

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ

ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ



«ЭНЕРГЕТИКА»  
КАФЕДРАСИ

**«Иссиқлик техникаси»**

фанидан тажриба машғулотларини олиб бориш учун  
методик кўрсатма

НАМАНГАН

Иссиқлик техникаси фанидан тажриба ишлари тўплами ва уларни бажариш бўйича услубий кўрсатма. Ушбу услубий кўрсатма Энергетика таълим йўналиши кундузги таълим талабалари учун мўлжалланган.

Тузувчилар: доц.С.Бойдедаев  
асс.Қ.Файзуллаев

Такризчилар: доц. Ш. Набиев

Ушбу услубий кўрсатма «Энергетика» кафедрасининг умумий йиғилишида муҳокама қилинган ва институт илмий-услубий кенгашида кўриб чиқиш учун тавсия этилган.  
(\_\_\_\_-йиғилиш баёни, \_\_\_\_, 2016 йил)

Ушбу услубий кўрсатма институтнинг илмий-услубий кенгашида кўриб чиқилган ва фойдаланишга тавсия этилган.  
(\_\_ йиғилиш баёни, \_\_\_\_\_2016 йил)

**1 - тажриба иши**  
**БОСИМ ВА ҲАРОРАТНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ**  
**I. БОСИМНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИНИНГ ТУЗИЛИШИ**  
**ВА ИШЛАШ УСУЛИ**

**1. НАЗАРИЙ ҚИСМ**

Босим деб, бирлик юзага тик таъсир этувчи кучни юза бирлигига бўлган нисбати билан ўлчанадиган катталиқка айтилади.

СИ ўлчов бирликлар системасига асосан куч Ньютон (1 н), юза эса м<sup>2</sup> бўлгани учун, босим бирлиги 1 Н/м<sup>2</sup> – бу бирлик Паскаль (1 Па) дейилади. 1 Па унчалик катта бўлмагани учун техникада кПа ва МПа ишлатилади.

$$1 \text{ кПа (килопаскаль)} = 10^3 \text{ Па}$$

$$1 \text{ МПа (Мегапаскаль)} = 10^6 \text{ Па.}$$

Бу бирликлардан ташқари 1 бар = 10<sup>5</sup> Па – бу босим атмосфера босимига яқин бўлган босимдир.

Босим ўлчашда суюқлик (симоб ёки сув) билан тўлдирган суюқлик манометрларида босим бирлиги мм.см.уст. ва мм.суб.уст.дир.

Босим ўлчов бирликларидан яна бири 1 кг.куч/см<sup>2</sup> (кгс/см<sup>2</sup>) ёки бошқа кўринишда қуйидагича ёзилади: кГ/см<sup>2</sup>, бу 1 кГ/см<sup>2</sup> = 1 ат бу техник атмосфера дейилади.

Босим ўлчов бирликлари орасида қуйидагича боғланиш бор:

$$1 \text{ МПа} = 10 \text{ бар} = 10,2 \text{ ат};$$

$$1 \text{ ат} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10^4 \text{ мм.суб.уст.};$$

$$1 \text{ атм} = 101,325 \text{ кПа} = 760 \text{ мм.см.уст.} = 10333 \text{ мм.суб.уст.}$$

Физик атмосфера (1 атм) 0<sup>0</sup>С ҳароратда 760 мм.см.уст.-га тенг.

Босим қуйидаги турларга бўлинади:

1. Атмосфера ёки барометрик босим Р<sub>бар</sub> – бу атмосфера хавосининг босимидир.
2. Ортиқча босим Р<sub>орт.</sub> – атмосфера босимидан юқори бўлган босимдир.
3. Вакуум (сийракланиш) Р<sub>вак</sub> – бу атмосфера босимидан кичик бўлган босимдир.
4. Мутлоқ босим Р<sub>мут</sub> – жисмга таъсир этаётган тўлиқ босимдир.

Булардан фақат мутлоқ босим ишчи жисмнинг ҳолат параметри бўла олади, ва у қуйидагича аниқланади:

агар бирор идишдаги босим атмосфера босимидан юқори бўлса, унда

$$P_{\text{мут}} = P_{\text{бар}} + P_{\text{орт.}}$$

агар аксинча, идишдаги босим атмосфера босимидан кичик бўлса, унда:

$$P_{\text{мут}} = P_{\text{бар}} - P_{\text{вак.}}$$

Босим ўлчаш учун қуйидаги асбоблар ишлатилади: атмосфера босими – барометрларда, ортиқча босим – манометрларда, сийракланиш босими – вакуумметрларда ўлчанади.

Ишлаш усулига кўра асбоблар икки турга бўлинади:

1. Суюқлик билан ишлайдиган манометрлар – бунда босим сатҳлари тенглаштирилган устундаги (найчадаги) суюқликларнинг сатҳлари ўзгариши билан аниқланади.
2. Пружинали манометрлар – бунда босим пружинанинг механик ҳаракатга келиши билан аниқланади.

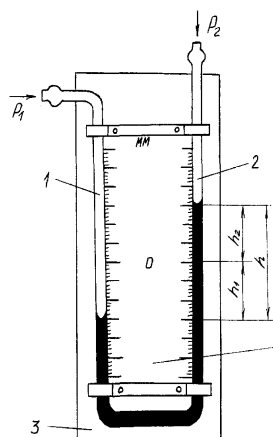
Тажрибаларда юк-поршенли асбоблар ҳам ишлатилади, бунда босим поршень билан қўйилган юкнинг массасини тенглашиши билан аниқланади.

**2. СУЮҚЛИК БИЛАН ИШЛАЙДИГАН АСБОБЛАР**

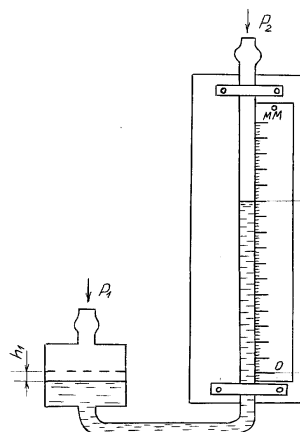
Босим ўлчаш асбобларидан энг соддаси суюқлик билан ишлайдиган манометрлардир, улар катта аниқликда ўлчайди. Бу манометрларни ўлчаш чегараси шиша трубкаларни узунлиги ва шишани қаттиқлигига боғлиқ, у кичик босимларни 200 кПа гача ўлчайди.

**2.1. U – симон манометр.** U – симон шишадан тузилган найча бўлиб, ичига суюқлик тўлдирилган, уни бир учи босим ўлчаш керак бўлган идишга, иккинчи учи эса очик ҳолда туради, у атмосфера босими остида бўлади (1.1-расм). Агар идишдаги босим атмосфера босимидан катта бўлса, шунинг учун томонда суюқлик сатҳи пастга тушади, очик томони эса кўтарилади, бу суюқлик сатҳларининг фарқи босим қийматини беради.

Бу найчаларга суюқлик сифатида сув солинади, шунинг учун босим бирлиги мм сув.уст. бўлади.



1.1-расм



1.2-расм

$P_{орт} = h \rho g$  ёки  $P_{орт} = h(\rho - \rho_m) g$ , Па  
 бу ерда:  $h$  – суюқлик сатҳларини фарқи, м;  
 $\rho$  – суюқлик зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $\rho_m$  – ўлчанадиган муҳитнинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $g$  – эркин тушиш тезланиши,  $\text{м}^2/\text{с}^2$ .

Агар  $\rho \gg \rho_m$  бўлса, унда тенглама қуйидагича ёзилади:

$$P_{орт} = h \rho g \text{ Па}$$

U–симон манометрларда яна сийракланиш (вакуум) босимини ҳам аниқлаш мумкин. Бунда суюқлик сатҳи вакуум ўлчанадиган томонга кўтарилади.

Агар U-симон манометрни иккала учи босимлари ҳар хил бўлган идишларга уланган бўлса, унда суюқлик сатҳларини фарқи босимлар фарқини кўрсатади. Бунда манометр дифференциал манометр ёки дифманометр дейилади.

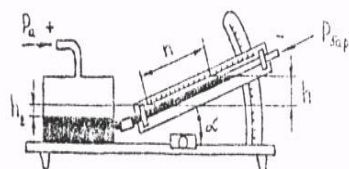
**2.2. Чашкали манометр.** U–симон манометрини камчи-лиги суюқликни иккита сатҳи ўлчаниб, кейин фарқи олиншидир, бу камчилик чашкали (бир найчали) манометрларда йўқ (1.2-расм). Чашкали манометрларни U–симон манометрлардан фарқи шундаки, чашкали манометрни бир учи найчадан иккинчи учи эса чашкасимон идишдан иборат. Идишга суюқлик (сув) шундай тўлдириладики, бунда суюқлик сатҳи найчада 0 (ноль)да туриши керак.

Ортиқча босим ўлчанганда чашкали манометрга найча орқали чашкага уланади, агар сийраклашиш босимини ўлчаш керак бўлса найча томонга уланади ва босимни суюқлик сатҳининг ўзгариши кўрсатади.

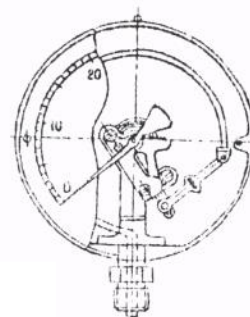
**2.3. Микроманометр.** Кичик босимларни (100 дан 200 кПа гача) ўлчаш учун найчаси эгилган  $\alpha$  бурчак остида бўлган чашкали манометр ишлатилади (1.3-расм). Бунда босим

$$P = h \sin \alpha \rho g \text{ Па бўлади,}$$

бу ерда:  $h$  – эгилган найчадаги суюқлик сатҳи, мм.



1.3-расм



1.4-расм

Найча бурчак остида бўлган ҳолатда суюқликни сатҳи вертикаль ҳолатда турганга нисбатан бир мунча ўзгаради, бу эгилган найчали микроманометрлар босимни катта аниқликда ўлчаш мумкин. Кичик босимларни катта аниқликда ўлчаш учун лабораторияларда намуна асбоб сифатида – ММН маркали найчасини эгилиш бурчаги ўзгариб туриши мумкин бўлган махсус микроманометрлар ишлатилади. Найчасини ўзгариш бурчаклари белгилаб қўйилган, улар қуйидаги тузатиш коэффициентларига эга:

0,1; 0,2; 0,3; 0,4. Босим ўлчанганда суюклик сатҳи баландлиги  $h$  шу тузатиш коэффициентига кўпайтириб олинади (найча қайси бурчакда бўлса).

ММН маркали микроманометрларда ортикча босимни ҳам, сийраклашиш босимини ҳам ўлчаш мумкин. Бунинг учун микроманометрга ўрнатилган кичкина кран ҳолатини ўзгартириш керак бўлади (Асбобни тузилиши билан лаборатория қурилмасида танишиш керак).

### **3. ДЕФОРМАЦИЯ ҲИСОБИГА ИШЛАЙДИГАН (ПРУЖИНАЛИ) АСБОБЛАР**

Деформация ҳисобига ишлайдиган (пружинали) асбоблар- ишлаш услуби пружина элементининг деформацияланишига асосланган.

Босим ўлчаш учун битта найчали (Бурдон найчаси ёки пружинали) манометрлар куп ишлатилади.

Бу манометрларда 0,05 дан то 1000 МПа га тенг бўлган босимларни ўлчаш мумкин.

#### **Пружинали манометрлар.**

Пружинали манометрларда асосий элемент пружина - кўндаланг кесими юзаси эллипс шаклида бўлган металлдан тайёрланган найчадан иборат бўлиб, у ёй шаклида эгилган бўлади, бу Бурдон найчаси дейилади (1.4-расм). Унинг бир учи узатувчи тишли механизмга уланган, механизмга эса стрелка ўрнатилган.

Найчанинг иккинчи учи манометр корпусига маҳкамланган бўлиб, у босим ўлчайдиган идишга ўрнатиш учун резбадан иборат. Бу найчага босим таъсир этганда, тузилиши эллипс шаклида бўлгани учун у тўғриланишга ҳаракат қилади, бунда найчанинг стрелкага уланган учи ҳаракатга келади ва стрелка маълум бир қийматга ўзгаради. Бу босимнинг қиймати бўлади.

Манометрик пружина латундан ёки мис қотишмаларидан ва катта босимлар учун пўлатдан тайёрланади.

Бундай асбоблар ҳам манометр, вакуумметр ва моновакуумметр бўлиб ишлаши мумкин. Ортикча босимни ўлчайдиган манометрларда найчанинг учи соат стрелка йўналиши бўйича ўрнатилган бўлади, вакуум босимни ўлчовчи вакуумметрларда найчани учи соат стрелкаси йўналишига тескари ўрнатилган бўлади, шунинг учун вакуумметрларда шкаланинг қийматлари ўнгдан чапга қараб ёзилади.

Моновакуумметрларда ноль қиймат шкалани энг юқори қисмида бўлади, уни ўнг томони манометрик қиймат, чап томони эса вакуумметриқ қийматдир.

## **II. ҲАРОРАТНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИНИНГ ТУЗИЛИШИ ВА ИШЛАШ УСУЛИ**

### **1. НАЗАРИЙ ҚИСМ**

Ишчи жисмнинг ҳарорати унинг қизиганлик даражасини ифодалайди. Ҳароратнинг қиймат сони ҳарорат шкалалари кўрсатиб беради. Ҳарорат шкалалари Цельсий, Кельвин, Фарангейт ва Реомор шкалаларига бўлинади. Цельсий шкаласида асосий репер нуқталари қилиб музнинг эриш нуқтаси  $0^{\circ}\text{C}$  ва сувнинг қайнаш нуқтаси  $100^{\circ}\text{C}$  деб қабул қилинган. Бу нуқталардаги термометр кўрсаткичининг фарқини 100 га бўлсак Цельсий градиуси ( $^{\circ}\text{C}$ ) келиб чиқади. Фарангейт шкалада музнинг эриш ҳарорати  $32^{\circ}\text{F}$  ва сувнинг қайнаш ҳарорати  $212^{\circ}\text{F}$  деб қабул қилинган. Фарангейт шкаласида ҳароратларнинг фарқи  $212-32=180^{\circ}\text{F}$  тенг. Шунинг учун  $1^{\circ}\text{F} = \frac{100}{180} = \frac{5}{9}^{\circ}\text{C}$  га тенг бўлади ва бунда  $t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F}-32)$   $t^{\circ}\text{C} = 9/5t^{\circ}\text{C} + 32$ .

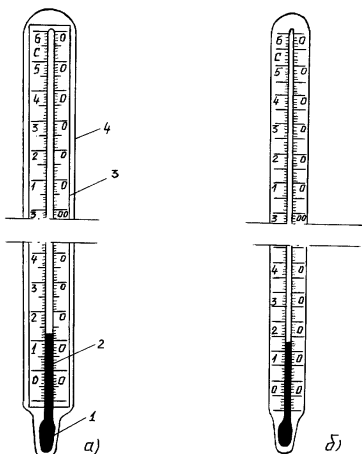
СИ системасида мутлоқ ҳарорат Кельвин шкаласида ўлчанади. Амалда эса ҳар бир асбоб Цельсий градусида ўлчаб беради. Шунинг учун уларнинг орасидаги боғланишни қуйидагича ёзамиз.  $T\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273,15$ .

Ҳарорат ўлчайдиган асбоблар ишлашига асосланиб қуйидаги гуруҳларга бўлинади:

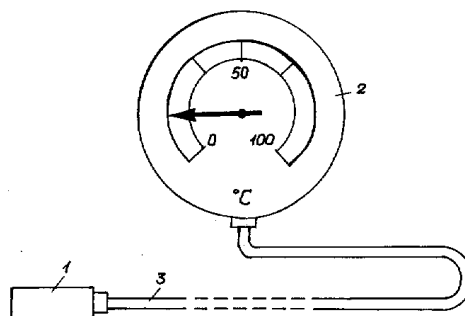
- а) кенгайиш термометрлари; б) манометрик термометрлар;  
 в) қаршилик термометрлари; г) термоэлектрик пирометрлар;  
 д) оптик пирометрлар.

**1.1. Кенгайиш термометрлар.** Суюқлик термометрларнинг ишлаши термометрдаги суюқликнинг иссиқдан кенгайишига асосланган. Бу термометрларда ҳароратни ўлчаш Цельсий шкаласи бўйича олиб борилади. Шишали суюқлик термометрларни тўлдириш учун симоб, толуол, этил спирти ва бошқалар ишлатилади. Конструктив жиҳатидан термометрлар иккига бўлинади: найчали ва тахтачага шкала ўрнатилган термометрлар (1.5-расм). Бу термометрлар  $-32^{\circ}\text{C}$  дан  $600^{\circ}\text{C}$  гача ҳароратни ўлчаш учун ишлатилади.

**1.2. Манометрик термометрлар.** Манометрик термометрларнинг ишлаши шу асбоб ичига солинган суюқликнинг босимини ўзгартиришига асосланган (1.6-расм).



1.5-расм



1.6-расм

**1.3. Қаршилик термометрлари.** Қаршилик термо-метрларини ишлаши эса ҳарорат ўзгаришида қаршиликни ўзгаришига асосланган. Амалда мисли ва платинали қаршилик термометрлари кенг кўламда ишлатилади (1.7-расм).

Мисдан ишланган қаршилик термометрлари учун ҳароратга боғлиқлик қуйидагича ифодаланди:

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

бу ерда :  $R_t$  –  $t^{\circ}\text{C}$  ҳароратидаги қаршилик, Ом ;

$R_0$  -  $0^{\circ}\text{C}$  даги қаршилик, Ом ;

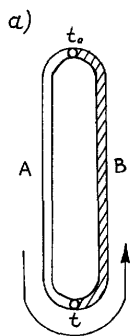
0,00428 – Ҳарорат коэффиценти, град $^{-1}$ .

Платинадан ишланган қаршилик термометрлари учун ҳароратга боғлиқлик қуйидаги ифодаланади:

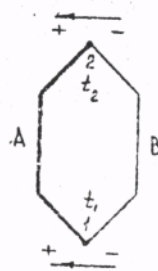
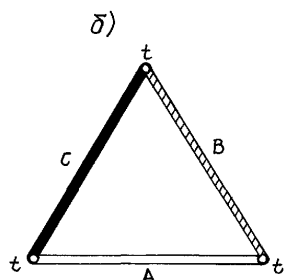
$$R_t = R_0 ( 1 + A t + B t^2 ) ,$$

бу ерда: А ва В - ўзгармас катталиклар (  $A = 3,94 \cdot 10^{-3}$  ;

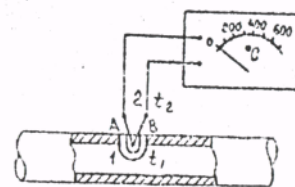
$B = - 5,8 \cdot 10^{-7}$  ) .



1.7-расм



1.8-расм



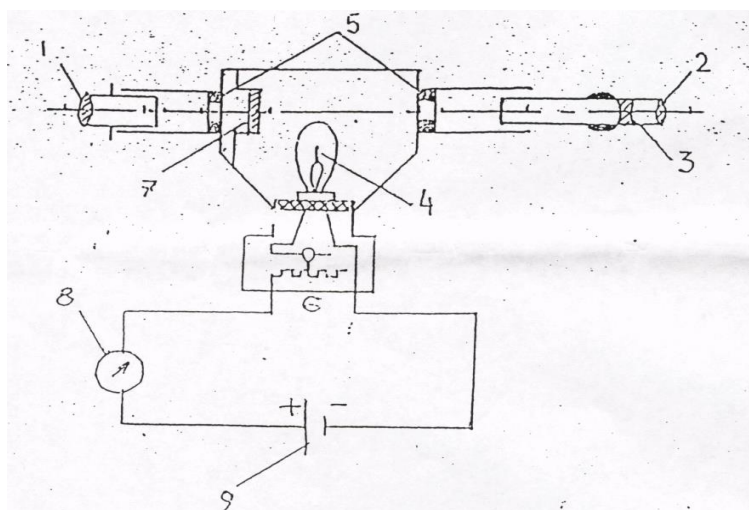
**1.4. Термопара (терможуфт).** Термопара 2 хил металл қотишмасидан ишланган А ва В электродларнинг кавшарланган занжиридан иборат, Ҳароратни ўлчаш учун унинг бир учи (иссиқ учи) ўлчаниши керак бўлган жисмга уланади, иккинчи (совуқ) учи эса муз солинган Дьюар идишига солинади (яъни  $0^{\circ}\text{C}$  да бўлади). Иссиқ ва совуқ учларининг орасида ЭЮК (электр юритувчи кучи) ҳосил бўлади. (1.8-расм).

Термопарада электр юритувчи кучни потенциометр ёки милливольтметр билан ўлчанади ва ЭЮК қийматини жадвал ёки график ёрдамида  $^{\circ}\text{C}$  га айлантирилади. Агар термопаранинг совуқ учи  $0^{\circ}\text{C}$  га эга бўлмай, хона ҳароратига эга бўлса ЭЮК ни  $^{\circ}\text{C}$  га айлантиришда хонани ҳароратини қўшиш керак. Термопаралар хром (никел билан хром қотишмаси)-копел (никел билан мис қотишмаси) хром-алюмель (никел билан алюминий қотишмаси) ва бошқалар бўлиши мумкин. Термопара  $3500^{\circ}\text{C}$  гача бўлган ҳароратни ўлчайди.

**1.5. “Йўқолувчан толали” оптик пирометр.** Пирометр деб аталишига асосий сабаб, бу турдаги асбоблар асосан ёнаётган жисмнинг ёруғлиги ва вольфрам толанинг нури боғлиқлигига асосланиб ишлашидир (1.9-расм). “Йўқолувчан толали” оптик пирометрнинг ишлаш усули ёнаётган жисмнинг ёруғлиги билан шу асбоб ичида жойлаштирилган лампанинг вольфрам толасини тарқатаётган нурининг ёруғлиги тенглашишига асосланган.

Оптик пирометр қуйидаги элементлардан ташкил топган:

1 – объектив; 2-окуляр; 3- қизил светофильтр; 4-вольфрам тола; 5-телескоп; 6- реостат; 7- нур ютувчи ойна; 8-ўлчагич асбоб; 9-ёқиш блоки.



1.9-расм

Қизиётган жисмнинг ҳароратини ўлчаш учун асбобнинг телескопини шу муҳитга қаратилади. Реостат билан вольфрам толанинг чўгланиши мослаб турилади. Шунда мослаш давомида худди вольфрам тола йўқолгандек бўлади, бу эса вольфрам толанинг тарқатаётган нурини ёруғлиги ёнаётган жисмнинг тарқатаётган нурини ёруғлиги билан тенглашиб қолади. Бу эса ўлчанаётган муҳит ҳароратига мос келади. Шунда реостат

орқали мослашни тўхтатиб, шкаладан ўлчанаётган муҳитдаги жисми ҳарорати неча градусга тенглиги ёзиб олинади. Оптик пирометр икки шкалани қилиб ишланган. Агар  $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  дан юқори ҳароратларни ўлчаш керак бўлса, у ҳолда пирометрик лампа олдида нур ютувчи ойна қўйилади ва ҳароратни юқори шкаладан ўлчанади. Оптик пирометр билан муҳит оралиғи  $0,7 - 6$  м гача бўлиши шарт. Ўлчаш оралиғи  $800\text{ }^{\circ}\text{C} - 6000\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **III. ТАЖРИБА ИШИНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ**

Кўриб чиқилган асбоблар лаборатория қурилмасига ўрнатилган. Лаборатория ишини бажариш тартиби қуйидагилардан иборат:

1. Суюқлик билан ишлайдиган ва механик манометрларни тузилиши ва ишлаш усулини ўрганиш.
2. Компрессордан келадиган ҳаво қувурларидаги кран (вентиль)ларни текшириш зарур.
3. Компрессорни ишлатиб, компрессор рессиверида (ҳаво йиғадиган идиш)  $1-1,5$  ат.гача ҳавони сиқиб, кейин компрессор тўхтатилади.
4. Ҳаво юривчи қувурга кран (вентиль)ни очиб, лаборатория қурилмасига сиқилган ҳаво юборилади.
5. Дифференциал манометр ёрдамида босимлар фарқи ўлчанади.
6. Микроманометр ва чашкали манометрлар уланган кранларни очиб қувурдаги босим ўлчанади.
7. Вакуум насосни ишлатиб, вакууметрда вакуум босим ўлчанади ва вакуум насосни ўчириб, кранлар ёпиб қўйилади.
8. Ҳароратни ўлчайдиган асбоблар билан танишиб, уларни чизиб олиб, ишлашини тушунтириб бериш.
9. Хонанинг ҳароратини ҳар хил термометрлар билан ўлчаб олиш ва уни Кельвин шкаласида ифодалаш.

### **IV. ИШНИНГ ҲИСОБОТИ**

Ишни ҳисоботида қуйидагилар бўлиши шарт:

1. Манометрларни қисқача тавсифи.
2. Манометрларнинг чизма тасвири.
3. Ҳароратни ўлчаш учун қандай усуллар бор?
4. СИ системаси ва техник системасидаги ҳарорат шкаласини айтиб беринг.

#### **2 - тажриба иши**

### **БОСИМ ЎЗГАРМАС БЎЛГАНДА ҲАВОНИНГ ИССИҚЛИК СИҒИМИНИ АНИҚЛАШ**

**Ишнинг мақсади:** Тўғри оқимли калориметр усулида доимий босимда газларнинг ҳажмий иссиқлик сиғими  $C_p$  тажриба орқали аниқлашда билимни ошириш.

Ишнинг давомийлиги – 4 соат.

### **I. НАЗАРИЙ ҚИСМ**

Газларнинг иссиқлик сиғимини аниқлаш усулларида бири – тўғри оқимли калориметр усулидир. Бу тажриба ишида тўғри оқимли калориметр қўлланилади. Текшириляётган модда (ҳаво) калориметр орқали узлуксиз оқиб туради. Калориметрга киришда модданинг ҳарорати  $t_1$  ўлчанади. Калориметр ичига иситгич ўрнатилган бўлиб, унинг ёрдамида иссиқлик  $Q$  берилади ва чиқишда модданинг  $t_2$  ҳарорати ўлчанади. Калориметрдан чиқишда калориметр орқали оқиб ўтган модданинг миқдорини ўлчаш учун ротаметр ўрнатилади.

Қурилма ишлатилганда ўрнатилган ҳолатда вақт бирлиги ичида модданинг сарфи, кириш ва чиқишдаги ҳароратлари ва иситгич қуввати ўзгармайди. Бу ҳолатда ўзгармас босимда олинган ўлчамлар ҳавонинг ўртача иссиқлик сиғимини аниқлаш имконини беради. Калориметрдан чиқишда ўрнатилган асбоб – ротаметр – вақт бирлиги ичида оқиб ўтган ҳавонинг ҳажмини ўлчайди. Шунинг учун бевосита ўзгармас босимда ҳавонинг ўртача ҳажмий иссиқлик сиғими ҳисобланади:

$$C'_{Pm} \int_{t_1}^{t_2} = \frac{Q}{V_0(t_2 - t_1)}, \quad (1)$$

бу ерда:  $C'_{Pm} \int_{t_1}^{t_2}$  - ўзгармас босимда  $t_1$  дан  $t_2$  гача ҳарорат оралиғидаги ҳавонинг ўртача ҳажмий иссиқлик сиғими, [кЖ/нм<sup>3</sup> °С];

Q - калориметрдаги электр иситгичдан вақт бир-лигида ҳавога берилган иссиқлик миқдори, кВт;

$(t_2-t_1)$  - ҳавонинг ҳароратлар фарқи, °С;

$V_0$  - нормал шароитга келтирилган (1 секундда калориметрдан ўтган ҳавонинг ҳажми) ҳавонинг сарфи, м<sup>3</sup>/сек.

Калориметр иситгичидан ажралган иссиқликнинг бир қисми атроф муҳитга йўқолади. Кўп тажрибаларнинг натижалари шуни кўрсатадики, бу ишда иситгичнинг 70% қуввати ҳавони қиздириш учун сарфланади, бунда:

$$Q=0,7 \cdot I \cdot U \cdot 10^{-3}, \quad \text{кВт}, \quad (2)$$

бу ерда: U ва I – иситгичнинг кучланиши (В) ва ток кучи (А).

Ҳажми нормал шароитга келтириш учун идеал газ нисбатларидан фойдаланамиз (бунда текширилатган ҳавонинг босими атмосфера босимига яқин ва ҳарорати хона ҳароратидан юқори ва уни идеал газ деб ҳисоблаш мумкин):

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0} \quad (3)$$

Бу ерда тенгламанинг чап қисми тажрибада олинган ҳавонинг параметрлари, ўнг қисми эса нормал шароитдаги параметрлардир ( $P_0=1$  атм,  $T_0=273$ °К).

Олинган ҳажмий иссиқлик сиғимини массавий иссиқлик сиғимига маълум нисбат бўйича қайта ҳисоблаш керак:

$$C'_{Pm} \int_{t_1}^{t_2} = \frac{C'_{Pm} \int_{t_1}^{t_2} \cdot 22,4}{M}, \quad (4)$$

бу ерда:  $C'_{Pm} \int_{t_1}^{t_2}$  - ўзгармас босимда ўртача массавий иссиқлик сиғими кЖ/кг °С;

$\mu$  – ҳавонинг молекуляр оғирлиги,  $\mu=29$ ; кг/кмоль;

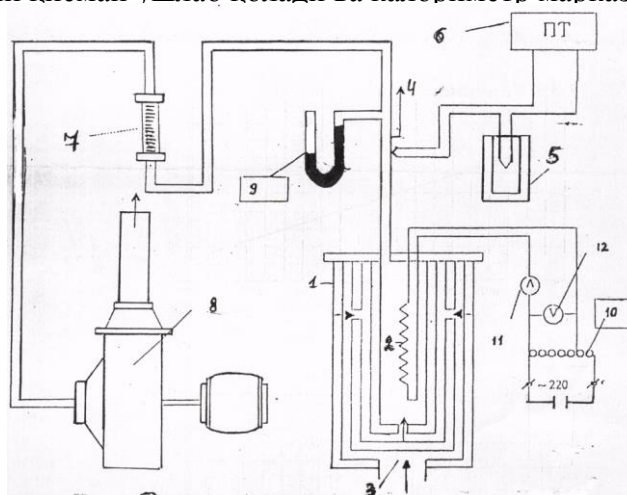
22,4 – нормал шароитдаги ҳажм, нм<sup>3</sup>/кмоль.

## II. ТАЖРИБА ҚУРИЛМАСИНИНГ БАЁНИ

Электр иситгичли (2) атрофи изоляция қилинган тўғри оқимли калориметр (2.1-расм) (1) лаборатория хонасида жойлашган ва шу ердан ҳаво қувурча (3) ёрдамида киради. Калориметрга киришдаги ҳавонинг ҳарорати хонадаги термометр орқали ўлчанилади, чиқишдаги ҳарорат  $t_2$  термопара (4) (унинг совуқ учи Дьюар идиши (5) да жойлашган) потенциометр (6)га уланиб ўлчанади. Калориметрдан оқиб ўтган ҳавонинг миқдори ротаметр (7) ёрдамида ўлчанилади. Калориметр вентилятор (8) га сурувчи қувур орқали уланган, шунинг учун калориметрдаги ҳавонинг иссиқлик сиғими атмосфера босимидан кичик бўлган босимда аниқланади. Калориметрдаги вакуум босим U-симон манометр (9) ёрдамида ўлчанилади. Чизмада юқоридагилардан ташқари электродвигатель (10), ЛАТР (11), амперметр (12) ва вольтметр кўрсатилган. Қурилмада қўлланилатган калориметр

шундай ишланганки, бунда ҳаво чизмада кўрсатилган йўллар орқали ҳаракатланиб, иссиқликнинг йўқолишини қисман ўшлаб қолади ва калориметр марказига юборилади.

2.1-расм



### III. ТАЖРИБАНИ ЎТҚАЗИШ ТАРТИБИ ВА УСУЛИ

1. Вентиляторни улаш.
2. Иситгични улаш ва ЛАТРни созлаб керакли  $t_2$  ҳароратни қилиш ( $40-60^{\circ}\text{C}$ ).
3. Тажрибани ўрнатилган ҳолатда ўтқазиш. Бунинг учун тажриба давомида (5-7 минут) иситгичдаги кучланишни,  $t_2$  ҳароратни ва ротаметр кўрсаткичини ўзгармас қилиб сақлаш керак.
4. Кучланиш  $U$  ва ток кучини  $I$  ни қийматини ёзиш.
5. Потенциометр ёрдамида термо-ЭЮКни қийматини ўлчаб,  $t_2$  ҳароратни аниқлаш.
6. Ротаметр кўрсаткичини ёзиш.
7. U-симон манометр ёрдамида  $P_{\text{ВАК}}$  ўлчаш.
8. Барометр билан  $P_{\text{БАР}}$  ни ўлчаш.
9. Тажриба иккита ҳарорат оралиқларида (масалан,  $t_1$  дан  $t_2=40^{\circ}\text{C}$  гача ва  $t_2=50^{\circ}\text{C}$  гача) ўтқазилади.

### IV. ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРИ ЖАДВАЛИ

№	$t_1$ $^{\circ}\text{C}$	$t_2$ МВ/ $^{\circ}\text{C}$	$U$ В	$I$ А	$R$	$V$ $\text{м}^3/\text{с}$	$P_{\text{ВАК}}$ ММ.СУВ.У	$P_{\text{БАР}}$ ММ.СМ.У	$P_{\text{АБС}}$ АТМ
1									
2									
3									

### V. ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРНИ ҲИСОБЛАШ ТАРТИБИ

1. График ёрдамида (2.2-расм)  $t_2$  ҳароратни аниқлаш.
2. Ротаметр кўрсаткичи бўйича ҳавонинг сарфини ҳисоблаш:

$$V=1,4+0,0474 \cdot R \quad \text{м}^3/\text{соат}, \quad (5)$$

Кейин бу қийматни  $\text{м}^3/\text{сек}$  га айлантириш керак.

3. Калориметрдаги ҳавонинг мутлоқ босимини ҳисоблаш

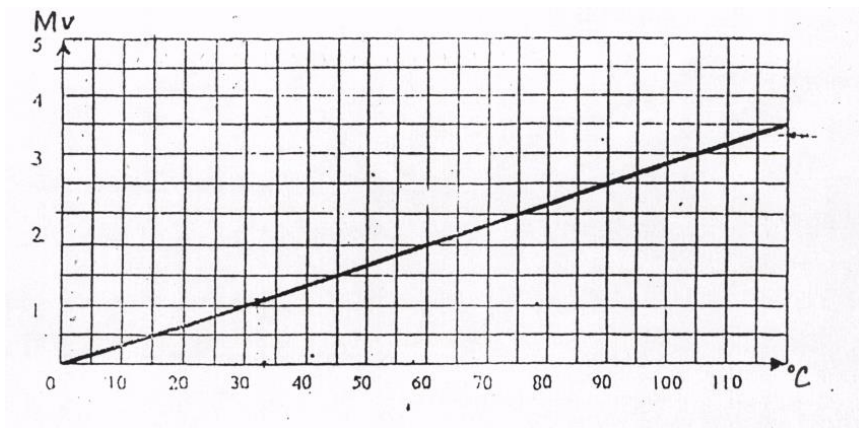
$$P_{\text{АБС}} = \frac{P_{\text{БАР}} \text{ММ.СМ.У.С.}}{760} - \frac{P_{\text{ВАК}} \text{ММ.СУВ.У.С.}}{1,033 \cdot 10^4} \quad (6)$$

4.  $C_{pm} \int_{t_1}^{t_2}$  қийматини (1) ва (4) ифодалар ёрдамида ҳисобланади.

5. Ҳисоблаб топилган  $C_{pm} \int_{t_1}^{t_2}$  иссиқлик сиғимининг қийматини ҳаво учун келтирилган, чизикли боғлиқлиги тенглама ёрдамида ҳисобланган қи қиймат билан таққослаш керак:

$$C_{pm} \int_{t_1}^{t_2} = 0,9952 + 0,9349 \cdot 10^{-4} \cdot t, \text{ кЖ/кг}^0\text{С} \quad (7)$$

$$t = t_1 + t_2$$



2.2-расм

### 3-тажриба иши

## ЎТА ҚИЗИГАН СУВ БУҒИНИНГ ЎЗГАРМАС БОСИМДАГИ ИССИҚЛИК СИҒИМИНИ АНИҚЛАШ

**Ишнинг мақсади:** тажриба ўтказиш, ўлчаш натижаларига ишлов бериш ва олинган маълумотларни умумлаштириш бўйича талабалар малакасини ошириш.

### I. НАЗАРИЙ ҚИСМ

Иш давомида берилган  $t_1$ ,  $t_2$  ҳарорат оралиғида ўртача солиштирма массавий изобар иссиқлик сиғими  $C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2}$  аниқланади.

Солиштирма массавий изобар иссиқлик сиғими  $P = \text{const}$  босимда 1 кг модданинг ҳароратини  $1^0\text{С}$  га ошириш учун керак бўладиган иссиқлик миқдорига тенгдир. Берилган ҳарорат оралиғи иссиқлик учун иссиқлик сиғимининг ўртача қиймати:

$$C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{q_p}{t_2 - t_1}, \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot ^0\text{С}} \quad (1.1)$$

Бу ифода:  $q_p$  - ўзгармас босим ( $P = \text{const}$ ) 1 кг моддага берилган иссиқлик миқдори ;  
 $t_1$  - бошланғич ҳарорат,  $^0\text{С}$ ;  
 $t_2$  - охириги ҳарорат,  $^0\text{С}$ ;

Солиштирма иссиқлик сиғимининг ўлчов бирлиги қуйидаги тенгликни ҳисобга олиш натижасида олинган:  $(t_1 - t_2)^0\text{С} = (T_2 - T_1)\text{К}$ .

$C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2}$  нинг қиймати ҳароратлар фарқига боғлиқ (умумий ҳолда босимга ҳам боғлиқ, лекин бу ишда бундай масала кўрилмади).

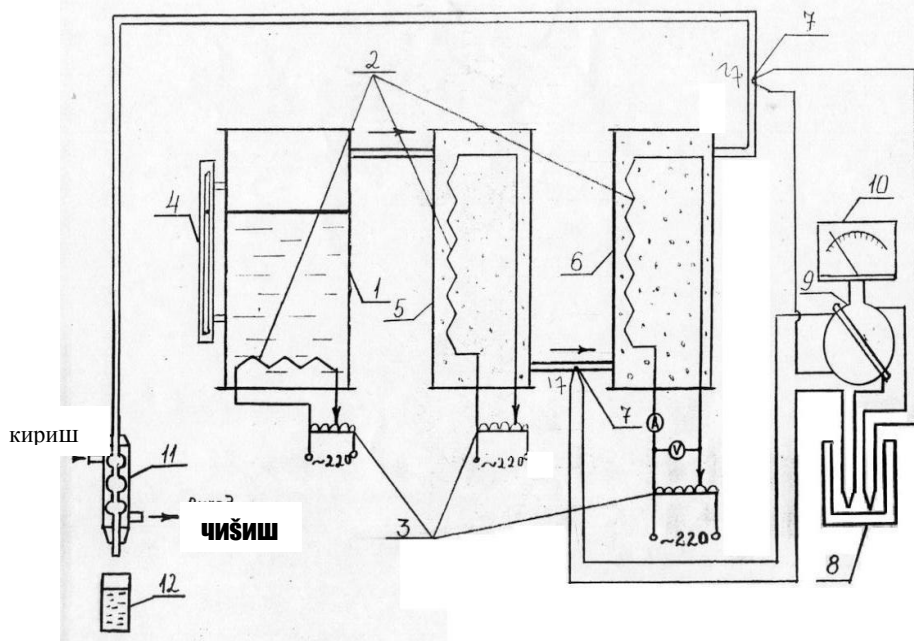
Ўлчашлар атмосфера босимида ўта қизиган сув буғи учун ўтказилади. Ўта қизиган сув буғи – берилган босимда қайнаётган сувнинг ҳарорати  $t_{\text{қай}}$  га қараганда катта ҳароратга эга бўлган буғдир. Атмосфера босими одатда Тошкент шаҳри учун 720-730 мм сим.уст. (0,96-0,973 бар) га тенг; бунга эса қайнаш ҳарорати  $t_{\text{қай}} = 99^0\text{С}$  тўғри келади.

Ўта қизиган буғ тўйинган буғга иссиқлик беришни давом эттириш натижасида ҳосил бўлади. Тўйинган буғ эса берилган босимда, қайнаётган сув билан мувозанат ҳолатида бўлиб, у билан бир хил ҳароратга эга бўлади. Қайнаётган сувнинг томчиларини

Ўзида сақлаган буғга нам тўйинган буғ дейилади. Қуруқ тўйинган буғнинг таркибида қайнаётган сув томчилари бўлмайди.

## II. ТАЖРИБА ҚУРИЛМАСИНИНГ БАЁНИ

Ўта қизиган сув буғининг ўзгармас босимидаги массавий иссиқлик сиғими  $C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2}$  ни аниқлайдиган тажриба қурилмасининг чизмаси тасвири 1.1-расмда кўрсатилган.



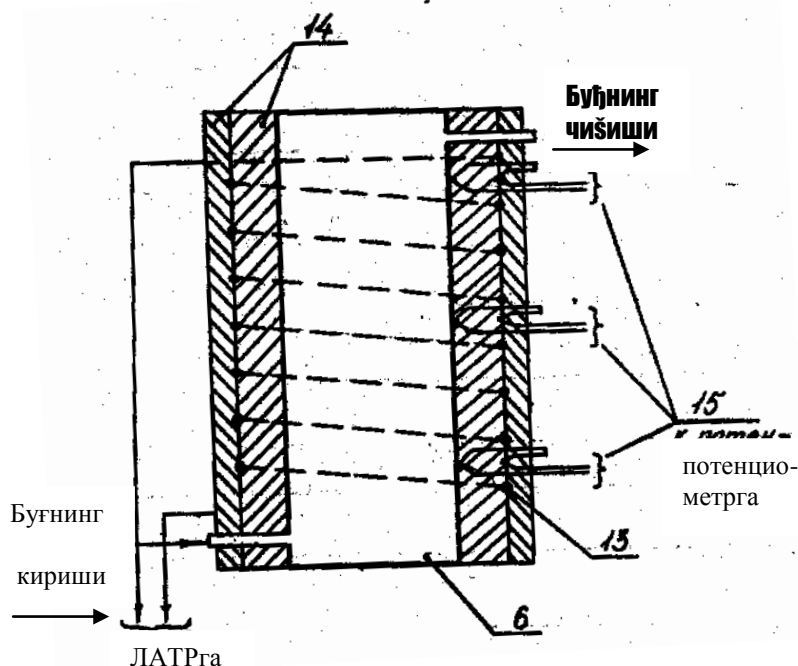
1.1-расм.

Тажриба ўтказиш учун керак бўладиган буғ буғ генератори 1 да сувнинг ўзгармас атмосфера босими остида қайнаши туфайли ҳосил бўлади. Иссиқлик миқдори занжирида ЛАТР-3 бўлган электр қиздиргичлардан ажралиб чиқади. ЛАТР электр қиздиргичларнинг қувватини сошлаш, қайнашнинг зарур бўлган жадаллигини ҳосил қилиш учун, яъни тажриба қурилмасидан вақт бирлигида ўтаётган буғнинг миқдорини сошлашга имкон беради. Сувнинг сатҳини назорат қилиб туриш учун буғ генератори сув сатҳини кўрсатувчи шиша найча 4 билан жиҳозланган. Буғ генераторда ҳосил бўлган нам тўйинган буғ қиздиргичга ўтади. Бу ерда  $P = \text{const}$  босимда электр қиздиргич 2 дан ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори ҳисобига қуруқ тўйинган буғга айланади (яъни қурилади). Қуруқ тўйинган сув буғининг ҳарорати ва электр қиздиргичнинг қуввати ЛАТР-3 орқали бошқарилади. Сўнгра  $t_1$  ҳароратга эга бўлган қуруқ тўйинган буғ калориметр 6 га ўтади. Бу ерда у ўзгармас босимда электр қиздиргичдан ажралган иссиқлик миқдори ҳисобига маълум бир  $t_2$  ҳароратигача қизитилади ва ўта қизиган буғга айланади.  $t_2$  ҳароратни ЛАТР ёрдамида калориметр қизитгичининг қувватини бошқариш натижасида ҳосил қилиш мумкин. Занжирдаги ток кучи ва кучланиш амперметр ҳамда вольтметр орқали ўлчанади. Калориметрга киришдаги қуруқ буғ ҳарорати  $t_1$  ва ундан чиқишдаги ўта қизиган буғнинг ҳарорати  $t_2$  ларни ўлчаш учун туташтирувчи найчалардан терможуфт 7 нинг иссиқ учлари ўрнатилган бўлиб, уларнинг совуқ учлари эриётган музли ( $0^{\circ}\text{C}$ ) Дьюар идиш 8 га жойлаштирилган. Терможуфт қўшгич 9 орқали градусда даражаланган милливольтметрга уланган.

Ўта қиздирилган сув буғи калориметрдан чиқиб конденсаторга ўтади. Буғ иссиқлигини совитувчи сувга беради ва конденсатга айланади, ҳосил бўлган конденсат эса ўлчагич идиши 12 га йиғилади. Йиғилган конденсатнинг массаси тажриба вақтида калориметр орқали ўтган буғнинг массасига тенгдир.

Буғ генератори, буғ ўта қиздиргичи, калориметр ва туташувчи найчалар изоляцион материаллар билан қопланган. Калориметр 8 қиздиргич 2 дан буғни ўта қиздириш учун берилаётган иссиқликни ташқи муҳитга сочилиб кетмаслиги учун ушбу калориметр қўшимча компенсацион электр қиздиргич 13 билан таъминланган. 3-расмда

кўрсатилаётгандек, у иккала иссиқликни изоляция қилувчи қатламлар 14 нинг орасида жойлашган ва ЛАТР орқали электр тармоғига уланган (1.2-расм). Биринчи изоляция қатламида юзасида учта дифференциал термोजуфтлар 15 ўрнатилган (калориметрнинг паст, ўрта ва юқори қисмида) ва уларга улагич 9 орқали потенциометр 10 га чиқарилган.



1.2-расм

Умуман компенсацион электр қиздиргични ўрнатишдан мақсад калориметр ичидаги электр қиздиргич ажратиб чиқараётган иссиқликни ташқи муҳитга чиқиб кетишга тўсқинлик қилувчи иссиқлик майдон яратишдир. Маълумки, бундай тўсиқда иссиқлик оқимларининг ҳарорати бир-бирига тенг бўлади. Буни ЛАТР ёрдамида компенсацион электр қиздиргичнинг қувватини бошқариш (мослаш) натижасида рўёбга чиқариш мумкин. Бошқача айтганда, калориметр орқасига ўтаётган буғни ўта қиздириш жараёни давом эттирилган пайтда дифференциал термोजуфтлардаги иссиқлик электр юритувчи кучнинг (термоЭЮК) нолга тенг бўлишига эришиш керак (бу пайтда потенциометр нолни кўрасатади), яъни изоляциянинг ички ва ташқи ҳарорати фарқи мавжуд эмас (иссиқлик оқими йўқ) ва калориметрнинг қиздиргичида ажралиб чиқаётган иссиқлик бутунлай буғга берилаётганидан далолат беради.

### III. ТАЖРИБА ЎТКАЗИШ УСУЛИ ВА ТАРТИБИ

Тажриба вақти  $\tau$  (сек) давомида калориметрнинг электр қиздиргичи маълум миқдорда иссиқликни ажратиб чиқаради:

$$Q = W \cdot \tau, \text{ кЖ} \quad (1.2)$$

Электроқиздиргичнинг қуввати

$$W = I \cdot \Delta U \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (1.3)$$

Бу ерда  $I$  – электр қиздиргичнинг занжирдаги ток кучи, (амперметр ёрдамида ўлчанади);

$\Delta U$  - кучланиш, В (вольтметр ёрдамида ўлчанади).

Агар тажриба давомида буғ қиздиргич орқали  $M$  кг буғ ўтган (идишда  $M$  кг конденсатор йиғилган) бўлса, унда 1 кг буғга  $P = \text{const}$  босимда берилган иссиқлик :

$$q_p = \frac{Q}{M}, \quad \frac{\text{кЖ}}{\text{кг}} \quad (1.4)$$

олинган  $q_p$  нинг қийматини (1.1) ифодага қўямиз.

## IY. ТАЖРИБА ЎТКАЗИШ ТАРТИБИ

1. Буғ генераторининг электр қиздиргичини электр тармоғига улаймиз. Сув қайнаши билан буғ қиздиргич, калориметр ва компенсацион электр қиздиргичларига ЛАТР ёрдамида 110 В кучланиш берамиз.
  2. ЛАТР ёрдамида  $t_1$  ҳароратни 105-110 °C га,  $t_2$  ҳароратни 145-150 °C гача кўтарамиз.
  3. Потенциометрга ҳар бир дифференциал терможуфтни қайта улаб, уларнинг термоЭЮК ни ўлчаймиз. Компенсацион қиздиргич ЛАТРа ёрдамида потенциометрнинг кўрсатишини нолга яқинлаштирамиз. Хатолик 0,5 мВ бўлиши мумкин.
  4.  $I$ ,  $\Delta U$ ,  $t_1$  ва  $t_2$  ларнинг қийматлари вақт ўтиши билан ўзгармаётганлигига, яъни қурилма барқарор ҳолатда ишлаётганига ишонч ҳосил қиламиз.
  5. Секундомерни ишга тушириб, 12-15 дақиқа давомида конденсатнинг ўлчагич идишга йиғилиши кузатилади. Ҳар 3 минут давомида асбоблардан  $I$ ,  $\Delta U$ ,  $t_1$  ва  $t_2$  ларнинг қийматини олиб жадвалга ёзилиб борилади.
1. 12 ёки 15 дақиқа ўтиши билан йиғилган конденсатнинг массаси  $M$  кг да аниқланади.

Асбоблар кўрсатиши ва тажриба натижалари жадвали

N/ N	Вақт мин. $\tau$	Буғнинг ҳарорати		Ток кучи $I$ , А	Кучланиш $\Delta U$ , В
		$t_1$ , °C	$t_2$ , °C		
1	0				
2	3				
3	6				
4	9				
5	12				

## Y. ҲИСОБЛАШ ТАРТИБИ

Қуйидагилар ҳисобланади:

1. (1.3) – ифода ёрдамида калориметр электр қиздиргичнинг қуввати  $W$  ҳисобланади.
2. (1.1) – ифода ёрдамида ўта қизиган сув буғининг солиштирама иссиқлик сиғими ҳисобланади.
3. Ўзгармас атмосфера босимидаги ўта қиздирилган буғнинг солиштирама массавий иссиқлик сиғимининг ҳақиқий қиймати миқдорда аниқликка эга бўлган ифода ёрдамида топилади.

$$C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2} = 1,8401 + 0,000586 \cdot t_{\text{ўр}}$$

4. Тажриба ёрдамида аниқланган ва ҳақиқий иссиқлик сиғими ўртасидаги нисбий хатолик топилади:

$$\delta C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2} \Big|_{\text{ҳак}} - C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2} \Big|_{\text{таж}}}{C_{pm} \Big|_{t_1}^{t_2} \Big|_{\text{ҳак}}} \cdot 100\%$$

Иш юзасидан ёзилган ҳисоботда ишнинг қисқа баёни, тажриба чизмаси, тажриба натижалари ёзилган жадвал, ҳисоблар бўлиши керак.

### 4 - тажриба иши

## ЖИСМ ҚАЙНАГАНДА БОСИМИ ВА ҲАРОРАТИ ОРАСИДАГИ БОҒЛАНИШНИ ТАЖРИБА ЙЎЛИ БИЛАН АНИҚЛАШ

**Ишнинг мақсади:** Фазавий ўтишдаги билимларни мустах-камлаш, жисмни бир фазадан иккинчи фазага ўтишдаги ҳолат ўзгаришларини ўрганишдан иборат.

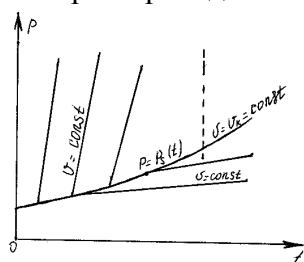
## I. НАЗАРИЙ ҚИСМ

Бизга маълумки, жисм бир фазадан иккинчи фазага ўтишда унинг ҳолати ўзгариши ўз навбатида параметрларининг, яъни босим ва ҳароратининг ўзгариши билан амалга оширилади. Шунинг учун фазавий ўтиш ҳолатини, унинг диаграммаларини кўриб чиқиш жуда аҳамиятлидир. Фазавий ўтиш - бу суюқ, қаттиқ ва газсимон ҳолатларни бир-бирига ўтишининг оқибатидир. Жисм қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга, суюқдан газ ҳолатига ўтиши мумкин, лекин ҳар қандай ўтиш ҳолатида ҳам улар бир-бири билан мувозанат ҳолатида бўлади. Фазанинг массаси ўзгарса ҳам, унинг мувозанат ҳолати бузилмайди. Шунинг учун икки ҳолат исталган ҳарорат ва босимда мувозанат ҳолатида бўлмай, балки ҳарорат ва босимнинг аниқланган ҳолатида бўлади, бунда бу параметрлардан бири иккинчисига боғланган ҳолда бир-бирининг қийматини аниқлайди. Улар ўзаро фазавий диаграмма бўйича бир-бирига боғланади. Техникада жуда кўп шундай саволлар учрайдики, бунда жисмларни қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга, суюқдан газ ҳолатга ўтишдаги жараёнларни билиш зарур бўлади. Тажриба шуни кўрсатадики, жисмлар босим ва ҳароратга боғлиқ равишда бир вақтнинг ўзидики икки ёки уч ҳолатда бўлиши мумкин.

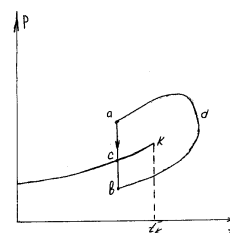
Қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга ўтиш – эриш, суюқ ҳолатдан газ ҳолатга ўтиш – буғланиш, қаттиқ ҳолатдан газ ҳолатга ўтиш- сублимация ҳолатлари дейилади. Бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиш фазавий ўтиш дейилади. Бундай ўтиш берилган ҳароратда ва берилган босимда амалга ошиши мумкин.

Фазавий мувозанат ҳолати деб, жисм бир фазадан иккинчисига ўтаётгандаги ҳолатининг мувозанатда бўлишига айтилади. Мувозанат ҳолатини P-t диаграммада график равишда жуда қулай ҳолда чизиб кўрсатса бўлади (2.1-расм).

2.2-расмда жисмнинг фазавий ўтишни P-t диаграммаси келтирилган. *ac* - эгри чизиғи жисмнинг қаттиқ ва газсимон фазаси мувозанат ҳолатини характерловчи; *ab* – жисмнинг суюқ ва қаттиқ фазаларни мувозанат ҳолатини характерловчи эгри чизиғи; *ad*-жисмнинг суюқ ва газсимон фазаларни мувозанат ҳолатини характерловчи эгри чизиғини характерлайди. *cad* – эгри чизиғидан ўнроқда жисмнинг газсимон ҳолати жойлашади. *ab* ва *ad* – жисмнинг суюқлик фазаси; *cab* эгри чизикдан чапроқда – жисмнинг қаттиқ фазасини характерлайди.



2.1-расм.



2.2- расм

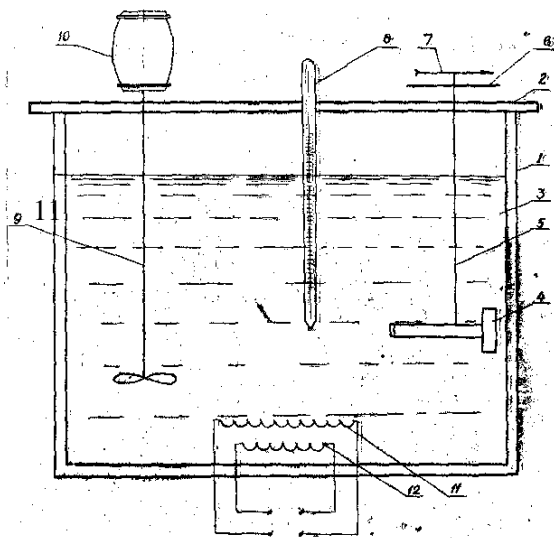
Диаграммада *ad* эгри чизиғи, суюқ ҳолатдан буғ ҳолатга фазавий ўтишдаги босим билан ҳарорат орасидаги боғланиш  $P=f(t_n)$  ни ифодалайди. Бу эгри чизиғи К критик нуқтада тугайди. Босим критик нуқтадаги босимдан юқори бўлганда суюқ ҳолатдан буғланиш ҳолатига фазавий ўтиш ҳолати бўлмайди, чунки бундай босимда суюқлик билан газнинг фарқи бўлмайди. Агар суюқликдан  $P=const$  бўлганда иссиқликни олиб кетилса, суюқлик қаттиқ ҳолатга ўтади. Бу ҳароратни эриш ҳарорати –  $T_{эриш}$  дейилади, иссиқлик миқдори эса, эриш иссиқлиги дейилади. Эришда жисм иккита фазада бўлади. Диаграммадаги *ab* эгри чизиғи қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга фазавий ўтишдаги босим билан ҳарорат  $P=f(T_{эп})$  орасидаги боғланишни характерлайди.

2.1-расмда кўрсатилганидек, жисмнинг суюқ ҳолати бўлиб, фазалар мувозанати эгри чизиғи ҳисобланади. Бу эгри чизик критик изотермик чизиғи ёки критик изохора чизиғи билан чекланган бўлади. Қолган қисми бир фазали газ фазаси билан характерланади.

## II. ТАЖРИБА ҚУРИЛМАСИНИНГ БАЁНИ

Ҳар хил босимда қайнаш ҳароратларини аниқлаш бир неча усуллар билан олиб борилади. Ушбу ишда ацетон гази қайнаганда унинг босими билан ҳарорати орасидаги боғланишни аниқлаш усули келтирилган, унинг қурилмаси 2.3-расмда келтирилган.

Термостат – бу узоқ вақт давомида ҳароратни бир хил ушлаб туриш учун мўлжалланган қурилмадир. Термостатни ичига трансформатор мойи солиниб, унинг ичига назорат термометри, аралаштиргич, контактли термометр ҳамда ичига ацетон гази тўлдирилган Бурдон трубкаси солинади.



2.3- расм.

1-термостат; 2-термостат қопқоғи; 3- трансформатор мойи; 4-Бурдон найчаси; 5-манометр ўқи; 6-манометр шкаласи; 7- манометр стрелкаси; 8-назорат термометри; 9-аралаштиргич; 10-двигатель; 11-қўшимча иситгич,12- асосий иситгич.

Термостатнинг ичидаги мой асосий ва қўшимча иситгичлар билан иситилади. Термостат ичидаги контактли термометрнинг (унинг тузилиши билан бевосита биринчи ишни ўтилганда танишилган) шишали найчасимон учига кичик найча ўрнатилган бўлиб, унга бир учи капиллярга кирадиган мениск ўрнатилган, унинг винти буралганда найча винт бўйича туширилади ёки кўтарилади ва капиллярдаги қўзғалувчан менискни юрғазади. Шунинг учун ҳам унинг учини иситгичнинг релесига улаб қўйилади. Бизга керак бўлган ҳарорат ҳосил бўлганда, уни назорат термометри орқали аниқлаб оламиз. Бу қурилмада аралаштиргич термостатни ҳамма томонидан ҳароратни бир хил ушлаб туриш учун хизмат қилади.

### III. ТАЖРИБА ЎТҚАЗИШ УСУЛИ ВА УНИ ҲИСОБЛАШ

1. Контактли термометрда керакли ҳароратни ўрнатиш ва термостатдаги иккита иситгични улаш.
2. Ҳароратларнинг ўзгариши  $50 \div 80^{\circ}\text{C}$  да бўлади, чунки ацетон газининг қайнаши ва буғланиши шу ҳароратлар оралиғида ( 760 мм сим.уст.)  $56,6^{\circ}\text{C}$  ни ташкил этади;  $80^{\circ}\text{C}$  ҳарорат эса тўйинган буғнинг босимига тўғри келади.
3. Иситгичнинг ўчирилишини тасдиқлаш (тавсифли овоз бўйича), назорат термометри бўйича ҳароратни ёзиш.
4. Манометр шкаласи бўйича ортиқча босимни ёзиб олиш.
5. Барометр ёрдамида атмосфера босими қийматини ёзиб олиш.
6. Барча кўрсаткичларни кузатишлар жадвалига ёзиш (2.1-жадвал).

2.1-жадвал

Асбоблар кўрсатиши ва тажриба натижалари

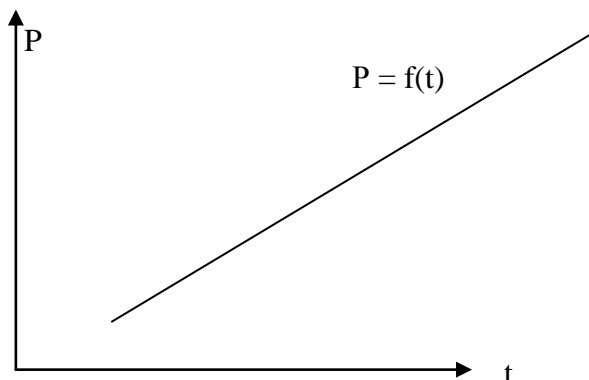
№	$t, ^{\circ}\text{C}$	$P_{\text{орт}}, \text{кг/см}^2$	$P_{\text{атм}},$ мм сим.уст.	$P_{\text{мут}},$ атм.
1				
2				

3				
4				

7. Мутлақ босимни ҳисоблаш:

$$P_{\text{мут,атм}} = \frac{P_{\text{ман}} \cdot \frac{K_2 \cdot K}{\text{см}^2}}{1,033} + \frac{P_{\text{бар.мм с.м.уст}}}{760}, \quad (2.1)$$

8. Олинган қийматларнинг P-t диаграммада масштаб ёрдамида босим ва ҳарорат орасидаги боғланиш чизигини ҳосил қилиш.



9. Тажриба орқали олинган маълумотлар ва берилган бизга маълум бўлган қийматларни солиштириш натижасида тажриба хатолигини аниқлаш.

$$\delta = \frac{P - P_{\text{маъл}}}{P_{\text{маъл}}} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

Иш юзасидан ёзилган ҳисоботда ишнинг қисқа баёни, тажриба чизмаси, тажриба натижалари ёзилган жадвал, ҳисоблар бўлиши керак.

## 5 - тажриба иши

### СТАНДАРТ ДИАФРАГМА ОРҚАЛИ ҲАВО САРФИНИ АНИҚЛАШ

**Ишнинг мақсади:** Қувур бўйлаб ҳаракатланаётган моддаларнинг сарфини аниқлашнинг бир тури билан танишиш ва шу бўйича тасаввурга эга бўлиш ҳамда тажриба ўтказиш ва ҳисоблашдан иборат.

#### I. НАЗАРИЙ ҚИСМ

Суюқлик, газ ва буғларнинг сарфини аниқлашнинг ва кенг тарқалган ва ўрганилган усулларида бири бўлиб, дроссель қурилмаларда босим ўзгариши бўйича сарфни аниқлаш усули ҳисобланади. Суюқлик, газ ва буғларнинг сарфини аниқлаш босимнинг ўзгаришига асосланган дроссель - стандарт диафрагмалар, Вентури қувурлари, соплло қурилмалари ёрдамида олиб борилади.

Улар қувурларда ўрнатилиб, у ерда маҳаллий торайиш ҳосил қилади, бунинг оқибатида модданинг тезлиги торайган кесимдан ўтишда дроссель қурилмасидан олдинги тезликка нисбатан ошади.

Торайган кесимда тезликнинг ва кинетик энергиянинг ошиши шу кесимда оқимнинг потенциал энергияси камайишига олиб келади. Торайган кесимда статик босим дроссель қурилмасигача бўлган босимдан кам бўлади.

Дроссель қурилмалардан модданинг оқиб ўтишида оқим тезлиги ва сарфига боғлиқ бўлган босимлар фарқи ҳосил бўлади.

Дроссель қурилмасидаги босимлар фарқи дифференциал манометр ёрдамида ўлчанади ва модданинг сарфланиши қиймати босимлар фарқи орқали ҳисоблаш йўли билан аниқланади.

Энг содда тузилишга эга бўлган дроссель қурилмаларидан бири стандарт диафрагмадир. Бу диафрагма қувур ичига осон ўрнатиш мумкин. Стандарт диафрагма доиравий тешикли юпка дискдан иборат ва унинг маркази қувур кесимининг маркази билан мос

келади. Диафрагма тешиги оқим кириши томонида цилиндрик, чиқишида конуссимон кенгаювчи шаклда ясалган.

Диафрагмадан олдинги ва кейинги статик босимларни олиш учун ҳалқавий камералар ўрнатилган.

Қувурлардаги ҳалқавий камерали диафрагманинг чизмаси 4.1- расмда кўрсатилган.

Оқиб ўтган модданинг сарфи қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$G = 0,004 \alpha \varepsilon K_t d^2 \sqrt{\Delta p \cdot \rho}, \text{ кг/соат} \quad (4.1)$$

бу ифодада  $\alpha$  – сарфий коэффициент, тажриба йўли билан аниқланади; (1-илова);

$\varepsilon$  – муҳитнинг иссиқликдан кенгайишини характер-лайдиган тузатма коэффициенти (4.1-илова);

$K_t$  – диафрагма ва қувур кўндаланг кесимининг ис-сиқликдан кенгайишини характерлайдиган тузатма коэффициенти (агар ўлчанаётганда модданинг ҳарорати  $100^\circ\text{C}$  дан ошмаса  $K=1$  бўлади)

$d$  – диафрагма тешигининг диаметри, мм;

$\Delta p$  – оқиб ўтувчи жисмнинг диафрагмагача ва ундан кейинги босимлар фарқи,  $\text{Н/м}^2$

$\rho$  – дроссель қурилмасидан оқиб ўтувчи модданинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ .

Бу ишни бажаришда нам ҳавонинг зичлигини ҳам аниқлаш зарур, у қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$\rho = \frac{1}{T} \left( \frac{P_{\text{мут}}}{287} - 0,00131 \varphi P_m \right), \text{ кг/м}^3 \quad (4.2)$$

бу ерда  $P_{\text{мут}}$  – нам ҳавонинг мутлақ босими,  $\text{Н/м}^2$  ;

$T$  – ҳавонинг мутлақ ҳарорати, К;

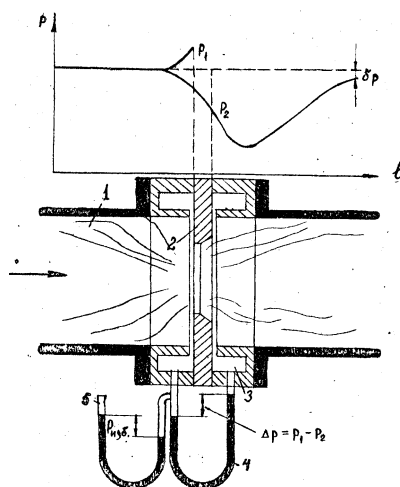
$P_m$  – нам ҳавонинг ҳароратидаги тўйинган сув буғининг босими;

$\varphi$  – ҳавонинг нисбий намлиги.

## II. ТАЖРИБА ҚУРИЛМАСИНИНГ БАЁНИ

Ҳаво вентилятор ёрдамида қувур (1) бўйлаб ҳаракатланади (4.1-расм). Статик босимни ўлчаш учун ҳалқавий камерали (3) диафрагма (2) шу қувурга ўрнатилган. Ҳалқавий камералардаги диафрагмадан олдин ва кейин босимлар фарқи U-симон дифференциал манометр (4) билан ўлчанади. Диафрагмадан олдинги ортиқча босим  $P_{\text{орт}}$  U-симон манометр (5) билан ўлчанади.

Ўзгармас ток двигатели ёрдамида вентилятор ҳаракатга келтирилади. Вентиляторнинг айланишлар сонини ўзгартириш натижасида ҳавонинг сарфи ўзгариши содир бўлади.



расм.

## III. ТАЖРИБА ЎТКАЗИШ УСЛУБИ ВА ТАРТИБИ

Вентиляторнинг двигатели ишга туширилади. Унинг айланишлар сони тахометр билан ўлчанади. Реостат ёрдамида двигателнинг айланишлар сони ўзгартирилади ва у иш давомида 3 мартаба ўзгартилади.

Ҳар бир ҳолат учун  $P_{орт}$ ,  $\Delta P$  ва ундан ташқари барометрик босимни ( $P$  - мм сим.уст.), ҳавонинг ҳароратини ( $t, ^\circ C$ ) ва психрометр билан нисбий намлик ( $\phi, \%$ ) ни аниқлаймиз. Охириг учта катталик ҳамма ҳолатлар учун бир хил бўлиб қолади.

Асбоблар кўрсатиши ва тажриба натижалари жадвали

№ / №	n айл /ми н	$P_{орт}$ мм сув уст.	$P_{орт}$ Н/м <sup>2</sup>	$P_{бар}$ мм сим. уст.	$P_{бар}$ Н/м <sup>2</sup>	$P_{мут}$ Н/м <sup>2</sup>	$\Delta P$ мм сув уст.	$\Delta P$ Н/м <sup>2</sup>	T, К	G кг/соат

## V. ҲИСОБЛАШ ТАРТИБИ

$P_{бар}$ ,  $\phi$ ,  $t$  катталиклари ҳамма ҳолатлар учун ўзгармас бўлади.  $P_{орт}$ ,  $P_{бар}$  қийматлари бўйича  $P_{мут}$  ни қиймати Н/м<sup>2</sup> да топилади.

$$P_{мут} = P_{орт} + P_{бар}$$

Сарфий коэффициент  $\alpha$  ни аниқлаш учун (4.1-иловадан) қуйидаги катталик керак бўлади.

$$m = \left( \frac{d}{D} \right)^2$$

Бунда  $d = 57,55$  – диафрагма тешигининг диаметри, мм;

$D = 100$  – қувур диаметри, мм.

$\epsilon$  катталиги 4.2-иловадан аниқланади. 4.3-иловадан  $P_n$  нинг қиймати ҳавонинг ҳарорати бўйича аниқланади ва 4.2-иловадан ҳаво зичлиги  $\rho$  ни ҳисоблаймиз.

Кейин ифодадан ҳавонинг сарфини ҳисоблаб топамиз.  $G$  нинг учта ҳолат учун қийматини ҳисоблаб бўлгач, вентилятор сарфи  $G$  ва вентилятор айланишлар сони  $n$  га боғлиқлик графигини кураимиз.

4.1-илова

Стандарт диафрагма учун сарфий коэффициент -  $\alpha$

$m = \left( \frac{d}{D} \right)^2$	D=50 мм	D=100 мм	D=200 мм	D=300 мм
0,05	0,613	0,609	0,604	0,601
0,10	0,616	0,612	0,607	0,604
0,20	0,629	0,624	0,618	0,615
0,30	0,649	0,643	0,637	0,634
0,40	0,676	0,669	0,663	0,660
0,50	0,713	0,706	0,699	0,695
0,60	0,761	0,752	0,744	0,740
0,65	0,791	0,782	0,773	0,768
0,7	0,827	0,817	0,808	0,802

4.2-илова

Ўлчанаётган муҳитнинг иссиқликдан кенгайиш коэффициенти

--	--	--	--

$m = \left(\frac{d}{D}\right)^2$ $\frac{\Delta P}{P_{\text{мут}}}$	0,05	0,4	0,7
0,02	0,994	0,993	0,990
0,06	0,981	0,978	0,972
0,10	0,968	0,963	0,955

4.3-илова

Сув буғи тўйиниш босимининг ҳароратга боғлиқлиги

t, °C	P <sub>м</sub> , Н/м <sup>2</sup>
10	1228
15	1704
20	2337
25	3166
30	4241
35	5622
40	7375

1 мм сим.уст. = 133,3 Н/м<sup>2</sup>

1 мм сув уст. = 9,8 Н/м<sup>2</sup>

Иш юзасидан ёзилган ҳисоботда ишнинг қисқа баёни, тажриба чизмаси, тажриба натижалари ёзилган жадвал, ҳисоблар бўлиши керак.

## 6 - тажриба иши

### НАМ ҲАВОНИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ АНИҚЛАШ

**Ишнинг мақсади:**

1. Тажриба ўтказиш бўйича малака орттириш ва h-d диаграммадан мисоллар ечишда фойдаланиш.
2. Тажриба натижаларининг таҳлили.
3. Хулосалар.

### I. НАЗАРИЙ ҚИСМ

Жуда кўп технологик жараёнларда ишчи жисм сифатида ҳаво қўлланилади (материалларни қуриштириш ва намлашда, пневмотранспортда, механизмларнинг пневматик узатмаларида ва ҳоказо). Жараёнларнинг ҳисоботи учун шу ишчи жисмнинг хусусиятлари ва параметрларини билиш зарур. Атмосфера ҳавосида ҳар доим намлик бўлади. Атмосфера ҳавоси қуруқ ҳаво ва сув буғининг аралашмасидан иборат.

Ўзининг физик хусусиятлари бўйича нам ҳаво идеал газдан унча фарқ қилмайди. Бунинг сабаби шундаки, ҳаводаги намлик буғ ҳолатида бўлиб, у унча катта бўлмаган парциал босимга эга (бир неча мм сим.уст.). Ундан ташқари, нам ҳаводаги жараёнлар кўпинча атмосфера босимиغا яқин босимларда кечади. Шу сабабларга кўра нам ҳавога идеал газ қонунларини қўллаш мумкин.

Ҳавода сув буғи ўта қизиган ёки тўйинган бўлиши мумкин. Бу шароитда ҳавонинг берилган ҳароратида буғнинг ҳолати унинг парциал босими билан белгиланади.

Ҳавонинг намлиги ҳаводаги сув буғининг миқдори билан ифодаланади.

Нам ҳаво таркибидаги сув буғининг массасини шу нам ҳаво ҳажмига нисбати унинг мутлақ намлиги  $\rho_6$  деб аталади.

Ҳавонинг нам сақлами (d) деб, нам ҳаводаги 1 кг қуруқ ҳавога нисбатан олинган сув буғининг массасига айтилади. Нисбий намлик ( $\varphi$ ) деб, тўйинган ҳавонинг ҳақиқий мутлақ намлигини ( $\rho_6$ ) мазкур t даги тўйинган ҳавонинг мутлақ намлигига ( $\rho''$ ) нисбати айтилади.

$$\varphi = \frac{\rho_6}{\rho''} = \frac{P_6}{P_x} \quad (5.1)$$

бу ерда:  $P_6$  – сув буғининг парциал босими;

$P_x$  – нам ҳаводаги тўйинган буғнинг парциал босими.

Ҳавонинг нисбий намлиги  $\varphi$  ни аниқлаш учун ҳар хил усуллар ва ўлчаш асбоблари қўлланилади. Шу усуллардан бири психрометрик усул бўлиб, у бир хил иккита симобли термометрларнинг кўрсатишлари фаркига асосланган, бу ерда битта термометрнинг термобаллони сув билан хўлланиб турилади. Шу асосда қурилган асбоблар – психрометрлар деб аталади. Ҳавонинг нисбий намлиги  $\varphi=0$  дан (қуруқ ҳаво)  $\varphi = 1$  (ҳаво намлик билан тўйинган) оралиғида ўзгариши мумкин.

Ўзгармас босимда тўйинган нам ҳавонинг ( $0 < \varphi < 1$ ) ҳароратини камайтириб, уни тўйинган ҳолатига ( $\varphi=1$ ) келтириш мумкин. Бунинг учун тўйинган нам ҳавонинг ҳарорат таркибидаги буғнинг парциал босимига тўғри келувчи қуруқ тўйинган буғнинг ҳароратига тенглашиши керак. Бу ҳароратни шудринг нуқтаси ҳарорати  $t_{ш}$  деб аталади. Нам ҳавони совитиш давом эттирилса, ундан намлик шудринг ёки туман кўринишида ажрала бошлайди.

Нам ҳавонинг асосий параметрларини қуйидаги тенгламалардан аниқланади:

Нам ҳавонинг газ доимийси

$$R = \frac{8314}{28,96 - 10,94 \frac{P_6}{P}} \quad , \quad \left[ \frac{\text{Ж}}{\text{кг.к}} \right] \quad (5.2)$$

бу ерда:  $P_6 = \varphi \cdot P$ , / мм сим.уст./

$P_6$  – нам ҳаво таркибидаги буғнинг парциал босими;

$P$ , – аралашма босими ( нам ҳавонинг босими ), /мм сим.уст./.

Нам ҳавонинг зичлиги:

$$\rho = \frac{28,96 \cdot \rho - 10,94 \cdot P_6}{8314 \cdot T} \quad , \quad \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \quad (5.3)$$

бу ерда: T – нам ҳавонинг мутлақ ҳарорати, /К/.

(5.3) тенгламадан келиб чиқадики, ҳавонинг намлиги қанча кўп бўлса, яъни ҳаводаги сув буғининг парциал босими катта бўлса, ҳаво зичлиги шунча кам бўлади.

### НАМ ҲАВОНИНГ ЭНТАЛЬПИЯСИ

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

ёки

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

(5.4) ва (5.5) тенгламалардан нам ҳавонинг энтальпияси босимга боғлиқ эмаслиги келиб чиқади ва бу табиий, чунки аралашма компонентларини биз идеал газлар деб ҳисоблаймиз.

Тенглама (5.4) ва (5.5) даги катталиқ h 1 кг қуруқ ҳаво учун ёки (1 + d) (кг) нам ҳаво учун келтирилган.

Нам ҳавонинг параметрларини 1918 йилда проф. Рамзин томонидан таклиф қилинган h-d диаграмма ёрдамида график йўли билан аниқланади.

Бу диаграммада ордината ўқи бўйича нам ҳавонинг энтальпияси  $h$  (кЖ/кг), абсцисса ўқи бўйича эса – нам сақлами  $d$  (г/кг) келтирилган.  $h$ - $d$  диаграммасидаги ҳар ҳил чизиқлар қулайроқ жойлашиши учун ордината ўқи вертикал, абсцисса ўқи унга нисбатан  $135^\circ$  га тенг бўлган бурчак остида ўтказилган.

Диаграммада кўрсатилган чизиқлар: ўзгармас энтальпия ( $h=\text{const}$ ) чизиқлари (ордината ўқи билан  $45^\circ$  бурчак ҳосил қилинган тўғри чизиқлар), ўзгармас нам сақлами ( $d=\text{const}$ ) чизиқлари, нам ҳавонинг ўзгармас ҳарорати ( $t=\text{const}$ ) чизиқлари; ҳавонинг нисбий намлиги ( $\varphi=\text{const}$ ) чизиқлари.

Одатда  $h$ - $d$  диаграмма ўзгармас барометрик босим учун қурилиб, унинг ёрдамида маълум  $t$  ва  $\varphi$  бўйича  $h$  ҳамда  $d$  ни аниқлаш мумкин.  $d$  бўйича сув буғининг парциал босими  $P_6$  ни диафрагмадан  $t$  – шудринг нуқтасини аниқлаш мумкин, бунинг учун ҳаво ҳолатини тавсифлайдиган нуқтадан  $\varphi=100\%$  чизиғи билан кесишадиган вертикал чизиқ ўтказиш лозим ва шу нуқтадан ўтган изотерма шудринг ҳароратини кўрсатади.

Нам ҳавонинг иситиш (совитиш) жараёнларини ўзгармас нам сақламида ( $d=\text{const}$ ) содир бўлади.  $h$ - $d$  диаграммада бу жараён вертикал тўғри чизиқ билан тасвирланган. Нам ҳавонинг совитиш жараёни фақат ҳавонинг бутунлай тўйинишигача, яъни  $\varphi=100\%$  гача бўлади. Ҳавони янада совитиш ундан намликнинг шудринг (конденсат) сифатида тушишига олиб келади.

Конденсация жараёнини  $\varphi=100\%$  чизиғи бўйича боради, ҳавонинг нам сақлами эса  $d_1$  дан  $d_2$  гача камаяди деб ҳисоблаш мумкин. Конденсация натижасида ҳосил бўлган сув миқдори ҳавонинг нам сақлами фарқига  $d_1 - d_2$  (г/кг) га тенг бўлади.

Техникада нам ҳавонинг  $h$ - $d$  диаграммаси кенг қўлланилади. Унинг ёрдамида бирон бир жисмни қуриштириш жараёнини ҳисоблаш осондир. Қуриштириш учун фойдаланилган ҳаво материалдаги намни буғлатади ва ўзи намланади. Қуриштириш жараёни учун фақат тўйинмаган ҳаво зарур ва унинг бошланғич нам сақлами қанча кам бўлса шунча яхши.

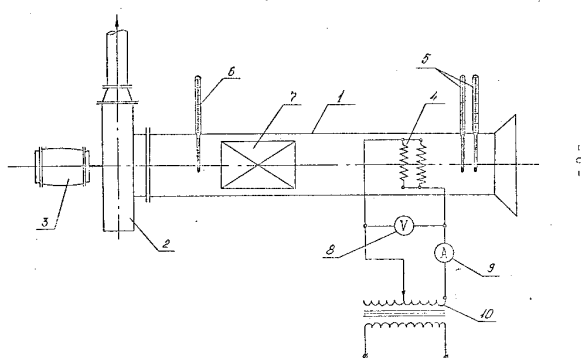
Ҳавонинг  $P=\text{const}$  даги нам билан тўйиниш идеал жараёни деб шундай жараёнга айтиладики, унда ҳавонинг иссиқлиги фақат қуриштилаётган материаллардан намни буғлатишга сарф бўлиб, атроф муҳитга сарф бўладиган иссиқлик йўқотиш ва суюқликни қиздиришга сарф қилинган иссиқлик ҳисобига олинмайди. Буғланишга сарфланган иссиқлик эса буғ билан яна ҳавога қайтади, яъни жараёнда иссиқликнинг умумий баланси нолга тенг бўлади.

Намликни буғлатиш жараёнида ҳавонинг намлиги ортиб боради, лекин қуруқ ҳавонинг миқдори ўзгармайди. Унда нам ҳаво таркибидаги 1 кг қуруқ ҳавога нисбатан олинмаган нам ҳавонинг энтальпияси ўзгармайди. Шунинг учун ҳавонинг намланиш жараёни ўзгармас энтальпияда содир бўлади дейиш мумкин ва бу жараён  $h$ - $d$  диаграммада ордината ўқида  $45^\circ$  бурчакда бўлган тўғри чизиқ сифатида тасвирланади.

## II. ТАЖРИБА ҚУРИЛМАСИНИНГ БАЁНИ

5.1-расмда тажриба қурилмасининг принципиал чизмаси кўрсатилган.

Қурилмада ҳавонинг қизиш ва намланиш жараёнларини тадқиқ қилиш мумкин. Қурилма аэродинамик қувур 1, вентилятор 2 ва электр двигатель 3 дан иборат. Аэродинамик қувур ичида калорифер (электр иситгич) 4, намлаш камераси 7, психрометр 5 ва термометр 6 жойлашган. Электр иситгич 4 автотрансформатор 10 орқали 220 вольтли ўзгарувчан ток манбаига уланган. Занжирдаги ток кучи амперметр 9, кучланиш - вольтметр 8 ёрдамида ўлчанади.



Намлаш камераси 7 қалин симдан ясалган рамкадан иборат бўлиб, намлик алмашув юзасини ошириш учун махсус мато билан ўралган.

Намлаш камерасини аэродинамик қувурдан чиқариб олиш мумкин. Ундан қувурдаги тешикни махсус қопқоқ билан беркитилиб, болтлар билан маҳкамланади.

Психрометр 5 ҳавонинг аэродинамик қувурга киришдаги ҳарорат  $t_1$  ни ва нисбий намлик  $\varphi_1$ ни аниқлаш учун керак (бу ерда қайси бир жараён - ҳавонинг қизитилиши ёки намланишига қараб калорифер 4 ёки намлаш камераси 7 олдида ўлчовлар ўтказилади).

Термометр 6 ҳавонинг ҳарорати  $t_2$  ни ўлчаш учун, яъни калорифер 4 дан кейин (ҳавонинг қиздириш жараёнида) ёки намлаш камераси 7 дан кейин (намланиш жараёнида) ишлатилади.

### III. ҲАВОНИ ҚИЗДИРИШ ЖАРАЁНИНИНГ ТАЖРИБА ЎТКАЗИШ УСЛУБИ ВА ТАРТИБИ

1. Аэродинамик қувур 1 дан намланиш камера 7 ни олиб, тешикни қопқоқ билан ёпиш керак.

2. Вентилятор 2 ни электр мотори 3 ни ишлатиб, хона ҳавосини аэродинамик қувур 1га сўриш жараёни бошлайди. Ҳаво қувур бўйича оқади, ундан кейин атроф-муҳитга чиқиб кетади. Берилган (ўзгармас) тезликда ҳаракатланаётган ҳаво кетма-кет психрометр 5, калорифер 4 ва термометр 6 лардан ўтади.

3. Калорифер 4 (электр иситгич) ўзгарувчан электр манбаига уланиб, калорифердан ўтаётган ток кучи (амперметр 9 бўйича) ҳамда кучланиш (вольтметр 8 бўйича) ростланади. Бутун тажриба жараёнида амперметр 8 ва вольтметр 9 кўрсатишлари ўзгармаслиги керак.

4. 15 минут ўтгандан кейин барқарор ҳолат бўлади Шу дақиқадан бошлаб, психрометр 5 ва термометр 6 ларнинг кўрсатмалари ўзгармайди. Психрометр 5, термометр 6 ва вольтметр 8 ларнинг кўрсаткичлари биринчи бор ёзиб олинади.

10 минутдан кейин ҳамма асбобларнинг кўрсатмаларини ўлчаб, 1-жадвалга ёзилади.

5. Электр иситгич ўчирилади ва қурилмалардан 5-10 минут мобайнида ҳаво ҳайдалади.

6. Иккинчи ўлчов натижаларидан фойдаланиб, ҳароратлар психрометрик фарқини  $\Delta t = t_k - t_{x\ddot{u}l}$  [ $^{\circ}C$ ] топиш ва психрометрик жадвал бўйича ҳавонинг калорифер олдидаги нисбий намлиги  $\varphi$  ни аниқлаш керак

7.  $\varphi_1$  ва  $t_1=t_k$  [ $^{\circ}C$ ] бўлган ҳолда, h-d диаграммада 1-нуқта белгиланади. Бу нуқта нам ҳавонинг калориферга киришдан олдинги ҳолатини кўрсатади ва ҳавонинг параметрлари  $h_1, d_1, \varphi_1, P_{\delta 1}$  ни аниқлайди. h-d диаграммада 1-нуқтадан  $t_2=const$  чизигигача вертикал тўғри чизиқ 1-2 ўтказамиз (5.2-расм), кесишув нуқтаси – 2-нуқта бўлади. 2-нуқта калорифердан чиқаётган нам ҳавонинг ҳолатини кўрсатади ва ҳавонинг параметрлари  $h_2, d_2, \varphi_2, P_{\delta 2}$  ни аниқлайди. Кўриниб турибдики,  $d_1=d_2=const$ .

8. h-d диаграммада 1-нуқтадан бу нуқта нам ҳавонинг ҳавонинг калориферга киришдан олдинги ҳолатини кўрсатади ва ҳавонинг h, d, p параметрларини аниқлайди.

5.1-жадвал

Ҳисоб	Психрометр(5)		Термометр(6)	Калорифер (4)	
	$t_k, ^{\circ}C$	$t_{x\ddot{u}l}, ^{\circ}C$	$t_2, ^{\circ}C$	I, A	U, B
Биринчи					
Иккинчи					

### ҲАВОНИНГ НАМЛАНИШ ЖАРАЁНИНИ ТАЖРИБА ЎТКАЗИШ УСЛУБИ ВА ТАРТИБИ

1. Намлаш камераси 7 ни сув билан яхшилаб хўллаб, кейин аэродинамик қувур 1 га ўрнатилади.

2. Вентилятор 2 нинг электр мотори 3 ишга туширилади.



## ҲАВОНИНГ ҚИЗИШ ЖАРАЁНИ

5.3-жадвал

Нуқта лар №	φ, %	t, °C	d, г/кг	P <sub>a</sub> , мм сим.уст.	R, Ж/кг·К	ρ, кг/м <sup>3</sup>	h, кЖ/кг
1							
2							

## ҲАВОНИНГ НАМЛАНИШ ЖАРАЁНИ

5.4-жадвал

Нуқта лар №	φ, %	t, °C	d, г/кг	P <sub>a</sub> , мм сим.уст.	R, Ж/кг·К	ρ, кг/м <sup>3</sup>	h, кЖ/кг
1							
2							

Иш юзасидан ёзилган ҳисоботда ишнинг қисқа баёни, тажриба чизмаси, тажриба натижалари ёзилган жадвал, ҳисоблар бўлиши керак.

### 7 - тажриба иши

## СУВ БУҒИНИ ТОРАҶОВЧАН СОПЛОДАН АДИАБАТИК ОҚИБ ЧИҚИШ ЖАРАЁНИНИ ТЕКШИРИШ

### Ишнинг мақсади:

1. Техникавий термодинамиканинг “буғ ва газларнинг оқиши” бўлимидаги билимни мустаҳкамлаш;
2. Тораёвчи соплодан оқиб чиқаётган сув буғини соплодан ташқаридаги босимга боғлиқлигини текшириш. Соплодан оқиб чиқиш тезлиги коэффициенти φ ва сарфланиш коэффициенти μ аниқлаш;
3. Сув буғини h-S диаграммасидан фойдаланишни ўрганиш.

### I. НАЗАРИЙ ҚИСМ

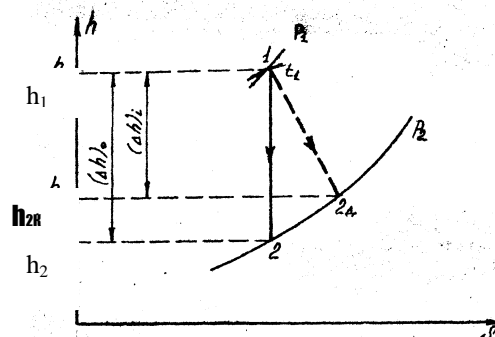
Сопло – бу кичик канал бўлиб, ундан чиқишда ҳаракат тезлиги ортиб, унинг босими камаяди.

Тораёвчан соплодан адиабатик оқиб чиқаётган газ ёки буғнинг тезлигини оқим учун термодинамиканинг I қонуни ифодасидан фойдаланиб, қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$W_2 = 44,72 \sqrt{h_1 - h_2} \quad \text{м/с} \quad (6.1)$$

бу ерда:  $h_1, h_2$  – газ ёки буғнинг соплонинг кириш ва чиқиш кесимидаги энтальпиялари, кЖ/кг.

Бу тенгламани қўллаш ҳисобни соддалаштиради: h-S диаграммадан фойдаланиб ( $h_1$  ва  $h_2$ ) катталикларни аниқлаб оламиз (бу ерда ва кейинчалик сув буғининг оқиши тўғрисида гапирилади, шуни ҳисобга олиш керакки, барча кўрилаётган қонуниятлар газ ва буғлар оқими учун умумийдир).



### 6.1-расм

Соплодан 1 сек вақт ичида ўтаётган буғ сарфи “m” ни қуйидаги ифода орқали ҳисоблаш мумкин:

$$m = \frac{f_2 W_2}{g_2} \quad \text{кг/сек} \quad (6.2)$$

бу ерда:  $f_2$  – соплонинг чиқишдаги кесим юзаси, м<sup>2</sup>;

$g_2$  – чиқиш кесимининг солиштирма ҳажми, м<sup>3</sup>/кг.

$h_2$ ,  $g_2$  катталикларни топиш учун буғни соплодан чиқиш кесимидаги мутлақ босим  $P_2$  ни билиш керак. У оқиб чиқаётган муҳитнинг мутлақ босими  $P_M$  га тенг ва юқори бўлиши мумкин. Агар ишлаётган тораювчан соплота  $P_M$   $P_1$  дан бирмунча кичик бўлса, унда  $P_2 = P_{\dot{y}p}$

бўлади.  $P_{\dot{y}p}$  камайиши (яъни  $\beta = \frac{P_{\dot{y}p}}{P_1}$ ) катталигини камайиши)  $W_2$  ва  $m$  нинг ортишига

олиб келади.  $P_M$  қийматини аниқлашда ( $P_2 = P_M$  тенгликни тўғри деб ҳисоблаб) оқим тезлиги товуш тезлиги  $a$  га етади, яъни соплодан чиқиш кесимида  $P_2$  ва  $T_2$  катталикларга эга бўлган товуш тезлигига тенглашади.

Бу ҳолда оқиш тезлиги критик тезлик деб аталади  $W_2 = W_{кр} = a$ . Чиқиш кесимидаги шу тезликка тўғри келувчи катталиклар критик босим ва критик ҳарорат дейилади.  $P_2 = P_{кр}$ ,  $T_2 = T_{кр}$ . Бундай ҳолда тораювчан соплодан оқиб чиқаётган буғнинг сарфи –  $m$  ҳам максимал қийматга эга бўлади,  $m = m_{\max}$ .

Соплодан ташқаридаги босим  $P_M$  нинг камайиши чиқиш кесимидаги босимни ўзгартирмайди.  $P_2 = P_{кр} > P_M$ . Соплодан кейин буғ босими кичик бўлган муҳитга чиққанда тез кенгайди ва оқимнинг кинетик энергияси заррачаларнинг тартибсиз ҳаракатига айланади. Бунда  $P_2$  нинг ўзгармаслиги буғ сарфининг қуйидаги  $m = m_{\max}$  тенглигига

боғлиқлигини кузатиш мумкин,  $\frac{P_{кр}}{P_1} = \beta_{кр}$  нисбат босимнинг *критик нисбати* бўлиб,

мазкур газнинг адиабата кўрсаткичи  $k$  га боғлиқдир. Масалан, 3 атомли газлар учун  $K = 1,29$  ва  $\beta_{кр} = 0,546$ , бунда  $P_{кр} = \beta_{кр} \cdot P_1 = 0,546 \cdot P_1$ . Шундай қилиб ўзгармас мутлақ босим  $P_1$  да тораювчи соплота учта иш ҳолати бўлиши мумкин:

$$1. \beta > \beta_{кр} \quad , \quad w_2 < w_{кр}, \quad m < m_{\max}, \quad P_2 = P_{\dot{y}p} < P_{кр}$$

$$2. \beta = \beta_{кр} \quad , \quad w_2 = w_{кр}, \quad m = m_{\max}, \quad P_2 = P_{\dot{y}p} = P_{кр}$$

$$3. \beta < \beta_{кр} \quad , \quad w_2 = w_{кр}, \quad m = m_{\max}, \quad P_2 = P^{кр} < P_{кр}$$

Адиабатик оқиб чиқишнинг жараёни ишқаланиш билан бўлиб, 6.1-расмдаги 1-2 ҳақиқий жараёни ўзгармас қилиб қўяди.

Шунинг учун оқиб чиқиш тезлиги ҳар доим назарийсидан кичик:

$$W_2 = 44,72 \sqrt{h_1 - h_{2x}} \quad , \quad \text{м/с} \quad (6.3)$$

Бу ерда ишлатилган (ҳақиқий) иссиқлик йўқолиши ( $\Delta h$ ) кўрилади.

Оқиб чиқиш тезлигининг назарийсига нисбати соплонинг тезлик коэффиенти дейилади:

$$\varphi = \frac{W_{2x}}{W_2} \quad (6.4)$$

Соплонинг ФИК

$$\eta_t = \frac{(\Delta h)_i}{(\Delta h)_o} = \varphi^2 \quad (6.5)$$

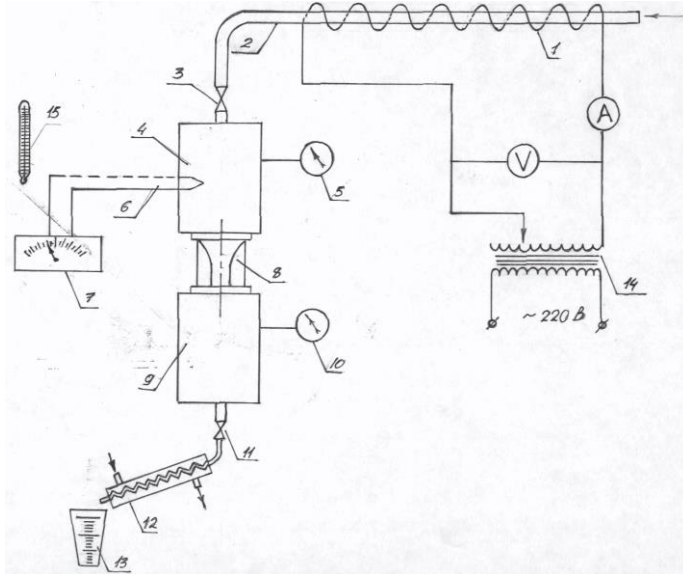
Буғнинг ҳақиқий сарфининг назарий сарфига нисбати сарфланиш коэффиенти дейилади:

$$\mu = \frac{m_x}{m} \quad (6.6)$$

$\varphi$ ,  $\eta_t$  ва  $\mu$  катталиклари соплонинг тузилишига ва сиртининг тозалик даражасига боғлиқ.

### III. ТАЖРИБА ҚУРИЛМАСИНИНГ БАЁНИ

Тажриба қурилмаси 6.2-расмда тасвирланган бўлиб, қозондан келадиган сув буғида ишлайди, қозондан ортиқча босими  $2 \pm 6 \text{ кг·к/см}^2$  бўлган нам буғ ҳолда тушади. Буғ ўтказувчи қувур 2 да ўрнатилган электр иситгич (буғ иситгич) 1 ёрдамида, буғни қуритиш ва берилган ҳароратгача ўта қиздириш мумкин (электр иситгич қуввати ЛАТР 14 ёрдамида ўзгартирилади, ток кучи ва кучланиш амперметр ва вольтметр билан текшириб турилади.



2-расм.

Буғ биринчи ўлчаш камераси 4га келиб тушади, у ерда соплога киришдан олдинги буғнинг параметрлари - ортиқча босим  $P_{орт}$  ва ҳарорати  $t_1$  ўлчанади. Босим манометр 5 билан, ҳарорат эса хромель–копель терможуфт 6 билан ўлчанади. Терможуфт милливольтметр 7 га уланган терможуфтнинг иссиқ учи ўлчаш камерасида, совуқ учи асбобнинг ичида жойлашган ва ҳароратга тузатма киритиш кераклигини кўрсатади (яъни атроф- муҳитнинг ҳароратини). Шунинг учун милливольтметр яқинида симобли термометр 15 ўрнатилган, унинг кўрсатишини милливольтметр кўрсатишига қўшиш керак бўлади. Келадиган буғнинг босимини юқори вентил 3 билан сошлаш мумкин. Оқиб чиқиш жараёни чиқиш кесими  $f_2=8,04 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  га эга бўлган тораювчан сопло 8 орқали соплодан кейинги камера 9 гача содир бўлади, буғнинг босими иккинчи манометр 10 билан ўлчанади. Соплодан ўтган буғнинг тезлиги катта бўлгани учун оқиб чиқиш жараёни адиабатик жараёнга яқин. Сопло кейинги камерада буғ қувур орқали совитгич 12 га келади, у ерда совуқ водопровод суви ёрдамида конденсатга айланади. Конденсат қувурдан оқиб, конденсат йиғувчи идиш 13 га тушади. Камерада оқиб чиқиш содир бўлганда пастки жўмрак 11 ёрдамида буғнинг ўтиш кесимини ўзгартириб, ҳар хил босим  $P_{орт}$  ни ўрнатиш мумкин.

Қурилманинг ҳамма элементлари атроф-муҳитга иссиқликнинг йўқолишини камайтириш учун иссиқлик изоляцияланган, бу эса оқиб чиқишнинг адиабатик жараёнининг амалга ошишига олиб келади.

### III. ТАЖРИБАНИ ЎТКАЗИШ ТАРТИБИ ВА УСУЛИ

Қурилмага буғ қозонидан буғ берилгандан кейин (биринчи камерага ўрнатилган манометр бирор ортиқча босим кўрсатганда) совитувчи совуқ сув юбориладиган жўмрак очилади. ЛАТР ёрдамида электр қизитгичга кучланиш берамиз, бунда амперметр кўрсаткичи 3 А га тенг бўлиши керак.

Тажрибани барқарор шароит ўрнатилгандан кейин бошлаш керак, бу дегани  $t$  ҳарорат, ундан ташқари манометрдаги  $P_{орт1}$  ва  $P_{орт,м}$  босимлар ҳам вақт ўтиши билан ўзгармасдан туриши керак.

Тажрибада совитгичдан оқиб чиқаётган суюқлик (сув) миқдори, буғнинг соплога киришдаги қийматлари ва соплодан кейинги босими ўлчанади. Ўлчашлар босимлар нисбати турли шароитларда олинади, катта қиймати 1 да, кичик қиймати 0 гача ўлчанади. Биринчи ўлчашни биринчи камерада буғ ҳарорати 140-160<sup>0</sup>С ларга етганда бошлаш мумкин. P<sub>ОРТ</sub> ва P<sub>ОРТ,М</sub> босимлар ўзгармаслиги керак. Сошитгичдан оқиб чиқаётган суюқлик учун ўлчагич идиш қўйилади ва оқиб чиқиш вақти белгиланади ва шу вақтдан бошлаб ҳарорат t ва соплодан олдинги P<sub>ОРТ1</sub> ва кейинги P<sub>ОРТ,М</sub> босимлар ўлчанади. Бу ўлчашлар ҳар бир минутда амалга оширилади ва ёзиб борилади. Суюқлик йиғиш тўхтатилиб (ўлчовли идишни олиб), вақт τ ва йиғилган суюқлик миқдори M ўлчанади ва жадвалга ёзилади.

Тажриба шароитини ўзгартириб, тажрибани давом эттирамыз, бунда соплодан кейинги P<sub>ОРТ,М</sub> босимини олдингига нисбатан 0,5 ат га камайтирамыз, яъни пастки жўмракни соат милига тескари бураб босимни пасайтирамыз. P<sub>1</sub> босим ўзгармасдан доимий бўлиб туриши керак, ҳамда ЛАТР ёрдамида электр қизитгич ростлаб турилади (t ҳарорат ўзгармаслиги учун).

Барқарор шароит ўрнатилгандан кейин, иккинчи тажриба натижалари олинади: P<sub>ОРТ</sub> ва P<sub>ОРТ,М</sub>, t<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, τ<sub>2</sub>).

Учинчи тажриба яна сопло ташқарисидаги босимни 0,5 ат камайитириш билан олдинги тажриба каби амалга оширилади.

6.1-жадвал

№	t <sub>1</sub> С	P <sub>ор 1</sub> кг·к/ см <sup>2</sup>	P <sub>ор</sub> ўр кг·к/ см <sup>2</sup>	τ м	M к г	P <sub>б</sub> бар	P <sub>ўр</sub> бар	t <sub>1</sub> ўр °С	$\beta = \frac{P_{ўр}}{P_1}$	m <sub>A</sub> = $\frac{M}{\tau \cdot 60}$ , кг/сек
1										
2										
3										

#### IV. НАТИЖАЛАРНИ ҲИСОБЛАШ ТАРТИБИ

Босимлар нисбати  $\beta = \frac{P_m}{P_1}$  ни аниқлашда ва бошқа нати-жаларни ҳисоблашда мутлак

босимни билиш керак бўлади.

Бу босим қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$P = \frac{P_{бар}}{750} + \frac{P_{орт}}{1,02} \quad \text{бар} \quad (6.7)$$

бу ерда P<sub>бар</sub> – барометрик босим (мм сим.уст.)

P<sub>орт</sub> – манометрларда ўлчанувчи буғнинг босими, кг·к/см<sup>2</sup>.

(6.7) ифодадаги P<sub>орт</sub> га тажрибалар бўйича ўртача қиймати олинади. Олинган натижалар бўйича m=f(β) график чизилади.

(6.2) ифода орқали сув буғининг назарий сарфи m ни  $\beta > \beta_{кр}$  ва  $\beta < \beta_{кр}$  бўлган ҳолда аниқланади ва тажрибада олинган натижалар билан солиштириб, (6.6) ифода орқали μ сарфий коэффициенти топилади. Ҳисоблашда h-S диаграммадан фойдаланилади.

Олинган бирор тажриба учун W<sub>2X</sub> ҳақиқий оқиб чиқиш тезлигини аниқлаш мумкин.

$$W_{2X} = \frac{m_x \cdot V_{2X}}{f_2}, \quad \text{м/с} \quad (6.8)$$

Оқиб чиқиш тезлиги (6.3) ва (6.8) ифодалари орқали ҳисобланганда бир хил, яъни бир-бирига тенг чиқиши керак.

h<sub>2</sub> ва h<sub>2X</sub> қийматлари h-s диаграммадан фойдаланиб топилади (6.1-расм).

$P_2$  ўзгармас босим чизиғидаги  $2g$  нукта номаълум, бу нуктани шундай олиш керакки, бунда  $W_{2x}$  оқиб чиқиш тезликлари (6.3) ва (6.8) ифодалар билан бир хил чиқиши керак. Шунинг учун  $2x$  нуктани бир неча марта танлаб ҳисоблаш керак.

Оқиб чиқишнинг ҳақиқий тезлиги топилгандан кейин соплонинг тезлик коэффиценти (6.4) ифодадан 2 шароит  $\beta > \beta_{кр}$  ва  $\beta < \beta_{кр}$  учун топилади.  $\beta < \beta_{кр}$  шароит учун  $W_{2x}$  ҳисоблашда  $P_2 = P_{кр} = \beta_{кр} - P_1$  деб олинади, бунда  $h-S$  диаграммадан фойдаланиш қулайдир.

Иш юзасидан ёзилган ҳисоботда ишнинг қисқа баёни, тажриба чизмаси, тажриба натижалари ёзилган жадвал, ҳисоблар бўлиши керак.

## АДАБИЁТЛАР

1. Теплотехника. / Под ред. В.Н.Луканина. - М.: Высшая школа, 2000
2. В.П.Исаченко, В.А.Осипова, А.С.Сукомел. Теплопередача. Энергия.; М. 1975.
3. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники. –М.:Машиностроение –1, 2002
4. Баскаков А.П. Теплотехника. – М.:Энергоатомиздат , 1999
5. [http://dhes.ime.mrsu.ru/studies/tot/tot\\_lit.htm](http://dhes.ime.mrsu.ru/studies/tot/tot_lit.htm)
6. [http://rbip.bookchamber.ru/description.aspx?product\\_no=854](http://rbip.bookchamber.ru/description.aspx?product_no=854)
7. [http://www.books.rosteplo.ru/show\\_book.php?isbn=5-7046-0512-5&catid=2](http://www.books.rosteplo.ru/show_book.php?isbn=5-7046-0512-5&catid=2)
8. <http://energy-mgn.nm.ru/progr36.htm>



