

Fizika fakulteti
“Kasb ta’limi (elektronika va mikroelektronika)”
yo’nalishi
“Qattiq jismlar fizikasi” kafedrası
Getter – ionli nasos yordamida yuqori vakuum hosil qilishni
o’rganish
Malakaviy bitiruv ishi
Bajaruvchi: O’rinboyev Nodirbek Shokirovich
Ilmiy rahbar: dots. T.U.Toshboyev
Samarqand – 2013

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI**

**ALISHER NAVOIY NOMIDAGI SAMARQAND
DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA FAKULTETI**

**KASB TA'LIMI (ELEKTRONIKA VA MIKROELEKTRONIKA)
YO'NALISHI
QATTIQ JISMLAR FIZIKASI KAFEDRASI**

**GETTER – IONLI NASOS YORDAMIDA YUQORI VAKUUM HOSIL
QILISHNI O'RGANISH
MALAKAVIY BITIRUV ISHI**

Bajaruvchi: O'rinboyev Nodirbek
Ilmiy rahbar: dots. T.U.Toshboyev

Malakaviy bitiruv ishi Qattiq jismlar fizikasi kafedrasida bajarildi.
Kafedraning 2013 yil 17 iyun majlisida muhokama qilindi va himoyaga tavsiya etildi
(bayonnoma № 10/13).

Kafedra mudiri: dots. S.Q. Axrorov
Malakaviy bitiruv ishi YaDAKning 2013 yil „____“ _____dagi majlisida
himoya qilindi va ____ballga baholandi (bayonnoma № ____).

YaDAK raisi:
A'zolari:

Samarqand – 2013

MUNDARIJA

Kirish	5
I BOB. Vakuum haqida tushuncha	6
1.1. Gazlarning truboprovoddan oqishi.....	8
1.2. Vakuum nasoslarining tasnifi va ularning asosiy ko'rsatkichlari.....	10
1.3. Vakuum hosil qilish. nasoslar.....	12
1.4. Bug' oqimli nasoslarining asosiy parametrlari.....	20
1.5. Bug' oqimli yuqori vakuum nasoslari.....	22
1.6. Adsorbsion nasoslar.....	24
1.7. Titanni termik bug'lantiruvchi nasoslar.....	26
1.8. Elektrozaryadli magnitli nasoslar.....	27
1.9. Kondensasion (kriogen) nasoslar.....	29
II BOB. Nasoslarning ishlash prinsipi va turlari.	
2.1. Diffuzion nasoslar konstruksiyasi, ishlash prinsipi, asosiy xarakteristikalar...32	32
2.2. Ion-sorbsion nasoslar, ishlash prinsip iva asosiy parametrlari.....	36
2.3. Magnitorazryad nasoslar konstruksiyasi asosiy parametrlari va ishlash prinsipi.....	39
2.4. Vakuumni o'lchash monometrlar.....	44

2.5. Sovitiluvchi shisha tutqich.....	49
---------------------------------------	----

III – BOB. Tadqiqot natijalari

3.1. Vakuum qurilmasi va vakuum olish.....	51
3.2. Yuqori vakuum olish.....	52
3.3. Orbitron – getter – ionli nasosning tuzilishi.....	53
3.4. Nasoslarni ishga tayyorlash va ularda tajribalar o'tkazish.....	56
Asosiy xulosalar.....	60
Foydalanilgan adabiyotlar.....	61

KIRISH

Hayot turmushimizni vakuum texnikasisiz tasavvur qilish qiyin. Vakuum – past, o'rta, yuqori va o'ta yuqori bo'lishi mumkin. Yuqori vakuum fanda, yangi texnikada keyingi yillari esa ishlab chiqarishda ham katta ahamiyatga ega bo'lmoqda. Misol uchun fanning quyidagi sohalari: qattiq jism fizikasi, kosmik fazolarni o'zlashtirish va tez rivojlanayotgan nanoelektronika yo'nalishini vakuum texnikasisiz tasavvur etish qiyin. Keyingi paytlarda o'ta yuqori vakuum $10^{-9} \div 10^{-11}$ Torr bosimli vakuum hosil qiladigan nasoslar olish o'ta mushkul bo'lmoqda. Shu sababli ushbu malakaviy bitiruv ishi laboratoriya sharoitida o'ta yuqori vakuum olish bo'lgan shishali orbitron getter – ionli nasosni o'rganish va uning metodik qo'llanmasini o'zbek tilida yaratishdan iborat bo'ladi. I – bobda vakuum hosil qilish va o'lchashga bag'ishlanadi. Unda talabalar, magistrLAR va ilmiy tadqiqotchilar nasoslarning barcha turlari va ularning parametrlari bilan tanishish bilan birga, vakuumni o'lchash termoparali LT-2 va ionizasion LM-2 ionametrLari bilan tanishadi. Keyin esa orbitron getter – ionli nasoslar, ularning ishlash prinsiplari bilan tanishadi. Bu malakaviy bitiruv ishida shishali orbitron getter-ionli nasosning ishlash prinsipi, afzalliklari, ayniqsa ish bajarish tartibi to'liq bayon etiladi. Bu laboratoriya qurilmasi juda soddaligi bilan ajralib turadi. Bunda talabalar eng zamonaviy qurilma bilan

tanishadilar, hamda o'zlari eng yuqori vakuum olish (10^{-1} Torr) to'g'risida to'liq tassavurga ega bo'ladilar bo'ladilar, hamda bu qurilma tajriba sifatida ham ko'rgazmali qurol vazifasini bajaradi.

I – BOB. VAKUUM HAQIDA TUSHUNCHA

Vakuum – deganda biror bir chegaralangan xajmdagi qoldiq gazlar bosimi, atmosfera bosimidan bir necha marotaba kichik bo'lgan, ya'ni siyraklashtirilgan gaz aytiladi. Vakuum laboratoriyalarda siyraklashgan gazlarning truboprovod orqali oqimi va ularning ko'chish hodisasi, hamda gazlarning ionlashgan jarayonlari o'rganiladi. Vakuum sistemasidagi qoldiq gazlar bosimining asosiy birliklari Pa(Paskal), Torr yoki mm.sim.ust., atm. bar va hakoza. Ular o'rtasidagi bog'lanish 1-jadvalda ko'rsatilgan.

1 – jadval. Bosim birliklarining o'zaro bog'lanishi.

Bosim birliklari	Pa= N/m ²	Torr=mm.sim .ust.	Din/sm ² = mk bar	Bar	Atm
Pa= N/m ²	1	$750 \cdot 10^{-5}$	10	10^{-5}	$0,987 \cdot 10^{-5}$
Torr= mm.sim.ust.	$1,333 \cdot 10^2$	1	$1,333 \cdot 10^3$	$1,333 \cdot 10^{-6}$	$1,316 \cdot 10^{-2}$
Din/sm ² =mk bar	10^{-1}	$750 \cdot 10^{-6}$	1	10^{-6}	$0,987 \cdot 10^{-6}$
Bar	10^5	750	10^6	1	0,987

Atm	$1,013 \cdot 10^5$	760	$1,013 \cdot 10^6$	1,013	1
-----	--------------------	-----	--------------------	-------	---

Torr va mkbar birliklar sistemasiga kirmaydi, lekin vakuum texnikasida juda ko'p qo'llaniladi.

1 Torr = 133 Pa = $1,33 \cdot 10^3$ mkbar, shartli ravishda, vakuumni quyidagilarga bo'lish mumkin: past, o'rta, yuqori va o'ta yuqori. Vakuum darajasini havosi so'rib olinayotgan ishchi xajmning chiziqli o'lchami d bilan gaz molekulalarining erkin yugurish yo'li λ lar orasidagi munosabatni xarakterlaydi. Vakuum darajasining qoldiq gazlar bosimi birliklari bilan bog'lanishi 2-jadvalda ko'rsatilgan.

2 – jadval. Vakuum darajasining gaz bosimi birliklari bilan bog'lanishi.

Bosim chegaralari	Vakuumning darajasi va λ , d larning bog'lanishi			
	$\lambda \ll d$	$\lambda = d$	$\lambda \geq d$	$\lambda \gg d$
Pa= N/m ²	>100	$100 - 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-5}$	$<10^{-5}$
Torr= mm.sim.ust.	>1	$1 - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-7}$	$<10^{-7}$

Gaz molekulalarining erkin yugurish yo'li λ gaz bosimiga teskari proporsional, ya'ni

$$\lambda = \frac{1}{P}$$

Bu bog'lanish esa 3 - jadvalda ko'rsatilgan.

3-jadval. Molekulalar erkin yugurish yo'lining gaz bosimi P ga bog'liqligi.

P, Pa	1,0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
λ , m	10^{-3}	$7 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-1}$	7	$7 \cdot 10^1$

3.5. GAZLARNING TRUBOPROVODDAN OQISHI

Vakuum sistemasining hamma elementlari bir-biri bilan truboprovodlar orqali bog'langan. Bu oddiy uzunligi va diametri har xil bo'lgan, silindr shaklidagi trubalardir. Eng muhimi truboprovod o'lchamlarining gaz oqimiga ta'sirini bilish kerak. Biror keltirilgan $P(T=\text{const})$ bosimidagi V xajmda gazlarning soni Q bo'lsin, u holda $Q = PV$ uning o'lchami $[Q] = Pa \cdot m^3$. Gaz oqimi J deb, vaqt birligi ichida

truboprovod kesim yuzasidan oqib o'tgan gazlar soniga aytiladi. Ya'ni $J = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ ga teng. Eng yaxshisi truboprovod o'tkazuvchanligi uchun L – kattalik kiritilgan, bu kattalik gaz oqimining truboprovod boshi va oxiridagi bosimlarining ayirmasiga nisbatiga tengdir, ya'ni

$$L = \frac{J}{P_1 - P_2}$$

Uning o'lchamligi $[L] = \frac{1}{s}$ yoki $\frac{m^3}{s}$. Umumiy holda truboprovod o'tkazuvchanligi faqat truboprovod o'lchamlari d va L ga emas, balki gaz bosimi P ga ham bog'liq. L kattalikni silindrlı truboprovod uchun quyidagi ikki holda hisoblash oson: $\lambda \gg d$ – molekulyar oqim (yuqori vakuum) va $\lambda \ll d$ – yopishqoqlik oqim (past vakuum). 1- hol uchun Knudsen qonuniga asosan gazlar oqimi quyidagi munosabat bilan ifodalanadi.

$$J_2 = \frac{1}{6} \frac{d^2}{l} \sqrt{\frac{2\pi RT}{\mu}} (P_1 - P_2) \quad (1)$$

O'tkazuvchanlik esa bosimga bog'liq bo'lmaydi:

$$L_1 = \frac{10^{-6}}{3} \frac{d^2}{l} \sqrt{\frac{2\pi RT}{\mu}} \quad (2)$$

Past vakuumda, Puazeyl formulasiga asosan, gazlar oqimi quyidagiga teng:

$$J_2 = \frac{3,28 \cdot 10^{-2}}{\eta} \frac{(P_1 - P_2)}{2} \frac{d^4}{l} (P_1 - P_2) \quad (3)$$

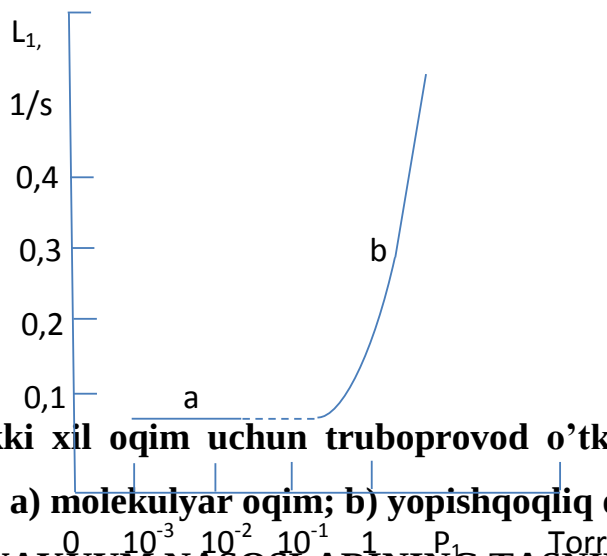
Bu yerda η - gazning yopishqoqlik koeffitsiyenti, l – truboprovod uzunligi, d - truboprovod diametri. Past vakuum uchun, truboprovod o'tkazuvchanligi esa quyidagiga teng,

$$L_2 = \frac{3,28 \cdot 10^{-2}}{\eta} \frac{(P_1 + P_2)}{2} \frac{d^4}{l} \quad (4)$$

T=293 K temperaturada (1) va (4) formulalarga asosan azot uchun truboprovod o'tkazuvchanligi quyidagilarga teng:

$$L_1 = 12,1 \frac{d^3}{l}, L_2 = 182 \frac{d^3 (P_1 + P_2)}{l} \quad (5)$$

Bu yerda $[d, l] = sm$, $[P] = Torr$, $[l] = \frac{l}{s}$ larda (5) formulaga asosan, silindrik truboprovodning o'lchamlari $d = 0,24 sm$ va $l = 10 sm$ bo'lganida gaz oqimi hisoblangan. Natija esa 1- rasmida grafik shaklda keltirilgan.



1-rasm. Ikki xil oqim uchun truboprovod o'tkazuvchanligining gaz bosimiga bog'liqligi. a) molekulyar oqim; b) yopishqoqliq oqim

1.2 VAKUUM NASOSLARINING TASNIFI VA ULARNING ASOSIY KO'RSATKICHLARI

Ishlash tarziga ko'ra vakuum nasoslarini quyidagicha tasniflash mumkin.

1. Ishchi kameraning hajmi davriy o'zgarishi evaziga so'rib olish jarayoni amalga oshadigan, hajmiy harakatlanuvchi nasoslar (aylanma nasoslar, porshenli nasoslar).
2. Ishchi suyuqlik yoki bug' oqimi gazni egallab olishi evaziga so'rib olish jarayoni amalga oshadigan ejektorli nasoslar (suv oqimli nasoslar, bug' ejektorli nasoslar).
3. Gaz molekulalariga ma'lum yo'nalish bo'yicha qo'shimcha tezlik uzatilishi hisobiga so'rib olish jarayoni amalga oshadigan nasoslar. Bu tur nasoslar oqimli va molekulyar nasoslarga ajratiladi. Oqimli nasoslarda so'rib olinayotgan gaz molekulalariga yo'naltirilgan qo'shimcha tezlik uzliksiz otilib chiqayotgan bug' yoki gaz oqimi bilan uzatilsa, molekulyar nasoslarda

gaz molekulalariga qo'shimcha tezlik harakatlanayotgan qattiq jism sirti orqali uzatiladi.

4. Ionlashgan gazning elektr maydondagi harakati evaziga so'rib olish jarayoni amalga oshadigan ion nasoslari.
5. Bir qator materiallarning gaz va bug'larni yutish qobiliyatiga egaligi evaziga so'rib olish jarayoni amalga oshadigan nasoslar (getterli nasoslar, sorbsion nasoslar, ba'zida ularni adsorbsion nasoslar deb ham atashadi).
6. Past haroratlarda so'rib olinayotgan gaz va bug'larning kondensasiyalanishi hisobiga so'rib olish jarayoni amalga oshiradigan kriogen nasoslar.

Biron bir maqsad uchun vakuum nasosi tanlanganda, odatda quyidagi asosiy ko'rsatkichlar hisobga olinadi: boshlang'ich bosim, maksimal chiqarib yuborish bosimi, chegaraviy bosim, so'rib olish tezligi, unumdorlik, vakuum-faktor.

Boshlang'ich bosim P_{bosh} -nasos ishlay boshlaydigan bosim bo'lib, bu ko'rsatkich bo'yicha barcha nasoslarni ikkita katta guruhga ajratish mumkin.

a) atmosfera bosimli hajmdan bug' va gazlarni so'rib oluvchi nasoslar. Ularga mexanik, bug' ejektorli, suv oqimli, sorbsion va ularga o'xshash nasoslar kiradi.

b) Ishlashi uchun butun vakuum tizilmasida, gazning dastlabki siyraklantirilishini talab qiladigan nasoslar, bular bug' oqimli, molekulyar va boshqa nasoslardir. Odatda bu nasoslar uchun dastlabki siyraklashtirish, boshlang'ich bosimi atmosfera bosimiga teng bo'lgan birinchi guruh nasoslari bilan yaratiladi.

Maksimal chiqarib yuborish bosimi P_{max} -nasosning chiqarib yuborish tomonidagi bosim bo'lib, undan katta bosimda nasos o'z ishini to'xtatadi. Mexanik nasoslar uchun, bu bosim atmosfera bosimidan bir oz yuqori, bug' oqimli nasoslar uchun esa, u taxminan nasos ishlay boshlaydigan boshlang'ich bosimga teng.

Chegaraviy (qoldiq) bosim P_{qol} -nasosning kirishi berk bo'lganda, nasos erishadigan bosim.

So'rib olish tezligi S_n -ma'lum kirish bosimida, birlik vaqtda, nasosning kirish kesimidan o'tayotgan gaz hajmi bilan aniqlanadi. U doimiy kattalik emas va odatda kirish bosimi pasayishi bilan kamayadi. Ammo, ma'lum bosimlar oralig'ida

o'zgarmay qolishi mumkin. Nasosning so'rib olish tezligi kam o'zgaradigan bosimlar oralig'i qanchalik katta bo'lsa, nasosning sifati shunchalik yaxshi hisoblanadi. Nasos chegaraviy bosimga erishganda, so'rib olish tezligi nolga teng bo'ladi.

Nasosning unumdorligi Q_n - ma'lum kirish bosimida, birlik vaqtda nasos orqali chiqarib yuborilayotgan, PV-birlikdagi gaz miqdori bilan aniqlanadi. Nasosning unumdorligi ham, xuddi so'rib olish tezligi kabi, kirish bosimiga bog'liq va chegaraviy bosimga erishilganda nolga teng. Nasosning unumdorligi va so'rib olish tezligi quyidagi munosabat bilan bog'langan.

$$S_N = \frac{Q_N}{P_N} \quad (1.1)$$

Bu yerda P_N -nasosning kirishidagi bosim.

Vakuum-faktor X_0 -nasosni amaldagi so'rib olish tezligining S_n , mumkin bo'lgan maksimal nazariy so'rib olish tezligiga S_{naz} nisbati bilan aniqlanadi.

$$X_0 = \frac{S_N}{S_{naz}} \quad (1.2)$$

X_0 ko'effitsiyent, nasosning amaldagi so'rib olish tezligi chegaraviy nazariy qiymatidan qancha farq qilishini baholashga imkon beradi.

Bundan tashqari nasoslar tanlanganda, bir qator iqtisodiy omillar- elektroenergiya sarfi, suv yoki bug' sarfi, xladagent sarfi va shu kabilar ham hisobga olinishi lozim.

1.3. VAKUUM HOSIL QILISH. NASOSLAR.

Zamonaviy vakuum texnikasida so'rish jarayonining harakat prinsipi har xil va turli tuman konstruksiyali nasoslar qo'llaniladi. Nasoslar asosan ikkita asosiy parametrlar bilan xarakterlanadi: so'rish tezligi va hosil qilayotgan vakuumning chegarasi.

Nasosning so'rish tezligi deb, so'rilayotgan gaz oqimining shu oqimning nasosga kirishdagi hosil qilgan bosim P_k ga nisbatiga aytiladi.

$$S = \frac{J}{P_k} \quad (6)$$

So'rish tezligi kirish bosimi P_k ga bog'liq bo'ladi, ya'ni so'rish vaqtida kirish bosimi P_k kamayishi bilan kamayadi. Kirish bosimi $P_{k,min}$ minimal bo'lganda so'rish tezligi deyarli nol bo'ladi. $P_{k,min}$ kirish bosimi – nasosning erishishi mumkin bo'lgan bosimi yoki vakuumi deyiladi. Bu nasosning ikkinchi xarakteristikasi hisoblanadi.

Endi qisqacha nasosning turlarini ko'rib chiqamiz. Mexanik va ratasion nasoslar, atmosfera bosimidan to qoldiq gazlar bosimi 10^{-3} Torrgacha vakuum hosil qiladi. 10^{-6} Torr vakuumni yog' yoki simob bug'larida ishlaydigan diffuziyali nasoslar yordamida hosil qilinadi.

Lekin mexanik va diffuziyali nasoslar ketma-ket vakuum sxemasiga ulanishi va mexanik nasos oldin ishga tushib dastlabki vakuumni hosil qilishi shart. 10^{-9} Torrgacha bo'lgan bosimlarni ham diffuziyali nasoslar yordamida hosil qilinadi.

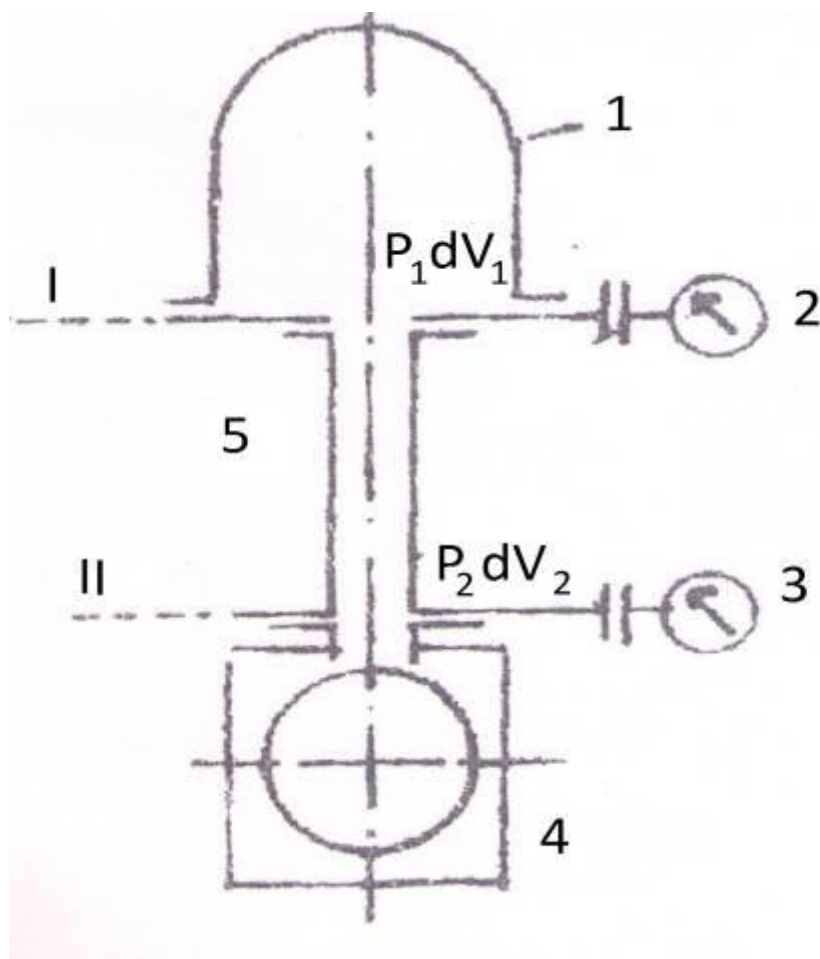
Buning uchun esa vakuum sistemasi qismlari qizdirish yordamida gazzsizlantirishi va maxsus tutqichlarga suyuq azot quyish yordamida yoki bug' simob bug'larini muzlatib qo'yilishi kerak.

O'ta yuqori vakuum olishda trubomolekulali yoki ion-asorbsiyali nasoslar ishlatiladi, ularning so'rish tezligi juda katta bo'lib vakuum qurilmalarini yog' yoki simob bug'lari bilan ifloslantirmaydi. Mexanik nasoslarning ishlashi va gaz molekulalariga harakat miqdorini mexanik harakat orqali uzatilishiga asoslangan va ular xajmiy va molekulyar nasoslarga bo'linadi. Xajmiy tipdagi nasoslarda ishchi xajmini davriy ravishda ortib-kamayishi so'rishga sabab bo'ladi. Bu nasoslar variantlari: 1) porshenli; 2) suyuqlik xalqali; 3) rotasion nasoslardir.

Suv oqimli, injektorli, diffuzion va molekulyar nasoslarda harakat miqdori turli usullar bilan so'riluvchi gaz zarralariga uzatiladi.

Sorbsion (so'rish ma'nosi) hodisalar asosida parlanma nasoslar ishlaydi. Fizikaning adsorbsiya va kondensasiya hodisasiga ko'ra kriosorbsion nasoslar ishlaydi. Ion nasoslarning ishlashi gaz molekula yoki atomlarini zaryadlab elektr maydonida yo'naltirilgan tezlik berishga asoslangan.

Yuqorida qayd qilingan barcha nasoslar uchun asosiy parametrlar quyidagicha:



2-rasm

1. Ish tezligi
2. Chegaraviy bosim.
3. Eng kichik ishchi bosim.
4. Eng katta ishchi bosim.
5. Ishga tushishi uchun eng katta bosim.
6. Eng katta chiqish bosimi.

Quyidagi eng sodda nasos sxemasi bilan tanishamiz. Nasos parametrlari uchun quyidagi munosabatlarni yozish mumkin.

1. Ish tezligi

$$S = \frac{d\vartheta}{dt} \quad (7)$$

2. Nasosning effektiv so'rish tezligi

$$S = \frac{d\vartheta}{dt} P_1 \quad (8)$$

3. Nasosning ish tezligi

$$S = \frac{d\vartheta}{dt} P_2 \quad (9)$$

4. Nasosning ishlatish koeffitsiyenti

$$K = \frac{S_{eff}}{S_n} \quad (10)$$

5. Nasosning ish samaradorligi

$$Q = P \cdot S \quad (11)$$

Stasionar oqim holida quyidagi munosabat bajariladi

$$P_1 S_{eff} = P_2 S_n = P_1 S \quad (12)$$

Har qanday vakuum nasoslarini xarakterlovchi S_{eff} , S_n va nay o'tkazuvchanligi orasidagi bog'lanishni aniqlaylik,

$$S_n = \frac{Q}{P_2} = \frac{(P_1 - P_2)U}{P_2} \quad (13)$$

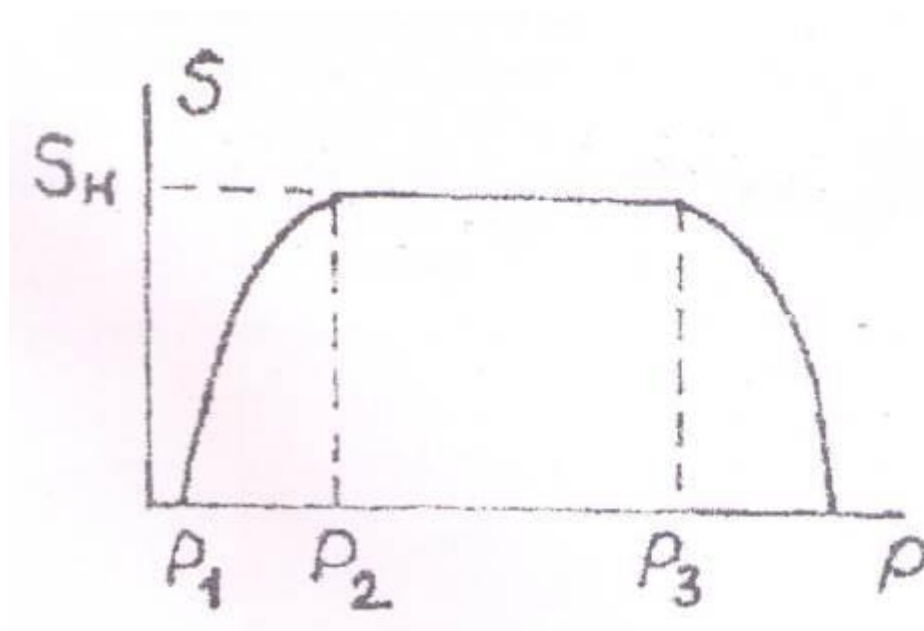
$$S_{eff} = \frac{Q}{P_1} = \frac{(P_1 - P_2)U}{P_1} \quad (14)$$

ni hosil qilamiz. Agar (14) dan (13)ni ayirsak,

$$S_{eff} = \frac{S_n U}{S_n + U} \quad (15)$$

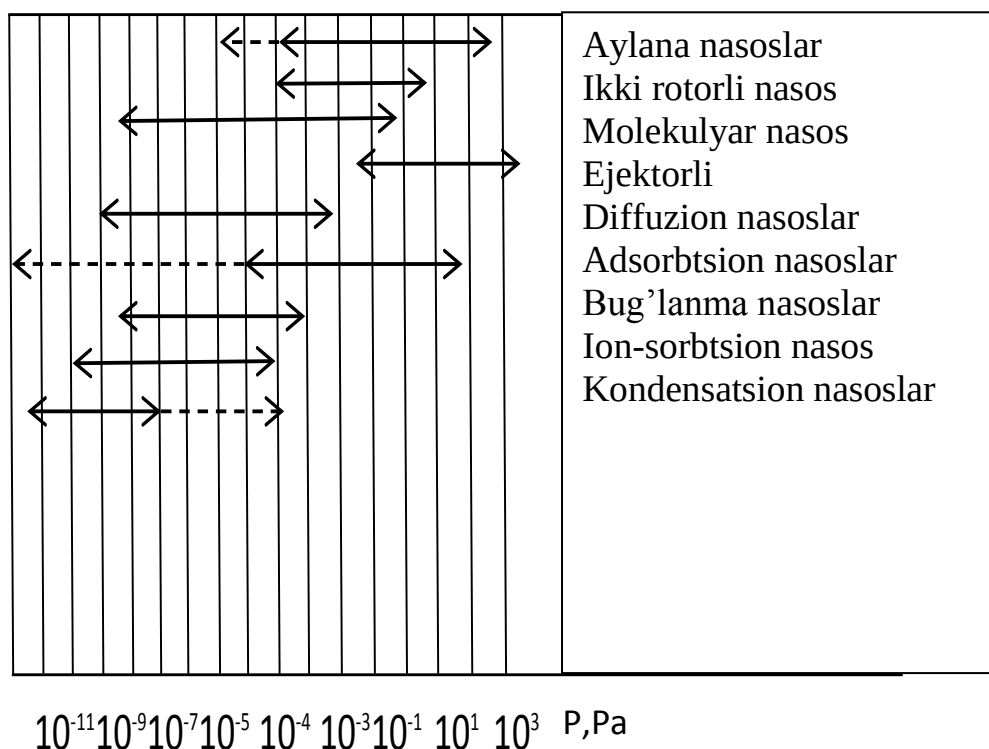
(15) ifoda vakuum texnikasining asosiy tenglamasi deyiladi. Nasos yordamida olish mumkin bo'lgan chegaraviy bosim P_1 deganda nasosning o'zida so'ruvchi xajmsiz olish mumkin bo'lgan bosim nazarda tutiladi. Nasosning ish tezligi chegaraviy bosimga yaqinlashganda $S_n \Rightarrow 0$ bo'ladi. Chegaraviy bosim esa nasos materialining gaz ajratish xususiyati, ishchi moyining turiga, nasos germetikligi va konstruksion

parametrlariga bog'liq bo'ladi. Eng kichik ishchi bosim P_2 deganda nasos S_n parametri o'z xarakteristikasini o'zgartirmay ishlaydigan bosim tushuniladi. Vakuum nasosining normal ishlashi uchun eng yuqori ishchi bosim P_3 deganda nasos nominal so'rish tezligi o'zgartirmasdan turadigan bosim tushuniladi.



3-rasm

Vakuum nasoslarining asosiy parametrlari 2-rasmda keltirilgan. Turli vakuum nasoslarining ishchi bosimlari diagrammasi 3-rasmda keltirilgan.



Vakuum nasoslarining asosiy parametrlari bo'lgan S_n kattalikni aniqlashning ikkita usuli mavjud.

1. Doimiy bosim.
2. Doimiy xajm usulidir.

Birinchi usulda 4 - rasmda ko'rsatilgan ish sxemasidan foydalanish mumkin.

Tekshirayotgan nasos (1)ga so'rilayotgan gaz oqimi

$$Q = P_{Atm} \frac{\Delta\vartheta}{\Delta t} \quad (16)$$

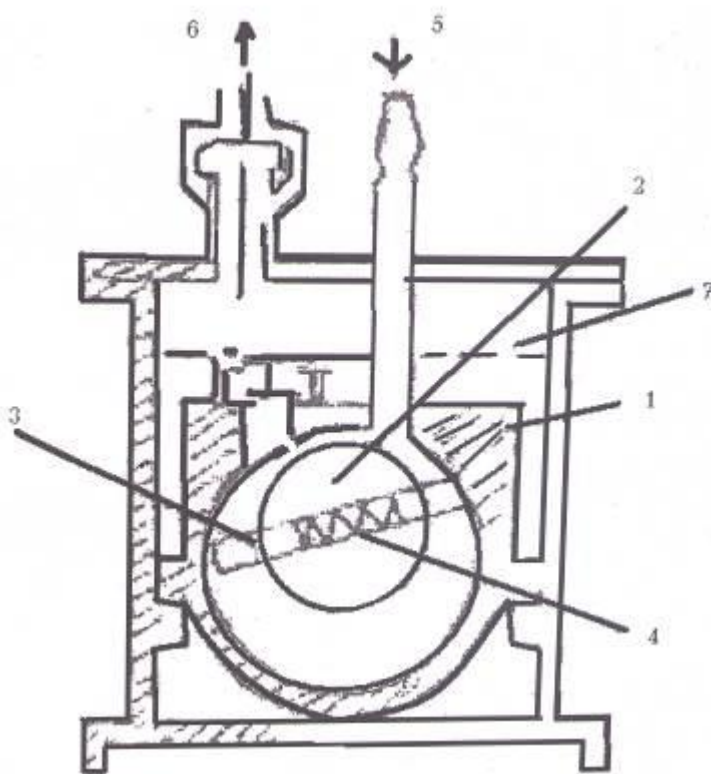
Yoki nasosning ish tezligi

$$Q = P S_n P_{Atm} \frac{\Delta\vartheta}{\Delta t} \quad (17)$$

yoki

$$S = P_{Atm} \frac{\Delta\vartheta}{(PT)} \quad (18)$$

16



5-rasm. Moyli rotasion nasos. 1 - stator, 2 - rotor, 3 - parrak, 4 - prujina, 5 - kirish, 6 - chiqish, 7 - moy sathi.

Nasosning germetik so'rish tezligi

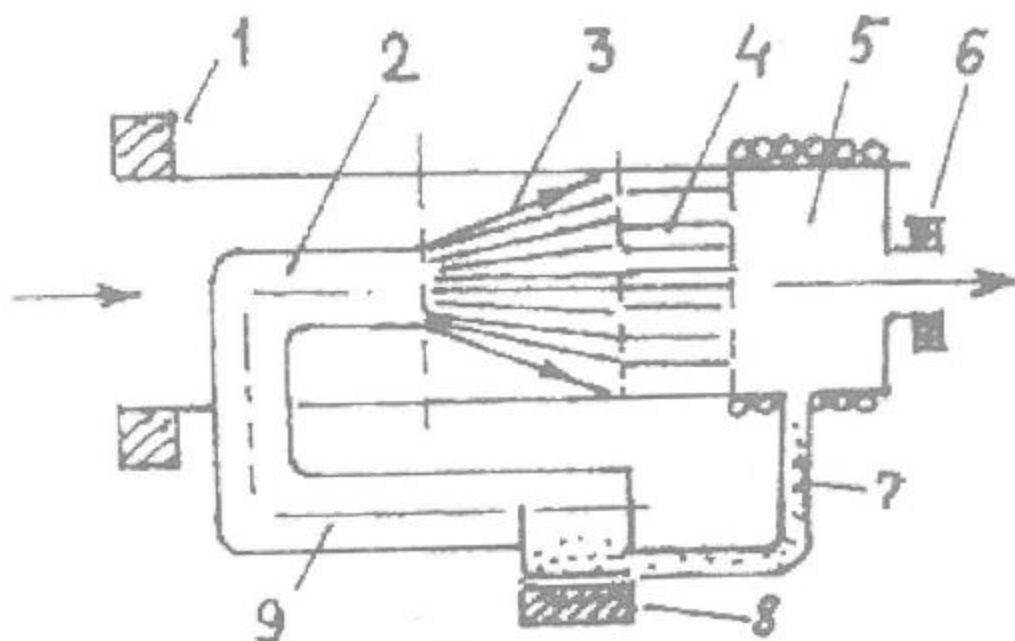
$$S_n = \vartheta_k n$$

n – so'rish chastotasi, ϑ_k - nasos ishchi xajmi.

5 NVR – 1D tipidagi mexanik nasos yordamida taxminan $2 \cdot 10^{-1}$ Pa bosim olish mumkin. Bunday nasosning so'rish tezligi $500 \frac{l}{s}$ ni tashkil etadi.

1.4. BUG' OQIMLI NASOSLAR, ULARNING TURLARI VA PARAMETRLARI

Bug' oqimli nasoslarning ishlash prinsipi katta tezlikdagi (tovush tezligi va undan katta) bug' oqimining nasos xajmiga kirgan gaz molekulalari bilan ta'sirlashishiga va ularga yo'naltirilgan qo'shimcha tezlik berib, chiqish flanesiga ulangan nasosga yo'naltirishga asoslangan. Par oqimli nasosning umumiy sxemasi 6-rasmda keltirilgan.



6-rasm. Par oqimli nasos sxemasi. 1 - kirish, 2 - soplo, 3 - ishlash sohasi, 4 - berkituvchi soha, 5 - ajratuvchi soha, 6 - chiqish, 7 - nay, 8 - moy.

Past bosimda par bilan chegaradosh bo'lgan gaz molekulalari ichki ishqalanish hisobiga oqim bilan ergashadi. Bunday nasoslar injektorli nasoslar deyiladi.

Yuqori vakuumda o'z diffuziya hodisasiga binoan gaz molekulalari par oqimi bilan ta'sirlashadi va so'rishning ushbu usuli diffuzion nasoslar yordamida amalga oshiriladi. Bu oqimli nasosning nazariy so'rish tezligi soploning geometrik o'lchamlariga va so'rilayotgan gaz parsial bosimiga boqliq.

$$S_T = \frac{A}{n} (N_{q1} - N_{q2}) \quad (19)$$

Bunda A- oqim proyeksiyasi, n- gaz molekulalarining nasos kirish qismidagi konsentrasiyasi, N_{q1} va N_{q2} oqimga urilayotgan va birga uchayotgan molekulalar soni. Agar

$$N_q = n \frac{v_{ar}}{4} \quad (20)$$

desak

$$S_T = \frac{A \sqrt{\frac{8k}{\pi m}}}{4n} (n\sqrt{T} - n_2\sqrt{T_2}) \quad (21)$$

munosabatni hosil qilamiz. (21) tenglamada T - par oqimidagi gaz harorati, n – par oqimidagi gaz konsentrasiyasi, T_2 – nasos kirishidagi gaz harorati.

Amalda nazariy va haqiqiy soʻrish tezligi mos kelmaydi. Nasosning haqiqiy soʻrish tezligi biroz kichik boʻladi, chunki oqimdagi molekulalarining gaz molekulalarini oʻziga «ilashtirish» koeffitsiyenti birdan kichik boʻladi. Demak, bugʻ oqimi nasos soʻrish tezligi quyidagiga teng:

$$S_N = H_0 S_T \quad (22)$$

Nasos soʻrish samaradorligi. Bunda H_0 - ilashtirish koeffitsienti ($H_0=0,3$).

Q uchun

$$Q = Q_T - Q_0 \quad (23)$$

ifodani yozish mumkin. Bu ifodada Q_T - toʻgʻri (oldinga) oqim, Q_0 - teskari(orqaga) oqim. $Q_T \gg Q_0$ boʻlgan hol uchun Q_{max} boʻladi. Bugʻ oqimli nasoslarning turli konstruksiyalari mavjud.

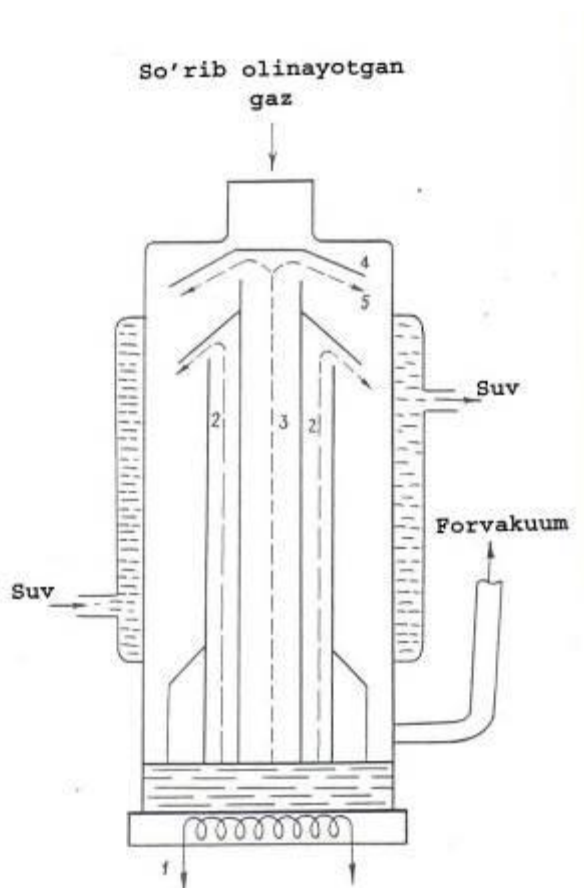
1.5. BUGʻ OQIMLI YUQORI VAKUUM NASOSLARI

Bugʻ oqimli yuqori vakuum nasoslarining ishlash tarzi quyidagicha: nasosning soplosidan uchib chiqayotgan ishchi suyuqlikning bugʻ oqimidagi bilan hajmdagi soʻrib olinayotgan gazlar parsial bosimlarining farqi hisobiga, gazlarning bugʻ oqimiga diffuziyalanishi yuz beradi. Shuning uchun, bu nasoslarni koʻpincha diffuzion nasoslar deb atashadi. Oqimning taʼsir qilish sohasiga tushgan, soʻrib olinayotgan gaz molekulalariga, oqim harakati yoʻnalishi boʻyicha qoʻshimcha tezlik uzatiladi. (7- rasm)

Bugʻ oqimli diffuzion nasos quyidagicha ishlaydi. Ishchi suyuqlikni qaynatish uchun tashqi yoki ichki qizdirgichlardan foydalaniladi. Ishchi suyuqlik qaynashi natijasida, hosil boʻlgan bugʻ bugʻuzatgich boʻylab nasosning soplolariga uzatiladi va tovush tezligidan ham yuqori tezlikda soplolardan otilib chiqadi. Bugʻ oqimi nasos korpusining sovuq devoriga tekkanda kondensatsiyalanadi va kondesat qaynatgichga oqib tushadi. Bugʻ oqimli nasosning chiqishiga, dastlabki siyraklantirish nasosi ulanadi va bu nasos kondensatdan ajralgan gazni soʻrib olib, bugʻ oqimining

butunligini ta'minlaydi. Bug' oqimli diffuzion nasoslarda ishchi suyuqlik sifatida maxsus moylar va kam hollarda simob qo'llaniladi. Simob, moylardan farqli, atmosfera bilan qisqa tutashganda termoturg'undir va qizib ketganda ham buzilmaydi. Hona haroratida simobning to'yingan bug' bosimi ($1 \cdot 10^{-3}$) mm. sim. ust. tashkil etganligi sababli, nasosdan so'rib olinayotgan hajmga o'tayotgan simob bug'larini tutib qolish uchun, sovuq tuzoqlar qo'llash lozim.

Ammo, simob bug'lari inson uchun zaharli bo'lganligi uchun, bug' simobli nasoslarning afzalliklariga qaramay, ular faqat maxsus hollardagina qo'llaniladi.



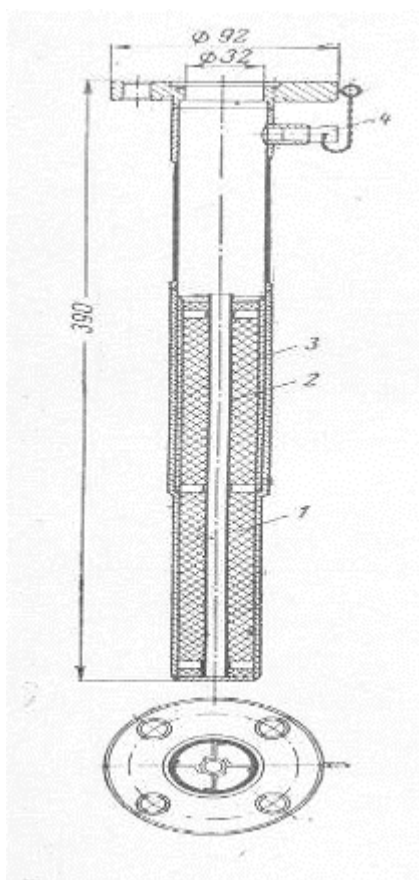
7 -rasm. Yuqori vakuumli bug' oqimli diffuzion nasosning sxemasi

1 - qizdirgich, 2 – 3 - koaksial quvurlar, 4 – 5 - konus naylar (soplo)

Bug' oqimli nasoslarda ishchi suyuqlik sifatida, ko'pincha neft moylari va kremniy organik suyuqliklar qo'llaniladi. Qo'llaniladigan ko'pchilik moylarning bug'lari, simob bug'laridan farqli inson sog'lig'i uchun zararsizdir.

1.6. Adsorbsion nasoslar

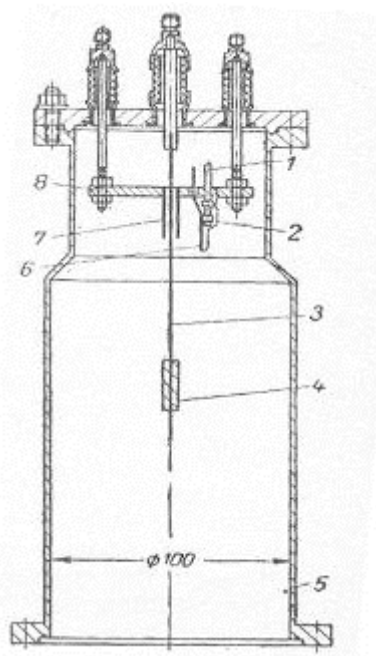
Adsorbsion nasoslarning ishlash tarzi, oldindan gazzizlantirilgan qattiq kovak jismlarning asosan, fizikaviy adsorbtsiya hisobiga gaz va bug'larni yutish qobiliyatiga ega ekanligiga asoslangan. Adsorbsion nasoslar moysiz so'rib olish tuzilmalarida, dastlabki siyraklashtirish uchun ham, berk hajmlarda yetarli darajada past bosimlar olish va uni tutib turishda ham qo'llaniladi. Yutuvchi materiallar sifatida (adsorbentlar) silikagellar, alyumogellar, faollashtirilgan pista ko'mir va turli tabiiy hamda sun'iy seolitlar qo'llaniladi. 8 - rasmda adsorbsion nasosning chizmasi keltirilgan.



8 – rasm. Adsorbsion nasos. 1- seolit, 2 – ilma - teshikli trubka, 3-korpus, 4-klapan.

Silindrik korpus zanglamas po'latdan tayyorlangan. Silindrik korpus 3 ichida, ilma-teshikli trubka 2 o'rnatilgan. Korpus bilan trubka orasidagi xalqa simon fazo seolit bilan to'ldirilgan. Adsorbentni (seolitni) sovitish uchun, nasosning pastki tomonidan suyuq azotli D'yuar idishi kiydiriladi. Nasosning yuqori qismida klapan 4

ko'zda tutilgan bo'lib, klapan nasosni qizdirish paytida bosim ortganda, nasosni buzilishdan asraydi. Adsorbsion nasoslarni qo'llashning ba'zi noo'ng'ayliklari: suyuq azot qo'yib turish, davriy qayta tiklash va ishlab ketishi uchun ancha vaqti talab qilinshidir.



9 -rasm . «Orbitron» tipli nasosning sxemasi.

1.7. Titanni termik bug'lantiruvchi nasoslar

Vakuum texnikasida, ishlash tarzi bug'latilayotgan metall gazlarni yutishiga asoslangan, o'ta yuqori vakuum nasoslari keng tarqalgan. O'ziga xos tuzilishiga qarab, bu turdagi nasoslar getter, sorbsion yoki bug'latgichli nasoslar deb ataladi. Getter nasoslarida, gaz yutgich sifatida ko'pincha titan, ba'zida esa boshqa metallar (bariy, xrom) ham qo'llanilishi mumkin. Titan xona haroratida, vakuum tizilmasidagi inert gazlar va uglevodoroddan tashqari, barcha gazlar bilan, amalda turg'un, qattiq birikmalar yoki qattiq eritmalar hosil qiladi. Gaz yutgich, berk hajmda bug'langanda, hajm devorlarida yangi faol qatlamlar hosil bo'ladi va uning sirtida fizikaviy adsorbtsiya, xemosorbtsiya hamda kimyoviy reaksiyalar va gazning qattiq fazada erishi natijasida gazning yutilishi yuz beradi. So'rib olinayotgan gazlarning molekulalari (atomlari) elektr razryadi yoki elektronlar oqimi bilan

uyg'otilganda yoki ionlashtirilganda, faol qatlamlarning gazlarni yutishi yanada samaraliroq kechadi. Boshqa tarafdin, ionlashtirish jarayoni inert gazlarni ham «bog'lab» qo'yish imkonini beradi. «Orbitron» tipli titanni termik bug'latadigan getterli-ion nasosining ishlash tarzini ko'rib chiqamiz(9 –rasm). Korpus 5 ichida titanli silindr 4 bo'lib, uning ichiga elektrod (anod) 3 joylashtirilgan. Elektrodning 3 ustki qismi, trubka 7 bilan himoya qilingan. Plastinada 8 keramik sterjen 7 qotirilgan bo'lib, unda diametri 0,15 mm bo'lgan, volfram simdan tayyorlangan, katod 2 o'rnatilgan. Nasosning korpusi yerga ulangan, markaziy elektrodga esa 5 kV gacha musbat potensial beriladi. Plastina va ekranlovchi trubka 7 katod potensialida bo'ladi. Katodning va tantalli tok kiritgichning 6 joylashuvlari va shakllari shunday tanlanganki, elektr maydoni o'q bo'ylab yo'nalgan va radial simmetriyasi buzilgan. Bundan tashqari, katodga nasos korpusiga nisbatan musbat siljish potentsiali beriladi. Natijada katoddan emissiyalanayotgan elektronlar o'qli, radial va tangensial tashkil etuvchilarga ega tezlik bilan harakatlanadi. Elektr maydoni nosimmetrik bo'lganligi va elektronlar tezliklarining vektorlari elektr maydonining kuch chiziqlari bilan qandaydir burchak hosil qilganligi sababli, elektronlar harakatining yo'nalishi to'xtovsiz o'zgaradi va kichik ko'ndalang kesimga ega bo'lgan, markazdagi elektrodga elektronlarning borib tushishi murakkablashadi. Katodda musbat siljish borligi tufayli, elektronlarning korpusga kelishini hisobga olmasa ham bo'ladi.

Natijada elektronlar orbitalar bo'yicha, yetarli darajada uzoq vaqt harakatlanib, katta masofani bosib o'tadilar va shu sababli, gaz ionlashuvining ehtimoliyati keskin ortadi. Trayektoriyasi markaziy elektrod 3 yaqinidan o'tayotgan elektronlarning bir qismi, titanli silindrga uriladi va uni 1160 °C haroratgacha qizdiradi. Bunda titanning sublimasiyasi yuz berib, nasosning ichki devorlari titan bilan changlanadi. «Orbitron» tipli nasos orqali faol gazlarning so'rib olinishi, nasos korpusining ichki sirtiga uzluksiz changitilayotgan titan qatlami evaziga bo'ladi. «Orbitron» tipli nasos yordamida olinadigan chegaraviy bosim $(5 \cdot 10^{-10})$ mm. sim. ust. va undan ham past bo'lishi mumkin. Yuqorida keltirilgan nasoslar $(10^{-3} \div 10^{-4})$ mm. sim. ust. bosimidan ishlay boshlaydi. Ishchi suyuqlik bug'lari bilan vakuum tizilmasi ifloslanib

qolmasligi uchun, ($10^{-3} \div 10^{-4}$) mm. sim. ust. gacha bo'lgan dastlabki bosim hosil qilishda adsorbsion nasoslardan foydalaniladi. Bug'latgichli-ion nasoslarining kamchiliklariga elektr ta'minlash tizilmasining bir oz murakkabligini, titanni changlatish tezligining o'z o'zidan rostlanmasligini va tizilmada issiq katod borligini kiritish mumkin.

1.8. ELEKTRO RAZRYADLI MAGNITLI NASOSLAR

Elektr razryadli magnitli nasoslarda faol qatlamlar olish uchun, titanni termik bug'lantiradigan nasoslardan farqli, katodning changishi hodisasidan foydalaniladi.

Rasm 1.8 da oddiy (diod) nasosida elektrodning joylashish sxemasi keltirilgan. Faol metallardan tayyorlangan ikki katodlar orasiga ramkali anod o'rnatilgan bo'lib, unga bir necha kilovolt tartibidagi musbat potensial beriladi. Elektrod tizilmasi, kuchlanganligi N bo'lgan magnit maydonida joylashgan. Magnit maydoni kuchlanganligi va elektrodlar geometriyasining ma'lum o'zaro uyg'unligida, elektrodlar orasida sovuq razryad yuzaga keladi.

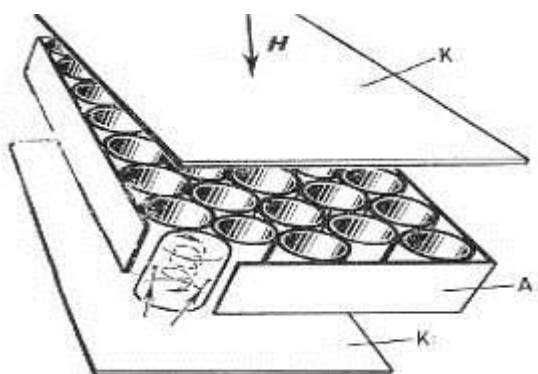
Elektronlar, razryad oralig'ida tebranadi va ancha vaqt mobaynida anodga kelib tushmaydi. Natijada qoldiq gazlarning elektronlar bilan ionlashish ehtimoliyati ortadi. Razryadda hosil bo'lgan musbat ionlar katodni bombardimon qilib, katod materialini jadal changitadi va anod changlanadi. Elektrorazryadli nasoslar bilan turli gazlarni so'rib olish mexanizmi bir xil emas. Faol gazlarning so'rib olinishi, asosan anodda kimyoviy birikmalar va qattiq eritmalar yuzaga kelishi bilan amalga oshadi. Bunda ionlarning bir qismi katod materialining sirtqi qatlami tagiga sizib o'tib, keyinchalik sust diffuziyalanishi mumkin. Katod sirtida hosil bo'lgan kimyoviy birikmalar, keyinchalik changiydi va asosan anod sirtida qoladi va u yerdan takroran changish yuz bermaydi.

Inert gazlarning so'rib olinishi, ular ionlarining changitilayotgan sirtida adsorbtsiyalanishi va keyin changlanayotgan titan bilan ustidan «qoplab» tashlanishi evaziga amalga oshadi. Boshqa tarafdin, inert gazlarning ionlari elektr maydonida tezlashadi va katod materialiga kirib oladi, ammo katod materiali changitilganda, ularning bir qismi yana qayta ajralib chiqadi.

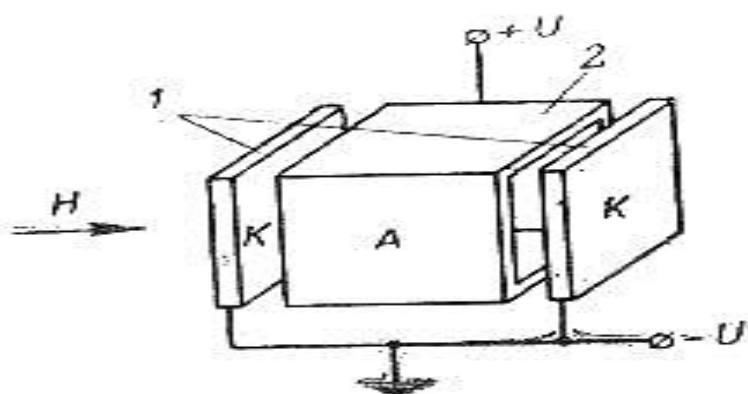
Diod magnitli elektrorazryadli nasoslarni ishlatish tajribasi, bu nasoslar faqat $(2-5) \cdot 10^{-5} \text{ mm. sim. ust.}$ dan past bosimlarda turg'un ishlashini, ishga tushirish esa $(10^{-2}-10^{-3}) \text{ mm. sim ust.}$ bosimlarda amalga oshirilishi mumkinligini ko'rsatadi.

10 - rasm. Penning yachiykasi (a) va elektrorazryadli magnitli nasosda elektrodlar joylashuvining sxemasi (b). A-anod, K-katod, H-magnit maydon kuchlanganligi. Elektrorazryadli nasoslar $(10^{-9} \div 10^{-11}) \text{ mm. sim. ust.}$ tartibidagi siyraklashtirishga imkon beradi va xuddi bug'latgichli ionli nasoslar singari, bunday past bosimlarga erishish uchun dastlabki siyraklashtirishni talab qiladi.

Elektro razryadli magnitli nasoslar kamchiliklariga beso'naqayligini va shu so'rib olish tezligiga ega bo'lgan bug'latgichli-ionli nasoslarga nisbatan kattaroq og'irlikka ega ekanligini ko'rsatish mumkin.



a)



b)

1.9. Kondensasion (kriogen) nasoslar

Suyuq vodorod yoki suyuq geliy haroratiga yaqin haroratlarda ko'pchilik moddalar nihoyatda kichik bug' elastikligiga ega. Masalan, suyuq vodorod haroratiga yaqin haroratda, kislorod O_2 to'yingan bug'larining bosimi 10^{-13} mm. sim. ust, azot N_2 -va CO - 10^{-11} mm. sim. ust., argon Ar esa 10^{-17} mm. sim. ust. tashkil etadi. Suyuq geliy haroratiga yaqin haroratlarda vodorodning H_2 to'yingan bug' elastikligi 10^{-6} mm. sim. ust., neonniki esa 10^{-19} mm. sim. ust. tashkil etadi. Berk hajmda joylashgan va suyuq vodorod yoki geliy haroratigacha sovitilgan sirt, unga tegayotgan deyarli barcha gaz molekulalarini kondensatsiyalaydi. Bunday berk hajmda so'rib olish tezligi va chegaraviy erishiladigan bosim, kinetik nazariyaning umumiy mulohazalaridan aniqlanishi mumkin.

$$S = 3.64\alpha \left(\frac{T_1}{M}\right)^{\frac{1}{2}} \left\{ 1 - \frac{\alpha_{\delta} P_2}{\alpha_k P_1} \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{-\frac{1}{2}} \right\} \text{ l/sm}^2 \cdot \text{s}$$

Bu yerda

P_1 -devor sovitilayotgan qismida T_1 haroratdagi gaz bosimi, mm. sim. ust., P_2 -devor sovitilgan qismida T_2 haroratdagi to'yingan bug' bosimi, M -gazning molekulyar og'irligi, α_k -kondensasiyalangan molekula ulushi. α_b -1 sm^2 sovitilgan qismdan 1 s da bug'lanayotgan molekulalar ulushi. P_{qol} chegaraviy bosim. $S=0$ da gi bosim kabi aniqlanadi.

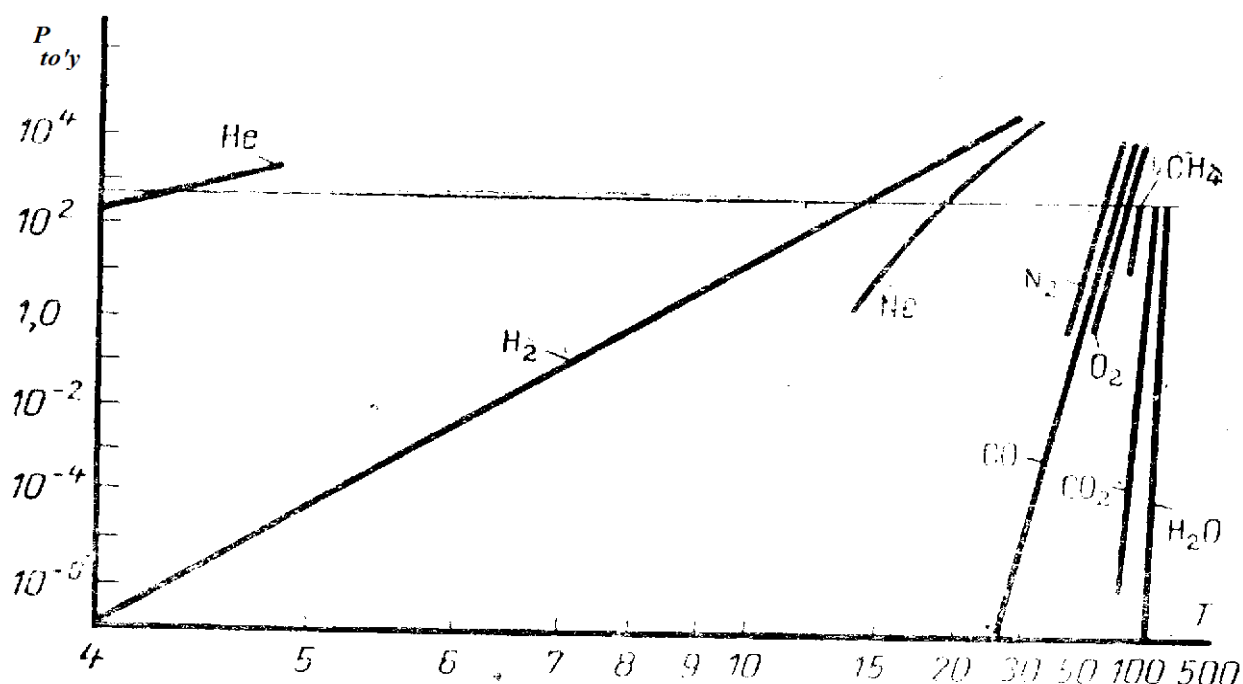
$$P_{qol} = \frac{\alpha_{\delta}}{\alpha_k} P^2 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{-\frac{1}{2}}, \text{ mm. sim. ust.}$$

S uchun ifodani quydagicha yozish mumkin.

$$S = S_0 \left(1 - \frac{P_{kol}}{P_1}\right) \text{ l/sm}^2 \text{sek} \quad \text{bu yerda}$$

$$S_0 = 3.64\alpha_k \left(\frac{T_1}{M}\right)^{\frac{1}{2}}, \text{ l/sm}^2 \text{sek}$$

Bu bog'lanish grafik tarzda 11 - rasmda keltirilgan.



11 –rasm. So'rib olish tezligining S , P_1/P_{qol} nisbatga bog'liqligi.

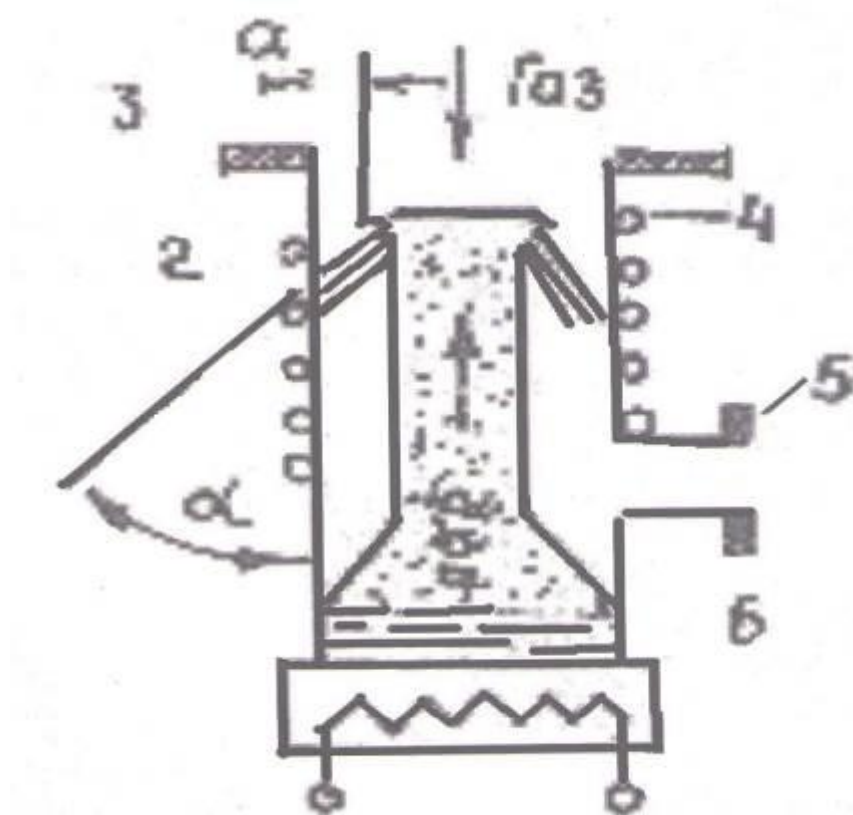
Egrilikdan ko'rinib turibdiki, $P_1 \gg P_{qol}$ bosimlarda S amalda bosimga bog'liq emas va taqriban S_0 ga teng. Havo uchun 20°C da bu miqdor $11,6 \text{ l/sm}^2\text{sek}$ ni tashkil qiladi. Shunday qilib, har bir kvadrat santimetr sovitilgan sirt havoni $11,6 \text{ l/sek}$ tezlikda so'rib olinishini ta'minlaydi, garchi havoning turli tashkil etuvchilarini so'rib olish tezligi bir-birdan farq qilsa ham. Amalda bir qator gazlar suyuq vodorod haroratida ham to'yingan bug'ining yuqori elastikligini saqlab qoladi va shu sababli so'rib olinmaydi.

Suyuq vodorodli kriogen nasoslarning so'rib olish tezligi 40000 l/s bo'lib, so'rib olish tezligi $(10^{-5} \div 10^{-7}) \text{ mm. sim. ust.}$ bosimlar oralig'ida bosimga bog'liq emas. Suyuq vodorod $0,4 \text{ l/soat}$ va suyuq azot $10 \div 20 \text{ l/soat}$ da sarf bo'lganda nasos yaratib beradigan chegaraviy bosim $10^{-10} \text{ mm. sim. ust.}$ ni tashkil etadi. Suyuq vodorod qo'llaniladigan ba'zi kriogen nasoslarning tuzilmalarida portlash xavfi bo'lgani uchun vodorod o'rniga, suyuq vodorod haroratigacha sovitilgan gazsimon geliy yoki suyuq neon ishlatiladi.

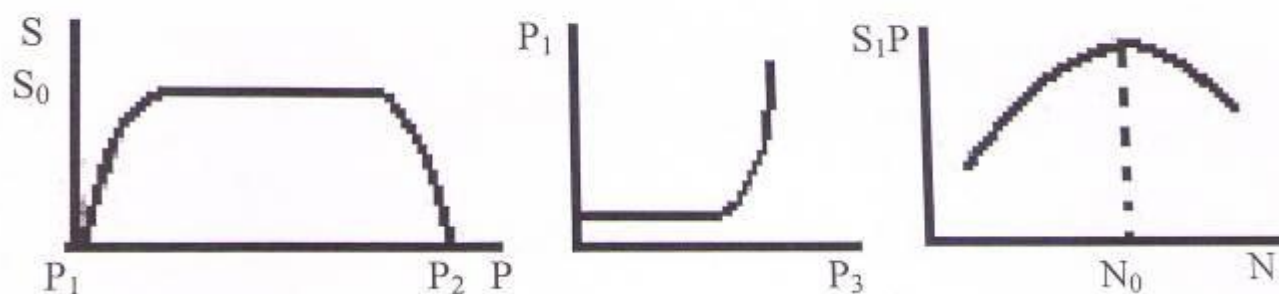
II BOB. NASOSLARNING ISHLASH PRINSIPI VA TURLARI.

2.1. DIFFUZION NASOSLAR KONSTRUKSIYASI, ISHLASH PRINSIPI, ASOSIY XARAKTERISTIKALARI.

Eng sodda diffuzion nasos 12-rasmda keltirilgan.



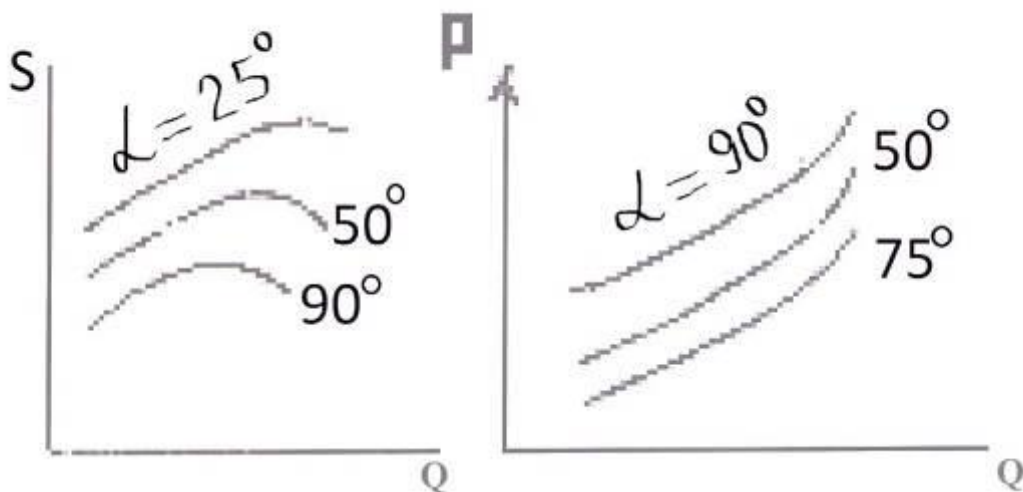
12-rasm. Diffuzion nasos sxemasi. 1-isitgich, 2-korpus, 3-kirish, 4-sovitgich, 5 – chiqish, 6-moy.



13-rasm.

Konstruksiyasi. Diffuzion nasos odatda isitkich (1), ishchi suyuqlik solingan idish (7), qalpoqcha (2), kirish va chiqish flaneslari (3), (5) va sovutkich (4) dan tuzilgan.

Ishlash prinsipi. Isitkich yordamida ishchi suyuqlik bug'ga aylantiriladi, bug' katta tezlik bilan «zontik»chadan biror α burchak ostida uchib chiqadi va o'ziga gaz molekulalarini ergashtiradi. Sovitkich ta'sirida bug' kondensasiyalanadi va qayta idishga tushadi. Bug'ga ilashgan gaz zarrachalari bug'dan ajralib chiqish flanesiga ulangan nasosga so'riladi. Oldin bayon qilinganidek diffuzion nasosning ishga tushirishdan oldin, dastlabki bosim hosil qilinadi. Nasosning asosiy xarakteristikalari 12 va 13 – rasmlarda keltirilgan. 12-rasmda nasos so'rish tezligi va gaz bosimi (a); nasos kirish va chiqishidagi bosimlar bog'liqligi (b) va nasos so'rish tezligi va bosimni nasos quvvatiga bog'lanish grafiklari berilgan.



14-rasm.

14-rasmda nasos so'rish tezligi va «qalpoqcha» burchagi orasidagi bog'lanish keltirilgan. Rasmlardan ko'rinib turibdiki, nasos o'zining maksimal so'rish tezligiga quvvatning va «qalpoqcha» burchagining aniq qiymatlarida erishar ekan. Par oqim li nasoslar turli ishchi suyuqliklarda ishlaydi va ularga bir qator talablar qo'yiladi. Ular quyidagicha:

1. Xona temperaturasida mnimal va ishchi temperaturasida maksimal bug' bosimi.
2. Qizdirishda bo'laklar (fraksiyalarga) ajralmasligi.
3. Gazlarni o'zida eng kam miqdorda eritsin.
4. So'rilayotgan gaz va nasos materialiga ximik birikma hosil qilmasligi kerak.

5. Bug'lanishning kichik solishtirma issiqligiga ega bo'lishi kerak.

Yuqorida qayd qilingan talablarga bir vaqtning o'zida barcha ishchi suyuqliklar javob bera olmaydi. Par oqimli nasoslarning ishchi suyuqliklari sifatida simob, mineral moylar, organik spirt va kislotalarning murakkab efirlari va kremniy-organikli birikmalar ishlatiladi.

I. P-1, P-2 simoblarining afzalliklari:

1. Havoda deyarli oksidlanmaydi.
2. Tarkibi bir jinsli.
3. Ishchi temperaturada birikmalarga ajralmaydi.
4. Oz miqdorda gazlarni o'zida eritadi.
5. Ishchi temperaturada katta bug' bosimiga ega.

Kamchiliklari:

1. Zaharli bug'larga ega.
2. Rangli metallar bilan kuchli ximik birikadi.
3. Xona temperaturasida katta bug' bosimiga ega ($\sim 10^{-1}$ Pa).

II. BM-1, BM-5 mineral vakuum moylari neftni qayta ishlash jarayonida olinadi.

Afzalliklari:

1. Xona temperaturasida kichik bug' bosimi.
2. Termik qizdirishga bardoshligi.
3. Inson organizmi uchun zararsizligi.

Kamchiliklari:

1. Tez, yuqori temperaturalarda ximik birikma hosil qilishi.
2. Nasos devorlarida smolali qatlam hosil qilishi.
3. Yuqori temperaturalarda birikmalarga parchalanishi va uglerod birikmalarini hosil qilishi.

III. Efirlar

Ftorli va sebosin kislotali spirt bilan sintez qilinishidan olinadi. Shuningdek, polifenil birikmalar benzol radikallaridan olinadi. PFE – polifenil efirlari. Juda kichik bosimga ega va oksidlanish temperaturasi juda yuqoridir.

IV. Kremniy organikli ishchi suyuqliklar.

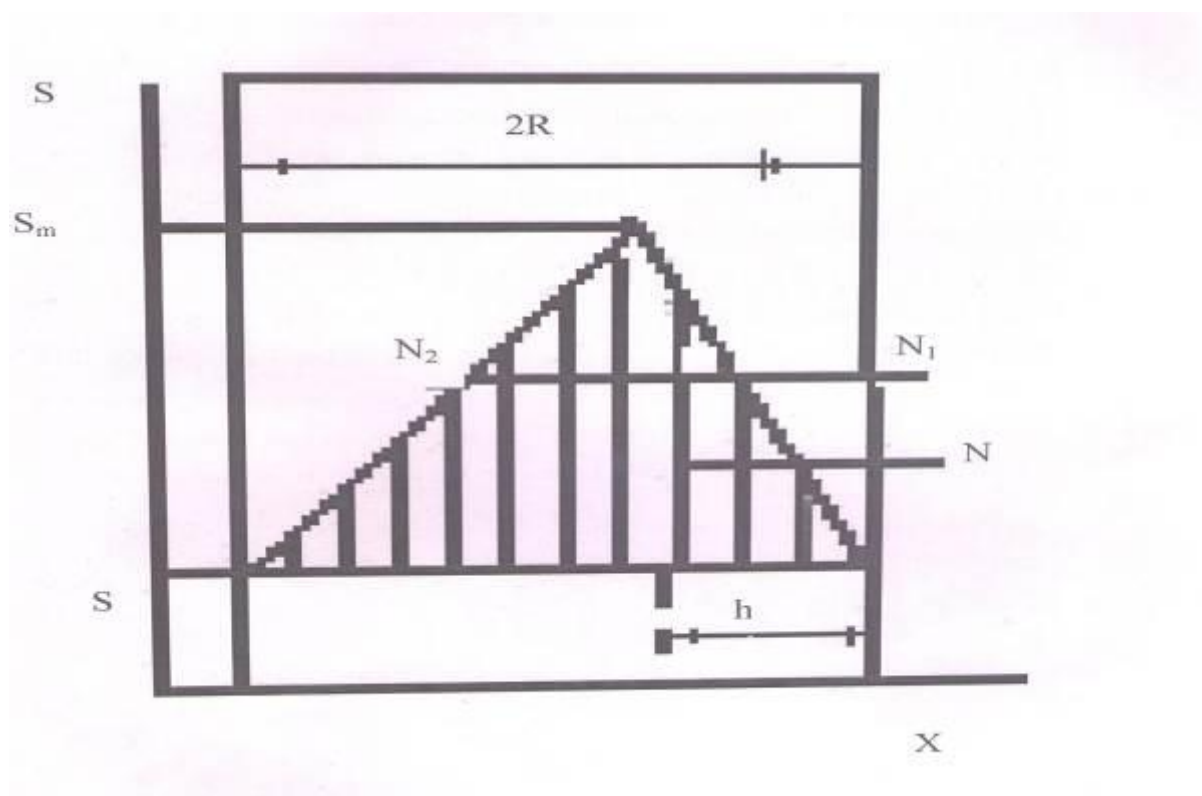
BKJ-94, PFMS-2. Ushbu suyuqliklar polisilikosan polimer birikmalari bo'lib, asosida $(CH_3)_2 SiO_2$ funksional birikmalar yotadi. Ular yuqori temperaturalarda oksidlanadi va xona temperaturasida nisbatan kichik bosimga ega. Kremniyli ishchi suyuqliklar asosan ishchi kamera atmosferaga tez-tez ochiladigan qurilmalarda ishlatiladi. Efirlarning narxi esa kremniy organik birikmali suyuqliklardan ham juda baland turadi. Shuning uchun ular, maxsus tajribalar uchun o'ta yuqori vakuum olishda ishlatiladi. Simob asosidagi nasoslar esa, simobli to'g'irlagichlarda vakuum hosil qilish uchun ishlatiladi.

2.2. ION-SORBSION NASOSLAR, ISHLASH PRINSIPI VA ASOSIY PARAMETRLARI.

Ion – sorbsion so'rishlarda ikki usuldan foydalaniladi:

1. Elektr maydoni yordamida ionlarni qattiq jism xajmiga kiritishga asoslangan.
2. So'rilayotgan gaz zarralarini aktiv metallar qatlami bilan ximik ta'sirlashuvidan iborat.

Ion so'rishda, energiyasi katta bo'lgan zaryadli zarralar qattiq jism sirtiga urilib, uning ichida joylashib qoladi. 15- rasmda vakuum kamerasi ichida joylashgan qalinligi $2R$ bo'lgan cheksiz aktiv qatlam ichidagi ionlar konsentrasiyasining (atomlar konsentrasiyasi) taqsimoti berilgan.



15 – rasm.

Solishtirma geometrik so'rish tezligini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$S_E = \frac{\mu N_+}{n} = \frac{\mu i_+}{nq} \quad (24)$$

(24) formulada μ - ionlarning kiritish koeffitsiyenti.

$N_+ = \frac{\mu i_+}{nq}$ – yuzani bombardimon qilish chastotasi

i_+ – ion tokining zichligi

q – elementar elektr zaryad

n – gaz molekulalarining konsentratsiyasi

Kiritilish koeffitsiyenti ionlarning qisman qaytishi va sochilishini e'tiborga oladi. Shuningdek. Jism haroratiga kuchli bog'liq bo'ladi.

$$\mu = f(T) \quad (25)$$

Biroq μ – ion tokining zichligi va maydon kuchlanganligiga zaif bog'langan, maksimal kiritilish koeffitsiyenti birga teng bo'lib, titan va sirkoniy qatlamlarida mos

ravishda 300 va 500 K da kuzatiladi. Ion soʻrilishidagi aktiv qatlamda erigan gazlar konsentrasiyasini quyidagi munosabatlardan aniqlash mumkin.

$$\mu N_+ = N_1 + N_2 \quad (26)$$

Mos ravishda

$$N_1 = D \left[\frac{ds}{dx} \right]_1; \quad N_2 = D \left[\frac{ds}{dx} \right]_2 \quad (27)$$

dan aniqlanadi. Bunda D – diffuziya koeffitsiyenti,

$$\left[\frac{ds}{dx} \right]_1 \text{ va } \left[\frac{ds}{dx} \right]_2 - \text{konsentratsiya gradiyentlari}$$

$$\left[\frac{ds}{dx} \right]_1 = \frac{S_{max} - S_0}{h}; \quad \left[\frac{ds}{dx} \right]_2 = \frac{S_{max} - S_0}{2R - h} \quad (28)$$

Munosabat boʻyicha aniqlab, (26) ifodaga qoʻysak va $h \ll 2R, N_2 \approx 0$ deb

$$S_{max} = S_0 + \frac{\mu N_+ + cE}{D} \quad (29)$$

tenglamasini aniqlaymiz.

Yuqoridagi ifodalarda $h = cE$ boʻlib ionning kirish chuqurligi, Ye - maydon kuchlanganligi, s – proporsionallik koeffitsiyenti. S va S_{max} – yutilgan gaz zarralarining boshlangʻich va maksimal konsentrasiyasi. S –doimiy kattalik boʻlib eng yengil gazlar uchun ham $s = 1,0 \text{ nm /kv}$. Agar (29) – ifoda boʻyicha hisoblangan S_{max} metallarda erishi mumkin boʻlgan biror kritik konsentrasiyadan oshib ketsa «Blister effekti» kuzatiladi, yaʼni $S_{max} > S_k$.

Metallarda darz ketish (sinish) yuzaga keladi. Metalldagi ortiqcha gaz molekulalari biror yerga yigʻilib, «pufak»chalarni hosil qiladi va shu yerda metallni buzilishi sodir boʻladi. (29) – ifodadan foydalanib yuza birligida yutilgan molekulalarning umumiy sonini hisoblash mumkin.

$$N = \frac{(S_{max} - S_0)}{R} \quad (30)$$

Odatda ion soʻrish jarayonida aktiv metall atomlari nasos devorlari va elektrodlariga borib joylashadi va aktiv yupqa qatlamni hosil qiladi. Shu qatlam endi nasos

xajmidagi gaz molekulari bilan kimyoviy birikadi. So'rishning xemoosorbsion usuli yuzaga keladi. «So'ruvchi» qatlamning aktivligi adsorbsiya issiqligi hisoblanadi. Turli gazlar uchun ushbu kattalik turlichadir. Inert gazlardan boshqa barcha gazlar xemoosorbsiya xisobiga so'riladi. Aktiv metallar inert gazlarni deyarli yutmaydi va bu gazlar ion-so'rish hisobiga yutiladi. Aktiv nurlanuvchi metallarga Ti, Zn, Mo, Hf, Er kiradi. Ion sorbsion so'rishda asosan Ti, Zr va Ta dan foydalaniladi. Ti qatlamining turli gazlar uchun so'rish tezligi 1 – jadvalda keltirilgan.

1 – jadval

Gazlar	Yutish xajmi, m ³ Pa/mg
H ₂	8·10 ⁻²
O ₂	6·10 ⁻³
N ₂	7·10 ⁻⁴
CO ₂	10·10 ⁻³
CO	10 ⁻³
H ₂ O	7·10 ⁻⁴

Aktiv plenka qatlamining gaz zarralarining yutishi xajmiy va sirt bo'yicha bo'lishi mumkin. Sirt bo'yicha so'rish past temperaturalarda, xajm bo'yicha so'rish yuqori temperaturalarda kuzatiladi. Masalan, N₂, O₂, CO, CO₂ gazlari T>1000 K dan boshlab titan plenkasiga hajm bo'yicha yutiladi. Juda past temperaturada hosil qilingan Ti qatlami (suyuq havo 77 K) «g'ovakli» strukturani hosil qiladi va katta so'rish tezligi bilan xarakterlanadi.

2.3. MAGNITORAZRYAD NASOSLAR KONSTRUKSIYASI ASOSIY PARAMETRLARI VA ISHLASH PRINSIPI

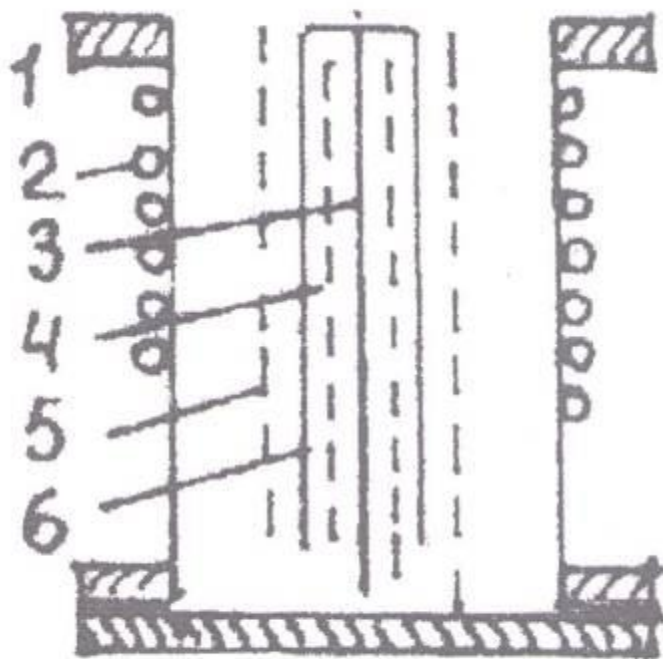
Ion-sorbsion nasoslarni ikki turga bo'lishimiz mumkin. O'z-o'zini boshqarmaydigan nasoslarda parlanuvchi va o'z-o'zini boshqaruvchi nasoslar. O'z-o'zini

boshqarmaydigan nasoslarda parlanuchi aktiv metall (Ti) tejalmaydi. Vakuumdanda qat'iy nazar bir xil miqdorda sarf bo'laveradi (Past vakuum va yuqori vakuum).

O'z-o'zini boshqaruvchi nasoslarda esa aktiv ishchi jism vakuum yaxshilanishi bilan tejaladi, ya'ni past vakuumda ko'p sarf bo'lsa, yuqori vakuumda kamroq parlantiriladi. Quyida o'z-o'zini boshqarmaydigan nasos bilan tanishib o'tamiz.

1. Konstruksiyasi va ishlash prinsipi.

Katoddan chiqqan elektronlar parlatkichga va diod to'riga tezlashadi. Anod – katod orasiga bir necha yuz volt kuchlanish beriladi. Elektronlar oqimi bir paytda aktiv metallni qizdiradi va gaz molekulalarini ionlashtiradi. Parlangan titan atomlari nasos devorlariga va anod to'riga joylashadi. Ionlashgan gaz aktiv qatlama so'riladi.



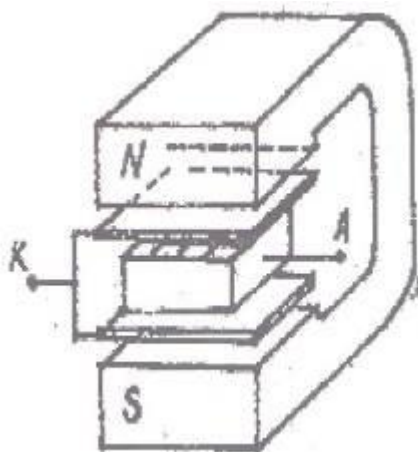
16-rasm. Sorbsion nasos sxemasi. 1-kirish flansi, 2- sovitgich, 3-parlatgich (Ti), 4-to'r(boshqaruvchi), 5-anod to'ri, 6- katod. 4 - jadvalda getter - ionli nasoslar xarakteristikasi keltirilgan.

O'z-o'zini boshqaruvchi nasoslar. O'z-o'zini boshqaruvchi nasoslarda aktiv metallning parchalanish tezligi nasosning o'zi tomonidan boshqariladi.

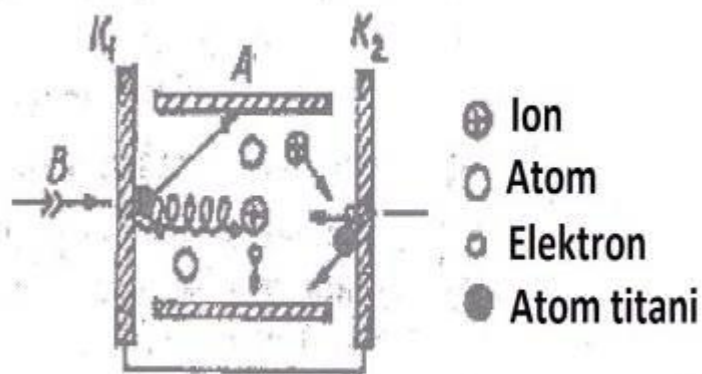
4-jadval.

Tartib raqami	Parametrlari	Nasos tiplari		
		GIN 0,5M1	GIN-2	GAN-5
1	So'rish tezligi, $P=10^{-6}-10^{-4}$	450	1800	4500
2	Olish mumkin bo'lgan bosim, Torr.	$5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-9}$
3	Nasosning ishga tushirish bosimi, Torr.	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}
4	Suv sarfi, l/soat	300	300	600
5	Kirish flansi diametri, mm	160	260	500
6	Nasos og'irligi, kg	36	100	216

1. Konstruksiyasi



17 – rasm.



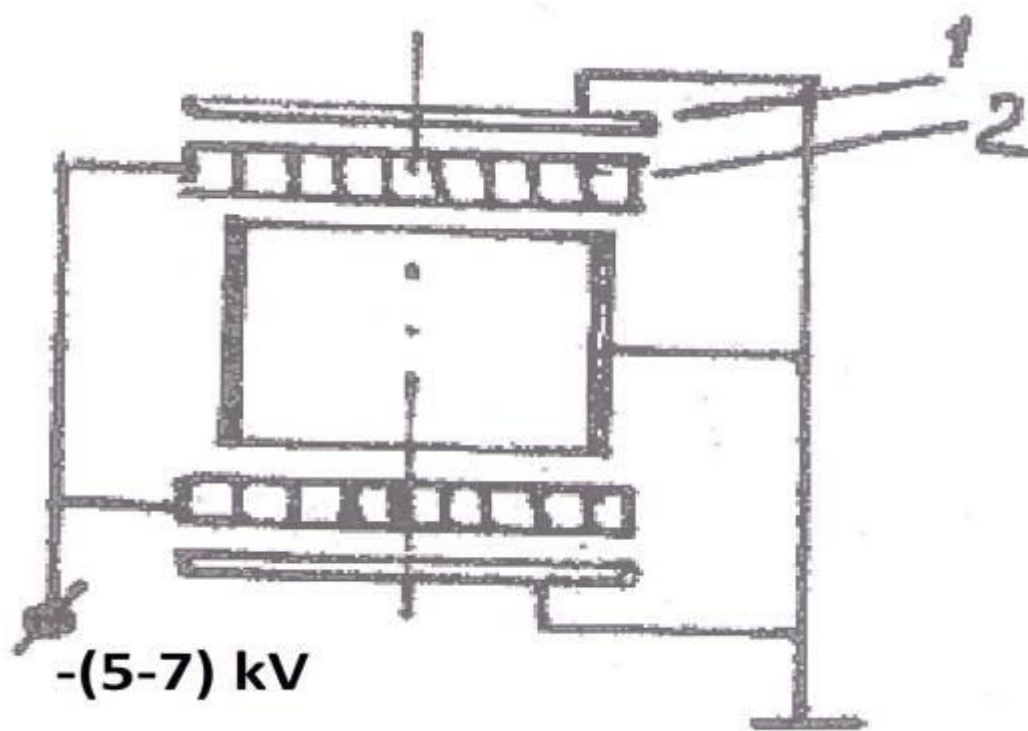
18 - rasm

2. Ishlash prinsipi.

Katta elektr maydoni ta'sirida katoddan avtoelektronlar ajralib chiqadi. Elektronlar katta tezlikda anolga tomon harakat qiladi va yo'l-yo'lakay gaz molekulalarini

ionlashtiradi. Ionlashgan gaz zarralari aktiv metall dan yasalgan (Ti) katodni bombardimon qiladi va yangi elektronlar oqimini vujudga keltiradi (17-rasm).

Magnit maydon kuchlanganligi shunday tanlanadiki, elektron trayektoriyasi radiusi anod radiusidan kichik bo'lishiga erishiladi. Bu esa ionlar sonini keskin ortishini ta'minlaydi. Magnit maydonda kam og'gan musbat ionlar katodga buriladi va aktiv metallni parlantiradi. O'rtacha olganda bitta ion bitta aktiv metall atomini urib chiqaradi. Shuning uchun aktiv metall atomlarining parchalanishi vakuumga bog'liq bo'lib qoladi va nasos o'z-o'zini boshqarish rejimida ishlaydi. Parlangan metall atomlari asosan anodga borib o'tiradi. Aktiv gazlar kimyoviy birikma holida so'riladi. Inert gazlarda ion so'riladi. Aktiv metallning «effektiv» so'rishini amalga oshirish uchun katod yuzasi «tishsimon» ko'rinishda tayyorlanadi.



19-rasm

Boshqa tur nasoslar kabi magnitorazryad nasoslar gazlarni tanlovchanlik xususiyatiga ega. Masalan, magnitorazryad nasos azotga nisbatan vodorodni 3 marotaba katta tezlikda, kislorodni esa 2 barobar kichik tezlikda so'radi. Inert gazlarni so'rishda

ikkita elektrodli magnitorazryad nasoslar azotga nisbatan so'rish tezligi geliy uchun 10 %, neonni 4% va krepton va ksenon gazlari uchun 1-2% ni tashkil etadi.

Odatda ikki elektrodli magnitorazryad nasoslar argon gazini so'rishda tezda nostabillikka erishadi. Nasos qizib ketadi. Vaqti-vaqti bilan katod materialiga singib ketgan argon atomlari nasos xajmiga qaytib chiqadi va vakuumning o'zgarib turishiga olib keladi.

Amalda inert gazlarning so'rish tezligini oshirish uchun uch elektrodli magnitorazryad nasoslardan foydalaniladi. Bunday tur nasoslarda nasos devorlari uchinchi elektrod vazifasini bajaradi(19-rasm). Nasoslar magnit sistemalari turli qotishmalardan tayyorlanadi. Masalan, 2 BA, 3 BA (ferrit-bariy), kobalning temir bilan birikmasi – YuNDK 35G5 va kobaltning samariy bilan birikmasi.

Yuqorida qayd qilingan magnit sistemalarini 150 va 500⁰S temperaturagacha qizdirish mumkin. Magnitorazryad nasoslar yordamida olinishi mumkin bo'lgan bosim 10^{-8} - 10^{-9} Pa ga teng. Ushbu tip nasoslarni 10^{-1} Pa bosimdan ishga tushirish mumkin. Odatda, nasos elektrodlariga yog' parlarining o'tirishi nasosning so'rish tezligini keskin kamaytiradi.

Shuning uchun dastlabki bosim seolit nasoslari yordamida hosil qilinadi. 5-jadvalda vakuum texnikasida qo'llaniladigan magnitorazryad nasoslarining xarakteristikalarini keltiramiz.

5-jadval. Magnitorazryad nasoslarining xarakteristikalari.

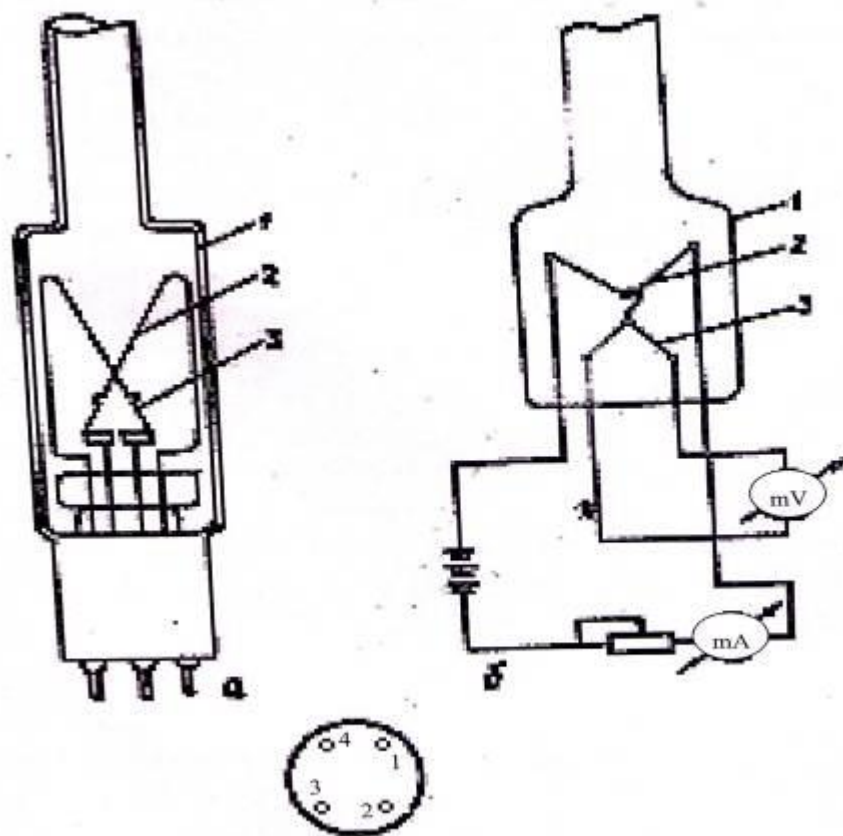
Tartib raqami	Parametrlari	Nasos tiplari		
		NMD-0,1	NMD-0,25	NMD-1
1	So'rish tezligi, l/s	110	250	1200
2	Ishchi bosim sohasi, Torr.	$5 \cdot 10^{-9}$ - 10^{-3}	$5 \cdot 10^{-9}$ - 10^{-3}	$5 \cdot 10^{-9}$ - 10^{-3}
3	Chegaraviy bosim, Torr.	$5 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-10}$
4	Ishga tushirish bosimi, Torr	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}

5	Kirish flansi diametri, mm	160	260	500
---	----------------------------	-----	-----	-----

2.4. VAKUUMNI O'LGHASH MONOMETRLAR

Vakuumdagi qoldiq gazlar bosimini o'lchash uchun bir nechta monometrlar mavjud. Biz asosan vakuum texnikasida ko'p ishlatiladigan termoparali va ionizatsiyali monometrlar bilan tanishamiz.

- 1) Termoparali monometrlar. Termoparali monometrning ishlash prinsipi ma'lum bosim orolig'ida gazlar issiqlik o'tkazuvchanligining gaz bosimiga bog'liqligiga asoslangan. Termoparali monometr yordamida $1 \cdot 10^{-3}$ Torr orolig'idagi qoldiq bosimni o'lchash mumkin. Lekin ayrim o'zgartirishlar kiritib, bu oroliqni har ikki tomonlama kengaytirish mumkin.



20 - rasm. a) LT-2 monometri va b) uning ulanish sxemasi:

1-kolba, 2-katod sim, 3- termopara, v)-sokolovkasi: 2 va 4- katod sim 1 (+) va 3(-) termopara. Bunday monometrning ko'rinishi va elektrik sxemasi 15-rasmda

ko'rsatilgan. Termoparali monometrlar LT-2 (shishali) va LT-4M (metalli) markalar bilan ishlab chiqiladi. LT-2 lampasida qizitgich sifatida diametri 0,1 mm li platina, termopara uchun esa xromel-kopel ishlatiladi. Lt-4M lampasida esa qizitgich sifatida nikel termopara uchun xromel-alyumel ishlatiladi. Bu yerda platinali va nikel simlar (katodlar) faqat issiqlik manbasi bo'lib xizmat qiladi. Manbalar ichida gaz bosimi o'zgarganda gaz issiqlik o'tkazuvchanligi o'zgaradi. Natijada simning temperaturasining o'zgarishini termopara nazorat qiladi. Bu o'zgarish issiqlik elektr yurituvchi kuch sifatida namoyon bo'ladi va uni zanjirga ulangan millivoltmetr qayd qiladi. Termopara ko'rsatkichini gradirovka qiladigan bo'lsak, u gaz bosimini beradi. Lampalar doimiy nakal toki rejimida ishlaydi, uni o'zgaruvchi qarshilik yordamida boshqariladi. Ishchi nakal toki, lampalarning tuzilishiga qarab 90-150 mA orolig'ida bo'ladi. Monometrlarning bosimini o'lchash chegaralari quyidagicha aniqlanadi.

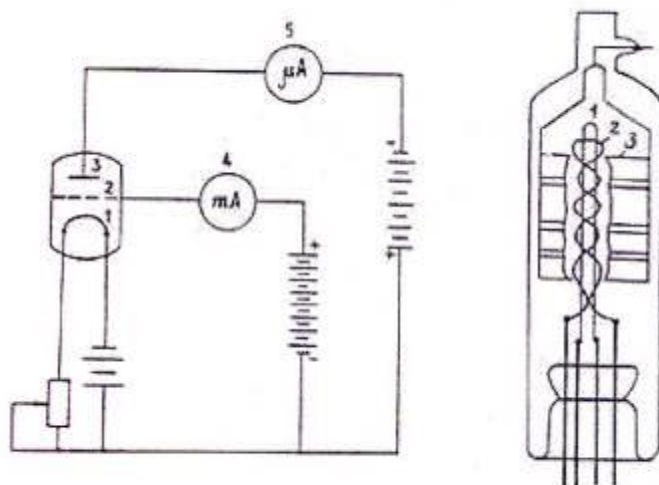
LT-2 lampasining nakal simi radiusi

$$r = \frac{1}{2} 10^{-4} m \quad (31)$$

ga teng. Agar molekulalarning o'rtacha erkin yugurish yo'li uchun $\lambda \gg r$ shart bajarilsa, gaz issiqlik o'tkazuvchanligi gaz bosimiga bog'liq bo'ladi. Agar $\lambda \ll r$ bo'lsa, monometr ishlamaydi, chunki bu holda issiqlik o'tkazuvchanlik gazning bosimiga bog'liq bo'lmay qoladi. Yuqori bosim chegarasini aniqlash uchun $\lambda_{min} = r$ shartni qabul qilish kerak, u holda

$$P_{max} = \frac{kT}{\sqrt{2\pi D^2 r}} = 1 \text{ Torr} \quad (32)$$

Bu yerda $D=3,74 \cdot 10^{-10}$ m azot molekulasining gazokinetik diametri $T=293$ K, k – Bolsman doimiysi. Termoparali monometrning past bosim chegarasi quyidagi muloxazalarga asoslangan. Platinali simdan (katod yoki nakal) elektr toki o'tganda, ajraladigan issiqlik quvvati faqat gazlar issiqlik o'tkazuvchanligi hisobiga emas, balki simli – metalli tutqichiga sirqishi hisobiga ham, nurlanish hisobiga ham kamayadi.



21-rasm.

Monometr (lampa) ichidagi gazning bosimi kamayishi bilan gazning issiqlik o'tkazuvchanligi kamayadi, natijada esa simning temperaturasi oshadi. Shuning uchun sirqish va nurlanish ham oshib va ularning yig'indisi, issiqlik o'tkazuvchanlikdagi yo'qotishdan katta bo'lib ketadi. Buning hisobiga simning temperaturasi o'zining maksimal qiymatiga erishadi va gaz bosimiga bog'liq bo'lmay qoladi. Bu LT-2 manometri uchun 10^{-8} Torr bosimga mos keladi.

b) elektronli-ionizasion monometr.

Elektronli-ionizasion manometrlar asosan 10^{-3} - 10^{-8} Torr qoldiq gazlar bosimini o'lchash uchun ishlatiladi. Bu tipdagi monometrlar LM-2 markali lampalarda. Bu lampa ko'rinishidan uch elektrodli lampaga o'xshaydi, lekin ishlash prinsipi jihatidan tubdan farq qiladi. LM-2 monometrining ishlash prinsipi gazlarning ionlashishiga va natijada ion toki, gazning bosimiga bog'liqligiga asoslangan. LM-2 monometrining tuzilishi va elektrik sxemasi 16-rasmda ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, LM-2 lampa bevosita katoddan va ionlar kollektoridan iborat. Katodlar shoxsimondir. To'r elektronlar uchun anod vazifasini bajaradi. Unga musbat 200 V kuchlanish beriladi. U volfram simdan yasalgan bo'lib, uning diametri 0,2 mm dir. To'rni gabsizlantirish uchun u qizdiriladi, shunda undan $I_0 = 3 A$ tok o'tadi. Ionlar kollektori silindr ko'rinishida bo'lib, ung manfiy -25 V kuchlanish beriladi. LM-2

lampaning volframli katodidan elektronlar chiqadi va anod – toʻr tomonga harakatlanadi. Elektronlarning bir qismi anod – toʻridan oʻtib anod bilan kollektor fazasiga tushib qoladi. Kollektorga manfiy potensial berilganligi uchun elektronlar kollektorga kelolmaydi va orqaga qaytadi. Shunday qilib toʻr – anod atrofida elektronlarning tebranishi sodir boʻladi va anodga tushguncha eng kamida 5 tadan ortiq tebranish sodir qiladi. Natijada elektronlarning gaz zarbasi tufayli gaz molekulalarining ionlashishi sodir boʻladi. Hosil boʻlgan musbat ionlar kollektor tomon harakatlanadi. Kollektorga yetib kelib, zanjirda ion tokini vujudga keltiradi. Ion toki elektron tokiga proporsional boʻlganligi uchun quyidagi tenglikni yozish mumkin.

$$I = SJ_0P \quad (33)$$

Bu yerda S – lampaning sezgirligi $\left[\frac{1}{\text{Torr}}\right]$.

Ion tokining bosimga bogʻliqligini toʻgʻri olish uchun, elektron tokni doimiy ushlab turilishi shart. LM-2 lampa uchun $I = 5mA$ dir. Bu tok emissiya toki deb ham ataladi.

$$I = KP \quad (34)$$

Bu yerda $K=SJ$ ga teng, bu lampa doimiysi deb ataladi. Elektronli monometrda bosim oʻlchashning yuqori chegarasi ikkita hodisaga asoslangan. Volfram katodning xizmat qilish muddati yuqori bosimda cheklangan, chunki 10^{-3} Torr bosimda va undan katta bosimda katod tezda changlanib ketadi. Bundan tashqari yuqori bosimda ion tokining bosimga chiziqli bogʻlanishligi buziladi, chunki gazlarning ionlashishida ikkilamchi elektronlar katta rol oʻynaydi. Hozirgi davrda volframli katod oʻrniga havoga chidamli iridiyli katod ishlatilmoqda. Bu katodning sirti ittriy oksidi bilan qoplangan boʻlib, 10^{-2} Torr bosimda 100 soat ishlaydi. Elektronli manometrlarning bosimi oʻlchash pastki chegarasi cheklanganligiga sabab, bosimga bogʻliq boʻlmagan holda, kollektor fon toki komponentalarining kattaligidir. Elektronlar toʻrda tormozlanishi natijasida yumshoq rentgen nurlarini vujudga keltiradi, bu rentgen nurlari esa kollektorda fotoemissiya hodisasiga sabab boʻladi. $I_F \gg I_i$ boʻlganda

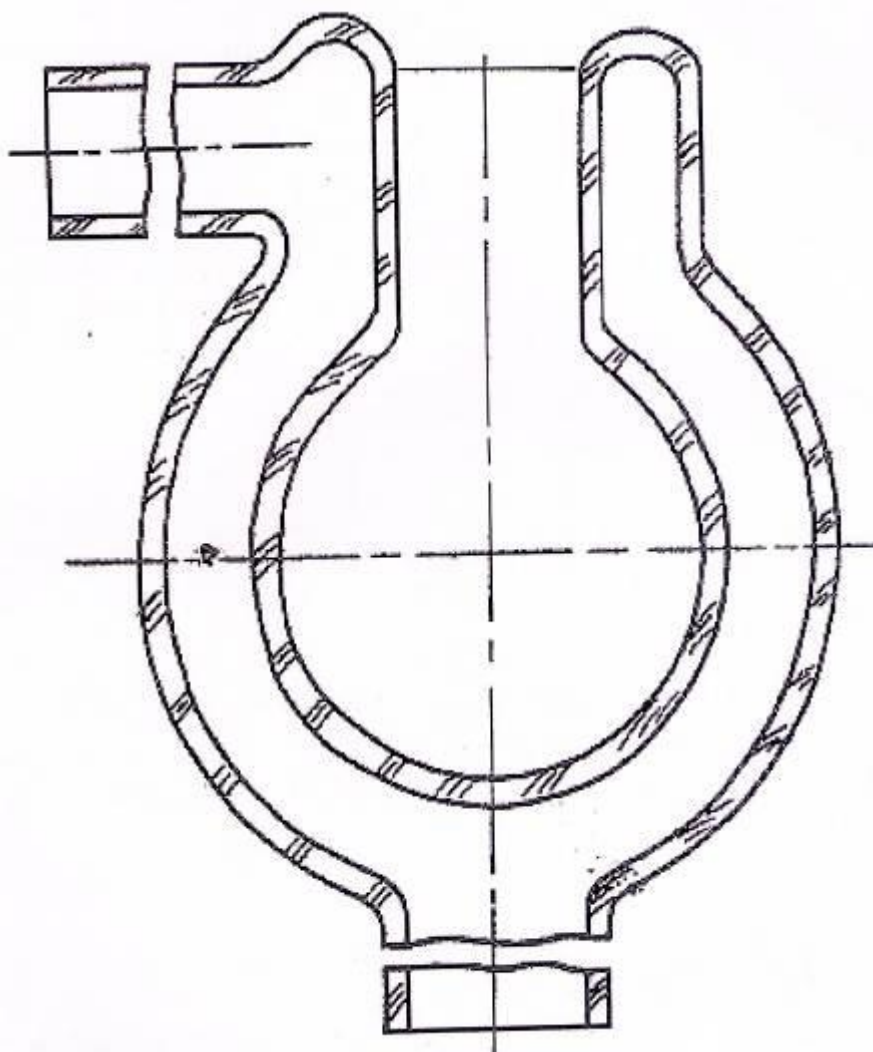
bosimning pasayishi monometrning ko'rsatkichiga ta'sir qilmaydi. Silindr kollektor, to'r nurlatgan hamma rentgen nurlarini qabul qiladi, shuning uchun pastki chegara ancha yuqori (10^{-7} - 10^{-8} Torr).

Hozirgi davrda esa monometr elektrodlarining joylashishiga o'zgarish kiritilgan. Katod tashqarisida, keyin to'r va nihoyat to'r ichida ingichka kollektor simi o'rnatilgan. Kollektor katod simlarga paralleldir. IM-12 monometri bunga misol bo'la oladi. Bu monometr qoldiq gaz bosimini 10^{-9} - 10^{-80} Torrgacha o'lchay oladi. Elektronli – ionizasion monometrlar vakuum hosil qilish xususiyatiga ham egadir. 2200 K temperaturada volframli issiq katod 1 sm^2 yuzasidan xemsorbsiya hisobiga kislorod bo'yicha so'rish tezligi 1 l/s bo'ladi. Natijada WO_3 oksidi hosil bo'ladi. Bundan tashqari fizikaviy adsorbsiya va ion so'rish ham katta rol o'ynaydi.

2.5. SOVITILUVCHI SHISHA TUTQICH

Vakuum qurilmalarida nasoslarning ishchi suyuqlik bug'larini kondensasiyalash va muzlatish uchun metall yoki shishali tutqichlar ishlatiladi. Sovitiladigan tutqichlar vakuum sistemasida yuqori vakuum olishning yordamchi vositasi sifatida qo'llaniladi. Laboratoriya sharoitlarida sharsimon o'tkazish qobiliyati katta standart shishali tutqichlardan foydalaniladi. Tutqich ichiga suyuq azot quyiladi. Uning temperaturasi -196°C dir. Sovitish maqsadida suyuq vodorod ishlatilsa ham bo'ladi, uning temperaturasi -253°C dir.

Sovitilgan tutqichlarning samaradorligi tutqich devorlari temperaturasining vaqt bo'yicha stabilligiga bog'liq. Tutqichdagi sovitgichni miqdori kamaysa, devor temperaturasi ko'tariladi, natijada oldin yutilgan gaz va bug'lar qaytadan vakuum sistemasining ishchi xajmiga o'tadi va gaz bosimining oshishiga sabab bo'ladi. Tutqichlarda suv yig'ilib qolmasligi uchu nish tugashi bilan tutqich ichidagi suyuqlikni olish kerak va darhol tutqichni quritish darkor. Shishali tutqichning ko'ri nishi 17-rasmda ko'rsatilgan.

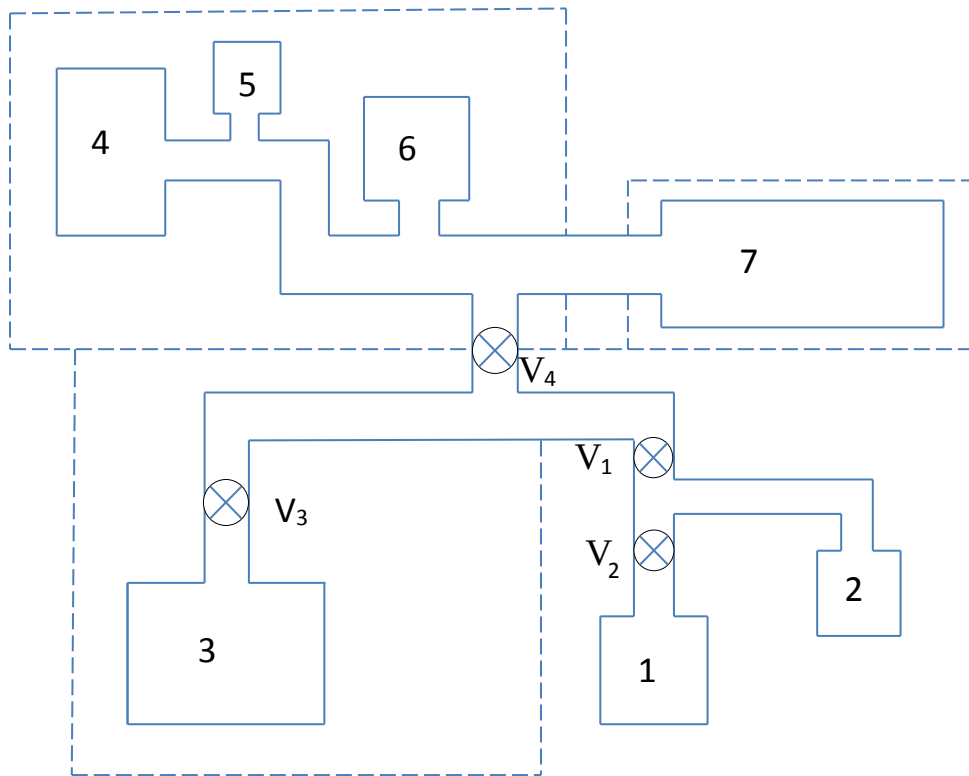


22-rasm. Shishali tutqich.

III – BOB. TADQIQOT NATIJALARI

3.1. VAKUUM QURILMASI VA VAKUUM OLISH.

Vakuum qurilmasining sxemasi rasmda keltirilgan.



23-rasm. Vakuum qurilmasining sxemasi.

1-mexanik nasos, 2-seolit nasos, 3-DMN, 4-SON I,II, 5- ionizasion monometr, 6 – IM -12, 7 – VPMS, 8 – V_1 , V_2 , V_3 , V_4 – ventellar

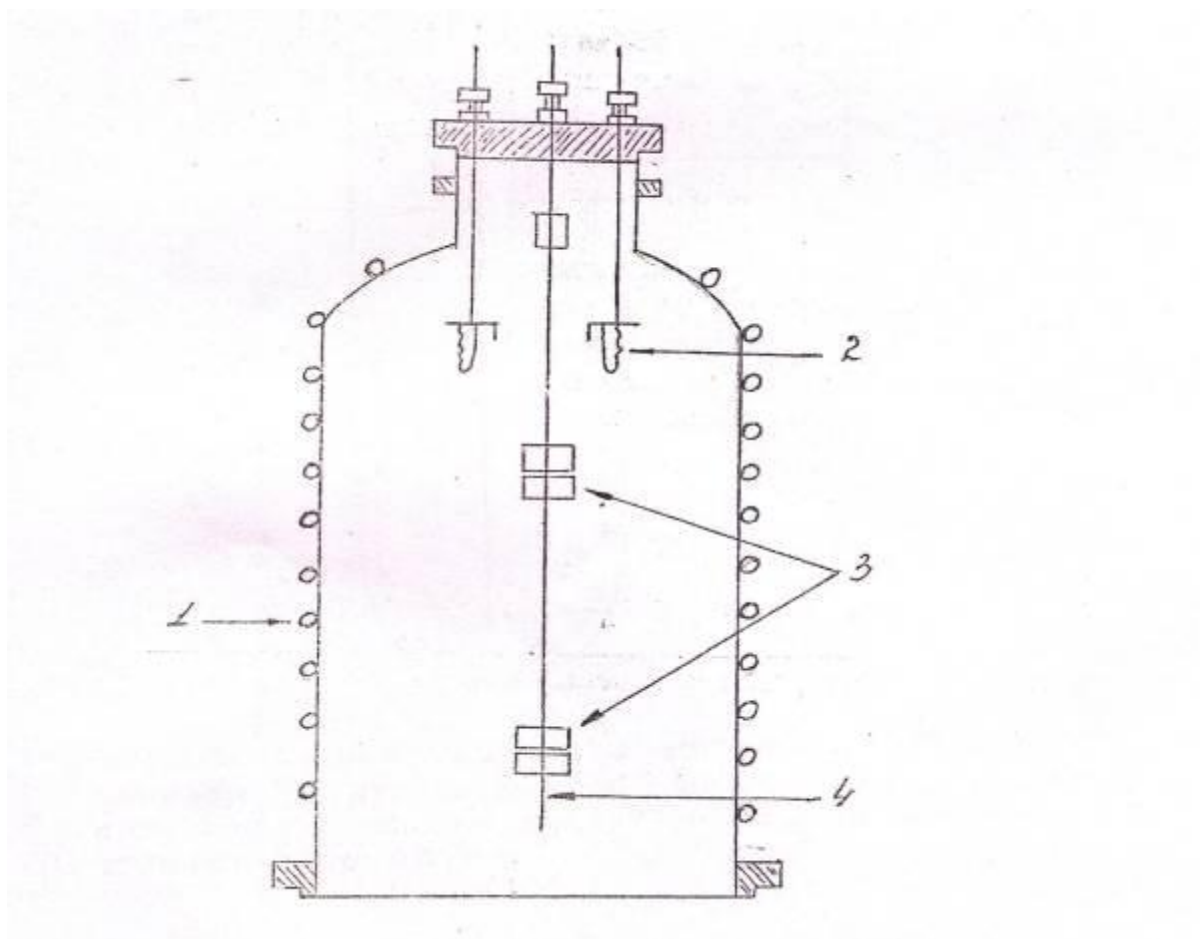
Mexanik forvakuum nasos – 1 yordamida dastlabki 10^{-2} - 10^{-3} Torr vakuum hosil qilinadi. Seolit nasos – 2 yordamida 10^{-7} Torr vakuum hosil qilinadi. Magnitorazryad nasos NMD – 2,5 – 3 yordamida 10^{-8} - 10^{-9} Torrgacha vakuum hosil qilinadi. V_1 , V_2 , V_4 , va V_3 metalli ventellar mos ravishda mexanik, seolit va magnitorazryadli nasoslarni sistemaga bog'lash yoki uzish uchun xizmat qiladi. Kerakli vakuum olingandan keyin V_4 metalli ventel yordamida ishchi asboblari va ishchi qism nasoslar sistemasidan ajratiladi. Ishchi qismda SON – 1 A nasosi termoparali manometr, ionizatsiyali manometr, IM – 12 monometri hamda qoldiq bosim tarkibini tahlil etuvchi MI – 1304 mass – spektrometrlari bo'ladi.

3.2. YUQORI VAKUUM OLISH.

Ishchi sistemada vakuum hosil qilish uchun V_1 , V_2 , V_4 , va V_4 ventellar ochiladi va mexanik nasos yordamida $10^{-2} - 10^{-3}$ Torr vakuum hosil qilinadi, bu vakuum LT-2 termoparali monometr yordamida o'lchanadi. Keyin esa V_1 ventel yopiladi. Sistemada vakuum hosil qilish seolit nasos yordamida amalga oshiriladi. Vakuum darajasi $10^{-5} - 10^{-6}$ Torr ga yetganda V_2 ventel berkitiladi va V_3 ventel ochilib, sistemadan vakuum hosil qilish magnit – razryadli nasos NMD – 2,5 yordamida amalga oshiriladi. Natijada vakuum darajasi $5 \cdot 10^{-7}$ Torr ga yetkaziladi. Hosil bo'lgan vakuum LM – 2 ionizasion manometr yordamida o'lchab boriladi. Keyin esa V_3 ventel yopilib, bir necha vaqt mabaynida qurilmaning nakal qismi, elektronlar manbasi, lampa turlari qizdiriladi. Vakuumni yaxshilash uchun, ishchi qism pechka yordamida $T=350^\circ\text{S}$ temperaturada 10 soat mabaynida qizdiriladi. Bu davrda hosil bo'lgan qoldiq gazlar oldin mexanik va seolit nasoslar yordamida keyin NMD – 2,5 yordamida so'riladi. Natijada ishchi qismda vakuum 10^{-8} Torr ga yetadi. Ishchi qismdagi hamma qismlarni chegarasizlantirilgandan so'ng vakuum $2 \cdot 10^{-9}$ Torr ga yetadi. Shundan so'ng V_4 ventel yopiladi. Ishchi sistemada vakuum suyuq azot bilan sovutiluvchi SON - 1A getter – ion nasos yordamida $5 \cdot 10^{-10}$ Torr ga yetkaziladi, osil qilingan vakuum esa IM - 12 ionizasion manometri bilan o'lchanadi.

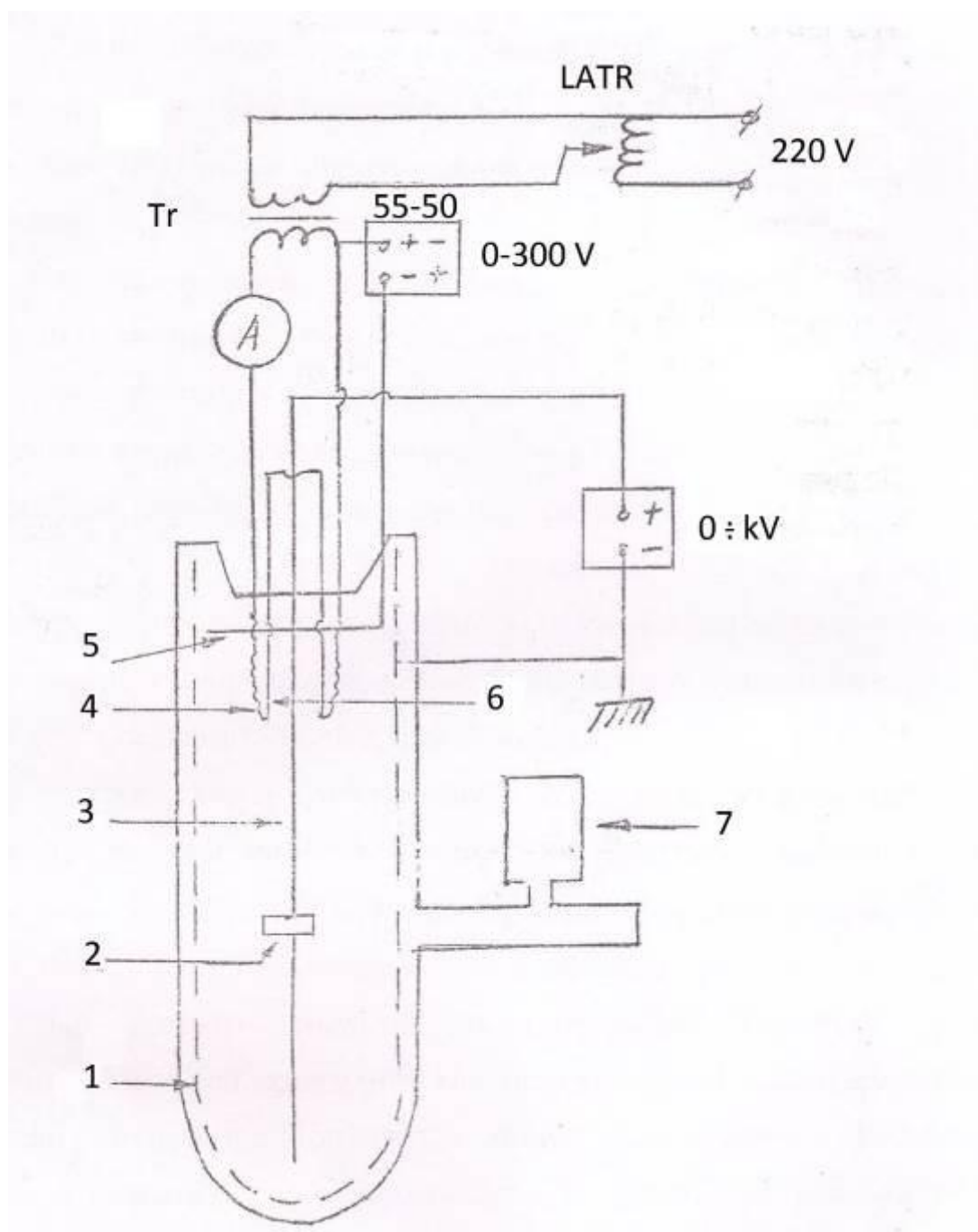
3.3. ORBITRON – GETTER – IONLI NASOSNING TUZILISHI

Nasosning tuzilishi va uning elektr sxemasi 2- rasmda ko'rsatilgan



24-rasm. Orbitron nasos.

1-Suv bilan sovutiladi, 2-katod, 3-Getter, 4-volframli sterjen

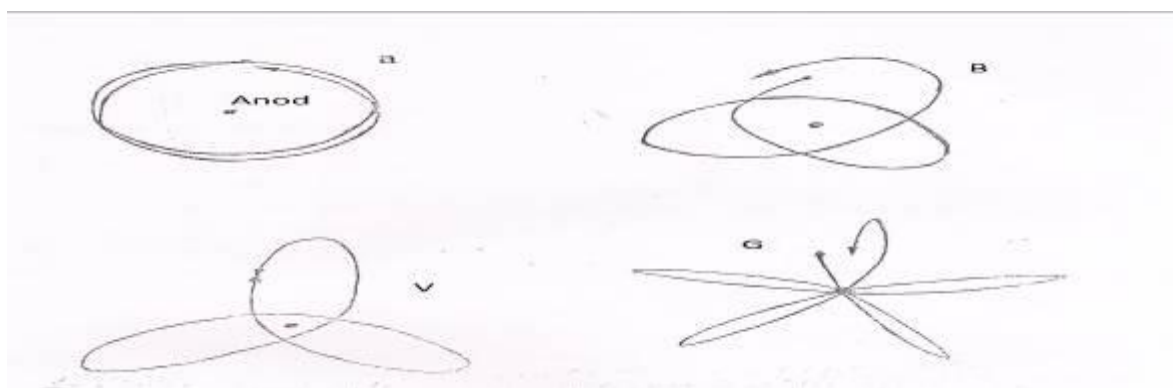


25-rasm. Nasos konstruksiyasi va uning elektrik sxemasi.

1-kollektor, 2-titanli xalqa, 3- volframli markaziy sterjen, 4-katod, 5-plastinka, 6-ekran, 7-ionizatsiyali monometr, TR –transformator, LATR. Katta bo'lmagan shishali nasos quyidagilardan tashkil topgan: 1-shisha ichki qismiga o'tkazuvchi qatlam sifatida SnO_2 purkalgan – kollektordan; 2 – titanli xalqadan; 3 – $d = 1 - 2 \text{ mm}$ bo'lgan volfram yoki molibdendan tayyorlangan markaziy sterjenli elektrod; 4 – $d=1,5 \text{ mkm}$ bo'lgan volfram simdan tayyorlangan katod; 5 – plastinka; 6 – katod tok

o'tkazuvchisi, u katod bilan anod o'rtasida joylashgan bo'lib ekran vazifasini bajaradi, ya'ni elektronlarni to'g'ridan – to'g'ri anodga tushishidan saqlaydi.

Nasosning korpusi yerga ulangan, markaziy elektrodga musbat potensial 8 kV gacha beriladi. Katodga nasos korpusiga nisbatan 50 – 250 V musbat kuchlanish beriladi. Katod shunday joylashtirilganki, elektronlarning ko'p qismi azimutal yo'nalish bo'yicha yetarlicha tezlik oladi, hamda uni evaziga markaziy elektrod yaqinidan o'tib orbita bo'ylab harakatlanadi. Ular nasos devoriga manfiy potensial berilgani uchun tusholmaydi, qachonki markaziy sterjenga urilgancha orbita bo'ylab harakatlanadi. Orbita bo'ylab harakatlanayotgan elektronlar ikki xil vazifani bajaradi. Tezliklari katta bo'lgani uchun titan xalqaga urilgan elektronlar titanni bug'lantiradi. Orbita bo'ylab harakatlangani esa, xajmdagi gaz molekulalari bilan to'qnashib, ularni ionlashtiradi. Ionlashgan molekulalar nasos devoridagi o'tkazuvchi qatlamga diffuziyalanadi, ularning ustiga uzluksiz bug'langan titan atomlari tushib mono qatlam hosil qiladi. Va bu qatlam keyingi ionlar qatlamidagi molekulalarni urib chiqarishga to'sqinlik qiladi. Elektron zarba tufayli titan xalqani qizdirish bir xilda davom etadi. Xalqa temperaturasi $T=1100^{\circ}\text{S}$ atrofida bo'lganda, xalqani ushlab turuvchi volfram sterjen qorong'u bo'ladi. Issiqlik ajralishi deyarli titan xalqada sodir bo'ladi. Elektronlar manbasi



26 – rasm. Orbitron nasos elektrostatik maydon ta'sirida elektronlarning orbitalar bo'yicha harakati a, b, v, g –katod va anod orasidagi potenciallar ayirmasi bilan farqlanadi. Adabiyotlarda orbitron – getter – ionli nasoslarning bir nechta modifikatsiyasi va ularning asosiy kreteriyalari keltirilgan bo'lsa ham, lekin ularning geometrik o'lchamlari keltirilmagan. Shuning uchun biz nasosning anod, katod va

titan xalqaning o'lchamlariga baho berishni lozim topdik. Nasosning optimal variantini topish uchun, biz uchta nasosning asosiy xarakteristikasi bilan tanishdik va ularning o'lchamlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

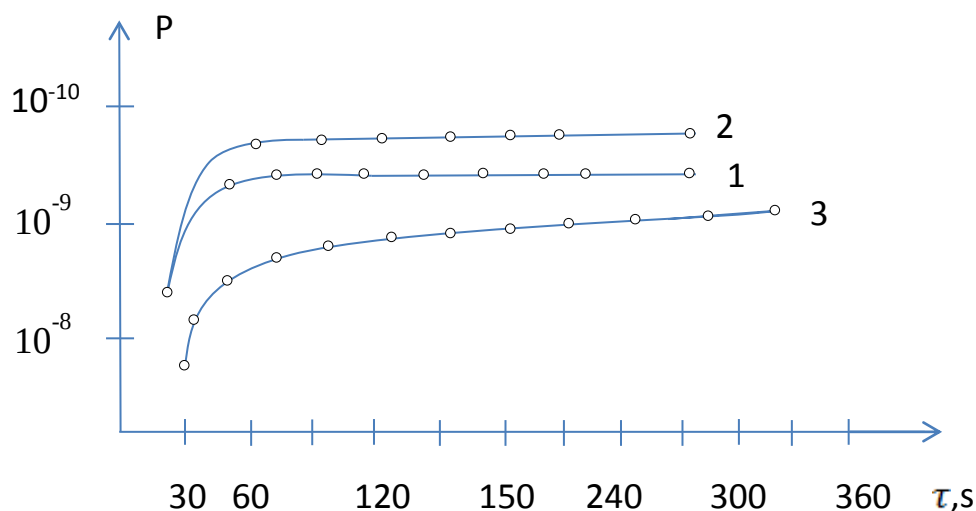
№	Nasos turlari	1	2	3
		W	W	Mo
1	Anod	$\varnothing 1,0 \text{ mm}$	$\varnothing 1,1 \text{ mm}$	$\varnothing 1,2 \text{ mm}$
2	Katod	$\varnothing 150 \text{ mkm}$	$\varnothing 150 \text{ mkm}$	$\varnothing 150 \text{ mkm}$
3	Ekran	Kengligi 4 mm va ba	Cheti va tepasidan	Kengligi 4 mm va
4	Titan xalqasi	landligi 35 mm bo'l	egilgan, kengligi 10	balandligi 35 mm
5	Katod	gan yarim silindr	mm va balandli gi 28	bo'lgan yarim
5	Qizdirgich		mm bo'lgan pla stilin	silindr
	ning toki	$\varnothing 1,2 \text{ mm } \varnothing 8 \text{ mm}$ <i>xalqa sim</i>	$\varnothing 1,1 \text{ mm } \varnothing 8 \text{ mm}$ <i>xalqa sim</i>	$\varnothing 1,1 \text{ mm } \varnothing 8,5 \text{ mm}$ <i>xalqa sim</i>
6	Anod	2,25 A	2,25 A	2,3 A
	kuchlanishi	4,2 kV	4,0 kV	4,6 kV

NASOSLARNI ISHGA TAYYORLASH VA ULARDA

TAJRIBALAR O'TKAZISH

Nasos qismida xajm lampa va ularning turlari 10^{-8} Torr vakuumga erishilgandan so'ng, nasoslarning o'zlarini gazsizlantirish boshlanadi. Buning uchun $5 \cdot 10^{-8}$ Torr dan kam bo'lmagan vakuumda hamma katodlar ishchi temperaturadan yuqorida qizdiriladi. $1 \cdot 10^{-8}$ Torr vakuum bo'lguncha kuzatiladi. Keyin 26 – rasmda ko'rsatilganidek, nasosga elektr manbalar ulanadi, hamda nasosning anod va ekran qismi gazsizlantiriladi. Katod va anod, katod va ekran hamda katod va kollektor o'rtasidagi kuchlanishni o'zgartirish bilan anod uzunligi bo'yicha elektronlar zichliklari ko'chiriladi. Bu nasos katta quvvatlarda qizdirishning qizil chegarasida yaqqol ko'zga tashlanadi. Bu holda vakuum $5 \cdot 10^{-8}$ Torr dan kam bo'lmaydi, gazsizlantirishni $1 \cdot 10^{-8}$ Torr dan kam bo'lmagan vakuumda tamomladik. Keyin esa

titan xalqani optimal qizdirish rejimiga qo'ydik. Bu holda titan xajmidan gazlarning vakuumga chiqishi kuzatiladi. Agar titanning bug'lanishi $1-2 \cdot 10^{-8}$ Torr vakuumda sodir bo'lsa, u holda nasos suyuq azot bilan sovitilsa ham so'rish qobiliyatiga ega ekanligi kuzatiladi. Bunga asoslanib, nasoslarning optimal rejimini aniqlash mumkin. Jadvaldan ko'rinib turibdiki, nasoslarning optimal rejimiga katod va anod radiuslarining o'lchamlari ta'sir etar ekan. Nasoslarning so'rish xarakteristikasini o'rganish uchun, nasoslarni Dyuar idishiga kiritdik va idishga azot quydik, keyin esa V_4 ni berkitdik. Bu holda sistemada vakuum $4 \cdot 10^{-9}$ Torr edi. Vakuum $1 \cdot 10^{-8}$ Torr gacha kamaydi. Orbitron nasosni so'rish rejimiga keltirdik. Bu holda olingan natijalar 5-rasmda keltirilgan hamma nasoslar ham $5 \cdot 10^{-10}$ Torr vakuum hosil qilgani ma'lum bo'ldi.



27-rasm. So'rish vaqtiga bog'liq holda bosimning o'zgartirish grafiklari
1-nasos, 2-nasos, 3-nasos.

ORBITRON GETTER-ION NASOSLARNING AFZALLIKLARI

1. Kichik qizdiriladigan xajmlarda 10^{-12} Torr bosimdan kam vakuum olish.
2. Ixchamligi.
3. So'rish tezligining doimiyligi.
4. Magnit maydonining yo'qligi.

5. Ifloslantiruvchi kirishmalarning yo'qligi. Shu jumladan, shishali orbitron getter-ionli nasoslarning afzallik tomonlari quyidagilardan iborat:

1. O'lchamlari: nasos xajmi metalli nasosdan bir necha marotaba kichikligi
2. Tayyorlash usuli soddaligi
3. Tajribada yaqqol ko'zga ko'rinadigan fizik hodisalarni kuzatish mumkinligi;
 - a) getter temperaturasining o'zgarishi
 - b) elektronlar trayektoriyasining o'zgarishi

SHISHALI ORBITRON GETTER-ION NASOSLARDA ISH BAJARISH

TARTIBI

1. Nasosga elektr sxemaning to'g'ri ulanganligini tekshirish.
2. Vakuummetrni ulash va ishchi rejimga tushgandan so'ng, nasosdagi qoldiq gazlar bosimini o'lchash, bu holda bosim 10^{-8} Torr dan kam bo'lmasligi kerak.
3. Nasosni dyuor idishga joylashtiring, bu holda nasos va dyuor devorlari bir-biriga tegmasligiga e'tibor bering.
4. Dyuor idishga suyuq azot solinadi va to'la qaynash to'xtaguncha to'ldiriladi. Doim suyuq azot bo'lib turishiga e'tibor berish kerak.
5. Nasos sovigandan keyin, ya'ni kriogen so'rishdan keyin bosimni o'lchash va qayd etish kerak.
6. Katodlarga elektr manbaini ulab nakal toki 2,2 A oshmasligiga e'tibor berish kerak.
7. Sistemada hosil bo'lgan vakuumni o'lchab, qayd etish kerak.
8. Asbob shkalalari nolda turganligiga ishonch hosil qilgandan so'ng, yuqori kuchlanish manbasi blokini va ekranga siljish kuchlanishi beradigan manba blokini yoqish kerak va 10 minut mabaynida asboblarni qizdirishga imkon berish zarur. Keyin esa 4 kV yuqori kuchlanish va 350 Volt siljish kuchlanishi beriladi.
9. 10 minut mabaynida har ikki minutda sistemadagi bosimni qayd etib turish kerak
10. Yuqori kuchlanishni har 200 V dan o'zgartirib, nasosning optimal holatini, ya'ni eng kichik bosim hosil qilishini topib, natijalarni qayd etish kerak.

11. Katod tok nakalini o'zgartirish bilan (2,3 A dan oshmasligi kerak) ham eng kichik bosimni toppish va qayd etish darkor.

ASOSIY XULOSALAR

1. Shishali orbitron getter-ionli nasoslar yordamida 10^{-11} Torr bosimdan kichik vakuum hosil qilish mumkin ekan.
2. Yuqori vakuum olishda nasosning katod, anod va markaziy volfram sterjen va kollektorlarning o'lchamlari katta ahamiyatga ega.
3. Nasos samarali ishlashi uchun uning qismlari va detallarini to'liq gazzizlantirishni talab etadi.
4. Anoddagi qizdirilgan dog'ni siljitishga qarab maydon o'zgarishi bilan elektron trayektoriyasining o'zgarishini kuzatish mumkin.
5. Getterdagi yorug'lik o'zgarishiga qarab titanning changlanish optimal temperaturasini tanlash mumkin.

Orbitron getter- ionli nasoslarning shishali varianti laboratoriya sharoitida talabalar tomonidan eng zamonaviy yuqori vakuumli qurilma sifatida o'rganishi mumkin va undan sodir bo'ladigan fizik jarayonlarni ko'rgazma namoyishi sifatida qo'llasa bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ya. Grashovskiy. Texnika visokogo vakuuma. Izd. Rossiya, 1975 g.
2. B.I. Korolev, B.M. Kuznesov, A.I.Pipko, V.Ya. Pliskovskiy. Osnovi vakuumnoy texniki, M.; 1975 g.
3. T.A.Voronchev, V.D.Sobolev. Fizicheskiye osnovi elektrovakuumnoy texniki. Izd., Rossiya, 1967 g.
4. A.I.Pipko, V.Ya. Pliskovskiy, Ye.A.Pechenko. Konstruirovaniye i raschet vakuumnix sistem. Izd., Rossiya, 1970 g.
5. Deshman S., Nauchniye osnovi vakuumnoy texniki, per.s ang., M.; 1964
6. Groshkovskiy Ya., Texnika visokogo vakuuma, per. s pols., M.; 1975
7. Trendelenburg E., Sverxvisokiy vakuum., per. s nem., M.; 1966
8. Sverxvisokiy vakuum v radiasionno-fizicheskoy apparatostroyenii, pod red. G. L. Saksaganskogo, M.; 1976.
9. Lekh Dj., Izmereniye davleniya v vakuumnix sistemax, per. s ang., M.; 1966.
10. Vostrov G. A., Rozanov. L. N., Vakuummetri, M.; 1967
11. Nichiporovich G. A. Vakuummetri, M.; 1977.
12. Pauer B. D., Visokovakuumniye otkachniye ustroystva, per. s ang., M.; 1969.
13. Pipko A. I. Osnovi vakuumnoy texniki, M.; 1981.
14. Shumskiy K. P. Vakuumniye apparaturi i pribori ximicheskogo mashinostroyeniya, M.; 1974.
15. Kontor E. I. Getterniye i ionno-getterniye nasosi M.; 1977.
16. Vasilyev. G. A. Magnitorazryadniye nasosi. M.; 1970.
17. Minaychev V. E, Vakuumniye krionasosi, M.; 1976.

18. Lvov B. G, Shuvalov A. S. Texnicheskoye obljivaniye novoy vakuumnoy komutasionno-reguliruyushyey apparaturi, M.; Visshaya shkola, 1987.
19. Vakuumnaya texnika. Spravochnik / Pod redaksiyey Frolova E. S, Minaycheva B. E. –M.; Mashinostroyeniye, 1985.
20. Zakirov F. G, Nikolayev E. A. Otkachnik-vakuumshik.-M.; Visshaya shkola, 1983.
21. <http://www.tako-vakuum.ru>
22. Lvov. B. G, Shuvalov A. S. Texnicheskoye obljivaniye novoy vakuumnoy komutasionno-reguliruyushyey apparaturi, M.; Visshaya shkola, 1987.
23. Vakuumnaya texnika. Spravochnik / Pod redaksiyey Frolova E. S, Minaycheva B. E. –M.; Mashinostroyeniye, 1985.
24. Zakirov F. G, Nikolayev E. A. Otkachnik-vakuumshik.-M.; Visshaya shkola, 1983.
25. <http://www.tako-vakuum.ru>