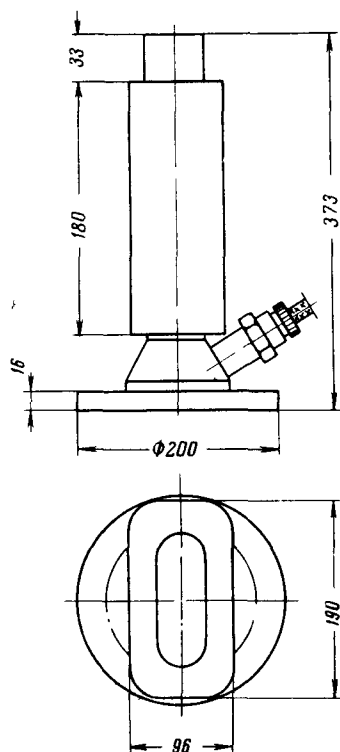


Рис. 7. Габаритные размеры насоса НЭМ-30-2

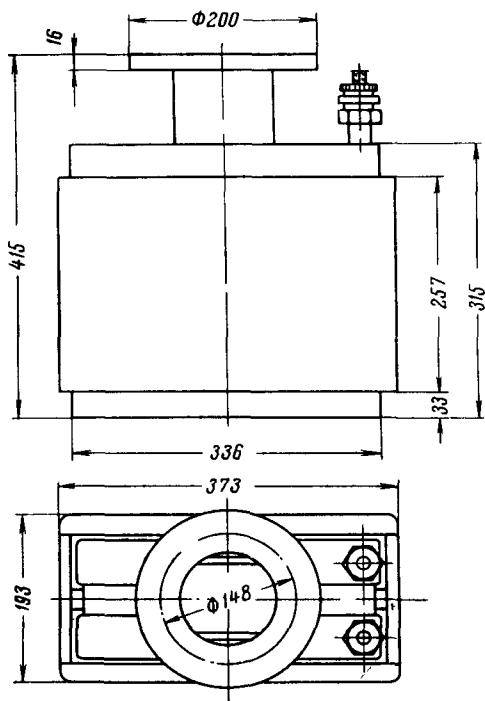


Рис. 8. Габаритные размеры насоса НЭМ-100-2

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы		
	НЭМ-30-2	НЭМ-100-2	НЭМ-300-1
Быстрота откачки воздуха при давлении $5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст., л/сек	30	100	300
Предельный вакуум, мм рт. ст.	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
Предварительное разрежение для запуска насоса, мм рт. ст.	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$
Вес, кг	13,2	42	145
Тип блока питания	БПНЭМ 30-1 (вариант 1)	БПНЭМ 30-1 (вариант 2)	БПНЭМ 300-1
Напряжение сети переменного тока (50 гц), в	220	220	220
Напряжение холостого хода выпрямителя, кв	7	7	7
Ток короткого замыкания выпрямителя, а	0,1	0,1	0,35
Максимальная мощность, потребляемая блоком питания, вт	300	300	1000
Вес блока питания, кг	18	18	40
Габариты блока питания, мм:			
высота	230	230	350
в плане	250 × 470	250 × 470	350 × 550

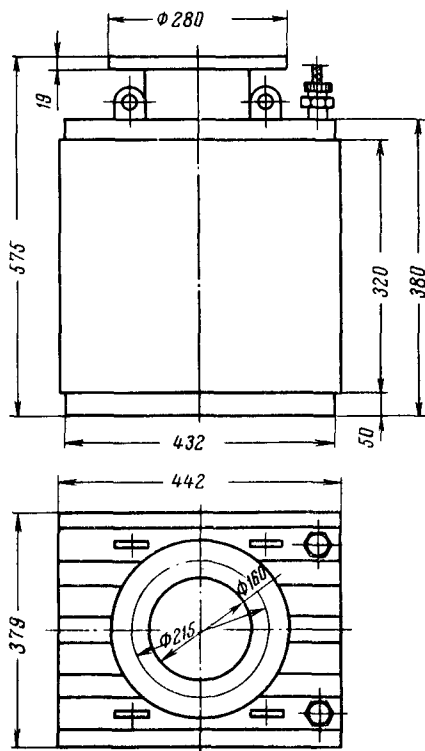


Рис. 9. Габаритные размеры насоса НЭМ-300-1

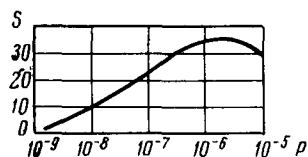


Рис. 10. Зависимость быстроты откачки воздуха (S , л/сек) насосом НЭМ-30-2 от давления в насосе (P , мм рт. ст.)

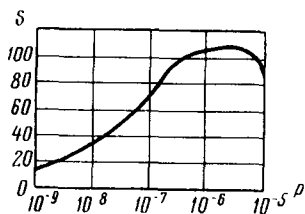


Рис. 11. Зависимость быстроты откачки воздуха (S , л/сек) насосом ПЭМ-100-2 от давления в насосе (P , мм рт. ст.)

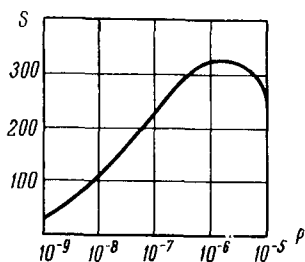


Рис. 12. Зависимость быстроты откачки воздуха (S , л/сек) насосом НЭМ-300-1 от давления в насосе (P , мм рт. ст.)

НАСОС НЭМ-10-1В

Магнитоэлектронный встроенный насос НЭМ-10-1В (рис. 1) предназначен для получения сверхвысокого вакуума. Он не имеет собственного корпуса и помещается внутри откачиваемой вакуумной системы.

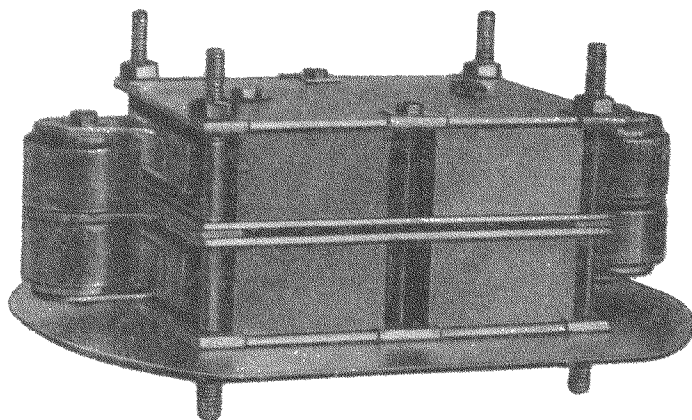


Рис. 1. Насос НЭМ-10-1В

Насос состоит из двух секций. Каждая из секций имеет собственную магнитную систему с напряженностью магнитного поля в рабочем

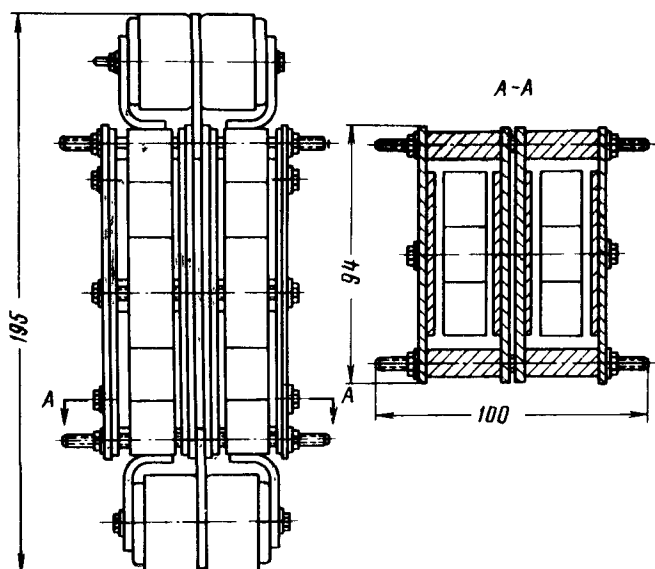


Рис. 2. Габаритные размеры насоса НЭМ-10-1В

зазоре насоса 700 э и электродный блок, состоящий из анодной сетки и двух титановых катодов. Обе секции собираются вместе и крепятся внутри откачиваемого объема. Высокое положительное напряжение

подается на аноды через вакуумный токоввод, установленный на корпусе откачиваемой системы.

Насос НЭМ-10-1В обладает достоинствами, свойственными магнитогазорядным насосам: надежностью, большим сроком службы, простотой эксплуатации, стойкостью к прорыву атмосферы.

Габариты насоса приведены на рис. 2.

Питание насоса осуществляется от выпрямителя БПНЭМ-30-1 (вариант 1) с падающей вольтамперной характеристикой: ток короткого замыкания 100 мА, напряжение холостого хода +7 кВ.

Насос комплектуется описанием и инструкцией по эксплуатации.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Быстрота откачки воздуха в диапазоне давлений от $1 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-7}$ мм рт. ст., л/сек	10
Предельный вакуум в замкнутом объеме 10 л после прогрева насоса и объема до 350°С, мм рт. ст.	$5 \cdot 10^{-10}$
Предварительное разрежение для запуска насоса, мм рт. ст.	$5 \cdot 10^{-3}$
Вес насоса, кг	1,6

НАСОСЫ НЭМ-1Т-1, НЭМ-2,5Т-1 и НЭМ-7Т-1

Сверхвысоковакуумные магниторазрядные насосы НЭМ-1Т-1, НЭМ-2,5Т-1, НЭМ-7Т-1 производительностью соответственно 1000, 2500 и 7000 л/сек применяются для безмасляной откачки ускорителей, в пленочной технике, вакуумной металлургии, в электровакуумной промышленности, в технике физического эксперимента.

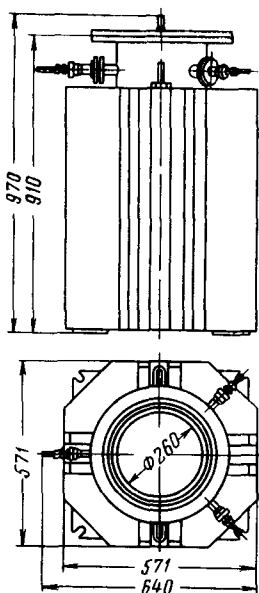


Рис. 1. Габаритные размеры насоса НЭМ-1Т-1

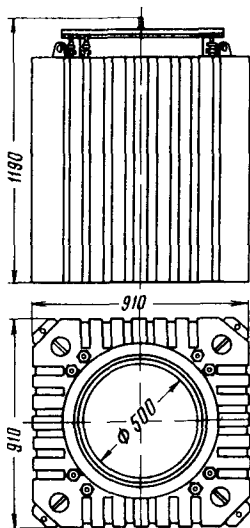


Рис. 2. Габаритные размеры насоса НЭМ-2,5Т-1

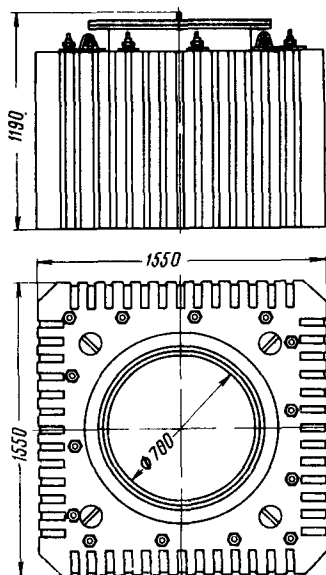


Рис. 3. Габаритные размеры насоса НЭМ-7Т-1

Конструктивно насосы представляют собой цельносварной корпус из нержавеющей стали, внутри которого размещены разрядные электродные блоки (12, 56 и 112 блоков соответственно типу насоса).

Съемные магнитные системы расположены с внешней стороны корпуса насоса.

Габаритные размеры магниторазрядных насосов приведены на рис. 1, 2 и 3.

Высокое положительное напряжение подается на аноды электродных блоков через высоковольтные вакуумные вводы. К каждому вводу подсоединена группа электрически соединенных блоков. Это позволяет в случае необходимости отключить ту или другую электродную группу.

Питание насосов осуществляется от высоковольтных выпрямителей с падающей характеристикой.

Насосы НЭМ обладают высокой надежностью, большим сроком службы (десятилетия тысяч часов), просты в обслуживании, бесшумны в работе, не выходят из строя при аварийном попадании атмосферы в вакуумную систему.

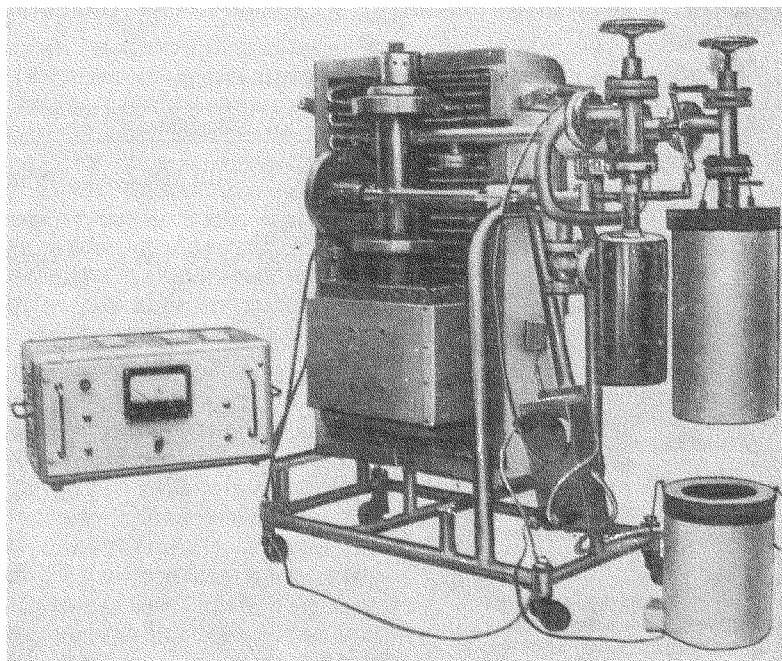
Насосы комплектуются высоковольтными источниками питания, запасными медными уплотнителями.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы		
	НЭМ-1Т-1	НЭМ-2,5Т-1	НЭМ-7Т-1
Быстрота откачки воздуха при давлении $5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст., л/сек	900	3000	6500
Предельный вакуум, мм рт. ст.	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
Предварительное разрежение для запуска насоса, мм рт. ст.	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$
Вес, кг	450	1100	2400
Тип источника питания	ВИП НЭМ-1Т	ВИП НЭМ-2,5Т	ВИП НЭМ-2,5Т (два блока)
Напряжение сети переменного тока (50 гц), в	380	380	380
Напряжение холостого хода выпрямителя, кВ	7	7	7
Ток короткого замыкания выпрямителя, а	1,0	4,5	9,0
Максимальная мощность, потребляемая источником питания, Вт	1500	2400	2×2400
Вес источника питания, кг	200	400	2×400
Габариты источника питания, мм: высота в плане	1760 592×625	1790 625×1140	1790 $(625 \times 1140) \times \times 2$

АГРЕГАТЫ ЭРА

Сверхвысоковакуумные магнитные электроразрядные агрегаты ЭРА (рис. 1) являются эффективным средством безмасляной откачки для создания высокого и сверхвысокого вакуума. Эти агрегаты применяются для откачки электровакуумных приборов, в пленочной электронике, в технике физического эксперимента. Применение агрегатов ЭРА вместо агрегатов с паромасляными насосами во многих случаях



Агрегат ЭРА-100-2

позволяет получить существенно лучшие результаты: например, увеличивается выпуск годных электровакуумных приборов, удлиняется срок их службы, повышается электрическая прочность и стабильность характеристик.

Для откачки вакуумной системы от атмосферного давления до давления $10^{-2} \div 10^{-3}$ мм рт. ст. в агрегатах применяются цеолитовые насосы, основанные на поглощении газа пористым сорбентом — цеолитом, охлажденным до температуры жидкого азота. Для получения высокого и сверхвысокого вакуума в агрегатах использованы магниторазрядные насосы, основанные на поглощении газа титаном, распыляемым в результате высоковольтного разряда в магнитном поле, и на внедрении ионов газа в катод.

Агрегаты ЭРА представляют собой прогреваемые установки, состоящие из двух сорбционных цеолитовых насосов ЦВН-1-2, сверхвысоковакуумного насоса НЭМ и вакуумной арматуры.

Для измерения давления на агрегате установлены термоманометрические преобразователи ЛТ-2, ионизационные манометрические преобразователи ЛМ-2 и МИ-12-7. При откачке больших объемов основное количество газа может быть удалено механическим насосом предварительного разрежения, присоединяемым к агрегату через заливную азотную ловушку.

Срок службы агрегатов ЭРА достигает десятков тысяч часов (при рабочем давлении ниже $5 \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст.). Они не выходят из строя при аварийном попадании атмосферы, бесшумны в работе, надежны, просты в обслуживании, позволяют оценивать давление в системе по току магниторазрядного насоса.

Агрегаты серии ЭРА комплектуются блоком питания магниторазрядного насоса НЭМ, электронагревателями для обезгаживания прогрева высоковакуумной части агрегата и цеолитовых насосов, сосудом для жидкого азота и запасными медными уплотнителями (прокладками).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Агрегаты		
	ЭРА-30-2	ЭРА-100-2	ЭРА-300-2
Тип применяемого сверхвысоковакуумного насоса	НЭМ-30-2	НЭМ-100-2	НЭМ-300-1
Быстрота откачки воздуха агрегатом при давлении от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ мм рт.ст., л/сек	25	80	250
Предельный вакуум, мм рт.ст.	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
Расход жидкого азота, л/час:			
на предварительное охлаждение цеолитового насоса	6	6	6
в установившемся режиме	0,25	0,25	0,25
в установившемся режиме при прогреве высоковакуумной системы агрегата	0,3	0,3	0,3
Максимальная мощность, потребляемая блоком питания сверхвысоковакуумного насоса, Вт	300	300	1000
Мощность, потребляемая электронагревателями для прогрева агрегата при обезгаживании, кВт	7	8	9
Напряжение сети переменного тока (50 Гц), В	220	220	220
Габариты, мм:			
высота	1065	1150	1300
в плане	540×1009	540×1064	630×1116
Вес, кг	95	124	240

НАСОСЫ НОРД

Сверхвысоковакуумные охлаждаемые магниторазрядные насосы НОРД-10-1 (рис. 1), НОРД-25-1, НОРД-100-1, НОРД-250-1 являются эффективными средствами создания высокого и сверхвысокого вакуума. Они предназначены для безмасляной откачки вакуумных систем в электровакуумной промышленности, в вакуумной металлургии, в технике физического эксперимента, в пленочной технике, в установках для имитации космических условий. Эти насосы обладают достоинствами, присущими магниторазрядным насосам (надежностью, большим сроком службы, бесшумностью в работе, простотой обслуживания и т. п.), и отличаются от магниторазрядных насосов НЭМ способностью устойчиво откачивать газы в широком диапазоне давлений, а также повышенным давлением запуска, что достигнуто за счет охлаждения анода электродного блока водой.

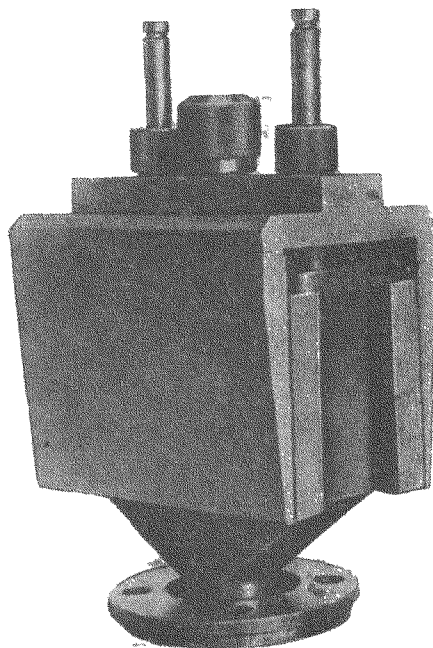


Рис. 1 Насос НОРД-10-1

В корпусе из нержавеющей стали помещено от одного до шести разрядных электродных блоков, каждый из которых состоит из анода и двух титановых катодов. Электродные блоки объединены в группы, подключаемые независимо к высоковольтным вводам и системе охлаждения. Это позволяет в случае необходимости отключить ту или другую группу. Аноды охлаждаются водой, проходящей через впаянные в них трубки из нержавеющей стали. Высокое отрицательное напряжение подается на катоды насоса через высоковольтный вакуумный ввод. Магнитное поле напряженностью 1000 э создается оксиднобариевыми магнитами, расположенными с внешней стороны корпуса. Уплотняемый профиль разъемных вакуумных соединений насоса канавочно-клиновой с медными уплотнителями (прокладками).

Насос обезгаживается прогревом при температуре $400 \div 450^\circ \text{C}$.

Габаритные размеры насосов НОРД-10-1, НОРД-25-1, НОРД-100-1 и НОРД-300-1 приведены соответственно на рис. 2 - 5.

Питание насоса осуществляется от выпрямителя с падающей характеристикой.

Насосы комплектуются высоковольтным источником питания и запасными медными уплотнителями.

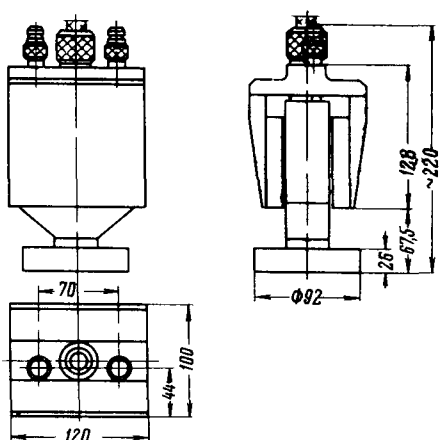


Рис. 2. Габаритные размеры насоса
НОРД-10-1

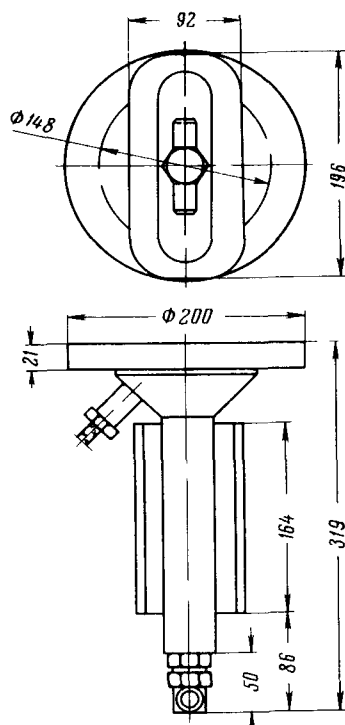


Рис. 3. Габаритные размеры насоса
НОРД-25-1

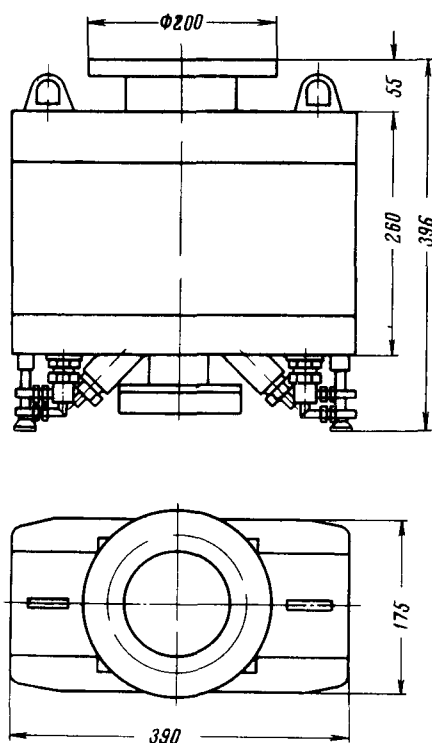


Рис. 4. Габаритные размеры насоса
НОРД-100-1

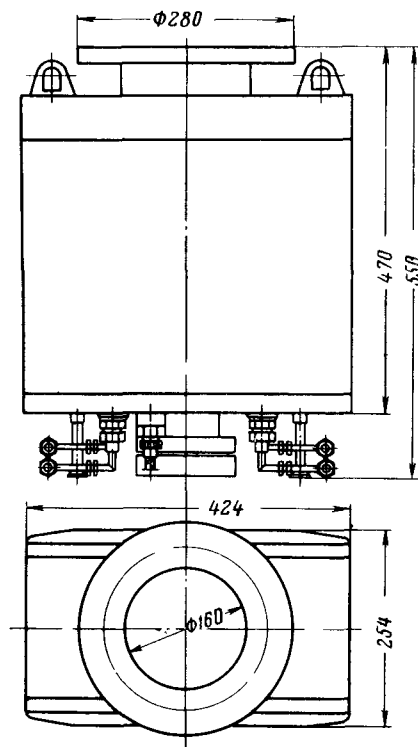


Рис. 5. Габаритные размеры насоса
НОРД-300-1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы			
	НОРД-10-1	НОРД-25-1	НОРД-100-1	НОРД-250-1
Быстрота откачки воздуха при давлении $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст., л/сек	10	25	100	300
Предельный вакуум, мм рт. ст.	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
Предварительное разрежение для запуска насоса, мм рт. ст.	$\leq 5 \cdot 10^{-2}$	$\leq 5 \cdot 10^{-2}$	$\leq 5 \cdot 10^{-2}$	$\leq 5 \cdot 10^{-2}$
Максимальное рабочее давление, мм рт. ст.	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$
Расход воды, л/час	50	50—100	100—150	150—200
Напряжение сети питания выпрямителя (50 гц), в	220	220	220	220
Ток короткого замыкания выпрямителя, а	0,1	0,3	0,7	2
Напряжение холостого хода выпрямителя, кв	—7	—7	7	—7
Вес, кг	7,5	13,5	46	120

НАСОС ТРИОН-150

Сверхвысоковакуумный триодный магниторазрядный насос с охлаждаемыми электродами ТРИОН-150 (рис. 1) предназначен для безмасляной откачки вакуумных систем и отличается от других магниторазрядных насосов более низким предельным остаточным давлением, способностью устойчиво откачивать газы в очень широком диапазоне давлений, повышенным давлением запуска.

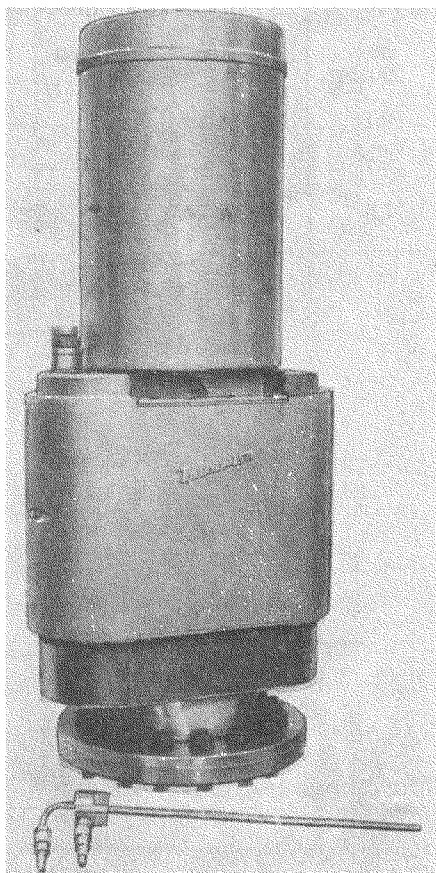


Рис 1. Насос ТРИОН-150

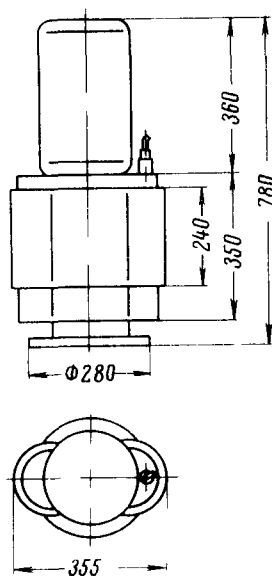


Рис 2 Габаритные размеры насоса ТРИОН-150

Такие характеристики получены за счет охлаждения электродов насоса водой или жидким азотом. Благодаря однопотенциальной триодной схеме насос имеет увеличенную быстроту откачки инертных газов.

Корпус насоса изготовлен из нержавеющей стали. Внутри корпуса помещены электроды насоса. Охлаждаемые электроды (анод и коллектор) изготовлены из меди и приварены к азотопроводу, связанному с сосудом для жидкого азота. При охлаждении водой сосуд снимается, и к азотопроводу присоединяется водопроводная линия. Катоды выполнены из титана. Уплотняемый профиль разъемных вакуумных соединений насоса канавочно-клиновой с медными уплотнителями.

Насос обезгаживается прогревом при температуре $400 \div 450^\circ \text{C}$. Магнитное поле создается оксиднобариевыми магнитами, расположенными с внешней стороны корпуса насоса.

Габаритные размеры насоса приведены на рис. 2.

Насос ТРИОН-150 может быть успешно использован в исследовательских лабораториях и промышленности. Особенно эффективно его применение в тех случаях, когда после больших начальных газовых нагрузок необходимо получить в установке возможно более высокое разрежение (например, в производстве электровакуумных приборов, при откачке электронных ламп, в печах для вакуумного отжига и т. д.).

Насос ТРИОН-150 обладает всеми достоинствами, свойственными магниторазрядным насосам: надежностью, большим сроком службы, простотой эксплуатации, стойкостью к прорыву атмосферы и т. д.

Питание насоса осуществляется от блока питания БП-150 с падающей вольтамперной характеристикой, ток короткого замыкания $\sim 0,7 \text{ а}$; напряжение холостого хода — минус 7 кв.

Насос комплектуется блоком питания БП-150 и запасными медными уплотнителями.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Быстрота откачки воздуха при давлении $5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст., л/сек:	
при охлаждении водой	130
при охлаждении жидким азотом	200
Предельный вакуум, мм рт. ст.:	
при охлаждении водой	$1 \cdot 10^{-10}$
при охлаждении жидким азотом	$< 1 \cdot 10^{-11}$
Предварительное разрежение для запуска насоса (при охлаждении водой), мм рт. ст.	$5 \cdot 10^{-2}$
Максимальное рабочее давление (при охлаждении водой), мм рт. ст.	$8 \cdot 10^{-4}$
Расход воды, л/час	$50 \div 150$
Расход жидкого азота при рабочем давлении ниже $5 \cdot 10^{-7}$ мм рт. ст., л/час	0,5
Вес, кг	60

НАСОС МаРТ

Сверхвысоковакуумный магнитоэридный триодный насос МаРТ (рис. 1) применяется для безмасляной откачки вакуумных систем. Благодаря двухпотенциальной триодной схеме этот насос обладает устойчивой быстротой откачки инертных газов.

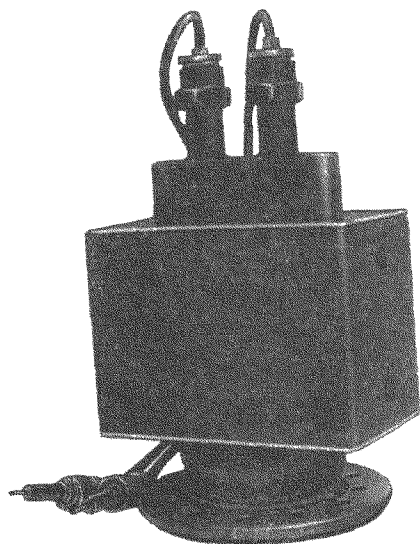


Рис. 1. Насос МаРТ

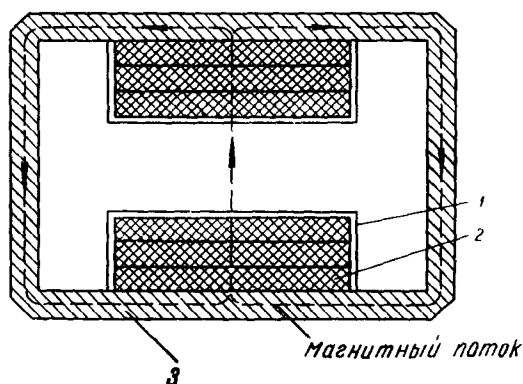


Рис. 2. Схема магнитной системы насоса МаРТ:

1 — крепежная коробка, 2 — оксиднобариевый магнит, 3 — магнитопровод

В корпусе из нержавеющей стали помещен электродный блок, состоящий из анодной решетки и двух титановых (ВТ-1-1) катодных решеток, собранных на керамических изоляторах. Роль коллекторов ионов выполняют стенки корпуса насоса.

Уплотняемый профиль разъемных вакуумных соединений насоса канавочно-клиновой с медными уплотнителями (прокладками).

Насос обезгаживается прогревом при $400 \div 450^\circ \text{C}$. Высокое напряжение подается на анод и катоды через высоковольтные вакуумные вводы.

Схема съемной магнитной системы насоса показана на рис. 2, а габаритные размеры — на рис. 3.

Питание насоса осуществляется от двух выпрямителей с падающими характеристиками, объединенных в единый блок питания (рис. 4) и имеющих ток короткого замыкания по 100 *ма*, напряжение холостого хода соответственно — плюс 4,5 *кв* и минус 4,5 *кв*.

Насос МаРТ обладает высокой надежностью, большим сроком службы (десятки тысяч часов), прост в обслуживании, бесшумен в ра-

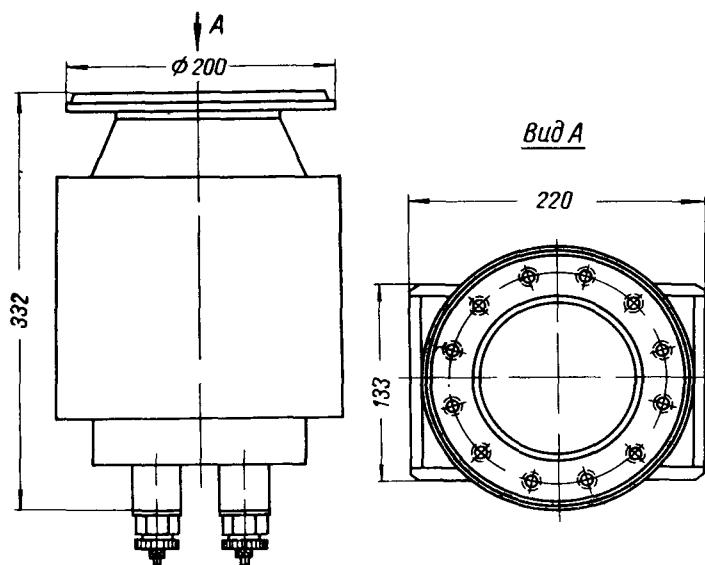


Рис. 3 Габаритные размеры насоса МаРТ

боте, не имеет рабочих и охлаждающих жидкостей, стоек к прорыву атмосферы.

Насос комплектуется высоковольтным источником питания и запасными медными уплотнителями.

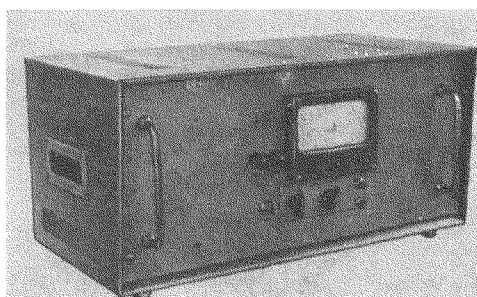


Рис. 4. Блок питания БП-МаРТ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Быстрота откачки при давлении $5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст., л/сек:	
воздуха	30
аргона	10
Предельный вакуум, мм рт. ст.	$< 1 \cdot 10^{-10}$
Предварительное разрежение для запуска насоса, мм рт. ст.	$< 1 \cdot 10^{-2}$
Вес, кг	21
Тип блока питания	БПН-МаРТ
Напряжение сети переменного тока (50 гц), в	220
Максимальная мощность, потребляемая блоком питания, вт	900
Вес блока питания, кг	32
Габариты блока питания, мм	280×380×450

НАСОСЫ ГИН

Сверхвысоковакуумные геттерно-ионные насосы ГИН являются эффективным средством получения высокого и сверхвысокого вакуума. Применяются для безмасляной откачки электровакуумных приборов, ускорителей, в установках термоядерного синтеза, в пленочной технике, в технике физического эксперимента.

Откачное действие насосов ГИН определяется поглощением газов пленкой титана, непрерывно или периодически напыляемой на охлаждаемую водой ($10 \div 20^\circ \text{C}$) внутреннюю стенку корпуса насоса — сорбционной откачкой; внедрением ионов газов в напыляемый на стенки

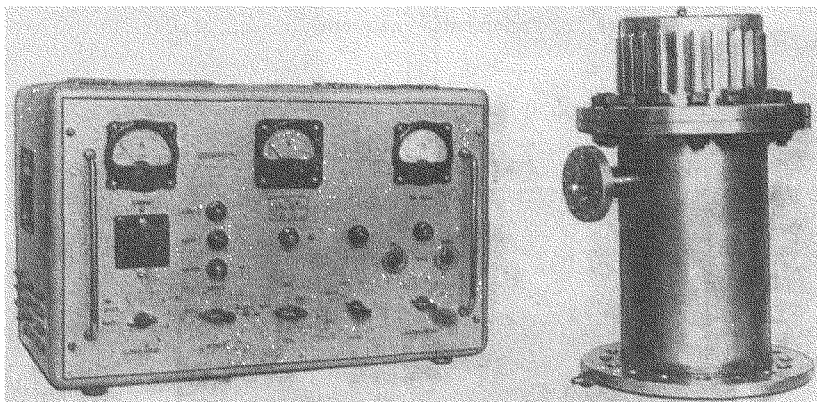


Рис. 1 Насос ГИН-05М1 с блоком питания

корпуса насоса титан — ионной откачкой. Инертные газы откачиваются только в ионизированном состоянии.

Испарение титана в насосе происходит из твердой фазы, минуя жидкую фазу. Разогрев испарителя производится в зависимости от конструкции либо пропусканием через него тока, либо электронно-бомбардировкой.

Ионизация откачиваемого газа осуществляется специальным ионизатором, состоящим из накаливаемого катода, анодной системы и коллектора ионов — корпуса насоса. При отсутствии ионизатора инертные газы насосом типа ГИН не откачиваются.

Отличительными особенностями насосов ГИН являются высокая надежность, возможность длительной работы без смены испарителей, наличие внутреннего нагревателя, что приводит к сокращению времени запуска насоса.

Уплотняемый профиль разъемных вакуумных соединений насоса канавочно-клиновой с медными уплотнителями. Основной конструкционный материал — нержавеющая сталь. Все это позволяет производить

обезгаживание насоса при температуре до 500°C и получать предельный вакуум порядка 10^{-10} мм рт. ст.

Конструктивно насосы ГИН-05М1 (рис 1), ГИН-2 и ГИН-5 представляют собой цилиндрический корпус, имеющий рубашку водяного охлаждения насоса; на одном из фланцев смонтирована электродная система

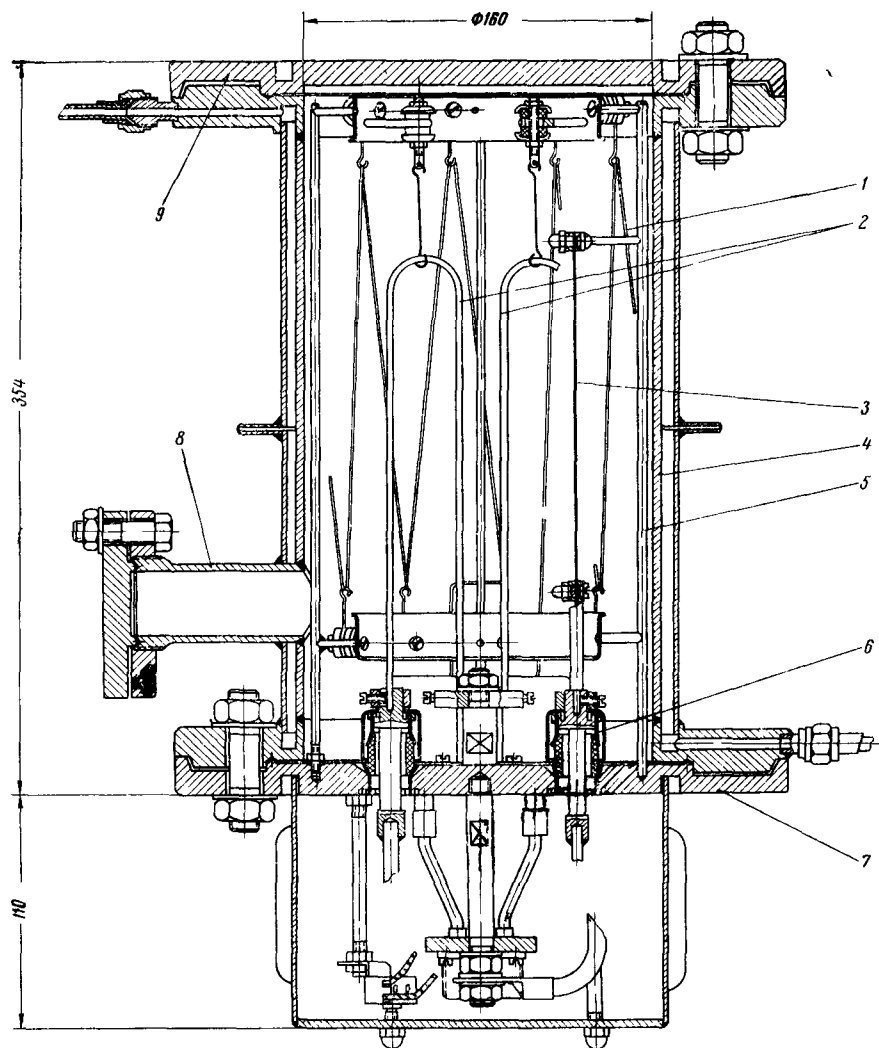


Рис 2. Схема насоса ГИН-05М1:

1 — анод, 2 — испарители, 3 — катод, 4 — корпус, 5 — каркас для монтажа электродной системы, 6 — металл-керамический токоввод, 7 — фланец цоколя, 8 — выпускной патрубок, 9 — фланец заглушка

Электродная система насоса ГИН-05М1 (рис. 2) состоит из двух U-образных прямонакальных испарителей и ионизатора. Испаритель представляет собой биметаллическую проволоку диаметром 2 мм, молибденовый тугоплавкий керн, который покрыт плотным слоем йодидного титана. Испарители работают поочередно. Ионизатор состоит из вольфрамового катода диаметром 0,5 мм и анодной сетки, коллектором ионов у всех насосов ГИН служит их корпус.

Анодная сетка изготовлена из молибденовой проволоки диаметром 0,8 мм и выполняет две функции: прямонакального нагревателя при обезгаживании насоса и анода ионизатора при работе насоса.

Электродная система насоса ГИН-2 (рис. 3) состоит из трех U-образных прямонакальных испарителей и ионизатора. Испаритель представляет собой биметаллическую титано-молибденовую проволоку диаметром 3 мм. Ионизатор состоит из вольфрамового катода диаметром

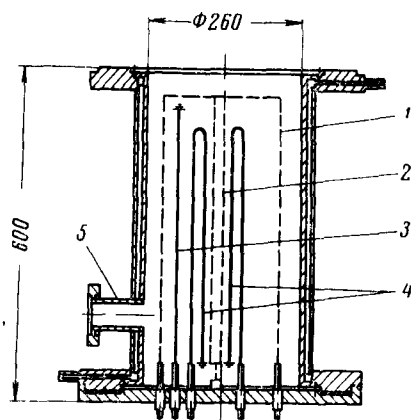


Рис. 3. Схема насоса ГИН-2:

1 — прогреваемый анод; 2 — центральный анод; 3 — катод; 4 — испарители; 5 — выпускной патрубок

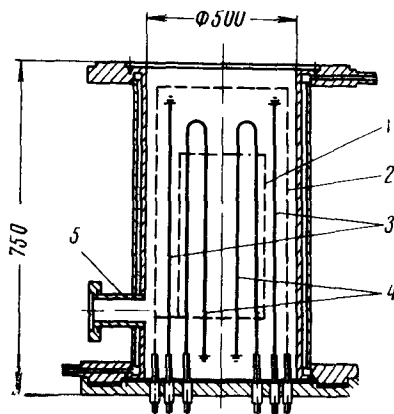


Рис. 4. Схема насоса ГИН-5:

1 — центральный анод; 2 — прогреваемый анод; 3 — катоды; 4 — прямонакальные испарители; 5 — выпускной патрубок

0,5 мм и двух анодов. Один из анодов, как и в насосе ГИН-05М1, выполняет две функции, другой (центральный) анод расположен в центре насоса и предназначен для увеличения отбора тока с катода за счет компенсации отрицательного пространственного заряда.

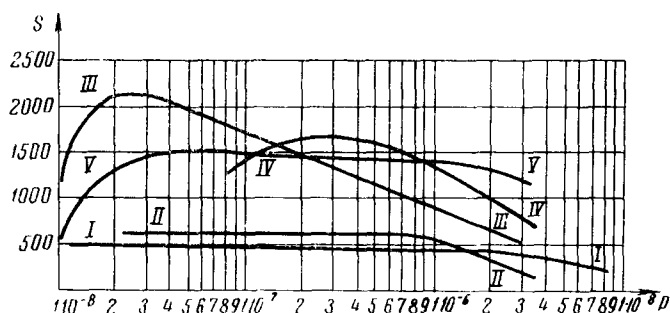


Рис. 5. Зависимость скорости откачки (S , л/сек) от давления (P , мм рт.ст.) для насоса ГИН-05М1:

I — воздух; II — азот; III — аммиак; IV — окись углерода; V — водород

Электродная система насоса ГИН-5 (рис. 4) состоит из шести U-образных прямонакальных испарителей из биметаллической проволоки диаметром 3 мм, ионизатора, из двух вольфрамовых катодов диаметром 0,5 мм (один из них запасной) и, как в насосе ГИН-2, двух анодов.

Конструкция насосов допускает периодическую разборку для смены испарителей по истечении срока их службы или выходе из строя.

Насосы поставляются под вакуумом и укомплектовываются блоком питания, запасными медными уплотнителями, титано-молибденовой проволокой и инструкцией по эксплуатации.

Рис. 6. Зависимость быстроты откачки (S , л/сек) от давления (P , мм рт. ст.) для насоса ГИН-2:

I — аргон, II — метан; III — воздух, IV — азот; V — водород

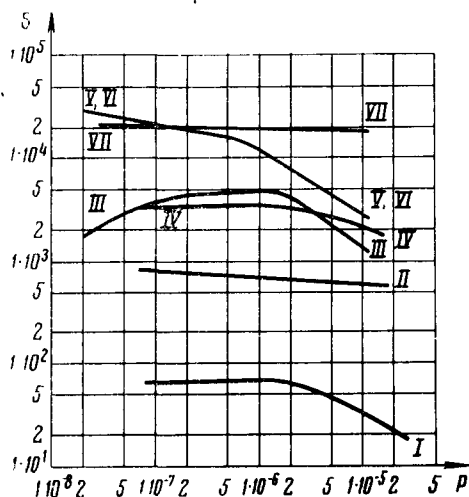
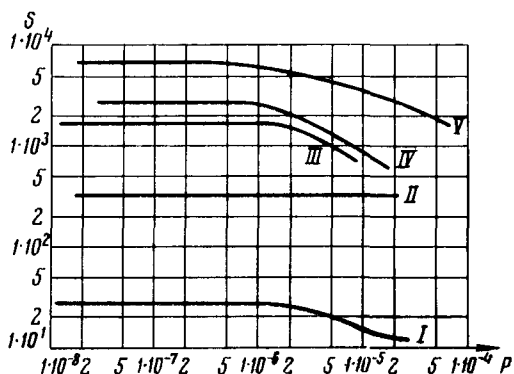


Рис. 7. Зависимость быстроты откачки (S , л/сек) от давления (P , мм рт. ст.) для насоса ГИН-5:

I — аргон; II — метан; III — азот; IV — воздух; V — VI — окись углерода и углекислый газ; VII — водород

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Насосы		
	ГИН-05М1	ГИН-2	ГИН-5
Быстрога откачки воздуха в диапазоне от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-8}$ мм рт. ст., л/сек	450	1800	4500
Предельный вакуум, мм рт. ст.	$< 1 \cdot 10^{-9}$	$< 1 \cdot 10^{-9}$	$< 1 \cdot 10^{-9}$
Предварительное разрежение для запуска насоса, мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-3}$
Срок службы испарителей при давлении $3 \cdot 10^{-7}$ мм рт. ст., ч	1500	3000	3000
Запас титана в насосе (эффективный), г	6	50	100
Габариты, мм:			
в плане	364×280	510×420	770×680
высота (с защитным кожухом токовводов)	464	882	1100
Вес, кг	36	100	216
Потребляемая мощность, кВт	0,85	3,5	3,5
Расход охлаждающей воды, л/час	300	600	600
Тип блока питания	БПГИН-05М	ПУГИН-2/5	ПУГИН-2/5
Габариты блока питания, мм:			
высота	373	1050	1050
в плане	460×550	580×700	580×700
Вес блока питания, кг	70	160	160

НАСОС ГИН-0005Р

Сверхвысоковакуумный геттерно-ионный насос ГИН-0005Р (рис. 1) применяется для безмасляной откачки небольших электровакуумных

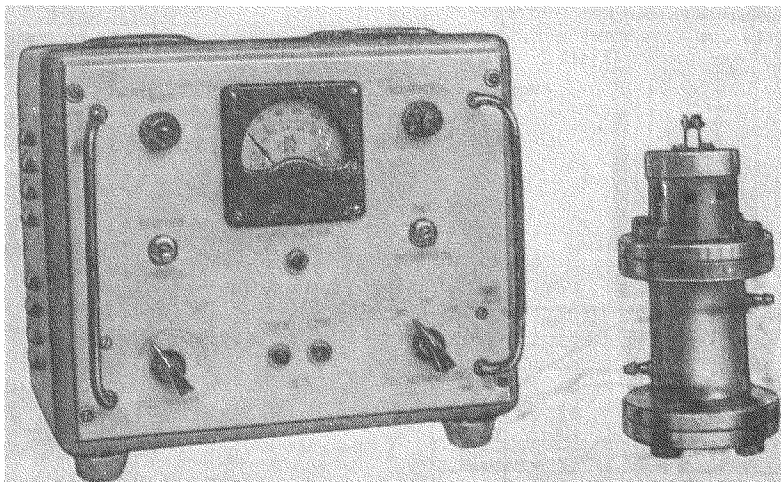


Рис. 1 Насос ГИН-0005Р с блоком питания

приборов, лабораторных установок и поддержания сверхвысокого вакуума в огневых приборах.

Активные и инертные газы откачиваются насосом с разными скоростями, поэтому сочетание насоса ГИН-0005Р с ионизационным манометрическим преобразователем позволяет использовать его для течения.

Откачное действие насоса определяется поглощением газов пленкой титана, непрерывно или периодически напыляемой с испарителя на охлаждаемую водой ($10 \div 20^\circ \text{C}$) внутреннюю стенку корпуса насоса.

Конструктивно насос представляет собой корпус из нержавеющей стали с рубашкой водяного охлаждения, внутри которого на металлокерамической ножке-цоколе (рис. 2) смонтированы испаритель титана, катод и экран, предохраняющий керамику от запыления титаном.

Разогрев титано-молибденового испарителя производится электронной бомбардировкой.

Уплотняемый профиль разъемного вакуумного соединения насоса канавочно-клиновой с медным уплотнителем.

Насос обезгаживается прогревом до 500°C .

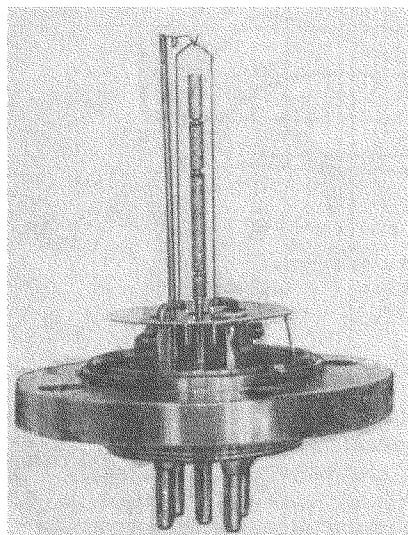


Рис. 2 Металлокерамическая ножка насоса ГИН-0005Р со смонтированными на ней испарителями и катодом

Насос укомплектован блоком питания, медными уплотнителями, вольфрамовыми катодными нитями и титано-молибденовыми штабниками.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Быстроота откачки в диапазоне давлений от $1 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-8}$ мм рт. ст., л/сек:	
воздуха	5
водорода	20
Предельный вакуум, мм рт. ст.	$< 1 \cdot 10^{-9}$
Предварительное разрежение для запуска насоса, мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-4}$
Рабочее напряжение на испарителе, в	500
Максимальная мощность, потребляемая насосом, вт	130
Продолжительность работы без смены испарителя, ч	600
Габариты, мм:	
высота	203
диаметр	85
Вес, кг	1,1
Тип блока питания	БПГИН-0005Р

АГРЕГАТ АВГИ-5-3

Сверхвысоковакуумный гетгерно-ионный вакуумный агрегат АВГИ-5-3 (рис. 1) предназначен для откачки больших прогреваемых технологических объемов (камер).

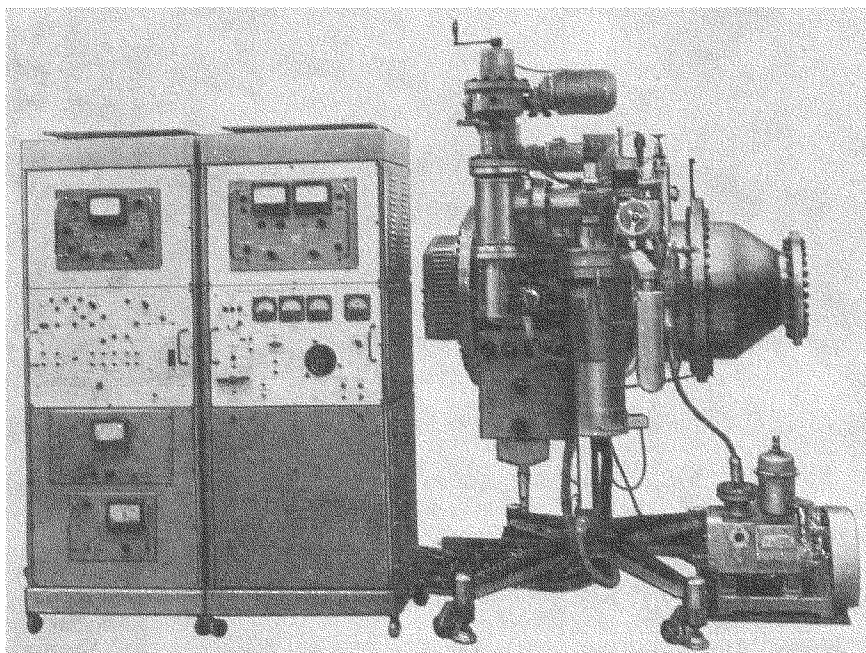


Рис. 1. Агрегат АВГИ-5-3

Агрегат АВГИ-5-3 представляет собой сверхвысоковакуумную прогреваемую откачную установку, принципиальная схема которой представлена на рис. 2.

Агрегат состоит из сверхвысоковакуумного насоса ГИН-5, насоса Н-5СМ-1 вакуумной арматуры.

Для измерения давлений в области низкого вакуума на агрегате установлен термпарный манометрический преобразователь ЛТ-4М. Измерение давлений в области высокого и сверхвысокого вакуума производится манометрическими преобразователями ММ-13М-4 и МИ-12-7.

Все операции по управлению агрегатом производятся дистанционно с пульта и стойки управления. Исключение составляет подача охлаждающей воды. Система водяного охлаждения имеет два гидрореле, отключающие питание насосов при прекращении поступления воды.

Азотная и ионная ловушки препятствуют проникновению паров масла из паромасляного и механического насосов в откачиваемый

объем. Линия байпасной откачки предназначена для откачки насоса ГИИ-5 и рабочего объема от атмосферного давления до 10^{-2} мм рт. ст. без выключения паромасляного насоса. При этом сокращается время пуска после вскрытия системы на атмосферу. Во время откачки через байпас паромасляный насос отсоединяется от механического насоса закрытием вентиля ДУ-32ЭП-2 и работает с бачком предварительного разрежения.

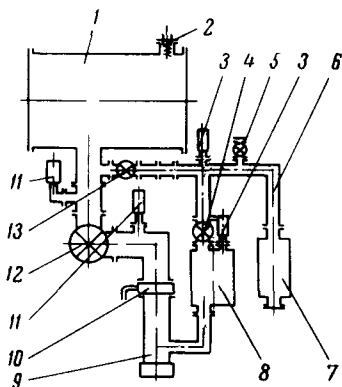


Рис 2 Принципиальная схема агрегата АВГИ-5-3

1 — насос ГИИ-5, 2 — манометрический преобразователь МИ 12.7, 3 — манометрический преобразователь ЛТ 4М, 4 — вентиль ДУ 32ЭП 2, 5 — вентиль ДУ-10, 6 — линия байпасной откачки, 7 — ионная ловушка, 8 — бачок предварительного разрежения, 9 — насос Н 5СМ-1, 10 — азотная ловушка, 11 — манометрический преобразователь ММ 13М 4, 12 — вентиль 100ТД У, 13 — вентиль 25ТД У

После пуска геттерно-ионного насоса агрегат может работать с паромасляным насосом и без него. Во втором случае производится отсоединение паромасляного насоса вентилем 100ТД-У. Работа с паромасляным насосом целесообразна, когда в составе откачиваемых газов имеются плохо откачиваемые геттерно-ионным насосом инертные газы.

В спектре остаточных газов в агрегате (рис. 3) не содержится тяжёлых углеводородов, несмотря на то, что агрегат имеет масляные средства откачки. Это объясняется хорошими защитными свойствами ионной и азотной ловушек, а также самого геттерно-ионного насоса, в котором проходят процессы диссоциации углеводородов и сорбции продуктов разложения.

Применение насоса ГИИ-5 позволяет откачивать воздух из больших вакуумных камер с быстротой откачки 5000 л/сек, азот — с быстротой 10000 л/сек, водород — с быстротой 20000 л/сек и получать предельный вакуум $3 \cdot 10^{-9}$ мм рт. ст.

Агрегат укомплектован пультом и стойкой управления, медными и резиновыми уплотнителями, титано-молибденовой проволокой и инструкцией по эксплуатации.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Быстрота откачки воздуха в диапазоне давлений от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-8}$ мм рт. ст. на входном фланце насоса ГИИ-5 л/сек	4500
Остаточное давление, создаваемое агрегатом, мм рт. ст.	$< 1 \cdot 10^{-9}$
Давление при пуске геттерно-ионного насоса, мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-3}$
Потребляемая мощность, кВт	
в рабочем режиме	4,3
в режиме обезгаживания	8
Расход охлаждающей воды, л/час	до 900
Питание пульта и блока управления от сети переменного тока (50 гц), в	220
Время закрытия или открытия вентиля 100ТД-У с электроприводом, сек	40
Время закрытия или открытия вентиля 25ТД-У с электроприводом, сек	70
Рекомендуемый механический вакуумный насос	ВН-2
Рекомендуемый аварийный клапан к механическому насосу	ДУ 50МК

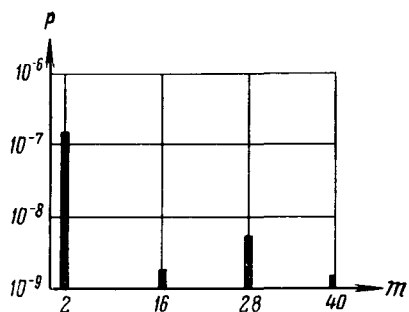


Рис. 3. Спектр остаточных газов при откачке агрегатом АВГИ-5-3:

P — парциальное давление, мм рт. ст.; m — массовые числа

ГАБАРИТЫ И ВЕС

Наименование	Агрегат без пульта и стойки управления	Пульт управления	Стойка управления
Высота от пола до оси входного фланца, мм	1125±25	—	—
Высота общая, мм	1985	1700	1700
Размеры в плане, мм	1260 × 1240	650 × 450	650 × 450
Вес, кг	540	160	150

ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ ИСПАРИТЕЛЬ

Электроннолучевой испаритель (рис. 1) предназначен для испарения в вакууме различных металлов, сплавов и полупроводников.

Испаритель можно использовать в установках для получения пленок самого разнообразного назначения: электропроводящих, полупро-

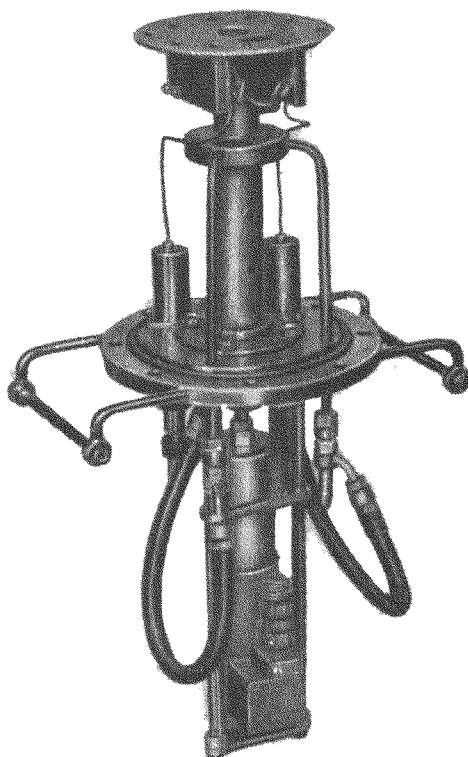


Рис. 1. Электроннолучевой испаритель

водящих, отражающих, оптических, магнитных, геттерных, многослойных и т. д.

Действие испарителя основано на нагреве стержня из испаряемого материала, находящегося в охлаждаемом водой тигле, электронным лучом, который сфокусирован и завернут поперечным магнитным полем на угол, несколько больший 180° (рис. 2).

Корпус испарителя и большая часть деталей изготовлены из нержавеющей стали, охлаждаемый тигель — из меди. Магнитное поле создается небольшим постоянным магнитом, помещенным в вакууме.

Для испарителя характерно большое количество испаряемого материала, высокая скорость испарения, что достигается хорошей фокусировкой электронного луча, подачей испаряемого материала и вынесением пушки из зоны конденсации паров

Электроннолучевой испаритель укомплектован блоком питания, резиновыми и фторопластовыми уплотнителями и вольфрамовыми катодами

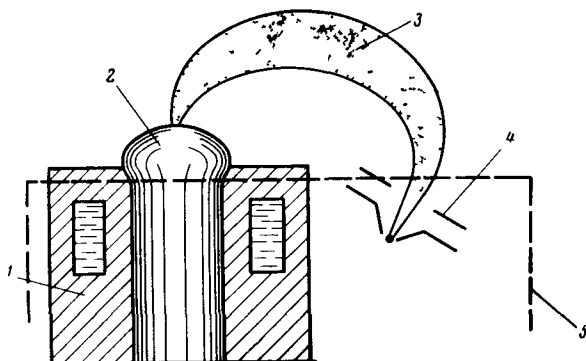


Рис. 2 Схема электроннолучевого испарителя

1 — охлаждаемый тигель испарителя 2 — испаряемый металл 3 — электронный луч 4 — электронная пушка испарителя 5 — магнитная система

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

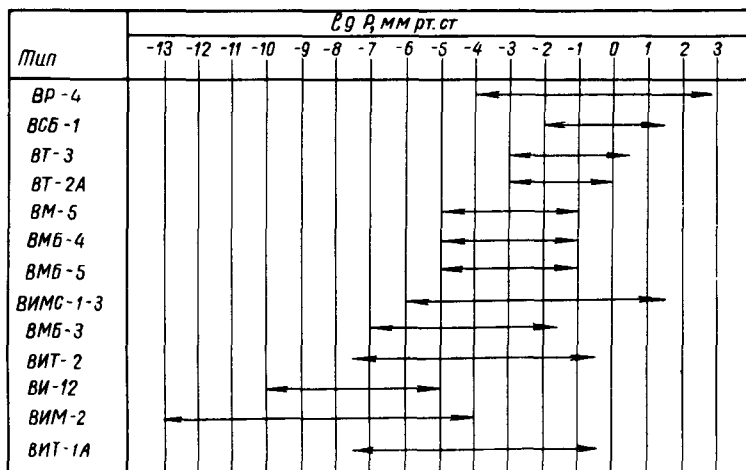
Скорость испарения материалов, включая тугоплавкие	г/мин	0,3—1,5
Количество испаряемого за один прием материала, см ³		25
Размеры стержня из испаряемого материала, мм		
диаметр		20
длина		95
Максимальная мощность электронного луча, кВт		5
Ускоряющее напряжение электронной пушки, кВ		9—11
Максимальный ток электронного луча, мА		500
Ток накала катода пушки, А		9—10
Давление в рабочей камере при испарении, мм рт. ст.		$5 \cdot 10^{-5}$
Расход воды для охлаждения испарителя, л/час		600
Диаметр посадочного отверстия, мм		160
Габариты испарителя, мм		330×220×620
Вес испарителя, кг		14

ПРИБОРЫ

ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ

И КОНТРОЛЯ ВАКУУМА

Выпускаемая вакуумметрическая аппаратура предназначена для измерения давлений разреженных газов в лабораторных и заводских условиях. Диапазон давлений, измеряемых отечественными вакуумметрами, — от 760 до 10^{-13} мм рт. ст. Такой широкий диапазон не может быть охвачен каким-либо одним прибором или приборами, использующими какой-нибудь один физический принцип. Это обстоятельство, а также разнообразие эксплуатационных требований, предъявляемых



Сводная таблица диапазонов измерений вакуумметров

к вакуумметрической аппаратуре, и определили необходимость разработки и промышленного выпуска большого количества типов вакуумметров.

Все выпускаемые вакуумметры состоят из измерительной установки (блок электропитания и измерения) и манометрического преобразователя (датчика), при помощи которого сигнал давления преобразовывается в электрический сигнал.

В большинстве случаев требования, предъявляемые к точности измерения низких давлений, не бывают слишком высокими. Иногда вообще достаточно знать лишь порядок величины давления. Погрешность же около 10% является вполне удовлетворительной даже для проведения многих научно-исследовательских работ. Поэтому значительная часть изготавливаемых промышленностью вакуумметров является индикаторными приборами, погрешность измерения которых колеблется от 10 до 60% измеряемой величины.

Развитие автоматизации различных технологических процессов отразилось, естественно, на конструкциях вакуумметров. Многие из них могут служить датчиками автоматики, не только сигнализирующими о достижении или превышении определенного давления, но и управляющими различными автоматическими устройствами.

Простота эксплуатации, надежность, широкий диапазон измерений, возможность использования в самых разнообразных условиях — отличительные черты современной вакуумметрической аппаратуры.

ИЗМЕРИТЕЛИ ОБЩИХ ДАВЛЕНИЙ

5.1.01

ВАКУУММЕТР ВР-4

Радиоизотопный вакуумметр ВР-4 (рис. 1) предназначен для измерения давления газов в диапазоне давлений от 10^{-4} до 760 мм рт. ст. как в лабораторных, так и в производственных условиях

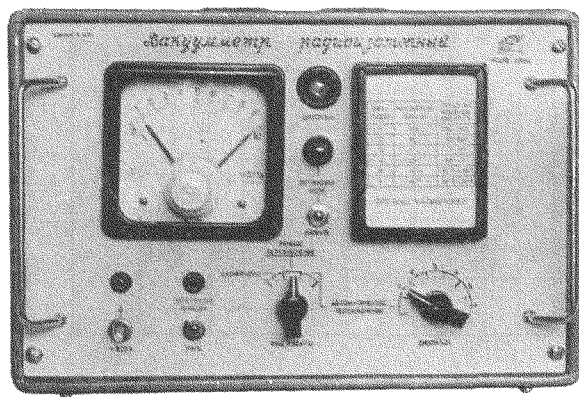


Рис. 1. Радиоизотопный вакуумметр ВР-4

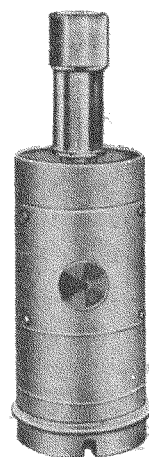


Рис. 2. Радиоизотопный преобразователь МР-8

Вакуумметр ВР-4 состоит из измерительной установки с выносным каскадом и радиоизотопного преобразователя МР-8 (рис. 2). Принцип работы преобразователя основан на свойстве альфа-частиц ионизировать газ, в результате чего образуется ионный ток, пропорциональный давлению газа.

Весь диапазон измеряемых вакуумметром давлений подразделяется на шесть поддиапазонов, переключение которых может осуществляться как вручную, так и автоматически. При работе вакуумметра в режиме автоматического переключения поддиапазонов на передней панели прибора загорается цифровой индикатор, показывающий номер поддиапазона.

Вакуумметр ВР-4 имеет выход на пишущий прибор. Запись может производиться как при ручном, так и при автоматическом режиме работы.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Напряжение питающей сети, в	220
Частота тока питающей сети, гц	50
Наибольшая потребляемая мощность, вт	60

Габаритные размеры, мм:	
измерительной установки	386×275×295
выносного блока	Ø 72×150
преобразователя	Ø 60×200
Вес, кг:	
измерительной установки	15
выносного блока	1,5
преобразователя	0,9

Преобразователь можно присоединять к вакуумной системе при помощи грибового уплотнения D_y-20 или фланца D_y-25.

Используемый в манометрическом преобразователе МР-8 в качестве радиоактивного вещества плутоний-238 не имеет проникающих излучений. Поэтому прибор безопасен в эксплуатации, не нуждается в дополнительной защите от излучений, а к помещению, в котором он устанавливается, не предъявляется особых требований.

Категорически запрещается вскрывать преобразователь.

ВАКУУММЕТР ВТ-2А

Термопарный вакуумметр ВТ-2А (рис. 1) предназначен для измерения давления газов в диапазоне от 1 до 10^3 мм рт. ст.

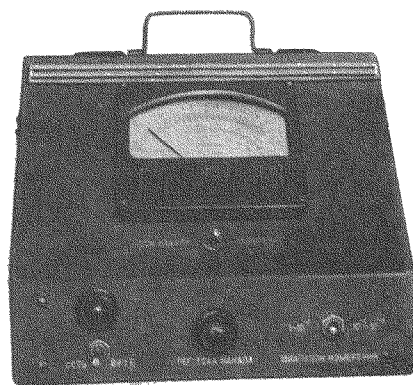


Рис. 1. Термопарный вакуумметр ВТ-2А

Вакуумметр может быть использован для работы в лабораторных и производственных условиях. Действие приборов основано на зависимости теплопроводности газа от давления. Вакуумметр ВТ-2А состоит из измерительной установки и одного из трех термопарных манометри-



Рис. 2. Термопарный преобразователь ЛТ-2



Рис. 3. Термопарный преобразователь ЛТ-4М

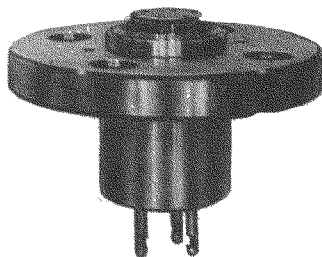


Рис. 4. Термопарный преобразователь МТ-8

ческих преобразователей: ЛТ-2 (рис. 2) в стеклянном корпусе, ЛТ-4М (рис. 3) в металлическом корпусе, МТ-8 (рис. 4), выполненного на фланце с металлическим уплотнителем и предназначенного для эксплуатации на металлических прогреваемых вакуумных установках.

Габариты измерительной установки ВТ-2А: $266 \times 248 \times 257$ мм. Вес — 9 кг. Потребляемая мощность 50 Вт при напряжении питающей сети $220 \text{ В} \pm 10\%$ и частоте $50 \pm 0,5$ Гц.

Вакуумметр ВТ-2А комплектуется одним преобразователем ЛТ-2 и одним преобразователем ЛТ-4М. Комплектация прибора прогреваемым до 400°C преобразователем МТ-8 производится по специальному требованию.

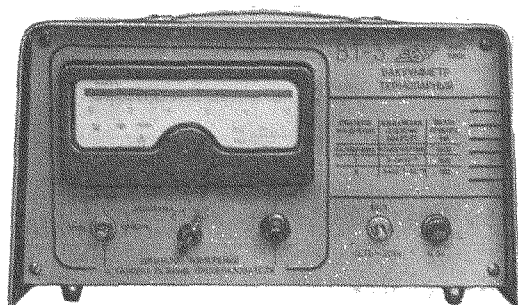
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Преобразователи		
	ЛТ-2	ЛТ-4М	МТ-8
Диапазон измеряемых давлений, мм рт. ст.	$1 \div 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-1} \div 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-1} \div 10^{-3}$
Диаметр, мм	32	32	78
Высота, мм	280	108	66
Вес, кг	0,05	0,04	0,430

ВАКУУММЕТР ВТ-3

Термопарный вакуумметр ВТ-3 предназначен для измерения давления газов в диапазоне от 5 до 10^{-3} мм рт. ст.

Вакуумметр может быть использован для работы в лабораторных условиях. Действие прибора основано на зависимости теплопроводности



Вакуумметр ВТ-3

газа от давления. Вакуумметр ВТ-3 состоит из измерительной установки и одного из трех термопарных манометрических преобразователей: ЛТ-2 (рис. 2, стр. 122) в стеклянном корпусе, ЛТ-4М (рис. 3, стр. 122) в металлическом корпусе, МТ-8 (рис. 4, стр. 122), выполненного на фланце с металлическим уплотнителем и предназначенного для эксплуатации на металлических прогреваемых вакуумных системах.

Габариты измерительной установки ВТ-3: $320 \times 185 \times 150$ мм. Вес — не более 4,5 кг.

Потребляемая мощность — 35 Вт при напряжении питающей сети $220 \text{ В} \pm 10\%$ и частоте $50 \pm 0,5$ Гц.

Все вакуумметры ВТ-3 комплектуются двумя преобразователями ЛТ-2 и двумя — ЛТ-4М. Комплектация прибора прогреваемым до 400°C преобразователем МТ-8 производится по специальному требованию.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Преобразователи		
	ЛТ-2	ЛТ-4М	МТ-8
Диапазон измерения давления, мм рт. ст.	$5 \div 10^{-3}$	$10^{-1} \div 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-1} \div 10^{-3}$
Диаметр, мм	32	32	78
Высота, мм	280	108	66
Вес, кг	0,05	0,04	0,430

ВАКУУММЕТР ВСБ-1

Блокировочный вакуумметр сопротивления ВСБ-1 (рис 1) предназначен для измерения давления газов в диапазоне от 10^{-2} до 30 мм рт ст, а также для автоматической сигнализации о достижении заданного уровня давления. Вакуумметр может быть использован для работы в лабораторных и производственных условиях. Действие прибора основано на зависимости теплопроводности газа от давления. Вакуумметр ВСБ-1 состоит из измерительной установки и одного теплоэлектрического манометрического преобразователя МТ-6 (рис 2).

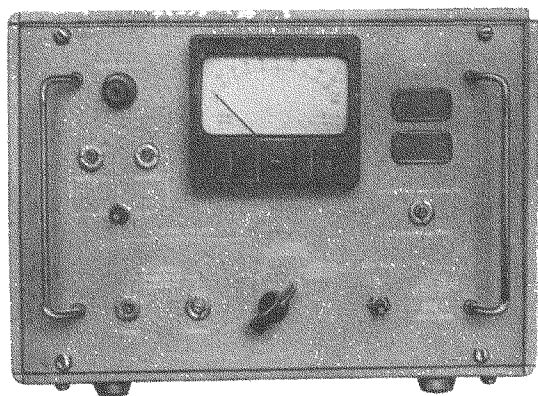


Рис 1 Вакуумметр ВСБ-1



Рис 2 Теплоэлектрический преобразователь МТ-6

Габариты измерительной установки ВСБ-1 390×260×240 мм. Вес 14 кг.

Питание вакуумметра производится от сети переменного тока напряжением $220 \text{ в} \pm 10\%$ частотой $50 \pm 0,5 \text{ гц}$. Мощность, потребляемая прибором, не более 140 вт.

Диапазон срабатывания блокировки по давлению от 10^{-1} до 30 мм рт ст.

Разрывная мощность блокировки не более 500 вт по переменному току.

Вакуумметр имеет выход для подключения внешнего измерительного прибора или самопишущего электронного потенциометра для автоматической регистрации показаний.

Габариты преобразователя МТ-6 диаметр — 20 мм, длина — 175 мм. Вес — 0,025 кг.

К вакуумной установке преобразователь МТ-6 подсоединяется при помощи грибового уплотнения ДУ-20.

ВАКУУММЕТРЫ ВИТ-1А и ВИТ-2

Ионизационно-термопарные вакуумметры ВИТ-1А (рис. 1) и ВИТ-2 (рис. 2) предназначены для измерения давления газов и представляют собой комбинированную установку, состоящую из ионизационного и термопарного преобразователей и электронной схемы питания и измерения.

Общий диапазон давлений, измеряемых вакуумметрами, — от $2 \cdot 10^{-1}$ до $5 \cdot 10^{-8}$ *мм рт. ст.*

Вакуумметры ВИТ-1А и ВИТ-2 — переносные приборы настольного типа, предназначенные для использования в лабораторных и производственных условиях.

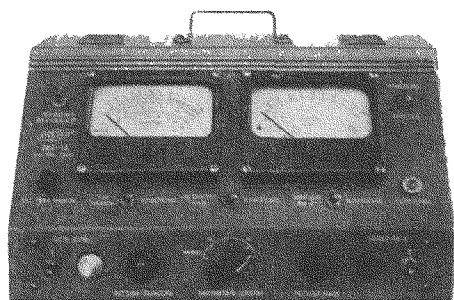


Рис 1 Вакуумметр ВИТ 1А

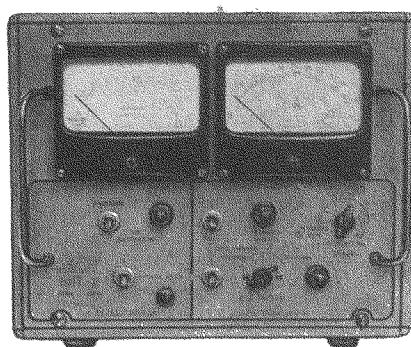


Рис 2 Вакуумметр ВИТ-2

Вакуумметр ВИТ-2 существенно отличается от вакуумметра ВИТ 1А радио частью, собранной полностью на полупроводниках и обладающей повышенной надежностью.

Давление в диапазоне от $2 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ *мм рт. ст.* измеряется термопарной, а в диапазоне от $1 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-8}$ *мм рт. ст.* — ионизационной частью вакуумметра ВИТ-1А и от $1 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-8}$ *мм рт. ст.* — ионизационной частью вакуумметра ВИТ-2.

Термопарная часть вакуумметра рассчитана на работу с одним из термопарных манометрических преобразователей — ЛТ-2 (рис. 2, стр. 122), ЛТ-4М (рис. 3, стр. 122), или МТ-8 (рис 4, стр. 122), в основу действия которых положена зависимость теплопроводности газа от давления

Преобразователь ЛТ-2 выполнен в стеклянном корпусе, преобразователь ЛТ-4М — в металлическом, а преобразователь МТ-8 — на фланце D_2-20 с металлическим уплотнением и допускает прогрев внешней печью до 400°C

Ионизационная часть вакуумметра предназначена для работы с ионизационными преобразователями ЛМ-2 (рис. 3), ЛМ-3 (рис 4), ЛМ-3-2 (рис. 5).

Преобразователи ЛМ-2, ЛМ-3 и ЛМ-3-2 являются ионизационными преобразователями триодного типа с внешним коллектором. Мной давления газа служит величина коллекторного ионного тока.

Преобразователь ЛМ-2 представляет собой закрытую стеклянную конструкцию с U-образным вольфрамовым катодом. Срок службы преобразователя не менее 100 ч при условии нормальной эксплуатации и давлении не выше $1 \cdot 10^{-3}$ *мм рт. ст.*

Ионизационный преобразователь ЛМ-3 является модификацией преобразователя ЛМ-2. Вместо вольфрамового катода в нем применен

иридиевый воздухостойкий катод с покрытием из окиси иттрия. Благодаря высокой стойкости иридиевого катода к кислороду и другим химически активным веществам вакуумметр ВИТ-2 с преобразователем ЛМ-3 обеспечивает измерение давления воздуха и других газов до давления $1 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст. Срок службы преобразователя при давлении $1 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст. не менее 100 ч. Рабочая температура иридиевого катода — около 1300°C .



Рис. 3. Ионизационный преобразователь ЛМ-2



Рис. 4. Ионизационный преобразователь ЛМ-3

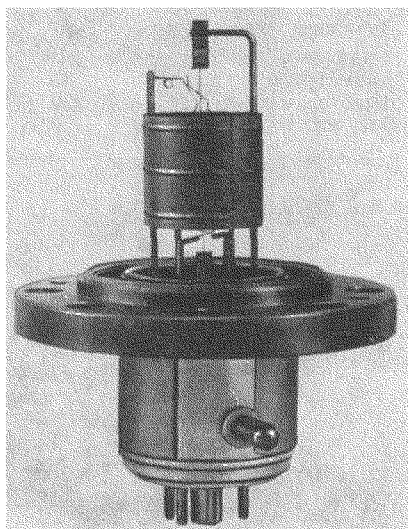


Рис. 5. Ионизационный преобразователь ЛМ-3-2

Ионизационный преобразователь ЛМ-3-2 — открытого типа. Его электродная система смонтирована на металлостеклянной чашке, заваренной во фланец с металлическим уплотнением. В преобразователе возможно применение как иридиевого катода с покрытием из окиси иттрия, так и вольфрамового катода.

Конструкция катодного узла преобразователя ЛМ-3-2 обеспечивает быструю замену перегоревшего катода.

Преобразователь ЛМ-3-2 допускает прогрев внешней нечью до 400°C .

Преобразователи ЛТ-2, ЛТ-4М, ЛМ-2 и ЛМ-3 рекомендуется применять как на металлических, так и на стеклянных непрогреваемых вакуумных установках, преобразователи ЛМ-3-2 и МТ-8 — на металлических прогреваемых высоковакуумных установках.

Вес вакуумметра ВИТ-1А — 16 кг, ВИТ-2 — 10 кг.

Габариты вакуумметра ВИТ-1А: $390 \times 225 \times 210$ мм, вакуумметра ВИТ-2: $320 \times 280 \times 215$ мм.

Потребляемая мощность прибора не более 75 вт при напряжении питающей сети $220 \text{ в} \pm 10\%$ частотой $50 \pm 0,5$ гц.

Вакуумметры ВИТ-1А и ВИТ-2 поставляются с комплектом запасных радиоламп, кабелями с колодками для подсоединения преобразователей, манометрическими преобразователями ЛТ-2 (2 шт.), ЛТ-4М (2 шт.), ЛМ-2 (2 шт.).

Комплектация приборов преобразователями МТ-8, ЛМ-3 и ЛМ-3-2 производится по специальному требованию. Преобразователь ЛМ-3-2 поставляется с 10 запасными катодами и 10 металлическими уплотнителями, преобразователь МТ-8 — с 10 уплотнителями.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Преобразователи					
	ЛТ-2	ЛТ-4М	МТ-8	ЛМ-2	ЛМ-3	ЛМ-3-2
Диапазон измеряемых давлений, <i>мм рт. ст.</i>	$2 \cdot 10^{-1} \div \div 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-1} \div \div 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-1} \div \div 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3} \div \div 5 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-2} \div \div 5 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-2} \div \div 5 \cdot 10^{-8}$
Диаметр, <i>мм</i>	32	32	78	32	32	90
Высота, <i>мм</i>	250	108	66	280	280	130
Вес, <i>кг</i>	0,05	0,04	0,430	0,05	0,05	0,5

ВАКУУММЕТР ВМБ-3А

Магнитный электроразрядный блокировочный вакуумметр ВМБ-3А (рис. 1) предназначен для измерения давления газов в металлических вакуумных установках и автоматической сигнализации о достижении заданного давления как в лабораторных, так и в производственных условиях.

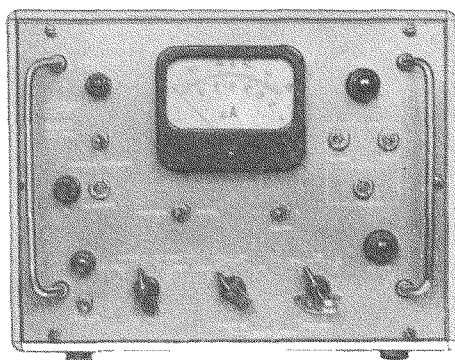


Рис 1 Вакуумметр ВМБ 3А

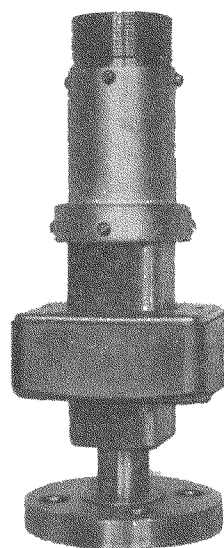


Рис 2 Электроразрядный преобразователь ММ-13М-4

Вакуумметр ВМБ-3А состоит из измерительной установки и одного из магнитных электроразрядных манометрических преобразователей ММ-13М-4 (рис. 2) или ММ-13М-4А

Действие преобразователей основано на зависимости величины разрядного тока от давления газа, в котором происходит разряд при наличии магнитного поля. Показания преобразователей зависят от рода газа, давление которого измеряется. Поэтому для измерения требуется специальная градуировка преобразователей по данному газу. Завод-изготовитель прикладывает к вакуумметру градуировочную кривую, снятую для сухого воздуха.

По своим метрическим характеристикам оба преобразователя идентичны.

Основное отличие преобразователя ММ-13М-4А от преобразователя ММ-13М-4 заключается в том, что конструкция первого разборная. Это позволяет производить механическую и химическую чистку деталей и корпуса преобразователя.

Вакуумметр имеет выход для подключения внешнего измерительного прибора или самопишущего электронного потенциометра для автоматической регистрации показаний.

Манометрические преобразователи присоединяются к вакуумной системе через фланец D_y-20 .

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон измеряемых давлений, мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-7} \div 2 \cdot 10^{-2}$
Диапазон регулирования реле вакуумной блокировки на срабатывание, мм рт. ст.	$5 \cdot 10^{-6} \div 2 \cdot 10^{-2}$
Электропитание:	
род тока	переменный
напряжение, в	220
частота, гц	50
Наибольшая потребляемая мощность, вт:	
при измерении	150
при прогреве анода преобразователя ММ-13М-4	220
Габариты, мм:	
измерительного блока	$380 \times 290 \times 240$
преобразователя ММ-13М-4:	
наибольший диаметр	80
высота	205
преобразователя ММ-13М-4А:	
наибольший диаметр	100
высота	205
Вес, кг:	
измерительного блока	18,5
преобразователя ММ-13М-4 со шлангом или ММ-13М-4А со шлангом	2,3

ВАКУУММЕТРЫ ВМБ-4, ВМБ-5 и ВМ-5

Магнитные электроразрядные блокировочные вакуумметры ВМБ-4, ВМБ-5 и ВМ-5 (рис. 1, 2, 3) предназначены для измерения давления газов в металлических вакуумных установках и автоматической сигнализации о достижении заданного давления как в лабораторных, так и

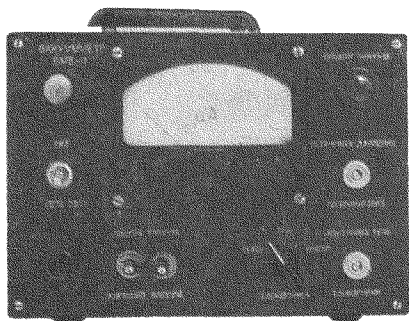


Рис. 1. Вакуумметр ВМБ-4

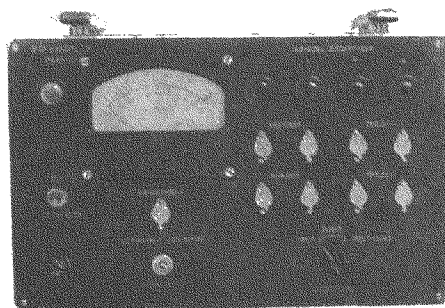


Рис. 2. Вакуумметр ВМБ-5

в производственных условиях. Каждый вакуумметр состоит из измерительной установки и разборного магнитного электроразрядного манометрического преобразователя ММ-15 (рис. 4) магнетронного типа

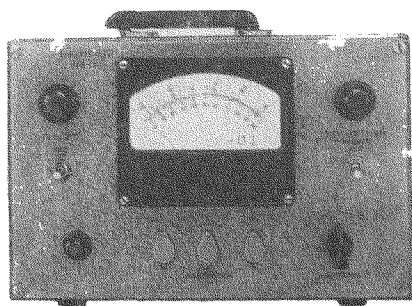


Рис. 3. Вакуумметр ВМ-5

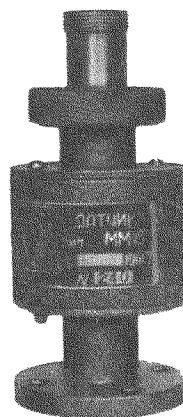


Рис. 4. Электроразрядный преобразователь ММ-15

Действие прибора основано на зависимости величины разрядного тока преобразователя ММ-15 от давления газа.

Манометрический преобразователь ММ-15 присоединяется к вакуумной системе через фланец D_y-25 . Габариты преобразователя: высота — 157 мм, диаметр — 70 мм. Вес преобразователя — 1,4 кг.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Вакуумметры		
	ВМБ-4	ВМБ-5	ВМ-5
Диапазон измеряемых давлений, <i>мм рт. ст.</i>	$1 \cdot 10^{-1} \div 1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-1} \div 1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-1} \div 1 \cdot 10^{-5}$
Количество коммутируемых манометрических преобразователей	1	1	3
Количество каналов блокировки	1	4	—
Диапазон срабатывания блокировки, <i>мм рт. ст.</i>	$1 \cdot 10^{-1} \div 1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-1} \div 1 \cdot 10^{-5}$	—
Разрывная мощность контактов исполнительного реле:			
при переменном напряжении 220 в, <i>вт</i>	500	500	—
при постоянном токе, <i>вт</i>	50	50	—
Электропитание:			
напряжение, в	220	220	220
частота, <i>Гц</i>	50	50	50
Потребляемая мощность, <i>вт</i>	80	220	100
Габариты, <i>мм</i>	$311 \times 274 \times 264$	$386 \times 320 \times 300$	$311 \times 274 \times 246$
Вес, <i>кг</i>	13	15	14

ВАКУУММЕТР ВИМС-1-3

Комбинированный вакуумметр ВИМС-1-3 (рис. 1) предназначен для измерения давления газов в диапазоне от 30 до 10^{-6} мм рт. ст. В комплект вакуумметра входят инверсно-магнетронный манометрический

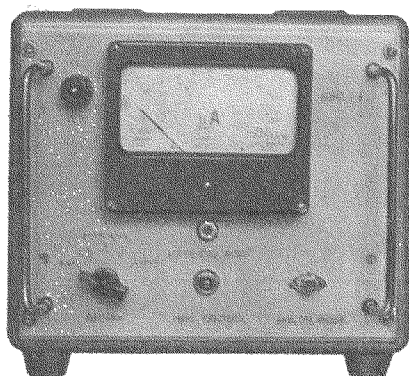


Рис. 1. Вакуумметр ВИМС-1-3

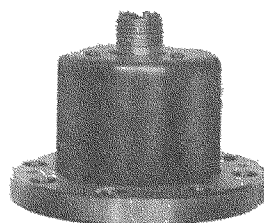


Рис. 2. Электроразрядный преобразователь ММ-22

преобразователь ММ-22 (рис. 2) с диапазоном измерения $10^{-6} \div 10^{-2}$ мм рт. ст. и манометрический теплоэлектрический преобразователь МТ-6 (рис. 3) с диапазоном измерения $10^{-2} \div 30$ мм рт. ст. Вакуумметр



Рис. 3. Теплоэлектрический преобразователь МТ-6

ВИМС-1-3 обеспечивает возможность периодического измерения давления в одной точке вакуумной установки при помощи инверсно-магнетронного и в трех точках — при помощи теплоэлектрических преобразователей.

Вакуумметр ВИМС-1-3 может быть использован для работы в лабораторных и производственных условиях.

Действие вакуумметра ВИМС-1-3 основано на зависимости тока электрического разряда в газе от давления (инверсно-магнетронный преобразователь) и зависимости теплопроводности газа от давления (теплоэлектрический преобразователь).

Габариты измерительной установки вакуумметра ВИМС-1-3 — $250 \times 240 \times 230$ мм, вес — 8 кг. Питание прибора осуществляется от сети напряжением $220 \text{ в} \pm 10\%$, частотой $50 \pm 0,5$ гц. Потребляемая мощность не более 140 вт.

Вакуумметр ВИМС-1-3 комплектуется одним преобразователем ММ-22 и десятью преобразователями МТ-6. Комплектация преобразователем ММ-22 производится по специальному заказу.

Основные параметры датчиков, работающих в комплекте с вакуумметром ВИМС-1-3, приведены в таблице.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Преобразователи	
	МТ-6	ММ-22
Диапазон измеряемых давлений, мм рт. ст.	$10^{-2} \div 30$	$10^{-6} \div 10^{-2}$
Диаметр, мм	20	90
Высота, мм	175	70
Вес, кг	0,025	0,9

ВАКУУММЕТР ВИ-12

Ионизационный вакуумметр ВИ-12 (рис. 1) предназначен для измерения давления газов в диапазоне от 10^{-5} до 10^{-10} мм рт. ст.

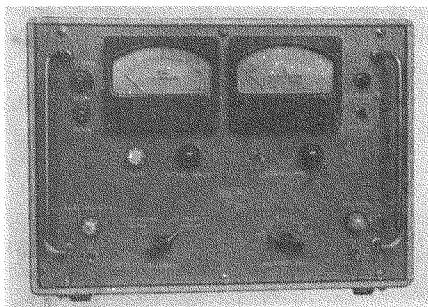


Рис. 1 Вакуумметр ВИ-12

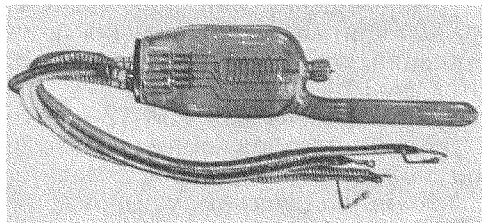


Рис. 2. Ионизационный преобразователь ИМ-12

Вакуумметр ВИ-12 используется преимущественно в лабораторных условиях.

Вакуумметр состоит из переносной измерительной установки, снабженной выносным блоком, и одного из двух манометрических преобразователей: ИМ-12 (рис. 2) в стеклянной колбе или МИ-12-8 (рис. 3), выполненного на фланце с металлическим уплотнением.

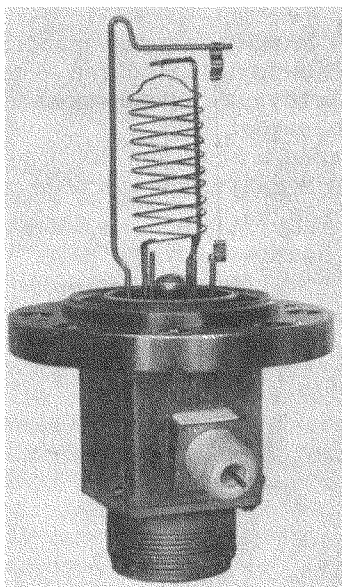


Рис. 3 Ионизационный преобразователь МИ-12-8

Действие вакуумметра ВИ-12 основано на эмиссии накаливаемым вольфрамовым катодом преобразователя электронов, которые ускоряются полем положительно заряженного анода и ионизируют газ.

Образующиеся положительные ионы уходят на отрицательно заряженный коллектор. При постоянном токе эмиссии электронов и постоянном ускоряющем напряжении на аноде число образующихся ионов пропорционально молекулярной концентрации газа. Коллекторный ионный ток подается на вход усилителя вакуумметра и служит мерой давления.

Вакуумметр ВИ-12 обеспечивает питание катода преобразователя, измерение и автоматическую стабилизацию тока эмиссии, усиление и измерение ионного тока.

В вакуумметре предусмотрен прогрев анода пропусканием тока, а также прогрев анода и коллектора электронной бомбардировкой.

Вакуумметр ВИ-12 снабжен блокировкой, разрывающей цепь катода преобразователя при токе, превышающем в 1,5 раза максимальный ток установленного диапазона.

В вакуумметре предусмотрена возможность подключения самопишущего потенциометра для записи давления.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Напряжение питающей сети, <i>в</i>	220
Частота тока питающей сети, <i>гц</i>	50
Наибольшая потребляемая мощность, <i>вт</i>	275
Габаритные размеры, <i>мм</i> :	
измерительного блока	440×320×240
выносного блока	80×170
Вес, <i>кг</i>	30

Манометрический преобразователь ИМ-12 применяется для преобразования сигнала давления в сигнал тока и предназначен для индикации давлений в стеклянных вакуумных установках в диапазоне от 10^{-5} до 10^{-10} *мм рт. ст.*

Преобразователь ИМ-12 допускает прогрев в печи при 400° С.

Колба преобразователя ИМ-12 изготовлена из стекла С49-2, поэтому он может быть припаян к вакуумной установке из такого же стекла.

К металлической установке преобразователь можно присоединить через переходник, ковар-стекло. Диаметр штенгеля 18 *мм*.

Чувствительность преобразователя, работающего в режиме вакуумметра ВИ-12, составляет $6 \cdot 1/\text{мм рт. ст.}$

Габариты преобразователя: наружный диаметр — 90 *мм*, длина колбы со штенгелем — 190 *мм*. Вес — 0,6 *кг*.

Преобразователь МИ-12-8 применяется для преобразования сигнала давления в сигнал тока и предназначен для измерения давлений в металлических вакуумных установках в диапазоне от 10^{-5} до 10^{-10} *мм рт. ст.*

Манометрический преобразователь МИ-12-8 смонтирован на коваровом цоколе, который герметично приварен к фланцу из нержавеющей стали.

Вольфрамовый катод крепится с внешней стороны анода, представляющего собой двухзаходную молибденовую спираль: коллектор — тонкий стержень, укрепленный по оси анода. Конструкция преобразователя обеспечивает быструю замену перегоревшего катода.

Преобразователь МИ-12-8 допускает прогрев в печи при 400° С.

Преобразователь МИ-12-8 присоединяется к вакуумной системе при помощи фланца Ду-50 и металлической прокладки.

ВАКУУММЕТР ВИМ-2

Инверсно-магнетронный вакуумметр ВИМ-2 предназначен для измерения давления газов в диапазоне от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-13}$ мм рт. ст.

Вакуумметр состоит из манометрического магнитно-электроразрядного преобразователя ММ-14М инверсно-магнетронного типа и измерительной установки с выносным блоком.

Мерой давления служит сила тока газового разряда.

Измерительная установка обеспечивает электропитание и измерение разрядного тока преобразователя

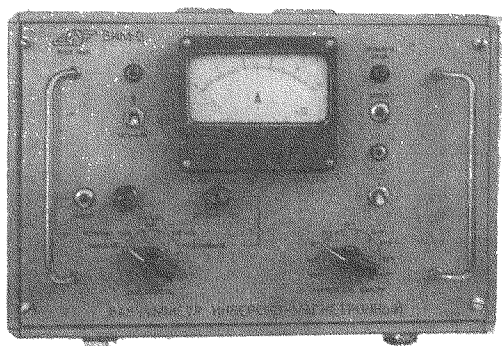


Рис 1 Вакуумметр ВИМ 2

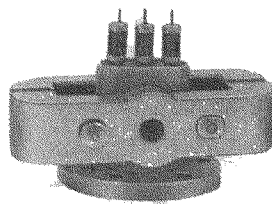


Рис 2 Электроразрядный преобразователь ММ 14М

Преобразователь ММ-14М имеет линейную зависимость разрядного тока от давления в диапазоне от $1 \cdot 10^{-13}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.

Блокировка в вакуумметре защищает выходной прибор и входной электрометрический каскад усилителя от перегрузок.

Вакуумметр имеет выходы для подключения самописца и осциллографа.

Манометрический преобразователь ММ-14М изготовлен из нержавеющей стали и керамики

Преобразователь присоединяется к вакуумной системе при помощи фланца с медным уплотнителем.

Преобразователь допускает прогрев в печи до 550°C .

Электродная система преобразователя прогревается электронной бомбардировкой.

Питание вакуумметра осуществляется от сети напряжением 220 в и частотой 50 гц

Мощность, потребляемая вакуумметром, — 120 вт.

Габариты измерительной установки — $380 \times 273 \times 240$ мм, преобразователя ММ-14М — $142 \times 122 \times 92$ мм.

Вес измерительной установки 22 кг, преобразователя ММ-14М — 2,3 кг.

Преобразователь присоединяется к установке при помощи фланца D, -50.

ПРИСОЕДИНЕНИЕ МАНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ К ВАКУУМНЫМ СИСТЕМАМ

Все выпускаемые преобразователи присоединяются к вакуумным системам при помощи унифицированных уплотнений.

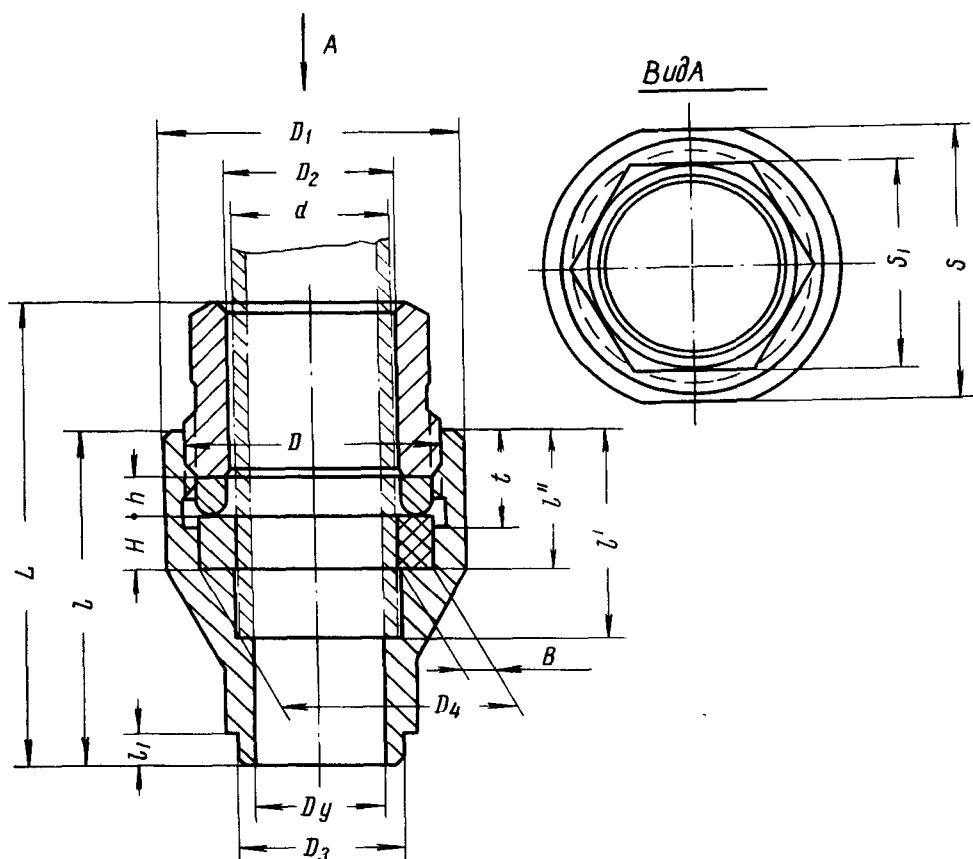


Рис. 1. Грибковое уплотнение

Уплотнение D_y-10 — для преобразователя ЛТ-4М; уплотнение D_y-15 — для преобразователей ЛТ-2, МТ-6, ЛМ-2, ЛМ 3, МР-8

D_y	d	D_1	D	D_2	D_3	L	l	l_1	S	S_1	l'	l''	t	H	h	B	D_4
10	14	33	M27×1	15	15	52	42	4	30	22	23	17	10	6	5	5,5	25
15	19	38	M33×1,5	21	20	58	42	5	36	27	24	16	10	8	6	5,5	30

Стекланные преобразователи выполнены из стекла С49—2, поэтому могут быть припаяны к вакуумным системам из такого же стекла.

На рис. 1—4 приведены посадочные места для присоединения преобразователей к системам.

▽4 Остальное

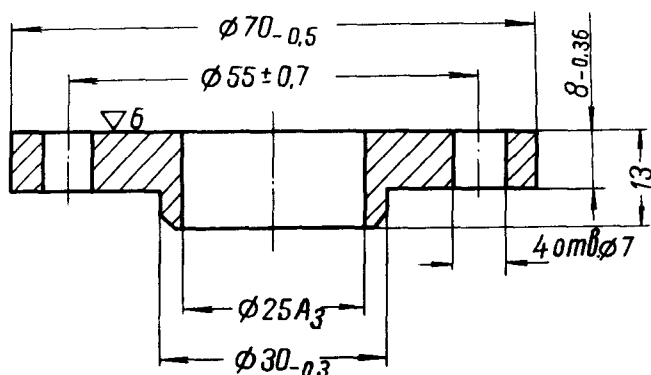


Рис. 2. Резиновое уплотнение Ду-25 для преобразователей ММ-15 и МР-8

Примечание. Предельные отклонения размера угла между базовым отверстием и любым другим $\pm 45'$

▽4 Остальное

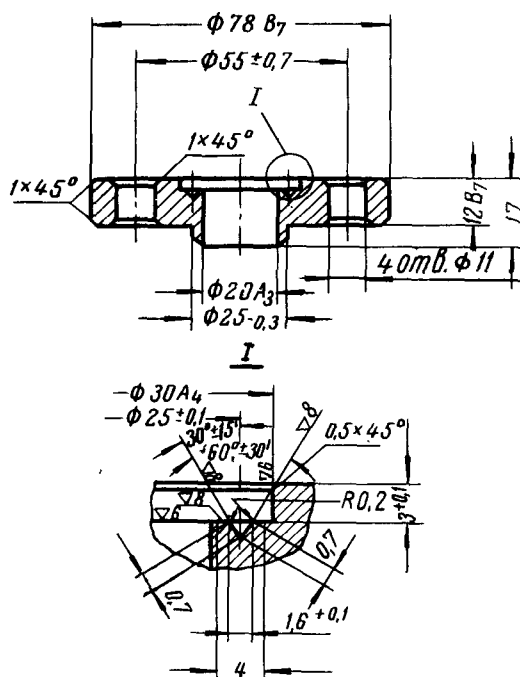


Рис. 3. Металлическое уплотнение Ду-20 для преобразователей типа ММ-13М-4, ММ-13М-4А, МТ-8

Примечание. Предельные отклонения размера угла между базовым отверстием и любым другим $\pm 45'$

▽4 Остальное

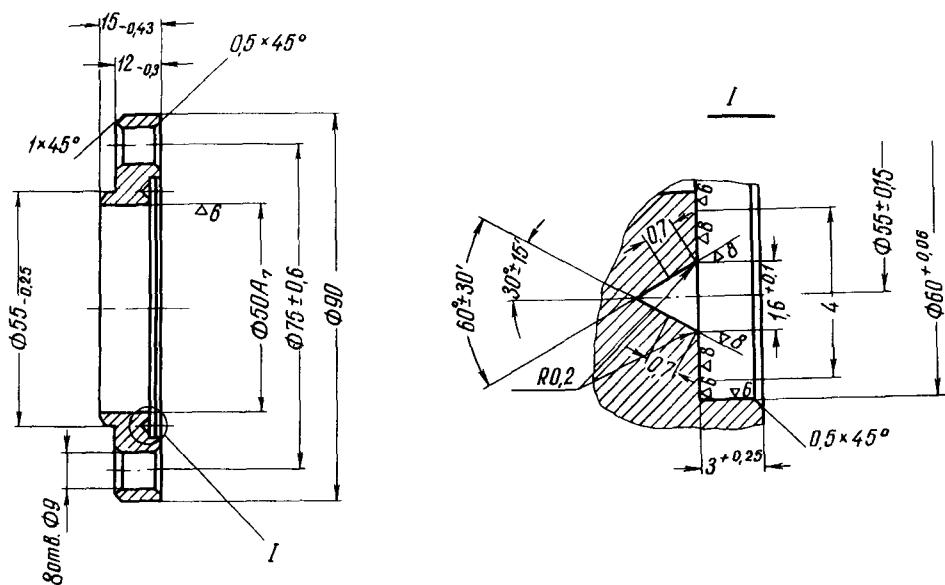


Рис. 4. Металлическое уплотнение D_y-50 для преобразователей ЛМ-3-2, МИ-12-8, ММ-14М, ММ-22

Примечание: Предельные отклонения размера угла между базовым отверстием и любым другим $\pm 45^\circ$

ИЗМЕРИТЕЛИ ПАРЦИАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ

Измерителями низких парциальных давлений служат масс-спектрометрические устройства, датчики которых присоединяются непосредственно к испытываемому объему. Основные требования, которым удовлетворяют масс-спектрометры для измерения парциальных давлений,— это малое газоотделение датчика и высокая чувствительность. Требуемая разрешающая способность таких приборов обычно невысока (от 20 до 50), так как в состав остаточных газов в высоком вакууме входят, в основном, легкие газы. В связи с этим измерители парциальных давлений не могут заменить прецизионные масс-спектрометры для аналитических целей и должны преимущественно использоваться по прямому назначению.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ИПО-1

Омегатронный измеритель парциальных давлений ИПО-1 (рис. 1) предназначен для определения состава остаточных газов в высоком и сверхвысоком вакууме. Малые размеры датчика (рис. 2) и легкость его обезгаживания позволяют применять прибор ИПО-1 для анализа газов в отпаянных электровакуумных приборах и для изучения физико-химических процессов, протекающих в высоковакуумных приборах (процессы сорбции, диффузии, проницаемости, газоотделения и т. д.)

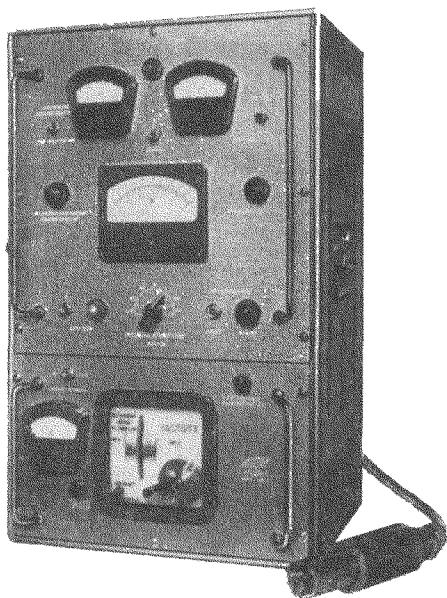


Рис 1 Прибор ИПО 1

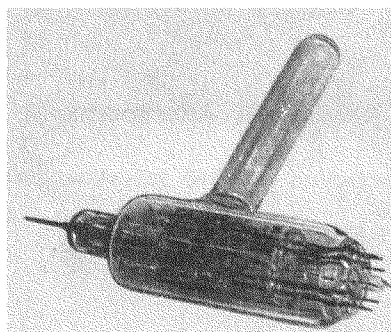


Рис 2 Омегатронная лампа РМО 4С

Прибор может использоваться в качестве течеискателя

Разрешающая способность прибора $\rho = \frac{M}{\Delta M}$ обратно пропорциональна массовому числу и величине высокочастотного напряжения, при $U_{вч} = 2$ в $\rho = \frac{400}{M}$, при $U_{вч} = 1$ в $\rho \approx \frac{800}{M}$.

Омегатрон представляет собой малогабаритный радиочастотный резонансный масс-спектрометр, присоединяемый непосредственно к испытуемому объему вакуумной системы. Принципиальная схема устройства омегатрона приведена на рис. 3.

Молекулы газа, находящегося в омегатроне, ионизируются в тонком электронном луче, проходящем вдоль оси анализатора и фокусирующемся магнитным полем. Под действием магнитного поля и перпендикулярного к нему высокочастотного электрического поля образующиеся ионы совершают вращательное движение вокруг электронного луча. Ионы, для которых собственная частота вращения в данном магнитном поле совпадает с частотой приложенного высокочастотного напряжения, ускоряются высокочастотным полем и, двигаясь по раскручивающейся спирали, достигают коллектора ионов. Величина ионного тока в цепи коллектора является мерой парциального давления газа.

Резонансная частота связана с массой иона соотношением $f = \frac{qH}{m}$ где H — напряженность магнитного поля, m — масса иона, q — заряд иона. Развертка спектра масс осуществляется изменением частоты высокочастотного напряжения.

Прибор ИПДО-1 состоит из радиоизмерительной установки и омегатронной лампы РМО-4С с магнитно-юстировочным устройством. Для автоматической записи спектра масс в комплект прибора включен электронный потенциометр ЭПП-09 (рис. 4).

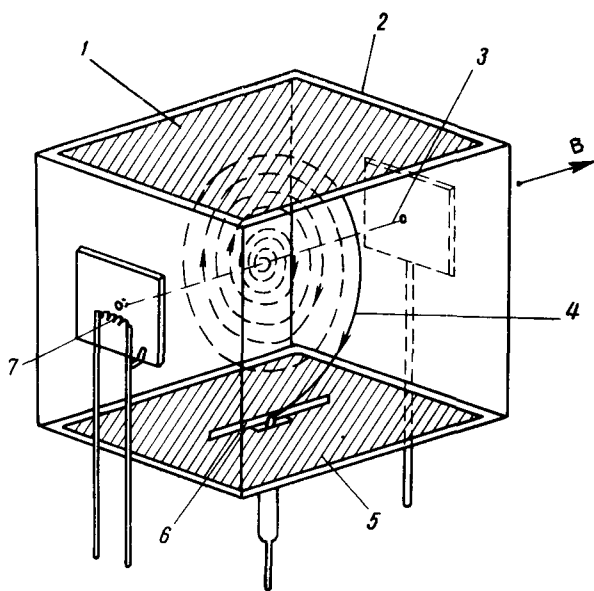


Рис. 3. Принципиальная схема омегатрона:

1 — высокочастотная пластина; 2 — анализатор ионов; 3 — электронный луч; 4 — траектория резонансных ионов; 5 — заземленный электрод; 6 — коллектор ионов; 7 — катод

Прибор ИПДО-1 обеспечивает возможность проведения количественных измерений парциальных давлений легких газов с погрешностью $\pm 10\%$ от содержания компонента.

Малые размеры и простота обезгаживания позволяют применять омегатрон для исследований в сверхвысоком вакууме.

Для обеспечения нормальной работы прибора омегатронная лампа должна обезгаживаться прогревом в электрической печи при 400°C . Электродную систему омегатронной лампы рекомендуется прогревать токами высокой частоты при 800°C . При работе с омегатроном недопустимо присутствие паров органических веществ в испытуемой высоковакуумной системе.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон массовых чисел газов, регистрируемых прибором, а.е.м.	$2 \div 100$
Диапазон рабочих давлений, мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-5} \div 3 \cdot 10^{-10}$
Напряженность магнитного поля, э.	2900 ± 200
Ионизирующий электронный ток, мка.	$1 \div 20$
Время записи полного спектра масс, мин.	20
Время записи участка спектра масс от $M=100$ до $M=12$, мин.	3
Потребляемая мощность, вт.	300

Вес, кг:

измерительного блока	38
выносного каскада	1,6
потенциометра ЭПП-09 со стойкой	65
магнитно-юстировочного устройства	45
датчика	0,2

Габаритные размеры, мм:

измерительного блока	385×360×635
выносного каскада (с переходным экраном)	215×65
потенциометра ЭПП-09 со стойкой	600×600×1230
магнитно-юстировочного устройства	750×500×300
омега-трубной лампы	Ø 35×120

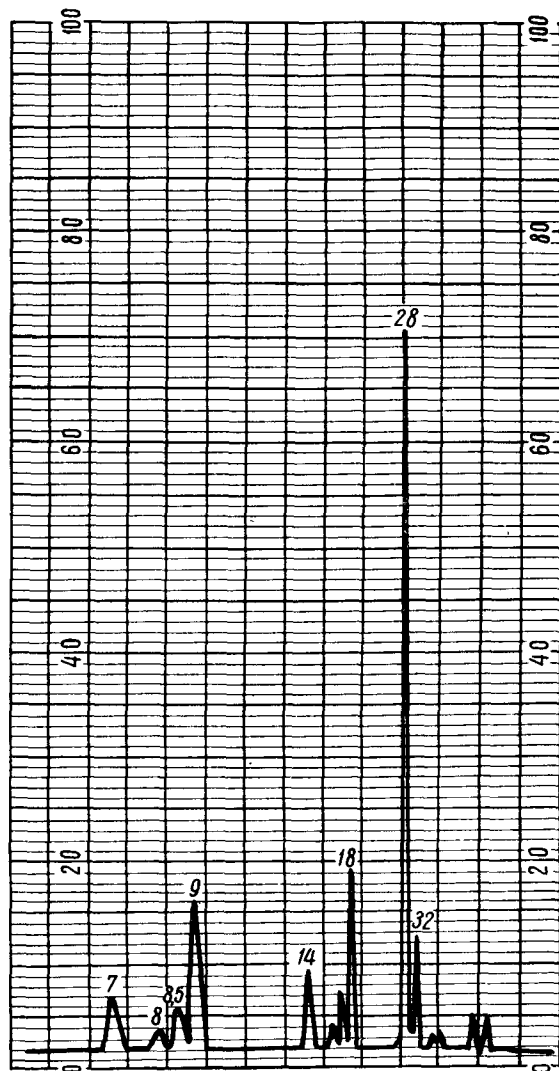


Рис. 4. Спектр масс, записанный прибором ИИДО-1

МАСС-СПЕКТРОМЕТР МСХ-3А

Времяпролетный масс-спектрометр МСХ-3А (рис. 1, 2) предназначен для анализа состава газов в высоком и сверхвысоком вакууме при быстро протекающих процессах с регистрацией спектра масс посредством фото- и киносъемки. Прибор может быть использован для изучения физико-химических процессов, протекающих в плазменных

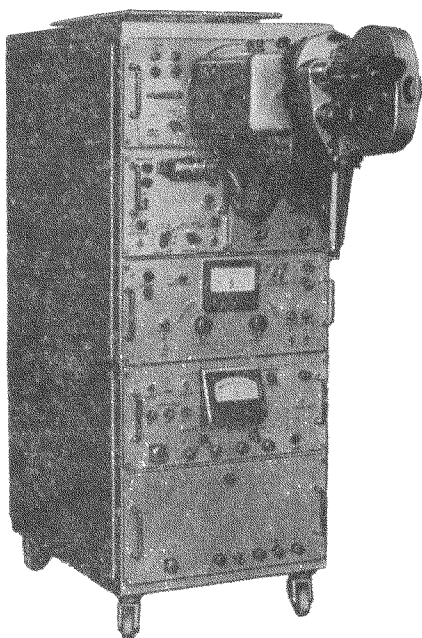


Рис. 1 Масс спектрометр МСХ-3А

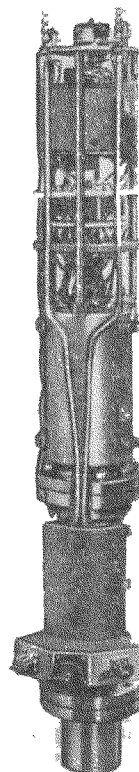


Рис. 2. Датчик масс-спектрометра МСХ-3А

установках, для исследования электрического разряда в высоком вакууме и т. п.

Прибор МСХ-3А (хроногрон) является масс-спектрометром с импульсной ионизацией газа и анализом ионов по времени пролета. Анализируемый газ (рис. 3) ионизируется интенсивным потоком электронов и удерживается в накопительной части ионного источника системой эквипотенциальных сеток. С приходом выглаткивающего импульса ионный пучок формируется в пакет и выходит в пространство дрейфа. Кинетическая энергия всех ионов в пакете одинакова. Время движения ионов в пространстве дрейфа от источника до приемника зависит от

массы ионов: $t = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{m}{2qu}}$, где m — масса иона, qu — энергия иона, L — длина пространства дрейфа. В результате этого ионы разных масс достигают приемника ионов поочередно. Приемником ионов служит электронный умножитель, откуда сигнал поступает на вход усилителя

и далее на вход осциллографического устройства. Синхронизируя частоту регистрации сигналов на экране электроннолучевой трубки с частотой следования выталкивающих импульсов, получают развертку спектра масс

Прибор состоит из радиотехнической стойки и двух датчиков. Радиотехническая стойка имеет фотоприставку, выполненную в виде съемного светонепроницаемого тубуса, и откидной кронштейн для фотографирования с экрана осциллографа фото- и киноаппаратом. Датчик соединяется с радиотехнической стойкой кабелем длиной 15 м.

Прибор допускает работу в режимах:

а) непрерывной регистрации спектра масс с временным разрешением до $0,03 \text{ сек}$ при киносъемке с экрана осциллографа и регистрацией времени съемки каждого кадра киноплёнки относительно начала изучаемого процесса;

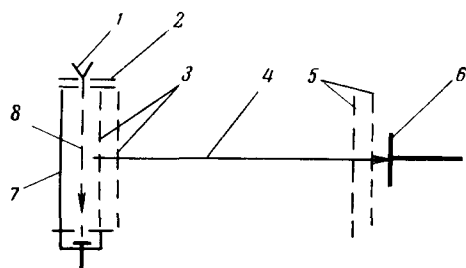


Рис 3 Принципиальная схема времяпролетного масс-спектрометра

1 — катод 2 — диафрагма, 3 — ускоряющие сетки, 4 — траектория ионов 5 — супрессорные сетки, 6 — приемник ионов (электронный умножитель), 7 — выталкивающий электрод, 8 — электронный луч

б) однократной регистрации спектра масс с длительностью времени анализа $(4 \div 60) \cdot 10^{-6} \text{ сек}$ и задержкой относительно изучаемого явления до $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ сек}$;

в) строчной развертки с отдельной регистрацией на одном кадре фотоплёнки шести разверток спектра масс, разделенных интервалами $3,3 \cdot 10^{-4} \text{ сек}$, с задержкой относительно изучаемого процесса от $1 \cdot 10^{-3}$ до $8 \cdot 10^{-3} \text{ сек}$.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон рабочих давлений прибора, мм рт. ст	$1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-9}$
Диапазон регистрируемых масс, аеи	$1 \div 250$
Разрешающая способность	не менее 30
Коэффициент усиления усилительного тракта при полосе пропускания частот от 10 кГц до 10 МГц	$2 \cdot 10^5$
Температура нагрева для обезгаживания камеры дрейфа, °С	до 500
Температура нагрева для обезгаживания электронного умножителя, °С	до 350
Габариты, мм	
радиотехнической стойки	$600 \times 520 \times 1200$
датчика	$220 \times 164 \times 990$
Вес, кг	
радиотехнической стойки	250
датчика	5

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР МАСС

Электрический фильтр масс (квадрупольный масс-спектрометр) — рис. 1 — предназначен для анализа состава газов в высоковакуумных системах в диапазоне давлении от 10^{-3} до 10^{-8} мм рт. ст. Прочность конструкции датчика (рис. 2), высокая разрешающая способность и возможность использования в области сравнительно высоких давлений делают прибор наиболее перспективным для работы в промышленных условиях (например, для контроля состава газов в вакуумных плавильных печах, в установках для напыления тонких пленок и т. п.)

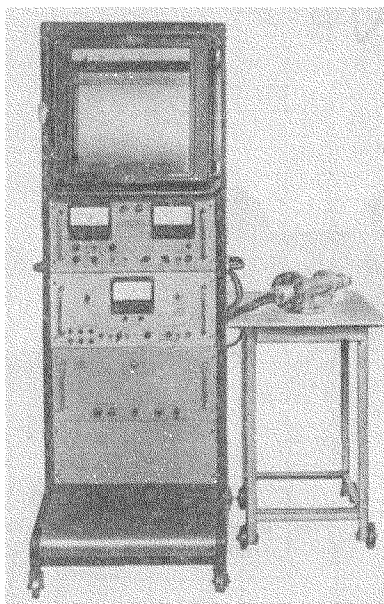


Рис. 1 Прибор ЭФМ-1

Электрический фильтр масс представляет собой масс-спектрометр, в котором разделение ионов по массам происходит в поле электрического квадрупольного поля, образованного четырьмя параллельными стержнями круглого сечения. Анализируемый газ ионизируется в ионном источнике с продольной ионизацией (рис. 3). Образовавшиеся ионы движутся в направлении анализатора и входят в него через круглую диафрагму, расположенную по оси квадрупольного поля. На стержни, соединенные попарно, подается напряжение вида: $u = U + V \cos \omega t$, где U — постоянная составляющая напряжения, V — амплитуда высокочастотной составляющей.

Проходя вдоль анализатора, ионы совершают колебания под действием высокочастотного электрического поля, причем амплитуда колебаний зависит от удельной массы иона $\frac{m}{q}$ и величин напряжений на стержнях. При определенном выборе параметров квадрупольного поля через анализатор одновременно могут пройти ионы только одной массы, амплитуда колебаний которых меньше радиуса поля. Амплитуда колебаний ионов других масс при этом нарастает, и они теряют заряд.

на стержнях. Масса ионов, проходящих через анализатор, определяется формулой $m = \frac{4qV}{0,706 \cdot r_0^2 \cdot \omega^2}$, где r_0 — радиус поля.

Развертка спектра масс осуществляется (рис. 4) изменением напряжений на стержнях анализатора, причем отношение постоянной состав-

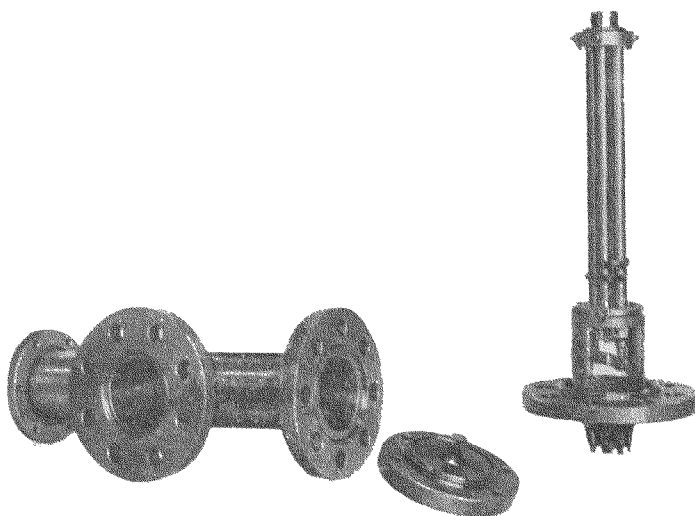


Рис. 2. Датчик прибора ЭФМ-1 (в разобранном виде)

ляющей напряжения к амплитуде высокочастотной составляющей остается неизменным для всего диапазона масс.

Конструктивно прибор состоит из двух датчиков и измерительной стойки. Датчик монтируется в корпусе из нержавеющей стали; питающие напряжения подводятся через металлокерамические вводы.

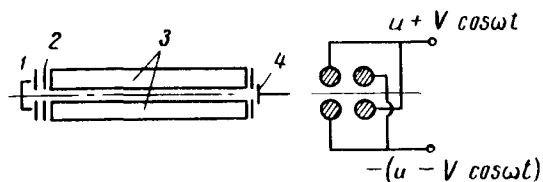


Рис. 3. Принципиальная схема электрического фильтра масс:

1 — источник ионов, 2 — входная диафрагма, 3 — стержни анализатора, 4 — приемник ионов

К достоинствам прибора можно отнести наличие линейной шкалы масс с равномерным разрешением пиков через $\Delta M=1$, а также прочность конструкции датчика, обеспечивающую возможность использования прибора в промышленных условиях.

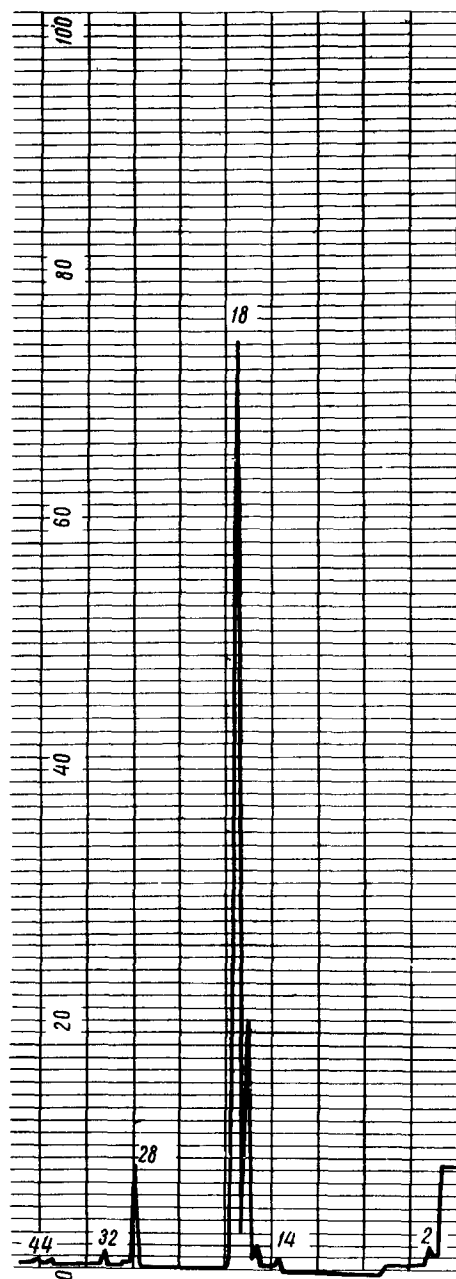


Рис. 4. Спектр масс, записанный прибором ЭФМ-1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон рабочих давлений, мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-3} \div 1 \cdot 10^{-8}$
Диапазон массовых чисел анализируемых газов, ае.м	$1 \div 50$ и $12 \div 100$
Разрешающая способность	50
Время записи полного спектра масс, мин	3
Ионизирующий электронный ток, мка	$20 \div 400$
Энергия ионизирующих электронов, эв	100
Максимальное высокочастотное напряжение, в	500
Наибольшая потребляемая мощность, вт	400
Диаметр стержней анализатора, мм	9 и 5
Габаритные размеры датчика, мм:	
диаметр	40
высота	350
Вес датчика, кг	5

ИЗМЕРИТЕЛЬ АПДП-2

Панорамный анализатор парциальных давлений АПДП-2 (рис. 1) предназначен для определения состава остаточных газов в высоковакуумных системах с регистрацией спектра масс на экране осциллографа.

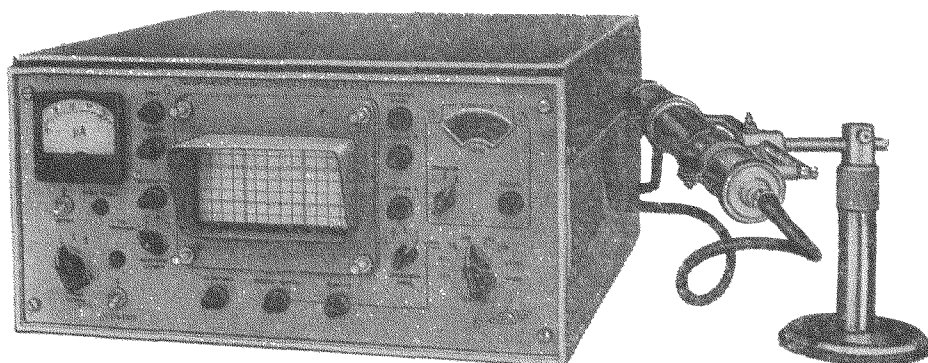


Рис 1 Прибор АПДП-2

фической трубки Малогабаритный датчик (рис. 2), не требующий наличия магнита, удобен для анализа газов в малых вакуумных объемах, в частности в электровакуумных приборах, и для контроля технологических процессов в электровакуумном производстве

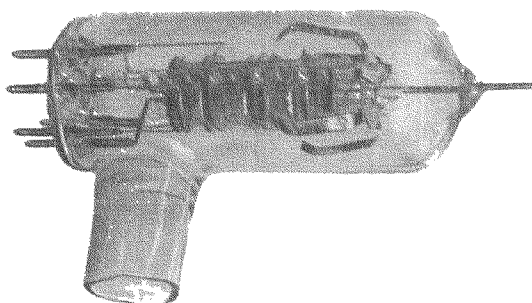


Рис 2. Датчик прибора АПДП-2

Прибор АПДП-2 является масс-спектрометром, действие которого основано на разделении ионов, колеблющихся в электростатическом поле. Принципиальная схема датчика прибора приведена на рис. 3. Электроны, эмиттированные катодом К, проходят через модулирующий электрод М и, в силу выбранного распределения потенциалов, колеблются около электрода А. На электрод М подается высокочастотное напряжение, модулирующее электронный ток по интенсивности. В результате импульсной ионизации газа образуются пакеты ионов, которые колеблются в электрическом поле пространства дрейфа, причем частота колебаний ионов f определяется их удельными массами:

$f = C \sqrt{\frac{qu}{m}}$, где: u — напряжение на центральном электроде, C — по-

стоянная. Каждый вид ионов наводит на сигнальном электроде напряжение собственной частоты. Анализ ионов по массам заключается в измерении частот сигнальных напряжений узкополосным усилителем. Развертка спектра масс осуществляется изменением резонансной час-

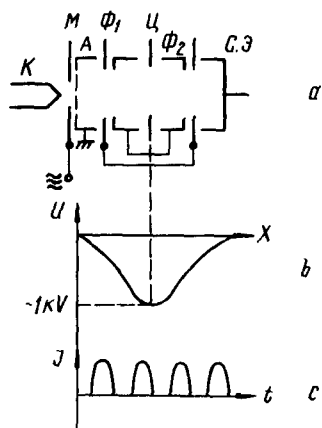


Рис. 3. Принципиальная схема датчика прибора АПДП-2:

a — электронная система; *b* — распределение потенциала в пространстве дрейфа; *c* — пакеты ионного тока; *K* — катод; *M* — модулирующий электрод; *A* — сетка; Φ_1 , Φ_2 , Π — электроды пространства дрейфа; *С.Э.* — сигнальный электрод

тоты узкополосного измерительного тракта. Для увеличения чувствительности прибора используется накопление ионов в колеблющемся пакете за счет синхронизации частоты ионизации с частотой колебаний ионов регистрируемой массы.

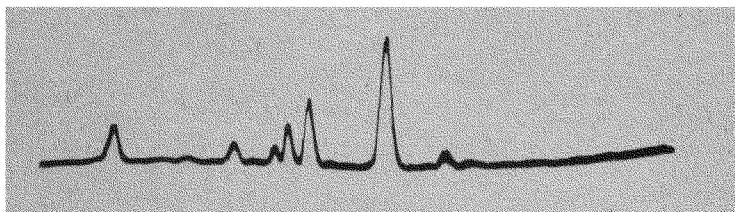


Рис. 4. Спектр масс, записанный прибором АПДП-2

Прибор АПДП-2 состоит из датчика и измерительного блока. К достоинствам прибора можно отнести его быстродействие, малые размеры и простоту обезгаживания датчика, возможность наблюдения всего спектра масс на экране электроннолучевой трубки (рис. 4).

Регистрация спектра масс производится на экране электроннолучевой трубки с возможностью фотографирования. Размер изображения 130×70 мм.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон массовых чисел анализируемых газов, <i>а.е.м.</i>	2 ÷ 200
Диапазон рабочих давлений, мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-9}$
Разрешающая способность на уровне 10% высоты пика	15 ÷ 20
Максимальный ионизирующий электронный ток, <i>ма</i>	1
Энергия ионизирующих электронов, <i>эв</i>	100
Максимальное напряжение в разделяющей системе, <i>кв</i>	1,5

ТЕЧЕЙСКАТЕЛИ

Течеискатели предназначены для обнаружения мест течей в оболочках аппаратуры, к которой предъявляется требование герметичности. Эти приборы могут применяться также для определения оценки общей герметичности этих оболочек.

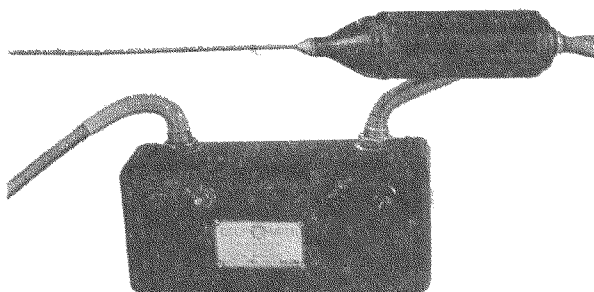
Наиболее общей характеристикой современных течеискательных приборов является их способность избирательно реагировать на так называемое пробное вещество.

Наиболее совершенные (масс-спектрометрические) течеискатели реагируют только на пробное вещество, вне зависимости от присутствия воздуха, посторонних паров и газов. Существуют течеискатели, реагирующие на появление целой группы веществ. Таковы галоидные течеискатели. Пробным веществом при работе с ними чаще всего служит фреон-12, но фоновые сигналы могут вызываться парами растворителей и конструкционных материалов, содержащих галоиды.

Методы работы с течеискателями каждого типа, весьма разнообразны. Выбор их определяется видом испытаний. Возможны вакуумные испытания и испытания аппаратуры, находящейся под избыточным давлением, проверка герметичности малогабаритных замкнутых объектов и контроль за производством сварки.

ТЕЧЕЙСКАТЕЛЬ ИО 60-010

Искровой помехозащищенный течеискатель ИО 60-010 (высокочастотный трансформатор Тесла) представляет собой простейший течеискатель, предназначенный для проверки герметичности стеклянных вакуумных систем и для оценки степени достигнутого в них разрежения. Испытаниям при помощи искрового течеискателя могут подвергаться также металлические откачиваемые системы при наличии в них стеклянных деталей или при установке специального стеклянного разрядника.



Искровой течеискатель (модель ИО 60-010)

Действие искрового течеискателя основано на возбуждении безэлектродного высокочастотного разряда в откачанном объеме. Характер разряда зависит от степени достигнутого разрежения и рода газов, содержащихся в объеме или проникающих в него через течь.

Место течи в стеклянной стенке можно обнаружить при перемещении вдоль нее электрода. Приближение электрода к течи на расстояние порядка 1 см сопровождается формированием разряда в тонкий ярко-белый искровой пучок, направленный с острия электрода точно на место течи. Обнаружение течей в шлифовых соединениях, как и в металлических частях системы, может быть осуществлено в диапазоне давления от 5 до $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст. по изменению цвета разряда при проникновении сквозь течь пробного вещества (ацетона, спирта, углекислого газа и т. п.). Разряд возбуждается прикосновением электрода течеискателя к стеклу или, еще лучше, к металлическому стерженьку, впаянному в стекло. Участки поверхности, подозреваемые в натекании, смачиваются или обдуваются пробным веществом.

В случае проникновения через течь пробного вещества лилово-красное свечение, характерное для воздуха, меняется на голубовато-серое.

Конструктивно течеискатель выполнен в виде небольшого блока с присоединенным через гибкий шланг высокочастотным электродом. Гибкий металлический стерженек электрода снабжен пластмассовой рукояткой, удобно удерживаемой в руке.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон давлений, мм рт. ст.	$1 \div 5 \cdot 10^{-3}$
Электропитание теченскателя:	
род тока	переменный
напряжение, в	220
частота, гц	50
Потребляемая мощность, вт	15
Габаритные размеры, мм:	
блока питания	$202 \times 95 \times 90$
высокочастотного трансформатора	$205 \times \varnothing 45$
Общий вес, кг	2

ГАЛОИДНЫЕ ТЕЧЕЙСКАТЕЛИ

Действие галоидных течейскаателей основано на свойстве платины, намотанной на керамику и накаливаемой до $800 \div 900^\circ \text{C}$, увеличивать эмиссию положительных ионов в присутствии галоидов. Эффект наблюдается как при атмосферном давлении, так и в вакууме. Это позволяет обнаруживать небольшие утечки и натекания галоидосодержащих веществ.

Чувствительный элемент галоидного течейскаателя представляет собой платиновый диод с анодом прямого накала, навитым на керамическую трубку. Эмиттируемые анодом ионы воспринимаются вторым электродом-коллектором, соединенным с усилителем постоянного тока. Стрелочный прибор на выходе усилителя регистрирует увеличение ионного тока при попадании галоидов в межэлектродное пространство чувствительного элемента. Сигнал дублируется звуковым индикатором.

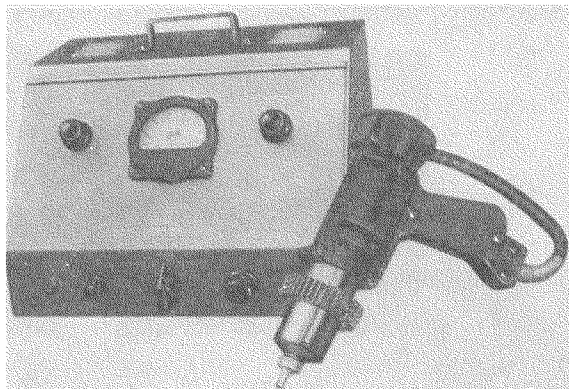
Все отечественные галоидные течейскаатели конструктивно оформлены в виде двух основных частей — датчика течейскаателя, содержащего чувствительный элемент, и измерительного блока. Обе части соединены между собой гибким экранированным шлангом. Измерительный блок осуществляет питание электродов датчика, регистрацию изменений ионного тока и питание элементов самой измерительной схемы.

ТЕЧЕЙСКАТЕЛЬ ГТИ-3

Галоидный течейскагель ГТИ-3 является переносным прибором, предназначенным для обнаружения мест нарушения герметичности (течей) в системах, опрессованных изнутри галоидосодержащей газовой смесью.

Чувствительность течейскателя ($2,4 \cdot 10^{-3}$ л · мк рт. ст/сек фреона-12) позволяет установить утечку в атмосферу 0,5 г фреона-12 в год.

Поток фреона $2,4 \cdot 10^{-3}$ л · мк рт. ст/сек вызывает отклонение стрелки измерительного прибора не менее, чем на 30% самой чувствительной шкалы.



Галоидный течейскагель ГТИ-3

Расширение диапазона индицируемых потоков в сторону больших течей осуществляется уменьшением накала датчика.

Постоянная времени течейскателя не превышает 2 сек.

Течь индицируется стрелочным и звуковым индикаторами.

Датчик течейскателя ГТИ-3 выполнен в виде щупа-пистолета, удобно удерживаемого в руке. Непосредственно за чувствительным элементом, расположенным в передней части щупа, размещено вентиляционное устройство, протягивающее воздух через межэлектродное пространство датчика. Щуп перемещается вдоль испытуемой поверхности. Повышенная концентрация галоидов вблизи течи вызывает сигнал течейскателя. Звуковой сигнал воспроизводится встроенным в датчик телефоном. Здесь же имеются гнезда для подключения наушников.

Измерительный блок выполнен в виде настольного прибора, на наклонной передней панели которого расположены измерительный прибор и основные ручки управления течейскателем. На заднюю стенку вынесены клеммы для подключения внешнего звукового индикатора, переключатель накала датчика и ручки для дополнительной подстройки схемы блока.

Течейскатель не может быть использован в помещениях, содержащих газы с галоидами, из-за фога, вызываемого этими газами. Загрязнения, составляющие 6—10%, могут вывести прибор из строя.

Течейскатель ГТИ-3 комплектуется наушниками, гайками-наконечниками, втулками — насадками щупа, щетками к электродвигателю ДСР-21 и запасным чувствительным элементом, смонтированным на керамической плате.

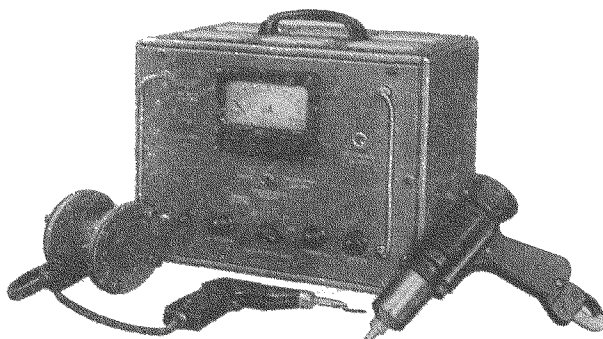
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Чувствительность теченскателя, л·мк рт. ст/сек фреона-12	2,4·10 ⁻³
Электропитание теченскателя:	
род тока	переменный
напряжение, в	220
частота, гц	50
Потребляемая мощность, вт	250
Габариты прибора, мм	315×230×210
Вес, кг:	
измерительного блока	10
выносного щупа со шлангом	2
Длина соединительного шланга, м	3
Рабочие условия для теченскателя:	
температура окружающей среды, °С	10—35
атмосферное давление, мм рт. ст.	750±30
относительная влажность воздуха, %	до 80

ТЕЧЕЙСКАТЕЛЬ ВАГТИ-4

Вакуумно-атмосферный галоидный течеискатель ВАГТИ-4 предназначен для проверки герметичности оболочек вакуумных систем при обдувании их галоидосодержащим газом, а также для проверки герметичности объемов, находящихся под избыточным давлением галоидосодержащего газа. Соответственно этот течеискатель снабжен двумя датчиками — вакуумным и атмосферным.

Вакуумный датчик течеискателя выполнен в виде отрезка трубопровода с фланцами, внутри которого размещен чувствительный элемент. Датчик включается в трубопровод предварительного разрежения.



Галоидный течеискатель ВАГТИ-4

Проникая через течь в вакуумную систему, пробный газ попадает и в чувствительный элемент, вызывая в нем изменение ионного тока, регистрируемое индикаторами.

Атмосферный датчик предназначен для обследования опрессованных систем, выполнен в виде шупа-пистолета и аналогичен датчику течеискателя ГТИ-3. Чувствительный элемент, идентичный применяемому в вакуумном датчике, вместе с вентилятором размещается в корпусе шупа. Для индикации мест течи шуп перемещается вдоль испытуемой поверхности. Приближение к течи сопровождается повышением концентрации галоидов в воздухе, просасываемом через датчик. Течеискатель подает сигнал о течи.

Датчики течеискателя соединены с измерительным блоком через гибкие электрические экранированные шланги. В измерительном блоке расположены стрелочный и звуковой индикаторы течи и питающее устройство. Отличительной особенностью схемы индикации ионных токов, примененной в течеискателе ВАГТИ-4, является наличие на входе разделительного конденсатора, благодаря которому начальный ток датчика не проходит через входное сопротивление усилителя и не создает фона, мешающего индикации малых сигналов. Схема звуковой индикации имеет на выходе динамик, расположенный в выносной блоке, и дублирующий его телефон, вмонтированный в выносной шуп. В случае необходимости повысить мощность сигнала к гнездам на задней стенке шасси можно подключить внешний усилитель. Кроме того, могут быть подключены наушники.

Чувствительность течеискателя регулируется переключением сопротивлений во входной цепи усилителя. Три диапазона имеют кратность 10. Переход на последнюю, самую чувствительную шкалу отвечает

пятикратному увеличению чувствительности по сравнению с предыдущей. Первая, самая грубая, шкала предусмотрена для измерения фонового тока (конденсатор отключен), определяемого общим уровнем парциального давления галоидов. Наблюдение за содержанием галоидов необходимо в связи с тем, что длительное их воздействие на работающий чувствительный элемент приводит к отравлению эмиттера. Поэтому при больших фоновых токах должны быть приняты меры по очистке помещений от галоидов. Восстановление характеристик эмиттера может быть достигнуто прокаливанием чувствительного элемента в чистой атмосфере.

Чувствительность теческателья с вакуумным датчиком характеризуется минимально индицируемым парциальным давлением фреона $5 \cdot 10^{-8}$ мм рт. ст. Такое давление вызывает отклонение стрелки выходного прибора не менее чем на 20% самой чувствительной шкалы и соответствует потоку фреона через датчик $5 \cdot 10^{-5}$ л·мк рт. ст./сек при эффективной скорости его откачки 1 л/сек.

Величина минимальной течи, обнаруживаемой теческательем в вакуумной системе, существенно зависит от ее параметров и может меняться в широких пределах при изменении испытуемого объема, проводимости трубопроводов и условий испытаний: давления в системе, концентрации пробного газа, времени обдувания и т. п.

Для проведения вакуумных испытаний к теческателью прилагается обдуватель, выполненный в виде небольшого пистолета из пластмассы. Пистолет снабжен клапаном, открывающимся при нажатии.

Вакуумный датчик предназначен для работы при давлении от 10^{-2} до 1 мм рт. ст.

Вакуумный датчик чувствителен к парциальному давлению фреона (Ф-12 или Ф-22), равному $5 \cdot 10^{-8}$ мм рт. ст. При эффективной скорости откачки 1 л/сек он регистрирует поток фреона $5 \cdot 10^{-5}$ л·мк рт. ст./сек.

С помощью атмосферного датчика-щупа теческатель обнаруживает истечение в атмосферу $2,5 \cdot 10^{-3}$ л·мк рт. ст./сек фреона (Ф-12 или Ф-22).

Чувствительность теческателья регулируется переключением сопротивлений на входе усилителя или изменением тока накала эмиттера.

Течь индицируется стрелочным и звуковым индикаторами.

Постоянная времени измерительного блока меняется от 2,5 до 5 сек при переходе с грубой на самую чувствительную шкалу.

Теческатель ВАГТИ-4 комплектуется двумя датчиками — вакуумным и атмосферным, а также запасными частями.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Электропитание теческателья:

род тока	переменный
напряжение, в	220
частота, гц	50
Потребляемая мощность, вт	$180 \pm 10\%$
Габариты измерительного блока, мм	$388 \times 240 \times 328$

Вес, кг:

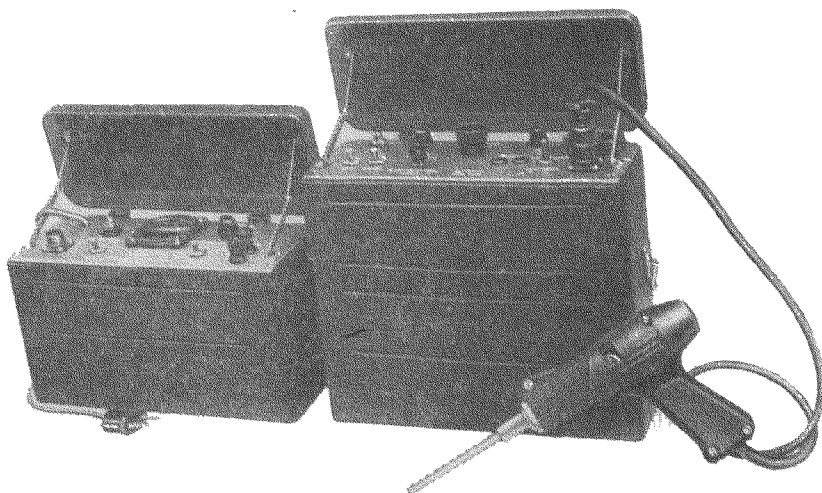
измерительного блока	18
вакуумного датчика	1,3
выносного щупа со шлангом (3 м)	1,6

Рабочие условия для теческателья:

температура окружающей среды, °C	от 10 до 35
атмосферное давление, мм рт. ст.	750 ± 30
относительная влажность воздуха, %	65 ± 15

ТЕЧЕЙСКАТЕЛЬ БГТИ-5

Батарейный галоидный течейскатель БГТИ-5 является легкоtransportируемым индикаторным прибором, регистрирующим истечение галоидосодержащих газов в атмосферу. Течейскатель предназначен для работы в помещениях и на открытом воздухе. При помощи его могут быть испытаны большие объемы, находящиеся под избыточным давлением пробного газа. Питание прибора осуществляется от батареи аккумуляторов.



Галоидный течейскатель БГТИ-5

Батарейный галоидный течейскатель состоит из измерительного блока с комплектом аккумуляторов и выносного щупа.

Выносной щуп течейскателя оформлен в виде небольшого пистолета, основная часть которого изготовлена из пластмассы. В выносном щупе имеются чувствительный элемент, аналогичный применяемому в течейскателях ГТИ-3 и ВАГТИ-4, и вентиляционное устройство, всасывающее воздух через межэлектродное пространство чувствительного элемента.

Увеличение полного тока при повышении концентрации галоидов индицируется при помощи стрелочного и звукового индикаторов, размещенных в измерительном блоке. Все схемы питания и измерения выполнены на транзисторах. Измерительный блок и батарея аккумуляторов, размещенные в пластмассовых футлярах, скреплены между собой и помещены в общий футляр-сумку из кожзаменителя. При этом остается открытой верхняя панель с органами управления и измерения. Сумка имеет форму, удобную для переноски. В ее карманах помещены выносной щуп и удлинители к нему, облегчающие испытания подземных магистралей.

Работоспособность течейскателя в полевых условиях обеспечивается расширенным диапазоном рабочих температур, нечувствительностью приборов к запыленности воздуха и к ветру.

Для обеспечения возможности длительных испытаний течейскатель БГТИ-5 комплектуется двумя сменными батареями аккумуляторов и

зарядным устройством, позволяющим производить одновременную зарядку всех аккумуляторов в батарее

Чувствительность течейскаателя к утечкам фреона (Ф-12 или Ф 22) не менее 1,5 г в год Соответствующий этой утечке поток $7 \cdot 10^{-3}$ л·мк рт ст/сек вызывает отсчет течейскаателя, составляющий по крайней мере 30% шкалы на самом чувствительном диапазоне

Течейскаатель имеет стрелочный и звуковой индикаторы течи

Усилитель течейскаателя имеет три диапазона чувствительности с декадным переключением

В течейскаателе предусмотрена возможность компенсации начального (фоновго) тока датчика

Постоянная времени течейскаателя без удлинительных насадок не превышает 3 сек С насадкой длиной 750 мм постоянная времени увеличивается до 10 сек

Питание течейскаателя осуществляется от батарей аккумуляторов напряжением на выходе 12,5 в (10 аккумуляторов типа СЦ-25 или 12 аккумуляторов КНГК 10Д)

Емкость аккумуляторов СЦ-25 обеспечивает 10-часовую, а аккумуляторов КНГК-10Д — 5-часовую непрерывную работу прибора

В комплект течейскаателя входят запасной чувствительный элемент, фильтр, запасные детали и приспособления, облегчающие работу с прибором

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Потребляемая мощность, вт	. . .	25
Габариты, мм		
измерительного блока		280×136×276
зарядного устройства		280×136×186
ящика с имуществом		75×275×290
Вес наибольший, кг		
измерительного блока в целом		8,5
выносного шупа		0 65
зарядного устройства		4
Рабочие условия для течейскаателя		
температура окружающего воздуха, °С		от -10 до +40 *
атмосферное давление, мм рт ст		750±30
относительная влажность воздуха, %		до 80 при 20° С

Примечание. * При работе с аккумуляторами КНГК 10Д нижний диапазон температур ограничивается 0° С

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЧЕЙСКАТЕЛИ

Масс-спектрометрические течейскатели представляют собой относительно простые конструкции масс-спектрометрических газоанализаторов, настроенные на регистрацию пробного вещества. От обычных масс-спектрометрических газоанализаторов они отличаются, как правило, повышенной чувствительностью к парциальному давлению при ухудшенной разрешающей способности, суженным диапазоном регистрируемых масс. Масс-спектрометрические течейскатели ПТИ-6 и ПТИ-7 настраиваются на регистрацию одного пробного вещества — гелия.

Способность масс-спектрометрического течейскателя выделять пробный газ из общей смеси поступающих в него газов и паров основывается на его свойстве разделять эту смесь после ионизации по массам под действием электрических и магнитных полей. Течейскатель отбирает газовую смесь из откачиваемого испытуемого объема, подвергаемого извне воздействию пробного газа, или из пространства, окружающего испытуемый объем, опрессованный изнутри пробным газом. Подлежащая анализу газовая смесь поступает в ионный источник, где происходят ионизация газа и формирование ионного пучка. В анализаторе происходит разложение этого пучка на компоненты по массам (после однократной ионизации) и выделение пучка ионов пробного вещества. В приемном устройстве производится регистрация и измерение тока выделенных ионов. Таким образом, пробное вещество регистрируется вне зависимости от присутствия других газов.

ТЕЧЕЙСКАТЕЛИ ПТИ-6 и ПТИ-7

Передвижные масс-спектрометрические течеискатели ПТИ-6 и ПТИ-7 представляют собой масс-спектрометры, настроенные на регистрацию гелия, применяемого в качестве пробного газа. Течеискатели предназначены для испытания на герметичность вакуумных систем, а также объемов, заполненных газовой смесью, содержащей гелий. Приборы позволяют находить течи и регистрировать общие натекания, а также производить их количественную оценку.

Масс-спектрометрический анализ газов в течеискателях осуществляется в 180-градусном магнитном анализаторе, работающем в однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно движению ионов. Ионы образуются при ионизации анализируемой газовой смеси электронной бомбардировкой. Моноэнергетический пучок формируется электрическим полем, созданным между электродами источника ионов. Выделенный в анализаторе пучок ионов гелия поступает на коллектор, который связан с электрометрическим усилителем постоянного тока. Примененный в течеискателях, усилитель позволяет измерять токи в диапазоне от 10^{-10} до 10^{-14} а, обеспечивая индикацию парциальных давлений гелия от $5 \cdot 10^{-8}$ до $5 \cdot 10^{-12}$ мм рт. ст.

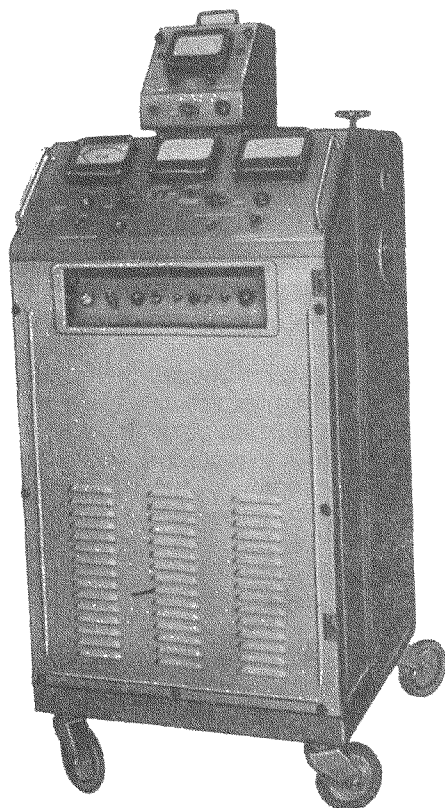
Течеискатели обладают собственной вакуумной системой, состоящей из механического и пароструйного насосов с воздушным охлаждением, а также ловушки, предупреждающей загрязнение масс-спектрометрического анализатора. Вакуумная система позволяет прокачивать через течеискатели поток газа $2 \text{ л} \cdot \text{мм рт. ст./сек}$ при давлении в анализаторе $2 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст. Регистрация в этих условиях парциального давления гелия $5 \cdot 10^{-12}$ мм рт. ст. определяет способность течеискателей индцировать концентрацию гелия, равную $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ л} \cdot \text{мм рт. ст./сек}$.

Ионный ток пробного газа индицируется в течеискателях стрелочным прибором, включенным на выходе электрометрического усилителя, а также звуковым индикатором — сиреной. Общее давление в масс-спектрометрической камере измеряется магнитным электроразрядным преобразователем, ток которого измеряется стрелочным прибором.

Третий стрелочный прибор в течеискателях дает возможность измерять ток эмиссии электронов, ионизирующих газ в источнике, а также приложенное к источнику напряжение, определяющее энергию ионного луча. Изменением этого напряжения в течеискателях осуществляется настройка на ток ионов гелия. Имеется также термпарный манометрический преобразователь.

Вакуумная система течеискателей сообщается с испытуемыми объемами через дросселирующий вентиль D_1-32 , позволяющий плавно регулировать давление в камере анализатора. В течеискателях предусмотрена возможность изоляции масс-спектрометрического анализатора от вакуумной системы при размораживании охлаждаемой ловушки и для ремонта при работающей вакуумной системе.

Течеискатели оформлены в виде передвижного прибора консольного типа, собранного на стальном сварном каркасе, с четырьмя резиновыми поворотными колесами. Каркасы течеискателей состоят из двух частей, связанных между собой при помощи петель. В основной части каркаса помещена вакуумная система течеискателей. Она смонтирована на съемной раме, укрепленной в каркасе на болтах. В откидывающейся на петлях части каркаса расположены радиоблоки. Вакуумная система и радиочасть изолированы друг от друга панелью, на которой сосредоточена вся кабельная кроссировка. Доступ к вакуумной системе возможен благодаря откидному колпаку и открывающейся на петлях задней обшивке каркаса. Электронная часть доступна для ремонта и проверки рабочих режимов.



Масс спектрометрический теченскатель ПТИ-7

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Теченскатели	
	ПТИ-6	ПТИ-7
Чувствительность к потоку гелия, <i>л мк рт ст сек</i>	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$
Предельный вакуум в камере анализатора, <i>мм рт. ст</i>	$2 \div 5 \cdot 10^{-5}$	$2 \div 5 \cdot 10^{-5}$
Электропитание		
напряжение, <i>в</i>	220/380	220/380
частота, <i>гц</i>	50	50
Потребляемая мощность, <i>вт</i>	1500	1500
Габариты, <i>мм</i>	$780 \times 600 \times 1250$	$780 \times 600 \times 1250$
Вес, <i>кг</i>	250	250
Рабочие условия:		
температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$	$10 \div 55$	$10 \div 35$
атмосферное давление, <i>мм рт. ст</i>	750 ± 30	750 ± 30
наибольшая относительная влажность воздуха, %	80	80

АВТОМАТЫ КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ

Для удовлетворения высоких требований, предъявляемых к герметичности полупроводниковых и других электронных приборов разработаны высокочувствительные автоматические установки для контроля герметичности.

Автоматы контроля герметичности предназначены для обнаружения истечения гелия из содержащих его объемов и приборов и для их разбраковки по степени негерметичности (без указания мест натекания).

Гелий вводится внутрь испытуемых объемов путем опрессовки или, в целях повышения чувствительности испытаний, производится герметизация приборов в атмосфере гелия.

Процесс контроля предусматривает автоматическую подачу приборов на позицию контроля, программирование вакуумных операций при помощи кулачкового распределительного устройства и автоматическую разбраковку.

Истечение гелия из приборов через микротечи индицируется течеискателем ПТИ-7, на выходе усилителя постоянного тока которого появляется электрический сигнал, пропорциональный величине течи.

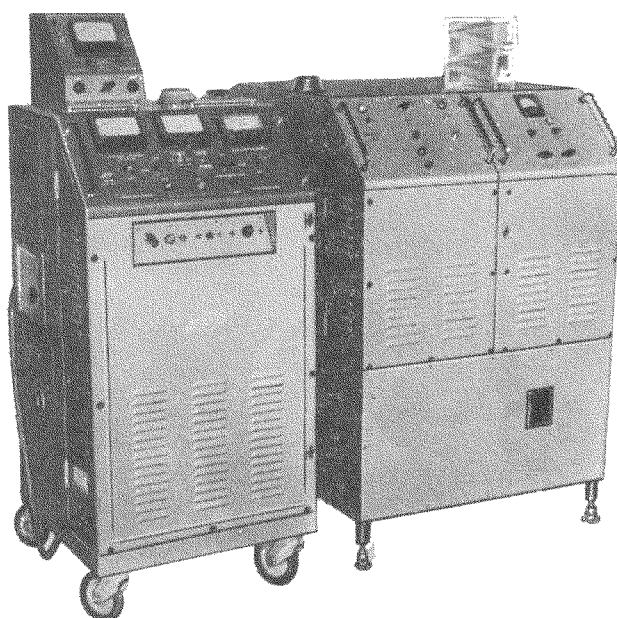
В случае поступления с течеискателя сигнала о наличии в приборе течи, величина которой превышает допустимую для данного типа приборов, срабатывает бракующее устройство, и изделие идет по каналу брака. Остальные приборы, удовлетворяющие предъявляемым требованиям, поступают в накопитель годных изделий.

Для периодической проверки чувствительности испытаний в автоматах имеется калиброванная гелиевая течь.

АВТОМАТ АКГМ-1

Автомат контроля герметичности АКГМ-1 предназначен для контроля герметичности полупроводниковых приборов диаметром до 13 мм и длиной до 48 мм.

Максимальные габариты испытуемых приборов ограничены габаритами цилиндрических гильз, в которых прибор транспортируется на рабочую позицию и к месту выгрузки.



Автомат контроля герметичности АКГМ-1

Гильзы с приборами поступают из загрузочной кассеты в магазин, предназначенный для накопления достаточного количества гильз с приборами и обеспечения бесперебойной подачи их на позицию контроля. Механизм подачи подводит гильзу на рабочую позицию. Здесь гильза прижимается к резиновому уплотнителю при помощи пружины. Разбракованные приборы поступают в накопитель годных или в накопитель бракованных изделий. Все механизмы автомата собраны внутри каркаса с облицовками, хорошо сочетающимися по внешнему виду с теческательщиком ПТИ-6.

Электрическая схема смонтирована на двух дверцах автомата и на электрическом щитке в левом нижнем углу автомата

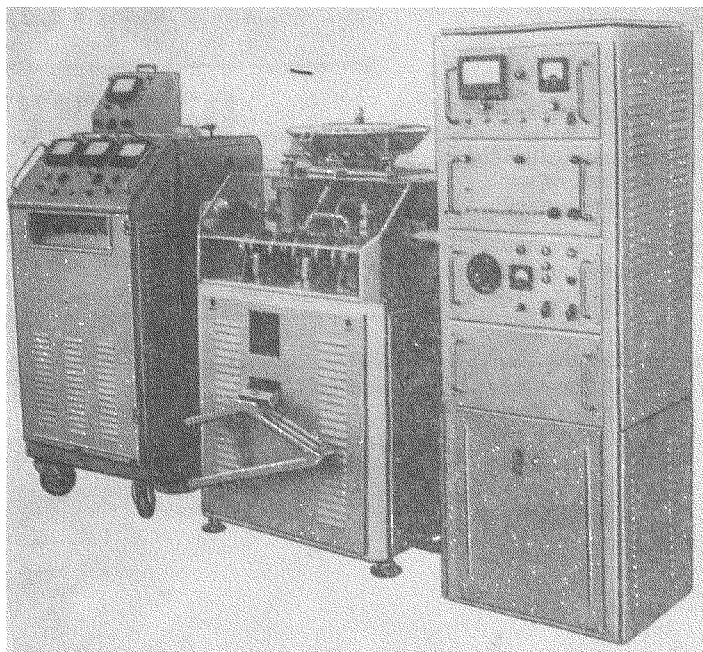
Автомат нельзя использовать в помещениях с газами, содержащими гелий, из-за сильного фона.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Максимальная производительность, шт/час:	
при загрузке по два прибора в гильзу	700
при загрузке по одному прибору в гильзу	370
Предельная чувствительность по гелию, л. мк рт. ст/сек	$8 \cdot 10^{-7}$
Предельный вакуум в высоковакуумной части автомата, мм рт. ст.	$10^{-5} - 5 \cdot 10^{-6}$
Внутренние размеры гильзы, мм	$13,5 \times 50$
Электропитание автомата:	
род тока	переменный трех- фазный
напряжение, в	220/380
частота, гц	50
Потребляемая мощность, кВт	5
Расход охлаждающей воды при давлении 3—5 ат, л/час	80
Габариты (с теченскателем), мм	$1155 \times 1170 \times 1470$
Рабочие условия:	
температура окружающей среды, °С	10—35
наибольшая относительная влажность воздуха, %	80

АВТОМАТ АКГМ-3

Автомат контроля герметичности АКГМ-3 предназначен для проверки на герметичность замкнутых оболочек приборов. Гелий может вводиться в приборы во время их герметизации или после герметизации путем опрессовки в гелий.



Автомат контроля герметичности АКГМ-3

Испытуемые изделия помещаются в стаканы поворотного механизма, уплотняемые и откачиваемые затем на рабочей позиции. Размеры стакана (диаметр 28 мм, длина 120 мм) определяют предельные габариты проверяемых объектов и обеспечивают возможность группового контроля небольших приборов.

Рабочий диапазон автомата АКГМ-3 охватывает течи от $3 \cdot 10^{-7}$ до 10^2 л · мм рт. ст./сек.

Указанный широкий диапазон отбраковки, как и неизменно высокая производительность и достоверность испытаний, обеспечивается наличием в автомате ступени предварительной манометрической отбраковки сильно текущих изделий и системы автоматической компенсации фоновых сигналов.

Автомат дает возможность количественной оценки регистрируемых потоков гелия путем сравнения их с калиброванной течью.

Надежность работы автомата обеспечивается блокировками.

Все узлы механической системы автомата отличаются высокой надежностью и долговечностью. Электрическая часть управления, настройки и разбраковки вынесена в отдельную стойку, что облегчает наладку и ремонт автомата.

Автомат не рекомендуется использовать в помещениях с повышенной концентрацией гелия.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Размеры рабочих камер (максимальные габариты проверяемых изделий), мм:		
длина	120	
диаметр	28	
Максимальная чувствительность к потоку гелия, $л \cdot мк \text{ рт. ст/сек}$	$8 \cdot 10^{-7}$	
Диапазон отбраковываемых течей (по гелию) $л \cdot мк \text{ рт. ст/сек}$. . .	$3 \cdot 10^{-7} \div 10^2$	
Максимальная производительность, шт/час:		
при индивидуальном контроле	300	
при групповом контроле (по 10 приборов)	3000	
Предельный вакуум в высоковакуумной части автомата, мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-5}$	
Электропитание автомата:		
род тока	переменный	трех-
	фазный	
напряжение, в	220/380	
частота, гц	50	
Потребляемая мощность, кВт	5	
Расход охлаждающей воды при давлении 3—5 ат, л/час	80	
Требуемая пропускная способность магистрали сжатого воздуха		
или азота (1—4 ат), л/час	0,5	
Расход жидкого азота, л/час	0,25	
Габариты, мм	2170×950×1500	
Рабочие условия:		
температура окружающей среды, °С	10÷35	
наибольшая относительная влажность воздуха, %	80	

Примечание: Для изделий, объем которых превышает 1 см³, максимальная величина обнаруживаемых течей выше указанного предела.

ЭЛЕМЕНТЫ

ВАКУУМНОГО

ОБОРУДОВАНИЯ

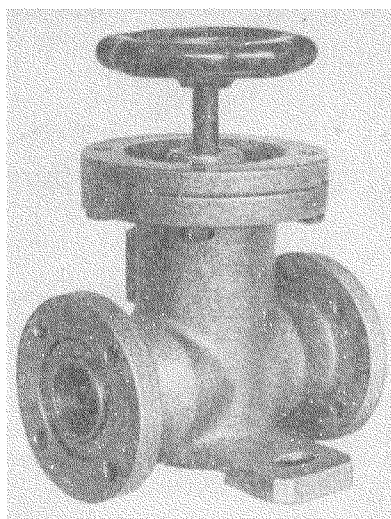
ВЕНТИЛИ РП

Вентили предназначены для герметичного перекрытия трубопроводов как предварительной откачки, так и высокого вакуума и могут устанавливаться в любой части вакуумной системы

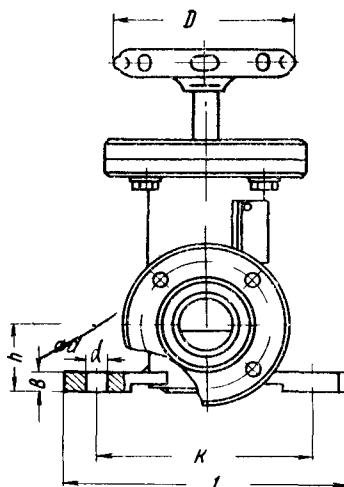
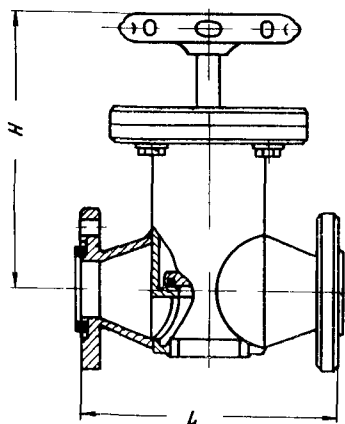
Вентили состоят из корпуса с двумя присоединительными фланцами, и ручного винтового привода. Привод изолирован от вакуумной полости металлическим сильфоном. Корпус сварной. Сильфон соединен с крышкой и клапаном шовной роликовой сваркой.

Вентили обеспечивают герметичное уплотнение при атмосферном давлении с любой стороны клапана, а также плавное открытие или закрытие клапана.

Материалы: корпус — из стали 20, сильфон — из нержавеющей стали Х18Н10Т, уплотнители — из вакуумной резины, сорт 7889.



Вентиль РП



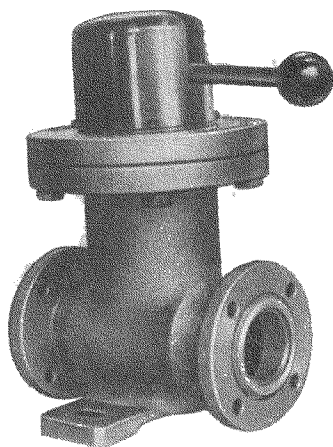
Габаритные размеры вентилей РП

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Dy, мм						
	10	15	25	32	50	80	100
Привод	ручной						
Гарантированное число открытий-закрываний	10000						
Усилие на маховике, кгс	2	2	3	3,5	5	6	8
Вес, кг	1,7	2,1	3	3,5	6	15	20
Габаритные размеры, мм:							
L	90	90	110	120	160	250	300
H	104	104	120	140	180	208	222
D	50	50	76	76	120	120	170
l	88	88	120	130	—	—	—
k	70	70	92	100	—	—	—
h	24	31	28	34	—	—	—
B	8	8	8	8	—	—	—
d	9	9	9	9	—	—	—

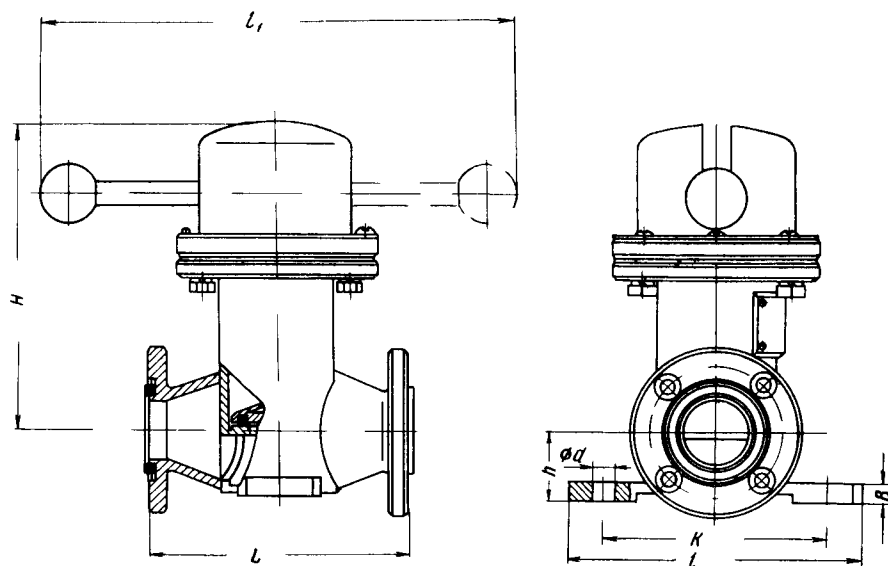
ВЕНТИЛИ ЭР-IV

Вентили предназначены для быстрого герметичного перекрытия не-прогреваемых вакуумных систем и могут устанавливаться в любой части вакуумной системы



Вентиль ЭР-IV

Вентили состоят из корпуса с двумя соединительными фланцами и ручного быстродействующего эксцентрикового привода. Привод изолирован от вакуумной полости металлическим сильфоном.



Габаритные размеры вентиль ЭР-IV

Вентили обеспечивают герметичное уплотнение при атмосферном давлении с любой стороны клапана, а также быстрое открытие или закрытие клапана. Вентили могут работать в любом положении.

Материалы: корпус и детали -- из стали 20; сильфон --- из нержавеющей стали Х18Н10Т; уплотнители -- из вакуумной резины, сорт 7889.

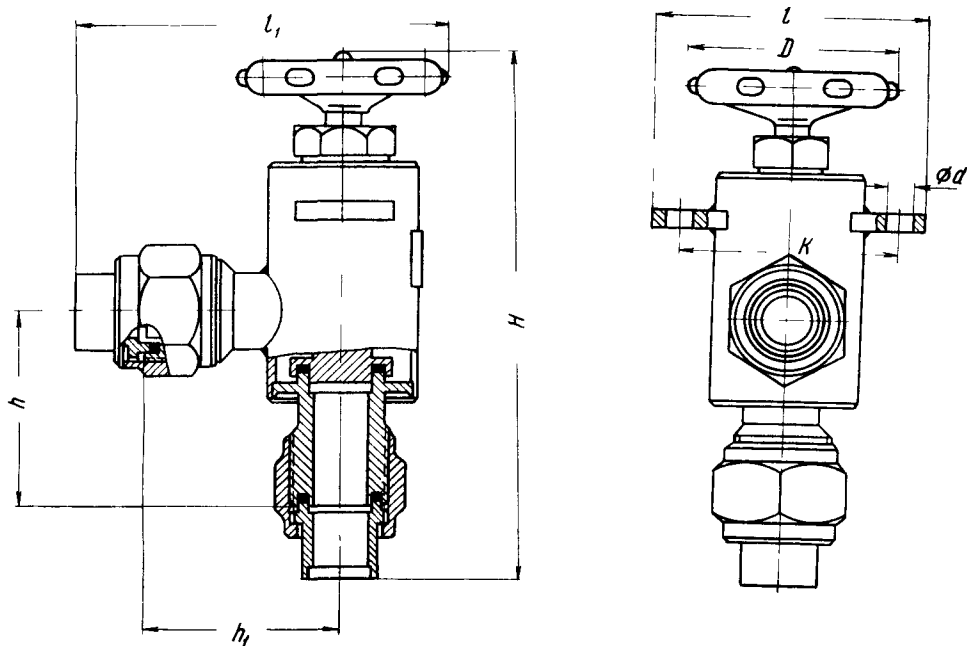
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Dy, мм						
	10	15	25	32	50	80	100
Привод	ручной						
Гарантированное число открытий-закрываний							
Усилие на рукоятке, кгс	5	5	6	7	10	12	15
Вес, кг	1,6	1,75	3,2	3,5	7,1	17,5	27,7
Габаритные размеры, мм:							
L	90	90	110	120	160	260	300
H	113	113	129	152	180	219	221
l ₁	176	176	196	196	236	370	370
l	88	88	120	130	—	—	—
k	70	70	92	100	—	—	—
h	24	31	28	34	—	—	—
B	8	8	8	8	—	—	—
d	9	9	9	9	—	—	—

ВЕНТИЛИ УРС

Вентили УРС предназначены для герметичного перекрытия вакуумных систем.

Вентили состоят из сварного корпуса углового исполнения, сильфонного узла с клапаном и ручного винтового привода. Привод изолирован от вакуумной полости при помощи металлического сильфона.



Габаритные размеры вентиля УРС

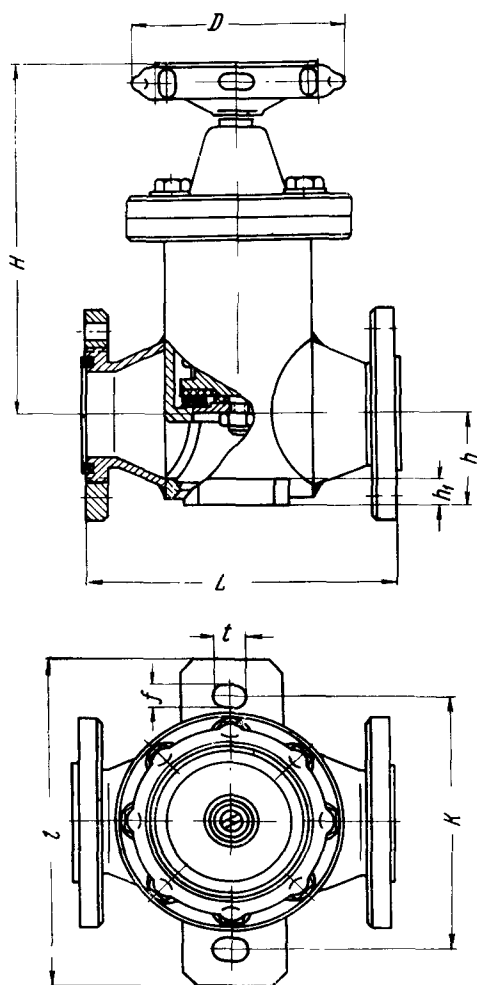
Вентили могут прогреваться до температуры 140°С (при снятом маховичке привода).

Материалы: корпус и сильфон — из нержавеющей стали Х18Н10Т; уплотнители — из фторопласта-4.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Dy, мм				
	6	8	10	15	20
Привод	ручной 5000				
Гарантированное число открытий-закрывтий					
Габаритные размеры, мм:					
H	106	140	142	165	178
h	35	43	46	52	65
h1	35	43	46	52	65
l	65	70	70	83	98
l1	75	100	104	113	128
K	50	55	55	65	80
D	50	76	76	76	76
d	8	8	8	10	10

ДРОССЕЛЬНЫЙ ВЕНТИЛЬ



Габаритные размеры вентиля Dy=32

Дроссельный вентиль прямого исполнения, имеющий диаметр условного прохода 32 мм, разработан с учетом применения его в различных высоковакуумных системах, где необходимо плавное регулирование давления.

Вентиль может быть установлен в любой части вакуумной системы.

Вентиль состоит из сварного корпуса с двумя фланцами и ручного винтового привода.

Привод изолирован от вакуумной полости металлическим сильфоном.

Для достижения плавного изменения усилия сжатия клапанного уплотнителя последний выполнен двухслойным: резина — фторопласт.

Вентили обеспечивают герметичное уплотнение при атмосферном давлении с любой стороны клапана, а также плавную регулировку газового потока. Вентили могут работать в любом положении.

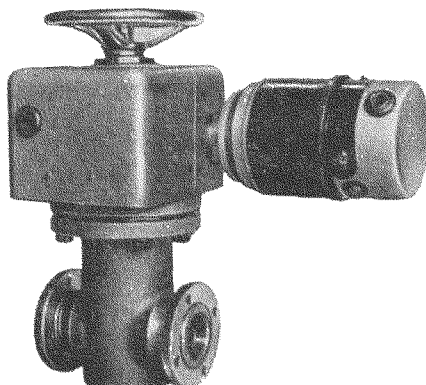
Материалы: корпус — из нержавеющей стали X18H9T; сильфон — из нержавеющей стали X18H10T; уплотнители — из фторопласта-4 и вакуумной резины, сорт 7889.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Dy=32
Усилие на маховике, кгс	4
Вес, кг	2,5
Габаритные размеры, мм:	
H	146
D	70
h	32
h ₁	8
L	110
l	120
K	92
t	12
f	9

ВЕНТИЛИ С ЭЛЕКТРОМОТОРНЫМ ПРИВОДОМ ЭП-2

Вентили предназначены для герметичного перекрытия непрогрываемых вакуумных систем и могут применяться в различных областях вакуумной техники — там, где необходимо дистанционное управление процессом откачки. Вентили можно устанавливать в любой части вакуумной системы.



Вентиль ЭП-2

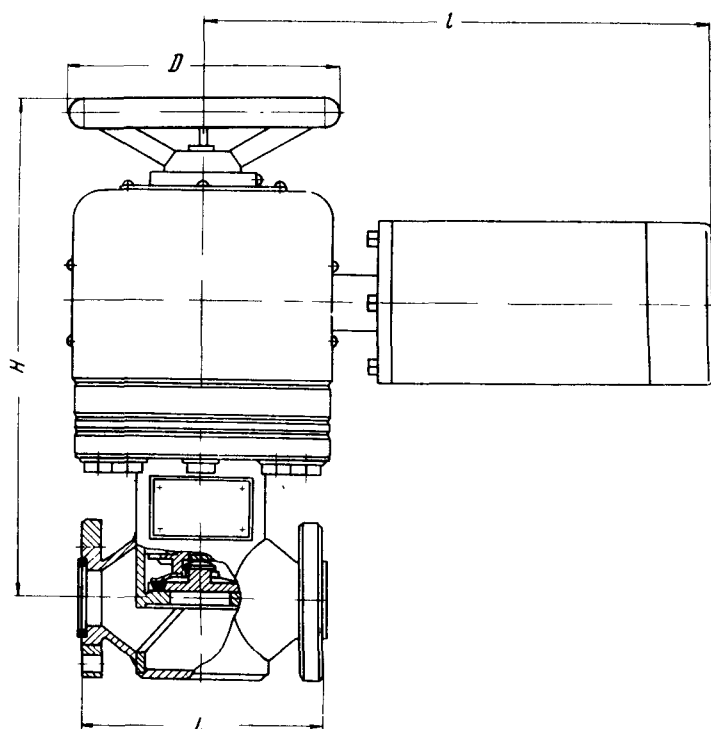
Вентили состоят из сварного корпуса с двумя присоединительными фланцами, запирающего механизма привода, состоящего из редуктора, понижающего число оборотов, и электродвигателя. В редуктор входят червячная передача, фрикционная муфта, маховик с ручным управлением и механизм автоматического выключения электродвигателя. Крепится редуктор к фланцу вентили четырем болтами. Электродвигатель соединен с редуктором через жесткую муфту.

При обесточивании электродвигателя вентилями можно управлять посредством ручного привода.

Вакуумное герметичное уплотнение обеспечивается при атмосферном давлении с любой стороны клапанной тарелки. Вентили могут работать в любом положении, просты в сборке и разборке.

Вентили имеют внешние указатели положения клапана: „открыт-закрыт“.

Материалы: корпус и детали — из стали 20, сильфон — из нержавеющей стали X18H10T; уплотнители — из вакуумной резины, сорт 7889.



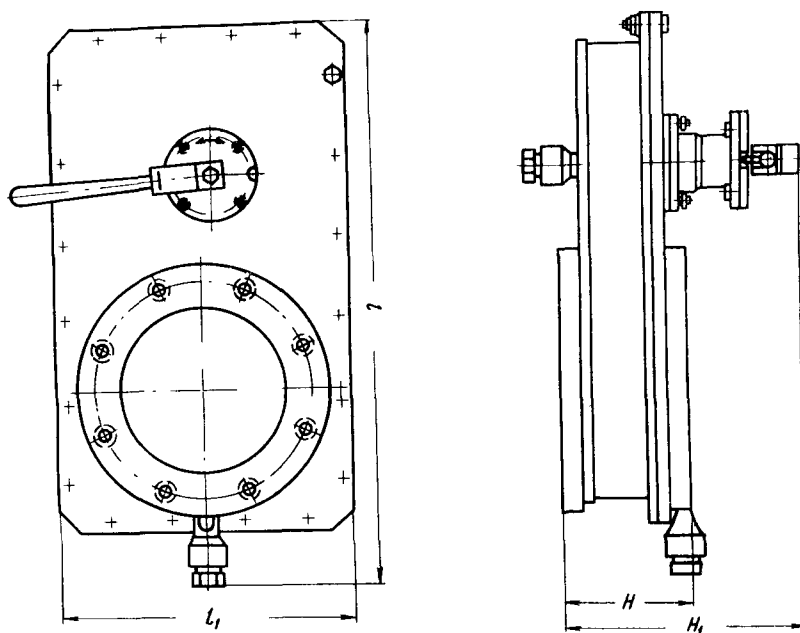
Габаритные размеры вентиля ЭП-2

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Dy, мм						
	25	32	50	80	100	160	260
Привод	от электромотора						
Гарантированное число открытий-закрытий	10000						
Время открытия (закры- тия), сек	5	8	15	15	15	6,5	10
Усилие на маховике при ручном закрытии, кгс	6	7	10	12	15	4	11
Потребляемая мощность, вт	22	22	50	80	80	180	180
Тип электродвигателя	СЛ- 322	СЛ- 322	АОЛ- 011-4	АОЛ- 012-4	АОЛ- 012-4	АОЛ- 12-4	АОЛ- 12-4
Напряжение, в	110	110	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Вес, кг	9,7	10,5	15	26,4	34	67	98
Габаритные размеры, мм:							
L	110	115	160	260	280	350	480
D	115	115	150	200	200	250	250
l	195	195	255	302	302	310	310
H	220	225	277	343	386	525	565

ЗАТВОРЫ К

Затворы состоят из корпуса, запирающего механизма и ручного привода. Привод изолирован от вакуумной полости при помощи манжетного уплотнения.



Габаритные размеры затвора К

Корпус выполнен в виде прямоугольной коробки. При открывании затвора клапанная тарелка и рычаги запирающего механизма полностью уходят в закрытую часть коробки (карман).

Затворы обеспечивают вакуумное герметичное уплотнение при атмосферном давлении с любой стороны тарелки.

Материалы: корпус — из стали 20; уплотнители — из маслостойкой вакуумной резины, сорт 9024.

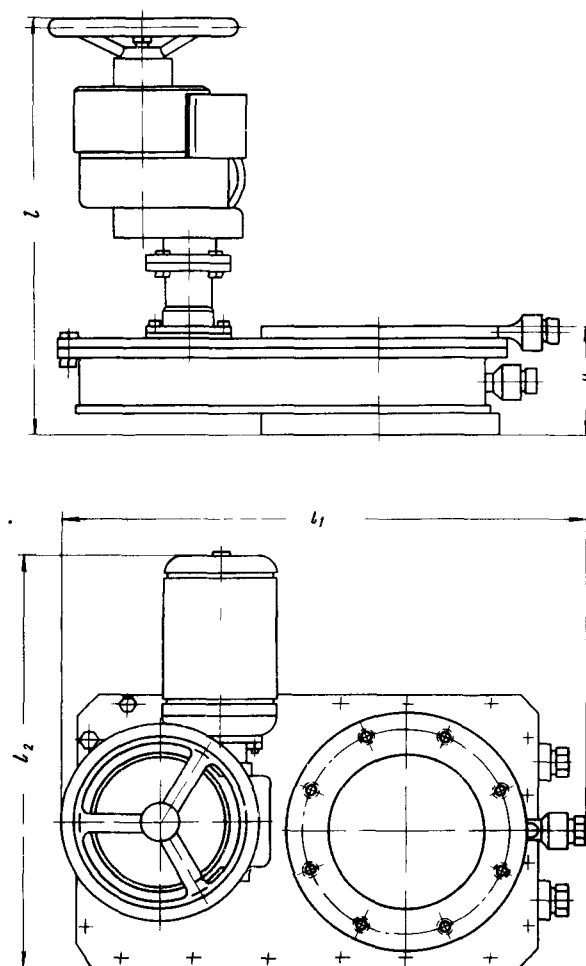
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Dy, мм	
	85	160
Усилие на маховике, кгс	7	15
Габаритные размеры, мм:		
Н	97	115
Н ₁	215	228
l	390	520
l ₁	225	280

ЗАТВОРЫ С ЭЛЕКТРОМОТОРНЫМ ПРИВОДОМ КЭ

Затворы предназначены для герметичного перекрытия вакуумных систем.

Затворы состоят из сварного корпуса, запирающего механизма и электромоторного привода. Корпус выполнен в виде прямоугольной коробки.



Габаритные размеры затвора КЭ

Привод изолирован от вакуумной полости затвора посредством манжетного уплотнения.

Затворы обеспечивают вакуумное герметичное уплотнение при атмосферном давлении с любой стороны заслонки.

Предусмотрено дублирование открытия и закрытия вручную. Рабочее положение затвора в системе любое.

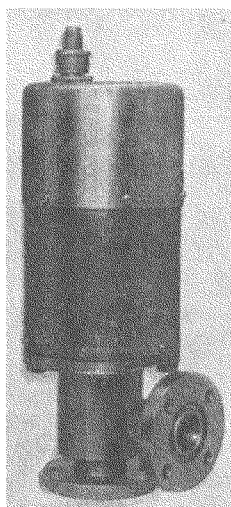
Материалы: корпус — из стали 20; уплотнители — из вакуумной резины, сорт 9024.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

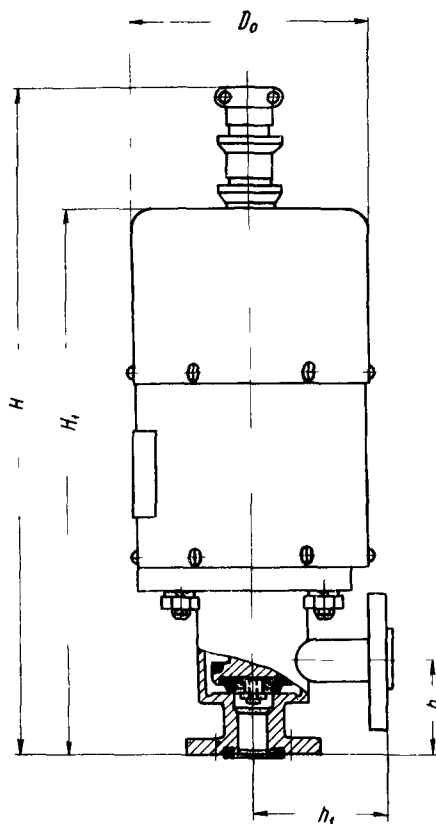
Наименование	Dy, мм			
	85	160	260	380
Время открытия (закрытия), сек	3	3	8	8
Усилие на маховике, кгс	4	7	10	20
Тип электродвигателя	АОЛ-012-4		АОЛ-012-4	
Мощность, квт	0,08		0,18	
Напряжение, в	220 380			
Габаритные размеры, мм:				
Н	97	115	140	155
l	423	436	510	515
l ₁	435	530	725	—
l ₂	400	430	530	558

КЛАПАНЫ МК С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ

Электромагнитные угловые клапаны МК предназначены для мгновенного автоматического герметичного перекрытия вакуумных систем с дистанционным управлением и могут применяться в различных областях вакуумной техники. Малое время закрытия делает возможным применение их в качестве аварийных запорных вентилей.



Клапан МК



Габаритные размеры клапана МК

Электромагнитный клапан состоит из корпуса, узла клапана и электромагнита. Корпус выполнен с двумя фланцами, взаимно расположенными под углом 90° . Открытие клапана основано на принципе втяжного реле. Закрытие осуществляется под действием возвратной пружины.

Все электромагнитные угловые клапаны представляют собой быстродействующие механизмы, которые в случае отключения электропитания автоматически запираются при помощи возвратной пружины.

Катушка электромагнита имеет две обмотки, что уменьшает как потребляемый ток при длительном включении, так и габариты катушки.

Клапан имеет указатели положения („открыто“ — „закрыто“).

Герметичное уплотнение обеспечивается при атмосферном давлении с любой стороны клапанной тарелки.

Материалы: корпус и сильфон — из нержавеющей стали X18H10T; уплотнители — из маслостойкой вакуумной резины, сорт 9024.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование	Dy, мм		
	10	20	50
Привод	электромагнитный		
Гарантированное число открытий-закрытий	10000		
Время открытия, сек	2		
Время закрытия, сек	0,1		
Напряжение обмотки электромагнита (постоянный ток), в	24		
Ток притяжения, а	7	8,5	11,0
Ток удержания, а	0,6	1,0	1,0
Вес, кг	3	4	16
Габаритные размеры, мм:			
Н	230	261	350
Н ₁	180	211	300
h	25	39	70
h ₁	45	60	90
D ₀	80	86	132

РАБОЧИЕ

ЖИДКОСТИ

ВАКУУМНЫХ

НАСОСОВ

В качестве рабочих жидкостей вакуумных насосов наиболее широко применяются нефтяные масла, синтетические органические и кремний-органические соединения *.

Основными параметрами, характеризующими качество и степень пригодности рабочих жидкостей, являются упругость пара, вязкость, термическая и термоокислительная стабильность.

В зависимости от конструкции и назначения насосов рабочие жидкости подразделяются на следующие группы:

- 1) рабочие жидкости для механических вакуумных насосов с масляным уплотнением;
- 2) рабочие жидкости для пароструйных бустерных насосов;
- 3) рабочие жидкости для пароструйных высоковакуумных насосов;
- 4) рабочие жидкости для сверхвысоковакуумных насосов, обеспечивающие получение предельного вакуума ниже чем 10^{-7} мм рт. ст. без применения низкотемпературных ловушек.

* Рабочие жидкости вакуумных насосов часто называют вакуумными маслами.

РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАСОСОВ С МАСЛЯНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ

Масло для механических насосов с масляным уплотнением должно отвечать следующим основным требованиям:

1) быть достаточно подвижным при температуре окружающей среды и в рабочих условиях насоса; наряду с этим иметь пологую зависимость вязкости от температуры;

2) иметь сравнительно низкую упругость пара и не содержать летучих компонентов с давлением пара, превышающим заданный предельный вакуум;

3) не поглощать откачиваемые газы и пары воды и не создавать эмульсий с водой;

4) не взаимодействовать с откачиваемыми газами и конструкционными материалами насоса;

5) обладать хорошей смазывающей способностью.

Масло ВМ-4, получаемое из машинного масла СУ (ГОСТ 1707-51), представляет собой остаток после удаления из сырья 13—15% головной фракции путем вакуумной разгонки и имеет сравнительно широкий фракционный состав. Высокой окислительной стабильностью и влагонепстойкостью масло ВМ-4 не отличается.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСЕЛ

Наименование	Масла	
	ВМ-4 (ГОСТ 7903-56)	ВМ-6 (РТУ РСФСР № НП-12-61)
Вязкость кинематическая, <i>сст</i> :		
при 20° С	370—385	165—215
при 50° С	47—57	30—40
при 100° С	8—11	6—8
Фракционный состав* (пределы температур дистилляции), °С		
начало	130	140—165
конец (90%)	245	не выше 190—210
Термоокислительная стабильность** (увеличение вязкости при 50° С), %	95—110	15—50
Влагостойкость*** (поглощение воды), %	0,60 0,80	0,20—0,30
Упругость пара при 20° С, <i>мм рт. ст</i>	$5 \cdot 10^{-6}$ — $1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-8}$ — $3 \cdot 10^{-7}$
Температура, при которой упругость пара равна $1 \cdot 10^{-2}$ <i>мм рт. ст.</i> , °С	95—110	105—130
Температура вспышки в открытом тигле, °С	206—230	220—230
Температура застывания, °С	—20	—15

* Определяется разгонкой масла в стандартной аппаратуре при остаточном давлении газов 0,1 *мм рт. ст.* с постоянной скоростью дистилляции, равной 30 ± 2 капли в минуту.

** 200 *мл* масла прогревают при 200° С в течение 5 ч, пропуская через слой масла воздух со скоростью 1 *л мин.*

*** К 100 *мл* масла (20° С) при непрерывном перемешивании в течение 40 *мин* медленно подается 75 *мл* воды. Вода определяется гидридным методом в масле, отделенном от воды после отстаивания смеси в течение 30 *мин.*

Масло ВМ-6 — нефтяное дистиллятное масло. Представляет собой узкую фракцию, получаемую путем разгонки сырья на высоковакуумной дистилляционной установке. Наиболее пригодным сырьем для получения масла ВМ-6 является машинное масло С.

По сравнению с маслом ВМ-4 масло ВМ-6 обладает более узким фракционным составом, повышенной в 3—4 раза окислительной стабильностью и влагостойкостью, а также меньшей зависимостью вязкости от температуры. При использовании масла ВМ-6 вместо ВМ-4 пусковая мощность электродвигателя насоса уменьшается примерно на 30%, а мощность, потребляемая двигателем при остаточном давлении, снижается на 10%.

РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ БУСТЕРНЫХ НАСОСОВ

Основными требованиями, предъявляемыми к рабочим жидкостям для бустерных насосов, являются:

1) высокая упругость пара при рабочей температуре в кипятыльнике;

2) возможно более узкий фракционный состав;

3) высокая термическая и термоокислительная стабильность. Термическое и термоокислительное разложение масла приводит к изменению его фракционного состава и, следовательно, к изменению характеристик насоса;

4) сравнительно низкая упругость пара при комнатной температуре.

Масло „Г“ представляет собой продукт дистилляции медицинского вазелинового масла. Будучи высокоочищенным, не содержит природных стабилизирующих агентов, поэтому обладает низкой термоокислительной стабильностью. При окислении масло темнеет, увеличивает свою вязкость, на внутренних деталях насоса дает смолистые, трудно удаляемые осадки. В связи с этим срок службы масла в насосах большой производительности невелик.

Масло ВМ-3 получается из масел кавказских и восточных нефтей путем выделения узкой фракции при разгонке сырья в высоковакуумной дистилляционной аппаратуре. По сравнению с маслом „Г“ обладает повышенной термоокислительной стабильностью, более узким фракционным составом и лучшими эксплуатационными характеристиками. При работе насоса на масле ВМ-3 обеспечиваются требуемые характеристики при уменьшенной на 15% мощности электронагревателя, температура масла ВМ-3 в кипятыльнике насоса ниже, чем температура масла „Г“, на 30° С, что обуславливает более длительный срок службы масла.

Масло ВМ-3 обладает повышенной упругостью пара по сравнению с маслом „Г“ и не рекомендуется для насосов БН-3, работающих в режиме сильного перегрева кипятыльника.

Масло ПФМС-1 представляет собой узкую фракцию кремнийорганического соединения — полифенилметилсилоксана, получаемого синтетическим путем. Обладает весьма высокой термоокислительной стойкостью. В связи с этим срок его службы практически не ограничивает срок эксплуатации насоса при безаварийной работе.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСЕЛ

Наименование	Масла		
	Г* (ГОСТ 9184-59)	ВМ-3 (РТУ РСФСР № НН 11-61)	ПФМС-1 (ТУ ГХК ЕУ-246-62)
Вязкость кинематическая при 50° С, <i>сст</i>	12,5—15,3	7—10	3,6—4,6
Упругость пара при 20° С, <i>мм рт. ст.</i>	$5 \cdot 10^{-5}$ — $1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$ — $1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$ — $7 \cdot 10^{-5}$
Температура, при которой упругость пара равна $1 \cdot 10^{-2}$ <i>мм рт. ст.</i> , °С	70—90	70—80	65—75
Теплота парообразования, <i>ккал моль</i>	24	27	27
Молекулярный вес, <i>г/моль</i>	350	—	700
Удельный вес, <i>г см³</i>	0,85	0,85	1,0

РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ВЫСОКОВАКУУМНЫХ И СВЕРХВЫСОКОВАКУУМНЫХ НАСОСОВ

Характеристики высоковакуумных пароструйных насосов существенно зависят от свойств рабочей жидкости.

Основными требованиями, предъявляемыми к рабочим жидкостям для высоковакуумных насосов, являются:

1) низкая упругость пара при комнатной температуре. Повышенная упругость пара масла может вызвать ухудшение предельного вакуума в откачиваемом объеме;

2) высокая упругость пара при рабочей температуре в кипятильнике, способствующая повышению наибольшего выпускного давления насоса благодаря увеличенной плотности паровой струи;

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ВЫСОКОВАКУУМНЫХ ПАРОСТРУЙНЫХ НАСОСОВ

Наименование рабочей жидкости	Упругость пара при 20° С, мм рт. ст.	Температура, при которой упругость пара равна $1 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст., ° С	Кинематическая вязкость при 50° С, сст	Предельный вакуум насоса, мм рт. ст.	Удельный вес при 20° С, г/см ³	Молекулярный вес, г/моль	Теплота парообразования, ккал/моль
ВМ-1 (ГОСТ 7904-56)	$4 \cdot 10^{-8} - 2 \cdot 10^{-9}$	140—150	65—69	$2 \cdot 10^{-6}$ *	0,87	450	27,4
ВМ-2 (ГОСТ 7904-56)	$4 \cdot 10^{-8} - 2 \cdot 10^{-9}$	140—150	65—69	$2,5 \cdot 10^{-6} - 3,5 \cdot 10^{-6}$ *	0,87	450	27,4
ВМ-5 (ТУ МЗ 43-65)	$1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-10}$	135—155	68—74	$1 \cdot 10^{-8}$ **	0,87	450	—
ВМ-7 (ВТУ МЗ-17-62)	не выше $3 \cdot 10^{-8}$	140—150	80—95	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—	—
ВКЖ-94А (ТУ МХП ЕУ-62-57)	не выше $5 \cdot 10^{-8}$	120—160	16—33	$2 \cdot 10^{-6}$	0,97	700	28,4
ВКЖ-94Б (ТУ МХП ЕУ-62-57)	$1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-6}$	100—165	16—33	$3 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$	0,97	700	—
ПФМС-2 (ТУ ГХК ЕУ-246-62)	$5 \cdot 10^{-9} - 7 \cdot 10^{-7}$	95—100	8,0—13,0	$2 \cdot 10^{-6}$	1,05 1,07	700	29,7
Продукт „ОФ“ (ТУ 1732-48)	$1 \cdot 10^{-7}$	120—122	—	$5 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-6}$	0,98	390	—
Продукт „ОС“ (ТУ 1732-48)	не выше $2 \cdot 10^{-8}$	141—143	8,5	$1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-6}$ *	0,91	4,6	—

* В насосе ЦВЛ-100.

** С металлическими уплотнениями в системе.

*** В стеклянном насосе СДН-1.

3) узкий фракционный состав. Неоднородность состава жидкости может привести к проникновению в откачиваемый объем легколетучих примесей и тем самым к повышению остаточного давления в откачиваемом объеме, к изменению характеристик насоса;

4) термическая стабильность при рабочей температуре в кипятильнике насоса. При термическом разложении рабочей жидкости в кипятильнике насоса могут ухудшаться вакуумные характеристики насоса;

5) термоокислительная стабильность. Это требование особенно важно в тех случаях, когда в насос поступает воздух при атмосферном или несколько пониженном давлении;

6) подвижность при температуре стенки насоса, обеспечивающая стекание конденсата в кипятильник. При повышенной вязкости рабочей жидкости может нарушаться циркуляция рабочей жидкости в насосе;

7) малая способность к газопоглощению. Способность рабочей жидкости растворять в себе газы приводит к ухудшению предельного вакуума в откачиваемом объеме.

Рабочими жидкостями для высоковакуумных насосов являются минеральные масла, эфирные рабочие жидкости и кремнийорганические жидкости.

Минеральные масла получают путем вакуумной дистилляции нефтяных продуктов. Это неоднородные по составу жидкости, состоящие из смеси углеводородов различного химического состава и молекулярного веса со средней упругостью пара $10^{-8} \div 10^{-9}$ мм рт. ст.

Масла ВМ-1 и ВМ-2 представляют собой дистилляты медицинского вазелинового масла, получаемые путем однократной высоковакуумной дистилляции сырья.

Масло ВМ-2 отличается от масла ВМ-1 недостаточно полной очисткой от термически нестойких примесей. Предельный вакуум, достигаемый при работе насоса на этом масле, несколько хуже, чем на масле ВМ-1.

Масло ВМ-5 представляет собой сверхвысоковакуумную рабочую жидкость. Получают его путем двукратной разгонки медицинского вазелинового масла, благодаря чему оно по сравнению с маслом ВМ-1 обладает более однородным фракционным составом и повышенной термической стойкостью. При работе насоса на нем в системах с металлическими уплотнителями (прокладками) после прогрева высоковакуумной части достигается предельный вакуум 10^{-8} мм рт. ст. (без вымораживающих ловушек); с маслами ВМ-1 и ВМ-2 в аналогичных условиях получают предельный вакуум 10^{-7} мм рт. ст. Время достижения предельного вакуума с маслом ВМ-5 в 1,5—2 раза меньше, чем с маслом ВМ-1.

Масло ВМ-7 изготавливается из турбинного масла 46 (ГОСТ 32—53) путем высоковакуумной дистилляции сырья. По сравнению с маслами ВМ-1, ВМ-2 и ВМ-5 оно обладает повышенной окислительной стабильностью и изготавливается из более дешевого сырья.

Эфирные рабочие жидкости — продукт „ОФ“ и продукт „ОС“ — являются продуктами синтеза изооктилового спирта и соответственно фталевой и себадиновой кислот. Эти вещества отличаются от других рабочих жидкостей однородным составом. Однако сравнительно низкая термическая стойкость и склонность к омылению в контакте с парами воды с последующим разрушением продуктов омыления ограничивают широкое применение в насосах этих рабочих жидкостей.

Кремнийорганические жидкости — соединения, молекулы которых состоят из чередующихся атомов кремния и кислорода с присоединенными углеводородными радикалами по свободным связям кремния.

Даже после длительной работы в насосах при периодическом попадании атмосферного воздуха кремнийорганические жидкости не образуют смолистых налетов на внутренних деталях насосов.

Масла ВКЖ-94А и ВКЖ-94Б представляют собой узкие фракции полиэтилсилоксановой жидкости, получаемые путем высоковакуумной дистилляции продукта синтеза.

Масла ВКЖ-94А и ВКЖ-94Б обладают высокой воздухостойкостью. Так, работая в насосах, установленных на автоматах откачки в условиях периодической (через каждые 2—3 мин) прокачки атмосферы через насос в течение 30—40 сек, масло ВКЖ-94 не требует замены в течение 1500—2000 ч.

Масло ПФМС-2 — узкая фракция полифенилметилсилоксановой жидкости, получаемая путем высоковакуумной дистилляции продукта синтеза. Обладает еще более высокой термоокислительной стойкостью, чем ВКЖ-94. Пропускание через слой масла атмосферного воздуха со скоростью 5 л/час в течение 10 ч при температуре масла 250°С не вызывает сколько-нибудь заметного изменения свойств масла.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение	3
2	МЕХАНИЧЕСКИЕ НАСОСЫ И АГРЕГАТЫ	
2 1	Механические насосы с масляным уплотнением	8
2 1 01	Механические насосы с масляным уплотнением пластинчато- роторные и пластинчато-статорные	10
2 1 01/1	Насосы малой производительности	10
2 1 01/2	Насос ВН 0,1	12
2 1 01/3	Газобалластные насосы малой производительности	13
2 1 02	Механические насосы с масляным уплотнением плунжерные	17
2 1 02/1	Насосы ВН средней и большой производительности	17
2 1 02/2	Насосы ВН средней производительности	20
2 1 02/3	Насосы ВН большой производительности	22
2 2	Двухроторные механические насосы	24
2 2 01/1	Насосы ДВН малой и средней производительности	25
2 2 01/2	Насосы ДВН большой производительности	28
2 3	Механические вакуумные агрегаты	31
2 3 01/1	Агрегаты АВМ	31
2 4	Сверхвысоковакуумные турбомолекулярные насосы и агрегаты	33
2 4 01/1	Насосы ТВН 200 и ТМН 200	33
2 4 01/2	Агрегат ТВА 200	35
3	СТРУЙНЫЕ НАСОСЫ И АГРЕГАТЫ	
3 1	Пароструйные насосы	39
3 1 01	Эжекторные насосы	41
3 1 02	Бустерные насосы	50
3 2	Высоковакуумные насосы	54
3 2 01	Паротурбинные насосы	55
3 2 02	Паромасляные насосы	60
3 3	Высоковакуумные пароструйные агрегаты	67
3 3 01	Паротурбинные агрегаты	67
3 3 02	Паромасляные агрегаты	72
4	СОСОРЦИОННЫЕ НАСОСЫ И АГРЕГАТЫ	
4 1	Цеолитовые насосы и агрегаты	80
4 1 01	Агрегат АВТО 20М	84
4 2	Магнитоэлектрические насосы и агрегаты	87
4 2 01	Насосы НЭМ 30 2, НЭМ 100 2, НЭМ 300 1	89
4 2 02	Насос НЭМ-10 1В	93
4 2 03	Насосы НЭМ 1Т 1, НЭМ 2,5Т-1 и НЭМ-7Т-1	95
4 2 04	Агрегаты ЭРА	97
4 2 05	Насосы НОРД	99
4 2 06	Насос ГРИОН 150	102
4 2 07	Насос МаРТ	104
4 3	Насосы ГИН	106
4 3 01	Насос ГИН 0005Р	110
4 4	Агрегат АВГИ 5-3	112
4 5	Электроннолучевой испаритель	115

5	ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ВАКУУМА	
5 1	Измерители общих давлений	120
5 1 01	Вакуумметр ВР 4	120
5 1 02	Вакуумметр ВТ 2А	122
5 1 03	Вакуумметр ВТ 3	124
5 1 04	Вакуумметр ВСБ 1	125
5 1 05	Вакуумметры ВИТ 1А и ВИТ 2	126
5 1 06	Вакуумметр ВМБ 3А	129
5 1 07	Вакуумметр ВМБ 4 ВМБ 5 и ВМ 5	131
5 1 08	Вакуумметр ВИМС 1 3	133
5 1 09	Вакуумметр ВИ 12	135
5 1 10	Вакуумметр ВИМ 2	137
5 1 11	Присоединение манометрических преобразователей к вакуумным системам	138
5 2	Измерители парциальных давлений	141
5 2 01	Измеритель ИПДО 1	142
5 2 02	Масс спектрометр МСХ 3А	145
5 2 03	Электрический фильтр масс	147
5 2 04	Измеритель АПДП 2	150
6	ТЕЧЕИСКАТЕЛИ	
6 1 01	Теченскатель ИО 60 010	156
6 2	Газондные теченскатели	158
6 2 01	Теченскатель ГТИ 3	159
6 2 02	Теченскатель ВАГТИ 4	161
6 2 03	Теченскатель БГТИ 5	163
6 3	Масс спектрометрические теченскатели	165
6 3 01	Теченскатели ПТИ 6 и ПТИ 7	166
6 4	Альтиметы контроля герметичности	168
6 4 01	Автомат АКІМ 1	169
6 4 02	Автомат АКГМ 3	171
7	ЭЛЕМЕНТЫ ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
7 1	Вакуумная арматура	175
7 1 01	Вентили РП	175
7 1 02	Вентили ЭР IV	177
7 1 03	Вентили ЭРС	179
7 1 04	Дроссельный вентиль	180
7 1 05	Вентили с электромоторным приводом ЭП 2	181
7 1 06	Затворы К	183
7 1 07	Затворы с электромоторным приводом КЭ	184
7 1 08	Клапаны МК с электромагнитным приводом	186
8	РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ	
8 1	Рабочие жидкости для механических насосов с масляным уплотнением	192
8 2	Рабочие жидкости для бустерных насосов	194
8 3	Рабочие жидкости для высоковакуумных и сверхвысоковакуумных насосов	196

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
9	6-я снизу	паров и воды.	паров воды.
11	5-я колонка таблицы, 10-я снизу	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
30	5-я колонка таблицы, 4-я снизу	1929	1925
	То же, 2-я снизу	890	850
31	Подпись под рисунком	АВМ-51-1	АВМ-50-1
34	4-я сверху	$5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-8}$
53	2-я колонка таблицы, 11-я снизу	0,3—0,5	0,3
	3-я колонка таблицы, 11-я снизу	2,0—2,5	2,0
59	2-я колонка слева, 6-я снизу	3,8 *	38 *
	3-я колонка, 7-я снизу	3,1	3,7
74	1-я колонка таблицы, 2-я снизу	быстрота вспомогательного	быстрота откачки вспомогательного
	2-я колонка таблицы, 8-я снизу	47	49
88	7-я снизу	$1 \cdot 10^{-5}$	$> 1 \cdot 10^{-5}$
105	6-я снизу	21	20
	5-я снизу	БПН-МаРТ	БП-МаРТ
107	7-я снизу	кери, который	кери которой
155	3-я сверху	для определения оценки	для оценки
169	5-я снизу	ПТИ-6	ПТИ-7
180	7-я сверху	высоковакуумных	вакуумных