

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI
ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

ISSIQLIK TEXNIKASI

fanidan laboratoriya ishlari to‘plami

USLUBIY QO‘LLANMASI

Toshkent 2014

«Issiqlik texnikasi» fanidan laboratoriya ishlari to'plami uslubiy qo'llanmasi. Umarjonova F.Sh., Isaxojayev X.S., Mavjudova Sh.S., Alimova L.O., Axmatova S.R.- Toshkent, ToshDTU. 2014.- 94 b.

“Issiqlik texnikasi” fanidan bosim va harorat, issiqlik sig'imi, nam havo parametrlari, issiqlik o'tkazuvchanlik, erkin va majburiy konveksiya, qaynashda issiqlik berish va kompressor mavzulari bo'yicha laboratoriya ishlari keltirildi.

ToshDTUning barcha yo'nalishlari bakalavriat talabalariga mo'ljallangan.

«Issiqlik energetikasi» kafedrası

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga binoan chop etildi.

Taqrizchilar:

A.I.Anarboyev

A.Badalov

O'zR FA Energetika va avtomatika ITI
laboratoriya mudiri, t.f.n.

ToshDTU EMKT kafedrası
dotsenti, t.f.n.

I qism

TERMODINAMIKA

1 - laboratoriya ishi

BOSIM VA HARORATNI O'LGHASH ASBOBLARI

I. BOSIMNI O'LGHASH ASBOBLARINING TUZILISHI VA ISHLASH USULI

1. NAZARIY QISM

Bosim deb, birlik yuzaga tik ta'sir etuvchi kuchga aytiladi.

SI o'lchov birliklar sistemasiga asosan kuch Nyuton (N), yuza esa m^2 o'lchangani uchun bosim birligi $1 N/m^2$ – bu birlik Paskal (Pa)ga teng. 1 Pa unchalik katta bo'lmagani uchun texnikada kPa va MPa ishlatiladi.

1 kPa (kilopaskal) = 10^3 Pa

1 MPa (Megapaskal) = 10^6 Pa.

Bu birliklardan tashqari bar ishlatiladi, bu bosim atmosfera bosimiga yaqin bo'lgan bosimdir.

Bosim o'lchashda suyuqlik (simob yoki suv) bilan to'ldirilgan suyuqlik manometrlarida bosim birligi mm sm.ust. va mm suv.ust.dir.

Bosim o'lchov birliklaridan yana biri $1 kg.kuch/sm^2$ (kgK/cm^2) yoki boshqa ko'rinishda quyidagicha yoziladi: kg/sm^2 , $1 kg/sm^2 = 1 at$ bu texnik atmosfera deyiladi.

Bosim o'lchov birliklari orasida quyidagicha bog'lanish bor:

1 MPa = 10 bar = 10,2 at;

1 at = $1 kg/sm^2 = 10^4$ mm suv.ust.;

1 atm = 101,325 kPa = 760 mm sim.ust.=10333 mm suv ust.

1 bar = 10^5 Pa

Fizik atmosfera (1 atm) 0^0C haroratda 760 mm sim.ust.ga teng.

Bosim quyidagi turlarga bo'linadi:

1. Atmosfera yoki barometrik bosim P_{bar} – bu atmosfera havosining bosimidir.

2. Ortiqcha bosim P_{ort} – atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan bosimdir.

3. Vakuum (siyraklanish) P_{vak} – bu atmosfera bosimidan kichik bo‘lgan bosimdir.

4. Mutlaq bosim P_{mut} – jismga ta'sir etayotgan to'liq bosimdir.

Bulardan faqat mutlaq bosim ishchi jismning holat parametri bo'la oladi va u quyidagicha aniqlanadi:

agar biror idishdagi bosim atmosfera bosimidan yuqori bo'lsa, unda

$$P_{mut} = P_{bar} + P_{ort}.$$

agar aksincha, idishdagi bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lsa, unda:

$$P_{mut} = P_{bar} - P_{vak}.$$

Bosim o'lchash uchun quyidagi asboblari ishlatiladi: atmosfera bosimi – barometrlarda, ortiqcha bosim – manometrlarda, siyraklanish bosimi – vakuummetlarda o'lchanadi.

Ishlash usuliga ko'ra asboblari ikki turga bo'linadi.

Suyuqlik bilan ishlaydigan manometrlar. Bunda bosim sathlari tenglashtirilgan ustundagi (naychadagi) suyuqliklarning sathlari o'zgarishi bilan aniqlanadi.

Prujinali manometrlar. Bunda bosim prujinaning mexanik harakatga kelishi bilan aniqlanadi.

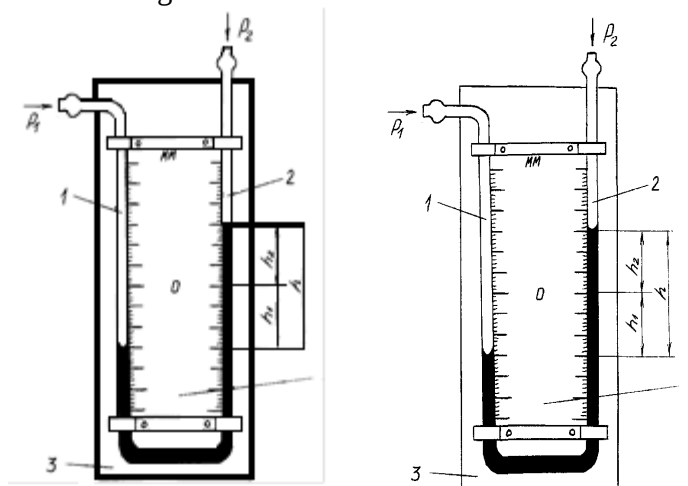
Tajribalarda yuk-porshenli asboblari ham ishlatiladi, bunda bosim porshen bilan qo'yilgan yukning massasini tenglashishi bilan aniqlanadi.

2. SUYUQLIK BILAN ISHLAYDIGAN ASBOBLAR

Bosim o'lchash asboblaridan eng soddasi suyuqlik bilan ishlaydigan manometrlardir, ular katta aniqlikda o'lchaydi. Bu manometrlarni o'lchash chegarasi shisha trubkalarining uzunligi va shishani qattiqligiga bog'liq, u kichik bosimlarni (200 kPa gacha) o'lchaydi.

2.1. U-simon manometr - U-simon shishadan tuzilgan naycha shkala taxtachaga mahkamlanadi va naycha ichiga suyuqlik to'ldiriladi. Uning bir uchi bosim o'lchashi kerak bo'lgan idishga, ikkinchi uchi esa ochiq bo'lib atmosfera bosimi ostida bo'ladi (1.1-rasm). Agar idishdagi

bosim atmosfera bosimidan katta bo'lsa, ochiq tomonidagi suyuqlik sathi ko'tariladi, bu suyuqlik sathlar orasidagi balandlik farqi bosim qiymatini beradi. Bu naychalarga suyuqlik sifatida suv solinadi, shuning uchun bosim birligi mm suv.ust. bo'ladi.



1.1-rasm. U-simon manometr

$$P_{\text{ort}} = h \quad \text{yoki} \quad P_{\text{ort}} = h(\rho - \rho_m) g, \quad \text{Pa}$$

bu yerda: h – suyuqlik sathlarining farqi, m;

ρ – suyuqlik zichligi, kg/m^3 ;

ρ_m – o'lchanadigan muhitning zichligi, kg/m^3 ;

g – erkin tushish tezlanishi, m^2/s^2 .

Agar $\rho \gg \rho_m$ bo'lsa, unda tenglama quyidagicha yoziladi:

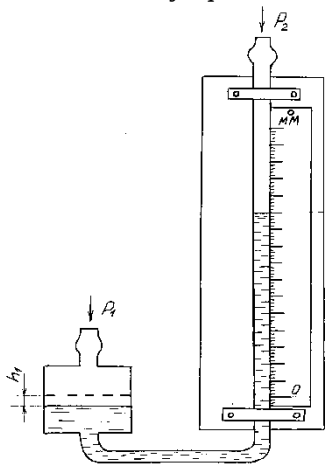
$$P_{\text{ort}} = h \rho g, \quad \text{Pa}$$

U-simon manometrlarda yana siyraklanish (vakuum) bosimini ham aniqlash mumkin. Bunda suyuqlik sathi vakuum o'lchanadigan tomonga ko'tariladi.

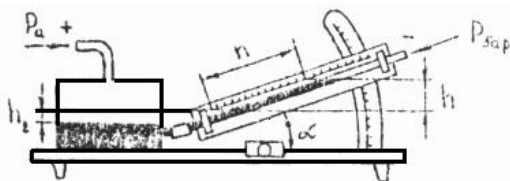
Agar U-simon manometrni ikkala uchi bosimlari har xil bo'lgan idishlarga ulangan bo'lsa, bosimlar farqini ko'rsatadi. Bunda manometr differensial manometr yoki difmanometr deyiladi.

2.2. Chashkali manometr. U–simon manometrning kamchiligi suyuqlikni ikkita sathi o‘lchanib, keyin farqi olinishidir, bu kamchilik chashkali (bir naychali) manometrlarda yo‘q (1.2-rasm). Chashkali manometrlarni U–simon manometrlardan farqi shundaki, chashkali manometrning bir uchi naychadan ikkinchi uchi esa chashkasimon idishdan iborat. Idishga suyuqlik (suv) shunday to‘ldiriladiki, bunda suyuqlik sathi naychada 0 (nol)da turishi kerak.

Ortiqcha bosim o‘lchanganda chashkaga ulanadi, agar siyraklashish bosimini o‘lchash kerak bo‘lsa, naycha tomonga ulanadi va bosimni suyuqlik sathining o‘zgarishi ko‘rsatadi.



1.2-rasm. Chashkali manometr



1.3-rasm. Mikromanometr

2.3. Mikromanometr. Kichik bosimlarni (100 dan 200 kPa gacha) o‘lchash uchun naychasi egilgan α burchak ostida bo‘lgan chashkali manometr ishlatiladi (1.3-rasm). Bunda bosim $P = h \sin \alpha \rho g$, Pa bo‘ladi, bu yerda: h – egilgan naychadagi suyuqlik sathi balandligi, mm.

Naycha burchak ostida bo‘lgan holatda suyuqlikning sathi vertikal holatda turganga bir necha marta o‘zgarishi mumkin, bu mikromanometrlarda bosimni katta aniqlikda o‘lchash mumkin.

Kichik bosimlarni katta aniqlikda o‘lchash uchun laboratoriyalarda namuna asbob sifatida – MMN markali naychasini egilish burchagi o‘zgarib turishi mumkin bo‘lgan maxsus mikromanometrlar ishlatiladi. Naychasining o‘zgarish burchaklari belgilab qo‘yilgan bo‘lib, ular

quyidagi tuzatish koeffitsientlariga ega: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4. Bosim o'lchanganda suyuqlik sathi balandligi h shu tuzatish koeffitsientiga ko'paytirib olinadi (naycha qaysi burchakda bo'lsa).

MMN markali mikromanometrlarda ortiqcha bosimni ham, siyraklashish bosimini ham o'lchash mumkin. Buning uchun mikromanometrغا o'rnatilgan kichkina kran holatini o'zgartirish kerak bo'ladi (asbobni tuzilishi bilan laboratoriya qurilmasida tanishish kerak).

3. DEFORMATSIYA HISOBIGA ISHLAYDIGAN (PRUJINALI) ASBOBLAR

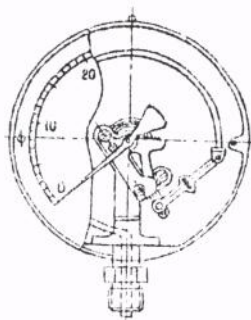
Deformatsiya hisobiga ishlaydigan (prujinali) asboblar ishlash uslubi prujina elementining deformatsiyalanishiga asoslangan.

Bosim o'lchash uchun bitta naychali (Burdon naychasi yoki prujinali) manometrlar ko'p ishlatiladi.

Bu manometrlarda 0,05 dan to 1000 MPa ga teng bo'lgan bosimlarni o'lchash mumkin.

3.1. Prujinali manometrlar

Prujinali manometrlarda asosiy element prujina - ko'ndalang kesimi yuzasi ellips shaklida bo'lgan metall dan tayyorlangan naychadan iborat bo'lib, u yoy shaklida egilgan bo'ladi, bu Burdon naychasi deyiladi (1.4-rasm). Uning bir uchi uzatuvchi tishli mexanizmga ulangan, mexanizmga esa strelka o'rnatilgan. Naychani



ikkinchi uchi manometr korpusiga mahkamlangan bo'lib, u bosim o'lchaydigan idishga o'rnatish uchun rezbadan iborat. Bu naychaga bosim ta'sir etganda, tuzilishi ellips shaklida bo'lgani uchun u to'g'rilanishga harakat qiladi, bunda naychani strelkaga ulangan uchi harakatga keladi va strelka ma'lum bir bosim qiymatini ko'rsatadi.

1.4-rasm. Prujinali manometr

Manometrik prujina latundan yoki mis qotishmalaridan va katta bosimlar uchun po'latdan tayyorlanadi.

Bunday asboblarda ham manometr, vakuummetr va monovakuummetr bo'lib ishlashi mumkin. O'rtiqcha bosimni o'lchaydigan manometrlarda naychani uchi soat strelkasi yo'nalishi bo'yicha o'rnatilgan bo'ladi, vakuum bosimini o'lchovchi vakuummetrlarda naychani uchi soat strelkasi yo'nalishiga teskari o'rnatilgan bo'ladi, shuning uchun vakuummetrlarda shkalani qiyamatlari o'ngdan chapga qarab yoziladi.

Monovakuummetrlarda nol qiyamat shkalani eng yuqori qismida bo'ladi, uning o'ng tomoni manometrik qiyamat, chap tomoni esa vakuummetrik qiyamatdir.

II. HARORATNI O'LGASH ASBOBLARINING TUZILISHI VA ISHLASH USULI

1. NAZARIY QISM

Ishchi jismning harorati uning qiziganlik darajasini ifodalaydi. Haroratning qiyamat sonini harorat shkalalari ko'rsatib beradi. Harorat shkalalari Selsiy, Kelvin, Farengeyt va Reomor shkalalariga bo'linadi. Selsiy shkalasida asosiy reper nuqtalari qilib muzning erish nuqtasi 0°C va suvning qaynash nuqtasi 100°C deb qabul qilingan. Bu nuqtalardagi termometr ko'rsatkichining farqini 100 ga bo'lsak, Selsiy gradusi (1°C) kelib chiqadi. Farengeyt shkalasida muzning erish harorati 32°F va suvning qaynash harorati 212°F deb qabul qilingan. Farengeyt shkalasida haroratlarning farqi $212-32=180^{\circ}\text{F}$ teng. Shuning uchun 1°F

$\frac{100}{180} = \frac{5}{9}^{\circ}\text{C}$ ga teng bo'ladi va bunda

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F}-32); \quad t^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C}+32.$$

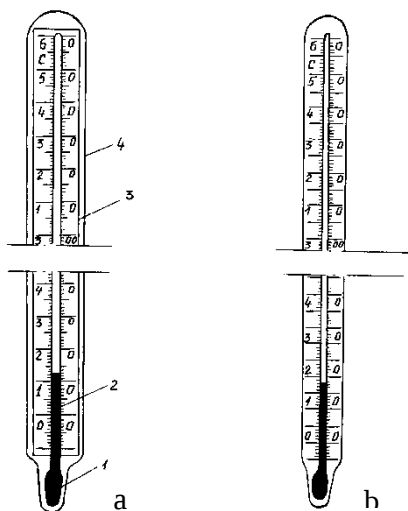
SI sistemasida mutlaq harorat Kelvin shkalasida o'lchanadi. Amalda esa har bir asbob Selsiy gradusida o'lchaydi. Shuning uchun ularning orasidagi bog'lanishni quyidagicha yozamiz.

$$T\text{ K} = t^{\circ}\text{C} + 273,15.$$

Harorat o'lchaydigan asboblarning ishlashiga asoslanib quyidagi guruhlarga bo'linadi:

- a) kengayish termometrlari;
- b) manometrik termometrlar;
- d) qarshilik termometrlari;
- e) termoelektrik pirometrlar;
- f) optik pirometrlar.

1.1. Kengayish termometrlari. Suyuqlik termometrlarining ishlashi termometrda suyuqlikning issiqdan kengayishiga asoslangan. Bu termometrlarda haroratni o'lchash Selsiy shkalasi bo'yicha olib boriladi. Shishali suyuqlik termometrlarini to'ldirish uchun simob, toluol, etil spirti va boshqalar ishlatiladi. Konstruktiv jihatdan termometrlar ikkiga bo'linadi: naychali va taxtachaga shkala o'rnatilgan termometrlar (1.5-rasm). Bu termometrlar (-250°C dan 600°C gacha haroratni o'lchash uchun ishlatiladi).



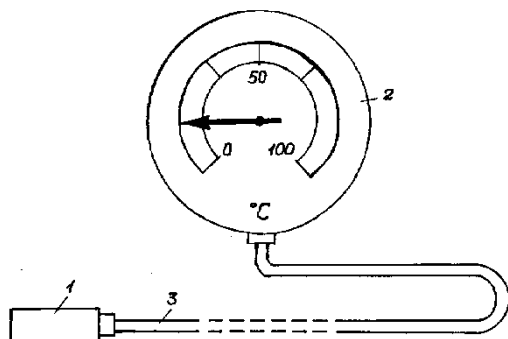
1.5-rasm. Kengayish termometrlari:

a) taxtachali; b) naychali

1.2. Manometrik termometrlar. Manometrik termometrlarning ishlashi shu asbob ichiga solingan suyuqlikning bosimini o'zgartirishiga asoslangan (1.6-rasm).

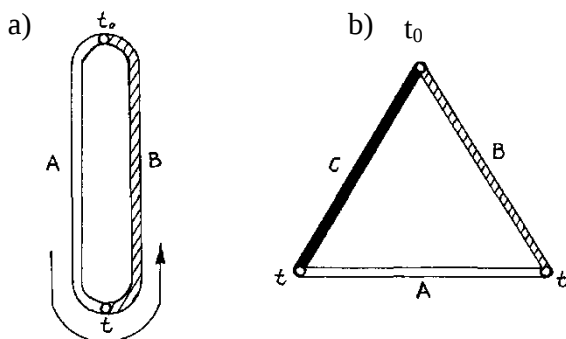
Ichida ishchi jismning to'ldirilishiga asoslanib, manometrik termometrlar gazli va suyuqlikli bo'lishi mumkin. Manometrik termometr manometr (2), kapillar (3) va termoballon (1)dan iborat.

Termoballon harorati o'lchanmoqchi bo'lgan muhitga qo'yilishi natijasida uning ichidagi gazning bosimi va hajmi o'zgarib boradi. Bu esa uning naychasiga ta'sir etib strelkani harakatga keltiradi.



1.6-rasm. Manometrik termometr

1.3. Qarshilik termometrlari. Qarshilik termometrlarining ishlashi esa harorat o'zgarishida qarshilikning o'zgarishiga asoslangan. Amalda misli va platinali qarshilik termometrlari keng ko'lamda ishlatiladi (1.7-rasm).



1.7-rasm. Qarshilik termometrlari

Misdan ishlangan qarshilik termometrlari uchun haroratga bog'liqlik quyidagicha ifodalanadi:

$$R_t = R_0 (1 + 0,00428 t) ,$$

bu yerda: $R_t - t^{\circ}\text{C}$ haroratdagi qarshilik, Om ;

$R_0 - 0^{\circ}\text{C}$ dagi qarshilik, Om ;

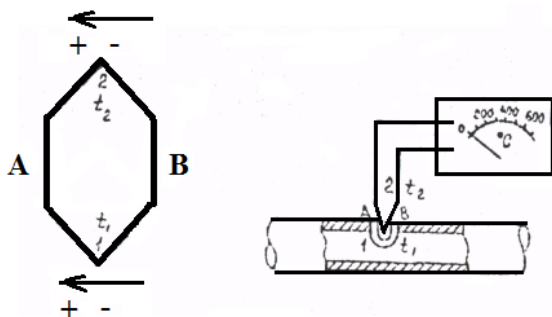
0,00428 – harorat koeffitsienti, grad^{-1} .

Platinadan ishlangan qarshilik termometrlari uchun haroratga bog‘liqlik quyidagicha ifodalanadi:

$$R_t = R_0 (1 + A t + B t^2) ,$$

bu yerda: A va B – o‘zgarmas kattaliklar ($A=3,94 \cdot 10^{-3}$; $B= -5,8 \cdot 10^{-7}$).

1.4. Termojuft (termopara). Termojuft 2 xil metall qotishmasidan ishlangan A va B elektrodlarning kavsharlangan zanjiridan iborat, haroratni o‘lchash uchun uning bir uchi (issiq uchi) o‘lchanishi kerak bo‘lgan jisimga ulanadi, ikkinchi (sovuq) uchi esa muz solingan Dyuar idishiga solinadi (ya’ni harorat 0°C bo‘ladi). Issiq va sovuq uchlarining orasida EYK (elektr yurituvchi kuch) hosil bo‘ladi (1.8-rasm).

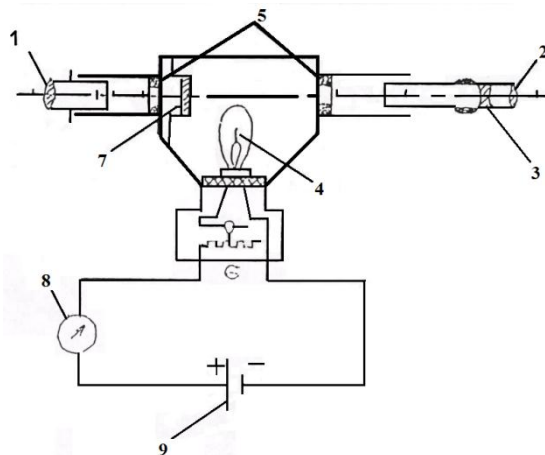


1.8-rasm. Termojuft

Termojuftda elektr yurituvchi kuchni potentsiometr yoki millivoltmetr bilan o‘lchanadi va EYK qiymatini jadval yoki grafik yordamida $^{\circ}\text{C}$ ga aylantiriladi. Agar termojuftning sovuq uchi 0°C ga ega bo‘lmay, xona haroratiga ega bo‘lsa, EK ni $^{\circ}\text{C}$ ga aylantirishda xonaning haroratini qo‘shish kerak. Termojuftlar xrom (nikel bilan xrom qotishmasi)-kopel (nikel bilan mis qotishmasi) xrom-alumel (nikel bilan aluminium qotishmasi) va boshqalar bo‘lishi mumkin. Termojuft 3500°C gacha bo‘lgan haroratni o‘lchaydi.

1.5. “Yo‘qoluvchan tolali” optik pirometr. Pirometr deb atalishiga asosiy sabab, bu turdagi asboblarning, asosan, yonayotgan jismning yorug‘ligi va volfram tolaning nuri bog‘liqligiga asoslanib ishlashidir (1.9-rasm). “Yo‘qoluvchan tolali” optik pirometrning ishlash usuli yonayotgan jismning yorug‘ligi bilan shu asbob ichida joylashtirilgan lampaning volfram tolasi tarqatayotgan nurining yorug‘ligi tenglashishiga asoslangan.

Qiziyotgan jismning haroratini o‘lchash uchun asbobning teleskopini shu muhitga qaratiladi. Reostat bilan volfram tolaning cho‘g‘lanishi moslab turiladi. Shunda moslash davomida xuddi volfram tola yo‘qolgandek bo‘ladi, volfram tolaning tarqatayotgan nuri yorug‘ligi yonayotgan jismning tarqatayotgan nuri yorug‘ligi bilan tenglashib qoladi. Bu esa o‘lchanayotgan muhit haroratiga mos keladi. Shunda reostat orqali moslashni to‘xtatib, shkaladan o‘lchanayotgan muhitdagi jismning harorati necha gradusga tengligi yozib olinadi. Optik pirometr ikki shkalali qilib ishlangan. Agar 1400°C dan yuqori haroratlarni o‘lchash kerak bo‘lsa, u holda pirometrik lampa oldiga nur yutuvchi oyna qo‘yiladi va haroratni yuqori shkaladan o‘lchanadi. Optik pirometr bilan muhit oralig‘i $0,7 - 6 \text{ m}$ gacha bo‘lishi shart, o‘lchash oralig‘i $800^{\circ}\text{C} - 6000^{\circ}\text{C}$.



1.9-rasm. “Yo‘qoluvchan tolali” optik pirometr

1-obyektiv; 2-okular; 3-qizil svetofiltr; 4-volfram tola; 5-teleskop;
6-reostat; 7-nur yutuvchi oyna; 8-o‘lchagich asbob; 9-yoqish optik

III. LABORATORIYA ISHINI BAJARISH TARTIBI

Ko'rib chiqilgan asboblarning laboratoriya qurilmasiga o'rnatiladi. Laboratoriya ishini bajarish tartibi quyidagilardan iborat:

1. Suyuqlik bilan ishlaydigan va mexanik manometrlarning tuzilishi va ishlash usuli o'rganiladi.
2. Kompressordan keladigan havo quvurlaridagi kran (ventil)lar tekshiriladi.
3. Kompressorni ishlatib, kompressor resiverida (havo yig'adigan idish) 1-1,5 at.gacha havoni siqib keyin kompressor to'xtatiladi.
4. Havo yuruvchi quvurga kran (ventil)ni ochib, laboratoriya qurilmasiga siqilgan havo yuboriladi.
5. Differensial manometr yordamida bosimlar farqi o'lchanadi.
6. Mikromanometr va chashkali manometrlar ulangan kranlarni ochib, quvurdagi bosim o'lchanadi.
7. Vakuum nasosni ishlatib, vakuummetrda vakuum bosimi o'lchanadi va vakuum nasosini o'chirib kranlar yopib qo'yiladi.
8. Haroratni o'lchaydigan asboblarning bilan tanishib, ularni chizib olib, ishlashini tushuntirib beriladi.
9. Xonaning haroratini har xil termometrlar bilan o'lchanadi va uni Kelvin shkalasida ifodalanadi.

IV. ISHNING HISOBOTI

Ishning hisobotida manometr va termometrlarning qisqacha tavsiflari, chizma tasvirlari va ishlash uslublari bo'lishi shart.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Holat parametrlari deb qanday parametrlarga aytiladi?
2. Bosim va uning turlari haqida tushuncha bering.
3. Manometrlar, ularning turlari, ishlash uslublari haqida tushuncha bering.
4. Absolyut harorat nima?

5. Termometrlar, ularning turlari, ishlash uslublari haqida tushuncha bering.

2 - laboratoriya ishi

O'ZGARMAS BOSIMDA HAVONING ISSIQLIK SIG'IMINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: to'g'ri oqimli kalorimetr usulida doimiy bosimda gazlarning hajmiy issiqlik sig'imini C'_{pm} tajriba orqali aniqlashda bilimni oshirish.

I. NAZARIY QISM

Gazlarning issiqlik sig'imini aniqlash usullaridan biri – to'g'ri oqimli kalorimetr usulidir. Bu tajriba ishida to'g'ri oqimli kalorimetr qo'llaniladi. Tekshirilayotgan modda (havo) kalorimetr orqali uzluksiz oqib turadi. Kalorimetrga kirishda moddaning harorati t_1 o'lchanadi. Kalorimetr ichiga isitgich o'rnatilgan bo'lib, uning yordamida issiqlik Q beriladi va chiqishda moddaning t_2 harorati o'lchanadi. Kalorimetrdan chiqishda kalorimetr orqali oqib o'tgan moddaning miqdorini o'lchash uchun rotametr o'rnatiladi.

Qurilma ishlatilganda o'rnatilgan holatda vaqt birligi ichida moddaning sarfi, kirish va chiqishdagi haroratlari va isitgich quvvati o'zgarmaydi. Bu holatda o'zgarmas bosimda olingan o'lchamlar havoning o'rtacha issiqlik sig'imini aniqlash imkonini beradi.

Kalorimetrdan chiqishda o'rnatilgan asbob - rotametr - vaqt birligi ichida oqib o'tgan havoning miqdorini o'lchaydi. Shuning uchun bevosita o'zgarmas bosimda havoning o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi hisoblanadi:

$$C'_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{Q}{V_0(t_2 - t_1)}, \quad (2.1)$$

bu yerda: $C'_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2}$ – o'zgarmas bosimda t_1 dan t_2 gacha harorat oralig'i-dagi havoning o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi, [kJ/nm³ °C];

- Q – kalorimetrdagi elektr isitgichdan vaqt birligida
 havoga berilgan issiqlik miqdori, kWt;
 (t_2-t_1) – havoning haroratlar farqi, $^{\circ}\text{C}$;
 V_0 – normal sharoitga keltirilgan (1 sekundda kalorimetr
 dan o'tgan havoning miqdori) havoning sarfi, m^3/sek .

Kalorimetr isitgichidan ajralgan issiqlikning bir qismi atrof-muhitga yo'qoladi. Ko'p tajribalarning natijalari shuni ko'rsatadiki, bu ishda isitgichning 70% quvvati havoni qizdirish uchun sarflanadi, bunda

$$Q=0,7 \cdot I \cdot U \cdot 10^{-3}, \text{ kWt} \quad (2.2)$$

bu yerda: U va I – isitgichning kuchlanishi (V) va tok kuchi (A).

Hajmni normal sharoitga keltirish uchun ideal gaz nisbatlaridan foydalanamiz (bunda tekshirilayotgan havoning bosimi atmosfera bosimiga yaqin va harorati xona haroratidan yuqori va uni ideal gaz deb hisoblash mumkin):

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0} \quad (2.3)$$

Bu yerda tenglamaning chap qismi tajribada olingan havoning parametrlari, o'ng qismi esa normal sharoitdagi parametrlardir ($P_0=1 \text{ atm}$, $T^0=273 \text{ K}$).

Olingan hajmiy issiqlik sig'imini massaviy issiqlik sig'imiga ma'lum nisbat bo'yicha qayta hisoblash kerak:

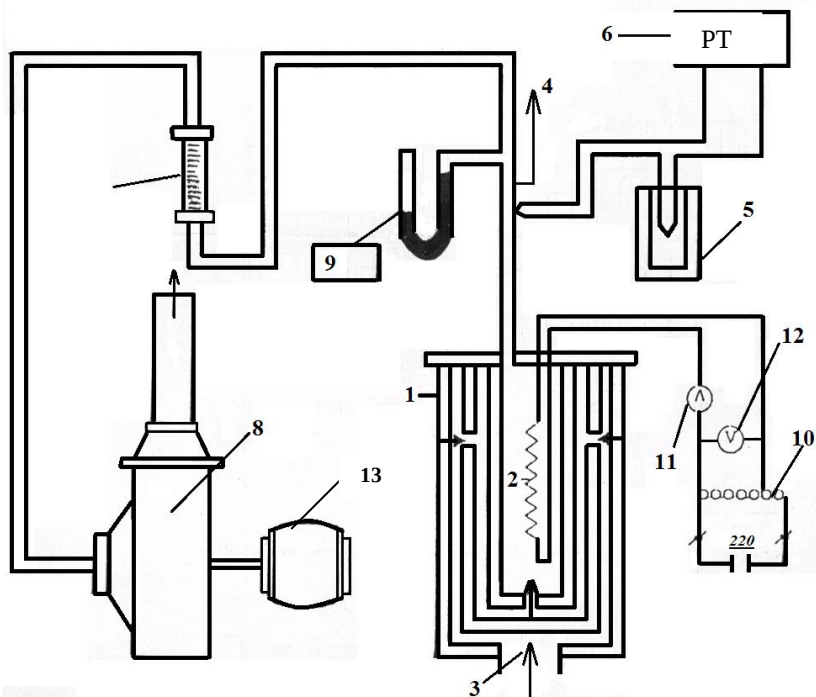
$$C_{pm} \bigg|_{t_1}^{t_2} = \frac{C'_{pm} \big|_{t_1}^{t_2} \cdot 22,4}{\mu}, \quad (2.4)$$

bu yerda: $C_{pm} \big|_{t_1}^{t_2}$ – o'zgarmas bosimda o'rtacha massaviy issiqlik sig'imi, $\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$;

μ – havoning molekular og'irligi, $\mu=29 \text{ kg/kmol}$;
 $22,4$ – normal sharoitdagi hajm, nm^3/kmol .

II. TAJRIBA QURILMASINING BAYONI

Elektr isitgichli (2) atrofi izolatsiya qilingan to'g'ri oqimli kalorimetr (1) (2.1-rasm) laboratoriya xonasida joylashgan va shu yerdan havo quvurchasi (3) yordamida kiradi. Kalorimetrga kirishdagi havoning harorati xonadagi termometr orqali o'lchaniladi, chiqishdagi harorat t_2 termojuft (4) (uning sovuq uchi Dyuar idishi (5)da joylashgan) potensiometr (6)ga ulanib o'lchanadi. Kalorimetrdan oqib o'tgan havoning miqdori rotametr (7) yordamida o'lchanadi. Kalorimetr ventilator (8)ga so'ruvchi quvur orqali ulangan, shuning uchun kalorimetrdagi havoning issiqlik sig'imi atmosfera bosimidan kichik bo'lgan bosimda aniqlanadi. Kalorimetrdagi vakuum bosim U-simon manometr (9) yordamida o'lchanadi. Chizmada yuqoridagilardan tashqari elektr dvigatel (13), LATR – laboratoriya avtotransformatori (10), ampermetr (11) va voltmeter (12) ko'rsatilgan. Qurilmada qo'llanilayotgan kalorimetr shunday ishlanganki, bunda havo chizmada ko'rsatilgan yo'llar orqali harakatlanib, issiqlikning yo'qolishini qisman ushlab qoladi va kalorimetr markaziga yuboriladi.



2.1-rasm. Laboratoriya qurilmasi chizmasi

III. TAJRIBANI O‘TKAZISH TARTIBI VA USULI

1. Ventilator ulanadi.
2. Isitgich ulanadi va LATRni sozlab, kerakli t_2 harorat yuzaga keltiriladi ($40-60^{\circ}\text{C}$).
3. Tajriba barqaror holatda o‘tkaziladi. Buning uchun tajriba davomida (5-7 daqiqa) isitgichdagi kuchlanishni, t_2 haroratni va rotametr ko‘rsatkichini o‘zgarmas qilib saqlash kerak.
4. Kuchlanish U va tok kuchi I ning qiymati yozib olinadi.
5. Potensiometr yordamida issiqlik-EYKning qiymatini o‘lchab, t_2 harorat aniqlanadi.
6. Rotametr ko‘rsatkichi yozib olinadi.
7. U-simon manometr yordamida P_{vak} o‘lchanadi.
8. Barometr bilan R_{bar} o‘lchanadi.
9. Tajriba ikkita harorat oraliqlarida (masalan, t_1 dan $t_2=40^{\circ}\text{C}$ va $t_2=50^{\circ}\text{C}$ gacha) o‘tkaziladi.

IV. TAJRIBA NATIJALARI JADVALI

N_{q}	$t_1, ^{\circ}\text{C}$	$t_2, ^{\circ}\text{C}$	U, V	I, A	R	$V, \text{m}^3/\text{s}$	$P_{\text{vak}}, \text{mm suv ust.}$	$P_{\text{bap}}, \text{mm sim.ust.}$	$P_{\text{mut}}, \text{atm}$
1									
2									

V. TAJRIBA NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

1. Grafik yordamida (2.2-rasm) t_2 harorati aniqlanadi.
2. Rotametr ko‘rsatkichi bo‘yicha havoning sarfi hisoblanadi:

$$V=1,4+0,0474 \cdot R \quad \text{m}^3/\text{soat}, \quad (2.5)$$

Keyin bu qiymatni m^3/sek ga aylantirish kerak.

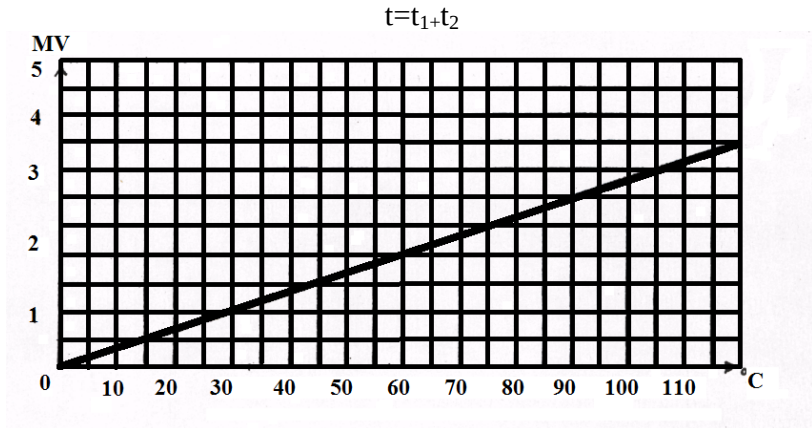
3. Kalorimetrdagi havoning mutlaq bosimi hisoblanadi:

$$P_{\text{mut}} = \frac{P_{\text{bar}}, \text{mm sim. ust.}}{760} - \frac{P_{\text{vak}}, \text{mm suv ust.}}{1,033 \cdot 10^4} \quad (2.6)$$

4. $C'_{pm}|_{t_1}^{t_2}$ qiymati (2.1) va (2.4) ifodalar yordamida hisoblanadi.

5. Hisoblab topilgan $C'_{pm}|_{t_1}^{t_2}$ issiqlik sig'iminining qiymatini havo uchun keltirilgan, chiziqli bog'liqligini tenglama yordamida hisoblangan qiymati bilan taqqoslash kerak:

$$C'_{pm}|_{t_1}^{t_2} = 0,9952 + 0,9349 \cdot 10^{-4} \cdot t, \text{ kJ/kg}^0\text{C} \quad (2.7)$$



2.2-rasm

VI. ISHNING HISOBOTI

Ish yuzasidan yozilgan hisobotda ishning qisqa bayoni, tajriba chizmasi, tajriba natijalari yozilgan jadval, hisoblar bo'lishi kerak.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
2. Issiqlik sig'im necha xil bo'ladi?
3. Mayer tenglamasini yozib bering.
4. Laboratoriya ishi qanday bajariladi?

5. Qaysi issiqlik sig'imi topildi?

3- laboratoriya ishi

O'TA QIZIGAN SUV BUG'INING O'ZGARMAS BOSIMDA ISSIQLIK SIG'IMINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: tajriba o'tkazish, o'lchash natijalariga ishlov berish va olingan ma'lumotlarni umumlashtirish bo'yicha talabalar malakasini oshirish.

I. NAZARIY QISM

Ish davomida berilgan t_1 , t_2 harorat oralig'ida o'rtacha solishtirma massaviy izobar issiqlik sig'imi $C_{p_m} \Big|_{t_1}^{t_2}$ aniqlanadi.

Solishtirma massaviy izobar issiqlik sig'imi $P=\text{const}$ bosimda 1 kg moddaning haroratini 1 $^{\circ}\text{C}$ ga oshirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdoriga tengdir. Berilgan harorat oralig'i uchun issiqlik sig'imining o'rtacha qiymati:

$$C_{p_m} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{q_p}{t_2 - t_1}, \frac{kJ}{kg \cdot gr} \quad (3.1)$$

bu yerda q_p - o'zgarmas bosimda ($P=\text{const}$) 1 kg moddaga berilgan issiqlik miqdori; t_1 - boshlang'ich harorat, $^{\circ}\text{C}$; t_2 - oxirgi harorat, $^{\circ}\text{C}$.

Solishtirma issiqlik sig'imining o'lchov birligi quyidagi tenglikni hisobga olish natijasida olingan: $(t_1-t_2)^{\circ}\text{C}=(T_2-T_1)\text{K}$.

$C_{p_m} \Big|_{t_1}^{t_2}$ ning qiymati haroratlar farqiga bog'liq (umumiy holda bosimga ham bog'liq, lekin bu ishda bunday masala ko'rilmaydi).

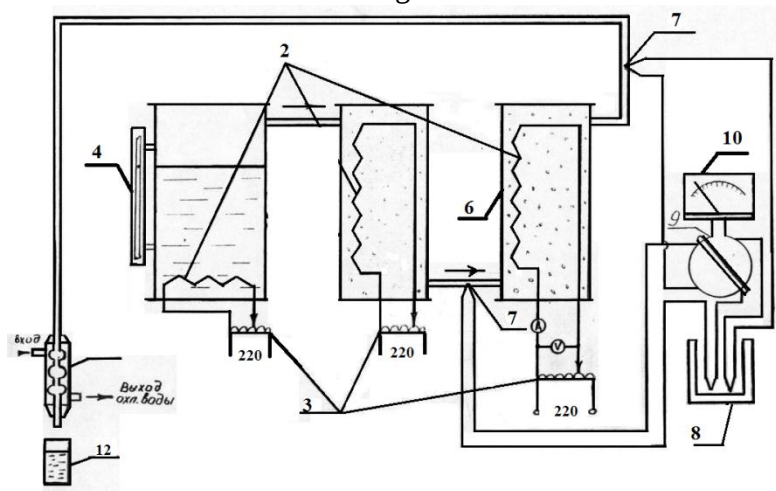
O'lchashlar atmosfera bosimida o'ta qizigan suv bug'i uchun o'tkaziladi. O'ta qizigan suv bug'i – berilgan bosimda qaynayotgan suvning harorati t_{qay} ga qaraganda katta haroratga ega bo'lgan bug'dir. Atmosfera bosimi odatda Toshkent shahri uchun 720-730 mm sim.ust. (0,96-0,973 bar) ga teng; bunga esa qaynash harorati $t_{\text{qay}}=99^{\circ}\text{C}$ to'g'ri keladi.

O'ta qizigan bug' to'yingan bug'ga issiqlik berishni davom ettirish natijasida hosil bo'ladi. To'yingan bug' esa berilgan bosimda, qaynayotgan suv bilan muvozanat holatida bo'lib, u bilan bir xil

haroratga ega bo‘ladi. qaynayotgan suvning tomchilarini o‘zida saqlagan bug‘ga nam to‘yingan bug‘ deyiladi. Quruq to‘yingan bug‘ning tarkibida qaynayotgan suv tomchilari bo‘lmaydi.

II. TAJRIBA QURILMASINING BAYONI

O‘ta qizigan suv bug‘ining o‘zgarmas bosimidagi massaviy issiqlik sig‘imi $C_{p_m} \Big|_{t_1}^{t_2}$ ni aniqlaydigan tajriba o‘tkazish uchun kerak bo‘ladigan bug‘ bug‘ generatori (1) da suvning o‘zgarmas atmosfera bosimi ostida qaynashi tufayli hosil bo‘ladi. Issiqlik miqdori zanjirida LATR-3 bo‘lgan elektr qizdirgichlardan ajralib chiqadi. LATR elektr qizdirgichlarning quvvatini sozlash, qaynashning zarur bo‘lgan jadalligini hosil qilish uchun, ya’ni tajriba qurilmasidan vaqt birligida o‘tayotgan bug‘ning miqdorini sozlashga imkon beradi. Suvning sathini nazorat qilib turish uchun bug‘ generatori suv sathini ko‘rsatuvchi shisha naycha (4) bilan jihozlangan. Bug‘ generatorda hosil bo‘lgan nam to‘yingan bug‘ bug‘qizdirgich (5)ga o‘tadi. Qurilmasining chizmasi tasviri 3.1-rasmda ko‘rsatilgan.



3.1-rasm. Laboratoriya qurilmasi chizmasi

Bu yerda $P = \text{sonst}$ bosimda elektr qizdirgich (2)dan ajralib chiqadigan issiqlik miqdori hisobiga quruq to‘yingan bug‘ga aylanadi

(ya'ni quritiladi). Quruq to'yingan suv bug'ining harorati va elektr qizdirgichning quvvati LATR-3 orqali boshqariladi. So'ngra t_1 haroratga ega bo'lgan quruq to'yingan bug' kalorimetr (6)ga o'tadi. Bu yerda u o'zgarmas bosimda elektr qizdirgichdan ajralgan issiqlik miqdori hisobiga ma'lum bir t_2 haroratigacha qizitiladi va o'ta qizigan bug'ga aylanadi. t_1 haroratni LATR yordamida kalorimetr qizitgichining quvvatini boshqarish natijasida hosil qilish mumkin. Zanjirdagi tok kuchi va kuchlanish ampermetr hamda voltmeter orqali o'lchanadi.

Kalorimetrga kirishdagi quruq bug' harorati t_1 va undan chiqishdagi o'ta qizigan bug'ning harorati t_2 larni o'lchash uchun termojuft (7)ning issiq uchlari o'rnatilgan bo'lib, ularning sovuq uchlari eriyotgan muzli (0^0C) Dyuar idish (8)ga joylashtirilgan. Termojuft qo'shgich (9) orqali gradusda darajalangan millivoltmetrga ulangan. O'ta qizdirilgan suv bug'i kalorimetrdan chiqib kondensatorga o'tadi. Bug' issiqligini sovituvchi suvga beradi va kondensatga aylanadi, hosil bo'lgan kondensat esa o'lchagich idishi (12)ga yig'iladi. Yig'ilgan kondensatning massasi tajriba vaqtida kalorimetr orqali o'tgan bug'ning massasiga tengdir.

Bug' generatori, bug' qizdirgichi, kalorimetr va tutashuvchi naychalar izolyatsion materiallar bilan qoplangan. Kalorimetr (8) qizdirgich (2)dan bug'ni o'ta qizdirish uchun berilayotgan issiqlikni tashqi muhitga sochilib ketmasligi uchun ushbu kalorimetr qo'shimcha kompensatsion elektr qizdirgich (13) bilan ta'minlangan. U ikkala issiqlikni izolatsiya qiluvchi qatlamlar (14) ning orasida joylashgan va LATR orqali elektr tarmog'iga ulangan. Birinchi izolatsiya qatlamida yuzasida uchta differensial termojuftlar (15) o'rnatilgan (kalorimetrning past, o'rta va yuqori qismida) va ularga ulagich (9) orqali potensiometr (10)ga chiqarilgan.

Umuman kompensatsion elektr qizdirgichni o'rnatishdan maqsad kalorimetr ichidagi elektr qizdirgich ajratib chiqarayotgan issiqlikni tashqi muhitga chiqib ketishga to'sqinlik qiluvchi issiqlik maydon yaratishdir. Ma'lumki, bunday to'siqda issiqlik oqimlarining harorati bir-biriga teng bo'ladi. Buni LATR yordamida kompensatsion elektr qizdirgichning quvvatini boshqarish (moslash) natijasida ro'yobga chiqarish mumkin. Boshqacha aytganda, kalorimetr orqasiga o'tayotgan bug'ni o'ta qizdirish jarayoni davom ettirilgan paytda differensial termojuftlardagi issiqlik elektr yurituvchi kuchning (termoEYK) nolga teng bo'lishiga erishish kerak (bu paytda potensiometr nolni ko'rsatadi), ya'ni izolatsiyaning ichki va tashqi harorati farqi mavjud

emas (issiqlik oqimi yo‘q) va kalorimetrning qizdirgichida ajralib chiqayotgan issiqlik butunlay bug‘ga berilayotganidan dalolat beradi.

III. TAJRIBA O‘TKAZISH USULI VA TARTIBI

Tajriba vaqti τ (sek) davomida kalorimetrning elektr qizdirgichi ma'lum miqdorda issiqlikni ajratib chiqaradi:

$$Q = W \cdot \tau, \text{ kJ} \quad (3.2)$$

Elektr qizdirgichning quvvati

$$W = I \cdot \Delta U \cdot 10^{-3}, \text{ kWt} \quad (3.3)$$

bu yerda I – elektr qizdirgichning zanjirdagi tok kuchi, (ampermetr yordamida o‘lchanadi); ΔU – kuchlanish, V (voltmetr yordamida o‘lchanadi).

Agar tajriba davomida bug‘ qizdirgich orqali M kg bug‘ o‘tgan (idishda M kg kondensat yig‘ilgan) bo‘lsa, unda 1 kg bug‘ga $P=\text{const}$ bosimda berilgan issiqlik:

$$q_p = \frac{Q}{M}, \quad \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (3.4)$$

olingan q_p ning qiymatini (3.1) ifodaga qo‘yamiz.

IV. TAJRIBA O‘TKAZISH TARTIBI

1. Bug‘ generatorining elektr qizdirgichi elektr tarmog‘iga ulanadi. Suv qaynashi bilan bug‘ qizdirgich, kalorimetr va kompensatsion elektr qizdirgichlariga LATR yordamida 110 V kuchlanish beramiz.

2. LATR yordamida t_1 harorat $105\text{--}110^{\circ}\text{C}$ ga, t_2 harorat $145\text{--}150^{\circ}\text{C}$ gacha ko‘tariladi.

3. Potensiometrغا har bir differensial termojuftni qayta ulab, ularning termoEYK o‘lchanadi. Kompensatsion qizdirgich LATR yordamida potensiometrning ko‘rsatishi nolga yaqinlashtiriladi. Xatolik 0,5 mV bo‘lishi mumkin.

4. I , ΔU , t_1 va t_2 larning qiymatlari vaqt o'tishi bilan o'zgarmayotganligiga, ya'ni qurilma barqaror holatda ishlayotganiga ishonch hosil qilanadi.

5. Sekundomerni ishga tushirib, 12-15 daqiqa davomida kondensatning o'lchagich idishga yig'ilishi kuzatiladi. Har 3 minut davomida asboblardan I , ΔU , t_1 va t_2 larning qiymatini olib jadvalga yozilib boriladi.

6. 12 yoki 15 daqiqa o'tishi bilan yig'ilgan kondensatning massasi M (kg) da aniqlanadi.

Asboblarning ko'rsatishi va tajriba natijalari jadvali

T/r	Vaqt min. τ	Bug'ning harorati		Tok kuchi I , A	Kuchlanish ΔU , V
		$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$		
1	0				
2	3				
3	6				
4	9				
5	12				

Y. TAJRIBA NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

Quyidagilar hisoblanadi:

1. (1.3) ifoda yordamida kalorimetr elektr qizdirgichning quvvati W hisoblanadi.

2. (1.1) ifoda yordamida o'ta qizigan suv bug'ining solishtirma issiqlik sig'imi hisoblanadi.

3. O'zgarmas atmosfera bosimidagi o'ta qizigan bug'ning solishtirma massaviy issiqlik sig'imining haqiqiy qiymati miqdorda aniqlikka ega bo'lgan ifoda yordamida topiladi.

$$C_{p_m} \Big|_{t_1}^{t_2} = 1,8401 + 0,000586 \cdot t_{o'rt}$$

4. Tajriba yordamida aniqlangan va haqiqiy issiqlik sig'imi o'rtasidagi nisbiy xatolik topiladi:

$$\delta C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2}{}_{haa} - C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2}{}_{taj}}{C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2}{}_{haq}} \cdot 100\%$$

VI. ISHNING HISOBOTI

Ish yuzasidan yozilgan hisobotda ishning qisqa bayoni, tajriba chizmasi, tajriba natijalari yozilgan jadval, hisoblar bo‘lishi kerak.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Solishtirma massaviy izobar issiqlik sig‘imi deb nimaga aytiladi?
2. Suv bug‘ining asosiy xossalari nimadan iborat?
3. Suv bug‘i necha turga bo‘linadi?
4. Laboratoriya ishi qanday bajariladi?

4 - laboratoriya ishi

JISM QAYNAGANDA BOSIM VA HARORAT ORASIDAGI BOG‘LANISHINI TAJRIBA YO‘LI BILAN ANIQLASH

Ishning maqsadi: fazaviy o‘tishdagi bilimlarni mustahkamlash, jismni bir fazadan ikkinchi fazaga o‘tishdagi holat o‘zgarishlarini o‘rganishdan iborat.

I. NAZARIY QISM

Bizga ma'lumki, jism bir fazadan ikkinchi fazaga o‘tishda uning holati o‘zgarishi o‘z navbatida parametrlarining, ya'ni bosim va haroratining o‘zgarishi bilan amalga oshiriladi. Shuning uchun fazaviy o‘tish holatini, uning diagrammalarini ko‘rib chiqish juda ahamiyatlidir. Fazaviy o‘tish - bu suyuq, qattiq va gazsimon holatlarni bir-biriga o‘tishining oqibatidir. Jism qattiq holatdan suyuq holatga, suyuqdan gaz holatiga o‘tishimumkin, lekin harqanday holatida ham ular bir-biri bilan muvozanat holatida bo‘ladi. Fazaning massasi o‘zgarsa ham, uning

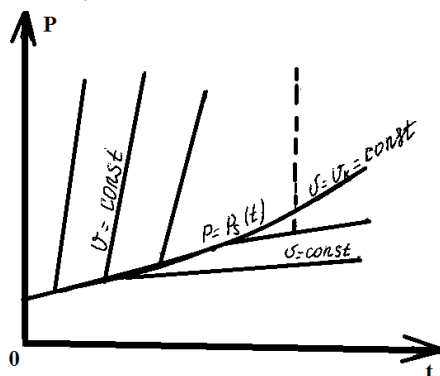
muvozanat holati buzilmaydi. Shuning uchun ikki holat istalgan harorat va bosimda muvozanat holatida bo'lmay, balki harorat va bosimning aniqlangan holatida bo'ladi, bunda bu parametrlardan biri ikkinchisiga bog'langan holda bir-birining qiymatini aniqlaydi. Ular o'zaro fazaviy diagramma bo'cha bir-biriga bog'lanadi. Tehnikada juda ko'p shunday savollar uchraydiki, bunda jismlarni qattiq holatdan suyuq holatga, suyuqdan gaz holatga o'tishdagi jarayonlarni bilish zarur bo'ladi.

Bir holatdan ikkinchi holatga o'tish fazaviy o'tish deyiladi. Bunday o'tish berilgan haroratda va berilgan bosimda amalga oshishi mumkin.

Tajriba shuni ko'rsatadiki, jismlar bosim va haroratga bog'liq ravishda bir vaqtning o'zida ikki yoki uch holatda bo'lishi mumkin.

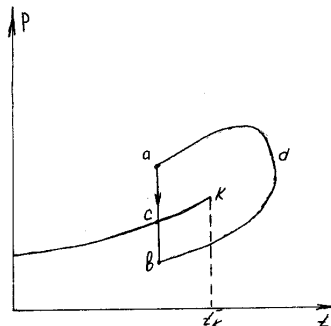
Qattiq holatdan suyuq holatga o'tish – erish, suyuq holatdan gaz holatga o'tish – bug'lanish, qattiq holatdan gaz holatga o'tish-sublimatsiya holatlari deyiladi.

Fazaviy muvozanat holati deb, jism bir fazadan ikkinchisiga o'tayotgan dagi holatining muvozanatda bo'lishi ga aytiladi. Muvozanat holatini P-t diagrammada grafik ravishda juda qulay holda chizib ko'rsatsa bo'ladi (4.1-rasm).



4.1-rasm. Jism muvozanat holatining P-t diagrammasi

4.2-rasmda jismning fazaviy o'tishning R-t diagrammasi keltirilgan. as - egri chizig'i jismning suyuq va gazsimon fazasi muvozanat holatini xarakterlovchi; ab – jismning suyuq va qattiq fazalarni muvozanat holatini xarakterlovchi egri chiziq ad – jismning suyuq va gazsimon fazalarni muvozanat holatini xarakterlovchi egri chizig'ini xarakterlaydi.



4.2- rasm. Jismning fazaviy o'tishning P-t diagrammasi

cad – egri chizig'idan o'ngroqda jismning gazsimon holati joylashadi. ab va as – jismning suyuqlik fazasi; cb egri chiziqdan chaproqda – jismning qattiq fazasini xarakterlaydi.

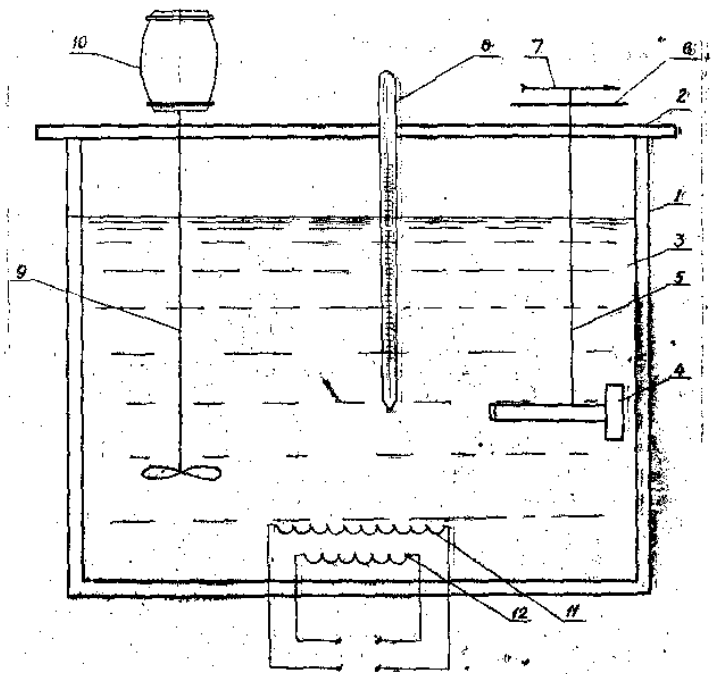
Diagramada ad egri chizig'i, suyuq holatdan bug' holatga fazaviy o'tishdagi bosim bilan harorat orasidagi bog'lanish $P=f(t)$ ni ifodalaydi. Bu egri chizig'i K kritik nuqtada tugaydi. Bosim kritik nuqtadagi bosimdan yuqori bo'lganda suyuq holatdan bug'lanish holatiga fazaviy o'tish holati bo'lmaydi, chunki bunday bosimda suyuqlik bilan gazning farqi bo'lmaydi. Agar suyuqlikdan $P=\text{const}$ bo'lganda issiqlikni olib ketilsa, suyuqlik qattiq holatga o'tadi. Bu haroratni erish harorati – T_{erish} deyiladi, issiqlik miqdori esa erish issiqligi deyiladi. Erishda jism ikkita fazada bo'ladi. Diagrammadagi ab egri chizig'i qattiq holatdan suyuq holatga fazaviy o'tishdagi bosim bilan harorat $P=f(T_{\text{erish}})$ orasidagi bog'lanishni xarakterlaydi.

4.1-rasmda ko'rsatilganidek, jismning suyuq holati bo'lib, fazalar muvozanati egri chizig'i hisoblanadi. Bu egri chiziq kritik izotermik chizig'i yoki kritik izoxora chizig'i bilan cheklangan bo'ladi. Qolgan jismi bir fazali gaz fazasi bilan xarakterlanadi.

II. TAJRIBA QURILMASINING BAYONI

Har xil bosimda qaynash haroratlarini aniqlash bir necha usullar bilan olib boriladi. Ushbu ishda atseton gazi qaynaganda uning bosimi bilan harorati orasidagi bog'lanishni aniqlash usuli keltirilgan, uning qurilmasi 4.3-rasmda keltirilgan.

Termostat (1) bu uzoq vaqt davomida haroratni bir xil ushlab turish uchun mo'ljallangan qurilmadir. Termostatni ichiga transformator moyi (3) solinib, uning ichiga nazorat termometri, aralashtirgich (9), kontaktli termometr (8) hamda ichiga atseton gazi to'ldirilgan Burdon trubkasi solinadi.



4.3- rasm. Laboratoriya qurilmasi chizmasi:

- 1-termostat; 2-termostat qopqog'i; 3- transformator moyi;
- 4-Burdon naychasi; 5-manometr o'qi; 6-manometr shkalasi;
- 7- manometr strelkasi; 8-nazorat termometri; 9-aralashtirgich;
- 10-dvigatel; 11-qo'shimcha isitgich,12- asosiy isitgich

Termostatning ichidagi moy asosiy va qo'shimcha isitgichlar bilan isitiladi. Termostat ichidagi kontaktli termometrnin (uning tuzilishi bilan bevosita birinchi ishni o'tilganda tanishilgan) shishali naychasimon uchiga kichik naycha o'rnatilgan bo'lib, unga bir uchi kapillarga kiradigan menisk o'rnatilgan, uning vinti buralganda naycha vint bo'yicha tushiriladi yoki ko'tariladi va kapillyardagi qo'zqaluvchan

meniskni yurgʻazadi. Shuning uchun ham uning uchini isitgichning relesiga ulab qoʻyiladi. Kerak boʻlgan harorat hosil boʻlganda, uni nazorat termometri orqali aniqlab olinadi. Bu qurilmada aralashtirgich termostatning ichidagi moyning hamma nuqtalarida haroratni bir xil ushlab turish uchun xizmat qiladi.

III. TAJRIBA OʻTKAZISH USULI VA UNI HISOBLASH

1. Kontaktli termometrda kerakli haroratni oʻrnatiladi va termostatdagi ikkita isitgich ulanadi.

2. Haroratlarning oʻzgarishi 50-80°C da boʻladi, chunki atseton gazining qaynashi va bugʻlanishi shu haroratlar oraligʻida (760 mm sim.ust.) 56,6°C ni tashkil etadi; 80°C harorat esa toʻyingan bugʻning bosimiga toʻgʻri keladi.

3. Nazorat termometri boʻyicha harorat yoziladi.

4. Manometr shkalasi boʻyicha ortiqcha bosim yozib olinadi.

5. Barometr yordamida atmosfera bosimi qiymati yozib olinadi.

6. Barcha koʻrsatkichlar kuzatishlar jadvaliga yoziladi (4.1-jadval).

4.1-jadval

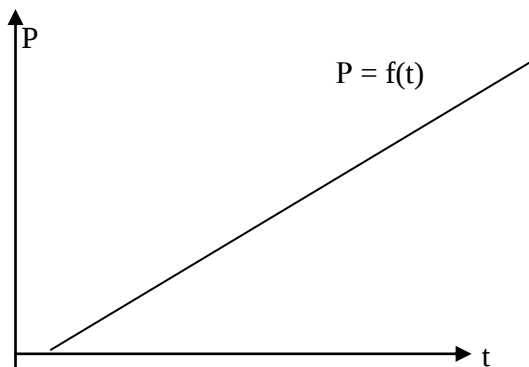
Asboblarning koʻrsatishi va tajriba natijalari jadvali

T/r	t, °C	P _{ort} , kg/sm ²	P _{atm} , mm sim.ust.	P _{mut} , atm.
1				
2				
3				
4				
5				
6				

7. Mutlaq bosim hisoblanadi:

$$P_{mut,atm} = \frac{P_{man} \cdot \frac{kgK}{sm^2}}{1,033} + \frac{P_{bar,mm\ sim.ust.}}{760}, \quad (4.1)$$

8. Olingan qiymatlardan P-t diagrammada masshtab yordamida bosim va harorat orasidagi bog'lanish chizig'i chiziladi.



9. Tajriba orqali olingan ma'lumotlar va berilgan ma'lum bo'lgan qiymatlarni solishtirish natijasida tajriba xatoligi aniqlanadi.

$$\delta = \frac{P_{mut} - P_{ma'l}}{P_{ma'l}} \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

VI. ISHNING HISOBOTI

Ish yuzasidan yozilgan hisobotda ishning qisqa bayoni, tajriba chizmasi, tajriba natijalari yozilgan jadval, hisoblar bo'lishi kerak.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Fazaviy o'tish deb nimaga aytiladi?
2. Fazaviy muvozanat holati deb nimaga aytiladi?
3. Termostat qanday qurilma hisoblanadi?
4. Burdon trubkasiga qanday gaz solinadi?
5. Termostatni ichiga nima solinadi?

5- laboratoriya ishi

NAM HAVONING PARAMETRLARINI ANIQLASH

Ishning maqsadi:

1. Tajriba o'tkazish bo'yicha malaka orttirish va h-d diagrammadan misollar yechishda foydalanish.
2. Tajriba natijalarining tahlili.
3. Xulosalar.

I. NAZARIY QISM

Juda ko'p texnologik jarayonlarda ishchi jism sifatida havo qo'llaniladi (materiallarni quritish va namlashda, pnevmotransportda, mexanizmlarning pnevmatik uzatmalarida va hokazo). Jarayonlarning hisoboti uchun shu ishchi jismning xususiyatlari va parametrlarini bilish zarur. Atmosfera havosida har doim namlik bo'ladi. Atmosfera havosi quruq havo va suv bug'ining aralashmasidan iborat.

O'zining fizik xususiyatlari bo'yicha nam havo ideal gazdan uncha farq qilmaydi, buning sababi havodagi namlik bug' holatida bo'lib u uncha katta bo'lmagan parsial bosimga ega (bir necha mm sim.ust.). Undan tashqari, nam havodagi jarayonlar ko'pincha atmosfera bosimiga yaqin bosimlarda kechadi. Shu sabablarga ko'ra nam havoga ideal gaz qonunlarini qo'llash mumkin.

Havoda suv bug'i o'ta qizigan yoki to'yingan bo'lishi mumkin. Bu sharoitda havoning berilgan haroratida bug'ning holati uning parsial bosimi bilan belgilanadi.

Havoning namligi havodagi suv bug'ining miqdori bilan ifodalanadi.

Nam havo tarkibidagi suv bug'ining massasini shu nam havo hajmiga nisbati uning mutlaq namligi (b) deb ataladi.

Havoning nam saqlami (d) deb, nam havodagi 1 kg quruq havoga nisbatan olingan suv bug'ining massasiga aytiladi. Nisbiy namlik ((deb, to'yingan havoning haqiqiy mutlaq namligini ((b) mazkur t dagi to'yingan havoning mutlaq namligiga (ρ'') nisbati aytiladi.

$$\varphi = \frac{\rho_b}{\rho''} = \frac{P_b}{P_h} \quad (5.1)$$

bu yerda: P_b – suv bug‘ining parsial bosimi;

P_h – nam havodagi to‘yingan bug‘ning parsial bosimi.

Havoning nisbiy namligi $\varphi=0$ ni aniqlash uchun har xil usullar va o‘lchash asboblari qollaniladi. Shu usullardan biri psixrometrik usul bo‘lib, u bir xil ikkita simobli termometrlarning ko‘rsatishlari farqiga asoslangan, bu yerda bitta termometrning termoballoni suv bilan ho‘llanib turiladi. Shu asosda qurilgan asboblarda – psixrometrlar deb ataladi. Havoning nisbiy namligi $\varphi=0$ dan (quruq havo) $\varphi=1$ (havo namlik bilan to‘yingan) oralig‘ida o‘zgarishi mumkin.

O‘zgarmas bosimda to‘yingan nam havoning ($0<\varphi<1$) haroratini kamaytirib, uni to‘yingan holatiga ($\varphi=1$) keltirish mumkin. Buning uchun to‘yingan nam havoning harorat tarkibidagi bug‘ning parsial bosimiga to‘g‘ri keluvchi quruq to‘yingan bug‘ning haroratiga tenglashishi kerak. Bu haroratni shudring nuqtasi harorati t_{sh} deb ataladi. Nam havoni sovitish davom ettirilsa, undan namlik shudring yoki tuman ko‘rinishida ajrala boshlaydi.

Nam havoning asosiy parametrlari quyidagi tenglamalardan aniqlanadi:

Nam havoning gaz doimiysi

$$R = \frac{8314}{28,96 - 10,94 \frac{P_b}{P}}, \quad \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]. \quad (5.2)$$

bu yerda: $P_b = \varphi \cdot P$, mm sim.ust;

P_b – nam havo tarkibidagi bug‘ning parsial bosimi;

P_h – aralashma bosimi (nam havoning bosimi), mm sim.ust.

Nam havoning zichligi

$$\rho = \frac{28,96 \cdot \rho - 10,94 \cdot P_b}{8314 \cdot T}, \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right]. \quad (5.3)$$

bu yerda: T – nam havoning mutlaq harorati, K.

(5.3) tenglamadan kelib chiqadiki, havoning namligi qancha ko‘p bo‘lsa, ya‘ni havodagi suv bug‘ining parsial bosimi katta bo‘lsa, havo zichligi shuncha kam bo‘ladi.

Nam havoning entalpiyasi

$$h = t + d(2501 + 1,93 \cdot t), \quad \left[\frac{J}{kg} \right] \quad (5.4)$$

yoki

$$h = 0,24 t + d(597 + 0,46 \cdot t), \quad \left[\frac{kkal}{kg} \right] \quad (5.5)$$

(5.4) va (5.5) tenglamalardan nam havoning entalpiyasi bosimga bog‘liq emasligi kelib chiqadi va bu tabiiy, chunki aralashma komponentlari ideal gazlar deb hisoblanmaydi.

Tenglama (5.4) va (5.5) dagi kattalik h 1 kg quruq havo uchun yoki $(1 + d)$ (kg) nam havo uchun keltirilgan.

Nam havoning parametrlarini 1918 yilda prof. Ramzin tomonidan taklif qilingan h - d diagramma yordamida grafik yo‘li bilan aniqlanadi.

Bu diagrammada ordinata o‘qi bo‘yicha nam havoning entalpiyasi h (kJ/kg), abstsissa o‘qi bo‘yicha esa – nam saqlami d (g/kg) keltirilgan. h - d diagrammasidagi harhil chiziqlar qulayroq joylashishi uchun ordinata o‘qi vertikal, abstsissa o‘qi unga nisbatan 1350 ga teng bo‘lgan burchak ostida o‘tkazilgan.

Diagrammada o‘zgarmas entalpiya ($h=\text{const}$) chiziqlari (ordinata o‘qi bilan 450 burchak hosil qilingan to‘g‘ri chiziqlar), o‘zgarmas nam saqlami ($d=\text{const}$) chiziqlari, nam havoning o‘zgarmas harorati ($t=\text{const}$) chiziqlari; havoning nisbiy namligi ($\varphi=\text{const}$) chiziqlari ko‘rsatilgan.

Odatda h - d diagramma o‘zgarmas barometrik bosim uchun qurilib, uning yordamida ma‘lum t va φ bo‘yicha h hamda d ni aniqlash mumkin. d bo‘yicha suv bug‘ining parsial bosimi P_b ni diafragmadan t shudring nuqtasini aniqlash mumkin, buning uchun havo holatini tavsiflaydigan nuqtadan $\varphi=100\%$ chizig‘i bilan kesishadigan vertikal chiziq o‘tkazish lozim va shu nuqtadan o‘tgan izoterma shudring haroratini ko‘rsatadi.

Nam havoning isitish (sovitish) jarayonlarini o‘zgarmas nam saqlamida ($d=\text{const}$) sodir bo‘ladi. h - d diagrammada bu jarayon vertikal to‘g‘ri chiziq bilan tasvirlangan. Nam havoning sovitish jarayoni faqat havoning butunlay to‘yinishigacha, ya‘ni $\varphi=100\%$ gacha bo‘ladi.

Havoni yanada sovitish undan namlikning shudring (kondensat) sifatida tushishiga olib keladi.

Kondensatsiya jarayonini $\varphi=100\%$ chizig'i bo'yicha boradi, havoning nam saqlami esa d_1 dan d_2 gacha kamayadi deb hisoblash mumkin. Kondensatsiya natijasida hosil bo'lgan suv miqdori havoning nam saqlami farqiga $d_1 - d_2$ (g/kg) teng bo'ladi.

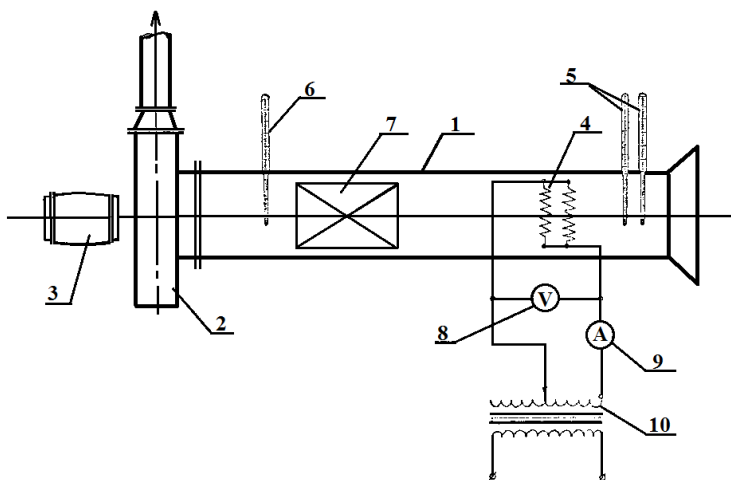
Texnikada nam havoning h-d diagrammasi keng qollaniladi. Uning yordamida biron bir jismni quritish jarayonini hisoblash osondir. Quritish uchun foydalanilgan havo materialdagi namni bug'latadi va o'zi namlanadi. Quritish jarayoni uchun faqat to'yinmagan havo zarur va uning boshlang'ich nam saqlami qancha kam bo'lsa shuncha yaxshi.

Havoning $P=\text{const}$ dagi nam bilan to'yinish ideal jarayoni deb shunday jarayonga aytiladiki, unda havoning issiqligi faqat quritilayotgan materiallardan namni bug'latishga sarf bo'lib, atrof muhitga sarf bo'ladigan issiqlik yo'qotish va suyuqlikni qizdirishga sarf qilingan issiqlik hisobiga olinmaydi. Bug'lanishga sarflangan issiqlik esa bug' bilan yana havoga qaytadi, ya'ni jarayonda issiqlikning umumiy balansi nolga teng bo'ladi

Namlikni bug'latish jarayonida havoning namligi ortib boradi, lekin quruq havoning miqdori o'zgarmaydi. Unda nam havo tarkibidagi 1 kg quruq havoga nisbatan olinadigan nam havoning entalpiyasi o'zgarmaydi. Shuning uchun havoning namlanish jarayoni o'zgarmas entalpiyada sodir bo'ladi deyish mumkin va bu jarayon h-d diagrammada ordinata o'qiga 450 burchakda bo'lgan to'g'ri chiziq sifatida tasvirlanadi.

II. TAJRIBA QURILMASINING BAYONI

5.1-rasmda tajriba qurilmasining printsiptial chizmasi ko'rsatilgan. Qurilmada havoning qizish va namlanish jarayonlarini tadqiq qilish mumkin. qurilma aerodinamik quvur (1), ventilator (2) va elektr dvigatel (3)dan iborat. Aerodinamik quvur ichida kalorifer (elektr isitgich) (4), namlash kamerasi (7), psixrometr (5) va termometr (6) joylashgan. Elektr isitgich (4) avtotransformator (10) orqali 220 voltli o'zgaruvchan tok manbaiga ulangan. Zanjirdagi tok kuchi ampermetr (9), kuchlanish voltmetr (8) yordamida o'lchanadi.



5.1-rasm. Laboratoriya qurilmasi chizmasi

Namlash kamerasi (7) qalin simdan yasalgan ramkadan iborat bo‘lib, namlik almashuv yuzasini oshirish uchun maxsus mato bilan o‘ralgan.

Namlash kamerasini aerodinamik quvurdan chiqarib olish mumkin. Undan quvurdagi teshikni maxsus qopqoq bilan berkitilib, boltlar bilan mahkamlanadi.

Psixrometr (5) havoning aerodinamik quvurga kirishdagi harorat t_1 ni va nisbiy namlik φ_1 ni aniqlash uchun kerak (bu yerda qaysi bir jarayon - havoning qizitilishi yoki namlanishiga qarab kalorifer (4) yoki namlash kamerasi (7) oldida o‘lchovlar o‘tkaziladi).

Termometr (6) havoning harorati t_2 ni o‘lchash uchun, ya'ni kalorifer (4) dan keyin (havoning qizdirish jarayonida) yoki namlash kamerasi (7) dan keyin (namlanish jarayonida) ishlatiladi.

III. HAVONI QIZDIRISH JARAYONINING TAJRIBA O‘TKAZISH USLUBI VA TARTIBI

1. Aerodinamik quvur (1)dan namlanish kamera (7)ni olib, teshikni qopqoq bilan yopish kerak.

2. Ventilator (2)ning elektr motori (3)ni ishlatib, xona havosini aerodinamik quvur (1)ga so‘rish jarayonni boshlaydi. Havо quvur

bo'yicha oqadi, undan keyin atrof-muhitga chiqib ketadi. Berilgan (o'zgarmas) tezlikda harakatlanayotgan havo ketma-ket psixrometr (5), kalorifer (4) va termometr (6)lardan o'tadi.

3. Kalorifer (4) (elektr isitgich) o'zgaruvchan elektr manbaiga ulanib, kaloriferdan o'tayotgan tok kuchi (ampermetr (9) bo'yicha) hamda kuchlanish (voltmetr (8) bo'yicha) rostanadi. Butun tajriba jarayonida ampermetr (8) va voltmetr (9) ko'rsatishlari o'zgarmasligi kerak.

4. 15 minut o'tgandan keyin barqaror holat bo'ladi Shu daqiqadan boshlab, psixrometr (5) va termometr (6)larning ko'rsatmalari o'zgarmaydi. Psixrometr (5), termometr (6) va voltmetr (8)larning ko'rsatkichlari birinchi bor yozib olinadi. 10 minutdan keyin hamma asboblarning ko'rsatmalarini o'lchab, 5.1-jadvalga yoziladi.

5. Elektr isitgich o'chiriladi va qurilmalardan 5-10 minut mobaynida havo haydaladi.

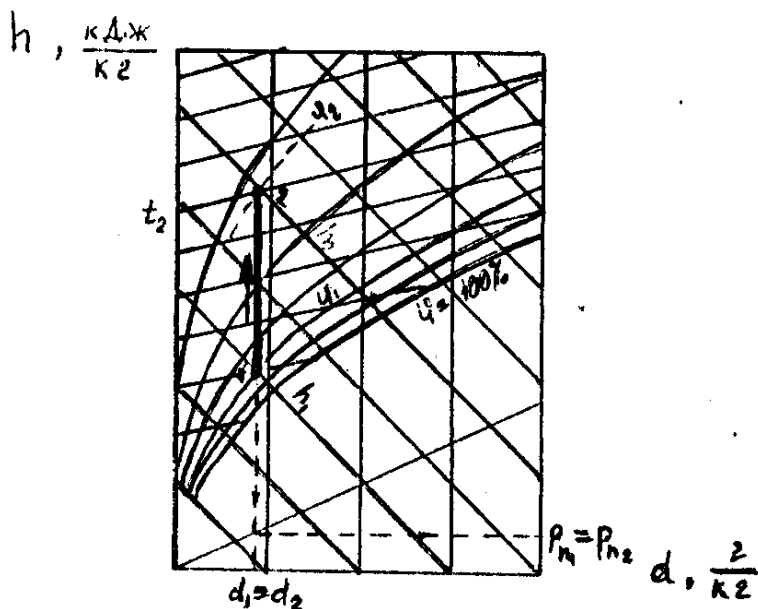
6. Ikkinchi o'lchov natijalaridan foydalanib, haroratlar psixrometrik farqini $\Delta t = t_q - t_{ho-1} [^{\circ}C]$ topish va psixrometrik jadval bo'yicha havoning kalorifer oldidagi nisbiy namligi ϕ_1 ni aniqlash kerak.

7. ϕ_1 va $t_1 = t_q [^{\circ}C]$ bo'lgan holda, h-d diagrammada 1-nuqta belgilanadi. Bu nuqta nam havoning kaloriferga kirishdan oldingi holatini ko'rsatadi va havoning parametrlari h_1, d_1, P_{b1} ni aniqlanadi. h-d diagrammada 1-nuqtadan $t_2 = \text{const}$ chizig'igacha vertikal to'g'ri chiziq 1-2 o'tkaziladi (5.2-rasm), kesishuv nuqtasi 2-nuqta bo'ladi. 2-nuqta kaloriferdan chiqayotgan nam havoning holatini ko'rsatadi va havoning parametrlari h_2, d_2, ϕ_2, P_{b2} ni aniqlanadi. Ko'rinib turibdiki, $d_1 = d_2 = \text{const}$.

8. h-d diagrammadan 1-nuqtadan (bu nuqta nam havoning kaloriferga kirishdan oldingi holatini ko'rsatadi) havoning h, d, p parametrlari aniqlanadi.

5.1-jadval

Hisob	Psixrometr (5)		Termometr(6)	Kalorifer (4)	
	$t_q, ^{\circ}C$	$T_{ho-1}, ^{\circ}C$	$t_2, ^{\circ}C$	I, A	U, B
Birinchi					
Ikkinchi					



5.2-rasm. Havoning qizish jarayoning chizmasi

IV. HAVONING NAMLANISH JARAYONINI TAJRIBA O‘TKAZISH USLUBI VA TARTIBI

Namlash kamerasi (7)ni suv bilan yaxshilab ho‘llab, keyin aerodinamik quvur (1) ga o‘rnatiladi.

Ventilator (2)ning elektr motori (3) ishga tushiriladi.

15 minutdan keyin barqaror holat hosil bo‘ladi. Shu daqiqadan boshlab, psixrometr (5) va termometr (6) ko‘rsatmalari o‘zgarmaydi. Psixrometr va termometr ko‘rsatmalarini birinchi bor yozib qo‘yish kerak. 10 minutdan keyin yana bir bor hamma asboblarning ko‘rsatmalari 5.2-jadvalga yoziladi.

Elektr motori (3)ni elektr manбайдan o‘chirib, aerodinamik quvurdan namlash kamerasi (7)ni olish kerak.

Ikkinchi o‘lchov natijalaridan foydalanib, haroratlar psixrometrik farqini $\Delta t = t_q - t_n$ [$^{\circ}\text{C}$] topish va psixrometrik jadval bo‘yicha namlash kamerasi 7 oldidagi havoning nisbiy namligi ϕ_2 [%] ni aniqlash kerak.

φ_2 va $t=t_q$ [$^{\circ}\text{C}$] bo'yicha h-d diagrammada 2-nuqtani (5.3-rasm) belgilash kerak, bu nuqta nam havoning namlash kamerasi 7 oldidagi holatini ko'rsatadi va havo parametrlari h , d , P_{bn} aniqlanadi.

h-d diagrammada 2-nuqtadan ordinata o'qiga nisbatan 450 burchakda izoterma $t_2=\text{const}$ chizig'iga to'g'ri chiziq 1-2 o'tkazamiz, kesishuv nuqtasi - 2 namlangan havo holatini ko'rsatadi va havoning parametri h_2 , d_2 , 4_2 , P_{b2} larni aniqlaydi. Ko'rinib turibdiki, $h_2=h_1=\text{const}$.

5.2-jadval

Hisob	Psixrometr (5)		Termometr(6)
	$t_{q,}$ $^{\circ}\text{C}$	$T_{ho'l,}$ $^{\circ}\text{C}$	t_2 $^{\circ}\text{C}$
Birinchi			
Ikkinchi			

V. TAJRIBA NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

1. Ho'l termometr (t_h) va haroratlar psixrometrik farqi $\Delta t = t_q - t_n$ bo'yicha jadvaldan havoning nisbiy namligi φ_1 ni kaloriferga kirishda (havoni qizitish jarayonida) hamda namlash kamerasiga kirishda (havoni namlash jarayonida) aniqlash kerak.

2. h-d diagramma bo'yicha nam havoning kaloriferdan oldingi va keyingi (havoni qizitish jarayoni, 5.2-rasm) hamda namlash kamerasidan oldingi va keyingi (havoni namlash jarayoni, 5.3-rasm) parametrlarni aniqlash kerak.

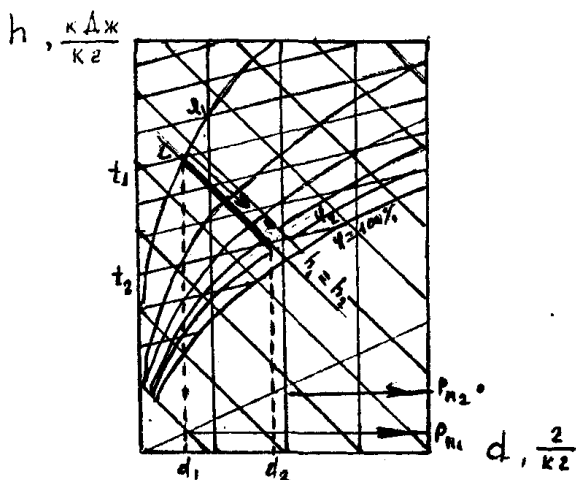
3. Ifodalar (2) va (3) bo'yicha nam havoning gaz doimiysi R va zichligi (1-nuqta (qizdirish jarayoni) hamda 2-nuqta (namlash jarayoni)ni hisoblab chiqish kerak.

4. Qizdirish va namlash jarayonlarida nam havo holatining o'zgarishini tahlil qilib chiqing va xulosalar chiqaring.

5.3-jadval

Havoning qizish jarayoni

Nuqta-lar	φ , %	t , $^{\circ}\text{C}$	d , g/kg	$P_{\dot{a}}$, mm sim.ust.	R , J/kg·K	ρ , kg/m ³	h , kJ/kg
1							
2							



5.3-rasm. Havoning namlanish jarayoning chizmasi

5.4-jadval

Havoning namlanish jarayoni jadvali

Nuqta-lar	ϕ , %	t , °C	d , g/kg	P_a , mm sim.ust.	R , J/kg·K	ρ , kg/m ³	h , kJ/kg
1							
2							

VI. ISHNING HISOBOTI

Ish yuzasidan yozilgan hisobotda ishning qisqa bayoni, tajriba chizmasi, tajriba natijalari yozilgan jadval, hisoblar bo'lishi kerak.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Nam havo deb nimaga aytiladi?
2. Nam havoning asosiy xarakteristikalarini izohlab bering.
3. Nisbiy namlik deb nimaga aytiladi?
4. Nam havoni h-d diagrammasida qanday chiziqlar chizilgan?
5. h-d diagrammada qizitilish va sovutilish holatlarini chizib ko'rsating.

II qism ISSIQLIK UZATILISHI

6- laboratoriya ishi

QUVUR SHAKLIDAGI IZOLATSION MATERIALLARNING ISSIQLIK O‘TKAZUVCHANLIK KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi:

1. «Issiqlik uzatilishi» bo‘limining issiqlik o‘tkazuvchanlik nazariyasiga oid bilimlarni mustahkamlash.
2. Furye qonuni va quvur shaklidagi jismlarning issiqlik o‘tkazuvchanlik koefitsientlarini aniqlash uchun tadbiq etilishini ko‘rsatish.
3. Talabalarda tajriba o‘tkazish malakasini hosil qilish.

I. NAZARIY QISM

Issiqlik o‘tkazuvchanlik issiqlik uzatish usullaridan biridir. Issiqlik o‘tkazuvchanlik deb, jism elementar zarrachalarining tebranma harakati tufayli issiqlikning uzatilishiga aytiladi.

Issiqlik o‘tkazuvchanlikning asosiy qonuni – Furye qonunidir. Furye qonuniga asosan elementning dF izotermik sirt yuzasidan $d\tau$ vaqt ichida o‘tgan issiqlik oqimi dQ harorat gradiyentiga to‘g‘ri proporsionaldir:

$$dQ = - \lambda \text{grad } t \, dF \, d\tau \quad (6.1)$$

Bu tenglamani integrallab silindrik qatlam uchun quyidagi ifodani yozamiz.

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda\ell} \ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (6.2)$$

bu yerda: λ – issiqlik o‘tkazuvchanlik koefitsienti, $\text{Wt/m} \cdot \text{K}$;
 t_1, t_2 – quvurning ichki va tashqi sirtlarining haroratlari, $^{\circ}\text{C}$;
 ℓ – quvurning uzunligi, m;
 d_1, d_2 – quvurning ichki va tashqi diametrlari, mm.

Agar ℓ , d_1 , d_2 , t_1 , t_2 , Q o'lcansa, (6.2) tenglama orqali issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini aniqlash mumkin. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti vaqt birligi ichida 1 m^2 izotermik sirt yuzasidan haroratlar o'zgarishi 1°C bo'lganda o'tgan issiqlik oqimiga teng. λ - har xil moddalar uchun har xil qiymatga ega va u moddaning tuzilishiga, hajmiy og'irligiga, namligiga, bosimi va haroratiga bog'liq bo'ladi.

II. TAJRIBA QURILMASINING BAYONI

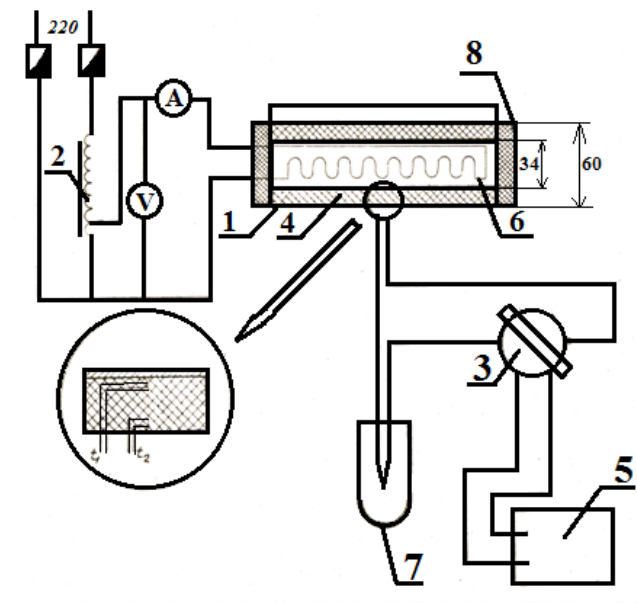
6.1-rasmda tajriba qurilmasining chizma tasviri ko'rsatilgan. Qurilma izolyatsion material (4) (asbestsement)dan tayyorlangan uzunligi $\ell=1,49 \text{ m}$, ichki diametri $d_1=34 \text{ mm}$ va tashqi diametri $d_2=60 \text{ mm}$ bo'lgan (1) quvurdan iborat. Quvurning ichiga elektr isitgich (6) joylashtirilgan. Tok kuchi laboratoriya avtotransformatori (2) bilan sozlanadi, ampermetr va voltmeter ko'rsatkichlari bo'yicha sarflangan quvvat aniqlanadi. Tekshirilayotgan materialning haroratlari oltita mis konstantali termojuftlar yordamida o'lchanadi, termojuftlarning issiq uchlari izolyatsion qatlamning ichki va tashqi sirtlarining uchta nuqtasida joylashtirilgan. Termojuftning kavsharlangan sovuq uchini 0°C da saqlash uchun muz solingan Dyuar (7) idishiga solingan. Termojuftlar moslama (3) orqali potensiometr PP-1 (5)ga ulanadi. Potensiometrda termojuftlarda hosil bo'lgan issiqlik EYK o'lchanadi. Issiqlik EYKni graduslarga 6.1-jadvaldan foydalanib aylantiriladi. Issiqlik oqimini bir o'lchamda ta'minlash uchun quvurning uzunligi diametriga qaraganda anchagina uzun olingan, quvurning ikkala tomoni izolyasiyalangan (8) va elektr isitgich quvur uzunligi bo'yicha bir xilda taqsimlangan.

III. TAJRIBA O'TKAZISH TARTIBI VA NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

Tajriba ishining bayonini o'qib, tanishib chiqilgandan keyin tajriba natijalarini yozish uchun 6.2-jadval tayyorlanadi.

O'lchov asboblari to'g'ri ulanganligini va Dyuar idishida muz bor yoki yo'qligini o'qituvchi yordamida tekshirib chiqqach, qurilmani elektr toki manbaiga ulash va tajriba o'tkazish mumkin. Barcha o'lchovlar barqaror issiqlik holatida amalga oshiriladi. Ushbu holat vaqt o'tishi bilan o'lchov asboblari ko'rsatkichlari o'zgarmasligi bilan

ifodalanadi va u qurilmada 30-40 daqiqalar o'tgach qaror topadi. Barqaror issiqlik holati qaror topgach asbob ko'rsatkichlari yozib olinadi va keyingi holatga o'tiladi. Buning uchun tok kuchini o'zgartirish kerak.



6.1-rasm. Laboratoriya qurilmasi chizmasi

Tekshirilayotgan materialning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{Q \ln \frac{d_2}{d_1}}{2 \pi \ell (t_{1o'r} - t_{2o'r})} \quad (6.3)$$

Elektr qizdirgichdan ajralib chiqqan issiqlik oqimi Q quyidagi ifodadan aniqlandi:

$$Q = I \cdot \Delta U \quad (6.4)$$

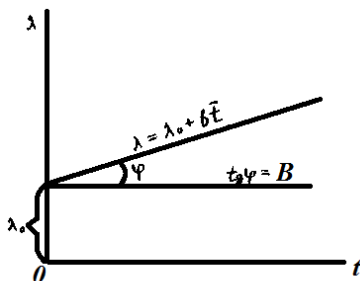
bu yerda: I - tok kuchi, A;

ΔU - kuchlanishning pasayishi, V.

(1.3) tenglama yordamida hisoblab topilgan issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining qiymati, quvurning o'rtacha harorati $t_{o'r}$ ga mos keladi. Shuning uchun asbestosement quvurining o'rtacha harorati (1.5) ifodadan aniqlanadi:

$$t_{o'r} = \frac{t_{1o'r} + t_{2o'r}}{2} \quad (1.5)$$

Hamma holat natijalari asosida topilgan $\lambda_1, \dots, \lambda_5$ va $t_{1o'r}, \dots, t_{5o'r}$ lar asosida, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining haroratga bog'liqlik chizmasi λ - t koordinat sistemasida chiziladi (6.2-rasm).



6.2-rasm. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining haroratga bog'liqlik chizmasi

Asbestsement uchun $\lambda = f(t_{o'r})$ chizmasi tajriba to'g'ri o'tkazilsa, to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi. Bu to'g'ri chiziqning matematik ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$\lambda = \lambda_0 + B \cdot t_{o'r} \quad (6.6)$$

Chizmaning ordinata o'qi bilan kesishgan nuqtasidagi λ_0 ning qiymati asbestosementning 0°C dagi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining qiymatidir. Chizma bilan absissa o'qi orasidagi φ burchakning $\tan$ qiymati (6) ifodadagi B koeffitsienti qiymatini ifodalaydi.

VI. ISHNING HISOBOTI

Hisobotda quyidagilar bo'lishi kerak: tajriba ishining qisqa bayoni; tajriba qurilmasining chizmasi; tajriba natijalari yozilgan jadval va ularning natijalarini ishlab chiqish; asbestosement uchun issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsientining haroratga bog'liqlik chizmasi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Issiqlik uzatilishi hodisasi qanday hodisa hisoblanadi?
2. Issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasini sodir bo'lish shart-sharoitlarini tushuntirib bering.
3. Bir qatlamli yassi devorning issiqlik o'tkazuvchanligini tushuntirib bering.
4. Ishda qanday hisoblar bajarildi?

6.1-jadval

Mis-konstanta termojufti uchun haroratga o'tkazish gradirovkasi

t, °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	1,18	1,22	1,26	1,30	1,34	1,38	1,42	1,46	1,50	1,54
40	1,58	1,62	1,66	1,70	1,74	1,78	1,81	1,85	1,89	1,93
50	1,97	2,01	2,05	2,09	2,13	2,17	2,22	2,27	2,32	2,36
60	2,41	2,46	2,51	2,56	2,61	2,66	2,71	2,76	2,80	2,85
70	2,90	2,95	3,00	3,05	3,10	3,14	3,19	3,24	3,29	3,34
80	3,39	3,44	3,49	3,54	3,58	3,63	3,68	3,73	3,78	3,83
90	3,88	3,93	3,97	4,02	4,07	4,12	4,17	4,22	4,26	4,31
100	4,36	4,41	4,46	4,51	4,56	4,60	4,65	4,70	4,75	4,80
110	4,85	4,90	4,94	4,99	5,04	5,09	5,14	5,19	5,23	5,28
120	5,33	5,38	5,43	5,48	5,52	5,57	5,62	5,67	5,72	5,77

6.2-jadval

Asboblarni ko'rsatishi va tajriba natijalari jadvali

T/r	I, A	$\Delta U, V$	t_1						t_2						$t_2, ^\circ C$	$\Delta t, ^\circ C$	$\lambda, Wt/m \cdot K$
			t_2'		t_2''		t_2'''		t_1'	t_2''		t_2'''					
			mV	$^\circ C$	mV	$^\circ C$	mV	$^\circ C$		mV	$^\circ C$						

7- laboratoriya ishi

HAVONING ERKIN HARAKATLANISHIDA GORIZONTAL QUVURNING ISSIQLIK BERISHI

Ishning maqsadi: havoning erkin harakatlanishida issiqlik berish nazariyasi bo'yicha bilimni mustahkamlash va tajriba o'tkazishga ko'nikma hosil qilish.

Ishni bajarish natijasida havo (suyuqlik)ning katta hajmda erkin harakatlanishida konvektiv issiqlik almashinuvi o'rganilishi, shuningdek issiqlik berish koeffitsientining turli omillarga bog'liqligi aniqlanishi kerak.

Topshiriq:

1. Havoning erkin konveksiya sharoitida gorizontaal quvurning o'rtacha issiqlik berish koeffitsientini va uning harorat farqiga bog'liqligini aniqlash.
2. Tajriba natijalarini ishlash va ularni umumiy mezon ko'rinishiga keltirish.

I. NAZARIY QISM

Qizdirilgan va sovuq zarrachalarning zichliklari farqi hisobiga suyuqlik (gaz)ning harakatlanishi erkin harakatlanish deb ataladi.

Agar havoda joylashgan quvur qizigan bo'lsa, havo qiziydi va zichligi kamayadi. Natijada havoning qizigan zarrachalari yuqoriga ko'tariladi, ularning o'rnini sovuq havo zarrachalari egallaydi. Havoning harakatlanish tezligi qancha yuqori bo'lsa, shuningdek devor va atrof-muhit haroratlari farqi qanchalik katta bo'lsa, uzatilayotgan issiqlik miqdori ham shuncha ko'p bo'ladi.

Demak, issiqlik berish birinchi navbatda devor va atrof-muhit haroratlari farqiga ko'ra aniqlanadi. Bundan tashqari, issiqlik berish jadalligi muhitning fizik xususiyatlariga, qattiq sirtning shakliga, holatiga va boshqa omillarga bog'liq.

Issiqlik berish koeffitsienti Nyuton-Rixman qonuni bo'yicha aniqlanadi.

$$\alpha = \frac{Q_k}{F(t_{q.s} - t_m)}, \quad \text{Wt/m}^2 \cdot \text{K} \quad (7.1)$$

bu yerda: Q_k – qizdirilgan quvurdan konveksiya usulida berilayotgan issiqlik miqdori, Wt;

F – quvur sirti yuzasi, m^2 ;

$t_{q,s}$ – qattiq sirtning oʻrtacha harorati, $^{\circ}C$;

t_m – muhitning (suyuqlik yoki havo) harorati, $^{\circ}C$.

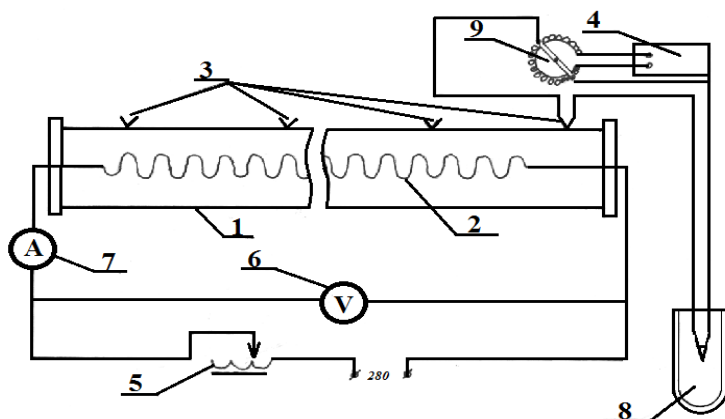
II. TAJRIBA QURILMASINING BAYONI

Tajriba qurilmasi (7.1-rasm) nisbatan barqaror haroratli xonaga joylashgan. Diametri $d=32$ mm va uzunligi $\ell=1490$ mm boʻlgan gorizontal mis quvur (1) ichida joylashgan elektr qizdirgich (2) yordamida bir tekis qizdiriladi. Elektr qizdirgichning iste'mol quvvati tajriba avtotransformatori LATR-1 (5) bilan rostlanadi va voltmeter (6) va ampermetr (7) bilan oʻlchanadi. Issiqlik yoʻqotilishini kamaytirish maqsadida quvurning chekka yonlari izolyasiyalangan. Issiqlik berish sirti haroratini oʻlchash uchun quvur devoriga sakkizta mis-kontsanta termojuftlari (3) biriktirilgan, ularning sovuq uchlari muz solingan Dyuar idishiga (8) tushirilgan. Termojuftlarda hosil boʻlgan elektr yurituvchi kuchlari laboratoriya potensimetri PP-63 (4) yordamida oʻlchanadi. Termojuftlarning EYK qiymatini gradusga aylantirish uchun 7.1-jadvaldan foydalaniladi. Xonadagi havo harorati quvurlardan uzoqroqdagi simobli termometrlar yordamida oʻlchanadi.

III. TAJRIBANI BAJARISH TARTIBI

Ishning nazariy asoslari va tajriba qurilmasi bayoni bilan tanishgach, kuzatishni yozib borish uchun jadvalni tayyorlash kerak va oʻlchov asboblari toʻgʻri ulanganligini tekshirib koʻrish lozim. Stendni oʻqituvchi bilan tekshirgach, tajribani bajarishga kirishish mumkin.

Barcha oʻlchovlar barqaror issiqlik holatida amalga oshiriladi. Ushbu holat vaqt oʻtishi bilan oʻlchov asboblari koʻrsatkichlari oʻzgarmasligi bilan ifodalanadi va u qurilmada 30-40 daqiqalar oʻtgach qaror topadi.



7.1- rasm. Laboratoriya qurilmasi chizmasi

Barqaror issiqlik holati qaror topgach, shu barqaror holatda har 6-10 daqiqada barcha asboblarning ko'rsatkichlarini 3-4 marta yozib olish lozim. Qurilmaning ish holati kamida 4 marta o'zgartiriladi. Qurilmani ulash va uning ish holatini o'zgartirish o'qituvchi bilan amalga oshiriladi.

IV. TAJRIBA NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

Tajriba quvuridan atrofdagi havoga konveksiya usulida issiqlik berilishi quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

$$Q_k = Q_0 - Q_n, \quad Wt \quad (7.2)$$

bu yerda: $Q_0 = I \cdot \Delta U$ – quvur ichidagi elektr isitgichdan ajralgan to'liq issiqlik miqdori, Wt;

I – tok kuchi, A;

ΔU – kuchlanishning pasayishi, V;

Q_n – quvurdan nurlanish usulida issiqlik miqdorining ajralishi, Wt.

$$Q_n = C_k \left[\left(\frac{T_{q.s.}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] F, \quad Wt \quad (7.3)$$

bu yerda: $T_{q.s.}$, T_m – tajriba quvuri sirtining va atrof-muhitning mutlaq harorati;

C_k – keltirilgan nurlanish koeffitsienti, $Wt/m^2 \cdot K^4$;

Atrofdagi jismlar sirti tajriba quvuri sirtidan bir necha barobar katta, shuning uchun keltirilgan nurlanish koeffitsientini tajriba quvurining nurlanish koeffitsientiga teng deb olish mumkin.

$$C_k = C = 4,25 \text{ Wt/m}^2 \cdot \text{K}^4.$$

Tajriba quvuri haroratini hisoblash uchun sakkizta nuqtada o'lgan qiymatdan o'rtachasini olamiz.

(7.1) tenglikdan qurilmaning kamida to'rt holatda ishlashidagi α qiymatini hisoblab, grafik chizamiz.

$$\alpha = f(t_{q.s.} - t_s) \quad (7.4)$$

Olingan grafik bog'liqlik faqat tadqiqot qilinayotgan tajriba quvuri uchungina o'rinli. Tajriba natijalarini boshqa quvurlarga ham tatbiq qilish uchun hisoblash natijalarini mezon bog'liqliklar yordamida umumlashtirish lozim bo'ladi.

$$Nu_{C,d} = f(Gr \cdot Pr)_{C,d}, \quad (7.5)$$

bu yerda: $Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}$ – Nusselt mezon;

$$Gr = \frac{g \beta \Delta t d^3}{\nu^2} \text{ – Grasgof mezon};$$

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \text{ – Prandtl mezon};$$

λ – havoning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $\text{Wt/m} \cdot \text{K}$;

α – havoning harorat o'tkazuvchanlik koeffitsienti; m^2/s ;

ν – havoning kinematik qovushqoqlik koeffitsienti, m^2/s ;

Δt – haroratlar farqi, $^{\circ}\text{C}$;

$$\beta = \frac{1}{t_m + 273} \text{ – havoning hajmiy kengayish koeffitsienti, } \text{K}^{-1};$$

$g = 9,811$ – erkin tushish tezlanishi, m^2/s ;

Fizik parametrlar (λ, a, v, β, Pr) 7.1-jadvaldan xonadagi havoning harorati bo'yicha olinadi. Qurilmaning har bir holatiga olingan o'xshashlik mezonlari qiymatlarini logarifmik koordinatalar sistemasidagi grafikka kiritiladi (7.2-rasm).

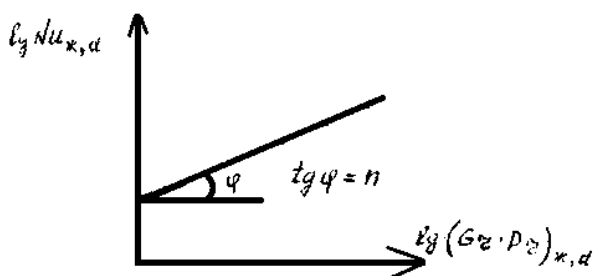
Olingan to'g'ri chiziqli tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$LgNu_{c,d} = lgC + nlg(Gr, Pr)_{c,d} \quad (7.6)$$

Daraja ko'rsatkich n to'g'ri chizisning va abssissa o'qiga burchak tangensining qiyaligi bo'yicha aniqlanadi, doimiylik C esa to'g'ri chiziqning istalgan nuqtasi uchun quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$C = \frac{Nu_{\tilde{n},d}}{(Gr \cdot Pr)^{n_{\tilde{n},d}}} \quad (7.7)$$

$$n = \operatorname{tg} \varphi$$



2.2-rasm.

V. ISHNING HISOBOTI

Ish bo'yicha hisobot tarkibi quyidagicha bo'lishi lozim: ishning qisqacha ta'rifi; qurilmaning chizma tasviri; o'lchov natijalari bayoni; issiqlik berish koeffitsientini haroratlar farqiga bog'liqlik grafigi va o'xshashlik mezonlari orasidagi bog'liqliklar.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Erkin konveksiya haqida tushuncha bering.
2. Qanday mezonlarni bilasiz?
3. Quvurda erkin harakatlanishda issiqlik berish qanday sodir bo'ladi?
4. Ishda qanday hisoblar bajarildi?

7.1-jadval

$p = 1,01 \cdot 10^5$ Pa bo'lgandagi quruq havoning fizik xossalari

$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Wt/m}\cdot\text{K}$	$\alpha \cdot 10^6, \text{m}^2/\text{s}$	$\nu \cdot 10^6, \text{m}^2/\text{s}$	Pr
0	2,44	18,8	13,28	0,707
10	2,51	20,0	14,16	0,705
20	2,59	21,4	15,06	0,703
30	2,67	22,9	16,00	0,701
40	2,76	24,3	16,96	0,699
50	2,83	25,7	17,95	0,698
60	2,90	27,2	18,97	0,696
70	2,96	28,6	20,02	0,694
80	3,05	30,02	21,09	0,692
90	3,13	31,9	22,10	0,690
100	3,21	33,6	23,13	0,688
110	3,28	35,2	24,29	0,687
120	3,34	36,8	25,45	0,686
140	3,49	40,3	27,80	0,684
160	3,64	43,9	30,09	0,682

7.2-jadval

Mis-konstanta termojufti uchun haroratga o'tkazish gradirovkasi

$t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	1,18	1,22	1,26	1,30	1,34	1,38	1,42	1,46	1,50	1,54
40	1,58	1,62	1,66	1,70	1,74	1,78	1,81	1,85	1,89	1,93
50	1,97	2,01	2,05	2,09	2,13	2,17	2,22	2,27	2,32	2,36
60	2,41	2,46	2,51	2,56	2,61	2,66	2,71	2,76	2,80	2,85
70	2,90	2,95	3,00	3,05	3,10	3,14	3,19	3,24	3,29	3,34
80	3,39	3,44	3,49	3,54	3,58	3,63	3,68	3,73	3,78	3,83
90	3,88	3,93	3,97	4,02	4,07	4,12	4,17	4,22	4,26	4,31
100	4,36	4,41	4,46	4,51	4,56	4,60	4,65	4,70	4,75	4,80
110	4,85	4,90	4,94	4,99	5,04	5,09	5,14	5,19	5,23	5,28
120	5,33	5,38	5,43	5,48	5,52	5,57	5,62	5,67	5,72	5,77

7.3-jadval

Asboblarni ko'rsatishi va tajriba natijalari jadvali

α				
Q_k				
Q_n				
haroratlar farqi $\Delta t = t_{o'rt} - t_m$				
havoning harorati $t_m, ^\circ C$				
devor o'rtacha harorati, $t_{o'rt}, ^\circ C$				
t_8	$^\circ C$			
	mV			
t_7	$^\circ C$			
	mV			
t_6	$^\circ C$			
	mV			
t_5	$^\circ C$			
	mV			
t_4	$^\circ C$			
	mV			
t_3	$^\circ C$			
	mV			
t_2	$^\circ C$			
	mV			
t_1	$^\circ C$			
	mV			
Kuchlanish, $\Delta U, V$				
Tok kuchi, I, A				
T/r				

8- laboratoriya ishi

YO'LAKLI JOYLASHGAN QUVURLAR TO'PLAMIDAN KO'NDALANG OQIB O'TAYOTGAN HAVONING ISSIQLIK BERISH KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: ko'ndalang quvurlar to'plamidan oqib o'tayotgan gazlarning issiqlik berish nazariyasi bo'yicha olingan bilimlarni mustahkamlash va tajriba olib borishda ko'nikmaga ega bo'lish.

Topshiriq:

1. Yo'lakli joylashgan quvurlar to'plamidan ko'ndalang oqimning issiklik berish koeffitsient kattaligini aniqlash va havo oqimini tezlikdan o'zgarish qonuniyatini o'rnatish.

2. Tajriba natijalarini qayta ishlash va ularni umumlashtirilgan holda berish.

I. NAZARIY QISM

Reynoldsning kichik sonlarida (birga tengligida) suyuqlik oqimi bilan quvurlar sirtining uzluksiz yuvilishi kuzatiladi. Reynoldsning katta sonlarida esa faqat yuza jismi bir tekisda yuviladi. Quvurlarning orti jismida, sirtidan suyuqlikni chegaradosh qatlamining siljishi tufayli, murakkab uyurmali harakat vujudga keladi. Shu sababli silindrning perimetri bo'yicha issiqlik berishi shiddatligi tekis bo'ladi. Quvur to'plamiining issiqlik berish quvur diametri, ularning ko'ndalang va bo'ylama qadami, quvurlar jamlanishi, suyuqlikning harorati va fizik xususiyatlariga bog'liq ham bo'ladi.

Suyuqlik oqimi quvurlar to'plamiining ko'ndalang yuvilishida issiqlik berish sharoitlari mezonli bog'liqlik bilan ta'riflanadi:

$$\overline{Nu} = f(Re, Pr, \frac{S_1}{d}, \frac{S_2}{d}, n,) \quad (8.1)$$

$$\overline{Nu} = \frac{\alpha d}{\lambda}; \quad Re = \frac{wd}{\gamma}; \quad Pr = \frac{\nu}{a};$$

bunda:

$\bar{\alpha}$ – n qatori uchun o‘rtacha issiqlik berush koeffitsienti, $Wt/m^2 \cdot K$;

d – quvur diametri, m;

w – to‘plamining toraygan kesimidagi suyuqlikning qarakat tezligi, m/s;

α – suyuqlikning issiqlik berush koeffitsienti, $Wt/m^2 \cdot K$;

a – havoning harorat o‘tkazuvchanlik koeffitsienti; m^2/s ;

$\frac{S_1}{d}, \frac{S_2}{d}$ – quvurlar orasidagi bo‘ylama va ko‘ndalang nisbiy qadamlar;

n – to‘plamdagi quvurlar qatori soni.

Nisbiy qadamlar berilgan quvurlar to‘plami uchun doimiy kattalik ekanligini hisobga olamiz:

$$\frac{S_1}{d} = const, \quad \frac{S_2}{d} = const.$$

Havo uchun harorat kam o‘zgarganda $Pr=const$ deb olsak, (8.1) bog‘liqlikni soddalashtirish mumkin:

$$\overline{Nu} = f(Re)^n \quad (8.2)$$

$$\overline{Nu} = cRe^n$$

Tajriba ko‘rsatkichlariga asoslanib, o‘rtacha issiqlik berush koeffitsientini quyidagi tenglikdan aniqlaymiz:

$$\alpha = \frac{Q_k}{F(t_c - t_x)}, \quad Wt/m^2 \cdot K \quad (8.3)$$

bu yerda Q_k – F yuzali uchinchi qatorning bitta quvuridan konveksiya usulida berilayotgan issiqlik miqdori, Wt ;

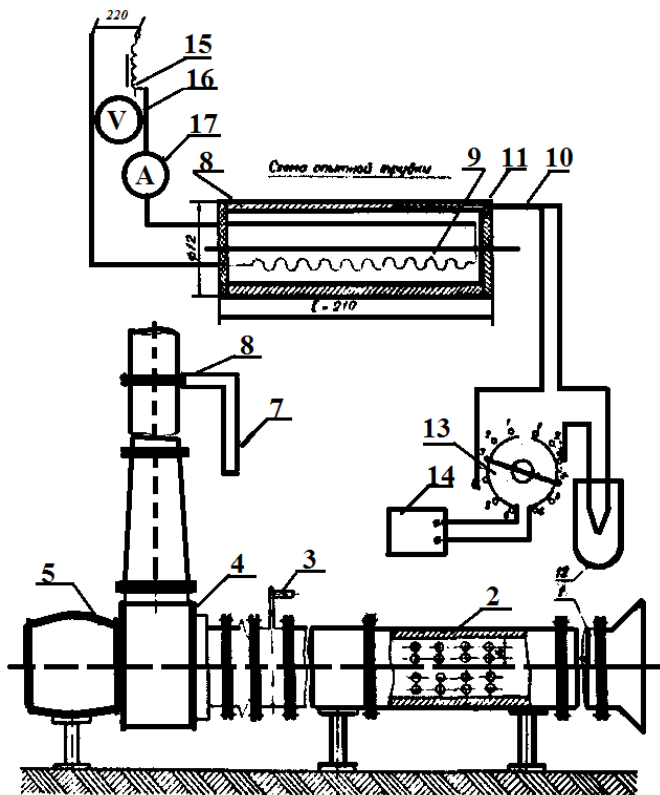
F – quvur sirti yuzasi, m^2 ;

t_s – issiqlik almashinuv yuzasi harorati, $^{\circ}C$;

t_m – muhit (havo) ning harorati, $^{\circ}C$.

II. TAJRIBA QURILMASINING BAYONI

Quvur to'plamining issiqlik berishini aniqlash tajriba qurilmasi (8.1-rasm) aerodinamik quvur (1), yo'lakli joylashgan quvurlar to'plami joylashgan to'g'ri burchakli ko'ndalang kesimi 210x155 mm, uzunligi 2,85 m bo'lgan ishchi jism (2), ventilator (4) va o'lchov asboblari iborat. Ishchi jism aerodinamik quvur 1,42 m da joylashgan. Havo oqimining tezligi shiber (3) bilan o'zgartiriladi, ventilator va aerodinamik quvur orasidagi o'tuvchi patrubok standart diafragma (6) o'lchani, diafragmadagi bosim o'zgarishi mikromanometr (7) bilan o'lchani. Diafragma tarirovkasi 8.1-jadvalda keltirilgan. Ventilator elektr dvigatel bilan harakatga keltiriladi.



8.1-rasm. Laboratoriya qurilmasi chizmasi

To'plam bo'ylama va ko'ndalang qadamlari $S_1=S_2=30$ mm, diametri $d=12$ mm, uzunligi $\ell=210$ mm-li 4 qator mis quvurlardan tuzilgan.

Issiqlik berush koeffitsienti uch qatordagi har bir quvurlar to'plami uchun alohida aniqlanadi. Buning uchun har qatordagi quvur (8) elektr isitgich (9)ning quvvati avtotransformator (15) bilan rostlanadi va voltmeter (16), ampermetr (17) ko'rsatkichlaridan aniqlanadi. Issiqlik yo'holishining oldini olish uchun quvur uchlari issiqlik izolyatsion materiallar (11) bilan yopilgan. Quvurlar sirti harorati mis-konstanta termojuftlari (10) bilan o'lchanadi, Termojuftning issiqlik EYK potensiometr (14) bilan o'lchanadi. Termojuftning sovuq uchi eriyotgan muzli Dyuar idishi (12)ga joylashtirilgan. issiqlik EYKning tarirovkasi 8.2-jadvalda keltirilgan. Oqim harorati xonadagi simobli termometr bilan o'lchanadi.

III. TAJRIBANI O'TKAZISH TARTIBI VA USULI

Qurilma bayoni bilan tanishib, tajriba natijalarini yozish uchun jadval tayyorlanadi. O'qituvchi boshchiligida o'lchash asboblarning to'g'ri yoqilganligi va idishda muz bor yoki yo'qligi tekshirib ko'riladi. Shiberni ochib. havoning maksimal sarfi o'rnatiladi.

Ventilator ishga tushiriladi, quvurlar to'plamining uchinchi qatorida o'rnatilgan elektr isitgichga ulangan voltmeter, ampermetr orqali tok kuchi va kuchlanish beriladi. Elektr isitgich quvvatining o'zgarishi avtotransformator bilan rostlanadi.

Quvurlar sirti harorati qurilma ishga tushgandan 5 minutdan keyin o'lchanadi. Quvurlar sirtida 15-20 minutdan keyin harorat o'zgarmaganda barqaror holat vujudga keladi. Barqaror holatgacha hamma o'lchash asboblari 5 minut oralig'ida 3-4 marta ko'rsatkichlarni yozib olish kerak. Keyin shiber holatini o'zgartirib, qurilmaning ish holatini o'zgartiramiz va tajribani takrorlaymiz. Ish holatini 4-5 marta o'zgartirish kerak. Ish oxirida oldin elektr isitgich o'chiriladi, ventilator esa 3 minutdan keyin o'chiriladi.

IV. TAJRIBA NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

Tajriba quvuridan atrofdagi havoga konvektsiya usulida issiqlik berilishi quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

$$Q_k = Q_0 - Q_n, \quad \text{Wt} \quad (8.4)$$

bu yerda: $Q_0 = I \Delta U$ – konvektsiya va nurlanish yordamida quvurdan
ajralgan to‘liq issiqlik miqdori, Wt;

I – tok kuchi, A;

ΔU – kuchlanishning pasayishi, V;

Q_n – quvurdan nurlanish usulida ajralgan issiqlik miqdori, Wt.

$$Q_n = C_k \left[\left(\frac{T_{q.s.}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] F, \quad \text{Wt} \quad (8.5)$$

bu yerda: C_k – keltirilgan nurlanish koeffitsienti, $\text{Wt/m}^2 \cdot \text{K}^4$.

Atrofdagi jismlar sirti tajriba quvuri sirtidan bir necha barobar katta, shuning uchun keltirilgan nurlanish koeffitsientini tajriba quvurining nurlanish koeffitsientiga teng deb olish mumkin.

$$C_k = C = 4,25 \text{ Wt/m}^2 \cdot \text{K}^4.$$

$T_{q.s.}$, T_m – tajriba quvuri sirtining va atrof muhitning mutlaq harorati, K.

4-5 havo oqimi tezliklari uchun hisoblangan issiqlik berush koeffitsientlari bilan $\bar{\alpha} = f(w)$ grafik chiziladi. Keyin Nusselt va Reynolds mezonlari aniqlanadi. Bu mezonlarga kirgan havoning fizik parametrlari (logarifm koordinatalarida) $\overline{Nu} = f(Re)$ bog‘liqligi grafigiga qo‘yiladi. Hosil qilingan to‘g‘ri chiziq quyidagi tenglama bilan yoziladi:

$$\overline{Nu} = f(Re)^n \quad (8.6)$$

Daraja ko‘rsatkichi n to‘g‘ri chiziq tangensi bilan aniqlanadi, doimiy C esa quyidagicha topiladi:

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}; \quad Re = \frac{wd}{\nu} \quad (8.7)$$

$$C = \frac{\overline{Nu}}{Re^n} \quad (8.8)$$

(8.6) tenglama uchinchi va keyingi qator quvurlar to'plamining topilgan Re sonlarining oralig'ida issiqlik berush koefitsientlarini aniqlashda to'g'ri keladi.

O'rtacha issiqlik berush koefitsientlarini aniqlashda to'plamning birinchi $\overline{\alpha}_1$ va ikkinchi $\overline{\alpha}_2$ qatorlarida shu quvurlarni qo'shgan holda tajriba o'tkazishni takrorlash kerak.

Issiqlik berush koefitsientlari $\overline{\alpha}_1$ va $\overline{\alpha}_2$ quyidagi shartdan aniqlanishi mumkin:

$$\begin{aligned} \frac{\overline{\alpha}_1}{\overline{\alpha}_2} &= \frac{\varepsilon_1 \cdot \overline{\alpha}_3}{\varepsilon_2 \cdot \overline{\alpha}_3} \\ \varepsilon_1 &= 0,6; \quad \varepsilon_2 = 0,9. \end{aligned} \quad (8.9)$$

Hamma to'plamning o'rtacha issiqlik berish koefitsientlari barcha quvurlar sirtlari teng bo'lgan sharoitda quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\overline{\alpha} = \frac{\overline{\alpha}_1 + \overline{\alpha}_2 + (n-2)\overline{\alpha}_3}{n}$$

$\overline{\alpha}$ – to'plamning o'rtacha issiqlik beruvchanlik koefitsienti, $Wt/m^2 \cdot K$;
 $\overline{\alpha}_1 + \overline{\alpha}_2 + (n-2)\overline{\alpha}_3$ – birinchi, ikkinchi va uchinchi qatorlar to'plami o'rtacha issiqlik berush koefitsientlari, $Wt/m^2 \cdot K$;
 n – to'plamdagi qatorlar soni.

V. ISHNING HISOBOTI

Ish yuzasidan yozilgan hisobotda ishning qisqa bayoni, tajriba chizmasi, tajriba natijalari yozilgan jadval, hisoblar, $\overline{\alpha} = f(w)$ va $\overline{Nu} = f(Re)$ bog'liqlik grafiklari bo'lishi kerak.

8.1-jadval

Standart diafragmaning tarirovkasi

ΔP , mm suv ust.	W, m/s	ΔP , mm suv ust.	W, m/s	ΔP , mm suv ust.	W, m/s
1	0,42	11	1,3	21	1,8
2	0,59	12	1,36	22	1,84
3	0,69	12	1,41	23	1,88
4	0,79	14	1,47	24	1,92
5	0,88	15	1,52	25	1,96
6	0,96	16	1,57	26	2,00
7	1,03	17	1,62	27	2,03
8	1,10	18	1,67	28	2,07
9	1,17	19	1,71	29	2,10
10	1,24	20	1,76	30	2,13

8.2-jadval

Mis–konstanta termojuftlarining gradirovkasi

t, °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	1,18	1,22	1,26	1,30	1,34	1,38	1,42	1,46	1,50	1,54
40	1,58	1,62	1,66	1,70	1,74	1,78	1,81	1,85	1,89	1,93
50	1,97	2,01	2,05	2,09	2,13	2,17	2,22	2,27	2,32	2,36
60	2,41	2,46	2,51	2,56	2,61	2,66	2,71	2,76	2,80	2,85
70	2,90	2,95	3,00	3,05	3,10	3,14	3,19	3,24	3,29	3,34
80	3,39	3,44	3,49	3,54	3,58	3,63	3,68	3,73	3,78	3,83
90	3,88	3,93	3,97	4,02	4,07	4,12	4,17	4,22	4,26	4,31
100	4,36	4,41	4,46	4,51	4,56	4,60	4,65	4,70	4,75	4,80
110	4,85	4,90	4,94	4,99	5,04	5,09	5,14	5,19	5,23	5,28
120	5,33	5,38	5,43	5,48	5,52	5,57	5,62	5,67	5,72	5,77

NAZORAT SAVOLLARI

1. Majburiy konvektiv issiqlik almashinuvi haqida tushuncha bering.
2. Majburiy harakatlanishda issiqlik berilishi qanday sodir bo'ladi?
3. Quvurlar to'plamida issiqlik berish qanday sodir bo'ladi?
4. Ishda qanday hisoblar bajarildi?

8.3-jadval

Asboblari ko'rsatishi va tajriba natijalari jadvali

n			
C			
Nu			
Re			
α , Wt/m ² ·K			
α_{II} , Wt/m ² ·K			
α_I , Wt/m ² ·K			
α_{III} , Wt/m ² ·K			
Q _n , Wt			
Q _k , Wt			
W, m/s			
ΔP , mm suv ust.			
t _m , °C			
t _{q.s.}	°C		
	mV		
Q, Wt			
Kuchlanish, ΔU , B			
Tok kuchi, I, A			

9 - laboratoriya ishi

ERKIN KONVEKSIYADA QAYNAYOTGAN SUVNING ISSIQLIK BERISHI

Ishning maqsadi:

1. Suyuqliklarning qaynashida issiqlik berish nazariyasi bo'yicha olingan bilimlarni mustahkamlash va tajriba olib borishda ko'nikmaga ega bo'lish.

2. Issiqlik berush koeffitsientini issiqlik kuchlanishiga bog'liqligini aniqlash.

Topshiriq:

Katta hajmda qaynayotgan suvning issiqlik berush koeffitsienti qiymati, issiqlik berish koeffitsienti va issiqlik kuchlanishi bog'liqligini aniqlash.

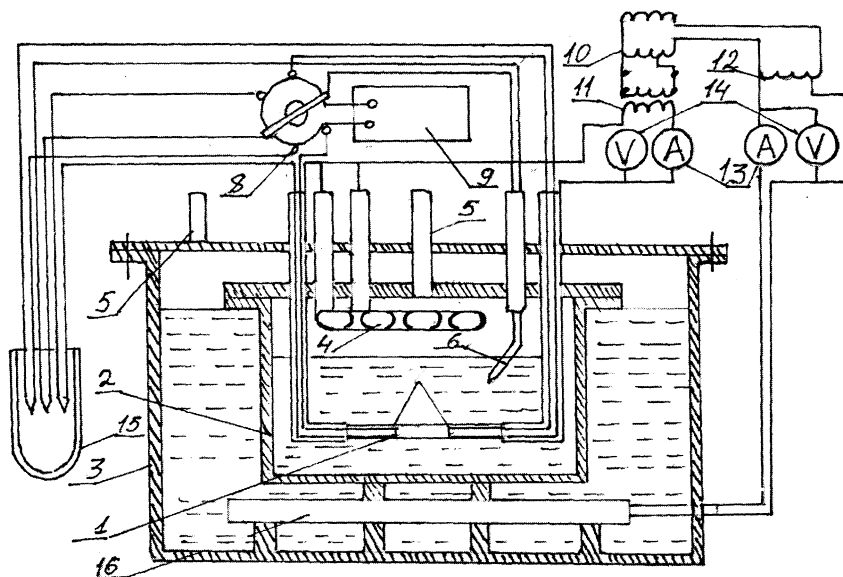
I. NAZARIY QISM

Bu ish pufakchali qaynayotgan suyuqlikning issiqlik beruvchanligini tajriba yo'li bilan aniqlashga asoslangan. Issiqlik almashinuv yuzasida bug' fazasi alohida bug' pufakchalari ko'rinishida hosil bo'lishiga suyuqlikning pufakchali qaynashi deyiladi. Bug' fazasining hosil bo'lish asosiy shartlaridan biri – isitish yuzasidagi qaynayotgan suyuqlik hardoin berilgan bosimdagi to'yinish haroratidan nisbatan qiziganbo'ladi. Ikkinchi kerakli shart – bug' hosil bo'lish markazlari yuzasida mikroskopik tirqish (darz), qumlar bo'lishi kerak. Bug' hosil bo'lish markazlarida ma'lum qizdirish natijasida bug' pufakchalari hosil bo'ladi. Suyuqlikning bug'lanishi natijasida pufakchalar soni ortadi. Pufakchalar ma'lum diametrga ega bo'lsa, ular o'rniga yangi pufakchalar hosil bo'ladi.

I. TAJRIBA QURILMASI BAYONI VA TAJRIBA O'TKAZISH TARTIBI

Katta hajmda suyuqlikning qaynashi yupqa devorli diametri $d = 7,5$ mm, devor qalinligi $\delta = 0,5$ mm va uzunligi $\ell = 280$ mm gorizontaal zanglamaydigan po'lat quvurda sodir bo'ladi (9.1-rasm). Quvur undan past kuchlanishli o'zgaruvchan tokni o'tkazish bilan

qizdiriladi. Quvurning tok o'tkazadigan qismlari kuchlanishning pasayishini kamaytirish uchun misdan ishlangan. Elektr qizdirgichning ishchi qismidan qaynayotgan suvga o'tayotgan issiqlik oqimi ampermetr (13) va voltmetr (14) ko'rsatkichlari orqali aniqlanadi. Qaynayotgan suyuqlikning harorati ko'chuvchan mis-konstanta termojufti (6) bilan o'lchanadi. Issiqlik berayotgan yuzaning haroratini o'lchash uchun quvur ichiga ikkita mis-konstanta termojufti (7) o'rnatilgan.



9.1-rasm. Laboratoriya qurilmasi chizmasi

Quvur ichidagi havo harorati quvurning ichki yuzasi haroratiga teng. Devordagi harorat o'zgarishi ichki issiqlik manbalari mavjud bo'lgandagi silindrik devor issiqlik o'tkazuvchanligi tenglamasidan aniqlanadi:

$$\delta t = \frac{qd_o}{2\lambda} \left[0,5 - \frac{d_{ich}^2}{d_o^2 - d_{ich}^2} \ln \frac{d_o}{d_{ich}} \right] \quad (9.1)$$

bu yerda: q – solishtirma issiqlik oqimi, Wt/m^2 ;

$$q = \frac{I \Delta U}{F} \quad , \quad \text{Wt/m}^2 \quad (9.2)$$

I – tok kuchi, A;

ΔU – kuchlanishning pasayishi, V;

F – quvuryuzasi, m²;

d_t, d_{ich} – elektr qizdirgich quvurining tashqi va ichki diametrlari, mm;

$\lambda = 16 \text{ Wt/m} \cdot \text{K}$ – isitgich ishlangan materialning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti (zanglamaydigan po'lat).

Quvurning tashqi yuzasi harorati

$$t_{\bar{a}} = t_{ich} - \delta t$$

Issiqlik berush koeffitsienti Nyuton-Rixman tenglamasidan hisoblab topiladi:

$$\alpha = \frac{q}{t_c - t_{\text{жс}}} \quad \text{Wt/m}^2 \cdot \text{K} \quad (9.3)$$

O'lchanayotgan va hisoblanadigan kattaliklar jadvalga yoziladi. Hamma o'lchovlar barqaror issiqlik holatida 4-5 issiqlik yuklamalarida o'tkaziladi. Kuchlanishni RNO-250-10 kuchlanish rostlagichi bilan o'zgartiriladi.

V. TAJRIBA NATIJALARINI ISHLAB CHIQISH

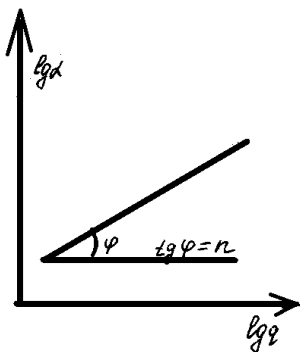
Olingan tajriba natijalari turli issiqlik oqimlaridagi issiqlik berush koeffitsientlarini darajali tenglama bilan umumlashtirish kerak:

$$\alpha = Aq^n. \quad (9.4)$$

Logarifmik koordinatada $\ln \alpha - \ln q$ tenglama to'g'ri chiziq tenglamasi bo'lib hisoblanadi (9.2-rasm).

Tenglamadagi n daraja ko'rsatkichi to'g'ri chiziq burchak tangensidan aniqlanadi, A quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$A = \frac{\alpha}{q^n} . \quad (9.5)$$



9.2-rasm.

VI. ISHNING HISOBOTI

Ish yuzasidan yozilgan hisobotda ishning qisqa bayoni, tajriba chizmasi, tajriba natijalari yozilgan jadval, hisoblar bo‘lishi kerak.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Qaynash deb nimaga aytiladi?
2. Qaynash jarayoni necha turga bo‘linadi?
3. Qaynashni sodir bo‘lishdagi shart-sharoitlarini aytib bering.
4. Bug‘lanish markazlarini hosil bo‘lishi nimalarga bog‘liq?
5. Ishda qanday hisoblar bajarildi?

9.3-jadval

Asboblarni ko'rsatish va tajriba natijalari jadvali

O'lchov t/r	I		$\frac{\Delta U}{V}$	$\frac{Q}{Wt}$	$q, \frac{Wt}{m^2}$	t_{ich}		$\delta t, ^\circ C$	$\frac{\Delta t_{ip}}{^\circ C}$	t_s		$\Delta t, ^\circ C$	$\alpha, \frac{^{\circ}K}{Wt/m^2}$
	Bo'lin ma	A				mV	$^\circ C$			mV	$^\circ C$		

10- laboratoriya ishi

QATTIQ JISMNING NURLANISH KOEFFITSIENTINI KALORIMETRIK USUL BILAN ANIQLASH

Ishning maqsadi:

1. Tajriba o'tkazishdagi yangiliklarni o'zlashtirish.
2. Qattiq jismning nurlanish koeffitsientini tajriba yo'li bilan aniqlash.
3. Nurlanish koeffitsientining haroratga bog'liqligini aniqlash.

Vazifa:

Tekshirilayotgan jismning nurlanish koeffitsientini topish va uning haroratga bog'liqligini aniqlash.

I. NAZARIY QISM

Issiqlik nurlanishi bu - nur tarqatayotgan jism ichki energiyasining elektromagnit to'lqin tarqatish jarayonidir.

Issiqlik oqimining kattaligini aniqlash uchun nurlanish koeffitsientini bilish zarur. Nurlanish koeffitsienti nurlanuvchi jismning tabiati, harorati va sirt yuzasining tuzilishiga, metall uchun esa yuzasining oksidlanish darajasiga ham bog'liq bo'ladi.

Qandaydir qattiq jismdan uni o'rab turgan qobig'iga berilayotgan issiqlik miqdori quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$Q_n = C_{1,2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot F_1, \text{ Wt} \quad (10.1)$$

bu yerda: T_1 – nurlanayotgan jism harorati, K;

T_2 – atrof muhit harorati, K;

F_1 – nurlanayotgan sirt yuzasi, m^2 ;

$C_{1,2}$ – jismlar tizimi (metall tola va shisha qobig'i)ning keltirilgan nurlanish koeffitsientiga teng:

$$C_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0} \right)}, \quad \frac{Wt}{m^2 K^4} \quad (10.2)$$

bu yerda: C_1, C_2, C_0 – mos ravishda metall tola, shisha qobig‘i va mutlaq qora jismning nurlanish koeffitsientlari, $Wt/m^2 K^4$;

F_1 va F_2 – jism va qobig‘ining sirt yuzasi, m^2 ; nurlanish yuzasi F_1 qobig‘i yuzasi F_2 dan kichik bo‘lgani ($F_1 \ll F_2$) deb qabul qilish mumkin.

Bu ishda nurlanish koeffitsientining haroratga bog‘liqligini kalorimetrik usulda topish kerak. Kalorimetrik usul nurlanayotgan jismning nurlanish oqimini, haroratini va qobig‘ining haroratini o‘lchashga asoslangan. Nurlanish koeffitsientini (10.1) tenglamaga asosan quyidagi tenglikdan topish mumkin:

$$C_1 = \frac{Q_i}{F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}, \quad \frac{Wt}{m^2 K^4} \quad (10.3)$$

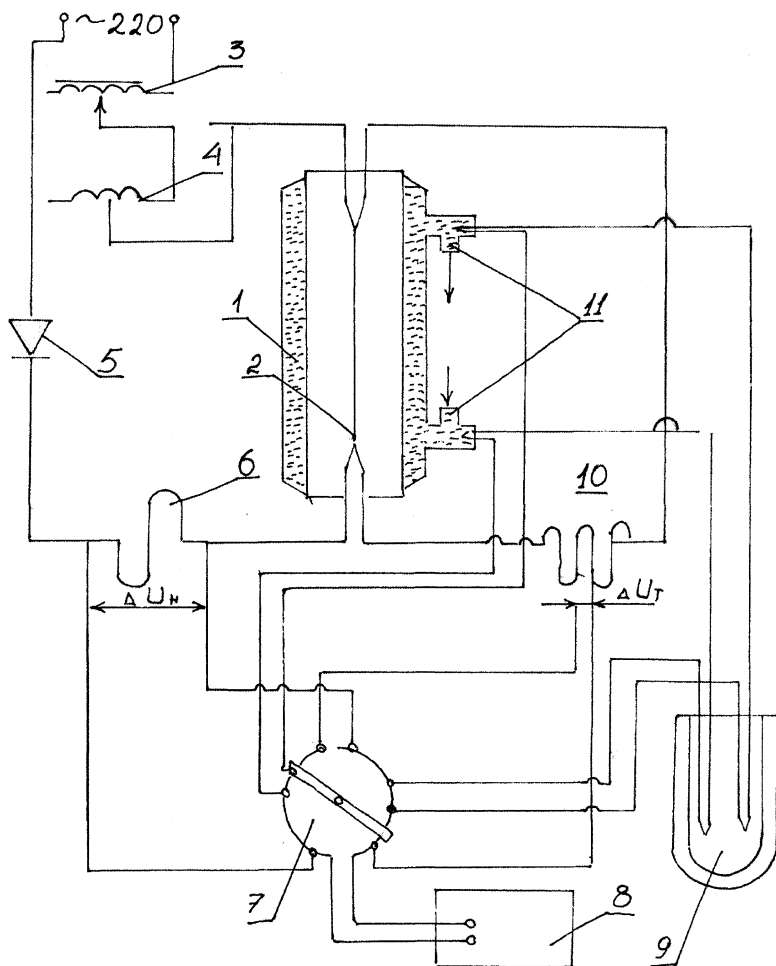
Demak, (10.3) tenglamadagi C_1 ni topish uchun F_1 ni bilish kerak va tajriba yo‘li bilan Q_n, T_1, T_2 larni aniqlash kerak.

II. TAJRIBA QURILMASI BAYONI

Nurlanish koeffitsientini aniqlaydigan tajriba qurilmasi kalorimetr, avtotransformator, tok to‘g‘rilagich va o‘lchaydigan asboblardan tuzilgan (10.1-rasm).

Tekshirilayotgan jism diametri $d = 0,5$ mm, uzunligi $\ell = 280$ mm bo‘lgan molibden tolasi ikkala devori sovuq suv bilan sovitib turiladigan shisha idishga o‘rnatilgan. Konvektiv issiqlik almashinuvi va issiqlik o‘tkazuvchanlik sodir qilmaslik uchun shisha idish ichida 10-5 mm sim.ust.ga teng vakuum hosil qilingan.

Metall tola o‘zidan o‘zgarmas elektr toki o‘tkazish yo‘li bilan qizdiriladi. Avtotransformator orqali quvvat sozlanadi.



10.1-rasm.

1-kalorimetr; 2-molibden tola; 3-laboratoriya avtotransformatori;
 4-reostat; 5-tok to'g'rilagich; 6-normal qarshilik; 7-ulagich;
 8-potensiometr; 9-Dyuar idishi; 10-kuchlanish taqsimlagichi;
 11-sovituvchi suvning kirishi va chiqishi

Tolani qizdirish uchun kerak bo'lgan quvvat o'lchanayotgan joydagi kuchlanishning pasayishi va tok kuchi bo'yicha aniqlanadi.

O'lchanayotgan joydagi tekshirilayotgan toladagi kuchlanishning pasayishi potensimetr PP-1 bilan o'lchanadi, u o'lchanayotgan chizma tasviriga kuchlanish taqsimlagichi yordamida ulangan.

Tok kuchi chizma tasviriga ulangan normal qarshilik yordamida aniqlanadi. Uning kattaligi o'zgarmas va $R_n = 0,01 \text{ Om}$ ga teng. Normal qarshilikdagi kuchlanish pasayish ΔU_n ni o'lchab, Om qonuni yordamida zanjirdagi tok kuchini aniqlaymiz.

Tekshirilayotgan tolaning harorati uning omik qarshiligi bo'yicha aniqlanadi. Jadvalda (10.1-jadval) tolaning omik qarshiligidan haroratga bog'liqligi $R=f(t)$ keltirilgan. Chunki issiqlik oqimi tolaning issiqligidan uncha katta emas, kalorimetrdagi suvning sarflanishi esa katta, shuning uchun idishning ichki yuzasidan haroratni sovituvchi suvning haroratiga teng deb olsa bo'ladi. Kalorimetrdan chiqayotgan suvning haroratini termometr yordamida o'lchab olinadi.

IV. TAJRIBANI BAJARISH TARTIBI

Tajriba qurilmasi (10.1-rasm) bilan tanishib bo'lgandan keyin tajribadan olingan natijalarni yozib olish uchun 10.1-jadvalni chizish kerak.

Tizimda barqaror issiqlik holati boshlangandan keyin o'lchashlar yozib boriladi. Bu holatda vaqt o'tishi bilan hamma o'lchov asboblarning ko'rsatkichi o'zgarmaydi. Bu holat qurilmada elektr tokini, sovuq suvni berilgandan keyin har 8-10 minutda o'rnatiladi. Barqaror holatda 5 minut oralig'i bilan 3-4 marta hamma o'lchov asboblarning ko'rsatkichi yozib olinadi. Agar asboblarning ko'rsatkichi o'zgarmasa, tajriba o'tkazishni tugatib, ikkinchi holatga o'tish mumkin. Keyingi tajriba tizimning boshqa harorat holatida o'tkaziladi. Tajribani tola harorati 100°C oralig'ida 4-5 marta harorat holatida o'tkazish mumkin.

V. TAJRIBA NATIJALARINI ISHLAB CHIQISH

Tajriba natijalarini ishlab chiqishda faqat barqaror issiqlik holatida olingan qiymatlar ishlatiladi. Har bir harorat holatida olgan asbob ko'rsatkichlarning o'rtacha arifmetik qiymati aniqlanadi. Tekshirilayotgan nurlanish koeffitsientini (10.3) tenglama yordamida

aniqlanadi. Shisha idishdagi tekshirilayotgan tolaning chiqayotgan nurlanish issiqligini oqimi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi.

$$Q_H = J \Delta U \quad , \quad Wt \quad (10.4)$$

bu yerda: J – zanjirdagi tok kuchi, A :

ΔU – o‘lchanayotgan joydagi kuchlanish pasayishi, V .

O‘lchanayotgan joydagi tekshirilayotgan tolaning kuchlanish pasayishi quyidagi bog‘lanishdan aniqlanadi:

$$\Delta U = \Delta U_T \frac{R_{tum}}{R_{t.o'1ch}} \quad , \quad V \quad (10.5)$$

bu yerda: ΔU_T – taqsimlagichdan kuchlanish pasayishi, V ;

R_{tum} – umumiy omik qarshilik, 104 Om ga teng.

$R_{t.o'1ch}$ – o‘lchalayotgan joydagi taqsimlagichning qarshiligi, 200 Om ga teng.

Tok kuchi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$J = \frac{\Delta U_n}{R_n} \quad , \quad A \quad (10.6)$$

bu yerda: ΔU_n – normal qarshilikdagi kuchlanish pasayishi, V :

R_n – normal qarshilik, $0,01 \text{ Om}$ ga teng.

Tolaning harorati uning omik qarshiligi bo‘yicha aniqlanadi:

$$R = \frac{\Delta U}{J} \quad , \quad \text{Om} \quad (10.7)$$

Tekshirilayotgan tolaning sirt yuzasidagi har xil harorati uchun nurlanish koeffitsientini aniqlab, chizmasini chizamiz:

$$C = f(t_1)$$

VI. ISHNING HISOBOTI

Ish yuzasidan yozilgan hisobotda ishning bayoni, tajriba chizmasi, tajriba natijalari yozilgan jadval, hisoblar, $C=f(t_1)$ grafik bo'lishi kerak.

10.1-jadval

Molibden tolasining omik qarshiligining haroratga bog'liqligi
 $R \cdot 10^2 \text{ Om}$

graduslar 10 talik	0	2	4	6	8
60	8,22	8,29	8,36	8,42	8,49
70	8,56	8,63	8,70	8,76	8,83
80	8,69	8,97	9,04	9,10	9,17
90	9,24	9,31	9,38	9,84	9,50
100	9,56	9,63	9,70	9,76	9,83
110	9,90	9,97	10,04	10,10	10,17
120	10,23	10,30	10,37	10,44	10,51
130	10,57	10,64	10,71	10,78	10,85
140	10,90	10,97	11,04	11,10	11,17
150	11,24	11,31	11,38	11,44	11,51
160	11,58	11,65	11,72	11,78	11,85
170	11,91	11,98	12,05	12,12	12,19
180	12,25	12,32	12,39	12,46	12,53
190	12,58	12,65	12,72	12,78	12,85
200	12,92	13,00	13,06	13,12	13,19
210	13,26	13,33	13,40	13,47	13,53
220	13,59	13,66	13,73	13,80	13,87
230	13,93	14,00	14,07	14,14	14,21
240	14,26	14,33	14,40	14,47	14,54
250	14,60	14,67	14,74	14,80	14,87
260	14,94	15,01	15,08	15,14	15,21
270	15,27	15,34	15,41	15,48	15,55
280	165,61	15,68	15,75	15,82	15,89
290	15,94	16,01	16,08	16,19	16,21
300	16,28	16,31	16,42	16,49	16,56

Asboblarni ko'rsatishi va tajriba natijalari jadvali

Holat	O'lchov	I, A	ΔU_n , mV	ΔU_b , mV	ΔU , V	Q_n , Wt	R_1 , Om	t_1 , °C	t_2 , °C	C, Wt/m ² K ⁴
I	1									
	2									
	3									
II	1									
	2									
	3									
III	1									
	2									
	3									

NAZORAT SAVOLLARI

1. Nurlanish deb nimaga aytiladi?
2. Nurlanish yo'li bilan issiqlik almashinishning sodir bo'lish shart-sharoitlarini aytib bering.
3. Nurlanish koeffitsienti nimalarga bog'liq?
4. Ishda qanday hisoblar bajarildi?

III qism

ISSIQLIK ENERGETIK QURILMALARI

11 - laboratoriya ishi

CO - 7A KOMPRESSOR QURILMASI VA UNI SINOVDAN O'TKAZISH

Ishdan maqsad:

1. Quyida keltirilgan CO-7A nusxali kompressor qurilmasining ta'rifi bilan tanishish.
2. Kompressor qurilmasining bosimi havo quvurida qarshilik har xil bo'lganda elektr dvigateli sarf qilgan quvvatni tajriba yo'li bilan aniqlash.

Topshiriq:

- a) kompressorning nazariy ishlab chiqarish quvvati, $W_t, m^3/soat$;
- b) kompressorning haqiqiy ishlab chiqarish quvvati, $W_t, m^3/soat$.

I. NAZARIY QISM

1.1. Kompressor qurilmasining texnik tavsifi

Ishlab chiqarish quvvati	30 $m^3/soat$;
Ishchi bosimi	6 kgs/sm^2 (6·105 Pa);
Silindr diametri	78 mm;
Porshen diametri	75 mm;
Silindrlar soni	2 ;
Porshenning harakat masofasi	85 mm;
Tirsakli valning aylanish tezligi	1000 marta/min;
Tirsakli valning aylanish yo'nalishi (mexanik tomonidan)	soat strelkasi yo'nalishiga qarshi;
Yog' sarfi	40 g/soat dan ko'p emas;
Bosimni sozlash chegarasi	2+6 kgs/sm^2 ;
Elektr dvigateling turi	AOL2-32-2;
Quvvati	4 kWt ;
Valning aylanish soni	2880 marta/min;
Resiverning hajmi	22 litr.

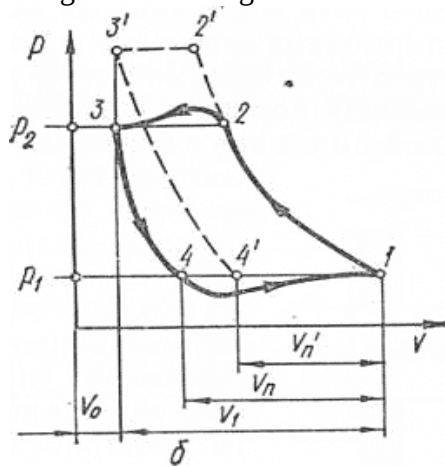
1.2. Umumiy ma'lumotlar

Kompressorlar deb, gazlarni shu jumladan havoni 3 atm dan yuqori bo'lgan bosim bilan siqish uchun xizmat qiluvchi mashinalarga aytiladi. Kompressorlarda olinadigan siqilgan havo, texnikaning turli sohalarida keng qo'llaniladi. Masalan, siqilgan havoda ishlovchi bolg'alarda; metallurgiya sanoatida: o'choqlarga havo purkashda, metallarga katta bosim ostida ishlov berishda; qurilishda: pardozlash ishlarini bajarishda, metall quymalarning sirtini qumli oqim bilan tozalashda va h.k.

Kompressorlar ikki turga bo'linadi:

- 1) Porshenli kompressorlar;
- 2) Markazdan qochma kuchga ega bo'lgan kompressorlar.

Kompressor mashinalarining ishi termodinamik nuqtai nazardan tahlil qilinganda, gazning siqilishidagi haqiqiy jarayon bilan ideal jarayonlarning farqi shundaki, haqiqiy jarayonda zararli hajm va boshqa yo'qotishlar hisobga olinadi, ideal jarayonda esa hisobga olinmaydi. Porshenli kompressorning indikator diagrammasini ko'rib chiqamiz.



11.1-rasm. Kompressorning haqiqiy indikator diagrammasi

Porshenli kompressorning ishlash jarayonining 11.1-rasmda haqiqiy indikator diagrammasi ko'rsatilgan. Bu diagrammada 1-2 chizig'i, kompressorning so'rish va haydash klapanlari yopiq bo'lganda gazning siqilishini tasvirlaydi. Silindrdagi gaz bosimi, haydash

quvuridagi bosimdan bir oz oshgach (nuqta 2), haydash klapani ochiladi va gaz silindrdan haydash chiqariladi (2A3 chizig'i). Porshen chap tomonga eng ko'p chiqqan holatida ya'ni 3-nuqtada, haydash klapani yopiladi va yana o'ng tomonga harakatlanayotganda, haydash klapani yopilib, "zararli" hajmda qolib ketgan gazning kengayishi sodir bo'ladi. (3-4 chizig'i). Silindrdagi bosim atmosfera bosimiga nisbatan bir oz kamaygach, so'rish klapani ochilib, silindr havoga to'ladi. (4v1-chizig'i) so'ngra hamma jarayonlar shu tariqa qaytarillaveradi. Shuni eslatib o'tish kerakki, 4-v-1 va 2-A-3 chiziqlari bilan ifodalangan jarayonlar termodinamik jarayonlar bo'la olmaydi, chunki havo so'rilganda va haydalganda amalda uning holati o'zgarmaydi, balki silindrdagi havoning miqdori o'zgaradi xolos. Shuning uchun 12A34V1 yopiq chiziq termodinamik siklni ifoda qilmaydi.

Haqiqiy indikator diagrammadan olingan, silindrga kirgan gaz hajmi V_u ning silindrning ishchi hajmi V_h ga bo'lgan nisbati, kompressorning hajmiy FIK deyiladi:

$$\eta_v = \frac{V_u}{V_h} \quad (11.1)$$

Kompressordagi har xil tirqishlar orqali gaz chiqib ketganligi uchun, silindrga rostmana siqib olingan gazning hajmi haqiqiy indikator diagrammadan olingan gaz hajmi V_u dan kichik bo'ladi. V ning ishchi hajmi V_h ga nisbati uzatish koeffitsienti deyiladi.

$$\lambda = \frac{V}{V_h} \quad (11.2)$$

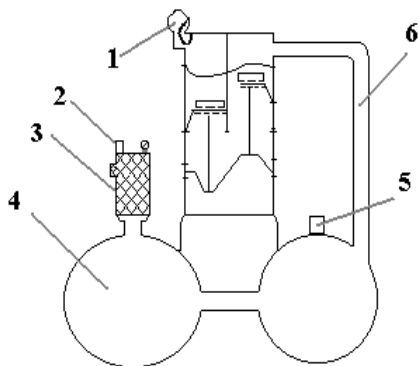
Hajmiy FIK va uzatish koeffisientlarining qiymatlari

$\eta_v=0,75 - 0,95$; $\lambda= 0,65 - 0,85$.

1.3. Kompressor CO-7A va undagi havo yo'lining chizma tasviri

Porshen pastga harakatlanganda, silindrdagi bosim atmosfera bosimiga nisbatan kamayib ketadi, natijada atmosfera bosimining kuchi tufayli so'rish klapani ochilib, silindr havo filtridan (1) o'tgan havo

bilan toʻladi. Porshen qayta yuqoriga qarab harakatlanganda, silindrdagi havo atmosfera bosimiga nisbatan katta bosim bilan siqiladi, natijada soʻrish klapani yopilib, tashqi havoning silindr bilan aloqasi uziladi (11.2-rasm). Porshenning yuqoriga qarab harakatlanishi davom etadi va silindrda havo haydash klapanini va haydash quvuridagi siqilgan havo qarshiligini yenguniga qadar siqiladi. Shu daqiqada haydash klapani ochilib, siqilgan havo porshen yordamida silindrdan silindr qopqogidagi haydash kamerasiga haydab chiqariladi, va haydash quvuri (6) orqali resiver (4)ga, soʻngra undan yogʻ-namlik tozalagichga (3) kelib tushadi. Havo yogʻ-namlik tozalagichdan ikkita taqsimlanuvchi kran orqali isteʼmolchiga yuboriladi. Yogʻ-namlik tozalagichda bosimni kuzatish uchun manometr va siqilgan bosimni sozlash uchun bosim sozlagich (2) oʻrnatilgan. Kompresordagi bosim meʼyordan oshib ketmasligi uchun resiverga ehtiyot klapani (5) oʻrnatilgan.



11.2-rasm. Kompresor havo yoʻlining chizmasi

CO-7A - oddiy harakatlanuvchi, havo bilan sovitiladigan, ikki silindrlil bir pogʻonalil porshenli kompressor hisoblanadi. Kompresor karteri va silindrlar bloki choʻyandan quyilgan. Silindrlarni sovitish uchun silindrlar blokiga halqali qirralar oʻrnatilgan. Kompresor silindrlarning qopqogʻi alluminiydan quyilgan boʻlib, sovitish uchun uning tashqi tomoni qirralar bilan jihozlangan. Qopqoqning ichki tomonidagi boʻshliq toʻsiq bilan ikki qismga, yaʼni soʻrish va haydash

bo'shliqlariga ajratilgan. Har bir silindr prujina lentasidan tayyorlangan so'rish va haydash klapanlari bilan ta'minlangan.

Shatunlar shtamplash usuli bilan po'latdan tayyorlangan. Quyi kallachasiga babbittli quyma o'rnatilgan bo'lib, yuqori kallachasiga esa, bronza lentasidan tayyorlangan Wtulka siqib qo'yilgan. Porshenlar alluminiy qotishmasidan quyilgan bo'lib, ularning har birida ikkita zichlash va ikkita yog' sidirish porshen halqalari bor. Tirsakli val po'latdan qolipda tayyorlangan bo'lib, ikkita radial zoldirli podshipniklarga tayanadi.

Havo filtri silindr shaklida bo'lib, silindr kallachasi tagidagi so'rish bo'shlig'iga kirayotgan havoni tozalash uchun xizmat qiladi.

Yog'-namlik tozalagich payvandlangan ballon shaklida bo'lib, ichida Rashig halqalari bilan to'ldirilgan stakan bor. Yog'-namlik tozalagichning vazifasi iste'molchiga yuboriladigan siqilgan havoni yog' va suv zarrachalaridan tozalashdir. Ajratib olingan yog' va suv ballon tubiga oqib tushadi va to'kish teshigidan vaqti-vaqtda to'kib tashlanadi.

Bosim sozlagich yordamida bosimni 2 dan 6 kg/sm² gacha sozlash mumkin. Ortiqcha siqilgan havoni chiqarib yuborish yo'li bilan kerakli bosim saqlanadi. Vint (6) bilan kerakli bosim sozlanayotganda, prujina (4) ga kerakli bosimga mos keluvchi zo'riqish beriladi va undan so'ng sozlash vinti kontgayka bilan (5) yopib qo'yiladi.

Ehtiyot klapani 7 kgs/sm² ga moslab sozlangan bo'lib, bosimni me'yordan oshib ketmasligi uchun xizmat qiladi.

Resiver tuzilishi jihatidan bir-biriga tutashtirilgan ikkita po'lat quvuridan iborat bo'lib, quyidagilarni amalga oshirish uchun xizmat qiladi: a) kompressor porshenining ilgari lama qaytar harakati tufayli paydo bo'ladigan havo tebranishini bir maromga keltirish uchun; b) siqilgan havoni tekis iste'mol qilinganda havo bosimi tebranishini yo'qotish uchun; d) havo bilan birga resiverga kirib qolgan suv va yog' zarrachalaridan tozalash uchun.

Moy karterga moy ulagich yopadigan teshik orqali quyiladi. Moy sathi moy o'lchagich yordamida aniqlanadi. Moy sathi moy o'lchagichdagi yuqori va pastki belgilar oralig'ida bo'lishi kerak. Moylash uchun kompressor moyi ishlatiladi. Elektr dvigatel podshipniklariga vaqti-vaqti bilan tavot va shunga o'xshash quyuq moy solinadi. Kompressor to'siq bilan o'ralgan dvigatel yordamida ishga tushiriladi.

1.4. Kompessor qurilmasining siqilgan havo har xil bo'lganda elektr dvigatel sarf qilgan quvvatni tajriba usuli bilan aniqlash

Kompessor qurilmasining tuzilishi bilan tanishib chiqilgach, kompressor qurilmasining siqilgan havo yo'lidagi qarshilikni taqsimlash jo'mragidagi ko'ndalang kesim yuzasini asta-sekin kamaytirish yo'li bilan sun'iy ravishda har xil qilib, elektr dvigatel sarf qilgan quvvatini aniqlashga kirishiladi. Buning uchun:

a) asboblarning ko'rsatishini yozish uchun jadval tayyorlanadi;

b) yog'-namlik ajratgichdagi taqsimlagich jo'mraklaridan biri yopib qo'yiladi va ikkinchi taqsimlagich jo'mrak esa butunlay ochib qo'yiladi.

d) bosim sozlagichni tajriba davomida o'zgartirmaydigan ma'lum bosimga moslab qo'yib, elektr dvigatel ishga tushiriladi.

e) Manometrning ko'rsatishi 1 atm. ni ko'rsatguncha, ikkinchi taqsimlagich jo'mrak asta-sekin yopiladi. Bosim 1 atm. ga yetgach, ampermetr va voltmترلarning ko'rsatishlari yozib qo'yiladi.

f) Manometrning ko'rsatishi 2, 3, 4 atm ko'rsatguniga qadar ikkinchi taqsimlagich jo'mrakni asta-sekin yopish davom ettiriladi va bir vaqtning o'zida 2, 3, 4 atm. larda ampermetr va voltmترلarning ko'rsatishlari yozib boriladi. Manometrning ko'rsatishini 4 atm.da oxirgi marta yozib olgach, elektr dvigatel to'xtatiladi.

11.1-jadval

Asboblarning ko'rsatishi va tajriba natijalari jadvali

Manometr ko'rsatayotgan havo bosimi	Elektr o'lchash asboblarning ko'rsatishlari		Elektr dvigatelining (3) ifodadan hisoblab topilgan quvvati
	Tok kuchi, A	Kuchlanish, V	
1 atm			
2 atm			
3 atm			
4 atm			

II. TAJRIBA NATIJALARINI HISOBLASH TARTIBI

O'lchashlar amalga oshirilgandan keyin, elektr dvigatel sarf qilgan quvvat quyidagi ifodadan hisoblab topiladi:

$$W = 1,73 \cdot I \cdot U \cdot \cos\varphi, \quad (W_t) \quad (11.3)$$

bu yerda: I – tok kuchi, A;

U – tok kuchlanishi, V;

$\cos\varphi = 0,89$.

Kompressor ishlab chiqarish quvvatini hisoblash tartibi quyidagicha bo'ladi:

a) Bir pog'onali, ikki silindrli, oddiy harakatlanuvchi kompressorning nazariy ishlab chiqarish quvvati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$V_m = 2 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot 60 \cdot S \cdot n, \quad m^3/\text{soat} \quad (11.4)$$

bu yerda: 2 – kompressor silindrlarining soni;

S – porshen yo'li, m;

D – porshen diametri, m;

n – kompressor valining aylanish soni, marta/min.

b) Shu kompressorning haqiqiy ishlab chiqarish quvvati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$V = V_m \cdot \lambda = 2 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot 60 \cdot S \cdot n \cdot \lambda, \quad m^3/\text{soat} \quad (11.5)$$

bu yerda: λ - uzatish koeffitsienti.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Kompressor qurilmasining vazifasini tushuntirib bering.
2. Kompressorlarning turlari qanday?
3. Kompressorning nazariy quvvati qanday aniqlanadi?
4. Kompressorlarda bajarilgan ish qanday aniqlanadi?
5. Kompressorning indikator diagrammasini chizib, undagi bo'ladigan jarayonlarni tushuntirib bering.
6. Nazariy diagramma bilan indikator diagrammalrning farqi nimada?

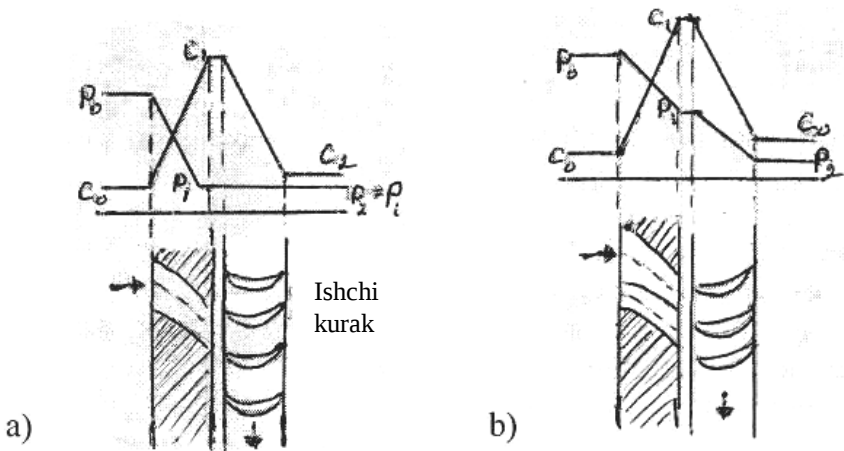
12 - laboratoriya ishi

BUG' TURBINALARI, DETALLARI VA ULARNING ISHLASH USHLUBLARI

I. UCH POG'ONALI AKTIV BUG' TURBINASINING ISHLASH USHLUBI

Bizga ma'lumki, elektr energiyani ishlab chiqarish jarayoni murakkab bo'lib, uni issiqlik elektr stansiyalari, gidroelektr stansiyalari va atom elektr stansiyalarida amalga oshiriladi. Issiqlik elektr stansiyalarining ishlash jarayonini misolga olsak, u yerda ishchi jism bo'lgan suv bug'ining issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylanishi hisobiga elektr energiyasi hosil bo'ladi. Bu esa turbogeneratorlarda amalga oshiriladi. Demak, turbinaning vazifasi ikkita ketma-ket jarayonni biri-burining issiqlik energiyasini kinetik energiyasiga, ikkinchisi kinetik energiyaning mexanik energiyaga aylanishini amalga oshirib beradi. Turbina ikki turga bo'linadi:

1. Aktiv turbina
2. Reaktiv turbina



12.1-rasm. a) aktiv turbinadagi jarayon;
b) reaktiv turbinadagi jarayon

Turbina stator va rotor qismlariga bo'linadi. Stator bu qo'zg'almas qismi bo'lib, unda soplo yo'naltiruvchi kuraklar, buni taqsimlovchi drossel qurilma, tezliklar regulyatori, podshipniklar, reduktor, yog' nasosi va boshqalar joylashgan. Rotor bu qo'zg'aluvchan qism bo'lib, unda val, disk va unga o'rnatilgan ishchi kuraklardan iborat.

Aktiv turbinalarda hamma ishlatishi mumkin bo'lgan issiqlik soploda amalga oshadi, ya'ni vallarda bosim oxirgi bosimgacha kamayadi, ishchi parranlarda esa o'zgarmaydi. Tezlik soploda ortadi, so'ngra kurraklarda sekin-asta kamayadi (12.1,a-rasm).

Reaktiv turbinalarda esa ishlatish mumkin bo'lgan issiqlikni bir qismi soploda qolgan qismi esa ishchi kuraklarda amalga oshiriladi (12.1,b-rasm).

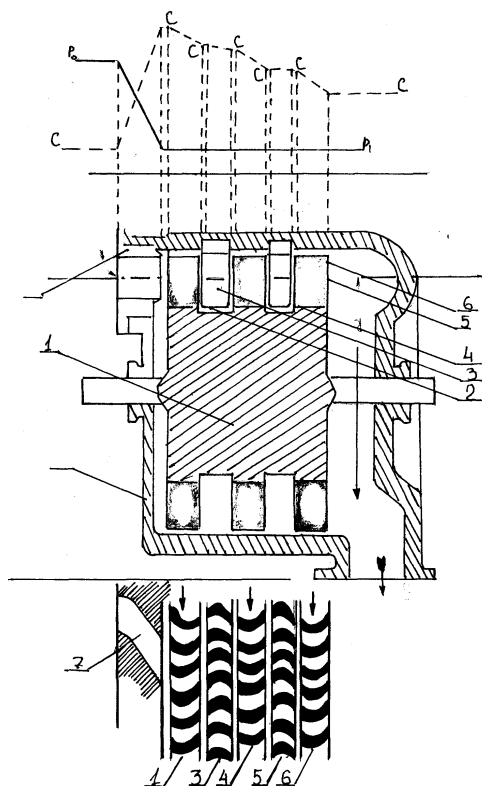
Aktiv turbinaning ishlash uslubini ko'rib chiqamiz. Bug' qozonida suvning qaynash natijasida hosil bo'lgan o'ta qizigan bug', bug' harakatlanuvchi quvurlar yordamida bug'ni taqsimlovchi drossel qurilmasi (drossel klapani)ga kelib tushadi. U yerdan bug' turbinaning asosiy elementi bo'lgan soploga kelib tushib, u yerda bug' ning bosimi kamayib tezligi ortadi (ya'ni issiqlik energiyasi kinetik energiyaga aylanadi). Shunday katta tezlik bilan bug' soplodan chiqib turbinaning valiga o'rnatilgan ishchi kuraklarga uriladi va natijada kuraklar aylana boshlaydi, ya'ni harakat sodir bo'ladi, kinetik energiya mexanik energiyaga aylanadi.

Turbinaga kelayotgan bug' ning boshlang'ich bosimi – P_0 soplodan chiqayotgan bug'ning bosimi - P_1 tezligi esa C_1 ga teng bo'ladi.

Bug' turbinaning birinchi pog'onasidan uning qo'zg'almas qismida joylashtirilgan yo'naltiruvchi kuraklar yordamida ikkinchi pog'ona ga, so'ngra keyingi pog'onalariga o'tib harakatini davom ettiradi.

12.2-rasmda uchta tezlik pog'onasiga ega bo'lgan aktiv turbinaning chizma tasviri keltirilgan. Bug' P_0 bosim bilan soploga yuboriladi. Bu yerda uning potensial energiyasi kinetik energiyaga aylantiriladi. C_1 tezlik bilan soplodan chiqib, bug' birinchi qator ishchi kuraklarga kelib tushadi, bu yerda uning kinetik energiyasi ishga aylanadi. Shunda uning yo'nalishi o'zgaradi. C_2 tezlik bilan birinchi phog'ona ishchi kuraklaridan chiqib, bug' birinchi qator yo'naltiruvchi kuraklarga kelib tushib, o'zining yo'nalishini o'zgartiradi va ikkinchi qator ishchi kuraklarga kelib tushadi. So'ngra bug' u yerdan ikkinchi qator yo'naltiruvchi kuraklarga kelib tushadi, undan chiqib uchinchi qator ishchi kuraklarga

yoʻnaladi va harakat davom etadi. Turbinaning uchinchi pogʻonasidan chiqayotganda bugʻ juda katta boʻlmagan tezlikka ega boʻladi.



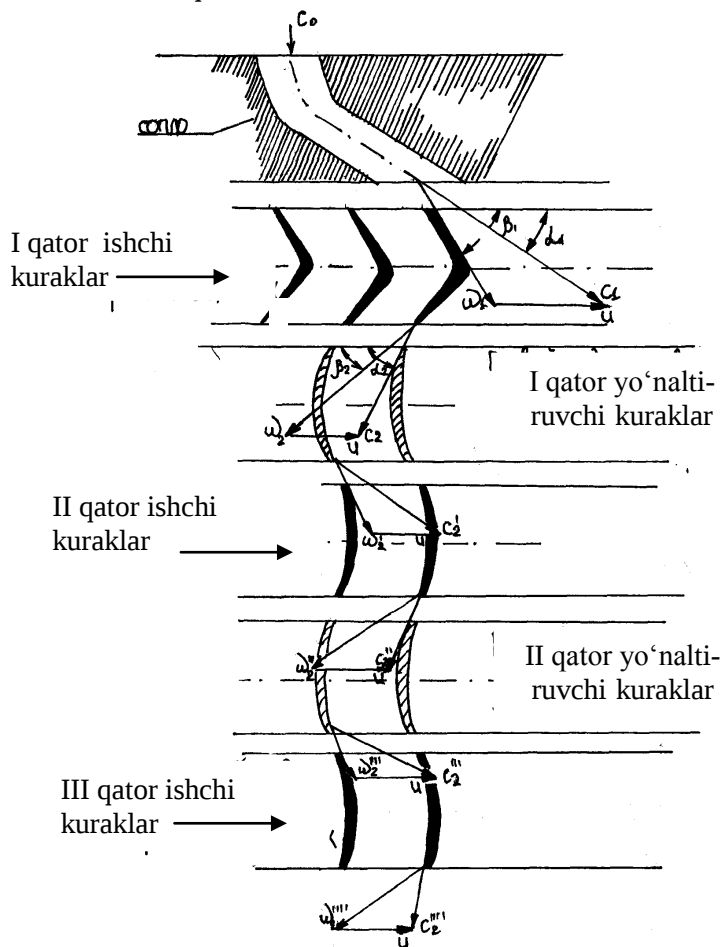
12.2-rasm. Uchta tezlik pogonasiga ega boʻlgan aktiv turbinasi:

1- disklar, 2- I pogʻona ishchi kuraklari, 3- I pogʻona yoʻnaltiruvchi kuraklari, 4- II pogʻona ishchi kuraklari, 5- II pogʻona yoʻnaltiruvchi kuraklari, 6- III pogʻona ishchi kuraklari, 7- soplo

Kuraklardagi ishchi jarayon

Soplodan oqib chiqayotgan bugʻning oqimi, ishchi kuraklari aylanayotgan disk yuzasiga qandaydir burchak ostida yoʻnaladi. Bunda ishchi kuraklarga bugʻ oqimining qattiq urilmasdan kirib kelishi, ishchi kurakka kirib kelishdagi nisbiy tezlik kurakning kirish yuzasiga urinma boʻlib

yoʻnaladi. Koʻrib chiqilayotgan turbinaning kuraklaridagi ishchi jarayon yoki kirish va chiqish tezliklar uchburchaklari 12.3-rasmda koʻrsatilgan .



12.3-rasm. Turbinaning kuraklaridagi ishchi jarayon

Bugʻ soplodan ishchi kuraklarning birinchi qatoriga C_1 mutlaq tezlik bilan α_1 burchak ostida kirib keladi, ishchi kurakning birinchi qatorga kirishdagi nisbiy tezligi - C_2 tezlik bilan chiqib bugʻ yoʻnaltiruvchi kuraklarning birinchi qatoriga tushadi, yoʻnaltiruvchi kuraklar qoʻzgʻalmas boʻlgani uchun, bugʻ u yerda ish bajarmaydi, faqat yoʻnalishini oʻzgartiradi, bugʻning yoʻqotilishi qosil boʻlgani uchun uning tezligi

birmuncha kamayadi. Ikkinchi va uchinchi qator ishchi kuraklarning tezliklar uchburchagini kurish huddi shu tarzda olib boriladi. Diskda uchta pogonani yo'llanishi bug'ning chiqish tezligining yo'qolishini pasaytiradi va valning aylanishlar sonini kamaytiradi.

Turbina diski aylanisiga kerak bo'ladigan tezlik

Bug'ning kinetik energiyasini to'liq ishlatish uchun, aktiv turbina parragidan harakat tezligi bug' oqimining tezligidan ikki marotaba kichik bo'lishi kerakdir, ya'ni

$$C_1 = 2 U$$

yoki

$$U / C_1 = 1/2 = 0,5 \qquad U = n d_{o_r} = 60 \text{ m/sek}$$

bu yerda: C_1 - bug'ning tezligi;

U - aylana bo'yicha kurakning tezligi;

d_{o_r} - kurakning o'rtasidagi aylana diametri;

n - valning aylanishlar soni.

Shunday qilib, aylanma tezlik nazariy jihatdan bug' oqimining mutlaq tezligining yarmiga teng bo'lishi kerak. Ikki pog'ona likda ikki martta kichik, uch pog'onalikda esa uch marotaba kichik bo'ladi. Bunday holatning matematik ravishda yechimini topib beriladi. U/C_1 nisbatni qo'llamaslik FIKni pasaytiradi. Umumiy holatda $U/C_1 = 1/2Z$ ifodasini qo'llaniladi. Bu ifodada Z - ko'rib chiqilayotgan turbinaning pog'onalar soni.

Ko'rib chiqilayotgan turbina uchun

$$U / C_1 = 1/2Z; U/C_1 = 1/U = 0,166$$

bo'ladi.

Yo'qolishlarni hisobga olgan holda

$$U/C_1 = 0,15$$

bo'ladi.

Demak, ko'rib chiqilayotgan tezligi uch pog'onada o'zgaruvchi aktiv bug' turbinani kinetik energiyasini aniqlash uchun aylanma tezlik oqim tezligidan olti marotaba kichik bo'lishi kerak, bunda valning

aylanishlar soni 8250 ayl/min oshib ketadi. Zamonaviy generator, nasoslar 3000 ayl/min qabul qila oladi, shuning uchun valning aylanishlar sonini kamaytirish uchun reduktor o'rnatiladi.

Tezligi uch pog'onada o'zgaruvchi aktiv bug' turbinasi ishchi jarayonining h-s diagrammada ko'rinishi

Turbinadagi ishchi jarayon bir qancha yo'qolishlar bilan boradi, buning asosiy sababi mexanik ishni hosil qilinishida issiqlik energiyasi ko'proq ishlatiladi. Yo'qolishlar quyidagi turlarga bo'linadi:

1. Soplodagi yo'qolish bug' zarrachalarining ishqalanishi tufayli soploning devorlariga urilishi natijasida yuzaga keladi. Undan tashqari bug'ning soplodan oqib chiqishi zarrachalarning tartibsiz harakati hisobiga bo'ladi, buning natijasida soplodan oqib chiquvchi bug'ning absolyut tezligi nazariyasidan kichik bo'ladi. Soplodagi yo'qolish kerak bo'ladigan issiqlik tushishining 10% tashkil etadi.

2. Ishchi kuraklardagi yo'qolishlar - bug' zarrachalarining kuraklari oldingi qismiga urilishi natijasida yuzaga keladi, u 15-20 %ni tashkil etadi.

3. Bug' chiqishidagi yo'qolishlar - bu yo'qolishlarlar bug' turbinadan chiqishda ham oz miqdorda bo'lsa ham mutlaq tezlikka ega bo'ladi, bu kinetik energiyadir, bu energiya hech qayerda ishlatilmaydi, shuni hisobiga hosil bo'ladi, u 2 - 4% ni tashkil etadi.

4. Ventilyatsion yo'qolishlar va bug'ning diskka ishqalanishidagi yo'qolishlar.

Ventilyatsion yo'qolishlarning hosil bo'lishi turbinaning birinchi pog'onasida bug'ning solishtirma hajmi hali katta bo'lmaganda hosil bo'ladi, bu bug'ning kirishi disk aylanasi bo'ylab emas, balki bir qismiga berishi hisobiga bo'ladi.

Bug'ni diskka ishqalanishi hisobiga bo'ladigan yo'qolishlar - disk aylanishi natijasida uning yuzasiga yopishgan bug' zarrachalarini o'zi bilan olib ketadi, bunga esa energiya sarflanadi.

Atrof-muhitga bug' ni turbinaga kirishdagi va chiqishdagi yo'qolishlar mavjud. Sanab o'tilgan yo'qolishlar turbinaning nisbiy foydali ish koeffitsientida e'tiborga olinadi, u quyidagicha belgilanadi - η_{oe} .

Ishchi jarayon h-s diagrammada keltirilgan (12.4-rasm).

Bunda H_0 - turbina ishlashi kerak bo'lgan issiqlik tushishi.

1) Soplodagi yo'qolishlar -- h_s

-

Turbinada ishlatilgan issiqlik tushishi H_i ning H_0 ga nisbati ichki nisbiy FIK deyiladi va η_{oi} deb belgilanadi.

$$\eta_{oi} = H_i / H_0$$

Turbinaning validagi quvvat, turbina ichidagi quvvatga qaraganda kichik boʻladi, bu podshipniklar ishqalanishi tufayli, nasoslarning ishlashi tufayli yuzaga keladi, bu esa mexanik FIK bilan tavsiflanadi va η_m deb belgilanadi. $\eta_m = 0,92-0,93$.

Turbinaning nisbiy effektiv FIK:

$$\eta_{oe} = \eta_{oi} * \eta_m$$

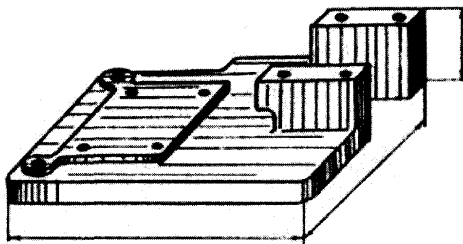
Quvvati kichik bo'lgan turbinalarda $\eta_{oe} = 0,55-0,65$ bo'ladi.

II. Turbinaning asosiy detallari

1. Asosiy plita

Asosiy plita (12.5-rasm) turbina va reduktor korpusining usti hisoblanadi. U ichi g'ovak cho'yan rama shaklida yasalgan. Asosiy plita asos ustiga o'rnatilgan. Turbinaning asosi odatiy ish jarayonini kafolatlashi va yuqori tebranish sharoitini yaratmasligi kerak.

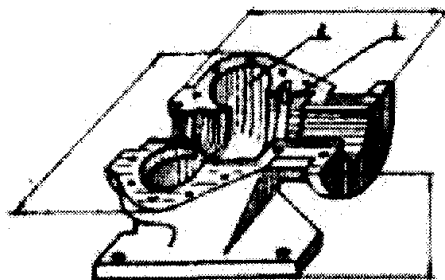
Bundan tashqari turbinaning asosi har qanday sharoitda pishiq – puxtalik talablariga javob berishi kerak.



12.5-rasm Asosiy plita

2. Turbina qobig'i

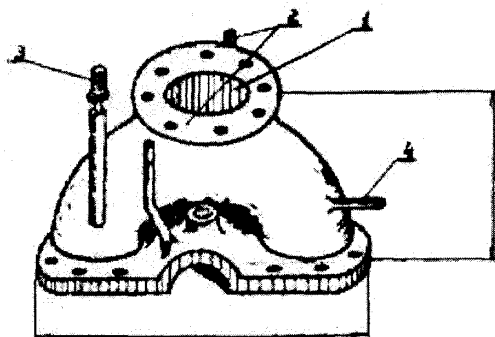
Turbina qobig'i turbinaning harakatga keltiruvchi qismi bo'lgan rotorga moslab silindrik shaklda ishlangan. Qobiqning qo'zg'almas qismida, uni alohida kameralarga bo'luvchi yo'naltiruvchi kuraklar yoki diafragmalar biriktirilgan.



12.6-rasm. Turbina korpusi

Turbina qobig'ini yig'ish va tayyorlashda qulaylik yaratish uchun valning o'qidan o'tuvchi tekislik bo'yicha gorizontal qiyiqqa ega. Turbina qobig'i ikkita po'lat yuqori va pastki yarim qismlardan tashkil topgan, ular esa flanestlar bilan biriktirilgan. Undan tashqari qobiqning har bir yarmi bir necha uymaga ega bo'lib, ular qobiqni yig'ishni yengillashtiradi. Korpusning ichki qismida pastda yo'naltiruvchi kuraklarli

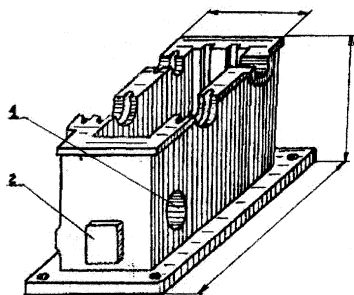
qisqich va segmentli soplo o'rnatilgan (1). Kurakning oxirgi pog'ona-sidan chiqayotgan bug' turbinaning kengayuvchi qismiga kelib tushishi natijasida u keskin kengayadi, bug' egilgan qismidan chiqib ketadi (2). Turbinaning korpusida chiquvchi quvurlar joylashgan bo'lib, ular yordamida labirintli zichliklardan bug' atmosferaga va ehtiyot klapanlariga chiqib ketadi (12.7-rasm). Korpusni quyish uchun cho'yan va po'latdan foydalaniladi. Turbina qoplamasining chiquvchi qismidan (1) bug' chiqib ketadi. Turbina qoplamasida joylashgan quvurlardagi (2) labirintli to'ldiruvchilar orqali bug' atmosferaga saqlanuvchi klapan (3) orqali chiqib ketadi.



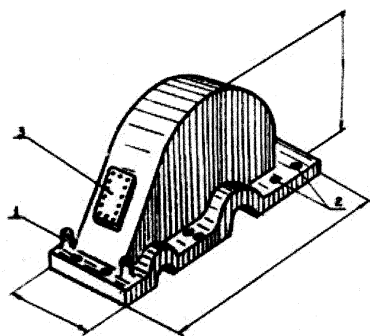
12.7-rasm. Turbina qoplamasi

3. Reduktor korpusi

Reduktor korpusi boltlar yordamida bevosita asosiy plitaga biriktiriladi (12.8-rasm). Korpus gorizontal o'yiqli bilan ishlangan bu reduktorni yig'ish uchun imkoniyat yaratadi.



12.8-rasm Reduktor qismi



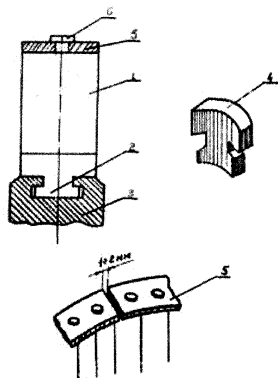
12.9-rasm Reduktorning yuqori qismi

Ichi g'ovak reduktorning korpusi moyli (1) idish vazifasini bajaradi. Moy sovutkichining korpusi reduktor korpusi bilan quyma holda ishlangan. Reduktorning korpusiga asosiy va yordamchi moy nasosi (2) mahkamlangan qarama-qarshi tomonida esa moy rezervuarini tozalash lyuki joylashgan. Reduktorning yuqori qobig'i (9-rasm) kuchli o'yiqlarga ega bo'lib u reduktorning korpusiga ulanishiga yordam beradi. Reduktor korpusiga mahkamlovchi yoriq qopqoqli tuynukdan iborat bo'lib u yirik tishli g'ildirakli kuzatib turishga mo'ljallangan. Korpus cho'yandan ishlanadi.

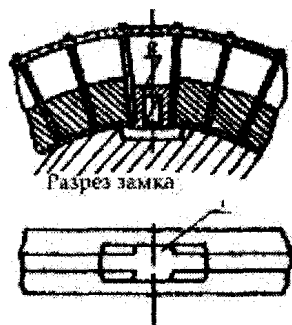
4. Val

Val asosiy moy nasosining aylanuvchi tishli shesternyasi, reduktorning kichik shesternyasi, turbina kuraklarining diski, labirint, xavfsizlik avtomati va markazdan qochma regulyatordan iborat. Turbinaning vali yuqori termik ishlovdan o'tgan sifatli po'latdan tayyorlangan bo'lib, disk bilan birga quymadir. Valning orqa qo'shimchasida shesternya biriktirilgan, u reduktorning tishli g'ildiragi va moy nasosiga aylanma harakatni uzatadi. Valning old qismi oxirida xavfsizlik avtomati va tezlik regulyatori o'rnatilgan. Rotor (turbina aylanuvchi qismi) uch qator kuraklarga ega, u disk yoriqi atrofiga uchi bilan biriktirilgan va o'z o'rnida disk asosiga mahkamlangan.

5. Kuraklar



12.10-rasm Turbina kuraklari



12.11-rasm Oqim kengayishi

Ishchi kuraklar turbinaning eng qimmat va asosiy ishni bajarib beruvchi elementlardan hisoblanadi. Konstruktiv jihatdan ishchi kuraklarni quyidagi qismlarga bo'lish mumkin: 1- ishchi qismi, 2-dum qismi va ishchi kuraklarni pog'ona bilan bog'lovchi elementlar.

Ishchi qismi ko'ndalang kesmning perimetri bo'yicha ichki va tashqi qismiga bo'linadi. Ishchi kurakning ko'rinish qismi kuraklar balandligi bo'yicha o'zgaruvchan va o'zgarmas bo'lishi mumkin. Dum qismi – ishchi kurakning qismi bo'lib, ishchi g'ildirakka biriktiriladi va u orqali diskka kurakning hamma kuchi beriladi. Oraliq qismi-bu kurakning dum qismidan ishchi qismiga o'tuvchi qism bo'lib, diskdan tashqarida joylashadi, lekin ishchi qism bo'lib hisoblanmaydi. Qo'shni kuraklarning dum qismlari orasida 4-oraliq jism o'rnatilgan bo'lib, u kuraklar oralig'ini aniqligini belgilaydi. Kuraklar bir-biriga qattiq birikishini ta'minlovchi 5-bandajlar bilan ta'minlangan. Bandajlarni biriktirilishi uchun 6-qisqichlar o'rnatilgan. Bandaj o'rnatilishi bilan qisqichlar maxkamlanadi. Bandajlar kuraklar birikmasini (10-12 dona) birlashtiradi. Sektsiyalar oralig'ida 1-2 mm teshik qoldiriladi. Parrallel dum qismi 1-kengaygan qismidan (12.11-rasm) teshiksimon qismiga kiritiladi, so'ngra 2-maxsus qulupga qo'yiladi. Kuraklar qulupi ikkita qo'yiladigan qismidan iborat bo'lib, har birini turtib chiqqan joyi mavjuddir. Shu joyga qo'shni kuraklar joylashtiriladi.

6. Soplo

Soplo po'latdan segment ko'rinishda qo'yilgan bo'lib, issiq nasadkaga bolt bilan turbina korpusiga mahkamlangan.

7. Yo'naltiruvchi kuraklar

Korpusning pastki qismida bug'ni ma'lum miqdorda o'tkazuvchi ikki pog'onali yo'naltiruvchi kuraklar joylashgan. Bu kuraklar turbina korpusiga joylashtiriladi va vintlar bilan mahkamlangan. Kuraklar oralig'idagi masofani aniq o'lchovda saqlash uchun ularning orasiga oraliq jismlar to'sib qo'yiladi. Kuraklar aylanasi g'ildirak shinasi bilan bog'langan.

8. Zichlagichlar (uplotneniye)

Turbinaning vali uning korpusidan ikki joyda chiqib turadi, bu esa yuqori bosimga ega bo'lgan bug'ning tashqariga chiqib ketishiga sabab

bo'ladi, shuning uchun ham zichlagichlar bilan o'rab qo'yiladi, bu bug'ni tashqariga chiqib ketmasligining oldini oladi. Val ust tomonidan aylanma taroqsimon do'ngliklar bilan ta'minlangan. Ular shunday tanlanganki orasidagi masofa galma-galdan bug'ni to'liqsimon harakatlanib o'tishiga imkon beradi. Jumladan quyidagi hodisa sodir bo'ladi: bug' birinchi tirqishdan o'tganda, bosimning bir qismini yo'qotadi va birmuncha tezlikka ega bo'ladi, keyingi pog'onaga kichik tezlik bilan yaqinlashadi. Xuddi shuning o'zi boshqa aylanma tirqishlarda sodir bo'ladi va natijada bug'ning bosimi sekin asta tashqi bosimga tenglashadi.

9. Podshipniklar

Chidamliligi va ishonchliligi ma'nosida turbina tayanchiga juda katta talablar qo'yiladi. Kichik yo'qotishlar o'rnatishning aniqlik imkoniyati va ishqalanish hisobiga asosiy va ikkilamchi qismlarga bo'linadi.

Tayanch podshipniklar qattiq bo'lib, turbina korpusi bilan birga qo'yilgan tirgovuch qismidir. Turbina valida asosan ikki turdagi podshipniklar mavjuddir: birinchisi - tayanch; ikkinchisi ham tayanch, ham suyanuvchi. Har ikkisinin ham vazifasi turbinaning rotorini katta tezlik bilan harakatlanganda turbina rotorini otilib ketmasligini ta'minlaydi.

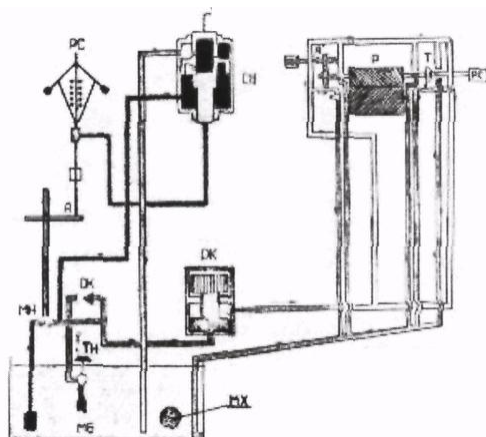
10. Turbinaning issiqlik izolatsiyasi

Turbina korpusi va unga biriktirilgan bug' harakatlanuvchi quvurlarning issiqlik izolatsiyasi, nafaqat atrof-muhitga issiqlik yo'qolishi, isrofni maksimal kamaytirish, balki turbinaning issiq detallarining notekis sovishini oldini olishdir. Issiq izolatsiya odatda qobiqlarning yoki izolyatsion materialdan yasalgan to'shamalarini moylash natijasida hosil bo'lgan materiallardan qilinadi.

III. BUG' TURBINASINI MOYLASH

Turbinani moylash avtomatik tarzda bajariladi, bunda doimiy ravishda moylash tizimiga qo'yilgan turbina moyi aylanib turadi (12.12-rasm). Moyning kamayishi, asosan, zichlashmagan joylardan oqib chiqishiga bog'liqdir. Asosiy moy nasosi orqali moy barcha podshipniklarga uzatiladi. Asosiy moy nasosi reduktor korpusining pastki qismida

joylashgan. Odatda turbina ishga tushganidan 10-15 minut o'tgach, kerakli bosimda turbina valining aylanishi $1/3$ qismiga yetganda moy nasosi moy uzata boshlaydi. Shuning uchun asosiy moy nasosidan tashqari yordamchi nasos joylashtirilgan. Yordamchi nasos turbinani ishga tushirishda va to'xtash vaqtida ishlatiladi.



12.12-rasm Turbinani moylash chizmasi

Moylash nasosi turbina reduktorining pastki qismida joylashgan moylash bakidan moyni so'rib oladi. Moy 4-7 atm ortiqcha bosim bilan servomotorning sozlash tizimi, reduktor klapani va moy uzatish tizimi bilan turbina podshipniklarini moylaydi. Ish bajarib bo'lgan moy bakka qaytib keladi. Moy bakidagi moy sovutkich sirtlarida sovitiladi. Moy bakining tubi suv va ifloslikni tez to'liq olib tashlash uchun qiyalikka ega. Moy bakida moy sovutkich joylashgan. Moy baki moy sathi ko'rsatkichi bilan ta'minlangan.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Turbinaning vazifasi nimadan iborat?
2. Turbinaning qo'zg'almas qismida qanday elementlar joylashgan?
3. Turbinaning soplosi qanday vazifani o'taydi?
4. Nima uchun turbina rotoridagi kuraklarning diametri ketma-ket ortib boradi?
5. Aktiv va reaktiv turbinalardagi jarayonlarni so'zlab bering.

ADABIYOTLAR

1. Зоҳидов Р.А., Авезов Р.Р., Вардияшвили А.Б., Алимova М.М. Иссиқлик техникасининг назарий асослари. уқ.кул., 1- қисм, Тошкент, ТДТУ, 2005.
2. Теплотехника. // Под ред. В.Н.Луканина. - М.: Высшая школа, 2000
3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С.. Теплопередача. -М.: Энергия, 1975.
4. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники. –М.: Машиностроение , 2002
5. Баскаков А.П. Теплотехника. – М.:Энергоатомиздат , 1999
6. http://dhes.ime.mrsu.ru/studies/tot/tot_lit.htm
7. http://rbip.bookchamber.ru/description.aspx?product_no=854
8. http://www.books.rosteplo.ru/show_book.php?isbn=5-7046-0512-5&catid=2
9. <http://energy-mgn.nm.ru/progr36.htm>

MUNDARIJA

I qism. TERMODINAMIKA

1 - laboratoriya ishi	Bosim va haroratni o'lchash asboblari	3
2 - laboratoriya ishi	O'zgarmas bosimda havoning issiqlik sig'imini aniqlash	14
3 - laboratoriya ishi	O'ta qizigan suv bug'ining o'zgarmas bosimda issiqlik sig'imini aniqlash	19
4 - laboratoriya ishi	Jism qaynaganda bosim va harorat orasidagi bog'lanishini tajriba yo'li bilan aniqlash ...	24
5 - laboratoriya ishi	Nam havoning parametrlarini aniqlash	30

II qism. ISSIQLIK UZATILISHI

6 - laboratoriya ishi	Quvur shaklidagi izolatsion materiallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini aniqlash	39
7 - laboratoriya ishi	Havoning erkin harakatlanishida gorizonta quvurning issiqlik berishi	45
8 - laboratoriya ishi	Yo'lakli joylashgan quvurlar to'plamidan ko'ndalang oqib o'tayotgan havoning issiqlik berish koeffitsientini aniqlash	52
9 - laboratoriya ishi	Erkin konveksiyada qaynayotgan suvning issiqlik berishi	60
10 - laboratoriya ishi	Qattik jismning nurlanish koeffitsientini kalorimetrik usul bilan aniqlash	65

III qism. ISSIQLIK ENERGETIK QURILMALAR

11 - laboratoriya ishi	CO-7A kompressor qurilmasi va uni sinovdan o'tkazish	72
12 - laboratoriya ishi	Bug' turbinalari, detallari va ularning ishlash uslublari.....	79
	Adabiyotlar	92

Muharrir Sidikova K.A.
Musahhih Bahromova T.N.