

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
NAMANGAN MUHANDISLIK - QURILISH INSTITUTI

NamMOI Ro‘yxatga olindi: O‘quv-uslubiy boshqarma
2024 yil. № <u>116</u>
<u>16</u> / <u>08</u> / 20 <u>24</u> y.



“TASDIQLAYMAN”

O‘quv ishlari bo‘yicha prorektor

“ 16 ” / 08 / 2024

**“MUHANDISLIK KOMMUNIKATSIYALARI QURILISHI VA MONTAJI”
KAFEDRASI**

N.B.ORTIQOV

**“ISSIQLIK TEXNIKASI”
Fanidan**

**O‘QUV-USLUBIY
MAJMUA**

NAMANGAN 2024

Ushbu majmua “Issiqlik texnikasi” fanidan tayyorlangan O`UM bo`lib, majmuadan o`quv jarayoniida foydalanish mumkin. Majmuada 5340400 - Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi va montaji ta`lim yo`nalishi uchun mo`ljallangan. Ta`lim yo`nalishi uchun sillabus, nazariy o`quv materiallari, taqdimotlar, tarqatma materiallar va mustaqil ish materiallari, amaliy mashfulot uchun materiallar, glossariy jamlangan.

Mualliflar

N.Ortiqov

Taqrizchi

SH.Jo`rayev

Fanning o`quv uslubiy majmuasi Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi va montaji kafedrasining 2024 yil «__» _____dagi «__» -son yig`ilishida muhokamadan o`tgan va fakultet kengashida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan.

MUNDARIJA

№	Nomi	Bet
I	O'quv materiallari	
1.1	Issiqlik texnikasi faniga kirish. Issiqlikdan foydalanishning ikki turi. Issiqlikdan energetik va texnologik maqsadlarda foydalanish.	5
1.1.1	Issiqlikni mexanik energiyasiga aylantirish jarayoni. Texnik termodinamika. Issiqliklardan texnologik maqsadlarda foydalanish. Issiqlik massa almashinuvi.	7
1.1.2	Texnik termodinamikaning qisqacha rivojlanish tarixi. Texnik termodinamika fani va uning vazifalari. Texnik termodinamikaning asosiy tushunchalari va boshlang'ich holatlari. Jismlarning holati.	13
1.1.3	Termodinamik tizim. Ochiq va yopiq tizimlar. Termodinamik holat parameterlari. Bosim, temperatura, solishtirma hajm.	15
1.1.3	Holat tenglamasi. Ideal gazlar holatining Klayperon tenglamasi. Gaz doimiysi. Klayperon-Mendeleyev tenglamasi. Real gazlar holatining Van-der-Vaals tenglamasi.	24
1.1.4	Gazlarning issiqlik sig'imi. Entalpiya. Asosiy ta'riflar. Gazlarning massaviy, hajmiy va molyar issiqlik sig'imi. Mayer tenglamasi.	26
1.1.5	Termodinamikaning birinchi qonuni. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni. Ichki energiya. Kengayish ishi. Issiqlik.	31
1.1.6	Qaytar va qaytmas jarayonlar. Termodinamika birinchi qonunining analitik ifodasi.	38
1.1.7	Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Entropiya. Issiqlik T,s -diagrammasi. Termodinamikaning ikkinchi qonunining asosiy holatlari.	40
1.1.8	Aylanma termodinamik jarayon va sikllar. Karnoning tog'ri sikli. Siklning termik foydali ish koeffitsienti (FIK).	45
1.1.9	Sovitish mashinalar tsikllari. Karnoning teskari sikli. Sovitish koeffitsienti. Termodinamik ehtimollik. Bol'sman doimiysi. Eksergiya.	51
1.1.10	Yopiq tizimlardagi ideal gazlarning termodinamik jarayonlari. Izoxorik jarayon. Izobarik jarayon	59
1.1.11	Yopiq tizimlardagi ideal gazlarning termodinamik jarayonlari. Izotermik jarayon. Adiabatik jarayon. Politropik jarayon va uning umumlashtiruvchi ahamiyati.	64
1.1.12	Real gazlarning termodinamik jarayonlari. Bug'lanish jarayoni. Asosiy tushunchalar va ta'riflar. To'yingan bug'. Nam va quruq to'yingan bug'. Bug'ning quruqlik va namlik darajasi. O'ta qizdirilgan bug'	72
1.1.13	Suv bug'ining T,s va h,s -diagrammalari. Suv bug'ning asosiy termodinamik jarayonlari. Suv bug'ning izoxorik, izobarik, izotermik, adiabatik jarayonlari.	83
1.1.14	Ideal gazlarning aralashmalari. Dal'ton qonuni. Aralashmalar tarkibini ifodalash usullari. Gazlar aralashmasining gaz doimiysi.	81
1.2	Nam havo. To'yingan va to'yinmagan nam havo. Shudring nuqtasi. Tarkibiy namlik, absolut va nisbiy namlik. Nam havoning I,d - diagrammasi.	91
1.2.1	Issiqlik massa almashinuvi, asosiy tushunchalar va ta'riflar. Issiqlikni uzatish usullari. Issiqlik o'tkazuvchanlik, konvektiv, Issiqlikni nurlanish orqali ko'chishi. Issiqlik ko'chishining miqdoriy ko'rsatkichlari. Issiqlik oqimi. Issiqlik oqimining zichligi.	100
1.2.2	Issiqlik o'tkazuvchanlik. Issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonuni - Fur'e qonuni. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi	105
1.2.3	Statsionar rejimda issiqlik o'tkazuvchanlik orqali issiqlikni ko'chishi. Bir jinsli yassi devor. Devorning issiqlik o'tkazuvchanligi. Devorning termik qarshiligi. Ko'p qatlamli devor.	110

1.2.4	Kontaktli termik qarshilik. Silindrik devor. Silindrik devorning termik qarshiligi. Ko'p qatlamli silindrik devor. Sharsimon devor. Murakab shaklga ega bo'lgan jismlar.	112
1.2.5	Konvektiv issiqlik almashinuvi (issilik berish). Konvektiv issiqlik almashinuvining asosiy qonuni - N'yuton – Rixman qonuni. Issiqlik berish. Issiqlik berish koeffitsienti. Tabiiy va majburiy konveksiya. Gidrodinamik chegaraviy qatlam. Laminar (qovishoq) qatlam osti. Issiqlik chegaraviy qatlam.	115
1.2.5	O'xshashlik nazariyasi va birlik o'lchamlarni tahlil qilish uslubi to'g'risida tushuncha. O'xshashlik mezon (son)lari. O'xshashlik teoremlari. Mezoniy tenglamalar. Modellashtirish.	124
1.2.6	Issiqlik berish koeffitsientini aniqlash uchun hisobiy bog'lanishlar. Issiqlik tashuvchisini majburiy harakatidagi issiqlik berishi. Platinani uzunligi bo'ylab oqib o'tish. Sharni oqib o'tish. Yakka quvur va quvurlar to'plamini oqib o'tish. Shahmat va koridor quvurlar to'plami. Issiqlik tashuvchisini quvur ichidagi oqimi.	132
1.2.7	Tabiiy konveksiyada issiqlik berish. Moddaning agregat holati. Moddaning agregat holatini o'zgarishida issiqlik berish. Qaynashdagi issiqlik berish. Pufakchali va plyonkali qaynash. Issiqlik almashinishning krizisi. Kondensatsiyadagi issiqlik berish. Tomchili va plyonkali kondensatsiya. Issiqlik berish koeffitsientlarining taxminiy qiymatlari..	138
1.2.8	Nurli issiqlik almashinishi. Jarayon izohi va asosiy ta'riflari. Yutilish, qaytarish va o'tkazish koeffitsientlari. Mutloq qora, oq, shaffof va kulrang jismlar. Selektiv nurlanish. Nurli issiqlik almashinishi	141
1.2.9	Kirxgof qonuni. Shaffof muhitda jismlar tizimining nurli issiqlik almashinishi. Jismlar tizimining keltirilgan qoralik darajasi. Jismning nurlanganlik koeffitsienti. Nurlanishning burchakli koeffitsienti. Nurlanishdan himoyalash uchun ekranlarni qo'llanilishi.	149
1.2.10	Binoni issiq suv quvurlarining hisoblash ketma-ketligi.	150
1.2.11	Yutuvchi va tarqatuvchi muhitda nurlanish energiyasining olib o'tilishi. Buger qonuni. Nurlanishning kuchsizlanish koeffitsienti. Gazlardagi nur yutuvchi va tarqatuvchi jarayonlar. Selektiv nur yutilishi va tarqatilishi.	152
1.2.12	Issiqlik uzatish. Murakkab issiqlik almashish. Devor bilan ajratilgan ikki suyuqlik orasidagi issiqlik uzatish. Issiqlik uzatish koeffitsienti. Issiqlik uzatishning termik qarshiligi. Issiqlik uzatishni jadallashtirish. Qovurg'alangan sirt orqali issiqlik uzatilishi. Qovurg'alanish koeffitsienti.	156
II	Mustaqil ta'lim mashg'ulotlari	192
III	Glossariy	195
IV	Ilovalar	201
	Foydalanilgan adabiyotlar	225

O`quv materiallari

5-semestr

1-ma`ruza

Mavzu: Issiqlik texnikasi faniga kirish. Issiqlikdan foydalanishning ikki turi.

Issiqlikdan energetik va texnologik maqsadlarda foydalanish.

Reja:

1. Issiqlik texnikasi faniga kirish.
2. Issiqlikdan foydalanishning ikki turi.
- 3 . Issiqlikdan energetik va texnologik maqsadlarda foydalanish.

1. Issiqlik texnikasi faniga kirish.

Issiqlik texnikasi kursi umumtexnika fanlari qatoriga kiradi. Ushbu kurs o`quvchilarni turli xil energiyaning olinishi va o`zgartirilishi jarayonlari bilan, issiqlikning bir fizikaviy jismdan boshqasiga uzatilishi usullari, shuningdek, turli xil issiqlik-bug` generatorlari, issiqlik mashinalari va apparatlarining tuzilishi va ishlashi bilan tanishtiradi.

Issiqlik energetikasi, apparatlari va qurilmalari yordamida issiqlik hosil qilish, uni boshqa turdagi energiyaga aylantirib berish, taqsimlash, uzatish usullarini nazariy va amliy jixatdan qamrab olgan va o`rganadigan umum texnika fanidir.

Issiqlik-materiya xarakatining bir shaklidir. Moddani tashkil etgan zarrachalar va maydonlar majmuasi materiya xisoblanadi. Moddaning tarkibiy qismiga kirgan

elektron, atom, molekula, zarracha, kristall panjara tugunlarida joylashgan atomlarni murrakkab harakati natijasida paydo bo`ladigan energiya issiqlikdir.

Termodinamik va uning amaliy qismi bo`lgan issiqlik energetikasining Fan olimlaridan R.Mayer, J.Djoule, M.L.Lomonosov, S.Karno, R. Klauzius, V. Kelvin va boshqa olimlar ilmiy tadqiqotlari bilan o`z xissalarini qo`shganlar. Issiqlik energiyasini mexanik energiyaga va mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantirish usullarini yaratilishi, uning xalq xo`jaliligiga tadbiiq etilishi natijasida elektr energiyasini masofaga uzatish hamda uni mexanik energiyaga aylantirish masalalari hal etildi.

Yer yuzining ko`pgina mintaqalarida katta quvvatdagi GES, IES, AES va boshqa turdagi energetik markazlarning qurilishi natijasida ishlab chiqarish mexanizatsiyalashtirildi va avtomatlashtirildi.

Issiqlik texnikasi fani 3 ta katta bo`limlardan iborat:

- 1) Texnik termodinamika asoslari
- 2) Issiqlik almashinish nazariyasi
- 3) Issiqlik kuch qurilmalari

Birinchi bo`lim: Texnik termodinamika asoslari – issiqlik jarayonlari hisobiga sodir bo`ladigan energiyaning bir turdan ikkinchi turga aylanishini, moddalarning ichki tuzilishini e`tiborga olmagan holda, nisbatlar orasidagi munosabatlarni o`rganadigan fandır.

Termodinamika tabiatning universal qonundan (energiyaning aylanishi va saqlanishi) foydalanib, issiqlikning texnikada qo`llanilishida sodir bo`ladigan termodinamik jarayonlar yechimini hal etadi. Termodinamika fanining maqsadi bir necha qoidalar termodinamika qonunlari yordamida ochib beriladi.

Ikkinchi bo`lim: Issiqlik almashinish nazariyasi – issiqlikni hamma turdagi muhitda (suyuq, qattiq, gaz, vakuum) tarqalishini o`rganadigan fandır.

Issiqlik atrof muhitda uchta yo`l bilan tarqaladi:

1. Issiqlik o`tkazuvchanlik
2. Konvektsiya
3. Nurlanish orqali

Issiq jism sirtining sovuqroq jism sirtiga tekkanda issiqlik energiyasining past temperaturali jismga o'tish jarayoni issiqlik o'tkazuvchanlik deyiladi.

Suyuq, gazsimon yoki sochiluvchan moddalar mikroskopik qismlarining harakati vaqtida ularning o'zaro zarralari bilan aralashuvi natijasida issiqlik energiyasining uzatilishi xodisasi konvektiv issiqlik almashinuvi deyiladi.

Issiqlik bir jismdan ikkinchisiga nur orqali uzatilishi nurlanish issiqlik almashinuvi deyiladi.

Uchinchi bo'lim: Issiqlik kuch qurilmalari – Issiqlik energetika inshootlari bo'lib, qozon qurilmasi, nasoslar, kondensatorlar, bug' trubinalari, elektr generatorlar, quvurlar va shunga o'xshash asosiy uskunalardan tashkil topgan.

2. Issiqlikdan foydalanishning ikki turi.

Issiqlikdan foydalanishning ikki: energetikaviy va texnologik turi bor. Issiqlikdan energetikaviy foydalanish issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish jarayonlariga asoslangan. Bu jarayonlar texnikaviy termodinamikada o'rganiladi.

Issiqlikni ishga aylantirishda foydalaniladigan qurilmalar issiqlik dvigatellari deyiladi. Ularga ichki yonuv dvigatellari, bug' va gaz turbinalari kiradi. Issiqlikdan texnologik foydalanish turli xil texnologik jarayonlarni amalga oshirishda bevosita qizdirish (yoki sovitish) jarayonlari uchun issiqlikdan foydalanishga asoslangan. Isitish va sovitish jarayonlarini amalga oshirishda qo'llaniladigan qonunlar issiqlik uzatish bo'limida bayon qilingan.

Bu ikkala bo'lim texnikaviy termodinamika bilan issiqlik uzatish bo'limi issiqlik texnikasi umumiy kursining asosiy qismi hisoblanadi.

Mamlakatimizda issiqlik energiyasini ishlab chiqarish va uni boshqa turdagi energiyaga aylantirish usullarining samaradorligi, biror mintaqaning iqtisodiy darajasini ko'tarishga ta'sir ko'rsatish bilan birga axolining maishiy va madaniy sharoitining yaxshilanishiga ham ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Energetik boylik zaxirasidan to'g'ri foydalanish mamlakatni energetik inqirozdan saqlaydi.

Hozirgi kunda energiya boyligidan samarali foydalanilyapti deb bo'lmaydi. Issiqlik energiyasining ko'p qismi asbob-uskunalardan noto'g'ri foydalanish, samarasiz uskunalarining qo'llanilishi va shu kabilar oqibatida isrof bo'lyapti.

Masalan, yer yuzidagi aholining jon boshiga o`rtacha xar sutkada 25 kg sifatli ko`mir yoqiladi, bu ko`rsatkich yildan yilga o`sib bormoqda. Insoniyat foydalanadigan energiyaning asosiy qismi (90-92%) neft va tabiiy gazdan olinadi.

O`zbekistonda esa asosiy energiya manbai bo`lib tabiiy gaz hisoblanadi, undan keyin oz miqdorda neft va toshko`mir, daryolarning potentsial energiyasidan foydalaniladi.

3 . Issiqlikdan energetik va texnologik maqsadlarda foydalanish.

Energetika zaxirlaridan to`g`ri foydalanmaslik oqibatida yerdagi ekologik muvozanat yomonlashib bormoqda. Atom energetikasi sun`iy energetik manbalaridan eng quvvatli bo`lib jaxon bo`yicha uning qurilmalarini takomillashtirish hisobiga radiaktiv moddalarning atrof muxitga tarqalmaslik va ishlatib bo`lingan uran yoqilg`isining saqlash muammolarining yechimi izlanyapti.

Evropa mamlakatlarida energetik zaxiralar tugab bormoqda. Zamonaviy ishlab chiqarishning energiyaga talabi esa ortib bormoqda. Ekologik jihatdan toza bo`lgan quyosh energiyasi, shamol, suv to`lqini, geyzirlar kabi energetik manbalaridan foydalanish keyingi yillarda sezilarli darajada rifojlanmoqda.

Kelajakda ekologiya talablariga javob beruvchi sun`iy energetik manbalar orasida boshqariladigan termayadro sintezi reaksiyalari asosida ishlaydigan energetik markazlar insoniyatga xizmat qiladi.

Gidro, gelio, geo, shamol, suv to`lqini energiyalari asosiy energiya manbalari bo`lib qoladi.

Issiqlik energetika - issiqlik mashinalarini, qurilmalarni va uskunalarni texnikaning hamma tarmoqlarida qo`llanishi va ishlatilishi haqidagi fandır.

Muammoli vaziyat, savol yoki topshiriq

1. Suv bilan to`ldirilgan qog`oz stakan alanga ustiga qo`yilsa u yonadimi? Nima uchun?
2. Nima uchun qizdirilgan meditsina bankalari inson tanasiga yopishib qoladi?

Nazorat uchun savollar:

1. Issiqlik energetikasi vazifasi va maqsadi nimadan iborat?
2. GES, IES, AES stantsiyalarining vazifalari nimadan iborat?
3. Issiqlik energiyasini mexanik energiyasiga aylantirish jarayoni qanday?

4. Energetik zaxiralarni ekologik muvozanatga qanday aloqasi bor?
5. Atom energetikasi, gelio, gidro, shamol va boshqalar energiyalari qanday ishlatilmoqda?
6. Issiqlik energetikasi qanday bo`limlarga bo`linadi?
7. IES stantsiyasining asosiy ish printsipi?
8. AES va IES stantsiyaning farqi nima?
9. Issiqlik energiya IESda qanday xosil bo`ladi?
10. AES stantsiyada issiqlik qanday hosil bo`ladi?

2-ma`ruza

Mavzu: Issiqlikni mexanik energiyasiga aylantirish jarayoni. Texnik termodinamika. Issiqliklardan texnologik maqsadlarda foydalanish. Issiqlik massa almashinuvi.

Reja:

1. Issiqlikni mexanik energiyasiga aylantirish jarayoni
2. Texnik termodinamika
3. Issiqliklardan texnologik maqsadlarda foydalanish.
4. Issiqlik massa almashinuvi

1. Issiqlikni mexanik energiyasiga aylantirish jarayoni

Issiqlik energetikasi, apparlari va qurilmalari yordamida issiqlik hosil qilish, uni boshqa turdagi energiyaga aylantirib berish, taqsimlash, uzatish usullarini nazariy va amliy jixatdan qamrab olgan holda o`rdaniladi.

Termodinamikaga XIX asrda asos solingan edi. Bu davrda issiqlik dvigatellarining taraqqiyoti tufayli issiqlikning ishga aylanish qonuniyatlarini o`rganish zaruriyati tug`ildi.

Issiqlik-materiya xarakatining bir shaklidir. Moddani tashkil etgan zarrachalar va maydonlar majmuasi materiya xisoblanadi. Moddanning tarkibiy qismiga kirgan elektron, atom, molekula, zarracha, kristall panjara tugunlarida joylashgan atomlarni murrakkab harakati natijasida paydo bo`ladigan energiya issiqlikdir.

Termodinamik va uning amaliy qismi bo'lgan issiqlik energetikasining Fan olimlaridan R.Mayer, J.Djoule, M.L.Lomonosov, S.Karno, R. Klauzius, V. Kelvin va boshqa olimlar ilmiy tadqiqotlari bilan o'z xissalarini qo'shganlar. Issiqlik energiyasini mexanik energiyaga va mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantirish usullarini yaratilishi, uning xalq xo'jaliligiga tadbiiq etilishi natijasida elektr energiyasini masofaga uzatish hamda uni mexanik energiyaga aylantirish masalalari hal etildi

2. Texnik termodinamika

Termodinamika—energiyaning aylanish (o'zgarish) qonuniyatlari haqidagi fandır. Termodinamika so'zi grekcha so'zdan olingan bo'lib «termos»- issiqlik, «dinamikos» - kuch degan ma'noni bildiradi.

Texnikaviy termodinamika issiqlik effektlari bilan sodir bo'ladigan turli jarayonlarda energiyaning bir turdan ikkinchi turga o'tishi, ya'ni issiqlikning ishga va ishning issiqlikka aylanishini o'rganadigan fan.

Texnikaviy termodinamika fan sifatida M.V.Lomonosov (1746-y.) tomonidan energiyaning aylanish va saqlanish qonuni ochilishi tufayli yuzaga kelgan.

M.V. Lomonosovning «Issiqlik va sovuqlik sabablari» (1747-y.) degan ishi issiq moddalar mikrozarrahalarining harakatdaligini isbotlashga bag'ishlangan. Termodinamikaning rivojlanishiga R.Mayer (1872-y.), A.Joule (1843-1846-y.), E.X.Lens (1844-y.), C.Karno (1824-y.), R.Klauzius (1854-y.) va V Tomson (1856-y.) o'z ishlari bilan katta hissa qo'shishgan.

Termodinamika turli fizikaviy va kimyoviy jarayonlarning u yoki bu tizimlarda qaysi yo'nalishda sodir bo'lishini aniqlashga imkon beradi.

Termodinamikaning tuzilish printsipti juda sodda. Termodinamika asosiga tajriba yo'li bilan aniqlangan ikkita asosiy qonun qo'yilgan.

Termodinamikaning birinchi qonuni energiya aylanish jarayonlarining miqdoriy tomonini tavsiflaydi, ikkinchi qonuni esa fizikaviy tizimlarda sodir bo'ladigan jarayonlarning sifat tomonini (yo'nalganligini) belgilaydi. Faqat shu ikkita qonundan foydalanib, qat'iy deduktsiya uslubi yordamida termodinamikaning barcha asosiy xulosalarini chiqarish mumkin.

3. Issiqliklardan texnologik maqsadlarda foydalanish.

Sanoatning metallurgiya, mashinasozlik, tog‘-kon ishi va boshqa sohalarida issiqlik berish va uning ajralib chiqishi, issiqlik almashuvi, mashina, qurilmalarda sodir bo‘ladigan issiqlik jarayonlari hamda elektr energiya va issiqlikdan umumli foydalanish muhim ahamiyatga ega. Issiqlik texnikasi fani yuqori malakali va raqobatbardosh kadrlar tarbiyalab tayyorlashda asosiy o‘rin tutadi. Bu fan talabalarni ilmga qiziqtirish, qonunlar texnikada qo‘llanilishi, termodinamik jarayonlarni hisoblash, issiqlik kuch qurilmalarining optimal holatlarini aniqlashga tayyorlashda yordam beradi.

Rus mexanigi I.I.Polzunov tomonidan birinchi universal bug‘ mashinasining kashf etilishi (1765-y.) natijasida universal porshenli dvigatellarining chizmasi va termodinamikaning ikkinchi qonuni yaratildi. Termodinamikaning ikkinchi qonunining yaratilishi dvigatellarning foydali ish koefTitsientini oshirish yo‘llarini ko‘rsatadi.

Issiqlik apparatlarini loyihalash va qurish uchun uning vazifasini, ishlash uslubini va u yerda bo‘ladigan issiqlik uzatish jarayonlarini bilish kerak.

4. Issiqlik massa almashinuvi

Issiqlik uch xil usulda: issiqlik o‘tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish usulida uzatiladi. Har bir texnologik jarayonlarning bajarilishida issiqlik energetik qurilmalari qo‘llaniladi. Issiqlik energetik qurilmalari energiyani bir turdan ikkinchi turga aylantirib beradi.

Issiqlik texnikasini o‘rganish jarayonida aniq masalalarni hisoblash, ifodalarni keltirib chiqarish va ular orasidagi bog‘lanishlarni aniqlashda matematika fanining o‘rni kattadir. Jismlarni, hodisalar va jarayonlarni o‘rganishda, tahlil qilishda fizika va kimyo fani bo‘yicha bilimlar talab etiladi. Issiqlik texnikasi fanidan olingan bilimlar faqat fan-texnika taraqqiyoti uchun zarur bo‘libgina qolmay, balki ozod va obod Vatan, erkin va farovon hayot qurish, mustaqil Respublikamiz ravnaqi uchun intellektual saviyasi keng, axloq-odobli barkamol insonni tarbiyalashga ham o‘z hissasini qo‘shadi.

Issiqlik almashinish nazariyasi – issiqlikni hamma turdagi muhitda (suyuq, qattiq, gaz, vakuum) tarqalishini o‘rganadi

Issiq jism sirtining sovuqroq jism sirtiga tekkanda issiqlik energiyasining past temperaturali jismga o`tish jarayoni issiqlik o`tkazuvchanlik deyiladi.

Suyuq, gazsimon yoki sochiluvchan moddalar mikroskopik qismlarining harakati vaqtida ularning o`zaro zarralari bilan aralashuvi natijasida issiqlik energiyasining uzatilishi xodisasi konvektiv issiqlik almashinuvi deyiladi.

Issiqlik bir jismdan ikkinchisiga nur orqali uzatilishi nurlanish issiqlik almashinuvi deyiladi.

3-ma`ruza

Mavzu: Texnik termodinamikaning qisqacha rivojlanish tarixi. Texnik termodinamika fani va uning vazifalari. Texnik termodinamikaning asosiy tushunchalari va boshlang`ich holatlari. Jismlarning holati.

Reja:

1. Texnik termodinamikaning qisqacha rivojlanish tarixi
2. Texnik termodinamika fani va uning vazifalari
3. Texnik termodinamikaning asosiy tushunchalari va boshlang`ich holatlari.

1. Texnik termodinamikaning qisqacha rivojlanish tarixi

Termodinamikaga XIX asrda asos solingan edi. Bu davrda issiqlik dvigatellarining taraqqiyoti tufayli issiqlikning ishga aylanish qonuniyatlarini o`rganish zaruriyati tug`ildi.

XIX asr oxirida statistik termodinamika rivojlandi. Bu statistik fizikaning bir qismi hisoblanadi. Statistik termodinamikada makroskopik jism xossalari jism elementar bo`laklardan tuzilganligining konkret ko`rinishi asosida hisoblanadi.

. Moddaning tarkibiy qismiga kirgan elektron, atom, molekula, zarracha, kristall panjara tugunlarida joylashgan atomlarni murrakkab harakati natijasida paydo bo`ladigan energiya issiqlikdir.

Molekulyar- kinetik nazariya nuqtai nazaridan tushuntirilgan bu g`oyani XVIII-asrda D.Bernulli va Valter rivojlantirdi. XIX-asrga kelib issiqlik haqidagi g`oyani R.Mayer, J.Djoule, R. Klazius, D.Maksvell yana ham rivojlantirdilar.

Issiqlik energiyasi jismlarning o`zaro ta`sirlashuvi(kontakt) natijasidir. Sistemalararo temperaturalar farqi o`rinli bo`lsagina issiqlik energiya sifatida birinchi sistemadan ikkinchisiga o`tadi, ya`ni $T_1 > T_2$, ikkala temperaturalari bir xil, $T_1 = T_2$ bo`lsa, issiqlik uzatilmaydi. Sovuq moda (sistema)dan issiq jismga issiqlik uzatilmaydi, ya`ni $T_1 < T_2$ bo`lishi mumkin emas

2. Texnik termodinamika fani va uning vazifalari

Termodinamikani o`rganishda va uning konkret masalalarini tahlil qilishga qaratilganda tabiiy fanlarda qabul qilingan bir hodisaning uslubi ikkinchisidan farq qilishiga e`tibor berish kerak bo'ladi.

Termodinamik uslubning xususiyatlaridan quyidagilarni asosiysi deb hisoblasak bo'ladi.

1. Termodinamik uslub ko'plab tajriba materiallarini tahlil qilish davomida yig'ilgan qonuniyatlarni ifodalash natijasida tuzilgan. Keyinchalik bu natijalar termodinamikaning uchta qonuni sifatida yuzaga keldi.

Termodinamikaning I qonuni energiyani saqlash va uning birturdan ikkinchi turga o'tishi qonuni asosida yaratildi.

Termodinamikaning II qonuni esa energiya almashuvi jarayonlarini bajarish yo'nalishlari o'zgarishlarini o'rgatadi. Bu qonunga binoan abadiy dvigatel yaratib bo'lmaydi.

Termodinamikaning III qonuni esa jismning mutlaq nol haroratga intilishdagi holatini tushuntirib beradi.

2. Turli xil bog'lanishlardagi energiya almashinish jarayonlarini izohlashda faqat shunday fizik tushunchalar va kattaliklar ishlatiladiki, ular materialning mikroskopik (molekulyar) tuzilishiga bog'liq bo'lmagan tushunchalarning ma'nosi hisoblanadi. Bu kattaliklar yoki o'lchanadi yoki o'lchangan kattaliklar bo'yicha hisoblanadi. Ular katta sondagi jismning mikroskopik bo'lakchalari ta`siri natijalarini xarakterlaydi. Ushbu kattaliklar makroskopik, fenomenologik yoki

termodinamik kattaliklar deb ataladi, ular mikroskopik kattaliklardan farqli o'laroq alohida molekulalar, atomlar va boshqa bo'lakchalar holatini xarakterlaydi.

3. Texnik termodinamikaning asosiy tushunchalari va boshlang'ich holatlari.

Ma'lumki, energiya almashinish jarayonlari muhitdagi holatlar bilan bog'liq holda ro'y beradi.

Termodinamika - fizik, kimyoviy va texnik termodinamika qismlariga bo'linadi.

Termodinamikaning konkret holatlardagi umumiy uslublar, qoidalar, fizik xossalarga xos bo'lgan jarayonlarni o'rgatadigan qismi umumiy fizik termodinamika deyiladi.

Ishtirok etuvchi jismning kimyoviy xossalari o'zgarishini, ulardagi issiqlik almashinishini o'rgatadigan qismi kimyoviy termodinamika deyiladi. Texnik termodinamika esa issiqlik miqdori bajarilgan ishga o'tishdagi qonun-qoidalarni issiqlik texnikasiga tatbiq qilish, ya'ni issiqlik dvigatellari va sovitish mashinalari nazariyasi bilan shug'ullanishdir.

Texnik termodinamikaning asosiy tushunchalari va boshlang'ich holatlari o'rganishda ishchi jism va termodinamik tizim tushunchasi muxim ahamiyat rasb etadi.

Ishchi jism va termodinamik tizim

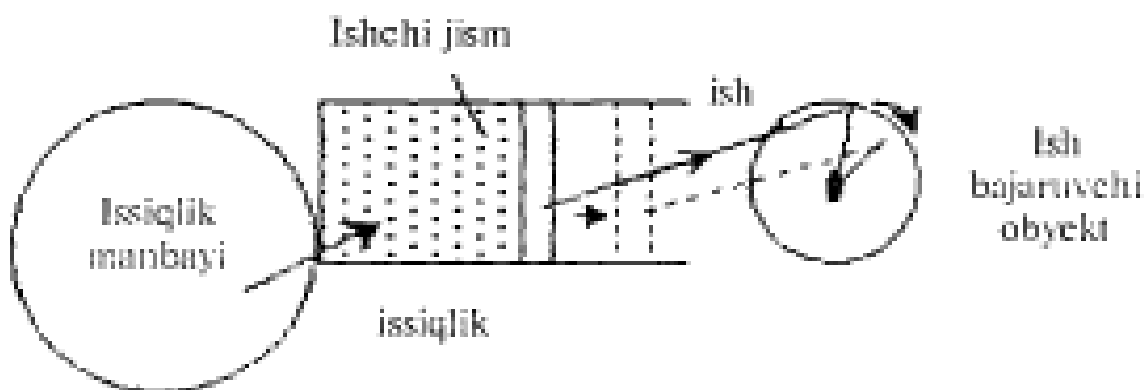
Issiqlik mashinalarida issiqlikni ishga aylantirish ishchi jism yordamida amalga oshiriladi. Ishchi jism gaz yoki bug' bo'lishi mumkin.

O'zaro va atrof muhit bilan issiqlik almashinadigan jismlar majmuasiga termodinamik tizim deyiladi. Energetikada elektr stansiyaning hamma mashinalari yoki issiqlik dvigatelining alohida qismlari va ichida gaz joylashgan porshenli silindrlar termodinamik tizimga misol bo'la oladi.

O'rganilayotgan termodinamik tizimga kirmaydigan hamma jismlar atrof-muhit deb ataladi.

Termodinamik tizim — ochiq, yopiq, yakkalangan va adiabatik bo'lishi mumkin.

Agar tizim boshqa tizimlar bilan energiya almasha olsa, ochiq termodinamik tizim (gaz-turbina qurilmasi), energiya almasha olmasa yopiq termodinamik tizim (ichki yonuv dvigatellari) deb yuritiladi.



1-rasm. Termodinamik tizim

Agar tizim atrof-muhit bilan o'zaro ta'sir etmasa yakkalangan termodinamik tizim, agar tizim atrof muhit bilan issiqlik almashmasa adiabatik tizim deb yuritiladi.

4-ma`ruza

Mavzu: Termodinamik tizim. Ochiq va yopiq tizimlar. Termodinamik holat parameterlari. Bosim, temperatura, solishtirma hajm

Reja:

1. Termodinamik tizim. Ochiq va yopiq tizimlar.
2. Termodinamik holat parameterlari. Bosim, temperatura, solishtirma hajm

1.Termodinamik tizim. Ochiq va yopiq tizimlar.

O'zaro va atrof muhit bilan issiqlik almashinadigan jismlar majmuasiga termodinamik tizim deyiladi. Energetikada elektr stansiyaning hamma mashinalari yoki issiqlik dvigatelining alohida qismlari va ichida gaz joylashgan porshenli silindrlar termodinamik tizimga misol bo'la oladi.

O'rganilayotgan termodinamik tizimga kirmaydigan hamma jismlar atrof-muhit deb ataladi.

Termodinamik tizim - ochiq, yopiq, yakkalangan va adiabatik bo'lishi mumkin.

Agar tizim boshqa tizimlar bilan energiya almasha olsa, ochiq termodinamik tizim (gaz-turbina qurilmasi), energiya almasha olmasa yopiq termodinamik tizim (ichki yonuv dvigatellari) deb yuritiladi.

2. Termodinamik holat parameterlari. Bosim, temperatura, solishtirma hajm

Ishchi jism asosiy parametrlari: ishchi jismning fizik xolati ayrim kattaliklar bilan aniqlanadi, ushbu kattalikalarni issiqlik texnikasida xolat parametrlari deb yuritiladi.

Xolat parametrlariga bir qator kattaliklarni kiritish mumkin: solishtirma xajm, bosim, temperatura, ichki energiya, ental piya, entropiya, kontsentratsiya va x. k. Lekin asosiy parametrlar sifatida issiqlik texnikasida bosim, solishtirma xajm va temperaturalar olinadi.

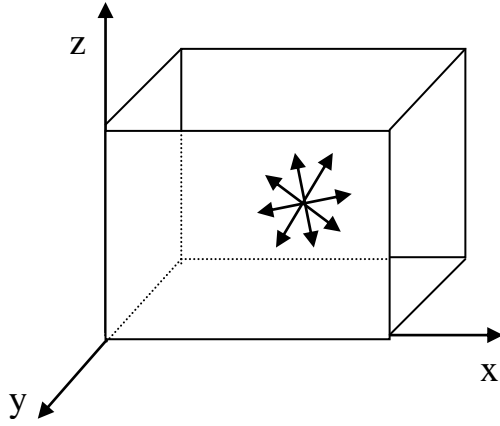
Ishchi jismning bu asosiy uchta parametrlaridan birortasi yoki uchalasi tengdaniga uzgartirilsa bu xolda qandaydir termodinamik jaryon sodir bo'ladi. Termodinamika va issiqlik texnikasi masalalarini yechishda ushbu asosiy parametrlarni uzgarishini albatta xisobga olinishi shart.

Bosim: Molekulyar-kinetik nazariyaga asosan biror idishdagi gaz xarakatlanayotgan molekulalarning to'plamidan iborat. Xaotik xarakat esa molekulalarning issiqlik xarakati tufayli mavjud bo'lib, molekulalarning idish devoriga urilishida namoyon bo'ladi. Molekulalar idish devoriga ma'lum bosim ko'rsatib, bu bosim molekulalar tezligiga (kinetik energiyasiga) bog'lik, ya'ni

$$P \approx f(\vec{E}) \quad (1)$$

Shu funktsional boglanishni ifodalasak, ideal gaz kinetik nazariyasining asosiy tenglamasini topamiz. Gaz molekulalari idish devoriga kelib urilganda molekula idish devoriga impuls beradi, bu impulsning son qiymati molekula impulsning o'zgarishiga teng. Idish devoriga urilayotgan molekulalarning o'sha devorga beradigan impulsini xisoblaymiz. Faraz qilaylik, kub shakldagi idishda n ta molekuladan iborat ideal gaz bor (1-rasm), xar bir molekulaning massasi m ga teng bo'lsin. Xarakat miqdorining uzgarish qonupiga asocan kuch impulsni xarakat miqdorining uzgarishiga teng.

1 sekundda molekulalarning devorga urilishlar soni $N = \frac{1}{2} n \Delta S v_k \Delta t$ (2) ga teng.



1- rasm

Sababi shu ΔS yuzali devor tomon xarakat qilayotgan molekulalarning ulushi $\frac{1}{2}n$ ga teng va Δt vaqt ichida $v_x \Delta t$ masofadagi molekulalarni barchasi uriladi. Demak, devorga molekulalarning vaqt ichida bergan kuch impul si:

$$F_x \Delta t = N f_x \Delta t \quad (3)$$

$$F_x \Delta t = \frac{1}{2} n \Delta S \Delta t v_x 2 m_0 v_x = m_0 v_x^2 n \Delta S \Delta t$$

$\frac{F_x \Delta t}{\Delta S \Delta t}$ nisbat devorga X yunalishda berilayotgan bosimga teng, ya`ni

$$P = m_0 n \bar{v}_x^2 \quad (4)$$

$$\bar{v}_x^2 = \bar{v}_y^2 = \bar{v}_z^2 = \frac{1}{3} \bar{v}^2 \quad (5)$$

bu yerda \bar{v}^2 aloxida molekulalar tezliklari kvadratlarning o`rtacha miqdori bo`lib u gaz molekulalarining o`rtacha kvadratik tezligi deb ataladi. U xolda:

$$P_x = \frac{1}{3} m_0 n v^2 \quad (6)$$

Paskal qonuniga asosan barcha yo`nalishlarda gazning bosimi bir xil ya`ni $P_x = P_y = P_z = P$. Shuning uchun gaz bosimi $P = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2$ (7)

Bu tenglama molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasidir.

(7)ni quyidagicha yozish mumkin:

$$P = \frac{2}{3} n \frac{m_0 v_{KB}^2}{2} \quad (8)$$

$\bar{E} = \frac{m_0 v_{KB}^2}{2}$ - molekulaning kinetik energiyasi, shu sababli molekulyar-kinetik

nazariyaning asosiy tenglamasini quyidagi ko`rinishda keltirish mumkin:

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E} \quad (9)$$

ya`ni bu (9) formula gaz molekularining idish devoriga bosimi xajmi birligidagi molekular o`rtacha kinetik energiyasining 2/3 qismiga tengligini ko`rsatadi. Bu formulani statistik usul yordamida chikardik gaz molekulari soni, bosimi, tezliklarini, kinetik energiyasini birday deb, xammasini o`rtacha qiymatini oldik.

Temperatura: Temperatura sistemaning issiqlik xolatini tavsiflaydigan asosiy xolat parametrlaridan biri. Jismning isiganlik darajasi temperatura orqali ifodalanadi. Jism tarkibidagi zarralarning tezligi qanchalik katta bo`lsa, ularning kinetik energiyasi xam shunchalik katta qiymatga yerishadi. Demak temperatura modda tarkibidagi zarralarning kinetik energiyasi o`lchovidir.

Gazning temperaturasi gaz molekularining o`rtacha kinetik o`lchovi bo`lsa, unda temperaturani energiya o`lchov birligida, ya`ni joulda o`lchash kerak. Bunday o`lchov birligini (joule) texnikada ko`llash noqulay. Shu sababli temperatura texnikada gradusda o`lchanadi.

Termodinamik jarayonlarda temperatura Kelvin (K) shkalasi bo`yicha o`lchanadi. 1948 yili ingliz fizigi lord Kelvin tomonidan termodinamik temperatura shkalasi fanga kiritildi.

L. Boltsman ideal gaz molekularining tezliklari bo`yicha taqsimotini o`rganib, temperatura modda tarkibidagi zarralarning issiqlik xarakati intensivligining o`lchovi, degan xulosaga kelgan. Shuning uchun issiqlik xarakati intensivligining son qiymati modda tarkibidagi zarra (molekula)larning o`rtacha kinetik energiyasi bilan bog`langanligining matematik ifodasini bergan:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT$$

bu yerda, $k = 1,380662 \cdot 10^{-23}$ J/K – Boltsman doimiysi, $\frac{mv^2}{2}$ - zarraning kinetik energiyasi, uni E orqali xam ifodalanadi.

Demak, klassik statistik fizika qonuniga muvofiq, termodinamik muvozanat xolatidagi uchta erkinlik darajasiga ega boʻlgan zarraning oʻrtacha kinetik energiyasini absolyut temperatura orqali ifodalash mumkin:

$$T = \frac{2}{3} \frac{E}{k}$$

Termodinamik temperatura shkalasining «nol» nuqtasi uchun ideal gaz molekulasining tartibsiz xarakati goʻyoki toʻxtaydigan temperatura qabul qilingan boʻlib, u absolyut nol deyiladi.

Xalqaro oʻlchov birligi sistemasida (SI) temperatura Kelvin shkalasi (K) boʻyicha oʻlchanadi.

Kundalik xayotda, koʻproq TSelsiy shkalasidan (S) foydalaniladi. TSelsiy shkalasidan Kelvin shkalasiga quyidagi munosabat orqali oʻtiladi:

$$T = t + 273,15$$

Masalan, xona temperaturasi TSelsiy shkalasi boʻyicha 20°S boʻlsa, Kelvin shkalasida $T = t + 273,15 = 20 + 273,15 = 293,15 \text{ K}$ boʻladi.

Solishtirma xajm: (v) – moddaning birlik massasi egallagan xajm. Bir jinsli moddaning massasi m boʻlsa, uning solishtirma xajmi:

$$v = \frac{V}{m} \left| \frac{\text{M}^3}{\text{kg}} \right|$$

Termodinamik sistema ustuvor va noustuvor boʻlishi mumkin: sistemaning vaqt mobaynidagi termodinamik parametrlari uzgarmas va xamma nuqtalarida bir xil boʻlsa, bunday sistema ustuvor sistema deyiladi; aksincha, sistemaning har xil nuqtalaridagi parametrlari uzgaruvchan qiymatlarga ega boʻlsa, u noustuvor sistema deyiladi.

Izolyatsiyalangan termodinamik sistema tashqi muxitga issiqlik energiyasini uzatmaydi va unidan qaboʻl qilmaydi.

5-ma`ruza

Mavzu: Holat tenglamasi. Ideal gazlar holatining Klayperon tenglamasi. Gaz doimiysi. Klayperon-Mendeleyev tenglamasi. Real gazlar holatining Van-der-Vaals tenglamasi.

Reja:

1. Ideal gaz. Ideal gaz qonunlari
2. 1 mol gaz uchun holat tenglamasi.
3. Real gazlar holatining Van-der-Vaals tenglamasi.

1. Ideal gaz. Ideal gaz qonunlari

XVII – XIX asrlarda atmosfera bosimiga yaqin bosimlarda gazlar o‘zini qanday tutishini tekshirgan tadqiqotchilar empirik yo‘l bilan bir qancha muhim qonuniyatlarni ochdilar.

Boyl–Mariott qonuni: o‘zgarmas temperaturada gazning berilgan massasi uchun absolyut bosimning hajmga ko‘paytmasi o‘zgarmas kattalikdir.

$$P\nu = \text{const}$$

Sharl qonuni: hajm va massa o‘zgarmas bo‘lganda gaz bosimi absolyut temperaturalarning o‘zgarishiga to‘g‘ri proportsional ravishda o‘zgaradi.

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Bu bog‘lanishni quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin:

$$P = P_0(1 + \alpha \cdot t)$$

Bu yerda P_0 - gazning 0°S temperaturadagi bosimi, α - gazning hajmiy kengayishining temperaturaviy koeffitsienti. Bosim yetarlicha kichik bo‘lganda, turli gazlar bir xil hajmiy kengayish temperaturaviy koeffitsientiga ega bo‘ladi. Bu koeffitsient taxminan $\alpha = 1/273 = 0,003661^\circ\text{S}^{-1}$ ga teng.

Gey -Lyussak qonuni: bosim va massa o‘zgarmas bo‘lganda gaz xajmi absolyut temperaturalarning o‘zgarishiga to‘g‘ri proportsional ravishda o‘zgaradi:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{yoki } V = V_0(1 + \alpha \cdot t)$$

bu yerda V_0 va V – gazning tegishlicha 0 va $t^\circ\text{S}$ temperaturalardagi xajmi.

Bu qonunlardan foydalanib, ideal gazning holat tenglamasini chiqarish mumkin:

Massasi 1 kg ga teng bo‘lgan biror gaz P_1, ν_1 va T_1 bilan tavsiflanadigan holatdan P_2, ν_2 va T_2 bilan tavsiflanadigan boshqa holatga o‘tadi deb faraz

qilaylik. Bu o'zgarish dastlab oraliq hajm v^1 gacha o'zgarmas temperature T_1 da, so'ngra esa oxirgi hajm v_2 gacha o'zgarmas bosim P_2 sodir bo'lsin.

Boyl – Mariott qonuniga ko'ra $T=const$ bo'lganda:

$$p_1 v_1 = p_2 v^1 \text{ yoki } v^1 = \frac{v_1 \cdot p_1}{p_2}$$

Gey –Lyussak qonuniga ko'ra $P=const$ bo'lganda

$$\frac{v^1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ yoki } v^1 = \frac{v_2 T_1}{T_2}$$

Topilgan ifodalarni v^1 uchun taqqoslasak, quyidagini olamiz:

$$\frac{p_1 v_1}{p_2} = \frac{v_2 T_1}{T_2}$$

Bu tenglamani o'zgartirib shunday yozish mumkin:

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} = const \text{ yoki } \frac{p v}{T} = const$$

ya'ni gazning absolyut bosimi bilan hajmi ko'paytmasining absolyut temperaturaga nisbati o'zgarmaydi. 1 kg gaz uchun bu o'zgarmas kattalik gaz doimiysi deyiladi va R harfi bilan belgilanadi.

$$\frac{p v}{T} = R \text{ yoki } p v = RT$$

Bu tenglama ideal gazning holat tenglamasi deyiladi. Bu tenglama ko'pincha uni taklif etgan olimning nomi bilan Klapeyron tenglamasi deyiladi.

Gaz doimiysining o'lchamligi quyidagicha bo'ladi.

$$[R] = \left[\frac{p v}{T} \right] = \left[\frac{\text{ЖС}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \right]$$

Binobarin, gaz doimiysi R, 1 kg gazning 1° ga isitilganda bajargan kengayish solishtirma ishidir. m kg gaz uchun holat tenglamasi quyidagicha:

$$Pv=mRT$$

2. 1 mol gaz uchun holat tenglamasi.

Gaz holati tenglamasining uchinchi shakli bir mol uchun yoziladi. Shuni eslatib o'tamizki, gazning molekulyar og'irligiga son jixatdan teng bo'lgan kilogrammlar miqdori mol, boshqacha aytganda kilogramm-molekula deyiladi yoki kilomol deb aytiladi. Masalan kislorod (O_2) kilomoli 32 kg ga, karbonat angidrid (CO_2) kilomoli 44 kg ga teng va hokazo.

Avagadro qonuniga ko‘ra bir xil temperatura va bosimdagi turli gazlarning teng hajmlarida molekular soni bir xil bo‘ladi.

Bu ta’rifga asoslanib, bir xil temperatura va bosimlarda olingan turli gaz mollarining hajmi o‘zaro teng deb xulosa chiqarish mumkin. Agar ν –gazning solishtirma hajmi, μ –gazning molekulyar massasi bo‘lsa, u holda molyar hajmi $\mu \cdot \nu$ ga teng. Ideal gazlar uchun:

$$\mu \cdot \nu = \text{const}$$

Avagadro soni (N_μ) eksperimental yo‘l bilan aniqlangan $N_\mu = 6,022119 \cdot 10^{26}$ kmol^{-1} .

Normal sharoitlarda ($P=760\text{mm}$ sim. ust. va $t=0^\circ\text{S}$)

$$\mu \cdot \nu = 22,4 \text{ m}^3 / \text{kmol} \quad (1)$$

$$R = \frac{p \cdot \nu}{T} = \frac{101325}{273,15} \cdot \nu = 371 \cdot \nu \quad (2)$$

Solishtirma hajm qiymatini (1.) tenglamadan olib (2.) tenglamaga qo‘yganimizdan so‘ng quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$R = \frac{8314}{\mu} \quad (3.) \quad p \nu = \frac{8314}{\mu} T \quad (4.)$$

$$p \mu \nu = 8314 \cdot T$$

$$\mu \nu = V \mu \quad (5.) \quad p V \mu = R_0 T \quad (6.)$$

$$R_0 = \mu R$$

(6.) tenglama bitta kilomol uchun ideal gazning holat tenglamasi deb aytiladi.

$\mu R = R_0 = 8314 \frac{\text{J}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$ – universal gaz konstantasi deb aytiladi. (6.) tenglama

Klapeyron – Mendeleev tenglamasi deyiladi.

3. Real gazlar holatining Van-der-Vaals tenglamasi.

Oldin Klapeyron tenglamasiga bo‘ysunadigan ideal gazlar ko‘rib chiqilgan edi. Real moddalarning gazsimon va suyuq fazalardagi holat diagrammalari ideal gazning holat diagrammalaridan keskin farq qiladi.

Bunga sabab shuki, real va ideal gazlarning fizikaviy tabiatlari turlicha bo‘ladi. Ideal gazlarda molekular o‘zaro ta’sirlashmaydi va o‘z hajmiga ega bo‘lmaydi deb hisoblansa, real moddalarda esa, molekular o‘z hajmiga ega bo‘lib

o‘zaro ta’sirlashadi va buning natijasida real gazning xolat tenglamasi Klapeyron tenglamasidan farq qiladi.

Bu sohada ma’lum bo‘lgan birinchi harakatlardan biri Gollandiya fizigi Ya. Van-der-Vaals tomonidan 1873 yilda real gazning holat tenglamasini ishlab chiqish bo‘lgan. Asosan muloxaza yuritib hosil qilingan xulosalar asosida chiqarilgan Van-der-Vaals tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$$

bu yerda a va b –gaz konstantasi bo‘lish bilan bir qatorda moddaning individual xossalari tavsiflovchi konstantalar.

Van-der-Vaals tenglamasi Klapeyron tenglamasidan, birinchidan, p kattalik o‘rniga p larning yig‘indisi va a/v^2 kattalik bo‘lish bilan; ikkinchidan bu tenglamada solishtirma hajm o‘rniga $(v-b)$ ayirma bilan farq qiladi.

Klapeyron tenglamasiga muvofiq $p \rightarrow \infty$ da ideal gazning solishtirma hajmi nolga intiladi. Van-der-Vaals tenglamasidan $p \rightarrow \infty$ da $v \rightarrow b$ ekanligi kelib chiqadi. Binobarin, b kattalikni molekulalarning o‘zi egallagan hajm kabi izohlash mumkin. Bu kattalik tashqi bosimga bog‘liq bo‘lmagan konstantadan iborat, solishtirma hajmning o‘zgaruvchi qismi esa $(v-b)$ ga teng.

Kattalik, a/v^2 ga kelsak, Van-der-Vaals mulohazalar asosida molekulalar orasida ta’sir etadigan tortish kuchlari solishtirma hajm v kattaligi kvadratiga teskari proporsional ekanligini ko‘rsatdi; binobarin a/v^2 had gaz molekulalarining o‘zaro ta’sir etishini hisobga oladi. Shunday qilib, Van-Der-Vaals tenglamasi gazning real xossalari –gazlarda molekulalarning o‘zaro ta’sir etish va molekulalarning o‘z hajmi borligini hisobga oladi.

6-ma`ruza

Mavzu: Termodinamik jarayon. Relaksatsiya. Relaksatsiya vaqti.

Muvozanatli va muvozanatsiz termodinamik jarayonlar.

Reja:

1. Termodinamikaviy jarayon.
2. Relaksatsiya. Relaksatsiya vaqti.

1. Termodinamikaviy jarayon.

Ham o‘zaro, ham atrofdagi muhit bilan ta’sirlashib turuvchi material jismlar to‘plamini termodinamikaviy tizim deb ataymiz, ko‘rib chiqilayotgan tizim chegarasidan tashqarida bo‘lgan boshqa barcha material jismlarni tashqi muhit deb atash qabul qilingan.

Agar holat parametrlaridan loaqal bittasi o‘zgarsa, u holda tizimning holati o‘zgaradi, ya’ni tizimda termodinamikaviy, jarayon sodir bo‘ladi.

Termodinamikaviy tizimda sodir bo‘ladigan barcha jarayonlarni muvozanatdagi va muvozanatdagimas, qaytar va qaytmas jarayonlarga bo‘lish mumkin. Muvozanatdagi jarayon tizimning barcha qismlari bir xil temperaturaga va bir xil bosimga ega ekanligi bilan tavsiflanadi.

Jarayonning o‘tish jarayonida tizimning turli qismlari har xil temperatura, bosim, zichlik va hokazolarga ega bo‘lsa, bunday jarayon muvozanatdagimas jarayon deb aytiladi.

Har qanday real jarayon ma’lum darajada muvozanatdagimas holatda bo‘ladi. Bundan keyin «jarayon» deganda biz muvozanatdagi jarayonni tushunamiz.

Termodinamikaning eng muhim tushunchalaridan biri qaytar va qaytmas jarayonlar haqidagi tushunchadir. Termodinamikaviy jarayon termodinamikaviy tizimning uzluksiz o‘zgarib turadigan holatlari to‘plamidan iboratdir.

Tizimning har qanday ikkita holati: 1 va 2 oralig‘ida bitta yo‘lning o‘zidan o‘tadigan ikkita jarayonni tasavvur etishi mumkin: holat 1 dan holat 2 ga va aksincha holat 2 dan holat 1 ga; bunday jarayonlar to‘g‘ri va teskari yo‘nalishdagi jarayonlar deb aytiladi.

To‘g‘ri va teskari yo‘nalishdagi jarayon natijasida termodinamikaviy tizim dastlabki holatiga qaytadigan jarayonlar qaytar jarayonlar deb aytiladi. To‘g‘ri va teskari yo‘nalishlarda o‘tkazilganda tizim dastlabki holatiga qaytmaydigan jarayonlar qaytmas jarayonlar deb aytiladi.

Tajribadan ma’lumki, o‘z-o‘zidan sodir bo‘ladigan barcha tabiiy jarayonlar qaytmas bo‘ladi; tabiatda qaytar jarayonlar bo‘lmaydi.

Tizimda o‘z-o‘zidan sodir bo‘ladigan har qanday jarayon va binobarin, qaytmas jarayon tizimda muvozanat qaror topmaguncha davom etadi.

Tajriba shuni ko'rsatadiki, muvozanatga erishgan tizim keyinchalik shunday holatda qolaveradi, ya'ni holatini o'zicha o'zgartira olmaydi. Yuqorida aytib o'tilganlar asosida quyidagi natijaga kelish qiyin emas: tizim faqat muvozanat holatiga kelmaganiga qadargina ish bajara oladi.

2. Relaksatsiya. Relaksatsiya vaqti.

Termodinamik tizim xolatining vaqt oralig'ida o'zgarishiga termodinamik jarayon deb ataladi.

Silindr ichida joylashgan porshin siljiganda porshin ostidagi gazning xajmi va temperaturasi o'zgaradi. Gazning kengayishi yoki siqilishi jarayoni yuz beradi.

O'rab turuvchi muhitning o'zgarmas parametrlarida muvozanat xolatdan chiqarilgan tizim ma'lum vaqt o'tgandan so'ng yana muvozanat xolatga qaytadi.

Tizimning tashqi tasirlarsiz o'z-o'zidan muvozanat xolatga qaytishi relaksatsiya deb yuritiladi. tizimning muvozanat holatga qaytish oralig'ida o'tgan vaqtga relaksatsiya vaqti deb aytiladi.

Har xil jarayonlar uchun relaksatsiya vaqti har xil bo'ladi. Agar gazning bosimi muvozanat holatga qaytgunicha 10~16 soniya vaqt ketsa haroratini tenglashuviga bir necha 10 daqiqalar kerak bo'ladi. Agar tizim qattiq bo'lsa harorati qaytishiga ba'zan bir nech soatlar zarur bo'ladi.

Agar termodinamik tizimning hamma parametrlari tegishli relaksatsiya jarayonida yetarlicha sekin o'zgarsa, bunday termodinamik jarayon muvozanatli deb aytiladi. Bunday holatda tizim o'rab turuvchi muhit bilan deyarli muvozanat holatda bo'ladi.

Jarayon muvozanatli bo'lishi uchun tizim parametirining o'zgarish tezligi dA/dt quyidagi $dA/dt < C_{rel} \approx \Delta A / t_{rel}$ tengsizlikni qanoatlantirishi kerak.

Bu yerda: A -qaralayotgan jarayonda eng katta o'zgarayotgan parameter.

C_{rel} –relaksatsiya jarayonida o'zgarayotgan parameter tezligi.

t_{rel} –relaksatsiya vaqti.

7-ma'ruza

Mavzu: Gazlarning issiqlik sig'imi. Entalpiya. Asosiy ta'riflar. Gazlarning massaviy, hajmiy va molyar issiqlik sig'imi. Mayer tenglamasi.

Reja:

1. Gazlarning issiqlik sig`imi.
2. Gazlarning massaviy, hajmiy va molyar issiqlik sig`imi.
3. Issiqlik sig`imining jarayonga bog`liqligi.
4. Entalpiya

1. Gazlarning issiqlik sig`imi.

Jismni bir gradusga isitish uchun zarur bo`lgan issiqlik miqdori jismning issiqlik sig`imi deb aytiladi. Turli xil moddalarni bir xil temperaturagacha isitish uchun ularning har biriga turlicha miqdordagi issiqlik energiyasini uzatish zarur bo`ladi. Bu hol moddaning agregat holatiga va tuzilishiga bog`liq.

Bu ta`rifdan moddaning issiqlik sig`imi jismning ekstensiv xossasi ekanligi kelib chiqadi. Haqiqatan ham, ayni jism tarkibidagi moddalar qanchalik ko`p bo`lsa, shu jism issiqlik sig`imining kattaligi ham shunchalik katta bo`ladi.

Modda miqdori birligining issiqlik sig`imi solishtirma issiqlik sig`imi deb aytiladi. Solishtirma issiqlik sig`imi moddaning intensiv xossasidir, ya`ni uning kattaligi moddaning tizimdagi miqdoriga bog`liq bo`lmaydi. Biz bundan buyon faqat solishtirma issiqlik sig`imi bilan ish olib borishimiz tufayli solishtirma issiqlik sig`imini soddagina qilib issiqlik sig`imi deb ataymiz.

O`rtacha va haqiqiy issiqlik sig`imi

Issiqlik sig`imini c simvoli bilan belgilaymiz. Issiqlik sig`imining keltirilgan ta`rifidan

$$c = \frac{q_{1-2}}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

ekanligi kelib chiqadi.

Bu yerda t_1 – boshlang`ich temperatura; t_2 – oxirgi temperatura;

q_{1-2} – t_1 temperaturadan t_2 temperaturagacha isitish jarayonida modda miqdori birligiga keltirilgan issiqlik.

Issiqlik sig`imi o`zgarmas kattalik emas. Temperatura o`zgarishi bilan u o`zgaradi, shuning uchun ham (1) nisbat yordamida aniqlanadigan issiqlik sig`imi haqiqiy issiqlik sig`imi deb aytiladigan issiqlik sig`imidan farqli o`laroq t_1-t_2 temperaturalar intervalidagi o`rtacha issiqlik sig`imi deb aytiladi.

Haqiqiy issiqlik sig‘imi, jismga uni isitish jarayonida keltiriladigan issiqlik miqdoridan shu jismning temperaturasi bo‘yicha hosila olib aniqlanadi:

$$c = \frac{dq}{dt} \quad (2)$$

bundan

$$q_{1-2} = \int_{t_1}^{t_2} c dt \quad (3)$$

2. Massaviy, molyar va hajmiy issiqlik sig‘imi

Termodinamikada issiqlik sig‘imi massaviy, molyar va hajmiy issiqlik sig‘imlariga ajratiladi. Moddaning massasi birligining temperaturasini 1°S ga o‘zgartirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori massaviy issiqlik sig‘imi deb aytiladi:

$$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta T} \cdot \left[\frac{J}{kg \cdot grad} \right] \quad (4)$$

Moddaning hajm birligiga keltirilgan issiqlik sig‘imi hajmiy issiqlik sig‘imi deb aytiladi:

$$c^1 = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta T} \cdot \left[\frac{J}{m^3 \cdot grad} \right] \quad (5)$$

Moddaning bitta moli (yoki kilomoli) ga keltirilgan issiqlik sig‘imi molyar issiqlik sig‘imi deb aytiladi:

$$\mu c = \frac{\mu}{m} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta T} \cdot \left[\frac{J}{kmol \cdot grad} \right] \quad (6)$$

Yuqoridagi kattaliklar o‘rtasida quyidagidek bog‘liqlik mavjud:

$$c = \mu c / \mu; \quad (7)$$

$$c^1 = \mu c / 22,4 \quad (8)$$

va

$$c^1 = c \rho \quad (9)$$

3. Issiqlik sig‘imining jarayonga bog‘liqligi

Issiqlik keltirish jarayonning tavsifiga qarab jismning temperaturasini 1°S ga ko‘tarish uchun shu jismga keltirish zarur bo‘lgan issiqlik miqdori turlicha bo‘ladi.

Shuning uchun ham biz issiqlik sig'imi to'g'risida gapirar ekanmiz, ayni moddaga issiqlik qanday jarayon vositasida keltirish haqida aytib o'tishimiz lozim.

Boshqacha qilib aytganda, (2) nisbatdagi q kattalik faqat temperaturalar intervaliga emas, balki issiqlik keltirish jarayonining turiga ham bog'liq. Amalda izobarik ($p=\text{const}$) va izoxorik ($v=\text{const}$) jarayonlarning issiqlik sig'imlaridan eng ko'p foydalaniladi. Bu issiqlik sig'imlari izobarik va izoxorik issiqlik sig'imlari deb atalib, tegishli c_p va c_v orqali belgilanadi.

Shu bilan birgalikda c_v – massaviy izoxorik issiqlik sig'imi; c_v^1 -hajmiy izoxorik issiqlik sig'imi; μc_v – molyar izoxorik issiqlik sig'imi; c_p – massaviy izobarik issiqlik sig'imi; c_p^1 - hajmiy izobarik issiqlik sig'imi va μc_p – molyar izobarik issiqlik sig'imlari bir-biridan farqlanadi.

Gaz o'zgarmas bosim yoki o'zgarmas hajmda turishiga qarab, uning temperaturasini 1° ga isitish uchun turli miqdordagi issiqlik zarur.

Izobarik issiqlik sig'imi izoxorik issiqlik sig'imidan har doim katta bo'ladi, chunki 1 kg gazni 1° ga $p=\text{const}$ sharoitida isitilganda, energiyani bir qismi kengayish uchun sarflanadi.

R. Mayer c_p va c_v orasidagi bog'liqlikni o'rganib, qo'yidagi tenglamani keltirib chiqardi:

$$c_p - c_v = R \quad (10)$$

Yuqoridagi tenglamani ikkala qismini molekulyar massa (μ) ga ko'paytirsak quyidagi natijani olamiz:

$$\mu c_p - \mu c_v = R\mu = 8314 \text{ J}/(\text{kmol}\cdot\text{K}) \quad (11)$$

yoki

$$\mu c_3 - \mu c_M = 8314 \text{ J}/(\text{kmol}\cdot\text{K}) \quad (12)$$

Demak, barcha gazlar uchun molyar izobar va izoxor issiqlik sig'imlari orasidagi ayirma o'zgarmas kattalik bo'lib, uning qiymati $8314 \text{ J}/(\text{kmol}\cdot\text{K})$ yoki $2 \text{ kkal}/(\text{kmol}\cdot\text{K})$ ga teng.

Real gazlar uchun $c_p - c_v = R$, chunki $p=\text{const}$ bo'lgan izobarik jarayonda tizim faqat tashqi kuchlarga qarshi ish bajaribgina qolmasdan, molekulalar aro

mavjud bo'lgan o'zaro tortishish kuchlariga qarshi ham ish bajaradi. Demak, $p=\text{const}$ va $v=\text{const}$ bo'lgan termodinamik jarayonlarda real gaz ish bajarishi va uning ichki energiyasini orttirish uchun ideal gazga nisbatan unga ko'proq issiqlik miqdori sarflanar ekan. Statistik fizika usullaridan foydalanib, ko'pchilik moddalarning issiqlik sig'implarini nazariy usul bilan hisoblash mumkin. Buning uchun molekulaning bitta erkinlik darjasiga to'g'ri keladigan $\frac{1}{2}kT$ energiyasidan foydalaniladi va bir, ikki va ko'p atomli gazning bir mol miqdoriga mos keluvchi issiqlik sig'implari topiladi.

1.2-jadvalda ideal gazlarning issiqlik sig'implari keltirilgan.

Termodinamikada o'zgarmas bosim va hajmdagi issiqlik sig'implari o'rtasidagi nisbatdan keng foydalaniladi. Bu nisbat k harfi bilan belgilanadi.

$$\kappa = c_p / c_v = c_p^1 / c_v^1 = \mu c_p / \mu c_v \quad (13)$$

Mayer tenglamasidan:

$$c_v = R / (k - 1); c_p = kR / (k - 1) \quad (14)$$

Agar $c = \text{const}$ deb hisoblasak 1.2-jadvaldan bir atomli gazlar uchun $k=1,67$; ikki atomli gazlar uchun $k=1,4$; uch va ko'p atomli gazlar uchun $k=1,29$ ga teng bo'ladi. 1 kg ideal gazni t_1 temperaturadan t_2 temperaturagacha isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$q = (c_m)_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1) = c_{m_2} \cdot t_2 - c_{m_1} \cdot t_1 \quad (15)$$

Ideal gazlarning issiqlik sig'implari

1.2 jadval

Gazlar	μc_v	μc_p	μc_v	μc_p
	kJ/(kmol·grad)		kkal/(kmol·grad)	
Bir atomli	12,56	20,93	3	5
Ikki atomli	20,93	29,31	5	7
Uch va ko'p atomli	29,31	37,68	7	9

15–formuladan c_p va c_v jarayonlar uchun quyidagi ifodani keltirib chiqarish mumkin:

$$q_v = c_{vm2} \cdot t_2 - c_{vm1} \cdot t_1 \quad (16)$$

va

$$q_p = c_{pm2} \cdot t_2 - c_{pm1} \cdot t_1 \quad (17)$$

Gazlar aralashmasining issiqlik sig'imi quyidagi formulalar asosida aniqlanadi:

Aralashmaning massaviy issiqlik sig'imi:

$$c_{ap} = \sum_1^n m_i \cdot c_i \quad (18)$$

Aralashmaning hajmiy issiqlik sig'imi:

$$c_{ap}^1 = \sum_1^n r_i \cdot c_i^1 \quad (19)$$

Aralashmaning molyar issiqlik sig'imi:

$$\mu c_{ap} = \sum_1^n r_i \cdot \mu c \quad (20)$$

4. Entalpiya

Entalpiya (yunoncha – enthalria – isitaman) tizimning holat funktsiyasi bo'lib, u H yoki h harfi bilan belgilanadi. Tizim ichki energiyasining yig'indisi U bilan, tizimning bosimi p ning tizim hajmining kattaligi V ga ko'paytmasi yig'indisining kattaligi turli-tuman termodinamikaviy hisoblashlarda muhim rol o'ynaydi; bu kattalik entalpiya deb aytiladi.

$$H = U + P \cdot V \quad (21)$$

Entalpiya ham ichki energiyaga o'xshab ekstentiv xossa ekanligi tushunarlidir:

$$h = \frac{H}{m}, \quad (22)$$

$$h = u + p \cdot v. \quad (23)$$

Entalpiya ham issiqlik, ish va ichki energiya o'lchanadigan birliklarda o'lchanadi.

Nazorat uchun savollar:

1. Ichki energiya formulasini yozib bering.
2. Entalpiya va entropiya tushunchalarni farqi nima?
3. Ichki energiya ma'nosi nimadan iborat?

4. Ental piyaning ma`nosini tushuntirib bering.
5. Entropiyaning ma`nosini tushuntirib bering.
6. Termodinamika I-qonuni qanday issiqlik mashinalarga ishlatish mumkin.

8-ma`ruza

Mavzu: Termodinamikaning birinchi qonuni. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni. Ichki energiya. Kengayish ishi. Issiqlik.

Reja:

1. Termodinamikaning 1-qonuni.
2. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni.
3. Ichki energiya.
4. Gazning kengayishida bajarilgan ish.

1. Termodinamikaning 1-qonuni.

Termodinamikaning 1-qonuni, massa va energiya saqlanish va aylanish qonunining issiqlik hodisalariga qo`llanilishining xususiy xolidir, chunki, energiya bordan yo`q bo`lmaydi, yo`qdan bor bo`lmaydi, faqat bir turdan ikkinchi turga aylanadi.

Har qanday termodinamik sistemaning parametrlari shu sistemaga tashqaridan ma`lum miqdordagi Δq issiqlik miqdori kiritilganda (yo chiqarilganda) o`zgaradi. Sistema muvozanat holatidan chiqadi yoki muvozanat holatiga qaytadi.

Termodinamik sistema (birorta qattiq modda) Δq issiqlik miqdorini yutgandan so`ng uning parametrlaridan ayrimlari (bosim, hajm, temperatura) o`zgaradi, ya`ni xajmi dV ga, temperaturasi dT ga ortadi. Agar qattiq jism o`rniga gaz yoki suyuqlik olinsa, unda bosim P , xajm V va temperatura T ham o`zgaruvchan bo`ladi.

Demak sistemaning temperaturasi dT ga ortsa, uni tashkil etgan zarralarining kinetik energiyasi ham ortadi, hajmi dV ga kattalashganda zarralar orasidagi tutinish kuchlari kamaysada, potentsial energiyasi ortada. Sistemada bunday holatning paydo bo`lishi uning ichki energiyasi dU ni orttiradi. Har qanday sistema tashqi muhit ta`sirida bo`ladi, u bilan ta`sirlashadi.

Sistema muvozanat holatiga qaytishi uchun tashqi muhitga biror bosim P bilan ta`sir ko`rsatib, tashqi kuchlarga qarshi ish bajaradi.

Sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori shu sistema ichki energiyasining o'zgarishiga va tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan foydali ishga sarflanadi.

Termodinamikaning I-qonunining matematik ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta q = du + \Delta A \quad (1)$$

Entropiya (aylanish, o'zgarish) termodinamik sistemaning holat funksiyasi bo'lib, u S harfi bilan belgilanadi:

$$dS = \frac{dq}{T} \left[\frac{\text{ЖК}}{K} \right] \quad (2)$$

Entropiya termodinamik sistema bilan tashqi muhitning o'zaro issiqlik almashinuvi jarayonining kechish yo'nalishini ifodalaydi. Termodinamik sistemning tashqi muhit bilan ta'sirlashuvining xususiyatiga qarab kvazistik (qaytuvchan, muvozanatli) jarayonlarda entropiya qiymati musbat va manfiy ishorali hamda nolga teng bo'lishi mumkin, ya'ni $dS > 0$ – modda isitilyapti; $dS < 0$ – modda sovitilyapti; $dS = 0$ – modda muvozanat holatida. Amaliyotda entropiyaning absolyut qiymatidan emas, balki uning termodinamik jarayondagi o'zgarishidagina foydalaniladi, ya'ni

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dq}{T} \quad (3)$$

2. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni tabiatning umumiy tavsifga ega bo'lgan fundamental qonunidir. Bu qonun quyidagicha ta'riflanadi: energiya yo'q bo'lmaydi va qaytadan paydo bo'lmaydi, u faqat turli fizikaviy hamda kimyoviy jarayonlarda bir turdan boshqa turga o'tadi. Boshqacha qilib aytganda, izolyatsiyalangan har qanday tizimda shu tizim ichida energiya o'zgarmasdan saqlanib turadi.

Energiyaning saqlanish qonuni mexanikada ko'pdan beri mexanikaviy (kinetik va potentsial) energiyaga tatbiqan ma'lum bo'lgan. M.V. Lomonosov (1745-1748, Rossiya), D. Joul (1842-1850, Angliya), R Mayer (1842-1845, Germaniya), G. Gess (1840, Rossiya), E. Lents (1844, Rossiya), G. Gelmgolts (1847, Germaniya) va boshqa olimlarning ishlari bilan issiqlik va ishning ekvivalentlik printsipli aniqlangandan keyin saqlanish qonuni energiyaning boshqa

turlariga ham tadbiq qilina boshlandi va uning mazmuniga muvofiq energiyaning saqlanish va aylanish qonuni deb atala boshlandi.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni termodinamikaning birinchi qonuni deb ham aytiladi.

3. Ichki energiya.

Texnikaviy termodinamikaning vazifalaridan kelib chiqib, modda mikrostrukturasi nuqtai nazaridan moddaning ichki energiyasi nimalardan iborat degan masalani ko‘rib chiqishning zaruriyati yo‘q. Hozirgi zamon fizikaviy dunyoqarashlarga ko‘ra moddaning ichki energiyasini shu modda molekulalarining (atomlar, ionlar, elektronlarning) kinetik va potentsial energiyalari yig‘indisidan iborat deb tasavvur etishimiz mumkin. Ichki energiya tushunchasini fanga 1850 yili V. Tomson kiritgan.

Moddaning ichki energiyasi quyidagiga teng:

$$U=U_{\text{kin}}+U_{\text{pot}}+U_0, \quad (4)$$

bu yerda U_{kin} – molekulalarning ichki kinetik energiyasi; U_{pot} – molekulalarning ichki potentsial energiyasi; U_0 – nolp energiya yoki absolyut nolp temperaturadagi ichki energiya.

Ma’lumki $T=0$ da atom va molekulalarning issiqlik harakati to‘xtaydi, lekin atomlar ichidagi zarralarning harakati davom etadi. Ichki energiyaning absolyut qiymati kimyoviy termodinamikada, kimyoviy reaksiyalarni hisoblashda muhim rol o‘ynaydi. Termodinamikaning ko‘pchilik texnikaviy tadbiqlarida ichki energiya

U ning absolyut qiymati emas, balki bu kattalikning turli termodinamikaviy jarayonlarda o‘zgarishi muhimdir. Bundan shu narsa kelib chiqadiki, ichki energiya hisobini yuritishni ixtiyoriy tanlash mumkin. Masalan, ideal gazlar uchun $t_0=0^\circ\text{S}$ temperaturada ichki energiya nolga teng deb qabul qilingan.

Aytib o‘tilganlardan shu narsa kelib chiqadiki, jism ichki energiyasining biror jarayonda o‘zgarishi jarayonning tavsifiga bog‘liq emas va oxirgi holati bilan bir qiymatda aniqlanadi.

$$\Delta U_{1-2} = U_2 - U_1 \quad (5)$$

$$\Delta U = \int_1^2 dU = U_2 - U_1 \quad (6)$$

Ichki energiya ekstensiv xossa, yani U kattalik tizimdagi massa miqdori m ga proporsionaldir. Solishtirma ichki energiya deb atiladigan

$$u = \frac{U}{m} \quad (7)$$

kattalik modda massasi birligining ichki energiyasidan iborat.

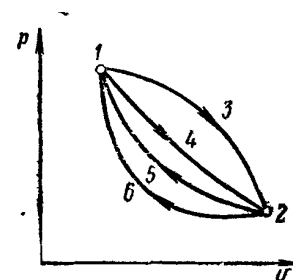
Qisqa bo'lish uchun, bundan keyin u kattalikni –solishtirma ichki energiyani –oddiygina ichki energiya deb, U kattalikni esa butun tizimning to'la ichki energiyasi deb ataymiz. Yuqorida keltirilgan fikrlardan moddaning ichki energiyasini quyidagicha ta'riflash mumkin:

ichki energiya bevosita modda holatining funktsiyasidir:

$$u = f(p, v); u = f(p, T); u = f(u, T) \quad (8)$$

1-rasmdagi barcha jarayonlarda

$$(3) \int_1^2 du = (4) \int_1^2 du - (5) \int_2^1 du = -(6) \int_2^1 du$$



1-rasm.

ichki enegiya o'zgarishi bir xil bo'ladi. Tizimda kechayotgan termodinamik jarayon aylanma bo'lsa, uning to'la ichki energiyasining o'zgarishi nolga teng, ya'ni

$$u_2 - u_1 = \oint du = 0 \quad (9)$$

Tizim ichki energiyasini o'zgarishini solishtirma hajm va temperatura funktsiyasi ko'rinishida yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} du &= (\partial u / \partial T)_v dT + (\partial u / \partial v)_T dv, \\ du &= (\partial u / \partial T)_p dT + (\partial u / \partial p)_T dp, \\ du &= (\partial u / \partial p)_v dp + (\partial u / \partial v)_p dv \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Ideal gaz molekulari orasida o'zaro ta'sirlashish kuchlari mavjud emasligi hisobga olinsa, unda gazning ichki energiyasi ideal gaz hajmiga va bosimiga bog'liq bo'lmaydi, ya'ni

$$(\partial u / \partial v)_T = 0 \text{ va } (\partial u / \partial p)_T = 0 \quad (11)$$

Demak, ideal gazning ichki energiyasi faqat absolyut temperaturaga bog‘liq bo‘lar ekan. U holda, ideal gazning ichki energiyasi temperatura bo‘yicha olingan to‘la hosilaga teng bo‘ladi.

$$(\partial u / \partial T)_p = (\partial u / \partial T)_v = du / dT \quad (12)$$

Joul qonuni deb ataluvchi bu xulosa juda muhim. U ideal gazning yangi, uning oldin aniqlangan xossalardan kelib chiqmaydigan xossasini ochib beradi. Ideal gaz uchun (11) ni hisobga olib (10) tenglamadan quyidagini hosil qilamiz.

$$du = c_v dt \quad (13)$$

Ya’ni ideal gazning ichki energiyasi faqat temperaturagagina bog‘liq.

Agar real gazga kelsak, uning ichki energiyasi ham temperaturaga hamda hajmga bog‘liq bo‘ladi, binobarin, real gaz uchun

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T \neq 0$$

4. Gazning kengayishida bajarilgan ish

Issiqlik –termodinamikaning eng muhim tushunchalaridan biridir. Issiqlik tushunchasi mohiyatan ish tushunchasiga yaqin. Issiqlik ham, ish ham energiya uzatish formalaridandir. Shuning uchun ham jismning biror issiqlik yoki ish zahirasi bor deb atashning hech qanday ma’nosi yo‘q.

Faqat jismga ma’lum miqdorda issiqlik yoki ish berilgan (yoxud jismdan olingan) deb ta’kidlash mumkin. Gazning kengayishida bajargan ishi uning holat parametrlari p , v va T larga bog‘liqdir. Gazning kengayishida bajargan ishini tenglamasini keltirib chiqarish uchun, termodinamik jarayon muvozanatda hamda bosim o‘zgarmas deb qabul qilamiz. Aytaylik, silindr porsheni ostida 1 kg gaz tursin. Uning bosimi p atrof muhit bosimi p_m ga teng, solishtirma hajmi v_1 va porshen yuzasi F bo‘lsin (2 rasm). Gazga elementar dq issiqlik miqdori uzatilsa, gaz o‘zgarmas bosimda kengayib porshenni biror dS masofaga siljitadi hamda tashqi kuchlarga qarshi elementar ish bajaradi:

$$d\ell = pFdS = pdv \quad (14)$$

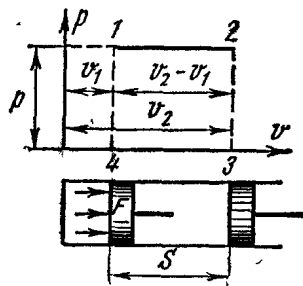
Gazning v_1 hajmdan v_2 gacha kengayishida bajarilgan to‘la ishni (3 -rasm) quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\ell = \int_{v_1}^{v_2} p dv = p(v_2 - v_1) \quad (15)$$

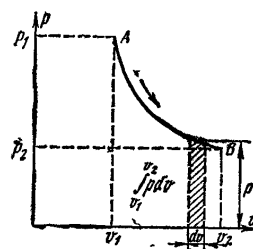
Yuqoridagi ifodadan ko‘rinib turibdiki, yopiq termodinamik tizimda gazning kengayishi hisobiga bajarilgan ish bosim bilan hajm o‘zgarishining ko‘paytmasiga teng. Termodinamik tizimning bajargan ishi musbat yoki manfiy ishorali bo‘lishi mumkin. Masalan, gaz tashqi kuchlar ta’siridan siqilsa, ya’ni porshen chap tomonga qarab harakatlansa, unda bajarilgan ish manfiy ($d\ell < 0$), aksincha kengaygan gaz porshenni o‘ng tomonga qarab harakatlantirsa, unda tizim (gaz) ning bajargan ishi musbat ($d\ell > 0$) ishorali bo‘ladi.

Tashqi bosim kuchlariga qarshi bajariladigan, tizim hajmining o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lgan ish ℓ_1 kengayish ishi deb yuritiladi. Kengayish ishini tizim atrofdagi muhit ustida bajaradi.

Shuni qayd qilib o‘tish lozimki, tashqi bosim kuchlariga qarshi kengayish ishi jism hajmi v o‘zgargandagina (va tashqi bosim nolga teng bo‘lmaganida) bajariladi.



2-rasm.

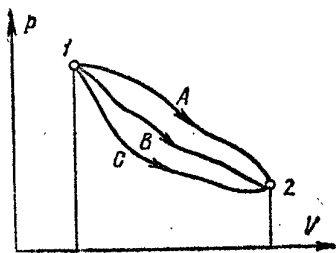


3-rasm

Bundan keyin biz asosan muvozanatdagi jarayonlarni ko‘rib chiqamiz, ular uchun $p=p_m$ tenglik to‘g‘ridir. Tizim kengayish ishining (15) tenglama bilan aniqlanadigan kattaligini $p v$ –diagramma yordamida hisoblash qulay. Tizim hajmi o‘zgarish jarayonining shu diagrammada tasvirlanishini ko‘rib chiqamiz (3-rasm).

Tizim hajmi v_1 dan v_2 gacha o‘zgaradi. Hajm o‘zgaradigan jarayonda tizim o‘tadigan holatlar nuqta A va B lar orasidagi jarayon egri chizig‘ida joylashadi. Tizimning kengayish ishi $p v$ – diagrammada jarayon egri chizig‘i ostidagi yuza bilan tasvirlanishi (15) tenglamadan ko‘rinib turibdi.

Tizim v_1 hajmga ega bo'lgan holatdan v_2 holatgacha kengayganda tizim



bajaradigan ishning kattaligi bu holatlarning parametrlarigagina emas, balki, kengayish jarayonining qanday yo'l bilan amalga oshirilayotganligiga ham bog'liq.

Haqiqatan ham (4)-rasmda tasvirlangan $p-v$ diagrammadan ko'rinib turibdiki, kengayish jarayoni qaysi yo'ldan (A, B, yoki C dan) borishiga qarab integralning kattaligi turlicha bo'ladi.

$$\ell = \int_{v_1}^{v_2} p dv \quad (16)$$

Shunday qilib kengayish ishi jarayonning funktsiyasidir.

9-Ma`ruza

Mavzu: Qaytar va qaytmas jarayonlar. Termodinamika birinchi qonunining analitik ifodasi.

Reja:

1. Qaytar va qaytmas jarayonlar
2. Termodinamika birinchi qonunining analitik ifodasi.

1. Qaytar va qaytmas jarayonlar

Termodinamikaning eng muhim tushunchalaridan biri qaytar va qaytmas jarayonlar haqidagi tushunchadir. Termodinamikaviy jarayon termodinamikaviy tizimning uzluksiz o'zgarib turadigan holatlari to'plamidan iborat. Ham o'zaro, ham atrofdagi muhit bilan ta'sirlashib turuvchi material jismlar to'plamini termodinamikaviy tizim deb ataymiz, ko'rib chiqilayotgan tizim chegarasidan tashqarida bo'lgan boshqa barcha material jismlarni tashqi muhit deb atash qabul qilingan.

Agar holat parametrlaridan loaqal bittasi o'zgarsa, u holda tizimning holati o'zgaradi, ya'ni tizimda termodinamikaviy, jarayon sodir bo'ladi.

Tizimning har qanday ikkita holati 1 va 2 oraliq'ida bitta yo'lining o'zidan o'tadigan ikkita jarayonni tasavvur etish mumkin: holat 1 dan holat 2 ga va aksincha, holat 2 dan holat 1 ga; bunday jarayonlar to'g'ri va teskari jarayonlar deb aytiladi.

To'g'ri va teskari yo'nalishlardagi jarayon natijasida termodinamikaviy tizim dastlabki holatiga qaytadigan jarayonlar qaytar jarayonlar deb aytiladi; buning natijasida atrof muhitda hech qanday o'zgarish bo'lmaydi. To'g'ri va teskari yo'nalishlarda jarayon o'tkazilganda tizim dastlabki holatiga qaytmaydigan jarayonlar qaytmas jarayon deb aytiladi.

Muvozanatli va muvozanatsiz jarayonlar. Termodinamik tizimga kirgan jismlarning holati uzoq vaqt o'zgarmasa, u holda tizim termodinamik muvozanatda bo'ladi. Agar termodinamik tizimda jismlar bir xil holatda bo'lmasa va ular bir-biri bilan issiqlik izolyatsion va absolyut qattiq to'siqlar bilan ajratilgan bo'lmasa, bu tizimda biror muddat vaqt o'tishi bilan (ertami-kechmi) turg'un termodinamik muvozanat hosil bo'ladi. Termodinamik muvozanatda tizim tarkibidagi jismlar o'zaro issiqlik almashmaydi va bir-biriga nisbatan harakatda bo'lmaydi, ya'ni issiqlik va mexanik muvozanat sodir bo'ladi.

Termodinamik muvozanatda tizimni tashkil qilgan barcha jismlar bosimi va temperaturasi atrof-muhit bosimi va temperaturasiga teng bo'ladi. Tashqi muhit o'zgarishi bilan termodinamik tizimning holati o'zgarada ya'ni u muvozanatli holatdan muvozanatsiz holatga o'tadi. Bu o'zgarish atrof-muhit va tizimning bosimi va temperaturasi tenglashguncha, ya'ni turg'un muvozanat qaror topguncha davom etadi. Amaliyot shuni ko'rsatadiki, muvozanatga erishgan tizim keyinchalik shunday holatda qolaveradi, ya'ni holatini o'zicha o'zgartira olmaydi.

Termodinamikaviy tizimda sodir bo'ladigan barcha jarayonlarni muvozanatdagi va muvozanatdagimas, qaytar va qaytmas jarayonlarga bo'lish mumkin. Muvozanatdagi jarayon tizimning barcha qismlari bir xil temperaturaga va bir xil bosimga ega ekanligi bilan tavsiflanadi.

Jarayonning o'tish jarayonida tizimning turli qismlari har xil temperatura, bosim, zichlik va hokazolarga ega bo'lsa, bunday jarayon muvozanatdagimas jarayon deb aytiladi.

Har qanday real jarayon ma'lum darajada muvozanatdagimas holatda bo'ladi. Bundan keyin «jarayon» deganda biz muvozanatdagi jarayonni tushunamiz. Tajribadan ma'lumki, o'z-o'zidan sodir bo'ladigan barcha tabiiy jarayonlar qaytmas bo'ladi; tabiatda qaytar jarayonlar bo'lmaydi.

Tizimda o'z-o'zidan sodir bo'ladigan har qanday jarayon va binobarin, qaytmas jarayon tizimda muvozanat qaror topmaguncha davom etadi. Tajriba shuni ko'rsatadiki, muvozanatga erishgan tizim keyinchalik shunday holatda qolaveradi, ya'ni holatini o'zicha o'zgartira olmaydi. Yuqorida aytib o'tilganlar asosida quyidagi natijaga kelish qiyin emas: tizim faqat muvozanat holatiga kelmaganiga qadargina ish bajara oladi

2. Termodinamika birinchi qonunining analitik ifodasi.

Termodinamikaning 1-qonuni, massa va energiya saqlanish va aylanish qonunining issiqlik hodisalariga qo'llanilishining xususiy xolidir, chunki, energiya bordan yo`q bo'lmaydi, yo`qdan bor bo'lmaydi, faqat bir turdan ikkinchi turga aylanadi.

Har qanday termodinamik sistemaning parametrlari shu sistemaga tashqaridan ma'lum miqdordagi q issiqlik miqdori kiritilganda (yo chiqarilganda) o'zgaradi. Sistema muvozanat holatidan chiqadi yoki muvozanat holatiga qaytadi.

Termodinamik sistema (birorta qattiq modda) q issiqlik miqdorini yutgandan so'ng uning parametrlaridan ayrimlari (bosim, hajm, temperatura) o'zgaradi, ya'ni xajmi dV ga, temperaturasi dT ga ortadi. Agar qattiq jism o'rniga gaz yoki suyuqlik olinsa, unda bosim P, xajm V va temperatura T ham o'zgaruvchan bo'ladi.

Termodinamikaning I-qonunining matematik ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$q=du+ A \quad (1)$$

Entropiya (aylanish, o'zgarish) termodinamik sistemaning holat funktsiyasi bo'lib, u S harfi bilan belgilanadi:

$$dS = \frac{dq}{T} \left[\frac{\partial c}{K} \right] \quad (2)$$

Entropiya termodinamik sistema bilan tashqi muhitning o'zaro issiqlik almashinuvi jarayonining kechish yo'nalishini ifodalaydi. Termodinamik sistemning tashqi muhit bilan ta'sirlashuvining xususiyatiga qarab kvazistik (qaytuvchan, muvozanatli) jarayonlarda entropiya qiymati musbat va manfiy ishorali hamda nolga teng bo'lishi mumkin, ya'ni $dS > 0$ – modda isitilyapti; $dS < 0$ – modda sovityapti; $dS = 0$ – modda muvozanat holatida. Amaliyotda entropiyaning absolyut qiymatidan emas, balki uning termodinamik jarayondagi o'zgarishidagina foydalaniladi, ya'ni

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dq}{T} \quad (3)$$

10-ma'ruza

Mavzu: Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Entropiya. Issiqlik T,s -diagrammasi. Termodinamikaning ikkinchi qonunining asosiy holatlari.

Reja:

1. Termodinamikaning ikkinchi qonunining asosiy holatlari.
2. Entropiya. Issiqlik T,s -diagrammasi.

1. Termodinamikaning ikkinchi qonunining asosiy holatlari.

Saadi Karno 1824 yilda bug' mashinasining ishini o'rganib, faqat temperaturalar farqi bo'lgandagina issiqlikdan mexanikaviy ish olish uchun foydalanish mumkinligini aniqladi.

„Aylantirish“ o'rniga „foydalanish“ termini ishlatilishi bejiz emas. Karno xayot vaqtida termodinamikaning birinchi qonuni kashf etilmagan edi va o'sha vaqtdagi fiziklar bug' ish bajarib temperaturasini pasaytirganda undagi issiqlik miqdori protsessning boshlanishida qanday bo'lsa shundayligicha protsess, deb xisoblar edilar.

Issiqlik energiyaning bir turi ekanligi xaqidagi tushuncha takomillashib borishi bilan issiqlik va mexanikaviy ish orasidagi bog'liqlikni ko'rsatuvchi termodinamikaning birinchi qonuni kashf etildi. Birinchi qonun jismning oniy xolati xaqida fikr yuritishga va bu xolatni xarakterlovchi oniy parametrlarni xisoblab topishga imkon beradi. Lekin ideal gazning xolat tenglamasi $pVqRT$ ni va termodinamikaning birinchi qonunini bilishning o'zi protsessning borishi xaqida va

ishga aylantirilgan issiqlikning protsessda ishtirok etayotgan barcha issiqlikka nisbati xaqida fikr yuritishga imkon bermaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni energiyaning bir turdan boshqa turga aylanadigan shart-sharoitlarini o`rganadi. Bu qonun fizikaviy jismlarda issiqlikning o`z-o`zicha tarqalish protsesslari uchun muayyan miqdoriy nisbatlarni belgilab beradi.

Termodinamika ikkinchi qonunining juda ko`p ta`riflari bor, lekin uning mohiyati, asosan, quyidagilardan iborat:

I. Issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish uchun issiqlik manbai va temperaturasi shu manba temperaturasidan pastroq bo`lgan sovitkich bo`lishi, ya`ni temperaturalar farqi bo`lishi, zarur.

II. Dvigatelga keltirilgan issiqlikning hammasini butunlay ishga aylantirib bo`lmaydi. Bu issiqlikning bir qismi temperaturasi pastroq bo`lgan tashqi jismlarga o`tadi.

III Issiqlik kamroq qizigan jismdan ko`proq qizigan jismga tashqi ish sarflamay turib o`z-o`zicha o`ta olmaydi,

Dastlabki ikki ta`rif issiqlik ishga aylantiriladigan dvigatellarga taalluqlidir. Masalan, bug`-kuch qurilmasida yoqilg`ining yonish maxsulotlari issiqlik manbai hisoblanadi, ular o`z issiqligini ish jismiga (suvga) beradi. Bug` qozonida olingan bug` turbinaning ish parraklariga o`tadi. Bu yerda u kengayib ish bajaradi va soviydi. Ishlab-bo`lgan bug` kondensatorga yuboriladi va bu yerda u qolgan issiqligini sovituvchi suvga (sovitgichga) beradi. Ichki yonuv dvigatellarida yondiriladigan yonilg`ining issiqligi yonish maxsulotlariga (ish jismiga) o`tadi. Ishlab bo`lgan gaz ancha past temperaturada atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Ikkinchi qonunining uchinchi ta`rifi bevosita sovitish qurilmalariga taalluqlidir. Sovitkich ichida tevarak muxit temperaturasiga nisbatan past temperaturada xosil qilish uchun muayyan miqdorda energiya sarflash lozim.

Termodinamik jarayondagi sistema ish bajarishi uchun unga davriy ravishda ma`lum miqdordagi issiqlik energiyasi yoki ish jismi kiritilishi va ishga to`la aylanmasdan qolgan issiqlik miqdori sistemadan tashqariga (sovitgichga) uzatilishi kerak. Shunda tsikl davriy ravishda, takrorlanadi. Ish jismi sifatida faqat bitta modda

qo'llanilsa, u holda modda avval kengayadi va ma'lum miqdordagi ishni bajaradi, so'ng yana siqiladi, keyin boshlang'ich muvozanat holatiga qaytadi.

1. Sadi Karno (1824 yilda) quyidagi ta'rifni berdi: "Termodinamik tizim ish bajara olishi uchun kamida turli temperaturali ikki manba zarur. Issiqlik dvigatellari F.I.K. $\eta > 1$ bo'la olmaydi".
2. R. Klauzius (1850 yilda) quyidagi ta'rifni taklif etdi: "Issiqlik ancha sovuq jismdan ancha issiq jismga o'z-o'zidan o'ta olmaydi".
3. V. Tomson (Lord Kelvin) 1851 yilda quyidagi ta'rifni taklif etdi: "Jonsiz material agent yoramida moddaning qandaydir massasidan uni atrofdagi predmetlardan eng sovuq'ining temperaturasidan past temperaturagacha sovitish yo'li bilan mexanikaviy ish olib bo'lmaydi".
4. M. Plank quyidagi ta'rifni taklif etdi: "Barcha ishi bironta yukni ko'tarish va issiqlik manbaini sovitishdan iborat bo'lgan davriy ishlaydigan mashina qurib bo'lmaydi".
5. V.F. Osvold quyidagi ta'rifni taklif etdi: "Ikkinchi tur abadiy Dvigatelni, (faqatgina bitta issiqlik manbai hisobiga ishlaydigan) qurib bo'lmaydi".

Shuni aytib o'tish lozimki, ikkinchi tur abadiy dvigatelinining mavjud bo'lishi termodinamikaning birinchi qonuniga qarshi bo'lmaydi. Haqiqatan ham bu Dvigatelda ish hech narsadan emas, balki issiqlik manbaining ichki energiyasi hisobiga bajarilgan bo'lur edi. Issiqlik jarayonlarining o'ziga xos muhim xususiyatini ta'kidlab o'tish zarur. Mexanik ishni, elektrik ishni, magnit kuchlarining ishini va hokazolarini qoldiqsiz, batamom to'la issiqlikka aylantirish mumkin. Issiqlikka kelsak, davriy takrorlanadigan jarayonda uning bir qismigina mexanik va boshqa turlardagi ishga aylanishi mumkin: uning boshqa qismi muqarrar ravishda sovuq manbaga berilishi kerak.

2. Entropiya. Issiqlik T, s -diagrammasi.

Entropiya (yunoncha, entroria – aylanish, o'zgarish) termodinamik tizimning holat funktsiyasidir.

Entropiya termodinamik tizim bilan tashqi muhitning o'zaro issiqlik almashinuvi jarayonning kechish yo'nalishini ifodalaydi.

Ideal gaz misolida entropiyani holat funktsiyasi ekanligini isbotlaylik.

$$dq = c_p dt - \nu dp \quad (1.)$$

tenglamani $1/T$ ga ko'paytiramiz

$$\frac{dq}{T} = c_p \frac{dT}{T} - \nu \frac{dp}{T} \quad (2.)$$

$\nu/T = R/p$ ekanligidan:

$$\frac{dq}{T} = c_p \frac{dT}{T} - R \frac{dp}{p} \quad (3.)$$

Tenglamani o'ng tomoni integrallanadi, ya'ni u qandaydir funktsiyaning to'liq differentsialidir. Shu funktsiyani s harfi bilan belgilaymiz. Shunday qilib quyidagicha yozish mumkin:

$$ds = dq/T = c_p \frac{dT}{T} - R \frac{dp}{p} \quad (4.)$$

$$ds = dq/T; \quad ds = dQ/T \quad (4.)$$

$$s = c_p \ln T - R \ln p + S_o \quad (5.)$$

$$s = c_v \ln T + R \ln \nu + S_o \quad (6.)$$

Shunday qilib, $ds = dq/T$ formula bilan aniqlanadigan holat parametri aniqlandi. S funktsiya ichki energiya va entalpiyaga o'xshab holat funktsiyasidan iborat ekan –uning qiymati holat parametrlari bilan bir qiymatda aniqlanadi. Klauzius kiritgan funktsiya S entropiya deb aytiladi. Entropiya ekstensiv xossa bo'lib, u ham boshqa ekstensiv kattaliklarga o'xshab additivlik xossasiga ega. Solishtirma entropiya deb aytiladigan quyidagi

$$s = \frac{S}{m} \quad (7.)$$

kattalik modda massa birligining entropiyasidan iborat bo'ladi.

Holatning istalgan boshqa funktsiyasi kabi tizimning solishtirma entropiyasi ham holatning istalgan ikkita parametric x, y ning funktsiyasi ko'rinishida tasavvur etish mumkin.

$$S = f(x, y). \quad (8.)$$

Bu yerda x va y sifatida p va ν , va T va hokazolar bo'lishi mumkin.

Tizimning entropiyasi turli qaytar jarayonlarda ortishi va kamayishi mumkinligi (2.) munosabatdan ko'rinib turibdi: temperatura kattaligi T har doim musbat bo'lganligidan tizimga issiqlik berilganda ($dq > 0$) uning entropiyasining

ortishi ($ds > 0$), issiqlik olinganda esa ($dq < 0$) uning entropiyasining kamayishi ($ds < 0$). (2.) munosabatdan kelib chiqadi.

Qaytar jarayonda jism holati boshlang'ich holat 1 dan oxirgi holat 2 gacha o'zgaranda jism entropiyasining quyidagi

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 \frac{dq}{T} \quad (9.)$$

kattalikka o'zgarishi ham (2.) dan kelib chiqadi. Entropiya tushunchasi issiqlik dvigatellarining sikllarini analiz qilish uchun juda qulay bo'lgan holat diagrammasini kiritishga imkon beradi. Holat diagrammasida abtsissa bo'yicha entropiya, ordinata bo'yicha esa absolyut temperatura qo'yiladi (1.-rasm).

Ixtiyoriy jarayon I-II ning egri chizig'ini Ts –diagrammada tasvirlaymiz. (2.) tenglamadan qaytar jarayonda

$$dq = T \cdot ds \quad (10.)$$

ekanligi kelib chiqadi.

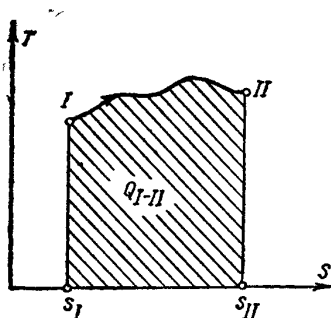
Entropiya — tizim holatning shunday funksiyasiki, bu funksiyaning qaytuvchan jarayondagi cheksiz kichik o'zgarishi mazkur tizimga kiritilgan cheksiz kichik issiqlik miqdorining shu issiqlik kiritilgan holatdagi harorat nisbatiga teng.

Agar: 1) $ds > 0$, $S_2 > S_1$ bo'lsa, entropiya ortadi $dq > 0$ da issiqlik ortadi.

2) $ds < 0$, $S_2 < S_1$, bo'lsa, entropiya kamayadi $dq < 0$ da issiqlik ajraladi.

3) $ds = 0$, $S_2 = S_1$ $dq = 0$ adiabatik jarayon.

Entropiya haqida tushunchaga ega bo'lganimizdan keyin har qanday sodir bo'layotgan jarayonlar uchun issiqlik diagrammasi - T-s diagrammani chizib, ushbu jarayonda harorat va entropiya o'zgarishini izohlab berishimiz mumkin. T-s diagrammasi jarayonning issiqligini aniqlab beruvchi diagramma hisoblanadi.



Demak, qaytar jarayonda tizim olgan (yoki bergan) issiqlik miqdori $T \cdot s$ – diagrammada jarayon egri chizig‘i ostidagi yuza bilan tasvirlanadi.

$T \cdot s$ – diagrammaning qulayligi shundaki, siklda keltirilgan va olingan issiqlik miqdori ham siklni amalga oshirish natijasida olingan ish (yoki agar sikl teskari bo‘lsa, sarflangan ish) unda yaqqol tasvirlanadi.

Nazorat uchun savollar:

1. Entropiyaning mohiyati.
2. Entropiya qanday parametrlarga bog‘liq?
3. Ixtiyoriy siklda entropiyani aniqlash formulasi.
4. Termodinamika ikkinchi qonunining mohiyati nimadan iborat?

11-ma`ruza

Mavzu: Aylanma termodinamik jarayon va sikllar. Karnoning tog`ri sikli.

Siklning termik foydali ish koeffitsienti (FIK).

Reja:

1. Aylanma termodinamik jarayon va sikllar.
2. Karnoning tog`ri sikli.
3. Siklning termik foydali ish koeffitsienti (FIK).

1. Aylanma termodinamik jarayon va sikllar.

Ma`lumki, jismning bosimi va xajmi bilan xarakterlanadigan xolati $p-v$ - diagrammada nuqta bilan tasvirlanadi. Bunday diagrammada jism xolatining o`zgarishi *termodinamikaviy protsess egri chizig`i* bilan ifodalanadi. Jism bir qancha o`zgarishlarga uchrab, yana boshlang`ich xolatiga qaytib keladigan ketma-ket qator jarayonlar *aylanma jarayon*, boshqacha aytganda *tsikl* deyiladi.

Hozirgi zamon issiqlik dvigatellarini xisoblash issiqlik mexanikaviy ishga aylantiriladigan ideal aylanma jarayonga, ya`ni *ideal tsikllarga* asoslangan. Real dvigatellarda sodir bo`ladigan xaqiqiy issiqlik protsesslarining mukammalligini baxolash uchun ideal tsikllarni o`rganish zarur, Ideal tsikllarda protsesslar qaytar bo`ladi. Ularda ishqalanish bo`lmasligi va ideal issiqli yo`qligi tufayli isroflar bo`lmaydi.

Ideal tsikllarda sistemaga issiqlik keltirish protsessida ish jismining ximiyaviy tarkibi o`zgarmaydi, deb qaraladi. Real tsikllarda issiqlik keltirish yoqilg`ining yonish protsessida amalga oshiriladi. Bunda ichki yonuv dvigatellarida yoqilg`ining yonish maxsulotlari, bug` turbinasida esa yuqori bosimli bug` ish jismi xisoblanadi.

Ideal tsikllarda sistemadan issiqlik olib ketilishi protsessi bu issiqlikni sovitgichga berish sifatida qaraladi. Real tsikllarda esa sistemadan issiqlik olib ketilishi ishlab bo`lgan gaz yoki bug`ni chiqarib yuborish yo`li bilan amalga oshiriladi.

Ideal tsikllarda adiabatik siqilish va kengayish protsesslarida ish jismi bilan tashqi muxit orasida issiqlik almashinuvi bo`lmaydi. Real tsikllardagi kengayish va siqilish protsesslarida esa issiqlik almashinuvi bo`ladi va ular adiabatik protsesslarga to`la mos kelmasligi mumkin.

1-rasmda tasvirlangan aylanma qaytar protsessni ko`rib chiqamiz. Keltirilgan Q_1 , issiqlik ta`sirida jismning xolati AmV chiziq bo`yicha o`zgaradi, deb faraz qilaylik. Bunda son jixatdan $AmVbaA$ yuzaga teng musbat ish L_1 , bajarildi. Jism tashqi kuchlar ta`sirida V nuqtadan VpA chiziq bo`yicha o`zining dastlabki xolatiga (A nuqtaga) qaytadi. A nuqtada tsikl yopiladi. Jismning siqiliishga tashqi kuchlarning son jixatdan $AnVbaA$ yuzaga teng manfiy ishi L_2 sarflangan.

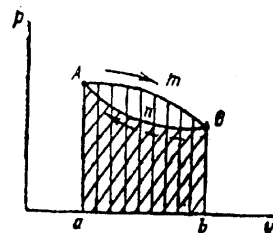
pv-diagrammada aylanma protsess chizig`i yopiq kontur $AmVnA$ dan iborat bo`lib, uning yuzasi $AmVbaA$ va $AnV aA$ yuzalarning ayirmasiga teng.

Foydali ish olish uchun kengayish ishi siqilish ishidan katta bo`lishi kerak. Foydali ish kengayish va siqilish ishlarining ayirmasiga teng:

$$L = L_1 - L_2 \quad (1.)$$

Ma`lumki, siqilish chizig`i BnA kengayish chizig`i AmV ga nisbatan qanchalik pastda joylashgan bo`lsa, foydali ish L shunchalik katta bo`ladi. Yo`nalishi soat strelkasining yo`nalishiga mos tushadigan, yuqorida ko`rib chiqilgan aylanma tsikl *to`g`ri tsikl* deyiladi. U barcha issiqlik dvigatellari uchun umumiydir. *Teskari aylanma tsiklning* (buni qaytar tsikl bilan chalkashtirib yubormaslik lozim) yo`nalishi soat strelkasining yunalishiga teskari bo`ladi. Sovitish mashinalari teskari tsikl bo`yicha ishlaydi. TSiklning termik f.i.k. issiqlik mexanikaviy ishga

aylantiradigan dvigatelning uzluksiz ishlashi uchun jismga Q_1 issiqlik beradigan issiqlik manbai va jismdan Q_2 , issiqlik oladigan sovitgich bo'lishi zarur. Shunda $Q_1 - Q_2 = L$ issiqlikni mexanikaviy ish L ga aylantirishga imkon yaratish lozim.



3.1-rasm. Aylanma protsessning p-v diagramida tasvirlanishi

Termodinamikaning birinchi qonuniga muvofik

$$Q_1 - Q_2 = \Delta U + L \quad (2.)$$

Lekin aylanma protsessda ichki energiya ΔU ning ko'payishi nolga teng, chunki jism o'zining dastlabki xolatiga qaytadi. Shuning uchun

$$Q_1 - Q_2 = L \quad (3.)$$

Ish L ga aylangan issiqlikning aylanma tsiklni amalga oshirishga sarflangan issiqlik Q ga nisbati termik foydali ish koeffitsienti (termik f.i.k.) η_t deyiladi.

$$\eta_t = \frac{L}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

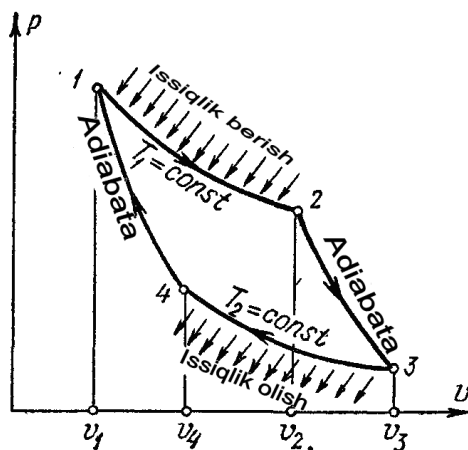
TSiklning termik f.i.k. *aylanma protsessda issiqlikdan foydalanish darajasini baxolash uchun xizmat qiladi*. Uning qiymati qanchalik katta bo'lsa, ish jismiga berilgan issiqlikning shunchalik ko'p qismi foydali ishga aylanadi va tsikl shunchalik mukammal bo'ladi

Agar $AmB aA$ egri chiziq bo'yicha yopik tsikl olishning iloji bo'lsa (1.-rasm) u xolda bunday tsiklda issiqlik Q_2 miqdori nolga teng va termik f.i.k. birga teng bo'lar edi. Lekin bunday tsiklni amalga oshirib bo'lmaydi, chunki protsess ba chiziq bo'yicha absolyut nolga (-273^0S) teng temperaturada borishni kerak edi, dvigatellarda haqiqatda buni amalga oshirib bo'lmaydi.

2. Karnoning tog'ri sikli.

Barcha ideal tsikllar orasida 1824 yilda frantsuz olimi Saadi Karno taklif etgan va uning nomi bilan atalgan tsikl Karno tsikli eng mukammalidir.

Karno tsikli. Karno tsikli qaytar tsikldir. U to`rtta protsessdan: ikkita izotermik va ikkita adiabatik protsessdan tarkib topgan. Sistema (ideal gaz)devorlari va porsheni mutlaqo issiqlik o`tkazmaydigan tsilindrga joylashtirilgan deb faraz qilaylik. TSilindr tubi qanday protsess borishiga qarab tashqi muhitdan termik izolyatsiyalanadi yoki dam temperaturasi T_1 bo`lgan issiqlik manbaiga, dam temperaturasi $T_2 < T_1$ bo`lgan sovitkichga ulanadi.



2-rasm

2-rasmda Karno tsikli grafikaviy tasvirlangan. Sistemaning boshlang`ich holati parametrlari P_1 , V_1 , T_1 bo`lgan a nuqta bilan aniqlanadi. Karno tsiklini hosil qiluvchi to`rtala tsiklni ko`rib chiqamiz.

Birinchi protsess-izotermik kengayish. TSilindrning tubi issiqlik manbai bilan termik kontaktda bo`ladi. Sistema q_1 issiqlik oladi va a chiziq bo`yicha izotermik kengayadi, bunda u tashqaridan berilgan issiqlik hisobiga ish bajaradi. B nuqtada issiqlik manbai tsilindrdan ajratib qo`yiladi va sistema termik izolyatsiyalanadi (tsilindrning tubi ideal issiqlik izolyatsiya materiali bilan qoplanadi).

Ikkinchi protsess-adiabatik kengayish. Gaz tashqi muhit bilan issiqlik almashmay b chiziq bo`yicha kengayadi, porshen siljiydi va gaz o`zining ichki energiyasi hisobiga ish bajaradi. Bunda temperatura va bosim pasayadi. Sistemaning temperaturasi sovitkichning temperaturasi T_2 ga yetgach, porshenning harakati s nuqtada to`xtaydi. Shundan keyin tsilindr sovitkich bilan termik kontaktga keltiriladi va uchinchi protsess boshlanadi.

Uchinchi protsess-izotermik siqilish. Porshen dastlabki holatiga shunchalik sekin qaytadiki, gaz sovitkich temperaturasida issiqlikni uzatadi. Bunda tashqi kuchlar gaz ustidan ish bajaradi. Uning hajmi kamayadi. temperaturasi o'zgarmay protsess, bosimi esa ortadi. d nuqtada sistema termik izolyatsiya qilinadi.

To'rtinchi protsess-adiabatik siqilish. Tashqi kuchlar tomonidan gazning siqilishi davom etadi, lekin bunda issiqlik almashinuv bo'lmaydi. Gazning hajmi kamayadi, temperaturasi va bosimi esa ortadi. Temperatura issiqlik manbaining T temperaturasi T_1 ga yetgach, siqilish protsessi to'xtaydi va Karno tsikli yopiladi.

Shunday qilib, diagrammada Karno tsikli yopiq egri chiziq *absda* bilan tasvirlanadi. Bunda shu egri chiziq bilan chegaralangan yuzaga son jixatdan teng ish L bajariladi (2-rasm, *a*).

TS-diagrammada (2-rasm, *b*) *a sda* yuza son jixatdan Karno tsiklning foydali ishiga aylantirilgan issiqlik miqdoriga teng. Ikkala diagrammada yuzalar o'zaro teng.

Karno tsikliining termik f. i. k. ushbu formuladan aniqlanadi:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (4.)$$

bu formuladan ko'rinib turibdiki.

1) *Karno tsiklining termik f.i.k. ish jismining xossalari bog'liq emas, balki, faqat absolyut temperaturalar T_1 va T_2 ning qiymatlari bialn aniqlanadi (Karno teoremasi);*

2) *Karno tsiklining termik f.i.k. qiymati T_1 , ortishi va T_2 ga kamayishi bilan kattalashadi;*

3) *Karno tsiklining termik f. i. k. doimo birdan kichik bo'ladi, chunki u $T_2=0$ yoki $T_1=\infty$ bo'lgandagina birga teng bo'lishi mumkin edi, ideal tsiklda xam bunday temperatura xosil qilib bo'lmaydi.*

Karno tsikli etalon bo'lib xizmat qiladi real mashinalar yaratishda shu etalonga yaqinlashtirishga harakat qilish lozim.

Karno tsiklining termik f.i.k. ni oshirish uchun issiqlik manbai bilan sovitkich orasidagi temperaturalar farqini iloji boricha kattalashtirish kerak. Real sharoitlarda shu maqsadda ish jismining, temperaturasi protseessning boshlanishida oshiriladi va protsessning oxirida kamaytiriladi.

3. Siklning termik foydali ish koeffitsienti (FIK).

TSiklning termik foydali ish koeffitsientini (f.i.k) quyidagicha yozish mumkin:

$$\eta_1 = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} \quad (5.)$$

Karno tsikli uchun F.I.K

$$\eta_1^1 = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (6.)$$

Termodinamikaning II-qonuni issiqlik dvigatellari F.I.K ning $\eta > 1$ bo`la olmasligi to`g`risida bo`lib, davriy, yagona issiqlik manбайдan ishlaydigan abadiy (II-tartibli) dvigatelni yaratib bo`lmasligini isbotlaydi. Termodinamikaning II qonuni R.Klaziuz (1850y) quyidagicha ta`riflanadi: Issiqlik energiyasi ishga aylanish jarayonida to`laligicha ishga aylanmaydi va issiqlik sovuq sistemadan issiq sistemaga o`z-o`zidan o`ta olmaydi. R.Klaziuz ta`rifiga muvofiq, ishga aylanmagan qoldiq issiqlik energiyasidan qaytadan foydalanib bo`lmaydi, shuning uchun ham issiqlik dvigateligiga uzatilgan issiqlik miqdori 100% foydali ishga aylanmaydi.

1) Karno siklining termik F.I.K. ishlatilayotgan jismning xossasiga bog`liq bo`lmasdan, faqat issiqlik manbalari absolyut temperaturalarining quyi va yuqori qiymatlariga bog`liq bo`lar ekan. (Karno teoremasi).

2) Karno siklining termik F.I.K. isitkich temperaturasi o`sishi va sovitkich temperaturasi kamayishi bilan ortadi.

3) Karno siklining termik F.I.K. har doim birdan kichik bo`lib, birga teng bo`lishi mumkin emas.

Termik F.I.K. birga teng bo`lishi uchun $T_2/T_1=0$, ya`ni $T_1=\infty$ yoki $T_2=0$ bo`lishi kerak. Tushunarliki, ikkala shartni ham amalga oshirib bo`lmaydi.

4). Karno siklining termik F.I.K. $T_1=T_2$ bo`lganda nolga teng, ya`ni tizimdagi barcha jismlar temperaturasi teng bo`lsa, issiqlikni ishga aylantirib bo`lmaydi.

Ma`lumki, barcha real jarayonlar ishqalanish, issiqlik almashinish va h.k. lar tufayli qaytmasdir. Shuning uchun qaytmas Karno siklining termik F.I.K. $1 - \frac{T_2}{T_1}$ dan kichik bo`ladi.

Karno teoremasiga muvofiq ikkita issiq manba orasida amalga oshiriladigan har qanday qaytar sikl termik F.I.K. ning kattaligi bu siklda ishlatiladigan ish jism xossalariga bog‘liq bo‘lmaydi.

Nazorat uchun savollar:

1. Termik F.I.K. formulasini aytib bering.
2. Termodinamika II-qonuni formulasini yozib bering.
3. Karno tsikli nimadan iborat?
4. Izotermik jarayonida F.I.K. nechaga teng?
5. Termik F.I.K. Karno tsiklda nechaga teng?
6. Termodinamikaning II qonuni qanday tushunasiz?

12-ma`ruza

Mavzu: Sovitish mashinalar tsikllari. Karnoning teskari sikli. Sovitish koeffitsienti. Termodinamik ehtimollik. Bol’sman doimiysi. Ekssergiya.

Reja:

1. Sovitish mashinalar tsikllari.
2. Karnoning teskari sikli.
3. Ekssergiya.

1. Sovitish mashinalar tsikllari.

Jismlarni atrof – muhit temperaturasidan past temperaturagacha sovitish teskari issiqlik sikli bo‘yicha ishlaydigan sovitish qurilmalari yordamida amalga oshiriladi. Siqish ishi kengaytish ishidan ortiq bo‘lgan va keltirilgan ish hisobidan issiqlik past temperaturali manbadan yuqori temperaturali manbaga uzatiladigan sikl teskari sikl deb atalishini eslatib o‘tamiz. Past temperaturalar turli usullar bilan hosil qilinadi. Ba’zi moddalar fazaviy o‘tish (erish, bug‘lanish, sublimatsiya) paytida past temperaturalarda ham ko‘p miqdorda issiqlik yutadi. Bu esa ulardan sovuq olish uchun foydalanish imkonini beradi. Muzni eritish usulidan, $t > 0$ °S temperaturalarda sovitishda foydalaniladi. Yana ham pastroq temperaturalar olish uchun muz yoki qorga tuz qo‘shiladi. Masalan, muz bilan natriy xlor aralashmasi (- 21,2 °S gacha) va muz bilan kalptsiy xlor aralashmasi (- 55 °S gacha) sovitish uchun keng qo‘llanilmoqda. Ma’lumki, bug‘ hosil bo‘lishi jarayoni suyuqlikka issiqlik keltirilganda ro‘y beradi.

Sovitish uchun atmosfera bosimida qaynash temperaturasi va bug' hosil qilish issiqligi yuqori bo'lgan suyuqliklardan foydalaniladi. Suyuqlikni bug'lanish jarayoni bug'li sovitish mashinalarida keng qo'llaniladi. Moddalarni qattiq holatdan suyuq holatga o'tmasdan gaz holatiga o'tishi sublimatsiya deyiladi.

Sovitish uchun sublimatsiyalanadigan qattiq CO_2 yoki «quruq muz» qo'llaniladi. Quruq muzning sublimatsiya temperaturasi P_{at} da $-78,9$ °S ga teng. Ma'lumki, siqilgan gaz izobarik kengayganda uning temperaturasi pasayadi, chunki tashqi ish ichki energiyaning kamayishi hisobiga bajariladi. Bunday past temperaturalar olish usuli havoli sovitish mashinalarida qo'llaniladi. Real gazlar drossellanganda temperaturasi pasayadi (Joul – Tomson effekti). Ushbu usul ham past temperaturalar olishda keng qo'llanilib kelmoqda. Yuqorida keltirilgan usullardan tashqari frantsuz muhandisi ixtiro qilgan «uyurmali ta'sir» va Peltppe ixtiro qilgan termoelektrik sovitish usullari sovitish texnikasida qo'llanilib kelinmoqda. Sovitish qurilmalarida ish jismi sifatida oson qaynaydigan suyuqliklar: ammiak, freon, karbonat angidrid, sulfat angidrid va boshqalar ishlatiladi. Ular sovuq elitgichlar deyiladi.

Sovuq elitgichlarga qo'yiladigan talablar to'rt guruhga bo'linadi: termodinamik, fizik – kimyoviy, fiziologik va iqtisodiy.

Termodinamik talablar. Sovuq elitgichning sovitish unumdorligi katta bo'lishi, bug' hosil qilish issiqligi yuqori bo'lishi, qotish temperaturasi past, kritik temperaturasi yuqori bo'lishi kerak.

Fizik – kimyoviy talablar. Sovuq elitgichlr suvda va yog'da erishi lozim, metall bilan reaksiyaga kirishmasligi, parchalanmasligi kerak.

Fiziologik talablar. Sovuq elitgichlar zaharli bo'lmasligi, nafasni qismasligi lozim.

Iqtisodiy talablar. Sovuq elitgichlar arzon va tanqis bo'lmasligi lozim.

Yuqoridagi talablarga har tomonlama javob bera oladigan sovuq elitgichlar bugungi kunda topilgani yo'q. Shuning uchun sovuq elitgichlar vazifasiga, ishlash sharoitiga va tuzilishiga qarab tanlanadi.

Eng ko'p ishlatiladigan sovuq elitgichlar ammiak va freonlardir. Ammiak NH_3 yaxshi sovuq elitgichlari qatoriga kiradi. $t=20$ °S da ammiakning to'yingan bug'i

bosimi 857 kPa ni tashkil etadi, atmosfera bosimida esa - 34 °S ga teng to'yinish temperaturasi mos keladi. Ammiakning bug' hosil qilish issiqligi ancha katta. Ammiakning bu sifatlari sanoat sovitish mashinalarida ishlatiladigan sovuq elitgichlar ichida uni birinchi o'ringa qo'yadi. Ammiakning zaharliligi uning asosiy kamchiligi bo'lganligidan turmushda ishlatiladigan sovitish mashinalarida ishlatilmaydi.

Sovuq elitgichlari sifatida freonlar – eng oddiy to'yingan uglevodorodlarning (asosan metanning) fluor – xlorli hosilalari borgan sari ko'p ishlatilmoqda. Freonlarning boshqa sovuq elitgichlaridan farqi shuki, ular kimyoviy turg'un, zaharsiz bo'lib ($t < 200$ °S da), barcha metallarga nisbatan inertdir. Freonlar ichida eng ko'p tarqalgani freon – 12 bo'lib, undan o'y – ro'zg'or sovitgichlarida foydalaniladi. Freon – 12 o'zini texnik hossalari jihatidan ammiakka o'xshaydi. Lekin uni bug' hosil qilish issiqligi ammiaknikidan kichikdir. Atmosfera bosimida freon – 12 $t = -29,8$ °S da qaynaydi. Ba'zi sovuq elitgichlarning fizik xossalari 1–jadvalda keltirilgan.

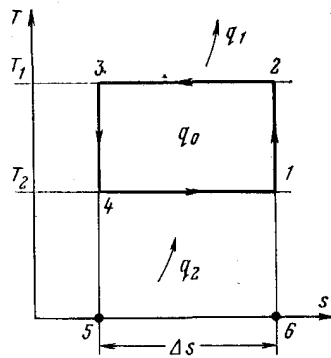
Sovuq elitgichlarning fizik xossalari.

1 – jadval.

Sovuq elitgichning nomi	Kimyoviy formulasi	Normal qaynash temperaturasi, °S	Kritik temperaturasi, °S	Qotish temperaturasi, °S
Suv	H ₂ O	+100,0	+374,15	0
Karbonat angidrid	CO ₂	-78,52	+31,0	-56,6
Ammiak	NH ₃	-34,0	-132,4	-77,7
Freon-12	CF ₂ Cl ₂	-29,8	+112,04	-155,0
Freon-22	CHF ₂ Cl ₂	-40,8	+96,0	-160,0

2. Karnoning teskari sikli.

Sovitish mashinasi issiqlik mashinasidan farqli ravishda teskari sikl bo'yicha ishlaydi. Karno sikliga teskari bo'lgan sikl sovitish mashinalarining ideal sikli deyiladi. Ideal siklga solishtirilib, darajasi aniqlanadi. siklidan ko'rinib q_2 issiqlik jarayonda izoterma



1-rasm. Karnoning

nuqtalar bilan **teskari (sovitish) sikli** chegaralangan yuzaga son qiymati jihatdan teng. 2-3 jarayonda sovituvchi moddadan 2-3-5-6-2 yuza bilan tasvirlangan q_1 issiqlik miqdori olib ketiladi. 4-2 jarayonda ish jismi adiabatik siqiladi va 3-4 jarayonda adiabatik kengayadi. Sovitish siklining bajargan ishi 1-2-3-4-1 nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatdan teng, ya'ni

$$A_{ts} = q_1 - q_2 \quad (1)$$

Sovitish mashinalarining mukammalligi sovitish koeffitsienti ε orqali aniqlanadi:

$$\varepsilon = q_2 / A_{ts} = T_2 / (T_1 - T_2) \quad (2)$$

Demak, qancha ko'p issiqlik q_2 olinib va bunda shuncha kam mexanik ish sarflansa yoki ε qancha katta bo'lsa, shunchalik sovitish sikli takomillashgan bo'ladi. Sovitish qurilmalari sovituvchi modda turiga qarab ikkita asosiy guruhga bo'linadi:

1. Gazli (jumladan, havoli) sovitish qurilmalari;
2. Bug'li sovitish qurilmalari.

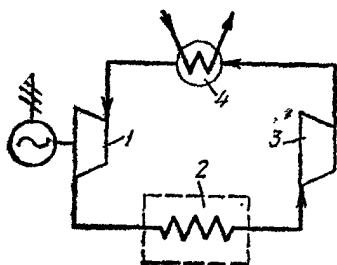
Bug'li sovitish qurilmalari o'z navbatida bug'-kompressorli, bug'-ejektorli va absorbtсион qurilmalarga bo'linadi. Termoelektrik va termomagnit sovitish mashinalari alohida guruhni tashkil etadi. Bunday turdagi sovitish mashinalarida sovituvchi modda bo'lmaydi.

. Havoli sovitish qurilmasi

Havoli sovitish qurilmasi amalda ishlaygan sovitish qurilmasi turlaridan eng birinchisi bo'lgan. Bunday qurilmani amerikalik muhandis Garri 1845 yili ixtiro qilgan.

Havoli sovitish qurilmasining sxemasi 2-rasmda ko'rsatilgan.

Havo detander 1 da bosim p_1 kengayib ish bajaradi; bu iste'molchiga (masalan, Detanderda adiabatik temperaturadan T_4



2-rasm

qurilmasining sxemasi 2-rasmda ko'rsatilgan.

bosimdan p_2 bosimgacha ishni detander tashqi elektr generatoriga) beradi. kengayish natijasida T_3 temperaturagacha ($\approx 60^\circ\text{S}$)

sovitilgan havo sovitiladigan xona 2 ga kirib, undan issiqlik oladi. Sovitiladigan xonada havoga issiqlik berish jarayoni o'zgarmas havo bosimida ($p_2=\text{const}$) sodir bo'ladi. Havo sovitiladigan xonadan chiqqanidan keyin kompressor 3 ga yuboriladi, bu yerda havo bosimi p_2 dan p_1 gacha oshiriladi (bunda havo temperaturasi T_3 dan T_2 gacha ortadi). Kompressorda siqilgan havo sovitgich 4 ga kiradi. Sovitgich issiqlik almashtirgich bo'lib, unda sovituvchi suvga issiqlik berilishi natijasida havo temperaturasi pasayadi. Sovitgichda jarayon o'zgarmas havo bosimida ($p_1=\text{const}$) sodir bo'ladi

Bug'-kompression sovitish qurilmasi

Sovituvchi modda sifatida biror suyuqlikning, ya'ni atmosfera bosimida qaynash temperaturasi $t \leq 0^\circ\text{S}$ bo'lgan suyuqlikning nam bug'idan foydalanilsa sovitish qurilmasida issiqlik berish va olishni izotermalar bo'yicha amalga oshirish mumkin. Bu ma'noda mazkur sikl Karno sikliga yaqinlashadi va shu sababli bunday qurilmaning samaradorligi eng yuqori va shu sababli ular eng ko'p tarqalgan.

Efir bug'lari bilan ishlaydigan bug' – kompression sovitish qurilmalari dastavval 1834 yildayoq yaratilgan edi. So'ngra bu xil qurilmalarda sovituvchi modda sifatida metil efir va sulfat angidrididan foydalaniladigan bo'ldi. Nemis muhandisi K. Linde 1874 yilda ammiakli, 1881 yilda karbonat angidridli bug' – kompression qurilmani yaratdi. XX asrning 30 – yillarida bunday qurilmalarda freonlar sovituvchi modda sifatida ishlatila boshlandi. Shu vaqtlargacha bunday

qurilmalarda porshenli kompressorlar ishlatildi, soʻngra rotatsion, vintli va turbokompressorlar ishlatila boshlandi.

Bugʻ kompression qurilmaning sovitish koeffitsienti quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\varepsilon = q_2 / A_{st} = (h_1 - h_5) / (h_2 - h_1) \quad (3)$$

(3) formuladan koʻrinib turibdiki, sovitish xonasidagi temperatura qanchalik katta va sovituvchi muhit temperaturasi shunchalik past boʻlsa ε shunchalik katta boʻladi. Hozirgi vaqtda bugʻ – kompression sovitish qurilmalari moʻtadil sovitish temperaturalari sohasida koʻpchilik hollarda, boshqa sovitish qurilmalariga qaraganda eng samarali qurilmalar boʻlib qoldi, ulardan sanoat va turmushda keng foydalaniladi.

Qurilma siklida chetdan ish kiritilmaganligi, uning oʻrniga esa qozonga issiqlik berilishi tufayli bunday qurilma siklining samaradorligi quyidagi formuladan aniqlanadigan issiqlikdan foydalanish koeffitsienti ξ bilan aniqlanadi:

$$\xi = \frac{q_2}{q_k}, \quad (4)$$

bu yerda q_2 – sovitilayotgan hajmdan olinadigan issiqlik, q_k – qozonga beriladigan issiqlik. (4) formulani ish moddasi entalpiyalari orqali quyidagicha yozish mumkin:

$$\xi = \frac{h_3 - h_2}{(h_{IV} - h_I) \cdot g} \quad (5)$$

bu yerda g orqali qozonga ejektor soplosiga beriladigan p_q bosimli bugʻ miqdorining bugʻlatgichdan aralashish kamerasiga kiradigan bugʻ miqdoriga nisbatan berilgan.

3. Eksergiya

Tizim muvozanatda boʻlmagan holatdan muvozanatdagi holatga oʻtayotganda bajarishi mumkin boʻlgan eng katta ishni olish uchun tizimda boʻlayotgan barcha jarayonlar toʻla qaytar boʻlishi kerak. Shuning uchun tizim bajara oladigan maksimal foydali ishning qiymatini aniqlash (ayrim hollarda tizimning ish bajara olishini aniqlash ham deydilar) juda muhim vazifadir. Maʼlumki, izolyatsiyalangan

tizim faqat muvozanatda bo'lmagan holatda bo'lgandagina ish bajara oladi. Muvozanatdagi holatga erishgandan so'ng u ish bajara olmaydi. Karno siklida maksimal ishni faqat ishchi jism temperaturasi issiq manba temperaturasiga teng bo'lganda va ishchi jismning eng past temperaturasi sovuq manba temperaturasiga teng bo'lganda, ya'ni qaytar jarayonlar sodir bo'lganda olish mumkin. Bundan ko'rinib turibdiki, tizim muvozanat bo'lmagan holatdan muvozanat holatiga o'tishida, maksimal ishni faqat qaytar adiabat va izotermik jarayonlar amalga oshgandagina olish mumkin.

Izolyatsiyalangan tizimning maksimal foydali ishi (ish bajara olishi) kattaligini topish uchun qaytar jarayonlarning o'tishi natijasida izolyatsiyalangan tizim entropiyasi o'zgarmaydi degan holdan foydalanish zarur.

Tizimning maksimal foydali ishining kattaligi ish manbaining boshlang'ich parametrlari va muhit parametrlari bilan bir qiymatda aniqlanadi. Tizimdan maksimal foydali ishdan kattaroq ish olish mumkin emas.

Keyingi paytlarda termodinamik jarayonlarni tadqiqot etishda eksergiya tushunchasidan keng foydalanilmoqda.

Eksergiya yordamida tadqiqot uslubiga eksergetik tadqiqot uslubi deb aytiladi.

Umuman olganda solishtirma eksergiya L deb, qaytar termodinamik jarayonda tizim boshlang'ich holatdan atrof-muhit holatigacha o'zgarganda issiqlikni yoki ishchi jismni solishtirma ish bajara olishiga aytiladi.

Agar birorta jarayonda ishchi jismning oxirgi parametrlari muhit parametrlaridan farq qilsa, u holda bu jarayonda olingan xaqiqiy ish jarayonni boshi va oxiridagi eksergiyalar farqi bilan aniqlanadi,

Eksergetik f.i.k. quyidagiga teng:

$$\eta_{\ell} = 1 - \Delta \ell / \ell_1$$

Bu yerda $\Delta \ell$ - keltirilgan va olib ketilgan eksergiyalar farqi; ℓ_1 - keltirilgan eksergiya. Bu kattalik orqali har qanday issiqlik apparatini termodinamik mukammaligini aniqlash mumkin.

Nazorat uchun savollar:

1. Sovuq olish usullarini keltiring.

2. Sovituvchi moddalarga qanday talablar qo'yiladi?
3. Teskari Karno sikli.
4. Sovitish ko'effitsenti.
5. Sovitish mashinalari turlari
6. Havoli sovitish qurilmasi qanday ishlaydi?
7. Bug' – kompression sovitish qurilmasi qanday ishlaydi?
8. Freonning afzalliklari nimadan iborat?
9. Ammiakning afzalliklari nimadan iborat?
10. Bug' – ejektorli sovitish qurilmasi.
11. Issiqlikdan foydalanish ko'effitsenti.
12. Ekssergiya.

13-ma`ruza

Mavzu: Yopiq tizimlardagi ideal gazlarning termodinamik jarayonlari.

Izoxorik jarayon. Izobarik jarayon..

Reja:

1. Termodinamik jarayonlarni o'rganish yo'llari.
2. Izoxorik jarayon.
3. Izobarik jarayon.

1. Termodinamik jarayonlarni o'rganish yo'llari

Termodinamikaning birinchi qonuni issiqlik miqdori, ichki energiyaning o'zgarishi va tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan foydali ish o'rtasidagi munosabatni belgilaydi. Jismga uzatilayotgan yoki undan olib ketilayotgan issiqlik miqdori jarayonning turiga bog'liq bo'ladi.

Asosiy termodinamik jarayonlar quyidagilardan iborat:

1. O'zgarmas hajmda kechadigan izoxorik jarayon.
2. O'zgarmas bosimda kechadigan izobarik jarayon.

3. O'zgarimas temperaturada kechadigan izotermik jarayon.
4. Tashqi muhit bilan issiqlik almashmagan holda kechadigan adiabatik jarayon.
5. Yuqoridagi termodinamik jarayonlarni umumlashtirgan politrop jarayon.

Politrop jarayonda tizimning issiqlik sig'imi o'zgarimas bo'ladi.

Barcha jarayonlarni o'rganishda umumiy uslub qo'llanilib, uning mohiyati quyidagidan iborat:

Jarayonning $p-v$ va $T-s$ diagrammadagi egri chiziq tenglamasi keltirib chiqariladi;

Ishchi jismning holat parametrlari orasidagi bog'lanish aniqlanadi.

Quyidagi formulalar orqali ichki energiyaning o'zgarishi aniqlanadi:

$$\Delta u = u_2 - u_1 = \int_{t_1}^{t_2} c_v dt = c_{vm} / t_2 - c_{vm} / t_1 \Delta$$

yoki sig'im o'zgarimas bo'lganda:

$$u_2 - u_1 = c_v(t_2 - t_1)$$

Tizimning kengayish ishi quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$\ell = \int_{v_1}^{v_2} p dv$$

Termodinamik jarayonning issiqlik miqdori quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$q_{1-2} = \int_{t_1}^{t_2} c_x dt = c_{xm} / t_2 - c_{xm} / t_1;$$

Jarayonda entelpiyaning o'zgarishi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$h_2 - h_1 = c_{pm} / t_2 - c_{pm} / t_1,$$

yoki o'zgarimas sig'im uchun

$$h_2 - h_1 = c_p(t_2 - t_1);$$

Ideal gazning entropiyasini o'zgarishini quyidagi formulalar yordamida aniqlaymiz:

$$s_2 - s_1 = c_v \ln T_2 / T_1 + R \ln v_2 / v_1$$

$$s_2 - s_1 = c_p \ln T_2 / T_1 - R \ln p_2 / p_1$$

Tekshirilayotgan barcha jarayonlar, qaytar jarayonlar ekanligini ta'kidlab o'tamiz.

2. Ixorik jarayon

Ixorik jarayonga yopiq idishda gazning isishi yoki sovishi misol bo‘la oladi.

O‘zgarmas hajmda kechadigan jarayonga izoxorik jarayon ($dv=0$, yoki $v=const$) deb aytiladi. Jarayon egri chizig‘i izoxora deb aytiladi. 4.1-rasmda jarayonning $p-v$ - va $T-s$ - diagrammalari tasvirlangan.

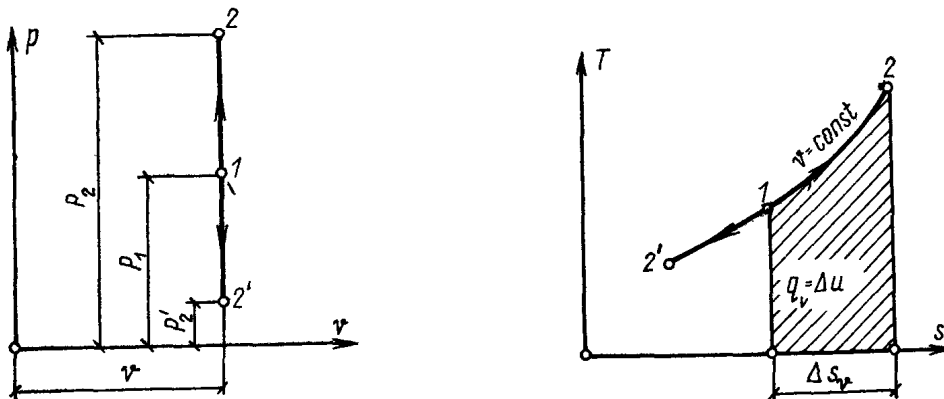
Ideal gazning holat tenglamasi:

$$p v = RT \text{ dan } \quad v = \text{const uchun}$$

$$p/T = R/v = f(v) = \text{const}$$

Ixorik jarayonda bosimlar nisbati absolyut temperaturalar nisbatlariga teng bo‘ladi, ya’ni bosim o‘zgarishi bu jarayondagi absolyut temperatura o‘zgarishiga to‘g‘ri proporsionaldir.

$$p_1/p_2 = T_1/T_2 \quad (1)$$



4.1-rasm. Gaz holatini izoxorik jarayonda o‘zgarishining Pv - va Ts - diagrammalari

Ixorik jarayonda gaz hajmining o‘zgarishi $dv = v_2 - v_1 = 0$, bo‘lganligidan

$$\ell = \int_{v_1}^{v_2} p dv = 0 \quad (2)$$

Ya’ni, izoxorik jarayonda gaz ish bajarmaydi. Termodinamikaning birinchi qonunini $d\ell = 0$. hol uchun yozamiz:

$$dq_v = du_v = c_v dt \quad (3)$$

Sig‘im o‘zgarmas bo‘lganda:

$$q_{v,1-2} = \int_{t_1}^{t_2} c_v dt = c_v (t_2 - t_1) = u_2 - u_1 \quad (4)$$

Demak, tizimga berilgan dq issiqlik miqdori shu tizim ichki energiyasining o'zgarishiga sarflanar ekan.

Sig'im o'zgaruvchan bo'lganda:

$$q_{v,1-2} = u_2 - u_1 = c_{vm} \int_0^{t_2} dt_2 - c_{vm} \int_0^{t_1} dt_1 \quad (5)$$

1-rasmdan ko'rinib turibdiki, izoxorik jarayon bosim ortishi bilan kechsa, demak tizimga issiqlik keltiriladi va ishchi jismning ichki energiyasi va temperaturasi ortadi.

Agar izoxorik jarayonda bosim kamaysa, u holda issiqlik olib ketiladi va ichki energiya hamda temperatura kamayadi. Izoxorik jarayon uchun entropiyaning o'zgarishini quyidagi tenglamadan aniqlaymiz.

$$s_2 - s_1 = c_v \ln T_2 / T_1 + R \ln v_2 / v_1$$

lekin $v = \text{const}$ uchun $\ln v_2 / v_1 = 0$.

Shuning uchun

$$s_2 - s_1 = c_v \ln T_2 / T_1 = c_v \ln p_2 / p_1 \quad (6)$$

Demak, izoxorik jarayonda gaz ish bajarmaydi. Unga uzatilgan dq issiqlik miqdori termodinamik tizim ichki energiyasining o'zgarishiga sarflanadi.

3. Izobarik jarayon

O'zgarmas bosim ostida kechadigan termodinamik jarayonlarga izobarik jarayon ($p = \text{const}$) deyiladi. Jarayonning grafigi 2-rasmda tasvirlangan.

Jarayon egri chizig'i izobara deb aytiladi. Har ikkala holat uchun jarayonning holat tenglamalarini yozamiz:

$$p_1 v_1 = RT_1; p_2 v_2 = RT_2$$

$p = \text{const}$ uchun

$$v_1 / v_2 = T_1 / T_2 \quad (7)$$

Bundan shu narsa kelib chiqadiki, gaz temperaturasi qanchalik yuqori bo'lsa, uning solishtirma hajmi shunchalik katta bo'ladi (ya'ni zichligi shunchalik kichik bo'ladi).

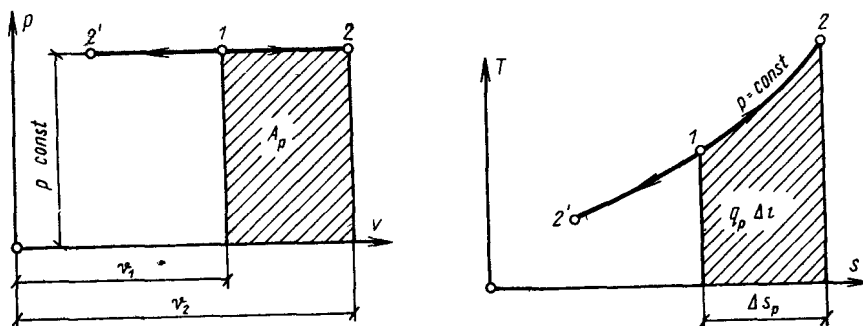
Izobarik jarayonda tizimning kengayish ishi quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$\ell_p = \int_{v_1}^{v_2} p dv = p \int_{v_1}^{v_2} dv = p(v_2 - v_1) \quad (8)$$

yoki

$$\ell_p = R(T_2 - T_1) = R\Delta T \quad (9)$$

Oxirgi tenglamadan ko'rinib turibdiki, agar $\Delta T=1^\circ$ bo'lsa, $\ell_p=R$ bo'ladi.



2-rasm. Gaz holatini izobarik jarayonda o'zgarishining Pv - va Ts - diagrammalari

Shundan ko'rinib turibdiki, agar temperaturalar farqi 1° bo'lsa, universal gaz doimiysi izobarik jarayonda tizimning bajarigan ishini tavsiflar ekan.

Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonunini ($p=\text{const}$, yoki $dp=0$) yozamiz:

$$dq_p = c_p dt = dh \quad (10)$$

Demak, izobarik jarayonda tizimga keltirilgan issiqlik miqdori ($p=\text{const}$) quyidagiga teng:

$$q_{p,1-2} = \int_{t_1}^{t_2} c_p dt = c_p(t_2 - t_1) = h_2 - h_1, \quad (11)$$

Sig'im o'zgaruvchan bo'lsa:

$$q_{p,1-2} = c_{pm} / t_2 - c_{pm} / t_1 = h_2 - h_1 \quad (12)$$

Izobarik jarayonda tizimga uzatilgan issiqlik miqdori entalpiyaning o'zgarishiga teng ekan. Demak, izobarik jarayonda termodinamik tizimga uzatilgan issiqlik miqdori asosan shu tizim ichki energiyasining ortishiga va oz qismi tashqi mexanik ish bajarishga sarf bo'lar ekan.

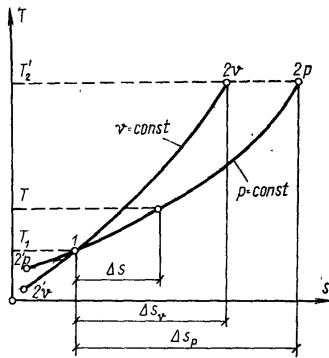
Izobarik jarayon uchun sig'im o'zgarimas bo'lganda entropiyaning o'zgarishi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$s_2 - s_1 = c_p \ln T_2 / T_1 - R \ln p_2 / p_1$$

lekin, $p=\text{const}$ uchun $\ln p_2 / p_1 = 0$.

Shuning uchun

$$s_2 - s_1 = \int_{T_1}^{T_2} (c_p / T) dT = c_p \ln T_2 / T_1 = c_p \ln v_2 / v_1 \quad (13)$$



(6) va (13) tenglamalarni taqqoslashdan ko‘rinib turibdiki, agar temperaturalar T_1 dan T_2 gacha o‘zgarganda $\Delta s_p > \Delta s_v$ bo‘ladi, chunki $s_p > s_v$.

Shu sababli izoxora grafigi izobaraga nisbatan tikroq bo‘ladi (3-rasm).

Demak, termodinamik tizimlarga bir xil miqdorda 3-rasm. Izoxorik va issiqlik energiyasi berilsa ham, entropiyaning o‘zgarishi izoxorik jarayonda izobarik jarayonga nisbatan tezroq o‘zgaradi.

Nazorat uchun savollar:

1. Izoxorik jarayoning diagrammalari.
2. Izoxorik jarayonda issiqlik miqdori qanday o‘zgaradi?
3. Izoxorik jarayonda ichki energiya qanday o‘zgaradi?
4. Izoxorik jarayonda ish qanday aniqlanadi?
5. Izobarik jarayon tenglamasi
6. Izobarik jarayonda entalpiya qanday aniqlanadi?

14-ma`ruza

Mavzu: Yopiq tizimlardagi ideal gazlarning termodinamik jarayonlari.

Izotermik jarayon. Adiabatik jarayon. Politropik jarayon va uning umumlashtiruvchi ahamiyati.

Reja:

1. Izotermik jarayon.
2. Adiabatik jarayon.
3. Politropik jarayon va uning tahlili.

1. Izotermik jarayon

O‘zgarmas ($T=\text{const}$) temperaturada sodir bo‘ladigan termodinamik jarayon izotermik jarayon deyiladi. Boyle-Mariott qonuniga asosan $T=\text{const}$. Izotermik jarayonning Pv koordinatalari diagrammasi giperboladan, Ts –koordinatadagi diagrammasi obtsissa o‘qiga parallel chiziqdan iborat (4.4-rasm).

Tizim xolatlarining tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin.

$$p_1 v_1 = RT_1; \quad p_2 v_2 = RT_2.$$

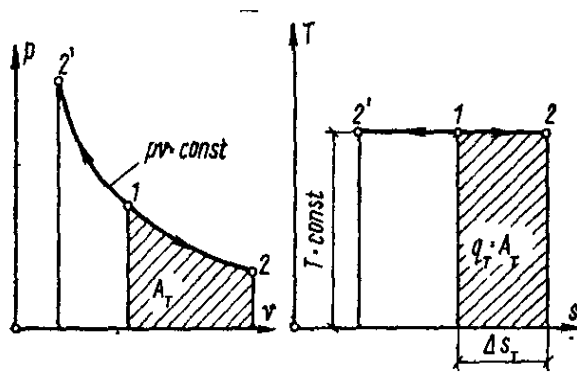
$$T = \text{const} \text{ bo'lganligi uchun } T_1 = T_2.$$

Boyl-Mariott qonunining ifodasi tizim holat tenglamalarining nisbatidan topiladi.

$$p_1/p_2 = v_2/v_1 \text{ yoki } p_1 v_1 = p_2 v_2 \dots p_n v_n = \text{const} \quad (1)$$

Demak, o'zgarish temperaturadagi berilgan gaz massasi bosimining hajmiga ko'paytmasi o'zgarish kattaligidir.

Jarayonning ishini gazning kengayish ishi $\ell = \int_{v_1}^{v_2} p dv$ orqali aniqlash mumkin.



Gazning holat tenglamasidan

$$p = RT/v.$$

U holda

$$\ell_T = RT \ln \frac{v_2}{v_1} = RT \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (2)$$

Termodinamik tizimga

uzatilgan issiqlik miqdorini

4-rasm. Gaz holatini izotermik termodinamikaning birinchi qonunini yozib, uning tahlilidan aniqlaymiz.

$$dq_T = c_v dt + p dv$$

Izotermik jarayonda $T = \text{const}$ bo'lganligi uchun $dT = 0$. Shu sababli $du = c_v dt$ ekanligidan, izotermik jarayonda ichki energiyaning o'zgarishi nolga teng, ya'ni

$$du = 0 \quad (3)$$

Demak, tizimga uzatilgan issiqlik miqdori tashqi ta'sir kuchiga qarshi mexanik ish bajarishga sarflanadi.

$$dq_T = d\ell \quad (4)$$

Issiqlik miqdori T - s -diagrammada balandligi T va asosi Δs_t ga teng to'rtburchak yuziga teng, ya'ni $q_T = T \cdot \Delta s$. Izotermik jarayonda entropiyaning o'zgarishini quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$\Delta s_T = R \ln \frac{v_2}{v_1} = R \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (5)$$

U holda

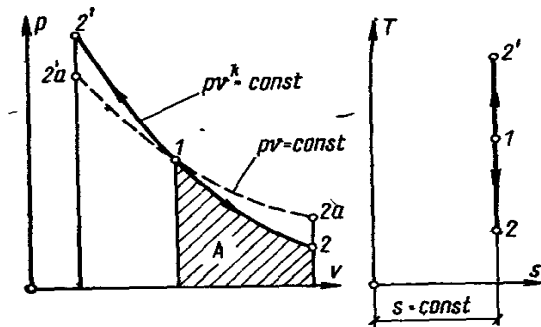
$$q_T = T \cdot \Delta s_T = RT \ln \frac{v_2}{v_1} = RT \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (6)$$

3. Adiabatik jarayon.

4. Ish moddasi tashqi muhit bilan issiqlik almashmagan holda kechadigan termodinamik jarayon adiabatik jarayon deyiladi. Jarayonning egri chizig'i adiabata deyiladi (1.-rasm).
5. Tashqaridan tizimga issiqlik uzatilmaydi va undan chiqarilmaydi, ya'ni $dq=0$. Real sharoitda real jarayonlar muvozanatda bo'la olmaydi, shuning uchun adiabatik jarayon bo'lishi mumkin emas.

Ammo tez kechadigan jarayonlarni adiabatik jarayon deb qarash mumkin.

Tashqaridan tizimga kiritilgan issiqlik miqdori $dq_A=0$ bo'lganligi uchun, shu tizim entropiyasining o'zgarishi $ds=dq_A/T=0$ bo'ladi. Demak, tizimda kechadigan



1.-rasm. Gaz holatini adiabatik jarayonda o'zgarishining Pv - va Ts - diagrammalari

jarayon adiabatik bo'lsa, bunday termodinamik tizimning entropiyasi o'zgarmasdir, ya'ni $s=const$. Adiabata tenglamasini keltirib chiqaraylik.

Termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasidan $dq=0$ bo'lganda:

$$c_p dT - v dp = 0 \text{ va } c_v dT + p dv = 0$$

Birinchi tenglamani ikkinchisiga bo'lib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{c_p dT}{c_v dT} = -\frac{v dp}{p dv} \text{ yoki } k \frac{dv}{v} = -\frac{dp}{p}$$

Oxirgi tenglamani $k=const$ ($c_p=const$ va $c_v=const$) deb hisoblab integrallaymiz:

$$k \int_{v_1}^{v_2} dv/v = - \int_{p_1}^{p_2} dp/p \quad \text{va} \quad k \ln v_2/v_1 = \ln p_1/p_2$$

yuqoridagi tenglamani potentsirlasak:

$$(v_2/v_1)^k = p_1/p_2 \quad \text{yoki} \quad p_1 v_1^k = p_2 v_2^k$$

hosil bo'ladi.

U holda adiabat tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$pv^k = \text{const.} \quad (7.)$$

Bunda $k = c_p/c_v$ – izobarik solishtirma issiqlik sig'imini izoxorik solishtirma issiqlik sig'imidan necha marta kattaligini ko'rsatuvchi koeffitsient bo'lib, u adiabat ko'rsatkichi deyiladi. (1.) munosabat Puassonning adiabat tenglamasi deb aytiladi.

Adiabat tenglamasi (1.) dan gaz holatining parametrlari orasidagi bog'lanishni ifodalovchi adiabatik jarayon tenglamalarini keltirib chiqarish mumkin:

p va v o'rtasida

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^k, \quad (8.)$$

T va v o'rtasida:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1}, \quad (9.)$$

p va T o'rtasida

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (10.)$$

Adiabatik jarayonda gazning bajargan ishi ichki energiyaning o'zgarishiga teng, ya'ni

$$du + pdv = 0 \quad \text{yoki} \quad du = -pdv \quad (11.)$$

Gaz hajmining ortishi natijasida uning bosimi va temperaturasi kamayadi, siqilganda esa aksincha. Bunday jarayon faqat gaz ichki energiyasining ortishi yoki kamayishi hisobiga sodir bo'la oladi. Adiabatik jarayonda bajarilgan ishni termodinamikaning birinchi qonunidan keltirib chiqarish mumkin.

$$q = \Delta u + \ell = 0.$$

$$c_v = \text{const} \quad \text{da} \quad \ell = -\Delta u = c_v (T_1 - T_2)$$

$$\text{yoki } \ell = \frac{c_v}{R}(p_1 v_1 - p_2 v_2) \quad (12.)$$

$$c_v / R = c_v (c_p - c_v) = 1 / (k - 1) \text{ ekanligidan}$$

$$\ell = \frac{1}{k - 1}(p_1 v_1 - p_2 v_2) \text{ hosil qilamiz.} \quad (13.)$$

Ushbu tenglamada $p_1 v_1 = RT_1$ va $p_2 v_2 = RT_2$ ekanligidan

$$\ell = \frac{p_1 v_1}{k - 1} \left(1 - \frac{p_2 v_2}{p_1 v_1}\right) \quad (15.)$$

$$\text{lekin } \frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{k}} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{k}}$$

$$\text{u holda } \ell = \frac{p_1 v_1}{k - 1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right] \quad (16.)$$

Endi Pv- va Ts- diagrammalarda izoterma va adiabatning joylashuviga e'tibor beraylik (1.5-rasm). Izotermik jarayon bo'yicha gaz kengaysa, uning bosimi adiabataga nisbatan sekinroq, gaz siqilganda esa, adiabatik jarayondagiga nisbatan yana ham sekinroq o'zgaradi. Adiabatik jarayon grafigining tikligiga asosiy sabab, o'rganilayotgan gaz kengayganda uning ichki energiyasi va temperaturasi kamayadi, agar gaz siqilsa, uning hajmini kamayishi natijasida ichki energiyasi va temperaturasi ortadi.

3. Politropik jarayon va uning tahlili.

Tizim (ideal gaz) ning solishtirma issiqlik sig'imi ($c = \text{const}$) o'zgarmas bo'lgan termodinamik jarayon politrop jarayon deyiladi. Jarayon egri chizig'i politropa deyiladi (2.-rasm). Termodinamik jarayon ta'rifidan ko'rinib turibdiki, asosiy termodinamik jarayonlar: izotermik, izoxorik, izotermik va adiabatik jarayonlar o'zgarmas sig'imda kechsa, ular politrop jarayonning xususiy holi bo'ladi.

Politrop jarayonning issiqlik miqdori jarayon issiqlik sig'imi c va boshlang'ich hamda oxirgi holat temperaturalarini farqi $t_1 - t_2$ ko'paytmasi orqali ifodalanishi mumkin.

Politrop jarayonning tenglamasini termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasidan keltirib chiqarish mumkin:

$$c_p dT - v dp = 0 \text{ va } c_v dT + p dv = 0.$$

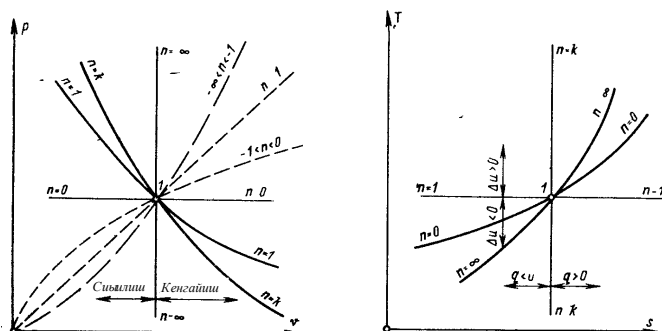
$$dq = c dt = c_p dT - v dp \text{ va } dq = c dT = c_v dt + p dv$$

shu tenglamalardan:

$$(c - c_p) / (c - c_v) = -v dp / p dv$$

Tenglamaning chap tomonini n deb belgilasak, quyidagini hosil qilamiz:

$$(c - c_p) / (c - c_v) = n \text{ va } n dv / v = -dp / p$$



2.-rasm. Gazlar holati o'zgarish jarayonlarining Pv - va Ts - diagrammalardagi birlashgan grafigi

hosil bo'lgan tenglamani integrallab quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$n \lg v_2 / v_1 = \lg p_1 / p_2$$

yoki

$$p v^n = \text{const} \quad (17.)$$

Hosil bo'lgan (10.) tenglama politrop jarayon tenglamasi deyiladi.

$n = \frac{c - c_p}{c - c_v}$ politrop ko'rsatkichi. Demak, politrop jarayondagi tizimning holat

parametrlari o'zgarsa ham uning politrop ko'rsatkichi o'zgarmasdan qolar ekan.

Politrop jarayonni yuqorida qarab chiqilgan jarayonlarning umumlashgan holi deb qarash mumkin. Chunki, politrop ko'rsatkichi qiymatini $-\infty$ dan $+\infty$ gacha oraliqda o'zgartirib, izoxorik ($n=+\infty$), izobarik ($n=0$), izotermik ($n=1$) va adiabatik ($n=k$) jarayonlar tenglamalarini hosil qilish mumkin.

Politrop jarayon tenglamasi adiabatik jarayon tenglamasidan faqatgina n ning qiymati bilan farqlanishi tufayli, parametrlar orasidagi bog'lanish adiabat jarayon kabi bo'ladi:

$$p_2 / p_1 = (v_1 / v_2)^n; T_2 / T_1 = (v_1 / v_2)^{n-1}; T_2 / T_1 = (p_2 / p_1)^{\frac{n-1}{n}} \quad (18.)$$

Politrop jarayonning issiqlik sig'imini (11.) formuladan aniqlaymiz:

$$c = c_v [(n - k)/(n - 1)] \quad (12.)$$

(12.) tenglama n ning har qanday qiymati uchun jarayon issiqlik sig'imini aniqlash imkonini beradi. (12.) tenglamaga yuqorida ko'rib chiqilgan jarayonlar uchun n ning qiymatini qo'ysak, u holda shu jarayonlarning issiqlik sig'imlarini aniqlash mumkin:

izoxorik jarayonda $n = +\infty$, $c = c_v$;

izobarik jarayonda $n = 0$, $c = kc_v = c_p$;

izotermik jarayonda $n = 1$, $c = +\infty$;

adiabatik jarayonda $n = k$, $c = 0$;

Politrop jarayonda kengayish ishi tenglamasi adiabatik jarayondagiga o'xshash bo'ladi:

$$\ell = \frac{1}{n - 1} (p_1 v_1 - p_2 v_2) \quad (19.)$$

$$\ell = \frac{R}{n - 1} (T_1 - T_2) \quad (20.)$$

$$\text{va} \quad \ell = \frac{p_1 v_1}{n - 1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \quad (21.)$$

Politrop jarayonda ichki energiyaning o'zgarishi va issiqlik quyidagi formulalardan aniqlanadi.

$$\Delta u = c_v (t_2 - t_1)$$

$$q = c (t_2 - t_1) = c_v [(n - k)/(n - 1)] (t_2 - t_1) \quad (22.)$$

Entropiyaning o'zgarishi ds esa quyidagicha aniqlanadi:

$$ds = \frac{dq}{T} = \frac{cdT}{T} = c_v \frac{n - k}{n - 1} \frac{dT}{T}$$

$$ds = s_2 - s_1 = \int_1^2 ds = c_v \frac{n - k}{n - 1} \int_1^2 \frac{dT}{T}$$

$$ds = c_v \frac{n - k}{n - 1} \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (23.)$$

Politrop jarayonda entalpiyaning o'zgarishi:

$$h_2 - h_1 = c_p (t_2 - t_1) \quad (24.)$$

T_s – diagrammada (2.-rasm) politrop jarayon n ning qiymatiga bog‘liq ravishda turli xil egri chiziqlar bilan tasvirlanadi.

Politrop jarayonda ichki energiya qanday o‘zgarishini ko‘rib chiqaylik.

Izotermik jarayonda ($n=1$) ichki energiya o‘zgarmaydi, ya’ni $u_2=u_1$. Izobarik kengayishda ($n=0$) ichki energiya ortadi. Izoxorik jarayonda ($n=-\infty$) issiqlik keltirilganda ichki energiya ortadi. Demak, izotermadan yuqorida joylashgan barcha kengayish jarayonlari, $n<1$ va $n>1$ bo‘lgan siqish jarayonlari ichki energiyaning ortishi bilan kechadi. Izotermadan pastda joylashgan politrop jarayonlar, $n>1$ da va $n<1$ bo‘lgan siqish jarayonlari ichki energiyaning kamayishi bilan kechadi.

Politrop jarayonlarda issiqlik ishorasi qanday o‘zgarishini ko‘rib chiqaylik.

n ko‘rsatkichiga q , Δu va c ishoralarining bog‘liqligi.

1-jadval.

Guruh	n	Gazlarning kengayishi		Gazlarning siqilishi		c
		Δu	q	Δu^1	q^1	
Birinchi	$0 \leq n \leq 1$	$\Delta u > 0$	$q > 0$	$\Delta u^1 < 0$	$q^1 < 0$	$c > 0$
Ikkinchi	$1 < n \leq k$	$\Delta u < 0$	$q > 0$	$\Delta u^1 > 0$	$q^1 < 0$	$c < 0$
Uchinchi	$k < n \leq \infty$	$\Delta u < 0$	$q < 0$	$\Delta u^1 > 0$	$q^1 > 0$	$c > 0$

Adiabatik jarayonda issiqlik keltirilmaydi va olib ketilmaydi. Izotermik ($n=1$), izobarik ($n=0$) kengayish jarayonlarida va izoxorik jarayonda ($n=-\infty$) issiqlik keltiriladi. Demak, adiabatadan yuqorida joylashgan kengayish jarayonlarida ($k > n > -\infty$) va $\infty > n > k$ bo‘lgan siqish jarayonlarida ishchi jismga issiqlik keltiriladi.

$\infty > n > k$ bo‘lgan kengayish jarayonlarida va $-\infty < n < k$ bo‘lgan siqish jarayonlarida ishchi jismdan issiqlik olib ketiladi.

Adiabata va izoterma orasida joylashgan jarayonlarda issiqlik sig‘imi manfiy bo‘ladi, chunki shu jarayonlarda dq va du lar ishorasi har xil. Chunki $du=c_v dT$ dan, du ning ishorasi dT ga bog‘liq ($du>0; dT>0$ va $du<0, dT<0$).

U holda issiqlik sig'imi ifodasidan ($s=dq/T$) ko'rinib turibdiki, haqiqatan ham uning ishorasi manfiy. Buning mohiyati shundan iboratki, bunday jarayonlarda ishchi jismga issiqlik keltirilganda uning temperaturasi pasayadi va issiqlik olib ketilganda esa temperatura ortadi. Yuqoridagi tekshirish natijalarini jadval holiga keltirish mumkin (1-jadval).

Nazorat uchun savollar:

1. Izoxorik jarayoning diagrammalari.
2. Izoxorik jarayonda issiqlik miqdori qanday o'zgaradi?
3. Izoxorik jarayonda ichki energiya qanday o'zgaradi?
4. Izoxorik jarayonda ish qanday aniqlanadi?
5. Izotermik jarayonda entalpiya nimaga teng?
6. Izotermik jarayon Pv- va Ts- diagrammada qanday tasvirlanadi?
7. Izobarik jarayon tenglamasi
8. Izobarik jarayonda entalpiya qanday aniqlanadi?
9. Adiabatik jarayon tenglamasi.
10. Adiabata ko'rsatkichi.
11. Politrop jarayonning diagrammalari.
12. Politrop jarayonda ichki energiya qachon ortadi?

15-ma`ruza

Mavzu: Real gazlarning termodinamik jarayonlari. Bug`lanish jarayoni. Asosiy tushunchalar va ta`riflar. To`yingan bug`. Nam va quruq to`yingan bug`. Bug`ning quruqlik va namlik darajasi. O'ta qizdirilgan bug`

Reja:

1. Suv bug'i. Bug`lanish va kondensatsiya
2. To`yingan bug`. Quriganlik darajasi. Sublimatsiya.
3. Suv bug'ining h-s diagrammasi

1. Suv bug'i. Bug`lanish va kondensatsiya

Suv bug'i zamonaviy issiqlik energetikasining asosiy ish jismidir. Undan ko'pchilik texnologik jarayonlarda ham foydalaniladi. Shuning uchun ham suv va suv bug'ining termodinamikaviy xossalarini tekshirish katta ahamiyatga ega.

Jismni suyuq holatidan gaz holatiga o'tish jarayoni bug' hosil bo'lish deb aytiladi. Suyuqlikning faqat erkin sirtidan va har qanday temperaturada bug' hosil bo'lish jarayoniga bug'lanish deyiladi. Bug'lanishning mohiyati shundan iboratki, suyuqlik sirtidagi tezligi yuqori, ya'ni kinetik energiyasi katta bo'lgan molekulalar qo'shni molekulalarning tortishish kuchlarini yengib suyuqlikdan atrof muhitga uchib chiqadilar. Bug'lanish suyuqlikning tabiatiga va temperaturasiga bog'liqdir. Temperatura ko'tarilishi bilan bug'lanish tezligi ortadi. Bug'lanish jarayonida suyuqlikning temperaturasi kamayadi, chunki suyuqlikdan tezligi yuqori bo'lgan molekulalarning uchib chiqishi tufayli qolgan molekulalarning o'rtacha energiyasi pasayadi.

Suyuqlikka issiqlik uzatilganda uning temperaturasi ko'tarilib bug'lanish jadallashadi. Suyuqlikning tabiatiga va bosimiga mos temperaturada bug'lanish suyuqlikning butun hajmi bo'yicha ro'y beradi. Natijada jadal ravishda bug' pufakchalari idish devorlariga hamda suyuqlik hajmida paydo bo'ladi va kattalashib suyuqlik sirtiga qalqib chiqib yoriladi. Bunday hodisa qaynash deyiladi. Qaynash suyuqlik sirtidagi bosimga bog'liq, ya'ni bosim ortsa, qaynash temperaturasi ham ortadi va aksincha. Jismni gaz holatidan suyuq holatiga o'tishi kondensatsiya deb aytiladi. Kondensatsiya jarayoni bug' hosil bo'lishi kabi o'zgarmas temperaturada ro'y beradi. Bug'ning kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo'lgan suyuqlikka kondensat deyiladi. Qattiq jismni birdaniga bug' holatiga o'tishi sublimatsiya deyiladi. Bug'ning qattiq holatga o'tishi esa desublimatsiya deyiladi.

2. To'yingan bug' . Quriganlik darajasi. Sublimatsiya.

Suyuqlik sirtidan qancha molekula uchib chiqib gaz holatiga o'tsa va xuddi shuncha molekula kondensatsiyalanib suyuqlik holatiga qaytsa, bunday hodisa to'yinish holati deb qabul qilingan, ya'ni bug' suv bilan muvozanatda bo'ladi. Suyuqlik bilan dinamik muvozanatdagi bug' to'yingan bug' deyiladi. Suyuqlikning erkin sirti ustidagi bo'shliqni to'yintiradigan bug'ga nam bug' deyiladi. To'yingan nam bug'da mayda suv tomchilari bo'ladi. Hosil qilingan nam bug'ga yana qo'shimcha issiqlik miqdori uzatilsa, uning tarkibidagi juda mayda suv tomchilari bug' holatiga o'tadi va to'yingan quruq bug' hosil bo'ladi.

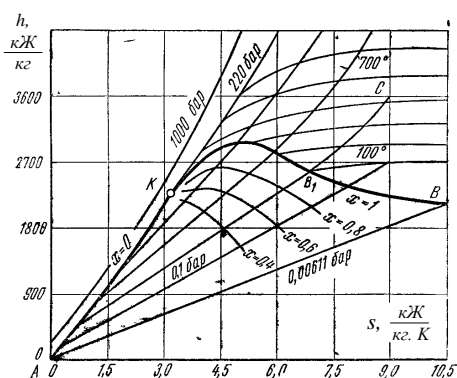
Nam bug'dagi quruq to'yingan bug'ning massaviy ulushiga bug'ning quruqlik darajasi deyiladi va x harfi bilan belgilanadi. Nam bug'dagi suyuqlikning massaviy ulushiga namlik darajasi deyiladi va y harfi bilan belgilanadi va $y=1-x$ bo'lishi tabiiy. To'yinish temperaturasidagi qaynayotgan suyuqlik uchun $x=0$, quruq to'yingan bug' uchun esa $x=1$. Demak, quruqlik darajasi 0 dan 1 gacha o'zgarishi mumkin. To'yingan quruq bug'ga o'zgarimas bosimda yana qo'shimcha issiqlik miqdori uzatilsa, u holda uning temperaturasi ko'tariladi va u o'ta qizdirilgan bug' holatiga o'tadi.

O'ta qizdirilgan bug'ning temperaturasi va solishtirma hajmi shu bosimdagi quruq to'yingan bug'nikidan yuqori bo'ladi. O'ta qizdirilgan bug'ni suyuqlik sirtida olib bo'lmaydi. O'ta qizdirilgan bug' va quruq to'yingan bug'ning shu bosimdagi temperaturalar farqiga qizdirish darajasi deb aytiladi. O'ta qizdirilgan bug' to'yinmagan bo'ladi, chunki uning shu bosimdagi solishtirma hajmi quruq to'yingan bug'nikidan yuqori, zichligi esa kam bo'ladi.

O'ta qizigan bug' o'zining fizikaviy xossalari bo'yicha gazlarga yaqinlashadi.

3. Suv bug'ining $h-s$ diagrammasi

2-rasmda suv bug'ining $h-s$ diagrammasi tasvirlangan. Yuqorida aytib o'tilgan ediki, 273°K (0°S) temperaturadagi entropiya va entalpiya shartli ravishda nolga teng deb hisoblanadi. Bu holat $h-s$ diagrammada koordinatalar boshi bilan tasvirlanadi.



2-rasm. Suv bug'ining $h-s$ diagrammasi

Diagrammada ikkita chegara egri chiziq chizilgan, ular kritik nuqta K da bir-biriga qo'shilib ketadi. Pastki chegara egri chiziq ($x=0$) da suvning qaynash temperaturasidagi turli holatlar uchun entalpiya h^1 va entropiya s^1 ning qiymatlari

qo'yilgan. Yuqorigi egri chiziq ($x=1$) da qaynash temperaturasi t_{sat} da qaynash temperaturasi t_{sat} da to'yingan quruq bug'ning turli holatlari uchun h^{II} va s^{II} ning qiymatlari qo'yilgan.

Chegara egri chiziqlar h - s -diagrammani ikki sohaga bo'ladi. Bu egri chiziqlardan yuqorida o'ta qizigan bug' sohasi, pastda esa to'yingan nam bug' sohasi joylashadi. To'yinish sohasidagi izobarlar to'plami nol nuqtadan boshlanadigan va tarmoqlanib ketadigan to'g'ri chiziqlar to'plamidan iborat. Bosim qanchalik katta bo'lsa, izobaralar ham shunchalik yuqorida joylashadi.

Bug' hosil bo'lish jarayoni o'zgarmas temperaturada borganligi sababli to'yinish sohasida izobaralar bir vaqtning o'zida izotermalar bo'lib hisoblanadi. O'ta qizigan bug' sohasida, yuqoridagi chegara egri chiziqda izobara va izotermalar bir-biridan ajraladi. Izobaralar chap tomonga izotermalar esa o'ng tomonga og'adi. Nam to'yingan bug' sohasida bug'ning quruqlik darajasi chiziqlari ($x=\text{const}$) chiziladi va ular kritik nuqta K da kesishadi. h - s -diagrammaga izoxoralar – o'zgarmas solishtirma hajm ($v=\text{const}$) chiziqlari ham chiziladi. Bu chiziqlar (2-rasmda ko'rsatilmagan) izobaralarga nisbatan tikroq ketadi.

Nazorat uchun savollar:

1. Fazaviy o'tish nima?
2. Bug'lanish deb nimaga aytiladi?
3. Qaynash deb nimaga aytiladi?
4. Qanday bug'ga to'yingan bug' deb aytiladi?
5. Quruqlik darajasi nimani bildiradi?
6. Bug' hosil bo'lishining P - v – diagrammasini tushuntiring.
7. Nam tuyingan bug'ning asosiy parametrlari.

16-ma`ruza

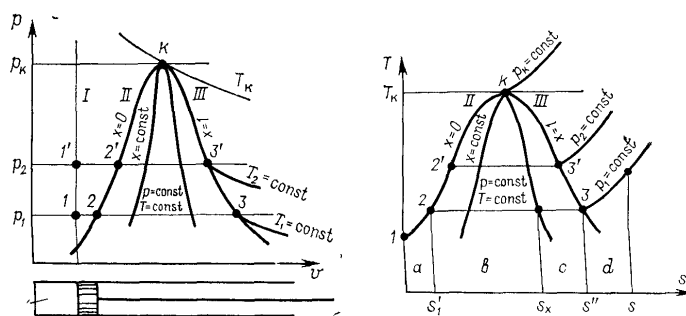
Mavzu: Suv bug`ining T,s va h,s -diagrammalari. Suv bug`ning asosiy termodinamik jarayonlari. Suv bug`uning izoxorik, izobarik, izotermik, adiabatik jarayonlari.

Reja:

1. Suv bug`ining T,s va h,s -diagrammalari.
2. Suv bug`i holatining o'zgarishidagi asosiy termodinamik jarayonlar

1. Suv bug`ining T,s va h,s -diagrammalari.

Suv bug'ining Pv – diagrammasini ko'rib chiqamiz (1-rasm).



1-rasm. Bug' hosil bo'lishining Pv – va Ts -diagrammalari

Silindrda temperaturasi $0^{\circ}S$ va bosimi p_1 bo'lgan 1 kg suv turgan bo'lsin (Pv – diagrammada 1-nuqta). Suvga issiqlik uzatish natijasida u isiydi va kengayadi. Jarayon bosimi p_1 ga mos bo'lgan qaynash temperaturasi $t=t_1$ da suv qaynaydi va bug' hosil bo'lish boshlanadi (2-nuqta).

Suv va bug'ning holatlarining o'zgarishini Pv - va Ts – diagrammalarda belgilab boramiz. O'ta qizigan bug'ni $p=const$ da hosil bo'lish jarayoni ketma-ket keladigan uchta fizik jarayondan iborat:

- 1) Suyuqlikni to'yinish temperaturasigacha (t_T) isitish;
- 2) $t_T = const$ da bug' hosil bo'lishi;
- 3) bug'ni o'ta qizdirish va buning natijasida uning temperaturasini ko'tarilishi.

2-nuqtada porshen ostida 1-fazali tizim, ya'ni suv bo'ladi. Tashqaridan beriladigan issiqlik miqdori ortib borgan sayin temperatura o'zgarmaydi, bug'ning miqdori ortib, suvniki kamayadi (3-nuqttagacha). 2-3 jarayonda quruq bug' va suyuqlikdan iborat nam to'yingan bug' hosil bo'ladi. Shu jarayonda porshen ostida ikki fazali tizim (suv + bug') bo'ladi. Hajmdagi hamma suv miqdori 3-nuqtada to'la gaz holatiga o'tadi, ya'ni to'yingan quruq bug' hosil bo'ladi. Jadal bug'lanish o'zgarimas bosim ($p_1=const$) ostida sodir bo'lganda yuqoridagi jarayon ham izobarik, ham izotermik bo'ladi. Ma'lumki, nam to'yingan bug'ning asosiy tavsifi uning quruqlik darajasidir (x). Ko'rinib turibdiki, 2-nuqtada $x=0$, 3-nuqtada $x=1$ ga teng.

Agar quruq to'yingan bug'ga (3-nuqta) issiqlik keltirish davom ettirilsa, u holda uning solishtirma hajmi va temperaturasi ortadi. Bug' 3-nuqtadan o'ng tomonda o'ta qizdirilgan bug' holatiga o'tadi.

Agar bug‘ hosil bo‘lish jarayoni yuqoriroq bosimda ($p_2 > p_1$) olib borilsa, u holda suv hajmi deyarli o‘zgarmaydi, qaynayotgan suv hajmi ortadi, quruq to‘yingan bug‘ning hajmi esa kamayadi. Demak bosim ortgan sari P_v – diagrammadagi 1-2 qism ortib boradi, 2-3 qism esa kamayib boradi. Quruq bug‘-bu real gazdir. p_2 bosimda uning solishtirma hajmi kam bo‘lib, 3`-nuqta 3-nuqtadan chaproqda joylashadi. Quruq bug‘ning hajmini o‘zgarishi temperatura o‘zgarishiga qaraganda bosim o‘zgarganda ko‘proq o‘zgaradi.

Masalan, bosim 0,1 MPa bo‘lganda bug‘ning temperaturasi $T_t=372,79$ K; bosim 4 MPa bo‘lganda esa $T_t=523,48$ K bo‘ladi. Ya’ni temperatura ortishi hajmni 1,4 marta orttirsa, bosim ortishi esa hajmni 40 marta kamaytiradi. Kritik bosimda 2 va 3 nuqtalar ustma-ust tushadi. Shu nuqta kritik nuqta deb aytiladi va K harfi bilan belgilanadi. Shu nuqta moddaning kritik holatiga mos kelib, unda suyuqlik va gaz o‘rtasidagi farq yo‘qoladi. Shu nuqtadagi modda parametrlari kritik parametrlar deb aytiladi.

Masalan, suv uchun $p_k=22,1145$ MPa, $T_k=647,266$ K va $v_k=0,003147$ m³/kg; simob uchun $p_k=100$ MPa, $T_k=1673$ K; ammiak uchun $p_k=10,99$ MPa va $T_k=406$ K; CO₂ uchun $p_k=7,32$ MPa, $T_k=304,5$ K.

Kritik temperatura bug‘ning maksimal to‘yinish temperaturasi bo‘ladi. Kritik temperaturadan yuqorida faqat o‘ta qizigan bug‘lar va gazlar bo‘lishi mumkin. Kritik temperatura haqidagi tushunchani 1860 yili D.I. Mendeleev berdi. Bu temperatura shunday temperaturaki, undan yuqori temperaturada (bosim qanday bo‘lishidan qat’iy nazar) gazni suyuqlikka aylantirib bo‘lmaydi.

P_v – diagrammadagi 1,2 va 3 – nuqtalarni birlashtirib, uchta chiziq olamiz: I – 0°S dagi suv uchun;

II – to‘yinish temperaturasidagi suv uchun (pastki chegara chizig‘i). III – quruq to‘yingan bug‘ uchun (yuqori chegara chizig‘i). Bu egri chiziqlar diagrammani quyidagi sohalarga bo‘ladi: I va II chiziqlar orasida suyuqlik bo‘ladi; II va III chiziqlar orasida nam to‘yingan bug‘ bo‘ladi va III chiziqdan o‘ngroqda o‘ta qizigan bug‘ bo‘ladi. Suv va quruq to‘yingan bug‘ning to‘yinish chizig‘idagi parametrlari bosim yoki temperaturaga bog‘liq ravishda jadvallardan aniqlansa, o‘ta

qizigan bug‘ning parametrlari esa bosim va temperaturaga bog‘liq ravishda jadvallardan aniqlanadi.

T_s – diagrammada suyuqlik, nam to‘yingan bug‘ va o‘ta qizigan bug‘ sohalari va tegishli jarayonlar tasvirlangan. Diagrammadagi yuzalar suvning qaynash temperaturasidagi entalpiyasini $h^I(a \text{ yuza})$, nam to‘yingan bug‘ entalpiyasini $h_x(a+v \text{ yuza})$, quruq to‘yingan bug‘ entalpiyasini $h^{II}(a+v+s \text{ yuza})$, o‘ta qizigan bug‘ entalpiyasini $h(a+v+s+d \text{ yuza})$ ifodalaydi. $(v+s)$ –yuza bug‘ hosil qilish issiqligiga r , ya’ni, qaynash temperaturasidagi 1 kg suyuqlikni bug‘ga aylantirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdoriga teng.

2. Suv bug‘i holatining o‘zgarishidagi asosiy termodinamik jarayonlar

Suv bug‘i holatining o‘zgarishidagi termodinamik jarayonlarni hisoblashda suv va suv bug‘i jadvallaridan yoki h_s –diagrammadan foydalaniladi.

Bu masalalarni yechishda bug‘ning boshlang‘ich va oxirgi parametrlari, ichki energiyaning o‘zgarishi, entalpiya va entropiya, quruqlik darajasi, ish va issiqlik miqdori aniqlanadi. h_s –diagramma bo‘yicha hisoblashni umumiy usuli quyidagicha: keltirilgan parametrlar bo‘yicha bug‘ning boshlang‘ich holati aniqlanadi. Jarayon chizig‘i chizilib, bug‘ning oxirgi holatdagi parametrlari aniqlanadi.

Ichki energiyaning o‘zgarishi quyidagi tenglama bo‘yicha hisoblanadi:

$$\Delta u = u_2 - u_1 = (h_2 - p_2 v_2) - (h_1 - p_1 v_1) \quad (1)$$

Issiqlik miqdori aniqlanadi:

Izoxorik jarayonda

$$\begin{aligned} q_v &= u_2 - u_1 = (h_2 - p_2 v_2) - (h_1 - p_1 v_1) = \\ &= h_2 - h_1 - v(p_2 - p_1); \end{aligned} \quad (2)$$

Izobarik jarayonda:

$$q_p = h_2 - h_1 \quad (3)$$

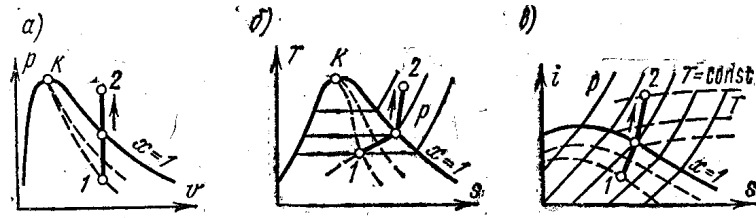
Izotermik jarayonda:

$$q_T = T(s_2 - s_1) \quad (4)$$

Bajarilgan ish barcha jarayonlar uchun umumiy bo‘lgan quyidagi tenglamadan hisoblanadi:

$$\ell = q - \Delta u \quad (5)$$

Izoxorik jarayon



2-rasm.

Izoxorik jarayonda nam to‘yingan bug‘ga issiqlik keltirilishi natijasida uning bosimi va temperaturasi ko‘tariladi. $v=\text{const}$ da bug‘ning quruqlik darajasi ortishi ham, kamayishi ham mumkin. Agar bug‘ning boshlang‘ich holati $x=0$ egri chiziqqa yaqin bo‘lsa, temperatura kamayishi bilan $v=\text{const}$ da uning quruqlik darajasi ortadi. Agar bug‘ning boshlang‘ich holati $x=1$ egri chiziqqa yaqin bo‘lsa, temperatura kamayishi bilan $v=\text{const}$ da quruqlik darajasi kamayadi.

Izoxorik jarayonda tashqi ish nolga teng. Keltirilgan issiqlik bug‘ning ichki energiyasini o‘zgarishiga sarflanadi:

$$u_2 - u_1 = h_2 - h_1 - v(p_2 - p_1) \quad (6)$$

Agar jarayonning solishtirma hajmi v quruq to‘yingan bug‘ning v^{II} oxirgi holatdagi solishtirma hajmidan kichik bo‘lsa $v < v^{\text{II}}$, u holda jarayon oxirida bug‘ nam to‘yingan bug‘ bo‘ladi, agar $v > v^{\text{II}}$ bo‘lsa, u holda o‘ta qizigan bug‘ holatida bo‘ladi.

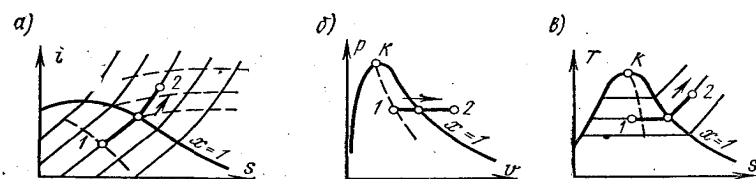
Nam to‘yingan bug‘ning quruqlik darajasini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$v_x = (1-x)v' + v''x \quad \text{dan} \quad x = (v_x - v') / (v'' - v') \quad (7)$$

Pv -diagrammada izoxorik jarayon ordinata o‘qiga parallel chiziqdan iborat, Ts -diagrammada esa egri chiziqdan iborat. Nam to‘yingan bug‘ sohasida izoxoraning egriligi yuqoriga, o‘ta qizigan bug‘ sohasida esa, egriligi pastga yo‘nalgan.

hs -diagrammada izoxoraning egriligi pastga yo‘nalgan bo‘ladi (2-rasm).

Izobarik jarayon



3-rasm.

hs–diagrammada izobara to‘yingan bug‘ sohasida suyuqlik va bug‘ning chegara chiziqlarini kesib o‘tadigan to‘g‘ri chiziqdan iborat. Nam bug‘ga issiqlik keltirilganda uning quruqlik darajasi ortib quruq, yana issiqlik keltirilsa ($T=\text{const}$) o‘ta qizigan bug‘ga aylanadi. Izobara o‘ta qizigan bug‘ sohasida (3-rasm, a) egriligi pastga qaragan egri chiziqdan iborat.

Pv –diagrammada izobarik jarayon gorizontal chiziqdan iborat bo‘lib, nam bug‘ sohasida izotermik jarayonni ham tasvirlaydi (3-rasm, b).

Ts –diagrammada (3-rasm, b) nam bug‘ sohasida izobara gorizontal chiziqdan iborat, o‘ta qizigan bug‘ sohasida esa, egriligi pastga qaragan egri chiziqdan iborat.

Kerak bo‘ladigan barcha kattaliklar qiymati to‘yingan va o‘ta qizigan bug‘ jadvallaridan olinadi.

Ichki energiyaning o‘zgarishi:

$$\Delta u = u_2 - u_1 = h_2 - h_1 - p(v_2 - v_1); \quad (8)$$

bajarilgan ish:

$$\ell = p(v_2 - v_1) = q - \Delta u \quad (9)$$

keltirilgan issiqlik miqdori:

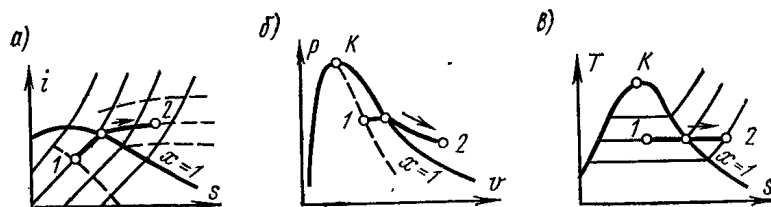
$$q = h_2 - h_1 \quad (10)$$

Agarda q kattalik berilgan bo‘lib, ikkinchi nuqtaning parametrlari aniqlanishi lozim bo‘lsa, nam bug‘ning entalpiyasini hisoblash formulasidan foydalaniladi:

$$h_2 = h_2^1 + r_2 x_2 \quad (11)$$

Shu formuladan quruqlik darajasi x_2 aniqlanib, u orqali qolgan parametrlar aniqlanadi.

Izotermik jarayon



4-rasm.

hs–diagrammada nam bug‘ sohasida izoterma izobara bilan bir xil bo‘lib, u to‘g‘ri chiziqdan iborat. O‘ta qizigan bug‘ sohasida izoterma egriligi yuqoriga yo‘nalgan egri chiziqdan iborat. (4-rasm, a) Pv –diagrammada nam bug‘ sohasida

izotermik jarayon gorizontaal chiziq bilan tasvirlanadi (4-rasm,b). To‘yingan bug‘ uchun bu jarayon izobarik jarayon bilan bir xil bo‘ladi. O‘ta qizdirilgan bug‘ sohasida bug‘ning bosimi kamayadi va jarayon egriligi abtsissa o‘qiga yo‘nalgan egri chiziq bilan tasvirlanadi.

Ts–diagrammada (4-rasm, v) izotermik jarayon gorizontaldan iborat.

Bug‘ning ichki energiyasining o‘zgarishi ideal gazning ichki energiyasi o‘zgarishidan farq qilib $T=\text{const}$ da quyidagicha bo‘ladi:

$$\Delta u = u_2 - u_1 = (h_2 - p_2 v_2) - (h_1 - p_1 v_1) \quad (12)$$

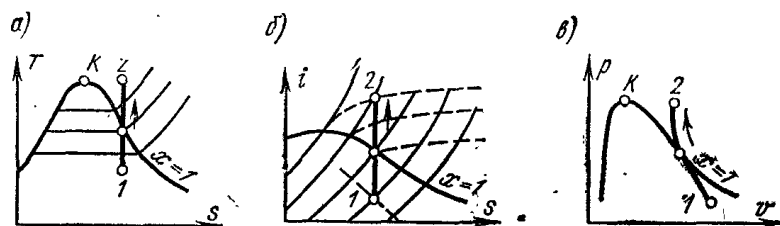
Issiqlik miqdori:

$$q = T(s_2 - s_1) \quad (13)$$

bajarilgan ish:

$$\ell = q - \Delta u \quad (14)$$

Adiabatik jarayon



5-rasm.

Adiabatik jarayonda $s=\text{const}$ bo‘lganligi sababli, h_s va T_s diagrammalarda adiabatada ordinatalar o‘qiga parallel to‘g‘ri chiziq bilan tasvirlanadi(5-rasm a,b).

Adiabatik kengayishda bug‘ning bosimi va temperaturasi kamayadi; o‘ta qizigan bug‘ quruq to‘yingan bug‘ga va keyin nam to‘yingan bug‘ga aylanadi.

$s=\text{const}$ bo‘lgani uchun, bug‘ning oxirgi parametrlarini aniqlash uchun bug‘ning boshlang‘ich va hech bo‘lmaganda oxirgi holatining bitta parametrini bilish zarur. Pv –diagrammada adiabatik jarayon (5-rasm, v) egri chiziq bilan tasvirlanadi.

Adiabatik jarayonda bajarilgan ish quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\ell = u_1 - u_2 = (h_1 - p_1 v_1) - (h_2 - p_2 v_2) \quad (15)$$

Ichki energiyaning o‘zgarishi:

$$\Delta u = (h_2 - p_2 v_2) - (h_1 - p_1 v_1) \quad (16)$$

Nazorat uchun savollar:

1. Bug‘ hosil bo‘lishining Pv – diagrammasini tushuntiring.
2. Kritik nuqtaning mohiyati nimadan iborat?
3. Bug‘ hosil qilish issiqligining ahamiyati nimadan iborat?
4. Nam tuyingan bug‘ning asosiy parametrlari.
5. Suv bug‘ining hs – diagrammasidan qanday foydalaniladi?

17-ma`ruza

Mavzu: Ideal gazlarning aralashmalari. Dal‘ton qonuni. Aralashmalar tarkibini ifodalash usullari. Gazlar aralashmasining gaz doimiysi.

Reja:

1. Ideal gazlarning aralashmalari. . Dal‘ton qonuni.
2. Aralashmalar tarkibini ifodalash usullari. Gazlar aralashmasining gaz doimiysi.

1. Ideal gazlarning aralashmalari. . Dal‘ton qonuni.

Ish jismi ko‘pincha bir necha gazlarning aralashmasidan iborat bo‘ladi. Masalan, ichki yonuv dvigatellarida tarkibiga vodorod, kislorod, uglerod (II) – oksid, azot, karbonat angidrid va suv bug‘lari kiradigan yonish maxsulotlari ish jismi hisoblanadi.

Gazlar aralashmasining barcha tarkibiy qismlari bir xil temperatura va bir xil hajmga ega, deb faraz qilaylik. Agar gazlar aralashmasi tarkibiga kiruvchi har qaysi komponent, barcha aralashma kabi, ideal gazning holat tenglamasiga bo‘ysunadi deb hisoblasak, aralashmadagi ayrim-ayrim komponentlarning bosimlari Dalton qonuniga bo‘ysunadi: bu qonunga ko‘ra gazlar aralashmasining bosimi ayrim komponentlar partsial bosimlarining yig‘indisiga teng.

$$p_{aral} = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

$$ya'ni \quad p_{aral} = \sum_{i=1}^n p_i \quad (1)$$

Bunda p_1, p_2, \dots, p_n – aralashma komponentlarining partsial bosimlari.

Gazlar aralashmasidagi biror komponent aralashma temperaturasida bo‘lib, bir o‘zi shu aralashma egallagan hajmni to‘ldirganda ko‘rsatayotgan bosim ayni komponentning partsial bosimi deyiladi. Dalton qonuni ideal gazlar uchungina to‘g‘ri keladi.

2. Aralashmalar tarkibini ifodalash usullari. Gazlar aralashmasining gaz doimiysi.

Gazlar ish aralashmasining tarkibi shu aralashma tarkibiga kiruvchi har qaysi komponentning miqdori bilan aniqlanadi. Aralashmaning tarkibi odatda massaviy, hajmiy va molyar ulushlar bilan ifodalanadi.

Agar massasi m bo'lgan aralashma n komponentdan tarkib topgan bo'lsa, u holda aralashmadagi ayrim komponentlarning massaviy ulushlari quyidagiga teng bo'ladi:

$$q_1 = \frac{m_1}{m}; \quad q_2 = \frac{m_2}{m}; \quad \dots; \quad q_n = \frac{m_n}{m} \quad (2)$$

bu yerda m_1, m_2, \dots, m_n - aralashmani hosil qiluvchi ayrim komponentlarning massalari.

Ma'lumki, gazlar aralashmasidagi ayrim komponentlar massalarining yig'indisi barcha aralashmaning massasiga teng bo'ladi:

$$m_1 + m_2 + \dots + m_n = m \quad (3)$$

Bu tenglik gazlar aralashmasi massaviy tarkibining tenglamasi deyiladi. (2) va (3) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, gazlar aralashmasidagi ayrim komponentlar massaviy ulushlarining yig'indisi 1 ga teng.

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = 1 \quad (4)$$

Agar n komponentdan tarkib topgan aralashmaning hajmi V bo'lsa, u holda aralashmadagi komponentlarning hajmiy ulushlari quyidagi tenglamalar bilan aniqlanadi:

$$r_1 = \frac{V_1}{V}; \quad r_2 = \frac{V_2}{V}; \quad r_n = \frac{V_n}{V} \quad (5)$$

bu yerda: V_1, V_2, \dots, V_n - aralashma tarkibiga kiruvchi komponentlarning partsial hajmlari. Aralashma tarkibiga kiruvchi komponentning shu aralashmaning temperaturasidagi va bosimidagi hajmi uning partsial hajmi deyiladi. Aralashma hajmiy tarkibining tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = V \quad (6)$$

Gazlar aralashmasidagi komponentlar hajmiy ulushlarining yig'indisi birga teng:

$$r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n = 1 \quad (7)$$

Bazi hollarda aralashma tarkibini mol ulushlari vositasida aniqlash qulay bo‘ladi. Komponentning aralashmadagi mol ulushi deb, ko‘rib chiqilayotgan komponentning mollari miqdorining aralashma mollarining miqdoriga bo‘lgan nisbatiga aytiladi. Aralashma birinchi komponentning n_1 mollaridan, ikkinchi komponentning n_2 mollaridan va hokazolardan tarkib topgan bo‘lsin.

Aralashma mollarining soni

$$n=n_1+n_2+\dots+n_n \quad (8)$$

va komponentlarning mol ulushlari quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$x_1=n_1/n; \quad x_2=n_2/n; \dots x_n=n_n/n, \quad (9)$$

bundan $x_1+x_2+\dots+x_n=1$ yoki

$$\sum_{x=1}^n x_x = 1. \quad (10)$$

Massaviy va hajmiy ulushlar orasidagi quyidagidek bog‘lanishlar mavjud.

$$g_i = \frac{m_i}{m} = \frac{\rho_i V_i}{\rho V} = \frac{r_i \rho_i}{\rho} = \frac{r_i \nu}{\nu_i} \quad (11)$$

Avagadro qonuniga asosan va $mR = m_i R_i = 8314 \frac{J}{\text{kmol} \cdot K}$

$$q_i = r_i m_i / m = r_i R / R_i \quad (12)$$

$$r_i = q_i m / m_i = q_i \cdot R_i / R \quad (13)$$

Aralashmaning zichligi:

$$\rho = \sum r_i \rho_i \quad (14)$$

Aralashmaning solishtirma hajmi:

$$\nu = 1 / \sum (r_i / \rho_i) \quad (15)$$

Gaz doimiysi:

$$R = 1 / \sum (r_i / R_i) \quad (16)$$

Tuyulma molekulyar massa:

$$R = 8314 / \sum r_i M_i \quad (17)$$

Nazorat uchun savollar:

1. Universal gaz doimiysining mohiyati nimadan iborat?
2. Dalton qonunini ta’riflang.
3. Partsiyal bosim nima?
4. Aralashmaning gaz doimiysi qanday aniqlanadi?

5. 18-ma`ruza

Mavzu: Nam havo. To'yingan va to'yinmagan nam havo. Shudring nuqtasi. Tarkibiy namlik, absolut va nisbiy namlik. Nam havoning I,d - diagrammasi.

Reja:

1. Nam havo. To'yingan va to'yinmagan nam havo.
2. Shudring nuqtasi. Tarkibiy namlik, absolut va nisbiy namlik.
3. Nam havoning I,d - diagrammasi.

1. Nam havo. To'yingan va to'yinmagan nam havo.

Kislorod, azot, karbonat angidrid va oz miqdordagi inert gazlardan (argon, neon, geliy, ksenon, kripton) iborat bo'lgan atmosfera havosi tarkibida qandaydir miqdorda suv bug'lari bo'ladi. Quruq havo bilan suv bug'i aralashmasi nam havo deb aytiladi. Nam havo texnikada, avvalo quritish jarayonlarida keng qo'llaniladi. Nam havo gazlar aralashmasining xususiy xollaridan biridir.

Dalton qonuniga muvofiq, gazlar aralashmasidagi har bir gaz o'zini shu aralashma temperaturasida aralashmaning butun hajmini egallagandek tutadi, boshqacha qilib aytganda, gazlar aralashmasidagi gazlarning partzial bosimlari yig'indisi shu aralashmaning umumiy bosimiga teng. Quruq havoning partzial bosimini p_{havo} bilan, suv bug'ining partzial bosimini p_b va aralashmaning ya'ni nam bug'ning bosimini p bilan belgilab, Dalton qonuniga muvofiq quyidagini olamiz:

$$p = p_{havo} + p_b \quad (1)$$

Odatda nam bug' bosimi atmosfera bosimi (B) ga teng bo'lgani uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$B = p_{havo} + p_b \quad (2)$$

Bug' – havo aralashmasida suv bug'i qanchalik ko'p bo'lsa, aralashmada suv bug'ining partzial bosimi shunchalik yuqori bo'ladi.

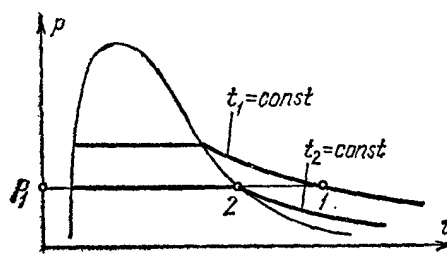
Nam havodagi suv bug'ining partzial bosimi p_b , nam havoning mazkur temperaturadagi to'yinish bosimidan (p_s) yuqori bo'la olmaydi, ya'ni

$$p_b \leq p_s \quad (3)$$

Nam havodagi suv bug'ining maksimal partzial bosimi p_s aralashma bosimi p ga bog'liq bo'lmay, faqat aralashma temperaturasiga bog'liq.

$p_b < p_s$ bo'lgan nam havoni to'yinmagan, $p_b = p_s$ bo'lgan nam havoni esa to'yingan nam havo deb ataymiz. To'yinmagan nam havodagi suv bug'i o'ta qizigan holatda turadi.

Agar temperaturasini pasaytirsak, mumkin (1-rasm).
temperaturasi t_1



o'yinmagan nam havo bosimni o'zgartirmay o'yinish holatiga erishish (3-unda boshlang'ich) bo'lgan (1-rasmda 1-nuqta) o'ta

qizigan suv bug‘i t_2 temperaturagacha sovitiladi;

Bu temperaturaga to‘yinish holati (2-nuqta) mos keladi, temperatura yanada pasaytirilsa, havodan nam tushadi hamda bug‘ning partial bosimi kamayadi. Bunday hodisaga kundalik turmushda ko‘p duch kelamiz: atmosfera havosida har doim suv bug‘ining ma‘lum miqdori bo‘lgani uchun temperatura pasayganda havo, ko‘pincha to‘yingan bo‘ladi, tuman va shudring tushishi shu haqda guvohlik beradi.

Shuning uchun p_b bosim p_s bosimga teng bo‘ladigan temperatura shudring nuqtasi deb aytiladi (t_{sh}). Nam havodagi namning massaviy miqdori m_b ning quruq havoning massaviy miqdori m_h ga nisbatini havoning nam saqlami d deb ataymiz:

$$d=m_b/m_x; \text{ yoki } d=\rho_b/\rho_x \quad (4)$$

Binobarin, d 1kg quruq havoga yoki $(1+d)$ kg nam havoga to‘g‘ri keladigan nam massasidan (kilogramm hisobida) iborat.

Nam saqlami d ni quyidagicha aniqlash mumkin. 1kg quruq havo va nam havo hajmi V dagi suv bug‘i uchun holat tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$p_x V=m_x R_x T \text{ va } p_b V=m_b R_b T$$

Hadma – had bo‘lamiz:

$$p_x/p_b=m_x R_x/m_b R_b=(m_x \cdot 287,04)/(m_b \cdot 461,6)=0,622/d \quad (5)$$

(5) tenglamaga (1) –tenglamadan p_x qiymatni qo‘ysak, nam saqlamini aniqlaymiz:

$$d=0,622 p_b/(p-p_b) \quad (6)$$

(6) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, bug‘ning partial bosimi p_b ortishi bilan nam saqlami d ko‘payadi. Nam havoning berilgan temperaturasida uning bo‘lishi mumkin bo‘lgan maksimal nam saqlamini yuqoridagi tenglamalardan aniqlash mumkin, lekin bunda partial bosim p_b o‘rniga, uning maksimal qiymati, ya’ni shu temperaturadagi to‘yinish bosimi p_s ni qo‘yish kerak. U vaqtda

$$d_s=0,642 p_s/(p-p_s) \quad (7)$$

Bu munosabatlardan ko‘rinib turibdiki, maksimal nam saqlami, birinchidan, nam havo bosimi (barometrik bosim B) ning qiymatiga, ikkinchidan nam havo temperaturasiga bog‘liq, chunki p_s kattalik temperaturaning qiymatiga bog‘liq.

2. Shudring nuqtasi. Tarkibiy namlik, absolut va nisbiy namlik.

Suv bug'ining to'yinish bosimi barometrik bosimga teng bo'lganda d_s cheksizlikka aylanadi, bu holda nam havo quruq to'yingan yoki o'ta qizigan suv bug'idan iborat bo'ladi. Nam havoni tasvirlashda qulay bo'ladigan yana bir tushuncha – nisbiy namlik tushunchasini kiritamiz. Nisbiy namlik deb, nam havodagi suv bug'i partial bosimining suv bug'ining mazkur temperaturadagi to'yinish bosimiga (ya'ni suv bug'ining shu temperaturada bo'lishi mumkin bo'lgan maksimal partial bosimiga) nisbati nisbiy namlik deb aytiladi;

$$\phi = p_b / p_s \quad (8)$$

Nisbiy namlik, odatda foiz hisobida ifodalanadi. $p \leq p_b < p_s$ bo'lgani uchun $0 \leq \phi \leq 100\%$ bo'ladi. Quruq havo uchun $\phi = 0$, to'yingan havo uchun $\phi = 100\%$ bo'ladi. Atmosfera bosimida to'yingan havodagi suv bug'ining partial bosimi past bo'lganligi tufayli, suv bug'ini ideal gaz deb hisoblab, Boyle – Mariott qonuniga asosan p_b / p_s nisbatni ρ_b / ρ_s nisbat bilan almashtiramiz:

$$\phi = \rho_b / \rho_s \quad (9)$$

Bu holda hisoblashdagi xato 2% dan oshmaydi. Aniq hisoblar uchun (8) formuladan foydalanish kerak. Nisbiy namlik tushunchasidan tashqari ba'zan absolyut namlik tushunchasidan ham foydalaniladi. Absolyut namlik deganda nam havodagi suv bug'ining, odatda simob ustunining millimetri bilan o'lchanadigan balandligi hisobida ifodalanadigan partial bosimi p_s kattaligi tushuniladi. Ba'zan bir kub metr nam havodagi gramm bilan ifodalanadigan suv bug'i massasi absolyut namlik deb aytiladi.

(7) va (8) tenglamadan nam saqlami bilan nisbiy namlik o'rtasidagi bog'lanishni ifodalovchi formulani keltirib chiqarish mumkin:

$$\phi = [d / (0,622 + d)] (p_\sigma / p_s) \quad (10)$$

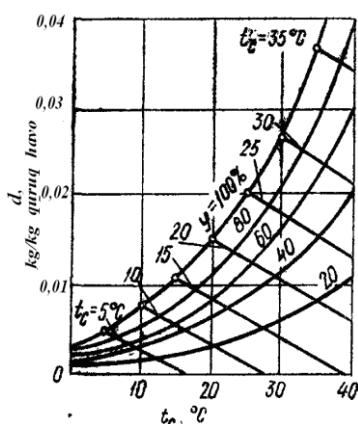
Demak, $p_b = p_s$ bo'lganda ϕ faqat d ga bog'liq bo'lib, $d = \text{const}$ da u o'zgarmaydi.

Havodagi bug'ning holatini aniqlash uchun uning temperaturasini va partial bosimini bilish lozim. Havodagi bug'ning temperaturasi nam havo temperaturasi bilan bir xil bo'lganligi tufayli uni termometr bilan aniqlash mumkin. Bug'ning

partzial bosimini aniqlash uchun gigrometrlardan foydalaniladi. Shu ikki asbob yordamida shudring nuqtasi temperaturasi t_{sh} aniqlanadi.

Shudring nuqtasini bilgan holda, suv bug‘i jadvallaridan t_{sh} ga mos partzial bosim aniqlanadi. Gigrometrlarning ko‘p turlari mavjud. Hozir asosan Allyuora va Grove gigrometri qo‘llaniladi. Bu asbobda silliqlangan idishda joylashgan havo efir bug‘lanishi hisobiga soviydi. Shu sirtida shudring paydo bo‘lishi t_{sh} ga erishilganini ko‘rsatadi. Yuqoridagi usul bilan partzial bosimni aniqlash taxminiy bo‘ladi, chunki shudringni paydo bo‘lishini aniq belgilash qiyindir. Shuning uchun havoning nisbiy namligini va demak bug‘ning partzial bosimini aniq hisoblash uchun psixrometrdan foydalaniladi.

Psixrometr quruq va xo‘l deb iborat. Ho‘l termometrdan farqi suv bilan ho‘llangan havo oqimi bu sharchalarini yuvib



ikkita simobli termometrdan – aytiladigan termometrdan termometrning quruq shuki, uning simobli sharchasi matoga o‘rab qo‘yiladi. Nam termometrlarning simobli o‘tganda quruq termometr nam

havo temperaturasini ko‘rsatadi. Xo‘l termometr esa o‘zining simobli sharchasi o‘ralgan nam matodagi suv temperaturasini bildiradi. Nam termometrni havo yuvib o‘tganda ho‘l mato sirtidagi suv bug‘lanadi (agar nam havo to‘yingan bo‘lmasa). Bunda matoni yuvib o‘tadigan havo qanchalik quruq bo‘lsa, ya‘ni havodagi bug‘ning partzial bosimi qanchalik kichik bo‘lsa, suv shunchalik jadalroq bug‘lanadi va nam mato temperaturasi pasaya boshlaydi.

Nam mato temperaturasi pasayganda nam matoga havoning eng yaqin qatlamlaridan issiqlik keladi. Shu tufayli muvozanat (nam mato temperaturasining o‘zgarmasligi) shudring nuqtasi temperaturasida emas, balki biroz yuqori temperaturada qaror topadi. Bu temperatura xo‘l termometr temperaturasi deb aytiladi. Quruq termometr temperaturasi t_q bilan, ho‘l termometr temperaturasi t_h orasidagi ayirma havo namligiga proporsional bo‘ladi. t_q va t_h ni bilgan holda maxsus psixrometrik diagrammalar (2-rasm) yoki jadvallar hamda hd – diagrammalardan foydalanib, havoning nisbiy namligi aniqlanadi.

3. Nam havoning hd – diagrammasi

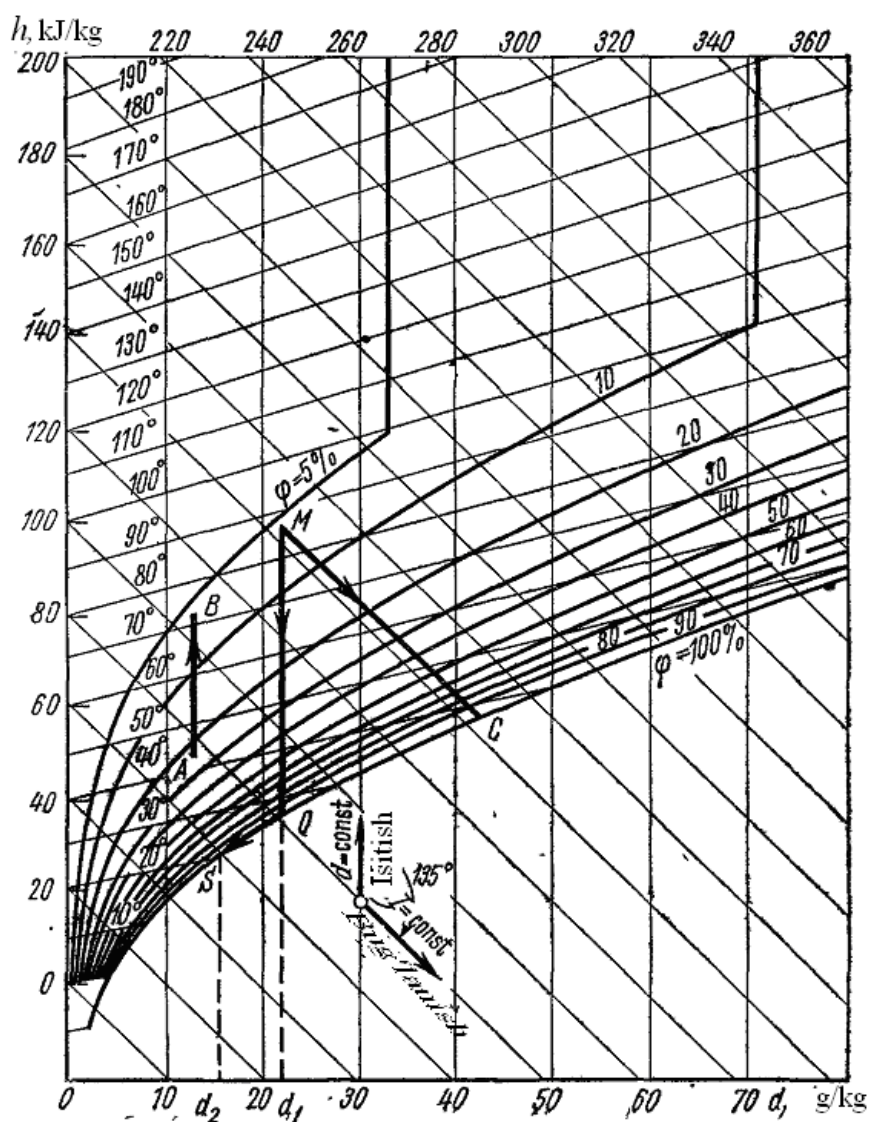
Nam havo parametrlarini prof. A.K. Ramzin tomonidan 1918 yilda taklif qilgan hd – diagramma yordamida aniqlash qulaydir.

Agar ordinata o'qiga nam havo entalpiyasi h ni, abtsissalar o'qiga esa havoning nam saqlami d ni qo'yib chiqsak, u holda hd – diagramma hosil bo'ladi. Bu diagramma yordamida nam havo bilan bog'liq bo'lgan hisoblarni, jumladan parametrlarni aniqlash va quritish jarayonlarini tekshirish mumkin. Diagrammada turli xil chiziqlarni qulayroq joylashtirish uchun koordinata o'qlari bir-biriga nisbatan 135° ostida joylashtiriladi. Bu qiyshiq burchakli diagrammada $d=\text{const}$ chiziq vertikal (ordinatalar o'qiga parallel) joylashadi. Bu qiyshiq burchakli hd – diagrammada izoentalpiyalar (3-rasm) d o'qiga parallel, ya'ni o'sha α burchak ostida joylashgan. Qiyshiq burchakli tizimda temperaturalar ortishi bilan izotermalar qiyaligi ham ortadi, bunda 0°S izotermaning qiyaligi nolga teng bo'ladi.

Diagramma 98 kPa barometrik bosim uchun tuzilgan. Lekin diagrammadan boshqa bosimlarda ham foydalanish mumkin, chunki atmosfera bosimini odatdagi o'zgarishlarida h va d kam o'zgaradi. hd – diagramma t va ϕ orqali h va d ni, d orqali p_b –ni aniqlash imkonini beradi. Bundan tashqari hd – diagrammadan nam havoning har bir holati uchun shudring nuqtasi temperaturasini aniqlash mumkin. Nam havoni isitish $d=\text{const}$ da ro'y beradi. hd – diagrammada bu jarayon AV vertikal chiziq bilan tasvirlangan. Sovitish jarayoni ham $d=\text{const}$ da kechadi (MO to'g'ri chiziq). Bu jarayon havoni to'liq to'yinishgacha, ya'ni $\phi=100\%$ gacha to'g'ridir. Havo bundan keyin ham sovitilsa, u namlik bilan o'ta to'yinadi va havodan namlik shudring sifatida ajralib chiqadi.

Kondensatsiya jarayonini shartli ravishda $\phi=100\%$ chiziq bo'yicha kechadi deb hisoblash mumkin. Masalan, O nuqtadan C nuqttagacha kondensatsiyalanish natijasida hosil bo'lgan suv miqdori (1kg quruq havoga nisbatan) d_1-d_2 ga teng. Havoni o'zgarimas bosimda namlik bilan to'yingan jarayoni $h=\text{const}$ da ro'y beradi (MC kesma). hd –diagramma yordamida shudring nuqtasi temperaturasini aniqlash mumkin. Buning uchun havoning ma'lum holatini belgilovchi nuqtadan $\phi=100\%$

chizig'igacha vertikal o'tkaziladi va kesishgan nuqtadan o'tuvchi izoterma shudring nuqta temperaturasini (t_0 nuqta) bildiradi.



3-rasm. Nam havoning hd - diagrammasi

Nazorat uchun savollar:

1. Nam havoga ta'rif bering.
2. Tuyinish temperaturasi qanday parametrlarga bog'liq?
3. Nisbiy namlik nima?
4. Absolyut namlik qanday aniqlanadi?
5. Psixrometr qanday ishlaydi?
6. Psixrometrik jadvaldan qanday foydalaniladi?
7. Shudring nuqtasi qanday aniqlanadi?
8. Maksimal nam saqlash nima?
9. Gigrometr qanday ishlaydi?

10. Nam havoning zichligi qanday aniqlanadi?

11. Nam havoning hd – diagrammasi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Xudoyberdiyev T.S., Shaymardanov B.P., Abduraxmonov R.A., Xudoyorov A.N., Boltaboyev B.R. Issiqlik texnikasi asoslari. Oliy o`quv yurtlari uchun o`quv qo`llanma, Cho`lpon nomidagi nashriyot- matbaa ijodiy uyi, Toshkent, 2008 - 215 b.

2. Рашидов Ю.К., Абуталиев Э.Б. Техник термодинамика. Олий ўқув юртларининг қурилиш мутахассисликлари учун ўқув қўлланма, ТАКИ, Тошкент, 2000. - 100 б.

3. Нурматов Ж. ва бошқалар. Иссиқлик техникаси. Олий ўқув юртлари талабалари учун ўқув қўлланма. –Т.:“Ўқитувчи”, 1998,- 256 б.

4. Zoxidov R.A. «Issiqlik texnikasi», «O`zbek faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti, 2010 yil, 160 bet.

5. Madaliev E.O'. Issiqlik texnikasi. Oliy o`quv yurtlari uchun darslik.: "Farg'ona" nashriyoti; 2009.-266 bet

6-semestr

1-ma`ruza

Mavzu: Issiqlik massa almashinuvi, asosiy tushunchalar va ta`riflar.

Issiqlikni uzatish usullari. Issiqlik o`tkazuvchanlik, konvektiv, Issiqlikni nurlanish orqali ko`chishi. Issiqlik ko`chishining miqdoriy ko`rsatkichlari.

Issiqlik oqimi. Issiqlik oqimining zichligi.

Reja:

1. Issiqlik massa almashinuvi, asosiy tushunchalar va ta`riflar.

2. Issiqlikni uzatish usullari. Issiqlik o`tkazuvchanlik, konvektiv, Issiqlikni nurlanish orqali ko`chishi.

3. Issiqlik ko`chishining miqdoriy ko`rsatkichlari. Issiqlik oqimi. Issiqlik oqimining zichligi.

1. Issiqlik massa almashinuvi, asosiy tushunchalar va ta'riflar.

Jismlar orasida issiqlik almashinuv masalalari hozirgi davrda muhim ahamiyat kasb etadi. Issiqlik almashinuvini to'liq anglash uchun bir jismdan ikkinchi jismga issiqlik utishini to'liq anglab yetish kerak.

Bir jismdan ikkinchi jismga issiqlikni utishi uchun 3 ta asosiy shartlar mavjud bo'lishi lozim.

1-shart .Bir jismdan ikkinchi jismga issiqlikni utishi uchun shu jismlar o'rtasida haroratlar farqi bo'lishi, ya'ni $T_1 \neq T_2$ shart bajarilishi kerak.

2-shart . Bir jismdan ikkinchi jismga issiqlikni utishi uchun shu jismlar o'rtasida o'zaro issiqlik almashinuv yuzasi bo'lishi kerak.

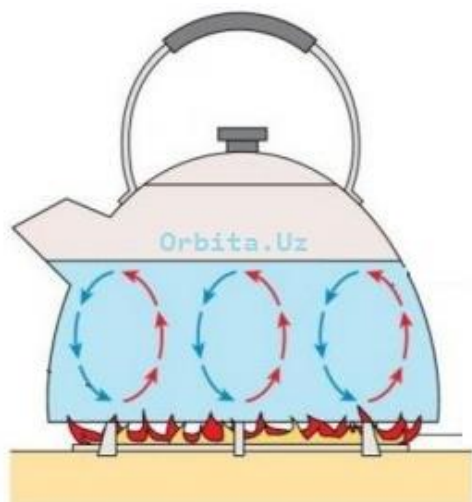
3-shart. Bir jismdan ikkinchi jismga issiqlikni utishi uchun shu jismlar o'rtasida o'zaro issiqlik almashinuv vaqti bo'lishi kerak.

Issiqlik almashinish, issiqlik uzatish—issiqlik jismdan sovuqroq jismga issiqlik uzatilishi bilan bog'liq bo'lgan o'z-o'zidan yuz beruvchi kaytmas jarayon; mikrozaralarning tartibsiz harakati bilan bog'liq bo'lgan, energiyasining bir jismdan ikkinchi jismga mikroskopik ish bajarmasdan uzatilishiga olib keluvchi jarayonlar majmui. Issiqlik almashinivi issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va radiatsiya yo'li bilan sodir bo'ladi. Isituvchi sirt issiqlik uzatuvchi sirt deb ataladi. Issiqlik almashinishida suyuqlik yoki gaz (bug') ish muhiti hisoblanadi. Issiqlik almashiniv nazariyasi energiyani uzatish haqidagi ta'limotning bir qismi bo'lib, texnik termodinamika bilan birga issiqlik texnikasidagi nazariy asosini tashkil qiladi. Bug'

Qozonlarida, bug' va gaz turbinalarida, pechlarda issiqlik almashinuv hodisasi ro'y beradi. Tabiatda uzluksiz issiqlik almashinuv yuz berib turadi. Issiqlik almashinuvining nazariy va amaliy masalalari issiqlik texnikasida o'rganiladi.

2. Issiqlikni uzatish usullari. Issiqlik o'tkazuvchanlik, konvektiv, Issiqlikni nurlanish orqali ko'chishi.

Issiqlik almashinishi



Issiqlik konveksiya, nurlanish hamda issiqlik o'tkazuvchanlik vositasida uzatilishi mumkin.

[Termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni](#) uqtirish berishicha, issiqlik doimo harorat yuqoriroq jismdan harorati pastroq jisimga tomon uzatiladi. Biroq, qonunda issiqlik uzatilish mexanizmlari haqida lom-mim deyilmagan. Holbuki, issiqlik uzatilish jarayonlarining mohiyatini yaxshi bilish va ulardan foydali ish chiqara olish - muhandislik fizikasi nuqtai nazaridan nihoyatda muhim masaladir. Shu sababli ham, issiqlik almashinish jarayonlariga oid tafsilotlarni o'rganish - amaliy fan sohalari bilan shug'ullanuvchi olimlar va muhandislar oldidagi eng dolzarb muammolardan biri bo'lib kelgan. Yuqorida ham ta'kidlanganidek, hozirda olimlar issiqlik almashinuv jarayonlarining uch xilini farqlab olishgan va ularning har birining zamirida o'ziga xos noyob fizik jarayon yotadi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik.

Oldingizda kosada qo'yilgan qaynoq sho'rvaga qoshiqni solib qo'ysangiz, ko'p o'tmay qoshiqni ham ushlay olmay qolasiz. Sababi, qoshiq tayyorlangan metall katta issiqlik o'tkazuvchanlik ko'rsatkichiga ega bo'ladi. Shu sababli, metall qoshiqning sho'rvaga botib turgan qismi, sho'rva issiqligini butun metall bo'ylab o'tkazadi va qoshiq ham qizib ketadi. Umuman olganda, deyarli barcha metallar

yuqori *issiqlik o'tkazuvchanlik* namoyon qiladi va metallga uzatilgan issiqlik butun metall bo'ylab juda tez tarqaladi.

O'zi aslida, tabiatda har qanday jism o'ziga xos issiqlik o'tkazuvchanlik ko'rsatkichiga ega bo'ladi ([turli jismlarning issiqlik o'tkazuvchanligi](#)). Metallarning issiqlik o'tkazuvchanligining bu darajada yuqoriligi esa, [metallarning atom tabiati](#) bilan bog'liqdir. Metallarda atomlar uch o'lchamli kristall panjara shaklida tartiblangan bo'lib, ular o'z o'rta statistik vaziyati bo'yicha muntazam tebranib turadi. Baland haroratli muhitga solingan metallarda esa, atrof-muhitdagi haroratning yuqoriligi va katta tezlik bilan atrofdan o'ziga kelib urilayotgan zarralarning shiddati ta'sirida, metall atomlarining tebranishi (vibratsiyasi) ham tezlashadi va yanada jadalroq titray boshlaydi. Metallning olovga kirib turgan qismi, yoki, qaynoq suyuqlikka botib turgan qismining harorat juda tezlik bilan, o'sha olovning, yoki, qaynoq suyuqlikning haroratiga tenglashadi. Lo'nda qilib aytganda, metallning harorati muhit harorati bilan tez tenglashadi. Shu sababli ham olovga teginib turgan metall qiziganda qizarib chog'lanib ketadi.

Baland haroratli muhitda termik qo'zg'algan metall atomlari o'ziga qo'shni bo'lgan atomlar bilan ham to'qnasha boshlaydi va issiqlik harakati energiyasini o'ziga qo'shni atomga uzatadi. Shu tarzda, qo'shni atomlar ham tez qizib, muhit haroratigacha isiydi. o'z energiyasini qo'shni atomga bergani hamonoq, olovga eng yaqin turgan atomlar ushbu energiyani yana tezkorlik bilan olovdan kelayotgan issiqlik energiyasi hisobidan kompensatsiyalaydi va yana qo'shnisiga energiya uzatadi.

Shu tarzda, atomlararo zanjir orqali issiqlik metall bo'ylab tezkorlik bilan tarqaladi va butun metall bo'ylab yoyiladi. Shunday qilib, issiqlik o'tkazuvchanlik bu - issiqlik o'tkazuvchan moddani tashkil qiluvchi atom yoki molekulalarning o'zaro to'qnashishi orqali issiqlik uzatilishi va issiqlik almashinishi jarayonlarini asoslab berar ekan. Ya'ni, issiqlik harakati butun jism bo'ylab tarqaladi; lekin, bu jarayonda issiqlikni bir-biriga uzatadigan atom va molekulalarning o'zi harakatlanmaydi. Ular o'z joyida mustahkam o'rnashgan holda, issiqlikni qo'shnisidan olib qo'shnisiga uzatadi va shu tarzda, issiqlik almashinish jarayonida ishtirok etadi.

Konveksiya

Endi misolni sho‘rvaning qaynash jarayoniga ko‘chiramiz. Qozon ostiga olov yoqsangiz, avvaliga sho‘rvaning suvi tinch turaveradi. Bunda, issiqlik suvning issiqlik o‘tkazuvchanligi evaziga, pastki qatlamlardan yuqoriga uzatiladi. Suvning harorati ko‘tarilgani sayin, issiqlik o‘tkazish jarayoni o‘zgara boshlaydi. Chunki, endi *konveksiya* jarayon ishga tushadi.

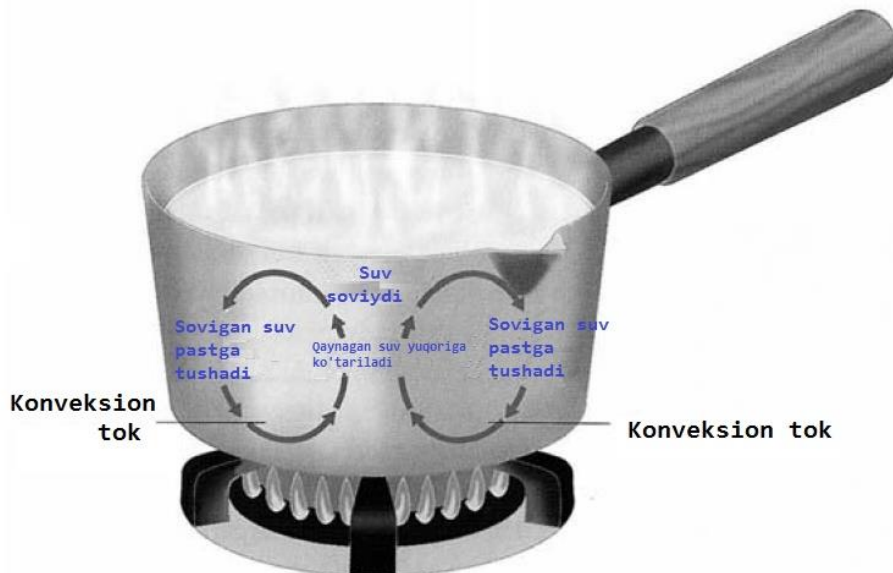
Idish tubiga yaqin turgan joydagi sho‘rva suvi qizib kengayadi. Qizigan, issiq suvning solishtirma og‘irligi, qozoning yuqoriroq qatlamlarida turgan teng hajmdagi, lekin nisbatan sovuqroq suvning solishtirma og‘irligidan ko‘ra yengilroq bo‘ladi. Bu esa butun sho‘rva sistemasini muvozanatdan chiqaradi va qo‘zg‘alishga olib keladi. Natijada, qizigan va yengillashib qolgan qaynoq suv yuqoriga ko‘tariladi. Uning o‘rniga esa yuqoridan nisbatan sovuqroq suv tushib keladi.

Biroq, jarayon shugina bilan chegaralanib qolmaydi. Chunki, joy almashgan qaynoq va sovuqroq suvlar juda tezlik bilan yana o‘rin almashinishiga to‘g‘ri keladi. Sababi, idish tubiga tushib kelgan suv, u yerdagi yuqori harorat evaziga darhol qiziydi va isib, u ham yuqori ko‘tarila boshlaydi. o‘z navbatida, avvalroq tepaga chiqib olgan boyagi issiq suv ham, u yerda biroz sovib zichlashadi va og‘irlashib, yana tubga sho‘ng‘iydi. Natijada, sho‘rva sistemasi baribir beqaror holatda qolaveradi. Issiq va sovuq suv bir-birini o‘rin almashtirib, idish bo‘ylab pastga va tepaga aylanaveradi. Natijada, butun sho‘rva massasining doimiy sirkulyatsiyasi yuzaga keladi. Buning oqibatida biz qaynayotgan sho‘rvada sirkulyatsion oqimlarni kuzatamiz. Aynan o‘sha, yuqoriga-pastga sirkulyatsiyalanish jarayonini fanda *konveksion toklar* deyiladi. Siz oshxonada sho‘rva qaynayotganida uning yuzasiga diqqat qilsangiz, konveksiya jarayonini amalda ko‘rishingiz mumkin bo‘ladi. yoki, Buning uchun choy uchun qo‘yilgan va choynakda qaynab chiqqan suvni ham kuzatishingiz mumkin (umuman ochiq idishda qaynayotgan har qanday suvni kuzatsangiz bo‘ladi).

Konveksion toklar - tabiatda anchayin keng tarqalgan issiqlik almashinish usulidir. Konveksiya hodisasi yulduzlar qa'rida ham yuz beradi. Xususan, bizning yulduzimiz - [Quyosh](#) ichkarisida ham, aniqrog‘i, Quyosh yadrosi va Quyosh toji oralig‘ida favqulodda ulkan miqyosli konveksiya jarayoni boradi. Aynan ushbu

jarayon Quyosh qa'rida kechayotgan termoyadro reaksiyalari natijasida ajralib chiqayotgan issiqlik energiyasini Quyosh sirtiga olib chiqadi ([Quyosh o'z energiyasini qayerdan oladi?](#)). 150 million km naridagi Quyoshni qo'ya turing, shundoqqina oyoq ostimizda - [Yer mantiyasida](#) ham muntazam konveksiya jarayoni boradi va uning natijasida biz [plitalar tektonikasini](#) kuzatamiz. [Sayyoramiz atmosferasi](#) dagi konveksion oqimlar butun Yer yuzi bo'ylab iqlimning qanday bo'lishini hal qiladi desak mubolag'a bo'lmaydi. Atmosferadagi konveksiya jarayonlari ekvator va unga yaqin issiq hududlardan isigan havo va suv massalarini qutblar tomon tashib boradi va butun boshli mintaqalar va materiklarning iqlim xususiyatlarini belgilab beradi. Hattoki, alohida holda olingan bitta shahar miqyosida ham konveksiya juda muhim o'rin tutadi. Siz nima sababdan shahar joylarning harorati qishloqlardagidan bir-ikki daraja baland bo'lishini fikr qilib ko'rganmisiz? Buning sababi ham o'sha konveksiyaga borib taqaladi. Shaharda qizigan asfalt yuzasidan iliq havo muntazam ko'tarilib turadi va uning o'rniga sovuqroq havo tushib, doimiy sirkulyatsion oqim hosil qiladi. Shu sababli, katta shaharlarda, ayniqsa, avtomobil harakati zich va jadal bo'lgan yirik megapolislarda o'ziga xos mahalliy mikroiklim yuzaga keladi.

Umumlashtirish o'rnida shuni ta'kidlaymizki, konveksiya - moddaning harakati evaziga issiqlik uzatilishi jarayonini yuzaga keltiradigan jarayondir. Muayyan bir joyda issiqlikni o'ziga yig'ib olgan modda muhit bo'ylab harakatlanib, issiqlikni o'zi bilan tashib yuradi va nisbatan joyga borgach, u o'zi tashib kelgan issiqlikni o'sha joydagi sovuqroq moddalarga, xususan, atrof muhitga uzatadi. Konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlikning bir-biridan tubdan farq qiladigan joyi aynan shunda. Ya'ni, issiqlik o'tkazuvchanlikda issiqlikni uzatayotgan moddaning o'zi joyidan qo'zg'almaydi; konveksiyada esa, issiqlikni modda o'zi bilan tashib yuradi.



Nurlanish

Avvalgi ikki xil usuldagi issiqlik uzatilishidan tubdan farqli ravishda, nurlanish jarayonida issiqlik uzatilishida, moddaning o'zi xoh u qattiq modda, xoh u suyuqlik yoki gaz bo'lsin, issiqlik uzatish ishiga mutlaqo aralashmaydi. Bu holatda, issiqlik almashinuvi borishiga bosh sabab - [Stefan-Botsman](#) qonuniga ko'ra, tabiatda, harorati mutlaq nol haroratdan yuqori bo'lgan har qanday jismning atrof-muhitga o'zidan energiya taratishi bo'ladi. Bunda nurlanish turi jismning haroratiga bog'liq bo'ladi. Buni kundalik turmushda ham oddiy misollar orqali kuzatish mumkin. Masalan, temirchi ishlov berayotgan metall qizish jarayonida avvaliga qizaradi, harorat ortgan sari u sarg'ayib, zarg'aldoq tusga kiradi va oxiri deyarli oq ranggacha o'zgaradi. Bu jismning harorati ortib borayotganidan dalolat beradi. Chunki, jism harorati qanchalik baland bo'lsa, u chiqarayotgan nurlanishlarning to'liq uzunligi shunchalik qisqa bo'ladi. Nisbatan sovuq jismlar infraqizil nurlar diapazonida nurlanish taratadi va biz bu nurlarni ko'ra olmaymiz, lekin, ularning issiqligini, harorat taftini his qilamiz. Eng qaynoq jismlarning ham rangini biz ko'ra olmaymiz. Chunki, ular ko'zga ko'rinmaydigan mikroto'liqlar diapazonida nurlanish taratadi.

Ehtimol, ko'zga ko'rinmas nurlarning kashf etilishi borasida eng mashhur holatlardan biri bu - kosmik nurlanishlardagi [Relikt mikroto'liqlik fonning kashf etilishi](#) bo'lgan bo'lsa kerak. Ushbu kashfiyot Ulkan Portlash haqidagi gipotezaning haqiqat ekanini tasdiqlovchi dalillardan biriga aylandi. Mohiyatan, ushbu fon Butun

Koinot bo'ylab uning har bir qismida, ya'ni, Koinotning o'zi tomonidan nurlantirilmoqda, chunki, Koinotning o'zi to'xtovsiz kengayib, borgan sari sovib boryapti va o'zining avvalboshdagi favqulodda ulkan haroratini yo'qotmoqda.

3. Issiqlik ko'chishining miqdoriy ko'rsatkichlari. Issiqlik oqimi. Issiqlik oqimining zichligi.

Issiqlik oqimi.

Issiqlik-materiya xarakatining bir shaklidir. Moddani tashkil etgan zarrachalar va maydonlar majmuasi materiya xisoblanadi. Moddaning tarkibiy qismiga kirgan elektron, atom, molekula, zarracha, kristall panjara tugunlarida joylashgan atomlarni murrakkab harakati natijasida paydo bo'ladigan energiya issiqlikdir.

Molekulyar- kinetik nazariya nuqtai nazaridan tushuntirilgan bu g'oyani XVIII-asrda D.Bernulli va Valter rivojlantirdi. XIX-asrga kelib issiqlik haqidagi g'oyani R.Mayer, J.Djoule, R. Klazius, D.Maksvell yana ham rivojlantirdilar.

Issiqlik energiyasi jismlarning o'zaro ta'sirlashuvi(kontakt) natijasidir.

Sistemalararo temperaturalar farqi o'rinli bo'lsagina issiqlik energiya sifatida birinchi sistemadan ikkinchisiga o'tadi, ya'ni $T_1 > T_2$, ikkala temperaturalari bir xil, $T_1 = T_2$ bo'lsa, issiqlik uzatilmaydi. Sovuq moda (sistema)dan issiq jismga issiqlik uzatilmaydi, ya'ni $T_1 < T_2$ bo'lishi mumkin emas.

Ish jism-energiyani bir turdan boshqa turga aylantirish jarayonida ish bajaridigan moddalardir.

Issiqlik ko'chishining miqdoriy ko'rsatkichlari.

Issiqlik o'tkazuvchanlik jarayonini bayon qiluvchi ixcham tenglama quyidagicha ko'rinishga ega:

$$Q = A \cdot \Delta T / R$$

bu yerda Q - uzatilayotgan issiqlik energiyasi miqdori; A - issiqlik o'tkazgich jismning ko'ndalang kesim yuzasi; ΔT - ikki nuqta orasidagi haroratlar farqi; R esa - materialning issiqlik qarshiligi bo'lib, u mazkur materialning issiqlik o'tkazishga nisbatan qanday qarshilik ko'rsatishini ifodalaydi. Biz yuqorida keltirgan misolda, ΔT - qoshiqning sho'rvaga botib turgan qismidagi harorat va uning tashqarida, xona haroratida turgan qismi, ya'ni, sopidagi harorat ko'rsatkichlari ayirmasiga teng bo'ladi. A - qoshiqning ko'ndalang kesim yuzasi; R esa har bir

metall uchun o'ziga xos bo'lib, maxsus ma'lumotnoma-jadvallardan aniqlanadi.

Formulaga qarab shu narsani oson payqash mumkinki, haroratlar farqi va metallning ko'ndalang kesim yuzasi qanchalik katta bo'lsa, ushbu metall orqali shunchalik ko'p issiqlik miqdori o'tkaziladi. Shu bilan birga, agar haroratlar farqi va metallning ko'ndalang kesim yuzasi ma'lum bo'lsa, unda bunday metall orqali issiqlik o'tkazuvchanlik ko'rsatkichi, mazkur metallning issiqlik qarshiligiga teskari proporsional bo'ladi. Ya'ni, metallning issiqlik qarshiligi qanchalik baland bo'lsa, uning issiqlik o'tkazuvchanligi shunchalik yomon bo'ladi.

Issiqlik oqimining zichligi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik - biror muhitda uning turli qismlaridagi temperaturaning muvozanat qiymatidan chetlashishi natijasida issiqlik oqimining vujudga kelishi hodisasi. Issiqlik o'tkazuvchanlik issiqlik oqimi zichligi bilan uni vujudga keltirgan moddadagi temperatura gradiyenti orasidagi proporsionallik koeffitsiyenti — Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti % bilan ifodalanadi. Har xil jism is-siqlikni turlicha o'tkazadi. Mac, qattiq yoki suyuq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik xossasi gaznikidan yuqori. Kumush eng katta issiqlik o'tkazuvchanlikka ega: $\alpha = 428 \text{ J/m} \cdot \text{grad}$). Qattiq jismning issiqlik o'tkazuvchanligi uning tuzilishiga bog'liq. G'ovak jismlarniki kichik (chunki g'ovaklarni to'ldiruvchi gazning Issiqlik o'tkazuvchanligi kichik). Issiqlikni jismning zarralari (zarralar tebranishi tufayli issiqlikni biridan ikkinchisiga uzatadi), shu sababli metallarning issiqlik o'tkazuvchanlik . ko'rsatkichi katta bo'ladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoi nimadan iborat?
2. Furey qonunining formulasini yozib bering.?
3. Issiqlik oqimining formulasini yozib bering.?
4. Issiqlik uzatish deb nimaga aytiladi?
5. Issiqlik uzatishda qanday masalalar ko'riladi?
6. Issiqlik o'tkazuvchanlikka ta'rif bering.
7. Konvektsiya nima?

2-ma`ruza

Mavzu: Issiqlik o'tkazuvchanlik. Issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonuni - Fur'e qonuni. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi

Reja:

1. Issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonuni - Fur'e qonuni.
2. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti
3. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi

1. Issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonuni - Fur'e qonuni.

Bir jinsli izotrop jismni isishini ko'raylik. Barcha yo'nalishlar bo'yicha bir xil fizik xossalarga ega bo'lgan jismlarga izotrop jismlar deb aytiladi. Bunday jismni isitish vaqtida uning turli nuqtalaridagi temperatura vaqt bo'yicha o'zgaradi va issiqlik yuqori temperatura sohasidan past temperatura sohasiga tarqaydi.

Vaqtning ayni paytida ko'rib chiqilayotgan fazoning barcha nuqtalaridagi temperatura qiymatlarining yig'indisi temperatura maydoni deyiladi. Temperatura maydoni quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$t=f(x,u,z,\tau) \quad (1)$$

bu yerda x,u,z – nuqta koordinatalari; τ - vaqt.

Agar jismning temperaturasi koordinata va vaqtning funktsiyasi bo'lsa, u holda temperatura maydoni nostatsionar bo'ladi:

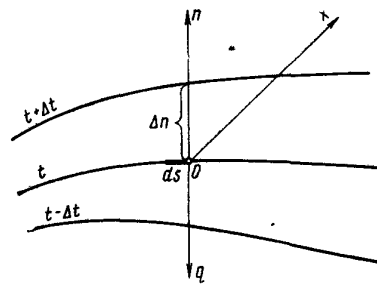
$$t=f(x,u,z,\tau); \partial t/\partial \tau \neq 0 \quad (2)$$

Agar jismning temperaturasi faqat koordinataning funktsiyasi bo'lib, vaqt davomida o'zgarmasa, u holda temperatura maydoni statsionar bo'ladi.

$$t=f(x,u,z); \partial t/\partial \tau = 0 \quad (3)$$

Temperatura maydoni uchta, ikkita va bitta koordinataning funktsiyasi bo'lishi mumkin va mos ravishda, u uch, ikki va bir o'lchamli deyiladi. Hamma nuqtalarida temperatura bir xil bo'ladigan sirt izotermik sirt deyiladi.

Fazoning ayni nuqtasining o'zida bir vaqtda ikki xil temperatura bo'lishi mumkin emasligi uchun, turli izotermik sirtlar hech vaqt bir-biri bilan kesishmaydi. Ularning barchasi jism



sirtida tugaydi yoki butunlay uning ichida joylashadi. Jismning temperaturasi gradienti haqidagi tushunchaga doir izotermik sirtlarni kesib o'tadigan yo'nalishlar-dagina o'zgaradi (1-rasm).

Bunda uzunlik birligida temperaturaning eng katta o'zgarishi izotermik sirtga normal n yo'nalishida bo'ladi.

Temperatura o'zgarishi Δt ning izotermadagi normal bo'yicha masofa Δn ga nisbati temperatura gradienti deyiladi:

$$\lim \left[\frac{\Delta t}{\Delta n} \right]_{\Delta n \rightarrow 0} = \frac{\partial t}{\partial n} = \text{grad} t \quad (4)$$

Temperatura gradienti – izotermik sirtga tushirilgan normal bo'yicha yo'nalgan vektordir. Uning temperaturaning ortishi tomoniga yo'nalishi musbat yo'nalish hisoblanadi. Issiqlik almashinuvining boshqa turlari kabi, issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni ham jismning turli nuqtalarida temperatura bir xil bo'lmagandagina amalga oshadi, ya'ni $\text{grad} t \neq 0$. Ixtiyoriy sirt dan vaqt birligi ichida o'tadigan issiqlik miqdori Q issiqlik oqimi deyiladi. Issiqlik oqimining vektori doimo temperaturaning pasayish tomoniga yo'nalgan bo'ladi.

Frantsuz olimi Fure qattiq jismlardagi issiqlik o'tkazuvchanlik jarayonlarini o'rganib, yuza birligi dF dan vaqt birligi $d\tau$ ichida o'tayotgan dQ issiqlik miqdori va temperatura gradienti o'rtasidagi bog'lanishni aniqladi.

$$dQ = -\lambda dF \text{ grad} t \quad d\tau = -\lambda dF d\tau \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right) \quad (5)$$

(5) tenglama issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonunini ifodalaydi va Fure qonuni deyiladi. Shu tenglamadagi minus ishora issiqlik oqimi bilan temperatura gradientining vektorlari qarama-qarshi tomonga yo'nalganligini bildiradi.

(5) ifodadagi proportsionallik koeffitsienti λ issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsenti deyiladi. Izotermik sirt birligidan vaqt birligi ichida o'tadigan issiqlik miqdori issiqlik oqimining zichligi deyiladi.

$$q = -dQ/(dF d\tau) \text{ yoki } q = -\lambda(\partial t/\partial n) \quad (6)$$

Issqlik oqimi zichligi q ning vektori doimo temperaturaning pasayishi tomoniga yo'nalgan bo'ladi. Ixtiyoriy sirt F dan vaqt birligi ichida o'tayotgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

2. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti jismning fizik parametri bo'lib, uning o'tkazuvchanlik hususiyatlarini tavsiflaydi. Uning qiymatlari tajriba usulida aniqlanadi va issiqlik-fizik ma'lumotnomalarda keltiriladi. Umumiy holda issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyent jism turi, harorati va bosimi funktsiyalari bo'ladi. Gazlar uchun issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti $\lambda = 0,006 \dots 0,6 \text{ W/(mK)}$ qiymatlariga ega bo'ladi, bosim ortishiga bog'liq bo'lmaydi va harorat ko'tarilishi bilan qiymati oshadi. Suyuqliklar uchun issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti son qiymatlari $\lambda = 0,007 \dots 0,7 \text{ W/(m K)}$ bo'lib, harorat va (suv va glitserindan tashqari) bosim oshishi bilan oshadi. Qattiq materiallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti metall va nometallar (dielektriklar) uchun har xil tartibga ega. Metallar yaxshi issiqlik o'tkazuvchanlikka ega va $\lambda = 3 \dots 450 \text{ W/(m K)}$ qiymatlari oralig'ida bo'ladi. Qurilish va issiqlik izolyatsiya materiallari uchun issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti $\lambda = 0,023 \dots 2,9 \text{ W/(mK)}$ qiymatlarga ega.

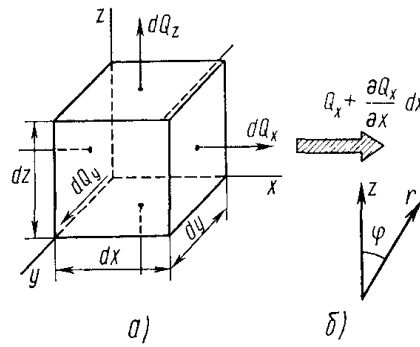
3. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differentsial tenglamasi.

Izotermik sirt dF dan $d\tau$ vaqt ichida o'tayotgan issiqlik miqdorini aniqlash uchun (5) tenglamani F va τ bo'yicha integrallash lozim, ya'ni jism ichidagi temperatura maydonini bilish kerak. Bu masalani yechish uchun issiqlik o'tkazuvchanlikning differentsial tenglamasi keltirib chiqariladi.

Tenglamani keltirib chiqarishda quyidagi shartlar qabul qilinadi: jism bir jinsli va izotrop; uning fizik parametrlari o'zgarmas. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan, jismning elementar hajmiga τ vaqt ichida tashqaridan issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan keltirilgan dQ_1 issiqlik miqdori va ichki issiqlik manbai tomonidan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori dQ_2 yig'indisi jismning ichki energiyasining o'zgarishiga teng bo'lishi kerak $dQ = dU$:

$$dQ_1 + dQ_2 = dQ \quad (7)$$

Bu tenglama hadlarini Dekart koordinata tizimida aniqlash uchun jismda tomonlari dx , dy , va dz bo'lgan parallelepiped



ajratib olamiz (2-rasm).

Bu yerda dQ_x , dQ_y , dQ_z – olib keltirilayotgan issiqlik.

2-rasm. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasiga doir. Dekart (a) va Silindrik (b) koordinatalarda

dQ_{x+dx} , dQ_{y+dy} , dQ_{z+dz} – olib ketilayotgan issiqlik. U holda $dy \cdot dz$ qirra uchun Fure qonuniga (5) asosan:

$$\begin{aligned} dQ_x &= -\chi \frac{\partial t}{\partial x} dydzd\tau; & dQ_{x+dx} &= -\chi \left[\left(\frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial t}{\partial x} \right) dx \right) dydzd\tau = \right. \\ & & &= -\chi \left(\frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx \right) dydzd\tau. \end{aligned}$$

Bu kattaliklar farqi parallelepipedda qolayotgan issiqlik miqdorini beradi:

$$dQ_{x1} = dQ_x - dQ_{x+dx} = \chi \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx dy dz d\tau$$

Xuddi shunday bog'lanishni qolgan ikki qirra uchun keltirib chiqarish mumkin. U holda jismga keltirilgan va unda qolgan umumiy issiqlik miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$dQ_1 = \lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) dx dy dz d\tau$$

Agar ichki issiqlik manbaining solishtirma issiqlik unumdorligini q_v (J/m^3) orqali belgilasak:

$$dQ_2 = q_v dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \text{ bo'ladi.}$$

$d\tau$ vaqt ichida jismning ichki energiyasining o'zgarishi

$$dQ = c_\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} dx dy dz d\tau$$

dQ_1 , dQ_2 va dQ larni (8.9) tenglamaga qo'yib, ba'zi o'zgartirishlardan so'ng quyidagini hosil qilamiz:

$$c_\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + q_v$$

yoki

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c\rho} = a\nabla^2 t + \frac{q_v}{c\rho} \quad (8.)$$

bu yerda $\phi = \frac{\lambda}{c\rho}$ - temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti;

$$\nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) - \text{Laplas operatori.}$$

U holda, issiqlik o'tkazuvchanlik differentsial tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a\nabla^2 t + \frac{q_v}{c\rho} \quad (9)$$

lindrik koordinatalar tizimida (2-rasm, b) (9) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 t}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c\rho} \quad (10)$$

bu yerda r – radius vektor; φ - burchak.

Statsionar holat uchun $\partial t / \partial \tau = 0$, u holda (9) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$Q\nabla^2 + q_v / (c\rho) = 0; \quad \text{yoki} \quad \nabla^2 t + q_v / x = 0 \quad (11)$$

Ichki issiqlik manbai bo'lmasa:

$$\text{Statsionar holatda } \nabla^2 t = 0 \quad (12)$$

$$\text{Nostatsionar holatda } \partial t / \partial \tau = a\nabla^2 t \quad (13)$$

(9) va (10) tenglamalar, issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni ro'y berayotgan jismning istalgan nuqtasidagi temperaturaning vaqt va fazoviy o'zgarishlari orasidagi bog'lanishni belgilaydi. Issiqlik o'tkazuvchanlikni differentsial tenglamasi (Fure tenglamasi) issiqlik o'tkazuvchanlik usuli bilan issiqlik uzatilishini eng umumiy holda yoritadi.

Bu tenglamani aniq bir hollar uchun qo'llashda, vaqtning boshlang'ich paytida jismda temperaturaning taqsimlanishini va boshlang'ich shartlarni bilish zarur.

Bundan tashqari quyidagilar ma'lum bo'lishi kerak: jismning geometrik shakli va o'lchami, muhit va jismning fizik parametrlari, jism sirtida

temperaturaning taqsimlanishini belgilovchi chegara shartlari. Yuqoridagi barcha xususiyatlar differentsial tenglama bilan birgalikda aniq bir issiqlik o'tkazuvchanlik jarayonlarini to'liq yoritadi va bir xillilik shartlari yoki chegara shartlari deb aytiladi. Odatda, temperaturaning boshlang'ich taqsimoti $\tau=0$ vaqt uchun beriladi.

Chegara shartlari uch xil usulda berilishi mumkin. Chegara shartlarining birinchi turida temperaturaning jism sirtida taqsimoti vaqtning istalgan har qanday payti uchun beriladi. Chegara shartlarining ikkinchi turida vaqtning har qanday istalgan payti uchun jism sirtidagi har qaysi nuqtada issiqlik oqimining zichligi beriladi.

Chegara shartlarining uchinchi turida jismni o'rab turgan muhit temperaturasi va jism sirti bilan atrof muhit o'rtasidagi issiqlik berish qonuniyatlari beriladi. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differentsial tenglamasini bir xillilik shartlari asosida yechish, jismni butun hajmi bo'yicha vaqtning istalgan paytida temperatura maydonini aniqlash imkonini beradi.

Nazorat uchun savollar:

1. Issiqlik uzatish deb nimaga aytiladi?
2. Issiqlik uzatishda qanday masalalar ko'riladi?
3. Issiqlik o'tkazuvchanlikka ta'rif bering.
4. Konvektsiya nima?
5. Temperatura maydoni
6. Fure qonuni.
7. Issiqlik oqimi deb nimaga aytiladi?
8. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differentsial tenglamasi.

3-ma'ruza

Mavzu: Statsionar rejimda issiqlik o'tkazuvchanlik orqali issiqlikni ko'chishi. Bir jinsli yassi devor. Devorning issiqlik o'tkazuvchanligi.

Devorning termik qarshiligi. Ko'p qatlamli devor.

Reja:

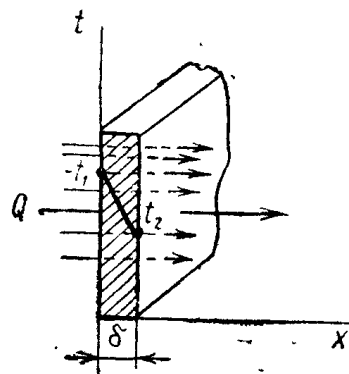
1. Statsionar rejimda bir jinsli yassi devor issiqlik o'tkazuvchanligi.
2. Devorning termik qarshiligi.
3. Yassi ko'p qatlamli devor issiqlik o'tkazuvchanligi.

1. Statsionar rejimda bir jinsli yassi devor issiqlik o'tkazuvchanligi.

1-rasmda bir jinsli materialdan (g'isht, metall, yog'och va hokazo) ishlangan qalinligi δ bo'lgan yassi bir qatlamli devor ko'rsatilgan.

Materialning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ temperaturaga bog'liq emas, deb qabul qilamiz. Devorning tashqi sirtlarida

temperaturalar o'zgarmas $t_1 > t_2$ holda saqlab turiladi; temperatura faqat devor sirtiga perpendikulyar bo'lgan o'q x yo'nalishdagina o'zgaradi, ya'ni temperatura maydoni bir o'lchamli, temperatura gradienti dt/dx ga teng. Devor orqali o'tadigan issiqlik oqimining zichligini topamiz va temperaturaning devor qalinligi bo'yicha o'zgarish tavsifini aniqlaymiz. Devor ichida ikkita izotermik sirt bilan chegaralangan, qalinligi dx bo'lgan elementar qatlamni ajratamiz. Bu qatlam uchun Fure tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



1-rasm. Yassi bir qatlamli devor.

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} \quad (1)$$

$$\text{yoki } dt = -\frac{q}{\lambda} dx \text{ va } t = -\frac{q}{\lambda} dx + c$$

Integrallash doimiysi c chegara shartlaridan aniqlanadi: $x=0$ bo'lganda $t=t_1$.

Bundan $c=t_1$, binobarin tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$t = -\frac{q}{\lambda} x + t_1$$

Bu tenglamadan ko'rib chiqilayotgan devor orqali o'tuvchi issiqlik oqimining zichligini aniqlash mumkin. Ushbu tenglamaga $x=\delta$ qiymatni qo'ysak

$t=t_2$ bo'ladi, bundan

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t \quad (2.)$$

Yassi devorda issiqlik oqimining zichligi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ ga, temperaturalar farqi $(t_1 - t_2)$ ga to'g'ri proporsional va devor qalinligi δ ga teskari proporsional bo'ladi. Shuni nazarda tutish kerakki, issiqlik

oqimi temperaturaning absolyut qiymati bilan emas, balki ularning farqi –issiqlik bosimi $t_1-t_2=\Delta t$ bilan aniqlanadi.

λ/δ nisbat devorning issiqlik o'tkazuvchanligi deyiladi; uning o'lchamligi $[Vt/(m^2 \cdot \text{grad})]$. (2) tenglikni boshqacha ko'rinishda yozish mumkin:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\delta / \lambda} \quad (3)$$

Devor qalinligining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentiga nisbati δ/λ devorning termik qarshiligi deyiladi.

(2) formuladan devorning yassi sirti F orqali τ vaqt ichida uzatilgan umumiy issiqlik miqdori Q ning qiymatini topish mumkin.

$$Q = qF \cdot \tau = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t F \tau \quad (4)$$

Agar (1) formulaga (2) formuladan q ning qiymatini keltirib qo'ysak, temperatura egri chizig'ining tenglamasini olish mumkin.

$$t = t_1 - \frac{\Delta t}{\delta} x \quad (5)$$

Bu tenglama to'g'ri chiziq tenglamasi deyiladi. Shunday qilib χ ning qiymati o'zgaras bo'lganda temperatura bir jinsli devor qalinligi bo'ylab chiziqli o'zgaradi. Agar λ temperaturaga bog'liq bo'lsa, hisoblash formulalari birmuncha murakab bo'ladi.

2. Devorning termik qarshiligi.

Termik qarshilik, issiqlik qarshiligi — jism (uning sirti yoki qatlami)ning molekulalarning issiqlik harakati tarqalishiga to'sqinlik qilish xususiyati. To'liq, sirtki va qatlam Termik qarshiliklari farklanadi. To'liq Termik qarshilik — bir jism (sirt, qatlam) dan ikkinchisiga issiqlik uzatish koeffitsiyentiga teskari miqdor, sirtki Termik qarshilik — bir jism sirti bilan ikkinchi jism sirti orasida issiqlik almashinish koeffitsiyentiga teskari miqdor, qatlam Termik qarshilikgi — shu qatlam qalinligining uning issiqlik o'tkazish koeffitsiyentiga nisbatiga teng miqdor. Murakkab tizim (mas., ko'p qatlamli issiqlik izolyatsiyasi) Termik qarshilikgi uning alohidaalohida qismlari Termik qarshiliklari yig'indisiga teng . Termik qarshilik son jihatdan issiqlik oqimi birligi (Vt/m^2) ni jism sirtiga yoki modda qatlami orqali uzatish uchun zarur temperatura bosimiga teng . U m^2K/Vt orqali

ifodalanadi. Termik qarshilik ni bilish issiqlik texnikasi, qurilishda, binolarni isitish va boshqa sohalarda juda muhim (qarang [Issiqlik almashinishi](#), [Issiqlik o'tkazuvchanlik](#), [Issiqlik harakati](#)).

Issiqlik almashinuvi koeffitsientiga teskari miqdorni ($m^2 \cdot S / Vt$), Issiqlik almashinuvga [termik qarshilik](#) $R = 1/\alpha$ (issiqlik uzatuvchanlik) deb ataladi.

To'siqlar ichki yuzasining va xona ichi havo muhitining issiqlik almashinuviga qarshiligi harorat rejimiga, o'lchamlar va havo almashinuviga (aerasiya) bog'liqdir.

To'siqlar tashqi yuzasining issiqlik almashinuviga qarshiligi asosan shamol tezligiga bog'liq. Shamol tezligining o'shishi bilan u kamayadi.

3. Yassi ko'p qatlamli devorning issiqlik o'tkazuvchanligi

Amalda issiqlik o'tkazuvchanligi turlicha bo'lgan materiallardan yasalgan bir necha qatlamli yassi devor orqali issiqlik uzatish jarayonining ahamiyati ancha muhim. Masalan, bug' qozonining tashqi tomonidan shlaklar bilan, ichki tomonidan esa quyqa bilan qoplangan metall devori uch qatlamli bo'ladi.

Yassi uch qatlamli devor (2-rasm) orqali issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan issiqlik uzatish jarayonini ko'rib chiqamiz.

Bunday devorning barcha qatlamlari bir-biriga zich yopishib turadi. Qatlamlarning qalinligi δ_1 , δ_2 va δ_3 bilan, har qaysi materialning issiqlik

o'tkazuvchanlik

tegishlicha λ_1 , λ_2 va λ_3

Tashqi sirtlarning

ham ma'lum. t_1 va t_3

noma'lum bo'lsin.

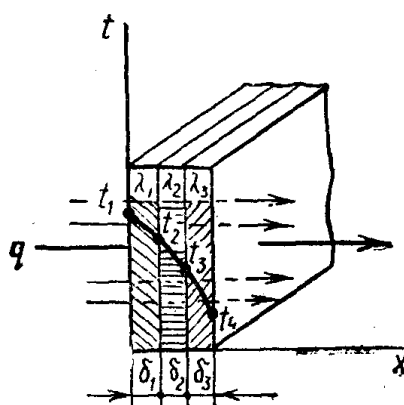
Biz statsionar

chiqayotganligimiz

oqimining zichligi q

o'zgarmas va barcha

xil bo'ladi. Shu sababli har qaysi devor qatlami uchun (2) formula asosida quyidagicha yozish mumkin:



2-rasm. Yassi uch qatlamli devor

koeffitsienti esa

bilan belgilangan.

emperaturalari t_1 va t_4

temperaturalar

holni ko'rib

tufayli issiqlik

kattaligi jihatdan

qatlamlar uchun bir

$$q = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(t_1 - t_2); \quad q = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(t_2 - t_3); \quad q = \frac{\lambda_3}{\delta_3}(t_3 - t_4)$$

Bu tenglamadan har qaysi qatlamda temperaturaning o'zgarishini aniqlasa bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} t_1 - t_2 &= q\delta_1 / \lambda_1 \\ t_2 - t_3 &= q\delta_2 / \lambda_2 \\ t_3 - t_4 &= q\delta_3 / \lambda_3 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\text{Bundan } t_1 - t_4 = \Delta t = q \left[\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right]$$

Bu nisbatdan ko'p qatlamli devor orqali o'tadigan solishtirma issiqlik oqimi q ning kattaligini aniqlash mumkin:

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3} \quad (7)$$

n qatlamli devor uchun (7) formula quyidagi ko'rinishda yoziladi.

$$q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \delta_i / \lambda_i}$$

(7) tenglamadan ko'p qatlamli yassi devorning umumiy termik qarshiligi har qaysi qatlam termik qarshiliklarining yig'indisiga teng, degan xulosa kelib chiqadi:

$$R = \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3 + \dots + \delta_n / \lambda_n.$$

(6) va (7) formulalar asosida noma'lum temperaturalar t_2 va t_3 ning qiymatlarini topish mumkin:

$$t_2 = t_1 - q \delta_1 / \lambda_1 \quad t_3 = t_2 - q \delta_2 / \lambda_2 = t_1 - q \left[\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right]$$

yoki

$$t_3 = t_4 + q \delta_3 / \lambda_3.$$

$\lambda = const$ bo'lganda devorning har qaysi qatlamida temperaturaning taqsimlanishi to'g'ri chiziq qonuniga bo'ysunadi, ko'p qatlamli devor uchun esa sinuq chiziq ko'rinishida bo'ladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Issiqlik uzatish deb nimaga aytiladi?
2. Issiqlik uzatishda qanday masalalar ko'riladi?
3. Issiqlik o'tkazuvchanlikka ta'rif bering.

4. Konvektsiya nima?
5. Temperatura maydoni
6. Fure qonuni.
7. Issiqlik oqimi deb nimaga aytiladi?
8. Issiqlik izolyatsion materiallar.
9. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differentsial tenglamasi.
10. Yassi devorlar orqali issiqlik uzatish.

4-ma`ruza

Mavzu: Kontaktli termik qarshilik. Silindrik devor. Silindrik devorning termik qarshiligi. Ko'p qatlamli silindrik devor. Sharsimon devor. Murakab shaklga ega bo'lgan jismlar.

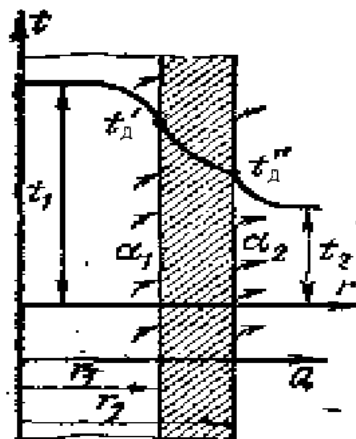
Reja:

1. Bir qatlamli va ko'p qatlamli Silindrik devor orqali issiqlik uzatish
2. Sharsimon devor orqali issiqlik uzatish
3. Qovurg'asimon devor orqali issiqlik uzatish

1. Bir qatlamli va ko'p qatlamli Silindrik devor orqali issiqlik uzatish.

Bir jinsli Silindrik temperaturasi t_1 va issiqlik bo'lgan qaynoq issiqlik temperaturasi t_2 va issiqlik bo'lgan sovuq issiqlik uzatilayotgan bo'lsin (8.8-

U holda issiqlik oqimi tenglamani yozish mumkin:



1-rasm.

devor orqali berish koeffitsienti α_1 tashuvchidan, berish koeffitsienti α_2 tashuvchiga issiqlik rasm). uchun quyidagi uchta

$$Q = \alpha_1 \pi d_{ich} l (t_1 - t_o^I)$$

$$Q = \frac{\pi d}{\frac{1}{2\chi} \ln \frac{d_{tash}}{d_{ich}}} (t_o^I - t_o^{II})$$

$$Q = \alpha_2 \pi d_{tash} l (t_o^{II} - t_2)$$

Bu uch tenglamani temperaturalar farqiga nisbatan yechib, keyin xadma-xad qo'shib quyidagini hosil qilamiz:

$$Q = \frac{\pi d(t_1 - t_2)}{\alpha_1 d_{ich} + \frac{1}{2\chi} \ln \frac{d_{tash}}{d_{ich}} + \frac{1}{\alpha_2 d_{tash}}} \quad (1)$$

bu yerda

$$k_y = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_{ich}} + \frac{1}{2\chi} \ln \frac{d_{tash}}{d_{ich}} + \frac{1}{\alpha_2 d_{tash}}} \quad (2)$$

Issiqlik uzatishning chiziqli koeffitsienti deb aytiladi, uningi birligi $Vt/(m \cdot \text{grad})$.

Silindrik devordan o'tayotgan issiqlik oqimining zichligi quyidagiga teng.

$$q_u = \frac{Q}{l} = k_y \pi (t_1 - t_2)$$

Issiqlik uzatilishining chiziqli koeffitsienti, uzunligi 1 m bo'lgan quvurdan vaqt birligi ichida qaynoq issiqlik tashuvchidan sovuq issiqlik tashuvchiga, ularning temperaturalari farqi 1° bo'lganda uzatilayotgan issiqlik miqdoriga teng. Shuning uchun (8-32) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = k_{ts} \pi l (t_1 - t_2) \quad (3)$$

Ko'p qatlamli silindrik devordan o'tayotgan issiqlik oqimi quyidagiga teng:

$$Q = \frac{\pi d(t_1 - t_2)}{\frac{1}{d_1 d_{ich}} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\chi_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{tash}}} \quad (4)$$

Ichki yoki tashqi sirtlarga nisbatan olingan issiqlik oqimining zichligi quyidagi tenglamalardan aniqlanadi:

$$q_{u1} = \frac{Q}{\pi d_1 l} = \frac{k_u}{d_1} (t_1 - t_2)$$

$$q_{u2} = \frac{Q}{\pi d_2 l} = \frac{k_u}{d_2} (t_1 - t_2)$$

Issiqlik uzatishning chiziqli koeffitsientiga teskari bo'lgan kattalikka issiqlik uzatishning chiziqli termik qarshiligi deb aytiladi:

$$R_y = \frac{1}{Q_y} = \frac{1}{\alpha_1 d_{ich}} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{tash}} \quad (5)$$

bu yerda $\frac{1}{\alpha_1 d_{ich}}$ va $\frac{1}{\alpha_2 d_{tash}}$ - tashqi termik qarshiliklar; $\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}$ - ko'p qatlamli

Silindrik devorning termik qarshiligi; R_{ts} ning o'lchov birligi m-grad/Vt.

Ichki sirtning temperaturasini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$t_{\delta}^I = t_1 - \frac{Q}{\alpha_1 d_{uv} \pi l} \quad (6)$$

tashqi sirtniki esa:

$$t_{\delta}^{II} = t_2 + \frac{Q}{\alpha_2 d_{tash} \pi l} \quad (7)$$

2. Sharsimon devor orqali issiqlik uzatish

Statsionar tartibda va chegara shartlarining uchinchi turida quyidagilar ma'lum bo'lsin: sharning ichki diametri d_1 , tashqi diametri d_2 , shar ichidagi issiq manba temperaturasi t_1 va sovuq manba temperaturasi t_2 , issiq muhitdan shar ichki sirtiga issiqlik berish koeffitsienti α_1 va sharning tashqi sirtidan atrof muhitga issiqlik berish koeffitsienti α_2 bo'lsin.

Statsionar holda barcha izotermik sirtlar uchun issiqlik oqimi o'zgarmas bo'ladi:

$$Q = \alpha_1 \pi d_1^2 (t_1 - t_{\delta}^I)$$

$$Q = \frac{2\pi \chi}{\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}} (t_{\delta}^I - t_{\delta}^{II})$$

$$Q = \alpha_2 \pi d_2^2 (t_{\delta}^{II} - t_2)$$

Bu tenglamalarni temperaturalar farqiga nisbatan yechib va hadma-had qo'shib issiqlik oqimini qiymatini topamiz:

$$Q = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1^2} + \frac{1}{2\lambda} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) + \frac{1}{\alpha_2 d_2^2}}$$

yoki

$$Q = k_{sh} \cdot \pi (t_1 - t_2) \quad (9)$$

Bu yerda k_{sh} sharsimon devorning issiqlik uzatish koeffitsienti bo'lib, uning birligi, $Vt/grad$

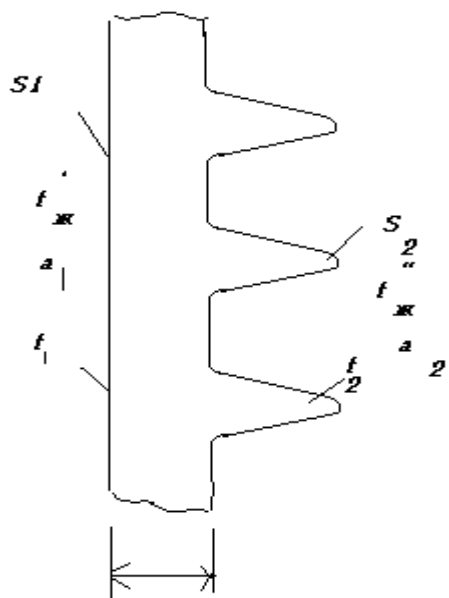
$$k_{sh} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_2} + \frac{1}{2\lambda} \left(\frac{1}{\alpha_2 d_2} \right) + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \quad (10)$$

k_{sh} ga teskari bo'lgan bo'lgan kattalikka sharsimon devorning termik qarshiligi deb aytiladi:

$$R_{sh} = \frac{1}{k_{sh}} = \frac{1}{\alpha_1 d_2} + \frac{1}{2\lambda} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) + \frac{1}{\alpha_2 d_2} \quad (11)$$

3. Qovurg'asimon devor orqali issiqlik uzatish

Agar devorning bir tomoni issiqlik berish koeffitsenti yuqori bo'lgan suyuqlik bilan yuvib turilsa, ikkinchi tomoni esa issiqlik berish koeffitsenti kichik bo'lgan gaz bilan yuvib turilsa, u holda issiqlik berishning termik qarshiliklarini tekislash uchun qovurg'asimon sirtlar qo'llaniladi. Devorni qovurg'alash uning issiqlik almashinish yuzasini orttiradi va natijada issiqlik uzatishining termik qarshiligi kamayib, issiqlik oqimi ortadi.



8.10-rasm

2-rasmda qovurg'asimon devor orqali issiqlik uzatilishining sxemasi tasvirlangan.

Bu devorning silliq tomoni yueasi S_1 , qovurg'asimon tomonining yuzasi S_2 , devorni yuvib o'tayotgan suyuqliklar temperaturasi t_c va t''_c ($t_c > t''_c$) issiqlik berish koeffitsentlari α_1 va α_2 ($\alpha_2 \ll \alpha_1$), devor sirti temperaturalari t_2 va t_1 , devorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsenti λ va qalinligi δ bo'lsin.

Bu devor orqali issiqlik uzatishni quyidagi tenglamalar bilan ifodalanishi mumkin.

$$Q = \alpha_1 S_1 (t_c - t_1):$$

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} S_1 (t_1 - t_2); \quad Q = \alpha_2 S_2 (t_2 - t''_c)$$

Yuqoridagi tenglamalarni temperatura o'zgarishlariga nisbatan yechib va xadma-xad qo'shib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$Q = \frac{t'_c - t''_c}{\frac{1}{\alpha_1 S_1} + \frac{\delta}{\lambda S_1} + \frac{1}{\alpha_2 S_2}} = k_p \Delta t \quad (12)$$

bu yerda K_p - qovurg'asimon devorning issiqlik uzatish koeffitsenti

$$k_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 S_1} + \frac{\delta}{\lambda S_1} + \frac{1}{\alpha_2 S_2}} \quad (13)$$

issiqlik oqimining zichligi devorning silliq sirti birligi q_1 ga va qovurg'asimon sirti birligi q_2 ga nisbatan aniqlanadi.

$$q_1 = \frac{Q}{S_1} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \frac{S_1}{S_2}} = k_1 \Delta t \quad (14)$$

bu yerda k_1 - qovurg'asimon devorning silliq sirtiga nisbatan olingan issiqlik uzatish koeffitsenti:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \frac{S_1}{S_2}}$$

va

$$q_2 = \frac{Q}{S_2} = \frac{\Delta t}{(1/\alpha_1)(s_2/s_1) + (\delta/\lambda)(s_2/s_1) + 1/\alpha_2} = k_2 \Delta t \quad (15)$$

bu yerda k_2 devorning qovurg'asimon sirtiga nisbatan olingan issiqlik uzatish koeffitsenti:

$$k_2 = \frac{1}{(1/\alpha_1)(s_2/s_1) + (\delta/\lambda)(s_2/s_1) + 1/\alpha_2}$$

S_2/S_1 nisbatga qovurg'alanish koeffitsenti deyiladi. Yuqoridagi formulalarni taqriban keltirib chiqardik, chunki ularni keltirib chiqarishda t_2 va α_2 larni qovurg'asimon sirt bo'ylab o'zgarimas deb oldik. Aslida qovurg'aning cho'qqi qismi asosiga qaraganda sovuqroq bo'ladi va demak, α_2 qovurg'asimon sirt bo'ylab turlicha bo'ladi.

Tashqi tomoni qovurg'alangan quvur uchun (8.64) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$q_t = k_t(t_1 - t_2) \quad (16)$$

va

$$k_T = \frac{1}{\left[\frac{1}{\alpha_1 d_2} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2 S_2 / S_1} \right]} \quad (17)$$

bu yerda d_1 - quvurning ichki diametri; d_2 – quvurning tashqi diametri.

Qovurg‘asimon sirtlar issiqlik berishni jadallashtirish maqsadida texnikada keng qo‘llaniladi. Masalan, isitish asboblarning asosan tashqi sirtlari qovurg‘alanadi, chunki devordan havoga issiqlik berish koeffitsenti ($\alpha_2=12-60\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$) issiq suvdan devorga issiqlik berish koeffitsenti ($\alpha_2=2500-6000\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$) dan ancha kichik.

5-ma`ruza

Mavzu: Konvektiv issiqlik almashinuvi (issilik berish). Konvektiv issiqlik almashinuvining asosiy qonuni - N'yuton – Rixman qonuni. Issiqlik berish. Issiqlik berish koeffitsienti. Tabiiy va majburiy konvektsiya. Hidrodinamik chegaraviy qatlam. Laminar (qovishoq) qatlam osti. Issiqlik chegaraviy qatlam.

Reja:

1. Konvektiv issiqlik almashinuvi. N'yuton – Rixman qonuni.
2. Issiqlik berish koeffitsienti. Tabiiy va majburiy konvektsiya.
3. Hidrodinamik, laminar (qovishoq), issiqlik chegaraviy qatlam.

1. Konvektiv issiqlik almashinuvi. N'yuton – Rixman qonuni.

Gaz yoki suyuqlik makrozarralarining bir joydan ikkinchi joyga siljishida issiqlikning uzatilish jarayoni konvektsiya deyiladi. Konvektsiya (lotincha *convectia* – keltirish) sochiluvchan, suyuq va gazzimon moddalar qatlamlari zarralarining tartibsiz harakatida namoyon bo‘ladi. Shuning uchun zarralari oson siljiydigan muhitdagina konvektsiya sodir bo‘lishi mumkin. Issiqlikning konvektiv va molekulyar uzatilishining birgalikda ta’sir etishi tufayli bo‘ladigan issiqlik almashinish konvektiv issiqlik almashinish deyiladi. Boshqacha aytganda, konvektiv issiqlik almashinuvi bir vaqtning o‘zida ikki usul: konvektsiya va issiqlik o‘tkazuvchanlik yo‘li bilan amalga oshiriladi. Harakatlanuvchi muhit va uning

boshqa (qattiq jism, suyuqlik yoki gaz) bilan chegara sirti orasidagi konvektiv issiqlik almashinuviga issiqlik berish deyiladi.

Konvektiv issiqlik berish nazariyasining asosiy vazifasi oqim yuvib o‘tadigan qattiq jism orqali o‘tadigan issiqlik miqdorini aniqlashdir. Issiqlikning yakuniy oqimi doimo temperaturaning pasayish tomoniga yo‘nalgan bo‘ladi.

Issiqlik berishni amalda hisoblashda Nyuton qonunidan foydalaniladi.

$$Q = \alpha F(t_c - t_{dev}) \cdot \tau \quad (1)$$

Bu tenglik 1701 yili I.Nyuton tomonidan olingan bo‘lib, Nyutonning konvektiv issiqlik berish qonuni deb aytiladi. Bu qonunga asosan suyuqlikdan devorga yoki devordan suyuqlikka o‘tadigan issiqlik miqdori Q issiqlik almashinuvida ishtirok etayotgan sirt F ga, temperatura tushishi $t_c - t_{dev}$ ga va issiqlik almashinuv vaqti τ ga proporsional bo‘ladi.

Bu yerda t_{dev} – devor sirtining temperaturasi; t_c – devor sirtini yuvib o‘tadigan muhitning temperaturasi. Suyuqlik bilan qattiq jism orasidagi issiqlik almashinuvining konkret shart-sharoitlarini hisobga oluvchi proporsionallik koeffitsienti α issiqlik berish koeffitsienti deyiladi.

(1) formulada $F= 1m^2$ va $\tau =1$ sek deb qabul qilsak, bir kvadrat metr yuzadan o‘tadigan issiqlik oqimining Vatt hisobidagi zichligini olamiz:

$$q = \alpha(t_c - t_{dev}) \quad (2)$$

yoki

$$q = \frac{t_c - t_{dev}}{1/\alpha} \quad (3)$$

Issiqlik berish koeffitsientiga teskari bo‘lgan $1/\alpha$ kattalik issiqlik berishning termik qarshiligi deyiladi. (3) tenglamani α ga nisbatan yechsak quyidagini olamiz:

$$\alpha = \frac{q}{t_c - t_{dev}} \quad (4)$$

(4) tenglikka ko‘ra, issiqlik berish koeffitsienti α issiqlik oqimining zichligi q ning jism sirtining temperaturasi va tevarak muhit temperaturasi orasidagi farqqa nisbatidan iborat. Temperatura bosimi $1^\circ S$ ga teng bo‘lganda issiqlik berish koeffitsienti α son jihatidan issiqlik oqimining zichligiga teng bo‘ladi.

Konvektiv issiqlik almashinuvi ancha murakkab jarayon. Bu jarayonni hisoblashda asosiy masala issiqlik berish koeffitsienti α ni aniqlashdir. Issiqlik berish koeffitsienti α juda ko‘p faktorlarga bog‘liq bo‘lib, ulardan asosiylari quyidagilar:

2. Issiqlik berish koeffitsienti. Tabiiy va majburiy konveksiya.

Tabiiy konveksiyada issiqlik berilishi

Issiqlik oqimini aniqlovchi barcha formulalarda suyuqlik temperaturasi qiymati kiradi. Bu temperatura esa, ko‘pincha, kanalning kesimi va uzunligi bo‘ylab notekis taqsimlangan. Shu sababli texnik hisoblashlarda suyuqlik temperaturasi sifatida oqimning o‘rtacha temperaturasi olinadi.

Bu temperaturaga aniqlovchi temperatura deyiladi. Devorning o‘rtacha temperaturasini t_d , suyuqlikning kanalga kirishdagi o‘rtacha temperaturasini t^I , chiqishdagini esa t^{II} bilan belgilasak, u holda oqimning kanal uzunligi bo‘yicha o‘rtacha temperaturasi t_s quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$t_c = t_d \pm (t^I - t^{II}) / \ln \frac{t^I - t_d}{t^{II} - t_d} \quad (5)$$

(5) formulada musbat ishora suyuqlik sovutilayotganda, manfiy ishora esa isitilayotganda olinadi. Agar oqim temperaturasi o‘zgarishi unchalik katta bo‘lmasa, o‘rtacha temperaturani quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$t_c = 0,5(t^I + t^{II}) \quad (6)$$

Ma’lumki, tomchi suyuqliklar va gazlarning fizik parametrlari temperatura o‘zgarishi bilan o‘zgarib turadi. Shuning uchun fizik kattaliklar olinadigan aniqlovchi temperatura sifatida oqimning o‘rtacha temperaturasi, yoki devorning o‘rtacha temperaturasi, yoki chegara qatlamining o‘rtacha temperaturasi olinadi:

$$t_{ch-q} = 0,5(t_d + t_s) \quad (7)$$

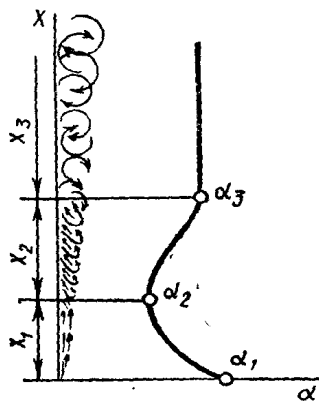
Issiqlik berish koeffitsientini aniqlash tenglamalarida har doim suyuqlikning o‘rtacha tezligi olinadi:

$$w_{oit} = \frac{1}{F_F} \int w dF = \frac{V}{F} \quad (8)$$

Bazi o‘xshash sonlarga chiziqli o‘lcham kiradi. Yumaloq quvurlar uchun chiziqli o‘lcham sifatida quvurning ichki diametri olinadi. Kesimi yumaloq

bo‘lmagan kanallar uchun ekvivalent diametr $d_{ekv}=4F/S$ olinadi, bu yerda F – kanalning ko‘ndalang kesim yuzasi; S – kanalning to‘liq (ho‘llangan) perimetri.

Oqim quvurni yoki quvurlar



1-rasm. Havoning vertikal issiq sirt bo‘ylab harakatlanishi:

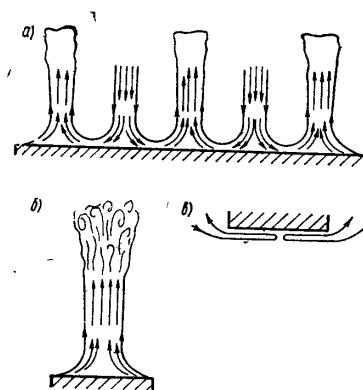
x_1 – laminar harakatlanish sohasi;

x_2 - oraliq harakatlanish sohasi;

suyuqlikning erkin harakatlanishiga temperaturalar farqi sabab bo‘ladi. Bu erkin harakatlanish faqat issiqlik almashinuv bo‘lgandagina vujudga kelishi va davom etishi mumkin, degan so‘zdir. Bunda issiqlik almashinuvi qanchalik kuchli bo‘lsa, muhit ham shunchalik, tez harakat qiladi. Shunday qilib, tabiiy konvektsiya faqat suyuq (gaz) muhitdagina amalga oshishi mumkin.

Tabiiy konvektsiya yo‘li bilan issiqlik almashinuvida qizigan zarralar yuqoridan tushayotgan sovuq zarralarga qarshi, ya’ni pastdan yuqoriga tomon harakat qiladi. Bunda murakkab harakat vujudga kelib, ko‘tariluvchi va tushuvchi oqimlar to‘qnashadi. Tabiiy konvektsiyada issiqlik almashinuv jarayoni ko‘pchilik issiqlik qurilmalaridek uzatiladi. 1-rasmda havoning qizigan vertikal quvur atrofida harakatlanish sxemasi ko‘rsatilgan.

Quvurning pastki qismida havoning yupqa qatlami kichikroq tezlik bilan yuqoriga ko‘tarilib, laminar oqim hosil qiladi. Shundan keyin harakatlanish davomida qatlam qalinligi asta-sekin ortib boradi. Bunda tezlik ortadi, laminar oqim tartibi buziladi, harakat o‘ziga xos «gajaksimon» ko‘rinishga ega bo‘ladi. Bu oraliq oqim barqaror bo‘lmaydi, u turbulent oqim bilan almashinadi va quvurning yuqori



2-rasm. Isitilgan gorizontol sirtida suyuqlik erkin harakatining tavsifi

to‘plamini ko‘ndalangiga yuvib o‘tayotganda aniqlovchi o‘lcham sifatida quvurning tashqi diametri olinadi; oqim plitani yuvib o‘tayotganda, oqim yo‘nalishi bo‘yicha uning uzunligi olinadi.

Yuqorida aytib o‘tilganidek,

qismining hammasida oqish tartibi turbulent bo'ladi. Harakat tartibi o'zgarishiga qarab issiqlik berish koeffitsienti α ning qiymati ham o'zgaradi. Quvurning pastki qismida α quvurning balandligi bo'ylab kamayadi, x_2 qismida (oraliq oqim) α qisman ortib, turbulent oqim qismida o'zgarmasligicha qoladi.

Qizdirilgan tomoni yuqoriga qaragan gorizontal yassi devor yoki plita atrofida suyuqlikning o'ziga xos harakati kuzatiladi (2-rasm).

Qizdirilayotgan yuza katta bo'lsa mahalliy ko'tariluvchi va tushuvchi oqimlar hosil bo'ladi (2-rasm,a), yuza kichik bo'lsa, birgina ko'tariluvchi oqim hosil bo'ladi (2-rasm,b).

Xuddi shu plitalarning qizdirilgan sirti pastga qaragan bo'lsa, suyuqlikning harakati sirt ostida, yupqa qismida ro'y beradi (2-rasm, v).

Diametri kichik bo'lgan (1 mm gacha) tayoqchalarda isitish yuzasi kichik bo'lgani tufayli, laminar oqim temperatura bosimi Δt katta bo'lganda ham saqlanib qoladi. Δt ning unchalik katta bo'lmagan qiymatlarida esa, tayoqcha atrofida deyarli harakatlanmaydigan isitilgan suyuqlik qatlami hosil bo'ladi. Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, chegaralanmagan fazodagi tabiiy konvektsiya asosan muhitning fizik xossalariga va temperatura bosimiga bog'liq bo'lar ekan. M.A. Mixeev tabiiy konvektsiyada issiqlik almashinuviga doir ko'p tajriba natijalarini tahlil qildi va issiqlik almashinuvining turli hollarida issiqlik berilishini topishga imkon beradigan bir qator tenglamalarni taklif etdi.

Majburiy konvektsiyada issiqlik berilishi

Majburiy harakatlanishda issiqlik berilish jadalligi, asosan muhitning (suyuqlik yoki gazning) harakatlanish tavsifi bilan aniqlanadi.

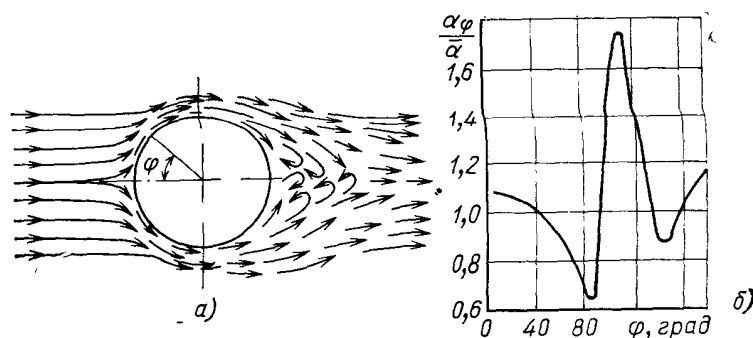
Amalda ko'pincha turbulent harakat uchraydi, bunda issiqlik berish koeffitsienti laminar harakatdagiga qaraganda ancha katta bo'ladi. Re soni kattalashganda ya'ni turbulentlik jadalligi ortganda suyuqlik bilan devor orasida issiqlik almashinuvi kuchayadi. Issiqlik almashinuvi muhit yuvib o'tayotgan sirtning shakliga ham ko'p jihatdan bog'liq bo'ladi. Oqim hech qaerda yuvib o'tilayotgan sirtidan ajralmasa, bunday oqim uzilmas oqim deyiladi. Agar tizimda keskin o'zgaradigan egri-bugriliklar yoki kattalashib boradigan kanallar, keskin burilishlar

va shunga o‘xshashlar bo‘lsa, u holda ba’zi joylarda oqim sirtidan ajraladi, ya’ni uzilib oqish paydo bo‘ladi. Bugungi kunda uzilmay oqish jarayoni deyarli to‘liq o‘rganilgan bo‘lib, turli sirtlar uchun har xil hisoblash formulalari mavjud. Uzilib oqish jarayoni esa, sodda hollar (silindr, shar va quvurlar to‘plamini yuvib o‘tishda) uchun o‘rganilgan.

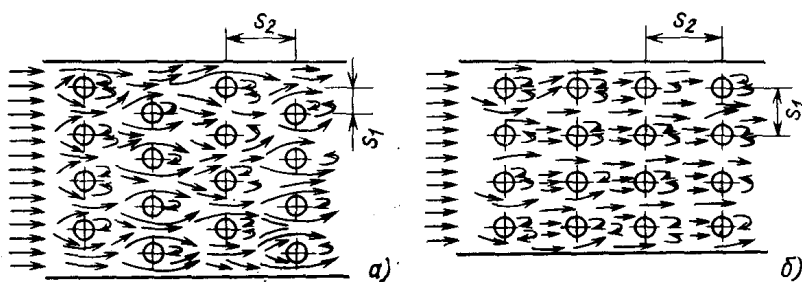
Majburiy konveksiyada laminar oqim ikki xil bo‘lishi mumkin – qovushoqli va qovushoq – gravitatsion. Qovushoqli oqishda, qovushoqlik kuchlari ko‘tarish kuchlaridan ustun turadi. Bu oqishda tabiiy konveksiya bo‘lmaydi va kanal devorlariga issiqlik faqat issiqlik o‘tkazuvchanlik usuli bilan uzatiladi.

Qovushoq–gravitatsion oqishda ko‘tarish kuchlari hisobga olinadi va bu holda suyuqlikning majburiy harakati tabiiy konveksiya bilan birgalikda ro‘y beradi.

Buning natijasida oqimning laminarligi buziladi. Bunday oqishda issiqlik ham issiqlik o‘tkazuvchanlik, ham konveksiya yo‘li bilan uzatiladi.



3-rasm. Silindr aylanasi bo‘ylab yuvib o‘tishning tavsifi (a) va issiqlik berishning o‘zgarishi (b)

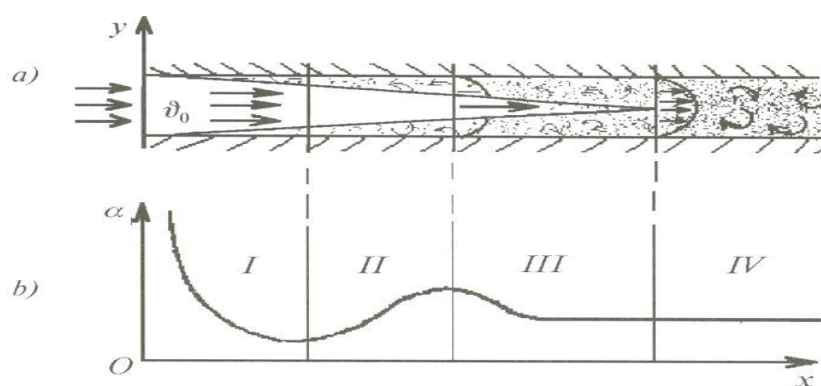


4-rasm. Suyuqlikning quvurlar to‘plamida harakati tavsifi.

a – shaxmatsimon joylanish; b – yo‘lakli joylanish

Suyuqlik massasi past temperaturali hajmdan mashina yordamida so‘rib chiqarilib isitkichga yo‘naltirilsa, ya’ni harakat majburiy (ochiq yoki berk kontur bo‘yicha) hosil qilinsa, bunday hodisa majburiy konveksiya deyiladi. 5-rasm.

Majburiy konveksiyada issiqlik eltuvchining harakati (a) va uning issiqlik uzatish koeffitsientini oqim turiga bog'liqligi (b): I, II, III va IV — laminar, o'tish, turbulent va turg'un zonalar. Tashqi ta'sir hisobiga suyuqlik zarralari bir tekis harakatlanmasdan uyurmaviy harakat turiga o'tadi. Suyuqlik to'liq aralashishi jarayonida o'zaro va devor (quvur, panjara va h.k.) bilan ta'sirlashish vaqtida issiqlik almashadi. Majburiy konveksiyada issiqlik uzatilishi, asosan issiqlik energiyasi eltuvchi zarralarning muhitga tekkan vaqtida, issiqlik o'tkazuvchanlik qonuniyati bo'yicha sodir bo'ladi



5-asm. Majburiy konveksiyada issiqlik eltuvchining harakati (a) va uning issiqlik uzatish koeffitsientini oqim turiga bog'liqligi (b): I, II, III va IV — laminar, o'tish, turbulent va turg'un zonalar.

3. Gidrodinamik, laminar (qovishoq), issiqlik chegaraviy qatlam.

Gidrodinamika (gidro... va dinamika) — mexanikaning siqilmaydigan suyuqliklar harakati va ularning qattiq jismlar bilan o'zaro ta'sirini o'rganadigan bo'limi.

Gidrodinamika suyuqliklar va gazlar mexanikasining eng rivojlangan qismi bo'lib, gaz dinamikasiga oid masalalar ham shu bo'limda o'rganiladi. Suyuqliklarning nazariy modelini tuzish asosida yotuvchi fizik xossalari katoriga ularning uzluksizligi yoki tutashligi, ya'ni suyuqlikni tavsiflovchi fizik ko'rsatkichlarning fazoda uzluksiz taqsimlanishi, yengil harakatlanishi yoki oquvchanligi kiradi.

Gidrodinamika nazariyasida tutashlik va oquvchanlikka, shuningdek suyuqlik ichidagi ishqalanishni tavsiflovchi qovushoqlikka ega bo'lgan suyuqlik harakatini tavsiflash uchun uzluksizlik tenglamasi va Navye-Stoks tenglamasidan foydalaniladi. Ushbu tenglamalar suyuqlikning elementar hajmiga massa va harakat

miqdorining saqlanish qonunlarini tatbiq qilish natijasidir. Ularni umumiy holda yechish ancha murakkab boʻlib, ayrim xususiy hollarda va ushbu soddalashtiruvchi taxminlardagina yechim oxi riga yetkazilishi mumkin: qovushoqlik mavjud emas (ideal suyuqlik) — bu hol gidrodinamikaning Eyler tenglamalariga olib keladi; kichik qovushoqlik holi (havo, suv), uyurmasiz yoki potensial oqim; turgʻunlashgan, yassi oʻqaviy simmetrik bir oʻlchamli harakat. Suyuqlik ayrim elementar hajmlarining jadal aralashuvi bilan ifodalanuvchi turbulent harakat holida vaqt boʻyicha "oʻrtachalashgan" suyuqlik modeli ishlatiladi. Gidrodinamika tenglamalarining ushbu hollar va b. hollarda yechishda oʻxshashlik mezonlaridan foydalanuvchi oʻxshashlik nazariyasiga asoslangan gidrodinamik tajribalardan foydalaniladi.

Gidrodinamika tarkibiga filtrlanish nazariyasi, suyuqlikning toʻlqin harakatlari nazariyasi, uyurmalar nazariyasi, kavitatsiya nazariyasi, glissirlash nazariyasi kiradi. Gidrodinamika usullari vositasida gidravlika, gidrologiya va gidrotexnika masalalarini hal qilish hamda gidroturbinalar, nasoslar, quvuroʻtkazgichlar (truboprovodlar) va b.ni muvaffaqiyatli hisoblash mumkin, ulardan samolyotlar va kemalarni loyihalashda foydalaniladi.

Laminar oqim (lot. lamina — plastinka, qatlam) — suyuqlik yoki gazning tartibli (qatlamli) aralashmasdan oqishi. Laminar oqimda suyuqlik yoki gaz oqimga nisbatan parallel ravishda qatlam-qatlam boʻlib siljiydi. Suyuqlik yoki gazlarning kichik tezlik bilan oqishi, oʻta qovushoq suyuqliklarning oqishi, shuningdek, kichik hajmdagi jismdan suyuqlikning ohista oqib oʻtishi va boshqalar laminar oqimga misol boʻladi. Suyuqliklarning ingichka (kapillar) naydan oqish paytida, podshipnikdagi moy qatlamida, jism sirtidan suyuqlik yoki gaz oqib oʻtayotganda shu sirt yaqinida hosil boʻluvchi chegara qatlamlarda va boshqalarda laminar oqimni kuzatish mumkin. Suyuqlik yoki gazlarning harakat tezligi osha borib, vaqtning maʼlum paytida laminar oqim tartibsiz turbulent oqimga aylanadi.

Suyuqliklarning naydagi laminar oqimini kuzatish uchun ingliz fizigi Osborne Reynolds katta bakdagi suyuqlikni uzun shisha nay orqali, kichik tezlik bilan oqizgan. Shu naydagi suyuqlikka rangli suyuqlik qoʻshib, ohista oqizilganda, rangli suyuqlik nay boʻylab rangsiz suyuqlikka aralashmasdan yoʻnaladi. Naydagi

suyuqlik oqimining tezligi oshirilsa, ma'lum tezlikdan keyin rangli suyuqlik rangsiz suv qatlamlari bilan aralashib ketadi, ya'ni suyuqlikning laminar harakati yo'qolib, o'rniga tartibsiz — turbulent harakat paydo bo'la boshlaydi. Suyuqlikning oqish maromi Reynolds soni Re bilan belgilanadi. Laminar harakat Re ning biror qiymatida (kritik qiymati Re_{kr}) buziladi. $Re < Re_{kr}$ bo'lganda laminar oqim, $Re > Re_{kr}$ bo'lganda esa turbulent oqim ro'y beradi. Naydagi suyuqlikning qovushoq laminar oqimi Poiseuille qonuni orqali aniqlanadi. Laminar oqim gidrotexnikada hisobga olinadi.

Chegara qatlam — suyri jismlarning sirti yaqinida, kanal devorlarida yoki suyuqlikning xar xil tezlikli, trali, yo bo'lmasa, turlicha kimyoviy tarkibli ikki oqimning bo'linish chegarasida suyuqlik yoki gazning oqish sohasi. Chegara qatlam nazariyasini 1904 yilda L. Prandtl' yaratgan. Oqish rejimi suyuqlik yoki gazning qalinligi, tashki muhitning qandayligi, suyuqlik (yoki gaz) tegib turgan yuzaning sillikligiga bog'liq. Chegara qatlamda yopishqoqlik kuchi hisobga olinadi. Nisbiy tezlikka ega bo'lgan ikki oqimning qo'shilishi natijasida ham Chegara qatlam hosil bo'ladi va u erkin qatlam deb ataladi. Chegara qatlamda oqimning laminar (tekis) va turbulent (uyurmali) rejimi yuz berishi mumkin. Laminar Chegara qatlam qalinligi turbulent Chegara qatlam uchun esa formula orqali aniqlanadi.

Chegara qatlamda muhit zarralari tormozlanadi, ma'lum vaqtdan keyin ularning kinetik energiyasi hosil bo'lgan bosimni yengish uchun yetarli bo'lmay qoladi, bu vaqtda Chegara qatlamda teskari oqim hosil bo'ladi. Suyuqlik zarralari dastlab jism yuzasiga parallel harakat qiladi, teskari oqim hosil bo'lishi bilan jism yuzasidan uzoqdashadi. Bu hodisani Chegara qatlamning ajralishi deyiladi. Chegara qatlamda ajralish kancha oddin ro'y bersa, jismning quyruq qismida bosim shuncha kam bo'ladi. Chegara qatlam ajralishi bilan Chegara qatlamdan tashkarida suyuqlik (gaz) oqimi tubdan o'zgaradi. Bu, o'z navbatida, jismga, mas, samolyot qanotiga qarshilik kuchini ko'paytirib, ko'tarish kuchini kamaytiradi

Nazorat uchun savollar:

1. Nyuton-Rixman tenglamasining formulasini yozib bering.
2. Issiqlik berish koeffitsienti vazifasi nimadan iborat?

3. Nyuton-Rixman tenglamasining formulasi va issiqlik miqdori formulasi qanday farqlanadi?
4. Issiqlik berish koeffitsientining birligi qanday?
5. Issiqlik oqimini formulasi yozib bering.
6. Temperaturalar farqining formulasini aniqlang.
7. Issiqlik yuza qanday topiladi?
8. Issiqlik berish koeffitsient tezlikka bog`liqligini aytib o`ting?
9. Issiqlik miqdori va issiqlik oqim, farqini tushuntiring?
10. Temperaturalar farqi birligini aytib bering?

6-ma`ruza

Mavzu: O`xshashlik nazariyasi va birlik o`lchamlarni tahlil qilish uslubi to`g`risida tushuncha. O`xshashlik mezon (son)lari. O`xshashlik teoremlari.

Mezoniy tenglamalar. Modellashtirish.

Reja:

1. O`xshashlik nazariyasi asoslari
2. O`xshashlik mezon (son)lari.
3. O`xshashlik teoremlari. Mezoniy tenglamalar.
4. Modellashtirish.

1. O`xshashlik nazariyasi asoslari

O`xshashlik nazariyasi aniq qurilmada olingan tajriba natijalarini shunga o`xshash hodisalarga qachon tadbiq etish mumkinligini, ya`ni jarayonlarning o`xshashligini aniqlashga imkon beradi.

O`xshashlik nazariyasi fizik va matematik tajriba natijalarini umumlashtiruvchi vosita sifatida qo`llaniladi va texnik qurilmalarni modellashtirishning nazariy asosi hisoblanadi. Bundan tashqari, o`xshashlik nazariyasidan issiqlik almashinish jarayonlarini nazariy jihatdan tahlil qilishda ham foydalanish mumkin. O`xshashlik uslubi jarayonning matematik bayoni, ya`ni jarayonning differentsial tenglamalari va ularning chegara shartlari ma`lum bo`lgan hollardagina qo`llaniladi. Barcha erkin va bog`liq o`zgaruvchilarni ularning ba`zi o`ziga xos qiymatlariga (masshtablariga) bo`lish yo`li bilan o`lchamsiz kattaliklarga o`tiladi. Natijada jarayonning matematik bayoni o`lchamsiz holga keladi. Bunda

masshtablar, shuningdek, masalaga kiruvchi fizik konstantalar o'xshashlik sonlari yoki kriteriyalari deyiladigan o'lchamsiz komplekslar holida birlashtiriladi. Ikki hodisani bir –biriga o'xshash bo'lishi uchun, birinchi hodisani tavsiflovchi kattaliklar, ikkinchi hodisani shunday kattaliklarini qandaydir bir o'zgarma sonlarga (o'xshashlik sonlariga) ko'paytirish yo'li bilan olinishi lozim. Tajriba o'tkazish uchun haqiqiy qurilmaga har tomondan o'xshash bo'lgan modelni yaratish kerak. Shunday modelni yaratishda esa, geometrik, issiqlik va kinematik o'xshashliklarga rioya qilish lozim.

1. Geometrik o'xshashlik

Konvektiv issiqlik almashinuv jarayoni uchun jiddiy ahamiyatga ega bo'lgan ob'ekt va uning modeli o'lchamlari (ℓ va ℓ^1) quyidagi tenglik bilan bog'langan bo'lishi kerak:

$$\ell^1 = m_l \ell$$

ya'ni model aslidan m_l marta kichik (katta).

2. Issiqlik o'xshashligi

Bu o'xshashlik temperatura maydonlari va issiqlik oqimlarining o'xshashligini bildiradi. O'xshash hodisalar ta'rifiga asosan, konvektiv issiqlik berish differensial tenglamasidagi fizik va geometrik kattaliklar (namuna va model uchun) quyidagi nisbat bilan bog'liq bo'lishi kerak:

$$\alpha^1 = m_\alpha \alpha; \chi^1 = m_\chi \chi; \Delta t^1 = m_t \Delta t; \partial t^1 = m_t \partial t; \partial \delta^1 = m_e \partial \delta,$$

bu yerda m_α , m_χ , m_t , m_e – o'xshashlik sonlari. Issiqlik berilishining differensial tenglamasiga asosan model uchun:

$$m_\alpha \alpha = -\frac{m_\chi}{m_\ell} \cdot \frac{\chi}{\Delta t} \cdot \frac{\partial t}{\partial \delta} \quad (9.14)$$

(9.6) va (9.14) tenglamalar bilan yoritilgan issiqlik almashinuv jarayonlari uyidagi shart bajarilganda o'xshash bo'ladi:

$$m_\alpha = \frac{m_\chi}{m_\ell} \quad \text{yoki} \quad \frac{m_\alpha m_e}{m_\chi} = 1 \quad (9.15)$$

Yuqoridagi tenglamaga (9.15) masshtabni tanlash yoki o'xshash sonlarni tanlash tenglamasi deyiladi. Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, ikkita har qanday o'xshash sonlarni har qancha o'zgartirish mumkin, lekin, uchinchi o'xshash son, shunday tanlanishi lozimki, natijada (9.15) shart bajarilishi lozim.

2. O'xshashlik mezon (son)lari.

Namuna va model uchun bir xil bo'lgan o'lchamsiz komplekslarga o'xshash sonlar deyiladi. Ularga issiqlik uzatish fanining rivojlanishiga katta hissa qo'shgan olimlar nomi berilgan. O'xshash sonlar (m_α , m_l , va m_χ) qiymatlarini (9.15) tenglamaga qo'yib va tenglamani chap tomonidagi namunaga tegishli kattaliklarni va o'ng tomoniga model uchun kattaliklarni jamlasak quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{\alpha l}{\chi} = \frac{\alpha^1 l^1}{\chi^1} = idem \quad (9.16)$$

Oxirgi ifodaga uning tarkibiga kirgan kattaliklarni birliklarini qo'ysak, $\alpha l / \chi$ o'lchamsiz kattalik ekanligi kelib chiqadi. Hosil bo'lgan songa Nusselt soni deyiladi.

Nusselt soni, qattiq jism bilan suyuqlik chegarasidagi issiqlik almashinuvini tavsiflaydi:

$$Nu = \frac{\alpha l_o}{\chi} \quad (9.17)$$

bu yerda χ —issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $Vt/(m \cdot K)$; α – issiqlik berish koeffitsienti, $Vt / (m^2 \cdot K)$; l_o – jismning o'ziga xos chiziqli o'lchami, m.

3. Kinetik o'xshashlik

Konvektiv issiqlik almashinuvi suyuqlikning harakat tartibiga bog'liq. Suyuqlikning gidrodinamik harakat tartibi Reynolds soni bilan tavsiflanadi. Reynolds soni inertsia kuchlari bilan qovushoqlik kuchlari orasidagi nisbatni tavsiflaydi:

$$Re = \frac{w l_o}{\nu} \quad (9.18)$$

bu yerda ν —suyuqlikning kinematik qovushoqligi, m^2/s ; w – suyuqlik oqimi tezligi, m/s. Namuna va model uchun Reynolds sonlari bir xil bo'lsa, u holda ularda suyuqlikning oqimi o'xshash bo'ladi.

$$\frac{w l_o}{\nu} = \frac{w^1 l^1}{\nu^1} = Re = idem \quad (9.19)$$

Ushbu ko‘rib chiqilgan o‘xshash sonlarni tanlash usulini konvektiv issiqlik almashinuvi differentsial tenglamalariga tadbiq etsak, quyidagi asosiy o‘xshash sonlarni olish mumkin.

Pekle soni, issiqlikning konvektsiya va issiqlik o‘tkazuvchanlik yo‘li bilan tarqalish tezliklari nisbatini tavsiflaydi:

$$Pe = \frac{w_0 l_0}{a} \quad (9.20)$$

bu yerda a – suyuqlikning temperatura o‘tkazuvchanlik koeffitsienti, m^2/s .

Eyler soni, bosim kuchlari bilan inertsiya kuchlarining nisbatini tavsiflaydi:

$$Eu = \frac{p}{\rho w^2} \quad (9.21)$$

bu yerda p – bosim, Pa.

Grasgof soni, zichliklarning farqi tufayli suyuqlikda paydo bo‘ladigan ko‘tarish kuchlarining qovushoqlik kuchlariga nisbatini tavsiflaydi:

$$Gr = \frac{g\beta(t_{dev} - t_c)l_0^3}{\nu^2} \quad (9.22)$$

bu yerda β - suyuqlik hajmiy kengayishining temperatura koeffitsienti, $1/K$; t_{dev} – devor sirtining temperaturasi, $^{\circ}S$; t_c – suyuqlik temperaturasi, $^{\circ}S$; g – og‘irlik kuchi tezlanishi, m/s^2 .

Arximed soni, muhitning erkin harakatlanish shartini aniqlaydi:

$$Ar = \frac{\partial l_0^3}{\nu} \cdot \frac{\rho_0 - \rho}{\rho} \quad (9.23)$$

bu yerda ρ_0 va ρ – turli fazalarning zichliklari, kg/m^3 .

Prandtl soni, suyuqlikning fizik xossalarini tavsiflaydi:

$$Pr = \frac{\nu}{a} \quad (9.24)$$

Suyuqliklarning Prandtl soni temperaturaga juda bog‘liq bo‘ladi. Masalan, temperatura 0 dan $180^{\circ}S$ gacha ko‘tarilganda (to‘yinish chizig‘ida) suv uchun Prandtl soni 13,7 dan 1 gacha o‘zgaradi. Issiqlikni juda yaxshi o‘tkazadigan suyuq metallar uchun $Pr \approx 0,005 - 0,05$ bo‘ladi. Gazlar uchun $Pr \approx 1$ bo‘ladi. Ma’lumki,

$$Re = Pe \cdot Pr$$

Nave soni, suyuqlik harakat tezligini vaqt bo‘yicha o‘zgarishini tavsiflaydi:

$$Ho = \frac{w\tau}{l_0} \quad (9.25)$$

bu yerda τ – vaqt, s.

Frud soni, inertsiya kuchlari bilan og'irlik kuchlarining nisbatini tavsiflaydi:

$$Fr = \frac{g \cdot l_0}{w^2} \quad (9.26)$$

Fure soni temperatura maydonining o'zgarish tezligi, jismning fizik parametrlari va o'lchamlari orasidagi bog'liqlikni tavsiflaydi:

$$F_0 = \frac{a \cdot \tau}{l_0^2} \quad (9.27)$$

Galiley soni, og'irlik kuchi va molekulyar ishqalanish kuchlari orasidagi nisbatni tavsiflaydi:

$$Ga = \frac{g \cdot l_0^3}{v^2} \quad (9.28)$$

Agar o'lchamsiz sonlarga masalaning faqat bog'liq o'zgaruvchilari kiradigan bo'lsa, ular aniqlanadigan o'lchamsiz sonlar deyiladi. Agar o'lchamsiz sonlar ushbu masalaning faqat o'zgarimas kattaliklari va erkin o'zgaruvchilaridan iborat bo'lsa, u holda ular aniqlovchi sonlar deyiladi.

Quyidagi shartlar bajarilgandagina fizik kattaliklar o'xshash bo'ladi:

1. Jarayonlarning fizik tabiati bir xil bo'lishi va yozilish shakli jihatdan bir xil bo'lgan differentsial tenglamalar bilan tavsiflanishi kerak.

2. Muhitning shakli va o'lchamlarini, uning fizik xossalarini tavsiflovchi shartlar, shuningdek chegara va boshlang'ich shartlar (ulardagi o'zgarimas kattaliklarning son qiymatlaridan tashqari) hammasida bir xil bo'lishi kerak.

3. Ikkita jarayonning o'lchamsiz bir xil sonlarining son qiymatlari bir xil bo'lishi lozim.

Aniqlanadigan o'xshash son va aniqlovchi sonlar o'rtasidagi bog'lanishga kriterial tenglamalar deyiladi. Issiqlik apparatlarini hisoblashda issiqlik berish koeffitsienti α va gidravlik qarshilik Δr aniqlanadigan kattalik hisoblanadi.

Konvektiv issiqlik almashinuvi quyidagi beshta o'xshash sonlar bilan tavsiflanadi: Nu, Eu, Pr, Gr va Pe. Nusselt soni tarkibida noma'lum bo'lgan issiqlik berish koeffitsienti α turadi. Eyler sonida esa, gidravlik qarshilikni tavsiflovchi Δp

qatnashadi. Shuning uchun Nu va Eu sonlari aniqlanadigan o'xshash sonlar va Pr, Gr va Re sonlari aniqlovchi o'xshash sonlar deyiladi.

3. O'xshashlik teoremlari. Mezoniy tenglamalar.

Konvektiv issiqlik almashinuvi uchun kriterial tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\text{Nu} = f_1(\text{Re}, \text{Gr}, \text{Pr}) \quad (9.29)$$

$$\text{Eu} = f_2(\text{Re}, \text{Gr}, \text{Pr}) \quad (9.30)$$

O'xshash sonlar o'rtasidagi bog'liqlik asosan tajriba orqali aniqlanadi.

Suyuqlikning majburiy harakatida va jadal turbulent oqimda yuqoridagi kriterial tenglama soddalashadi:

$$\text{Nu} = f(\text{Re}, \text{Pr}) \quad (9.31)$$

Masalan, havoning quvurda turbulent barqaror harakatidagi issiqlik almashinuvini tajribada o'rganish asosida quyidagi kriterial bog'liqlik aniqlangan.

$$\text{Nu} = 0,018 \text{Re}^{0,8} \quad (9.32)$$

Bu tenglamadan texnik hisoblashlarda keng ko'lamda foydalaniladi.

Suyuqlikning erkin harakatida (majburiy konvektsiya bo'lmasa) Reynolds soni o'rniga Gragof soni kiritiladi:

$$\text{Nu} = f(\text{Gr}, \text{Pr}) \quad (9.33)$$

Kriterial tenglamalarni hisoblashda suyuqlikning fizik parametrlari ma'lumot jadvallaridan aniqlovchi temperatura bo'yicha olinadi. Odatda bu temperatura sifatida suyuqlikning o'rtacha temperaturasi olinadi. Doirasimon quvurlar uchun aniqlovchi o'lcham sifatida uning diametri, murakkab kesimli kanallar uchun ekvivalent diametr va plitani oqim yuvib o'tayotganda uning uzunligi olinadi.

4. Modellashtirish

Turli xil fizik hodisalarni tadqiqot qilish bevosita ob'ektning o'zida yoki uning modelida amalga oshirish mumkin. Model va unda kechayotgan jarayon qanoatlantirishi kerak bo'lgan shartlarni o'xshashlik teoremasi beradi. O'xshashlik nazariyasini tajribalarga qo'llash imkoniyatlari nihoyatda kattadir.

Fizik hodisalarning o'xshashlik nazariyasi asosi uchta o'xshashlik teoremasidan iborat. Birinchi va ikkinchi teoremlarda o'xshashliklari oldindan ma'lum bo'lgan hodisalar haqida gapirilib, shu o'xshash hodisalarning asosiy

xossalariga ta'rif beriladi. Uchinchi teorema esa, hodisalarni bir-biriga o'xshashligini aniqlashga imkon beruvchi xususiyatlarni belgilaydi. Ikki suyuqlikning o'xshash oqimi uchun birinchi o'xshashlik teoremasi I. Nyuton tomonidan 1686 yili aytib o'tilgan bo'lsada, ushbu teorema faqat 1848 yili J. Bertran tomonidan isbotlangan.

Birinchi teoremaga quyidagicha ta'rif berish mumkin: o'xshash hodisalarning o'xshash sonlarining qiymati bir xil. Ikkinchi o'xshashlik teoremasi 1911 yili rus olimi A. Federman va 1914 yili amerikalik olim Ye. Bukingem tomonidan isbotlangan. Ikkinchi teoremaga quyidagicha ta'rif berish mumkin: agar fizik hodisa differentsial tenglamalar tizimi bilan tavsiflansa, u holda ularning o'xshashlik (kriterial) tenglamalari bilan ifodalash imkoniyati har doim mavjuddir.

Uchinchi o'xshashlik teoremasiga ta'rif M.V. Kirpichev va A.A. Guxman tomonidan berilgan va 1933 yili M.V. Kirpichev tomonidan isbotlangan.

Uchinchi o'xshashlik teoremasini quyidagicha ta'riflash mumkin: bir xillilik shartlari o'xshash bo'lgan hodisalar o'xshashdir va bir xillilik shartlari asosida tuzilgan o'xshash sonlar qiymatlari bir xildir.

Ma'lumki, birorta tizimdagi o'xshash hodisalar aynan bir hodisaning turli masshtabdagi ko'rinishidan iboratdir. Shuning uchun, tizimdagi har qanday hodisani o'rganish natijasida olingan xulosalarni tizimdagi barcha hodisalarga qo'llash mumkin. Demak, tizimdagi konkret hodisani o'rganish, shu tizimdagi har kanday boshqa hodisani o'rganish bilan barobardir. Shuning uchun, konkret hodisani bevosita ob'ektda tadqiqot qilish texnik yoki iqtisodiy sabablarga ko'ra qiyin bo'lsa, u holda modeldagi o'xshash hodisa o'rganiladi.

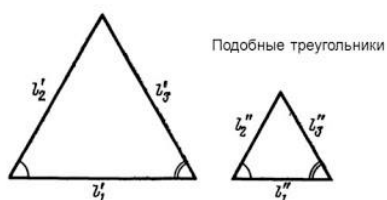
Modellashtirish deb, biron-bir fizik hodisani kichiklashtirilgan modelda o'rganish ilmiy tadqiqot uslubiga aytiladi. Model namunaga o'xshash bo'lishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi zarur: fizik tabiati bir xil va bir xil differentsial tenglamalar bilan tavsiflangan jarayonlarni modellashtirish mumkin;

Bir xillilik shartlari, ulardagi kattaliklarning son qiymatlaridan tashqari, hammasida bir xil bo'lishi kerak. Ushbu shartga asosan ob'ekt va model geometrik o'xshash bo'lishi, ob'ekt va modelning kirish kesimidagi suyuqlik harakati o'xshash bo'lishi, ob'ekt va model mos nuqtalarda fizik parametrlar o'xshash bo'lishi kerak.

Ob'ekt va model uchun sanab o'tilgan o'xshashlik shartlari zaruriy va yetarlidir. Tushunarliki, amalda barcha modellashtirish shartlarini bajarib bo'lmaydi. Shuning uchun taqribiy modellashtirish usuli ishlab chiqilgan.

Bugungi kunda modellashtirish ilmiy tekshirishning asosiy uslublaridan biri bo'lib, fan va texnikaning barcha sohalarida keng qo'llanilmoqda.

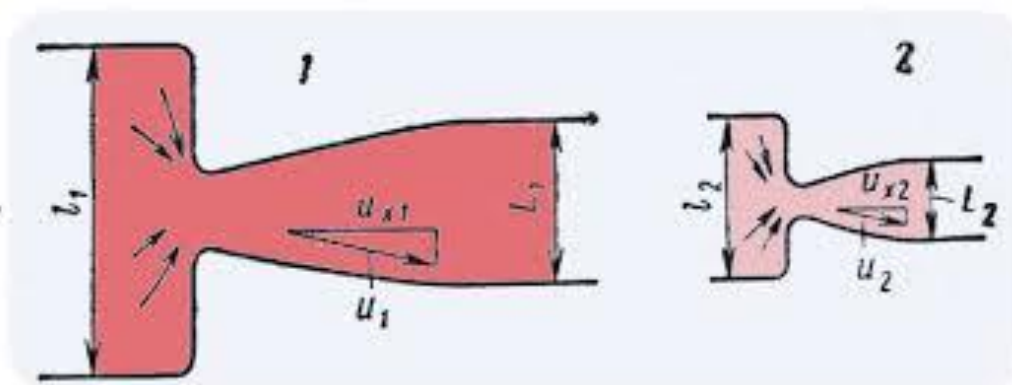
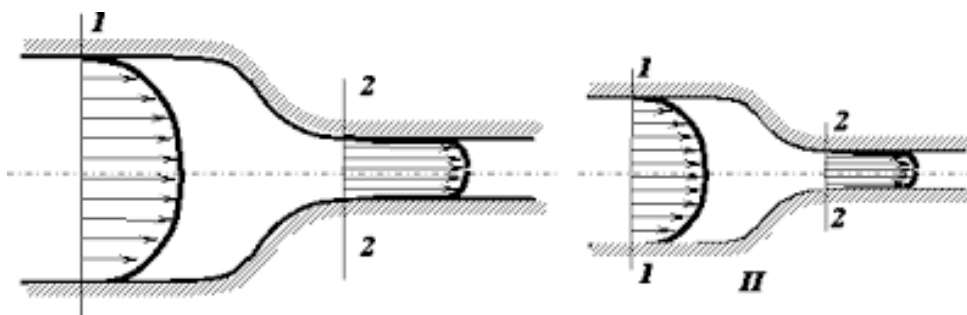
ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ
Подобие явлений, моделирование, аналогии



Математическая формулировка геометрического подобия

$$l''_1/l'_1 = l''_2/l'_2 = l''_3/l'_3 = c_l$$

Где c_l – постоянная геометрического подобия



7-ma`ruza

Mavzu: Issiqlik berish koeffitsientini aniqlash uchun hisobiy bog`lanishlar. Issiqlik tashuvchisini majburiy harakatidagi issiqlik berishi. Plastinani uzunligi bo`ylab oqib o`tish. Sharni oqib o`tish. Yakka quvur va quvurlar to`plamini oqib o`tish. Shahmat va koridor quvurlar to`plami. Issiqlik tashuvchisini quvur ichidagi oqimi.

Reja:

1. Issiqlik tashuvchisini majburiy harakatidagi issiqlik berishi. Issiqlik berish koeffitsientini aniqlash
2. Issiqlik tashuvchisini har-xil yotqizilgan quvurlar to`plamini oqib o`tishi.

1. Issiqlik tashuvchisini majburiy harakatidagi issiqlik berishi. Issiqlik berish koeffitsientini aniqlash

Majburiy harakatlanishda issiqlik berilish jadalligi, asosan muhitning (suyuqlik yoki gazning) harakatlanish tavsifi bilan aniqlanadi.

Amalda ko`pincha turbulent harakat uchraydi, bunda issiqlik berish koeffitsienti laminar harakatdagiga qaraganda ancha katta bo`ladi. Re soni kattalashganda ya`ni turbulentlik jadalligi ortganda suyuqlik bilan devor orasida issiqlik almashinuvi kuchayadi. Issiqlik almashinuvi muhit yuvib o`tayotgan sirtning shakliga ham ko`p jihatdan bog`liq bo`ladi.

Oqim hech qaerda yuvib o`tilayotgan sirdan ajralmasa, bunday oqim uzilmas oqim deyiladi. Agar tizimda keskin o`zgaradigan egri-bugriliklar yoki kattalashib boradigan kanallar, keskin burilishlar va shunga o`xshashlar bo`lsa, u holda ba`zi joylarda oqim sirdan ajraladi, ya`ni uzilib oqish paydo bo`ladi. Bugungi kunda uzilmay oqish jarayoni deyarli to`liq o`rganilgan bo`lib, turli sirtlar uchun har xil hisoblash formulalari mavjud. Uzilib oqish jarayoni esa, sodda hollar (silindr, shar va quvurlar to`plamini yuvib o`tishda) uchun o`rganilgan.

Majburiy konveksiyada laminar oqim ikki xil bo`lishi mumkin – qovushoqli va qovushoq – gravitatsion. Qovushoqli oqishda, qovushoqlik kuchlari ko`tarish kuchlaridan ustun turadi. Bu oqishda tabiiy konveksiya bo`lmaydi va kanal devorlariga issiqlik faqat issiqlik o`tkazuvchanlik usuli bilan uzatiladi.

Qovushoq–gravitatsion oqishda ko‘tarish kuchlari hisobga olinadi va bu holda suyuqlikning majburiy harakati tabiiy konvektsiya bilan birgalikda ro‘y beradi.

Buning natijasida oqimning laminarligi buziladi. Bunday oqishda issiqlik ham issiqlik o‘tkazuvchanlik, ham konvektsiya yo‘li bilan uzatiladi.

$Re=2 \cdot 10^3 \div 10^4$ bo‘lganda oraliq oqish kuzatiladi va $Re > 10^4$ da oqish turbulent bo‘ladi. Bu ikki harakat bir-biridan, $Gr \cdot Pr$ ko‘paytmaning qiymatiga qarab farqlanadi.

$Gr \cdot Pr > 8 \cdot 10^5$ bo‘lsa, oqish tartibi qovushoq – gravitatsion bo‘lib, bu hol uchun quyidagi formula o‘rinli bo‘ladi:

$$Nu = 0,15 Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} (Gr \cdot Pr)^{0,1} \cdot (Pr/Pr_g)^{0,25} \quad (1)$$

Bu tenglamada aniqlovchi o‘lcham sifatida ekvivalent diametr, aniqlovchi temperatura sifatida suyuqlikning o‘rtacha temperaturasi olingan.

Tomchi suyuqliklar uchun, ularni devordan isishidagi issiqlik berish koeffitsienti α_{is} , har doim sovishidagi issiqlik berish koeffitsienti α_{sov} dan katta bo‘lishi tajribalardan aniqlangan. $\alpha_{is} - \alpha_{sov}$ ayirma, temperatura bosimi $t_g - t_s$ ko‘payishi bilan ortadi. Bu holat, kriterial tenglamaga $(Pr/Pr_g)^{0,25}$ ko‘paytmani kiritish bilan e‘tiborga olinadi.

Yuqorida aytib o‘tilganidek, Rr_g devorning o‘rtacha temperaturasida hisoblanadi. Bu kattalik suyuqliklar uchun 0,5 –2 ga, gazlar uchun esa 1 ga teng. (1) formulani, agar quvurning issiqlik barqarorlashgan qismi uzunligi $l \geq 50d$ bo‘lsa, barcha suyuqliklar uchun qo‘llash mumkin. Uzunligi 50·d dan kichik bo‘lgan kalta quvurlar uchun (1) formuladan aniqlangan α , tuzatish koeffitsienti ε_l ga ko‘paytiriladi. ε_l koeffitsientning son qiymati l/d ga quyidagicha bog‘liq.

l/d	1	2	5	10	15	20	30	40	50
ε_l	1,9	1,7	1,44	1,28	1,18	1,13	1,05	1,03	1.

Issiqlik tashuvchining quvur va kanaldagi oraliq oqimi tartibi ($2300 < Re < 10000$) uchun, turli xil tajribalarni umumlashtiruvchi formulalar bugungi kunda yo‘q. $Re \geq 10^4$ bo‘lgandagina rivojlangan turbulent harakat hosil bo‘ladi.

Bunda suyuqlik zarralarining aralashish jarayoni shunchalik jadal kechadiki,

natijada turbulent oqim yadrosining kesimi bo'yicha temperatura deyarli o'zgarmas bo'lib turadi. M. A. Mixeev turbulent oqim usulida quvurlardagi issiqlik berilishini hisoblash uchun quyidagi formulani taklif etdi:

$$Nu=0,021 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr/Pr_g)^{0,25} \quad (2)$$

Bu formulada aniqlovchi o'lcham sifatida ekvivalent diametr, aniqlovchi temperatura sifatida suyuqlikning o'rtacha temperaturasi qabul qilingan. Havo uchun, agar $Pr=0,7$ deb hisoblasak, (2) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Nu=0,018 Re^{0,8} \quad (3)$$

(3) formula turli xil issiqlik tashuvchilar: suyuqliklar, gazlar, o'ta qizigan bug'lar uchun $l/d \geq 50$, $Re=10^4 \div 5 \cdot 10^6$ va $Pr=0,6 \div 250$ bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Agar kanalning uzunligi $l < 50d_{ekv}$ bo'lsa, (2) formuladan hisoblangan α tuzatish koeffitsienti ε_l ga ko'paytiriladi. ε_l koeffitsientning qiymati 1-jadvaldan olinadi.

Tuzatish koeffitsienti ε_l ning l/d ga bog'liqligi.

1 -jadval.

Re	ε_l ning l/d quyidagicha bo'lgandagi qiymati								
	1	2	5	10	15	20	30	40	50
10^4	1,65	1,5	1,34	1,23	1,17	1,13	1,07	1,03	<i>l</i>
$2 \cdot 10^4$	1,51	1,4	1,27	1,18	1,13	1,10	1,05	1,02	<i>l</i>
$5 \cdot 10^4$	1,34	1,27	1,18	1,13	1,10	1,08	1,04	1,02	<i>l</i>
10^5	1,28	1,22	1,15	1,1	1,08	1,06	1,03	1,02	<i>l</i>
10^6	1,14	1,11	1,08	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	<i>l</i>

2. Issiqlik tashuvchisini har-xil yotqizilgan quvurlar to'plamini oqib o'tishi.

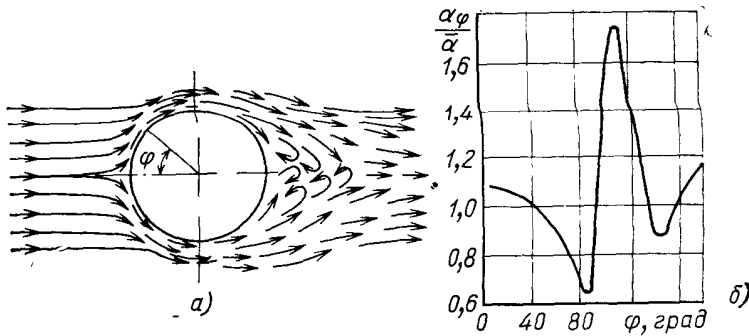
Issiqlik tashuvchining bukilgan quvurlarda oqishida, issiqlik berish jarayoni markazdan qochirma kuchlarning oqimga ta'siri tufayli murakkablashib ketadi.

Uning ta'siri (2) formulaga tuzatish koeffitsienti ε_R ni kiritish bilan hisobga olinadi. Ilonizisimon quvurlar uchun ε_R quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$\varepsilon_R=1+1,77 d/R,$$

Bu yerda R –bukilish radiusi; d – quvur diametri.

Ma'lumki, ko'pgina issiqlik almashinuv apparatlarida (havo isitkich, suv ekonomayzeri va hokazo) quvurlar oqimga nisbatan ko'ndalang joylashgan bo'ladi. 1-rasmda suyuqlik quvurni ko'ndalangiga qamrab olayotgan manzarasi tasvirlangan.



1-rasm. Silindr aylanasi bo'ylab yuvib o'tishning tavsifi (a) va issiqlik berishning o'zgarishi (b)

Quvurning ro'para qismi sirtida chegara qatlami hosil bo'lib, uning qalinligi oqim yo'nalishi bo'ylab ortib boradi. Ba'zi nuqtalarda chegara qatlamini sirdan uzilishi kuzatiladi va quvur orqasida ikkita simmetrik uyurma paydo bo'ladi.

Chegara qatlamining uzilish nuqtasi o'rni Re soniga bog'liq bo'ladi. Re soni unchalik katta bo'lmasa va quvurga kelayotgan oqimning turbulentslik darajasi kichik bo'lsa, chegara qatlami $82 - 84^\circ$ da uzilishi kuzatiladi. Re soni ortgan sari, chegara qatlamidagi harakat turbulent shaklga o'tadi. Buning natijasida, kinetik energiyaning ortishi hisobiga chegara qatlamining uzilish o'rni oqim bo'ylab pastga siljiydi ($\varphi \approx 120 \div 140^\circ$), bu esa, quvur orqasida uyurma zonasini kamayishiga va qamrashni yaxshilashga olib keladi.

Quvurni bunday o'ziga xos ravishda qamrab olinishi, suyuqlik va quvur sirti o'rtasidagi issiqlik almashinuviga ta'sir etadi.

1-rasmda (b) mahalliy issiqlik berish koeffitsienti α_φ ning o'rtacha issiqlik berish koeffitsienti α ga nisbatining φ burchakka bog'liqligi tasvirlangan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, issiqlik berish quvurning to'g'risida ($\varphi=0^\circ$) jadal ro'y beradi, $\varphi=90^\circ \div 100^\circ$ da eng kam, $\varphi=120^\circ$ da eng eqori bo'ladi va keyin $\varphi=140^\circ$ da yana pasayadi. Quvurning $\varphi=0 \div 100^\circ$ li qismida issiqlik berishning kamayishi laminar chegara qatlamining qalinligini ortishi hisobiga bo'ladi.

$\alpha_{\varphi}/\bar{\alpha}=f(\varphi)$ egri chiziqdagi birinchi eng past nuqta chegara qatlamida laminar oqishni turbulent oqishga ($Re_{kr}=1\cdot 10^5\div 4\cdot 10^5$) o'tishiga mos keladi.

Bundan keyin issiqlik berish keskin ravishda ortib ketadi. Ikkinchi eng past nuqta turbulent chegara qatlamini uzilishiga mos keladi. Suyuqlik yoki gaz, silindrni ko'ndalangiga yuvib o'tayotgan hol uchun o'rtacha issiqlik berishni hisoblash quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\bar{Nu}=(0,43+CRe^mPr^{0,38})\varepsilon \quad (4)$$

Aniqlovchi temperatura sifatida quvurga kelayotgan oqim temperaturasi, aniqlovchi o'lcham esa, silindr diametri bo'ladi. Tuzatish koeffitsienti ε kelayotgan oqimning turbulentlik darajasini hisobga oladi ($\varepsilon =1,0\div 1,6$).

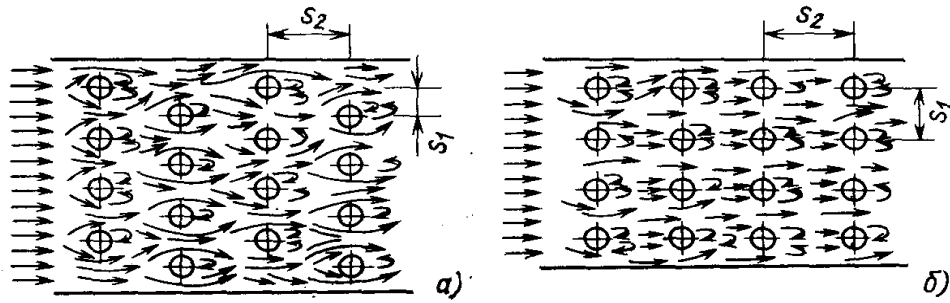
C koeffitsient va m ko'rsatkich Re soniga bog'liq ravishda quyidagi qiymatlarni oladi:

$$\begin{aligned} Re=1\div 4\cdot 10^3, C=0,35, m=0,5; \\ Re=4\cdot 10^3\div 4\cdot 10^4, C=0,20, m=0,62; \\ Re=4\cdot 10^4\div 4\cdot 10^5, C=0,027, m=0,80. \end{aligned}$$

Agar oqim silindrni $\psi < 90^\circ$ burchak ostida qamrab o'tsa, (4) tenglama bo'yicha hisoblangan α , $\varepsilon_{\varphi}\approx 1-0,54\cos^2\psi$ ga ko'paytirilishi kerak. Agar ko'ndalang oqimda bir emas, balki butun quvurlar to'plami bo'lsa, issiqlik almashinuv jarayoni yanada murakkablashadi. Bu holda issiqlik berish quvurlarning to'plamda joylashishiga va quvur joylashgan qator raqamiga bog'liq. 2-rasmda quvurlar yo'laksimon va shaxmatsimon joylashganda suyuqlik harakati tavsifi ko'rsatilgan.

To'plamdagi quvurlarning birinchi qatori qo'zg'almagan suyuqlik oqimi bilan yuviladi va shuning uchun shu qatorda α eng kichik bo'ladi. Keyingi qatorlarda issiqlik berish ancha jadal kechadi va uchinchi hamda keyingi qatorlar uchun α deyarli bir xil bo'ladi. Quvurlar to'plami uchun $10^3 < Re < 10^5$ va $0,7 < Pr < 500$ bo'lganda issiqlik berish quyidagi tenglamadan aniqlanadi.

$$\bar{Nu} = C Re^m P_r^{1/3} \left(\frac{Pr_c}{Pr_g}\right)^{1/3} \varepsilon_s \cdot \varepsilon_i \quad (5)$$



2-rasm. Suyuqlikning quvurlar to‘plamida harakati tavsifi.

a – shaxmatsimon joylanish; b – yo‘lakli joylanish

Quvurlar shaxmatsimon joylashganda $c=0,41$, $m=0,65$; yo‘laksimon joylashganda $c=0,26$, $m=0,65$ bo‘ladi. Aniqlovchi chiziqli o‘lcham sifatida quvurning tashqi diametri olinadi. Re soni suyuqlik yoki gazning to‘plamning eng toraygan kesimidagi o‘rtacha tezligi orqali hisoblanadi. Tuzatish koeffitsienti ε_s , to‘plamning ko‘ndalang S_1 va bo‘ylama qadamini hisobga oladi:

Shaxmatsimon to‘plam uchun

$$\varepsilon_s = (S_1/S_2)^{1/6}, S_1/S_2 < 2 \text{ da.}$$

Yo‘lakli to‘plam uchun

$$\varepsilon_s = 1,12, S_1/S_2 \geq 2 \text{ da.}$$

ε_i tuzatish koeffitsienti, quvurlarning birinchi va ikkinchi qatoridagi issiqlik berishning kamayishini hisobga oladi. Quvurlarining birinchi qatori uchun $\varepsilon_i=0,7$ (shaxmatsimon to‘plam) va $\varepsilon_i=0,9$ (yo‘lakli to‘plam); uchinchi va keyingi qatorlar uchun $\varepsilon_i=1$.

Barcha quvurlar to‘plami uchun issiqlik berish koeffitsientining o‘rtacha qiymati quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^Z \bar{\alpha}_i F_i}{\sum_{i=1}^Z F_i} \quad (6)$$

bu yerda $\bar{\alpha}_i$ – i – inchi qatorning o‘rtacha issiqlik berish koeffitsienti; F_i – i – inchi qator yuzasi; Z – to‘plamdagi quvurlar soni.

8-ma`ruza

Mavzu: Tabiiy konveksiyada issiqlik berish. Moddaning agregat holati. Moddaning agregat holatini o'zgarishida issiqlik berish. Qaynashdagi issiqlik berish. Pufakchali va plyonkali qaynash. Issiqlik almashinishining krizisi. Kondensatsiyadagi issiqlik berish. Tomchili va plyonkali kondensatsiya. Issiqlik berish koeffitsientlarining taxminiy qiymatlari.

Reja:

1. Moddaning agregat holatini o'zgarishida issiqlik berish. Qaynashdagi issiqlik berish.
2. Pufakchali va plyonkali qaynash.
3. Kondensatsiyadagi issiqlik berish. Tomchili va plyonkali kondensatsiya.
4. Issiqlik berish koeffitsientlarining taxminiy qiymatlari.

1. Moddaning agregat holatini o'zgarishida issiqlik berish. Qaynashdagi issiqlik berish.

Jismning fazoviy o'zgarishlari – bug'lanish, qaynash, kondensatsiya, sublimatsiya – issiqlik almashinuv jarayoniga katta ta'sir etadi.

Qaynash jarayonining boshlanishida, issiqlik devordan unga bevosita tutashgan suyuqlik qatlamiga, suyuqlikdan esa, hosil bo'layotgan bug' pufakchalariga uzatiladi. Bug' hosil bo'lishining mexanizmi va issiqlik almashinuv jadalligi, devor va suyuqlik temperaturalari farqi $\Delta t = t_d - t_s$ bilan belgilanadi.

9.12-rasmda issiqlik berish koeffitsienti α va issiqlik oqimining zichligini temperatura bosimiga bog'liqligi tasvirlangan.

$\Delta t < 5^\circ\text{S}$ bo'lganda, isitilayotgan sirdan ajralib chiqayotgan pufakchalar ko'p bo'lmaydi va ular suyuqlikni aralashishiga sezilarli ta'sir ko'rsata olmaydi.

Bunday sharoitda issiqlik almashinuvining jadalligi suyuqlikning erkin harakati bilan belgilanadi va issiqlik berish koeffitsienti Δt ortishi bilan sekin ko'payadi.

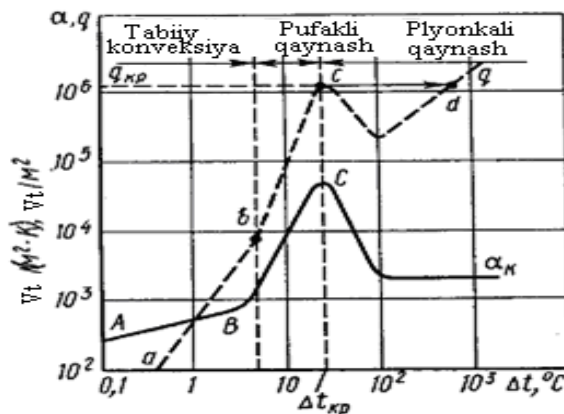
Qaynashning bunday usuliga konvektiv qaynash deyiladi.

Temperatura bosimi Δt ning keyingi ortishi natijasida bug' pufakchalari soni ham orta boradi va buning natijasida suyuqlik jadal aralashadi.

Qaynashning bunday usuliga pufakchali qaynash deyiladi.

Temperatura bosimi Δt ning qandaydir bir kritik qiymatida pufakchalar birlashib yaxlit bug' plyonkasi hosil bo'ladi. Bunday qaynashga plyonkali qaynash tartibi deyiladi.

Mos ravishda, α_k ham, avvalo bir tekis (AB qism) ortadi, keyin pufakchalarning jadal harakati natijasida konvektsiya kuchayishi sababli birdaniga ortadi (BC qism). Keyinchalik bug' plyonkasi hosil bo'lishi tufayli termik qarshiliklar ortadi, va natijada α_k kamayadi.



9.12-rasm. Issiqlik berish koeffitsienti va solishtirma issiqlik oqimining qaynash jarayoni temperatura bosimiga bog'liqligi ($p=0.1$ MPa)

2. Pufakchali va plyonkali qaynash

Plyonka isitish yuzasini to'liq qoplab olganda, issiqlik almashinuvi barqarorlashadi va Δt ning keyinchalik ortishida ham α_k deyarli o'zgarmaydi.

Pufakchali qaynashni plyonkali qaynashga o'tish sohasida, $q=f(\Delta t)$ bog'lanish eng katta qiymatga ega bo'ladi. Shu paytga mos kelgan Δt , q va α_k ning qiymatlariga kritik qiymatlar deyiladi. Suv uchun kritik parametrlar quyidagicha: $\Delta t_{kr}=25^\circ\text{S}$; $\alpha_{kr}=46500 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $q_{kr}=1,16 \cdot 10^6 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{soat})$. Plyonkali qaynash usuli issiqlik almashinuv apparatlarining unumdorligini pasaytiradi, ba'zi hollarda esa, issiqlikni olib ketilishi yomonlashgani tufayli, devorning kuyib qolishiga sabab bo'ladi.

Suyuqliklarning kritik parametrlarini bilish, pufakchali qaynash uchun sharoitni ta'minlash imkonini beradi, ya'ni $\Delta t < \Delta t_{kr}$.

Δt_{kr} oshishi bilan, uzatilayotgan issiqlik ham ortadi. Suv uchun pufakchali qaynashda va $P=1 \div 200$ bar da:

$$\alpha_k = 3,4 \cdot q^{0,7} p_s^{0,18} = 33,4 \Delta t^{2,33} p_s^{0,5} \quad (9.51)$$

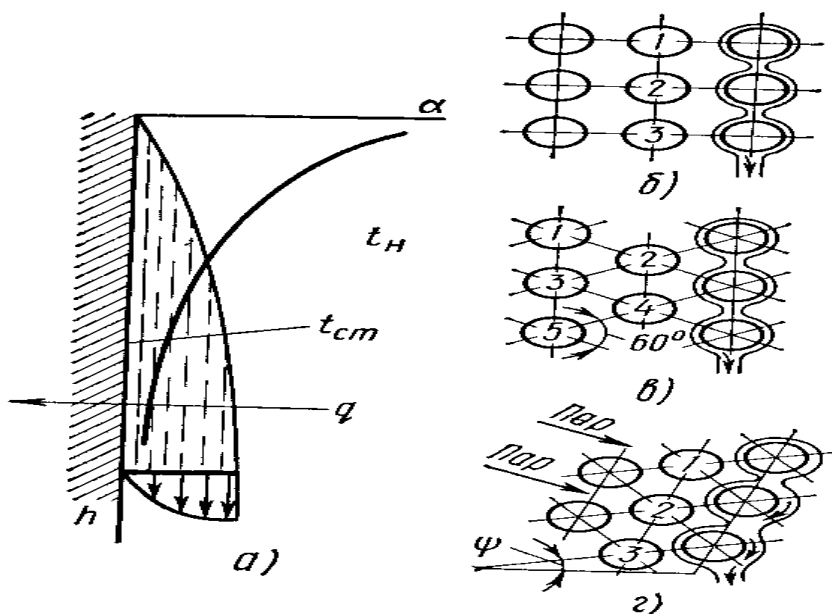
bu yerda p_s – suv bug'ining to'yinish bosimi.

3. Kondensatsiyadagi issiqlik berish. Tomchili va plyonkali kondensatsiya.

Kondensantga aylanayotgan bug‘, temperaturasi bug‘ning to‘yinish temperaturasidan past bo‘lgan devorga tegib suyuqlikka aylanadi, hamda devorga yashirin kondensatsiya issiqligini beradi.

Kondensat qattiq jism sirtiga yaxlit plyonka va suyuqlikning alohida tomchilari ko‘rinishida tushadi, ya’ni kondensatsiya plyonkali yoki tomchili bo‘lishi mumkin. Ba’zida aralash kondensatsiya ham bo‘ladi, bunda sirtning har xil qismlarida ham plyonkali, ham tomchili kondensatsiya kuzatiladi. Tomchili kondensatsiyada α_k katta bo‘ladi, lekin u o‘zgaruvchan bo‘lishi tufayli kam kuzatiladi. Ko‘p qatorli quvurlar to‘plamida kondensat yuqori qatorlardan pastki qatorlarga oqib tushadi va natijada, plyonka qalinroq, α_k esa kichikroq bo‘lib boradi (9.13-rasm).

Bu hodisani oldini olish uchun to‘plamda quvurlarni joylashtirishning turli



9.13-rasm. Bug‘ning plenkali kondensatsiyasida issiqlik berish koeffitsientining plastina balandligi bo‘yicha o‘zgarishi va kondensatorlarda quvurlar joylanishining sxemalari: b – yo‘lakli, v – rombik, g – Jinaba sxemasi bo‘yicha joylanishi.

usullari

ishlab chiqilgan. To‘plamning o‘zi φ burchakka burilgan, quvurlar esa, 60° burchak ostida rombsimon joylashganda α_k ning qiymati eng katta bo‘ladi. Quvurlarning bunday joylashtirish sxemasiga Jinaba sxemasi deyiladi (9.13-rasm, g).

4. Issiqlik berish koeffitsientlarining taxminiy qiymatlari.

Kondensatga aylanayotgan bug'ning issiqlik berishiga, uning tarkibidagi gaz katta ta'sir qiladi. Gazlar issiqlik almashinuv yuzalarida to'planib, issiqlik berish koeffitsientini keskin kamaytirib (ularning issiqlik o'tkazuvchanligi kichikligi tufayli) yuboradi. Masalan, bug'ning tarkibida 1% havo bo'lsa, α_k taxminan 60% ga kamayadi. Shuning uchun issiqlik almashinuv apparatlarida, ikki fazali muhitdan gazlarni so'rib olish ko'zda tutilgan.

Turli xil suyuqliklar bilan olib borilgan tajriba natijalarini umumlashtirib, M.A. Mixeev, kondensatga aylanayotgan bug'ning issiqlik berishini hisoblash uchun quyidagi kriterial tenglamalarni taklif qildi:

$$Nu=0,42K_0^{0,28} (Pr_T/Pr_d)^{0,25}; \quad (9.52)$$

Gorizontal quvurlar uchun

$$Nu=0,72K_0^{0,25} (Pr_T/Pr_d)^{0,25}; \quad (9.53)$$

Bu yerda $K_0=Ga \cdot Pr \cdot K$ – kondensatsiya kriteriyasi. Galiley (Ga) va Kutateladze (K) kriteriyalari mos ravishda quyidagiga teng:

$$Ga = gl^3 / \nu_T^2; \quad K = r / (c\Delta t),$$

bu yerda l – aniqlovchi o'lcham, vertikal sirtlar uchun balandlik h ga, gorizontal quvurlar uchun uning diametri d ga teng; c – suyuqlikning issiqlik sig'imi; r –bug' hosil qilish issiqligi; Δt – temperatura bosimi. $\Delta t = t_T - t_D$, t_T – to'yinish temperaturasi; ν –suyuqlikning kinematik qovushoqlik koeffitsienti. Aniqlovchi temperatura sifatida t_T – to'yingan bug' temperaturasi olinadi.

9-ma`ruza

Mavzu: Nurli issiqlik almashinishi. Jarayon izohi va asosiy ta`riflari. Yutilish, qaytarish va o'tkazish koeffitsientlari. Mutloq qora, oq, shaffof va kulrang jismlar. Selektiv nurlanish. Nurli issiqlik almashinishi.

Reja:

1. Nurli issiqlik almashinishi. Jarayon izohi va asosiy ta`riflari.
2. Yutilish, qaytarish va o'tkazish koeffitsientlari. Mutloq qora, oq, shaffof va kulrang jismlar. Selektiv nurlanish.

1. Nurli issiqlik almashinishi. Jarayon izohi va asosiy ta`riflari.

Issiqlik texnikasining yuqori temperaturalar sohasida, nurli issiqlik almashish o'zining jadalligi bilan boshqa issiqlik almashinuv usullaridan ustun turadi. Shuning uchun yuqori temperaturalarda ishlaydigan agregatlarni yaratishda, nurli issiqlik almashishidan yuqori darajada foydalanishni e'tiborga olish lozim. Bu avvalo, qozon qurilmalariga, sanoat pechlariga taalluqlidir. Qurilish materiallari korxonalarida, tsement, ohak, shamot va boshqa materiallarni ishlab chiqarishda bunday pechlar keng qo'llanilmoqda. Issiqlik bir jismdan ikkinchisiga nur orqali uzatilish jarayoni nurli issiqlik almashinuvi deyiladi. Issiqlik nurlarining tarqalishi bu jism ichki energiyasining elektromagnit to'liq energiyasiga aylanishidir. Temperaturasi absolyut noldan farqli bo'lgan hamma jismlar nur tarqatadi.

Nurlanish energiyasi asosan nur tarqatayotgan jismning fizik xossalari va temperaturasiga bog'liqdir. Elektromagnit to'liqlar bir-biridan to'liq uzunligi yoki tebranish chastotasi bilan farqlanadi. Agar to'liq uzunligi λ , tebranish chastotasini N bilan belgilasak, u holda barcha nurlar uchun vakuumdagi tezlik $w = \lambda N = 3 \cdot 10^8$ m/s bo'ladi. Nur energiyasini tashuvchi zarra sifatida foton qabul qilingan. Foton (yunon $\rho\theta\sigma$ (rhotos) – yorug'lik) harakatlanayotgan vaqtda ma'lum massaga ega, tinch holatda uning massasi nolga teng bo'ladi. Nurlar orasida ko'zga ko'rinadigan ($\lambda = 0,4 \div 0,8 \text{ mkm}$) va infraqizil ($\lambda = 0,8 \div 800 \text{ mkm}$) nurlar ko'p miqdorda issiqlik energiyasini eltganligi sababli ular issiqlik nurlari deyiladi.

Ko'pchilik qattiq va suyuq jismlar 0 dan ∞ gacha oraliqda bo'lgan barcha to'liq uzunligidagi energiyani chiqaradi, ya'ni bu jismlarning nurlanish spektrlari yaxlit (tutash) bo'ladi. Ba'zi jismlar uzlukli spektrli, ya'ni faqat muayyan to'liq uzunliklar oralig'ida energiya nurlantiradi. Ularga qizdirilgan gazlar va bug'lar kiradi. Nur chiqarayotgan jismning faqat temperaturasi va optik xossalari bilan aniqlanadigan nurlanish issiqlik nurlanishi deyiladi. Jismga yutilgan issiqlik nurlari atom va molekulalarning tartibsiz issiqlik harakat energiyasiga aylanadi va jismning temperaturasini oshiradi. Issiqlik nurlanishini tavsiflaydigan asosiy kattaliklarga quyidagilar kiradi: nuriy oqim Q , nurlanish zichligi Ye va nurlanish jadalligi (oqimning Spektral zichligi) J .

Issiqlik nurlanishi nurlanuvchi jism ichki energiyasining elektromagnit tebranishlar nuriy energiyasiga aylanishini anglatadi. Nuriy energiyaning boshqa jismga tushishida energiya qisman jismga yutiladi va uning ichki energiyasiga aylanadi. Nuriy issiqlik almashinishda jismlar bir-biriga tegishi shart emas. Elektromagnit toʻlqinlar sifatida nur chiqarish hamma jismga xos.

Nurlanish toʻlqin va korpuskulyar xususiyatlarga ega, aynan elektromagnit tolqinlarning uzluksizligi va diskretligi foton zarralari chiqarishi bilan tavsiflanadi. Fazoda nur tarqalishi tolqin xossalari bilan nur energiyasi tarqalishi esa korpuskulyarlik xossalari bilan aniqlanadi. Issiqlik nurlanishi toʻlqin uzunligi A va tebranish chastotasi ν bilan tavsiflanadi. Bu holda ular orasida boglanish mavjud:

$$\nu = c / A, \text{ bunda } c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/c — yoruglik tarqalish tezligi.}$$

Hamma jismning nurlanishi uning haroratiga bogliq. Harorat oshishi bilan jismning ichki energiyasi ortadi, buning oqibatida jism nurlanishi ham koʻchayadi.

Haroratdan tashqari nurlanish jism tabiati, yuza holati, gazlar uchun gaz qatlami qalinligi va bosimiga bogliq. Koʻpchilik qattiq va suyuq jismlar tolqin uzunliklarining barcha diapazonida nuriy energiya tarqatadi. Toza metallar va gazlar maʼlum tolqin uzunliklari oraligʻida energiya chiqaradi, bu nur chiqarish selektiv nurlanish deyiladi.

Texnikada, qishloq xoʻjaligi ishlab chiqarishida uchraydigan past haroratli jismlarda nurlanish tolqin uzunligining $0,8 \cdot 10^{-6}$ dan $0,8 \cdot 10^{-3}$ gacha diapazoniga toʻgʻri keiadi. Bu nurlanish issiqlik (infraqizil) nurlanishiga kiradi.

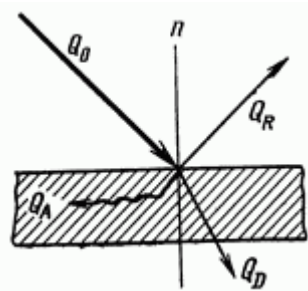
Yarim sferik fazoda barcha yoʻnalishlarda va barcha toʻlqin uzunliklarida yuza birligidan vaqt birligida nurlanayotgan integral nur oqimi integral nurlanish oqimi yuza zichligi yoki jism ning nurlanish qobiliyati $E, \text{ Vt/m}^2$ deyiladi.

Cheksiz kichik toʻlqin uzunligi oraligʻida ajratayotgan nurlanish oqimi zichligining shu oraliq toʻlqin uzunligi kattaligiga nisbatan nurlanish oqimining spektral zichligi nomi bilan ataladi, Vt/m^2 ,

Vaqt birligi ichida, toʻlqin uzunligi λ dan $\lambda + d\lambda$ boʻlgan oraliqda mos boʻlgan nurlanish energiyasiga oqimning monoxromatik nurlanishi Q_λ deyiladi. Spektrning 0 dan ∞ gacha oraliqdagi toʻlqin uzunliklariga mos boʻlgan barcha nurlanishga

integral yoki nuriy oqim Q deyiladi. Jismning yuza birligidan barcha yoʻnalishlar boʻyicha nurlanayotgan nurli oqimga jismning integral nurlanish zichligi deyiladi.

$$E=dQ/dF \quad (1)$$



Nurlanayotgan jismning barcha yuzasi boʻyicha tarqalayotgan nurli oqim:

$$Q = \int_F E dF$$

Toʻlqin uzunligining cheksiz kichik orlagʻida tarqalayotgan oqim zichligini, shu oraliq kattaligiga nisbati oqimning spektral zichligi (jadalligi) deyiladi:

$$J_\lambda = dE/d\lambda \quad (2)$$

Jism sirtiga tushgan barcha nuriy energiya Q ning bir qismi Q_A jismga yutiladi, bir qismi Q_R undan qaytadi, qolgan qismi Q_D esa, jism orqali oʻtib ketadi, yaʼni

$$Q = Q_A + Q_R + Q_D \quad (3)$$

2. Yutilish, qaytarish va oʻtkazish koeffitsientlari. Mutloq qora, oq, shaffof va kulrang jismlar. Selektiv nurlanish.

Nurlanish energiyasini tarqatish, yutish, qaytarish va oʻtkazish jarayonlarining yigʻindisiga nurli issiqlik almashish deyiladi.

(3) tenglikning ikkala qismini nuriy energiyaning umumiy miqdori Q ga boʻlsak, quyidagini olamiz:

$$\frac{Q_A}{Q} + \frac{Q_R}{Q} + \frac{Q_D}{Q} = A + R + D = 1, \quad (4)$$

bu yerda $A = \frac{Q_A}{Q}$, $R = \frac{Q_R}{Q}$, $D = \frac{Q_D}{Q}$ - mos ravishda yutilish, qaytarish va oʻtkazish xususiyatini tavsiflaydi (1-rasm).

(4) tenglik nurlanish energiyasi issiqlik balansining tenglamasi deyiladi.

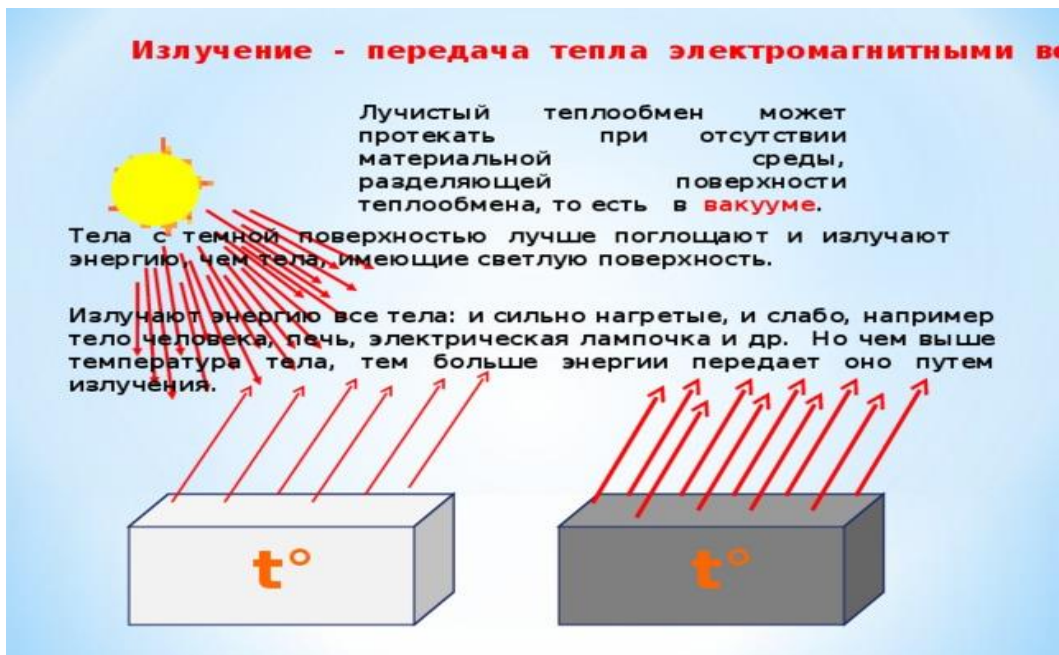
Agar $A=1$ boʻlsa, (yaʼni $R=D=0$), u holda jism oʻziga tushadigan barcha nurlanishni yutadi. Bunday jism absolyut qora jism deyiladi.

Agar $R=1$ bo'lsa, (ya'ni $A=D=0$), jism o'ziga tushgan barcha nuriy energiyani qaytaradi. Agar qaytarish geometrik optika qonunlariga bo'ysunsa, u holda jismning sirti ko'zgu sirt deyiladi. Agar jismdan nur diffuzion qaytsa, (lot.diffusio–tarqalish, oqish), bunday jismga absolyut oq jism deyiladi.

Agar $D=1$ bo'lsa, (ya'ni $A=R=0$), u holda jism o'ziga tushayotgan nurlarning hammasini o'tkazib yuboradi va absolyut tiniq (shaffof), ya'ni diatermik jism deyiladi.

Tabiatda absolyut qora, oq va tiniq jismlar bo'lmaydi. Neft qurumi, qor va muz o'zining xossalari jihatidan absolyut qora jismga yaqin turadi. Ularning yutilish koeffitsienti $A=0,9\div 0,96$. Metallarning silliqlangan sirti uchun $R=0,97$ ga teng. Bir va ikki atomli gazlarning hammasini diatermik ($D\approx 1$) jismlar deb hisoblash mumkin. Uch atomli va ko'p atomli gazlar, ularning aksincha issiqlik energiyasini yutadi va chiqaradi. Havo ham deyarli shaffof muhit hisoblanadi, lekin uning tarkibida suv bug'lari bo'lsa, uning shaffofligi keskin kamayadi. Real jismlar oz yoki ko'p darajada qora, ko'zgusimon va tiniq bo'ladi. Spektral yutish xususiyati tushayotgan nurlanishning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lmagan jismlar kul rang jismlar deyiladi. Barcha real jismlar uchun A , R va D koeffitsientlar doimo birdan kichik bo'ladi. Amalda, real jismlarni kul rang jismlar deb qabul qilish mumkin. Shuni nazarda tutish lozimki, issiqlik nurlarini qaytarish va yutishda sirtning rangi emas, balki sirtning holati katta ahamiyatga ega. Masalan, oq sirt faqat yorug'lik nurlarini yaxshi qaytaradi, ko'rinmas issiqlik nurlarini esa, qora sirtga o'xshab yaxshi yutadi.





10-ma`ruza

Mavzu: Nurlanish oqimining spektral zichligi. Vin qonuni. Stefan – Bol'tsman qonuni. Mutloq qora jismning nurlanish koeffitsienti. Jismning qoralik darajasi. Haqiqiy jismning nurlanish koeffitsienti.

Reja:

1. Nurlanish oqimining spektral zichligi. Vin qonuni.
2. Stefan – Bol'tsman qonuni.
3. Jismning qoralik darajasi. Haqiqiy jismning nurlanish koeffitsienti.

1. Nurlanish oqimining spektral zichligi. Vin qonuni.

To'liq uzunligining birinchi kichkina intervaliga ta'aluqli nurlanishni bilish muhim ahamiyatga ega bo'ladi. Aytaylik, spaktrning to'liq uzunligi D bo'lgan intervalini qarayotgan bo'laylik. Energiyaning shu intervalga ta'aluqli qismi nurlanishning spaktral zichligi bilan o'zaro bog'lanadi.

Nurlanishning spaktral zichligi (r_λ) deb, spaktrning birinchi qismiga to'g'ri keluvchi ΔR_e nurlanishning shu qismning to'liq uzunligi $\Delta \lambda$ ga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi:

$$r_\lambda = R_e / \Delta \lambda$$

ya'ni nurlanishning spaktral zichligi birlik to'liq uzunligiga to'g'ri keluvchi nurlanishdir.

Nurlanishning spaktral zichligi W/m^3 larda o'lchalanib, jismning

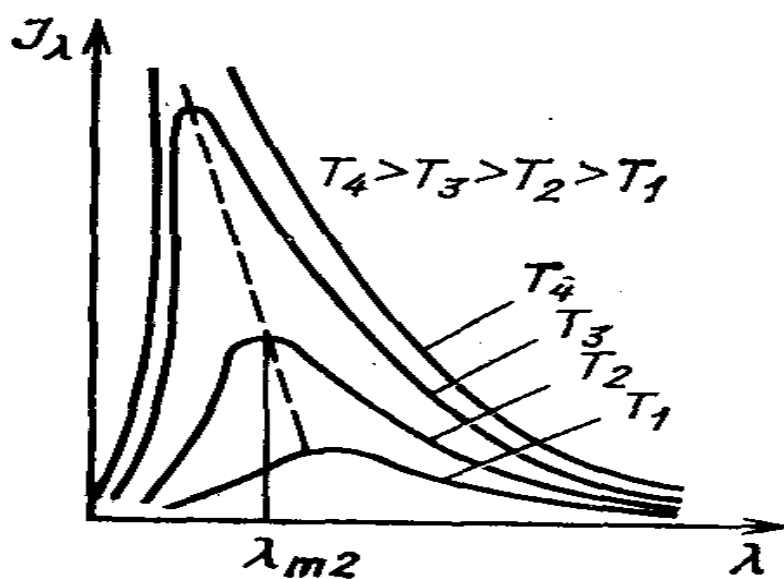
Vin qonuni. 1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, jismning temperaturasi orttirilsa, uning nur tarqatish jadalligining maksimumi qisqa to‘lqin tomonga siljiydi.

Bu qonuniyatni V. Vin 1893 yili taklif etgan va uning matematik ifodasini bergan:

$$\lambda_{\max} = 0,0028989/T$$

yoki

$$T\lambda_{\max} = v = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} \quad (1)$$



1-rasm. Absolyut qora jismning nurlanish jadalligini to‘lqin uzunligi va temperaturaga bog‘liqligi

Bu V.Vinning siljish qonuni deyiladi. Siljish qonuniga muvofiq jismlar nur ko‘rinishida tarqatadigan elektromagnit to‘lqinlarning jadalligi har xil temperaturada turlicha bo‘ladi. Masalan, elektr isitkichning temperaturasi $T=1100 \text{ K}$ bo‘lganda, u $\lambda_{\max}=3 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ bo‘lgan to‘lqin uzunlikdagi nurni tarqatadi, uning spektri asosan infraqizil nurdan iborat bo‘ladi. Quyosh ($T=5500 \text{ K}$) nuri to‘lqin spektrini olsak, undagi to‘lqin uzunlik $\lambda_{\max}=5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ga to‘g‘ri keladi. Bu to‘lqin uzunlik spektrning ko‘zga ko‘rinadigan qismiga to‘g‘ri keladi.

2. Stefan – Bol’tsman qonuni.

Stefan-Boltsman qonuni. Tajriba natijalari asosida I. Stefan (1879 yili) quyidagi qonuniyatni aniqladi: absolyut qora jismning nurlanish xususiyati uning

absolyut temperaturasining to‘rtinchi darajasiga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi. Bu qonuniyatni 1884 yili A. Boltsman nazariy jihatdan isbotlab bergan.

$$E_0 = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} J_{\lambda_0} d\lambda = C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4, \quad (2)$$

bunda C_0 – absolyut qora jismning nurlanish koeffitsienti. [$C_0=5,67\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K}^4)$]; T – jism sirtining temperaturasi, K.

Bu qonunni yana quyidagi ko‘rinishlarda ham yozish mumkin:

$$E_0 = G_0 T^4, \quad (3)$$

Kulrang jismlar uchun:

$$E = \varepsilon E_0 = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4 = C \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (4)$$

bu yerda $G_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – Stefan doimiysi; C – kul rang jismning nurlanishi; $\varepsilon = E/E_0$ – kul rang jismning qoralik darajasi.

3. Jismning qoralik darajasi. Haqiqiy jismning nurlanish koeffitsienti.

Jismning mutlaq qoralik darajasi

Nurli issiqlik almashinuvi — jism ichki energiyasining nurlanish energiyasiga (fotonlar yoki elektromagnit to‘lqinlar energiyasiga) aylanishi, nurlanish yo‘li bilan energiyaning fazoga uzatilishi yoki jismlarga yutilishi. Boshqa turdagi issiqlik almashinuvlaridan farqi shuki, bu hodisa issiqlik almashinadigan sirlarni ajratib turuvchi moddiy muhitsiz ham sodir bo‘lishi mumkin, chunki nur elektromagnit nurlanish natijasida tarqaladi. Shaffofmas jism sirtiga tushadigan nur energiyasining bir qismi jismga yutiladi, bir qismi esa undan kaytadi. temperaturasi mutlaq nolga teng bo‘lmagan har qanday jism qizdirilsa, o‘zidan energiya (nur) chiqaradi. Bir xil temperaturadagi jism nur chiqarish qobiliyatining mutlaq qora jism nur chiqarish qobiliyatiga nisbati jismning mutlaq qoralik darajasi deyiladi. Barcha jismlar uchun mutlaq qoralik darajasi 1 dan kichik. Nurli issiqlik almashinuvi a. tizimidagi har qanday jism nurlar oqimini qayta-radi va xususiy nurlar oqimini chiqaradi. Jism sirtidan ketadigan energiyaning umumiy miqdoriga effektiv nurlanish oqimi deyiladi. Jism yutgan energiyaning bir qismi tizimga xususiy nurlanish sifatida qaytadi. Shuning uchun Nurli issiqlik almashinuvi a.ni yutilgan va xususiy nurlar oqimi ayirmasi deb qarash mumkin. Nurli issiqlik almashinuvi a. metallurgiya,

yadro energetikasi, raketa texni-kasi, kimyo texnologiyasi, quritish texnikasi, geliotexnika va boshqa sohalarda qo'llanadi.^[1]

Haqiqiy jismning nurlanish koeffitsienti

Stefan-Bolsman qonuning yuqorida qayd etilgan ta'rifi, o'z sirtiga kelib tushayotgan barcha nurlanishlarni yutadigan jism - mutalq qora jism uchun o'rinlidir. Ma'lumimgizkim, mutlaq qora jism tabiatda mavjud emas. Haqiqiy jismlar esa, nurlanish energiyasining faqat muayyan qisminigina yutadi xolos. Nurlanishning qolgan qismini esa jismlar o'zidan akslantiradi. Biroq, ayni holatda ham, jismning sirtidan chiquvchi nurlanishning solishtirma quvvatining T^4 ga proporsionalligi baribir saqlanadi. Lekin, bu holatda Bolsman doimiysining qiymatini, real fizik jismlarning xossasini namoyon qiluvchi boshqa bir koeffitsient bilan almashtirishga to'g'ri keladi. Bunday qiymatlar esa, odatda eksperimental usul bilan aniqlanadi.

Nazorat uchun savollar:

1. Nurlanishga ta'rif bering.
2. Nurlanish energiyasi qanday aniqlanadi?
3. Absolyut qora jism deb nimaga aytiladi?
4. Absolyut oq jism.
5. Plank qonunini ta'riflang.
6. Vin qonuni.
7. Stefan – Boltsman qonuni.
8. Nurlanish koeffitsienti.

11-ma`ruza

Mavzu: Kirxgof qonuni. Shaffof muhitda jismlar tizimining nurli issiqlik almashinishi. Jismlar tizimining keltirilgan qoralik darajasi. Jismning nurlanganlik koeffitsienti. Nurlanishning burchakli koeffitsienti.

Nurlanishdan himoyalash uchun ekranlarni qo'llanilishi.

Reja:

1. Kirxgof qonuni.
2. Nurlanishdan himoyalash uchun ekranlarni qo'llanilishi
3. Jismning nurlanganlik koeffitsienti. Nurlanishning burchakli koeffitsienti.

1. Kirxgof qonuni.

Kirxgof qonuni. Absolyut qora va kulrang jismlarning issiqlik nurlarini yutish va tarqatish hossalari orasidagi bog‘lanishni G. Kirxgof 1882 yili o‘rganib, quyidagi qonuniyatni ochgan:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \frac{E_3}{A_3} = \dots = \frac{E_0}{A_0} = E_0(T), \quad (1)$$

bu yerda $E_0(T)$ – absolyut qora jismning nurlanish xususiyati.

Jismning nur chiqarish (nurlanish) xususiyatining yutish xususiyatiga nisbati jismning tabiatiga bog‘liq emas va bir xil temperaturadagi barcha jismlar uchun bir xil bo‘lib, shu temperaturadagi absolyut qora jismning nurlanish xususiyatiga teng.

(1) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, kul rang jismning yutilish koeffitsienti qanchalik katta bo‘lsa, u shunchalik ko‘p nurlanadi. Yutilish koeffitsienti birdan kichik ($0 < A < 1$) bo‘lgani sababli, bir xil temperaturada kul rang jismning nurlanish xususiyati E , absolyut qora jismning nurlanish xususiyatidan kichik bo‘ladi.

Kirxgof qonunidan, (1) tenglamalardan ko‘rinib turibdiki, kul rang jismning qoralik darajasi son jihatdan uning yutish xususiyatiga teng:

$$A = \varepsilon \quad (2)$$

ε kattalik o‘zgarmas bo‘lgani uchun, kul rang jismning yutish xususiyati to‘lqin uzunligiga va temperaturaga bog‘liq emas.

1-jadvalda ba’zi kul rang jismlarning qoralik darajasi keltirilgan.

Turli materiallarning qoralik darajasi.

1-jadval

Material	t, °S	ε	Material	t, °S	ε
Alyuminiy (silliqlangan)	50-500	0,04-0,06	Yog‘och	20-70	0,8-0,9
Bronza	50	0,1	Qog‘oz	20-100	0,9
Oltin (silliqlangan)	200-600	0,02-0,03	Shisha	20-100	0,9-0,92
Qizil g‘isht	25-300	0,9	Moyli bo‘yoq	20-100	0,86-0,92

Gips	20	0,9	Lak	20-100	0,8-0,95
------	----	-----	-----	--------	----------

2. Nurlanishdan himoyalash uchun ekranlarni qo'llanilishi

Parallel sirtlar. Ma'lumki, barcha jismlar absolyut noldan yuqori temperaturada o'zidan fazoga elektromagnit to'lqinlarni tarqatib turadi. SHuning uchun jismning to'liq nurlanish energiyasini hisoblashda jismning o'zini nurlanish energiyasini (E_1) ham hisobga olish kerak.

Agar boshqa jismlar tomonidan shu jismga energiyasi E_2 bo'lgan nurlanish tushsa, shundan $A_1 E_2$ energiya yutiladi, $(1-A_1) E_2$ energiya qaytadi, u holda ($D=0$)

$$E_{ef1} = E_1 - A_1 E_2 = E_1 + (1-A_1) E_2 - E_1 + R_1 E_2 \quad (3)$$

E_{ef1} kattalikni jismning effektiv nurlanishi deyiladi. Ikki parallel sirtlar misolida qattiq jismlar orasidagi issiqlik almashinuvini ko'rib chiqaylik (1-rasm).

Bu sirtlarning temperaturalari mos ravishda T_1 va T_2 ($T_1 > T_2$) va yutilish koeffitsientlari A_1 va A_2 bo'lsin.

Sirtlar orasidagi masofani shunday tanlaymizki, natijada har bir sirtning nurlanishi narigisiga yetib borsin. Bu sirtlar orasidagi nurli issiqlik almashinuvi kattaligi quyidagiga teng:

$$E = E_{ef1} - E_{ef2},$$

Bunda

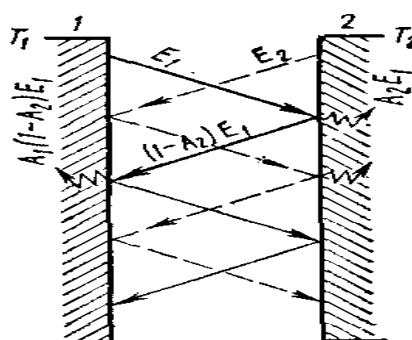
$$E_{ef1} = E_1 + (1-A_1) E_{ef2},$$

$$E_{ef2} = E_2 + (1-A_2) E_{ef1}.$$

Bu tenglamalar tizimini E_{ef1} va E_{ef2} ga nisbatan yechib, E_1 va E_2 o'rniga Stefan –Boltsman qonunidan ularning ifodasini va A_1 hamda A_2 o'rniga mos ravishda ε_1 va ε_2 larni (chunki $A = \varepsilon$) qo'yamiz. O'zgartirishlardan so'ng quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$Q = EF = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1} C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] F \quad (4)$$

bu yerda $\theta = \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4$ - temperatura ko'paytiruvchisi deyiladi;



1-rasm. Ikki parallel sirtlar orasida nurli issiqlik almashinuvi sxemasi

$E_k = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1}$ - jismlar tizimining keltirilgan qoralik darajasi deyiladi;

$$C_k = C_o C_k = \frac{1}{1/C_o \varepsilon_1 + 1/C_o \varepsilon_2 - 1/C_o} = \frac{1}{1/C_1 + 1/C_2 + C_o} = \frac{Q}{\theta F \tau}$$

keltirilgan nurlanish koeffitsienti deyiladi.

Keltirilgan nurlanish koeffitsienti, agar temperatura ko'paytiruvchisi 1 K va har bir sirtning yuzasi 1m^2 bo'lsa, 1-sirtidan 2-sirtga 1 s da uzatilayotgan nurlanish energiyasini bildiradi. Demak, (4) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = \varepsilon_k C_o \theta F = C_k \theta F [Vt] \quad (5)$$

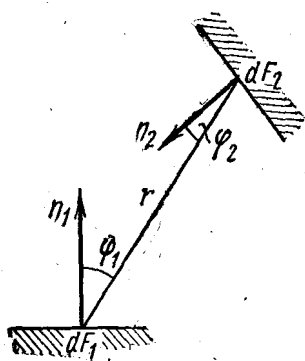
Shunday qilib, nurli issiqlik almashinuvini jadalligini orttirish uchun ε_k va θ ni ya'ni issiqlik almashinuvida ishtirok etayotgan sirtlarning qoralik darajasini va temperaturalar farqini orttirish lozim.

3. Jismning nurlanganlik koeffitsienti. Nurlanishning burchakli koeffitsienti.

Ixtiyoriy joylashgan jismlar Ixtiyoriy joylashgan jismlar uchun nurli issiqlik almashinuv tenglamasini keltirib chiqarish juda qiyin bo'lib, bu masala faqat ba'zi sodda hollar uchun o'z yechimini topgan (10.6-rasm). Ikkita ixtiyoriy joylashgan jismlar uchun nurli issiqlik almashishni quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$Q = \frac{C_1 C_2}{C_0} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} dF_2,$$

bunda $\frac{C_1 C_2}{C_0}$ - shu jismlar tizimining keltirilgan nurlanish koeffitsienti;



2-rasm.

$$\int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} dF_2 - \text{nurlanishning burchak koeffitsienti.}$$

Bu kattalik nurlanayotgan jismlarning o'lchamiga, shakliga va o'zaro joylashishiga bog'liqdir. Burchak koeffitsientni matematik hisoblash sodda hollar uchun ham qiyin bo'lib, uni asosan grafik usulda aniqlanadi. Texnik masalalarni yechishda, burchak koeffitsienti odatda jadvaldan olinadi.

Nazorat uchun savollar:

1. Nurlanish koeffitsienti.

2. Kirxgof qonuni.
3. Kul rang jism deb qanday jismga aytiladi?
4. Parallel sirtlar orasida nurli issiqlik almashinuvi qanday kattaliklarga bog‘liq?
5. Effektiv nurlanish.
6. Ekranlar qachon qo‘llaniladi?

12-ma`ruza

Mavzu: Yutuvchi va tarqatuvchi muhitda nurlanish energiyasining olib o‘tilishi. Buger qonuni. Nurlanishning kuchsizlanish koeffitsienti. Gazlardagi nur yutuvchi va tarqatuvchi jarayonlar. Selektiv nur yutilishi va tarqatilishi.

Reja:

1. Buger.— Lambert — Buger qonunini.
2. Gazlardagi nur yutuvchi va tarqatuvchi jarayonlar.

1. Buger.— Lambert — Buger qonunini.

Buger, yutuvchi modda orqali yorug‘lik o‘tganda yorug‘likning intensivligi kamayishini ifodalaydigan qonun. **Buger.— Lambert** — Buger qonunini 1729-yilda P. Buger topgan, 1760-yilda nemis olimi I. Lambert to‘la o‘rgangan va 1852-yilda nemis olimi A. Ber tajribada tekshirgan.

Lambert qonuni Jism sochayotgan nurlanish energiyasi fazoda har xil jadallik bilan tarqaladi. Nurlanish jadalligini yo‘nalishga bog‘liqligini belgilaydigan qonunga Lambert qonuni deb aytiladi.

Lambert qonuniga asosan, absolyut qora jism sirtidan turli yo‘nalishlar bo‘yicha nurlanayotgan energiya miqdori, berilgan yo‘nalish va jism sirtiga tushirilgan normal o‘rtasidagi burchakning kosinusiga proporsionaldir.

$$E_{\varphi} = E_n \cos \varphi, \quad (1)$$

Bu yerda E_n – normal bo‘yicha nurlanish energiyasi.

Turli materiallarning qoralik darajasi.

1-jadval

Material	t, °S	ε	Material	t, °S	ε
Alyuminiy (silliqlangan)	50-500	0,04-0,06	Yog‘och	20-70	0,8-0,9

Bronza	50	0,1	Qog'oz	20-100	0,9
Oltin (silliqlangan)	200-600	0,02-0,03	Shisha	20-100	0,9-0,92
Qizil g'isht	25-300	0,9	Moyli bo'yoq	20-100	0,86- 0,92
Gips	20	0,9	Lak	20-100	0,8-0,95

Demak, nurlanish sirtiga perpendikulyar bo'lgan yo'nalishda energiya eng ko'p nurlanadi, ya'ni $\varphi=0$ da. φ burchak ortishi bilan nurlanish energiyasi kamayadi va $\varphi=90^\circ$ da nolga teng bo'ladi (10.3-rasm).

Lambert qonuni absolyut qora jism uchun to'g'ri bo'lib, g'adir-budur kul rang jismlar uchun bu qonun faqat $\varphi=0\div 60^\circ$ da to'g'ridir.

2. Gazlardagi nur yutuvchi va tarqatuvchi jarayonlar.

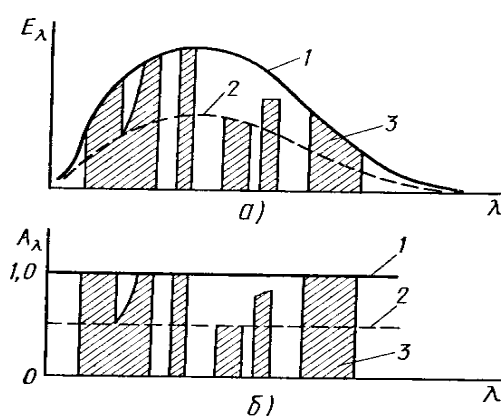
Gazlarning nurlanishi qattiq jismlarning nurlanishidan keskin farq qiladi. Bir va ikki atomli gazlarning (vodorod, kislorod, azot, geliy va boshqalar) nur chiqarish va yutish xususiyatlari nihoyatda kichik. Ular issiqlik nurlari uchun shaffof hisoblanadilar. Uch va ko'p atomli gazlarning (CO_2 , H_2O va boshqalar) nurlanish va nur yutish xususiyatlari yuqori bo'lib, bundan amalda foydalaniladi.

Gazlarning aksariyati ma'lum to'lqin uzunlikdagi nurlarni chiqaradi va yutadi, ya'ni ular nur chiqarish-yutishda tanlash xususiyatiga egadirlar (1-rasm).

Bunga asosiy sabab shuki, gazlarda nur chiqarish va yutish erkin molekulalar tomonidan amalga oshiriladi. Qattiq jismlarda esa, bu jarayon nihoyatda ko'p bog'langan molekulalar tomonidan amalga oshiriladi.

Erkin molekulalardagi elektronlarning energiya sathi har bir modda uchun ma'lum bir qiymatga ega bo'ladi. Shuning uchun elektronlar bir sathdan

boshqasiga o'tganda, ma'lum bir energiyali fotonni yutadi yoki tarqatadi. Qattiq



1-rasm. Nurlanish (a) va yutish (b) spektrlari: 1-absolyut qora jism;

2-kul rang jism; 3-gaz

jismlarda esa elektronlar qo‘shni atomlarning ta‘sir kuchlari ostida bo‘ladi. Shu sababli, nur chiqarish va yutishda ma‘lum bir energiyali elektronlar emas, balki barcha imkoniyati borlari ishtirok etadi.

Gazlarda nurli issiqlik almashinuvining boshqa xususiyatlaridan biri shundan iboratki, nur chiqarish va yutish jarayonida gazning barcha mikrozarralari ishtirok etadi. Ma‘lumki, qattiq jismlarda esa, aniq bir sirt ishtirok etadi. Bu xususiyat esa, gazlardagi issiqlik almashinuvini hisoblashni murakkablashtirib yuboradi. Gaz tarqatayotgan yoki yutayotgan energiya miqdori gazning temperaturasiga, gaz qatlami qalinligiga va molekulalarning konsentratsiyasiga bog‘liq. Molekulalarning konsentratsiyasi gazning partial bosimi P bilan, gaz qatlamining qalinligi esa nurning o‘rtacha uzunligi l bilan belgilanadi. Gaz nurlanishining integral yutish xususiyati A_λ va spektral jadalligi E_λ gaz temperaturasining T va pl ko‘paytmaning funktsiyasi sifatida aniqlanadi.

$$\left. \begin{aligned} A_\lambda &= f(T, pl); \\ E_\lambda &= \varphi(T, pl). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Tajribadan, gazlarning nurlanish xususiyati absolyut temperaturaning n -darajasiga proporsional ekanligi aniqlangan. Karbonat angidrid uchun $n=3,5$, suv bug‘i uchun $n=3$ ga teng. Taxminiy hisoblashda gazlarning nurlanishi temperaturaning to‘rtinchi darajasiga proporsional deb hisoblanadi.

Temperaturasi T_Γ bo‘lgan gaz bilan, uni o‘rab turgan T_m temperaturali muhit o‘rtasidagi issiqlik almashinuvi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q = C_0 \varepsilon_{\text{ef}} \left[\varepsilon_\Gamma \left(\frac{T_\Gamma}{100} \right)^4 - A_\Gamma \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] F_M, \quad (3)$$

bunda ε_{ef} – muhitning effektiv qoralik darajasi; ε_Γ va A_Γ – mos ravishda gazning T_Γ temperaturadagi qoralik darajasi va uning T_m temperaturadagi yutish xususiyati; F_m – issiqlik almashinuv yuzasi.

ε_{ef} ni taxminan quyidagi formula bo‘yicha hisoblash mumkin:

$$\varepsilon_{\text{ef}} = \frac{\varepsilon_g + 1}{2},$$

bunda ε_Γ – devorning qoralik darajasi ($\varepsilon_\Gamma = 0,7 \div 0,9$). ε_Γ va A_Γ ning qiymatlari maxsus adabiyotlardagi nomogrammalardan aniqlanadi.

Nazorat uchun savollar:

1. Lambert qonuni.
2. Kul rang jism deb qanday jismga aytiladi?
3. Parallel sirtlar orasida nurli issiqlik almashinuvi qanday kattaliklarga bog'liq?
4. Effektiv nurlanish.
5. Ekranlar qachon qo'llaniladi?
6. Gazlarning nurlanishi.
7. Murakkab issiqlik almashinuvi deb nimaga aytiladi?
8. Issiqlik uzatish koeffitsienti.

13-ma`ruza

Mavzu: Issiqlik uzatish. Murakkab issiqlik almashish. Devor bilan ajratilgan ikki suyuqlik orasidagi issiqlik uzatish. Issiqlik uzatish koeffitsienti. Issiqlik uzatishning termik qarshiligi. Issiqlik uzatishni jadallashtirish. Qovurg`alangan sirt orqali issiqlik uzatilishi. Qovurg`alanish koeffitsienti.

Reja:

1. Murakkab issiqlik almashish jarayonlari
2. Issiqlik uzatishni jadallashtirish.
3. Qovurg`alangan sirt orqali issiqlik uzatilishi.

1. Murakkab issiqlik almashish jarayonlari

Issiqlikning temperaturasi yuqori bo'lgan jismdan temperaturasi past bo'lgan jismga qattiq devor orqali uzatilishi texnikada eng muhim va ko'p foydalalniladigan jarayonlardan biridir.

Bunday issiqlik uzatishda barcha issiqlik almashinuv usullari – issiqlik o'tkazuvchanlik, konvektsiya va nurlanish baravar ishtirok etadilar. Barcha issiqlik almashinuv usullarini hisobga oladigan issiqlik almashinuvga murakkab issiqlik almashish deyiladi (1-rasm).

Murakkab issiqlik almashishda uzatilgan issiqlik miqdori q_1 konvektiv issiqlik almashinuvda uzatilgan issiqlik miqdori q_k va nurli issiqlik almashinuvda uzatilgan issiqlik miqdori q_n larning yig'indisiga teng.

$$q = q_k + q_n = \alpha_k(T - T_g) + \alpha_n(T - T_g) = \alpha(T - T_g), \quad (1)$$

bu yerda $\alpha = \alpha_k + \alpha_n$; α_n – nurli issiqlik almashinuv koeffitsienti; α - effektiv issiqlik berish koeffitsienti;

α_n koeffitsient quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

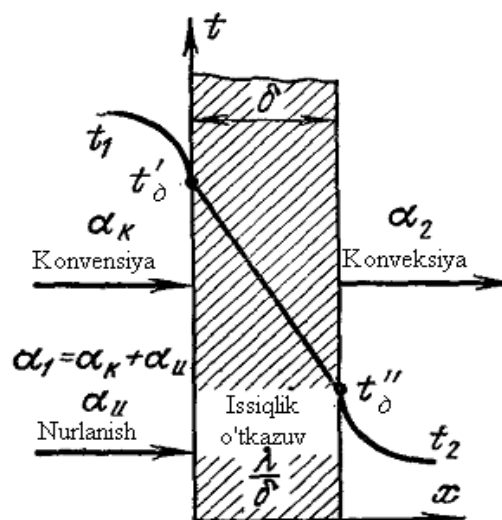
$$\alpha_n = \frac{q_n}{T - T_g} = \frac{C_k [(T/100)^4 - (T_g/100)^4]}{T - T_g}, \quad (2)$$

bu yerda T – suyuqlik yoki gaz temperaturasi; T_g – devor temperaturasi; C_k – keltirilgan nurlanish koeffitsienti.

Tekshirilayotgan hol uchun (1-rasm), issiqlik uzatish koeffitsienti quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{k1} + \alpha_{n1}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{k2} + \alpha_{n2}}} \quad (3)$$

Yuqorida aytib o‘tilganlardan ko‘rinib turibdiki, α nihoyatda murakkab kattalik bo‘lib, u turli omillarga bog‘liq bo‘ladi. Ayniqsa, α ga temperaturaning ta‘siri katta bo‘ladi. Masalan, jism bilan havoning tabiiy konveksiyasida: $t_g = 0^\circ\text{S}$; $\text{Gr} \cdot \text{Pr} = 10^8 \div 10^{12}$; $C_k = 4,7 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$; bo‘lganda, agar $t = 150^\circ\text{S}$ bo‘lsa. $\alpha_n = \alpha_k = 8,3 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; $t = 500^\circ\text{S}$ bo‘lsa $\alpha_n \approx 4\alpha_k$; $t = 1000^\circ\text{S}$ bo‘lsa $\alpha_n \approx 20 \cdot \alpha_k$ bo‘ladi.



1-rasm. Murakkab issiqlik almashish sxemasi.

Ba‘zi hollarda qattiq jism bilan atrof muhit o‘rtasida issiqlik almashinuvi faqat bir usulda amalga oshadi. Masalan, qattiq jism bilan tomchi suyuqlik issiqlik almashishsa nurlanish bo‘lmaydi, chunki tomchi suyuqliklar nurni deyarli o‘tkazmaydi va bu hol uchun $\alpha \approx \alpha_k$. Agar jismlar o‘rtasida issiqlik almashinuvi chuqur vakuum sharoitida ro‘y bersa, u holda konveksiya issiqlik almashishga deyarli ta‘sir etmaydi va $\alpha \approx \alpha_n$ bo‘ladi. Sof holda nurli issiqlik almashish to‘liq vakuumda ro‘y beradi.

2. Issiqlik uzatishni jadallashtirish

Issiqlik almashinuv apparatlarini ishlatish vaqtida, shakli turlicha bo'lgan sirtlardan o'tayotgan issiqlik oqimini orttirish ko'pincha zarur bo'lib qoladi. Issiqlik uzatish tenglamasi $Q=kF\cdot\Delta t$ dan ko'rinib turibdiki, jism sirti o'lchamlari va suyuqliklar temperaturalari berilgan bo'lsa, issiqlik oqimi issiqlik uzatish koeffitsentiga bog'liq bo'ladi. Lekin faqatgina issiqlik uzatish koeffitsentining qiymatini bilish, issiqlik uzatish jarayonini o'rganish uchun yetarli bo'lmaydi.

Barcha termik qarshiliklarning o'zaro nisbatini tahlil qilib to'g'ri hulosa chiqarish mumkin va natijada issiqlik oqimini jiddiy o'zgartirishga imkoniyat yaratiladi.

Yassi devor orqali issiqlik uzatishda issiqlik berish koeffitsentini orttirish yuqaroq devor qo'llash, issiqlik o'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan material tanlashdan va issiqlik berish koeffitsentini ko'paytirish hisobiga bo'lishi mumkin.

Agar devorning termik qarshiligi kichik bo'lsa, ($\delta/\lambda\approx 0$)), u holda issiqlik uzatish koeffitsenti issiqlik berish koeffitsentlari α_1 va α_2 larga bog'liq bo'ladi.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{\alpha_1\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (4)$$

(4) tenglikdan ko'rinib turibdiki, k har doim eng kichik α qiymatidan ham kichikroq bo'ladi. Shuning uchun k ni orttirish uchun eng kichik α ni ko'paytirish lozim. Agar $\alpha_1\approx\alpha_2$ bo'lsa k ni orttirish uchun istalgan α ni ko'paytirish lozim.

Agar α ning qiymatlari katta bo'lsa, u holda k asosan devorning issiqlik uzatuvchanligiga bog'liq bo'ladi. Silindrik devor orqali issiqlik uzatishda, $1/\alpha_1d_1$ va $1/\alpha_2d_2$ termik qarshiliklar issiqlik berish koeffitsentlariga va sirt o'lchamlariga bog'liq bo'ladi. Agar α kichik bo'lsa, termik qarshiliklarni tegishli sirtlarni orttirish hisobidan kamaytirish mumkin. Yassi devor uchun ham, uning biror tamoni qovurg'alash hisobidan huddi shunday natija olish mumkin. Yuqorida bildirilgan fikrlarni ayrim misollar orqali tushuntiraylik.

Bug' qozonida o'txona gazlaridan devorga issiqlik berish koeffitsenti $\alpha_1=30$ Vt/(m² grad); devordan qaynayotgan suvga $\alpha_2=5000$ Vt/(m² grad); po'lat devorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsenti $\lambda=50$ Vt/(m² grad) ; qalinligi $\delta=0,02$ m. Devorni yassi deb hisoblaylik. Shu sharoitda issiqlik uzatish koeffitsenti

$k=29,5 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ grad})$ ga teng, ya'ni u eng kichik α dan ham kichikroq. Issiqlik uzatish koeffitsienti k ni devordan suvga issiqlik berish sharoitini yaxshilash yoki yupqaroq devorni qo'llash bilan orttirib bo'lmaydi. k ni, faqatgina o'txona gazlaridan devorga issiqlik uzatishni yaxshilash hisobiga oshirish mumkin. Issiqlik berish koeffitsientlari α_1 va α_2 katta bo'lgan apparatlarda esa, ish boshqacha ko'rinishga ega bo'ladi. Masalan, suv kondensatorida suv tomonida $\alpha_1=5000 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ grad})$ va bug' tomonida $\alpha_1=10\,000 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ grad})$ bo'lsin.

Agar shunday kondensatorning devori qalinligi 20 mm bo'lgan po'latdan tayyorlansa, $k=1428 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ grad})$ bo'ladi. Agar qalinligi 3 mm bo'lgan devor olinsa, u holda $k=2770 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ grad})$ bo'ladi. Agarda po'latni qizil mis bilan almashtirib, qalinligi 1 mm bo'lgan devor oliinsa, u holda $k=3400 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ grad})$ bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan misoldan ko'rinib turibdiki, issiqlik berish koeffitsientlarining katta qiymatlarida k asosan devorning issiqlik o'tkazuvchanligiga bog'liq bo'lar ekan. Shunday qilib, apparatlarda issiqlik uzatishni jadallashtirish uchun eng katta qarshilikni kamaytirishga harakat qilish lozim.

3. Qovurg'alangan sirt orqali issiqlik uzatilishi.

Silindrik devori o'qi bo'ylab tik kavsharlangan qovurgali sirt 1-rasmda chizib ko'rsatilgan. Qovurg'alar temperaturasi past issilik tashuvchi harakatlanadigan tomondan o'rnatilgan.

Ko'pgina olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki issiqlik uzatish intensivligi qovurg'alangan devorga o'rnatilgan qovurg'alarining geometric o'lchamlariga bog'liq bo'lib temperaturaning qovurg'a bilanligi bo'yicha tarqalish harakteriga bogliq. Agar qovurg'a asosi(1-rasm.b)da xaroratning qiymati $T_{cm\ 2}$, bo'sa

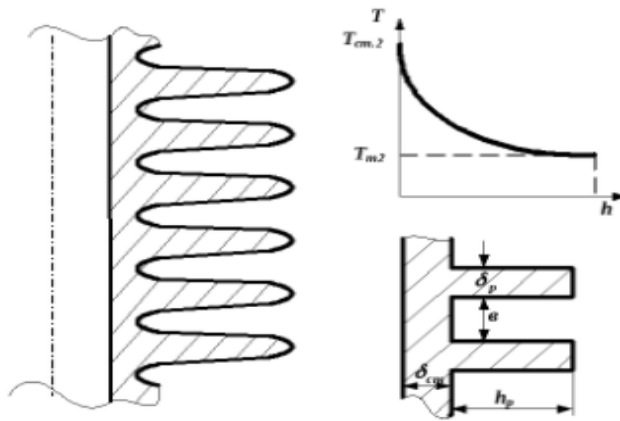


рис. 1

cho`qisidagi temperature $T_{m,2}$ ga yaqinlashadi(intiladi). Bo`limning qisqa asosida yupqa va baland qovurg`a uchun xarorat $T_{cm,2}$ dan $T_{m,2}$ gaca kamayadi. Bu esa qovurg`aning bir qismi issiqlik uzatish jarayonida qatnashmasligiga olib keladi. Qovurga balandligining xaddan tashqari qisqarishi va qalinlashtirib yuborilishi qovurg`angan yuza issiqlik uzatilishining kamayib ketishiga olib keladi va bu o`z yo`lida issiqlik oqimini pasaytiradi.

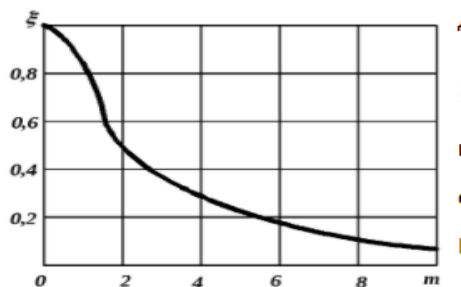
Qovurg`alangan devordan issiqlik uzatilishini aniqlanayotganda qovurg`a balandligi h_p va uning qalinligi δ_p xisobga olinadi.

$$\kappa_{op} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2 \eta_{op}}}, \quad (5)$$

Bu yerda κ_{op} – qovurg`alangan devorning issiqlik uzatish koefitsienti;

α_1 va α_2 – tekis devorlarning issiqlik berish koefitsienti;

δ va λ – devorning qalinligi va issiqlik o`tkazuvchanlik koefitsienti;



2-rasm

η_{op} – qovurg`alanishning effektivlik koefitsienti.

η_{op} – aniqlash uchun yarim imperik ifodadan foydalaniladi

$$\eta_{op} = 1 + \xi \left(\frac{F_{op}}{F} - 1 \right), \quad (6)$$

Bu erda ξ – 2-rasmdagi grafikdan aniqlaniladigan funksiy, $\xi = f(m)$,

F_{op} – qovurg`alangan yuzaning umumiy maydoni;

F – tekis yuzaning maydoni.

m ning qiymati quyidagi formula bo`yicha aniqlanadi:

$$\frac{1}{m} = h_p \sqrt{\frac{2\alpha_2}{\lambda_p \delta_p}} \quad (7)$$

Nazorat uchun savollar:

1. Issiqlik uzatish deb nimaga aytiladi?
2. Issiqlik uzatishda qanday masalalar ko`riladi?
3. Murakkab issiqlik almashinuvi deb nimaga aytiladi?
4. Issiqlik uzatish koeffitsienti.

14-ma`ruza

Mavzu: Issiqlik izolyatsiyasi (qoplamalari). Quvurlar uchun issiqlik izolyatsiyasini tanlash. Issiqlik izolyatsiyasining kritik diametri.

Reja:

1. Issiqlik izolyatsiyasi (qoplamalari).
2. Quvurlar uchun issiqlik izolyatsiyasini tanlash. Issiqlik izolyatsiyasining kritik diametri.

1. Issiqlik izolyatsiyasi (qoplamalari)

Izolyatsiya (texnika va qurilishda) — asbob-uskunalarni, shuningdek, bino va inshootlarning to`sovchi konstruksiyalarini ishlatish va b.da atmosferaning zararli ta`sirlaridan himoya qilish; elektr yoki issiklik energiyalarining yo`qolishini oldini olish bo`yicha, elektrotexnik quridmalar, ro`zg`orda ishlatiladigan elektr asboblarda yordamida energiyadan xavfsiz foydalanish bo`yicha, asbob-uskunalarning shovqinsiz ishlashi bo`yicha tadbirlar majmui. Mas, binolar, issiklik qurilmalari, sovitish kameralari va b. ob`yektlarning atrof muhit bilan keraksiz issiklik almashinuvini oldini olish uchun ob`yektlar issiklik izolyasiya materiallari bilan bir yoki

bir necha qatlamda o'raladi (to'siladi) (yana q. [Gidroizolyatsiya](#), [Tovush izolyatsiyasi](#), [Elektr izolyatsiya materiallari](#)).

Har bir jarayonning asosi iqtisodiy samaradorlikdir, bu ko'plab omillarning kombinatsiyasi bilan ta'sirlanadi. Ko'pgina tarmoqlar (kimyo, neftni qayta ishlash, metallurgiya, oziq-ovqat, uy-joy kommunal xizmatlari va boshqalar) uchun muhim bo'lgan ushbu daqiqalardan biri uskunalar va quvurlarni issiqlik izolatsiyasi hisoblanadi. Sanoat miqyosida gorizontal va vertikal qurilmalarda, turli xil suyuqliklarni saqlash uchun tanklar, turli xil almashinuvchi va nasoslarda qo'llaniladi. Kriogenli va past haroratli uskunalardan foydalanish jarayoni issiqlik izolatsiyasi uchun juda yuqori talablarga ko'ra ajralib turadi. Energiya sanoatida har qanday qozon va turbinalar, saqlash tanklari va turli xil ishlarni bajarishda yalitim unsurlaridan foydalaniladi. Dastur maydoniga qarab, SNiP'ye kiritilgan ba'zi *bir* talablar qo'llaniladi. Issiqlik ular ko'rsatgan parametrlarning o'zgarmasligini va ularning xavfsizligini ta'minlashni ta'minlaydi, yo'qotishlarni kamaytiradi.

Umumiy ma'lumot

Issiqlik izolatsiyasi - bu deyarli barcha sohalarda qo'llanadigan eng keng tarqalgan himoya turlaridan biri. Buning natijasida inson salomatligiga yoki atrof muhitga tahdid soluvchi ko'plab ob'ektlarning muammosiz ishlashi ta'minlanadi. Materiallarni tanlash va o'rnatish uchun muayyan talablar mavjud. Ular SNiP-da to'planadi. Quvurlarni izolatsiyalash standartlarga to'g'ri kelishi kerak, chunki ko'plab tizimlarning normal ishlashi unga bog'liq. Hujjatlarda keltirilgan deyarli barcha talablar majburiydir. Ko'pgina hollarda issiqlik quvurlarini issiqlik izolatsiyasi energetika majmualari, uy-joy kommunal xo'jaligi va sanoatning uzluksiz ishlashi va ulardan foydalanishning muhim omili hisoblanadi. Quvurlarning issiqlik izolatsiyasiga ega bo'lgan qo'shimcha sifat energiya tejash sohasida qo'llaniladigan talablarni ta'minlashdir. Barcha me'yorlar bo'yicha vakolatga ega, quvurlarni izolatsiyalash etkazib beruvchidan etkazib beruvchiga etkazib berish jarayonida (masalan, uy-joy kommunal tizimida issiq suv xizmatini taqdim qilganda) issiqlik yo'qotilishini kamaytirishga imkon beradi, bu esa o'z navbatida umumiy energiya sarfini kamaytiradi.

Energetika sohasida quvurlarni issiqlik izolatsiyasi bug 'qozonlari, gaz va bug' turbinalarida, issiqlik almashtirgichlarda, shuningdek issiq suv to'planadigan tanklarda va bacalarda ishlatiladi. Sanoatda texnologik apparatlar (vertikal va gorizontal), nasoslar va issiqlik almashinuvchilari izolyatsiya qilinadi. Neft mahsulotlari, moy va suvni saqlash uchun idishlar issiqlik izolatsiyasidan o'tkaziladi. Kriyojenik uskunalar va boshqa past haroratli qurilmalarning issiqlik izolatsiyasiga ortib borayotgan talablar qo'yilmoqda. Quvurlarni izolyatsiya qilish turli jarayonlarning, shu jumladan texnologik jarayonlarning amalga oshirilishini, shikastlanish va shikastlanish xavfini istisno qiladigan ish sharoitlarini yaratilishini ta'minlaydi. Bu neft mahsulotlarini tanklardan bug'lanishi natijasida yo'qotishlarni kamaytiradi va tabiiy va suyultirilgan gazlarni izotermik omborda saqlashga imkon beradi.



2. Quvurlar uchun issiqlik izolyatsiyasini tanlash. Issiqlik izolyatsiyasining kritik diametri.

Tekis devor izolyatsiyasi qalinligi ortishi uning termik qarshiligi- R_λ ortadi, buning natijasida quvurning issiqlik uzatishdagi bo'lgan yig'indi termik qarshiligi - R_k —ortadi. Lekin bunda R_{α_1} va R_{α_2} qiymatlari o'zgarmaydi.

Tsilindr yuzasini issiqlik izolyatsiya materiali bilan qoplash R_λ oshiradi, lekin shu bilan bir vaqtda $R_{\alpha_2} = 1/\alpha_2 F_2$ tashqi yuz $F_2 = \pi d_2 l$ oshishi xisobiga kamayadi.

Bazi bir xolatlarda birinchi qaraganda antiqa natija yani issiqlik izolyatsiyasi ortishi issiqlik uzatish yig'indi termik qarshiligi - R_k kamayishiga va

o`z o`rnida issiqlik yuqolishini ortishiga olib kelishi mumkin. (1-rasm). Aniqlanilishicha quvurlarni issiqlik izolyatsiya qilinishi, uning tashqi radiusi bazi - r_{kp} qiymatdan katta bo`lganda samarali ishlaydi.

Buni aniqlash uchun issiqlik uzatishning to`liq termik qarshiligini r_2 bo`yicha ko`paytmasini nolga teng deb olib aniqlaymiz

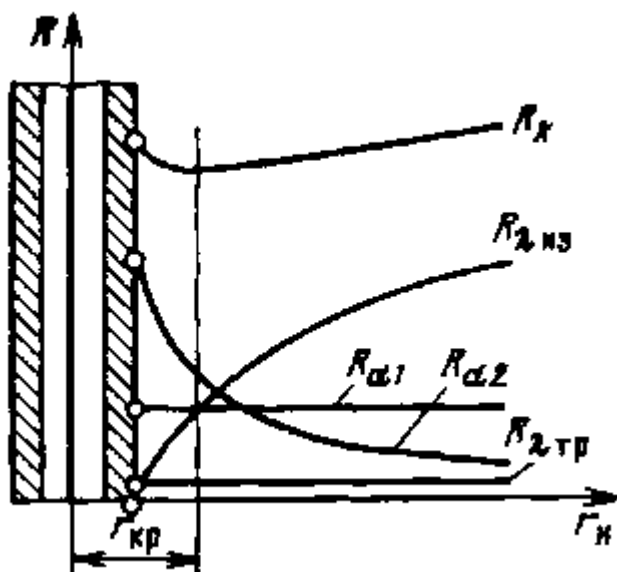
$$R_{\pi} \approx R_{\alpha 1} + R_{\lambda_{TP}} + R_{\lambda_{\text{из}}} + R_{\alpha 2}$$

Bu erda $R_{\lambda_{\text{из}}}$ va $R_{\lambda_{TP}}$ — izolyatsiya qatlami va quvur deborining termik qarshiligi.

Natijada quyidagiga ega bo`lamiz

$$r_{kp} = \lambda_{\text{из}} / \alpha_2 ; \quad d_{kp} = 2\lambda_{\text{из}} / \alpha_2$$

Masalan, xona ichiga joylashtirilgan quvur izolyatsiya qilinganda [$\alpha_2 \approx 10 \text{ BT}/(\text{M}\cdot\text{K})$], [$\lambda_{\text{из}} \approx 0,1 \text{ BT}/(\text{M}\cdot\text{K})$] kritik diametr qiymati quyidagiga teng bo`ladi $d_{kp} = 2 \cdot 0,1 / 10 = 0,02 \text{ m}$.



1-rasm. Termik qarshilikning issiqlik izolyatsiya qatlami quvuri tashqi radiusiga bog`liqligi

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Xudoyberdiyev T.S., Shaymardanov B.P., Abduraxmonov R.A., Xudoyorov A.N., Boltaboyev B.R. Issiqlik texnikasi asoslari. Oliy o`quv yurtlari uchun o`quv qo`llanma, Cho`lpon nomidagi nashriyot- matbaa ijodiy uyi, Toshkent, 2008 - 215 b.
2. Рашидов Ю.К., Абуталиев Э.Б. Техник термодинамика. Олий ўқув юртларининг қурилиш мутахассисликлари учун ўқув қўлланма, ТАКИ, Тошкент, 2000. - 100 б.
3. Рашидов Ю.К., Абуталиев Э.Б. Иссиқлик масса алмашинуви. Олий ўқув юртларининг қурилиш мутахассисликлари учун ўқув қўлланма, ТАКИ, Тошкент, 2000. - 96 б.
4. Нурматов Ж. ва бошқалар. Иссиқлик техникаси. Олий ўқув юртлари талабалари учун ўқув қўлланма. –Т.:“Ўқитувчи”, 1998,- 256 б.
5. Zoxidov R.A. «Issiqlik texnikasi», «O`zbek faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti, 2010 yil, 160 bet.
6. Madaliev E.O'. Issiqlik texnikasi. Oliy o`quv yurtlari uchun darslik.: "Farg'ona" nashriyoti; 2009.-266 bet
7. «Politexnika lug'ati»O'zbekiston fanlar akademiyasi. 1989,704 b.

Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha ko'satma va tavsiyalar

Amaliy mashg'ulotlar uchun quyidagi mavzular tavsiya etiladi:

“Issiqlik texnikasi ” fani bo'yicha amaliy mashg`ulotlarining kalendar tematik rejasi

№	Mavzularning nomi	Ajratilgan soat
IV-semestr uchun		
1. Texnik termodinamika bo'yicha		
1	Gazning solishtirma hajmi, zichligi, absolyut va ortiqcha bosimni aniqlash.	4
2	Gaz va suyuqlikning massaviy sarfini aniqlash	2
3	Gaz aralashmasining zichligi, tuyuladigan molekulyar massasi, gaz doimiysi va partsial bosimini aniqlash.	4
4	Gazning massaviy, hajmiy va molli issiqlik sig'imini aniqlash	2
5	Gazlarning ental'piyasi.	2
6	Gazlarning aralashishi.	2
7	Izoxorik, izobarik, izotermik, adiabatik, politropik jarayonlari bo'yicha amaliy masalalarni yechish	4
8	Suvning bug'i uchun T,s- va I,s-entropiya diagrammalari bilan ishlashni o'rganish.	2
9	Suv bug'ining T,s- va I,s-diagrammalaridan foydalanib amaliy masalalarni yechish o'rganish.	2
10	Nam havoning I,d-diagrammasi bilan ishlashni o'rganish	2
11	I,d -diagrammada nam havoning parametrlarini topish.	2
12	Nam havoning I,d-diagrammasidan foydalanib, amaliy masalalar yechish.	4
13	I,d-diagrammada havoga ishlov berish jarayonlarini qurish.	2
14	I,d-diagrammada shudring nuqtasini topish	2
	Jami:	36
V-semestr uchun		
2. Issiqlik massa almashinuvi bo'yicha		
1	Bir va ko'p qatlamli yassi va silindirsimon devorlar orqali issiqlik oqimining zichligini, haroratlar farqlari va harorat gradientini hisoblash	4
2	Sirtning qovurg'alanish darajasini aniqlash.	2
3	Qizdirish va sovutishda cheksiz uzun plastina, silindir, parallelepiped va boshqa shakldagi jismlarning o'rtasida va sirtidagi haroratlar qiymatini aniqlash.	4
4	Issiqlik o'tkazuvchanlikning nostatsionar jarayonini eksperimental tadqiqot qilish uchun modellarning o'lchamlarini aniqlash.	4
5	Nostatsionar jarayoni uchun o'xshashlik mezonlarida sinov natijalariga ishlov berish.	4
6	O'xshashlik mezonlarining qiymatlarini xisoblash.	2
7	Suyuqlikni quvur ichida laminar oqishidagi issiqlik berishning o'rtacha koeffitsientini hisoblash.	4
8	Suyuqlikni quvurda majburiy harakatlanishidagi gidravlik qarshiligini hisoblash.	4
	Jami	28

Mustaqil ta`lim materiallari

Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni.

Talaba mustaqil ishni tayyorlashda muayyan fanning xususiyatlarini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanish tavsiya etiladi:

- darslik va o`quv qo`llanmalar bo`yicha fan boblari va mavzularini o`rganish;
- tarqatma materiallar bo`yicha ma`ruzalar qismini o`zlashtirish;
- avtomatlashtirilgan o`rgatuvchi va nazorat qiluvchi tizimlar bilan ishlash;
- maxsus adabiyotlar bo`yicha fanlar bo`limlari yoki mavzulari ustida ishlash;
- yangi texnikalarni, apparaturalarni, jarayonlar va texnologiyalarni o`rganish;
- talabaning o`quv-ilmiy-tadqiqot ishlarini bajarish bilan bog`liq bo`lgan fanlar bo`limlari va mavzularni chuqur o`rganish;
- faol va muammoli o`qitish uslubidan foydalaniladigan o`quv mashg`ulotlari;
- masofaviy (distantcion) ta`lim.

Tarqatma materiallar:

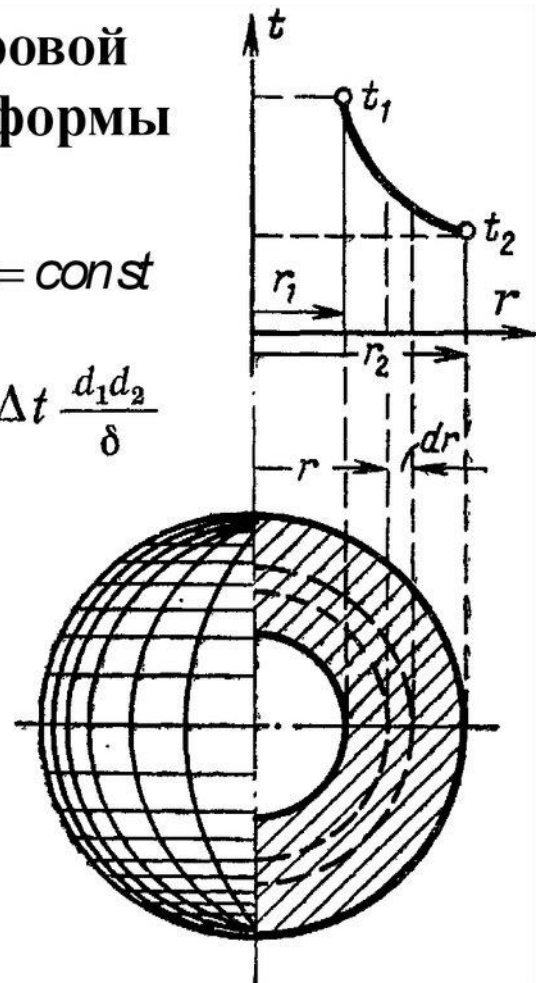
1-4. Теплопроводность шаровой стенки и тел неправильной формы

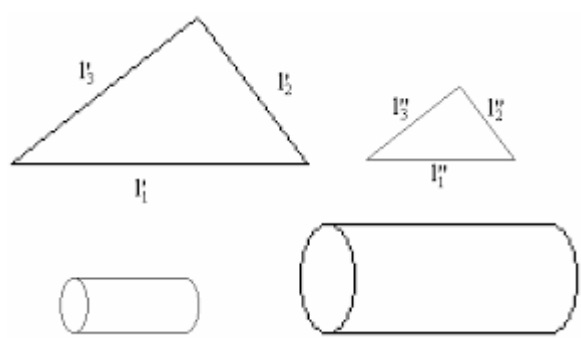
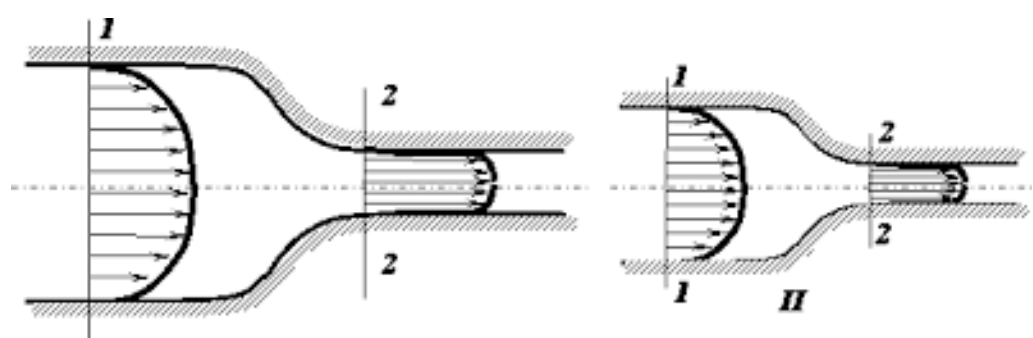
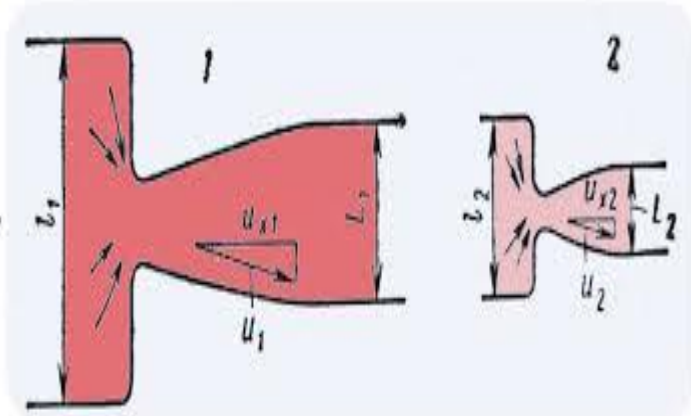
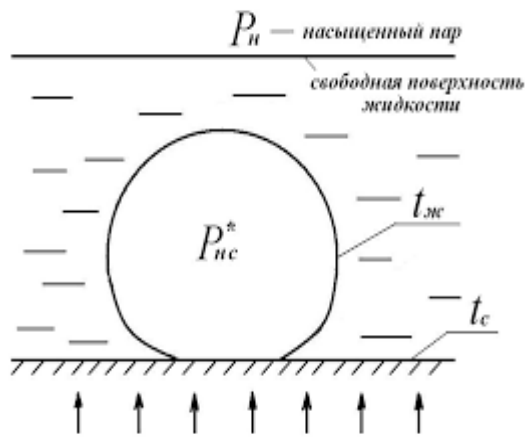
1. Однородная шаровая стенка

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dr} = -4\lambda\pi r^2 \frac{dt}{dr} \quad \lambda = \text{const}$$

$$Q = \frac{4\pi\lambda(t_1 - t_2)}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)} = \frac{2\pi\lambda\Delta t}{\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}\right)} = \pi\lambda\Delta t \frac{d_1 d_2}{\delta}$$

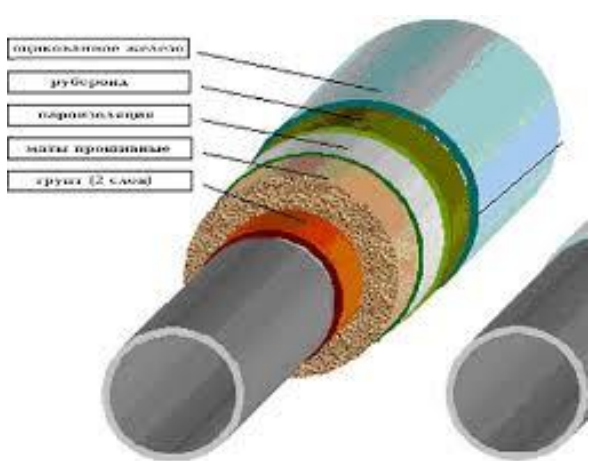
$$\delta = (d_2 - d_1)/2 \text{ — толщина стенки}$$





лучистый теплообмен

Это теплообмен, при котором энергия переносится различными лучами



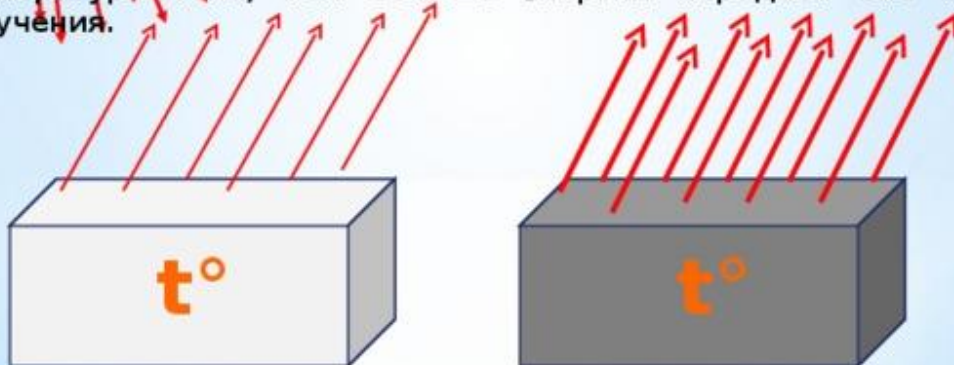
Излучение - передача тепла электромагнитными волнами



Лучистый теплообмен может протекать при отсутствии материальной среды, разделяющей поверхности теплообмена, то есть в **вакууме**.

Тела с темной поверхностью лучше поглощают и излучают энергию, чем тела, имеющие светлую поверхность.

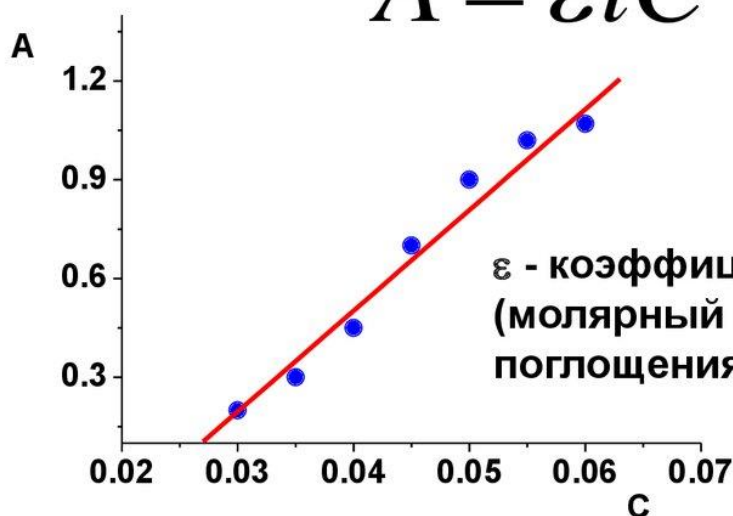
Излучают энергию все тела: и сильно нагретые, и слабо, например тело человека, печь, электрическая лампочка и др. Но чем выше температура тела, тем больше энергии передает оно путем излучения.



Закон Бугера – Ламберта - Бера

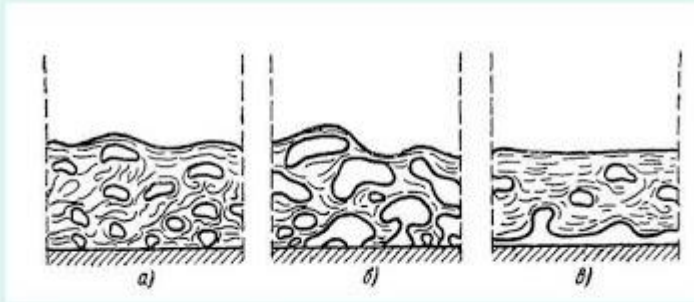
Основной закон светопоглощения

$$A = \varepsilon l C$$



$$[\varepsilon] = \text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$$

ε - коэффициент экстинкции (молярный коэффициент поглощения)



Процесс кипения жидкости:

а) пузырьковый, б) переходный, в) пленочный

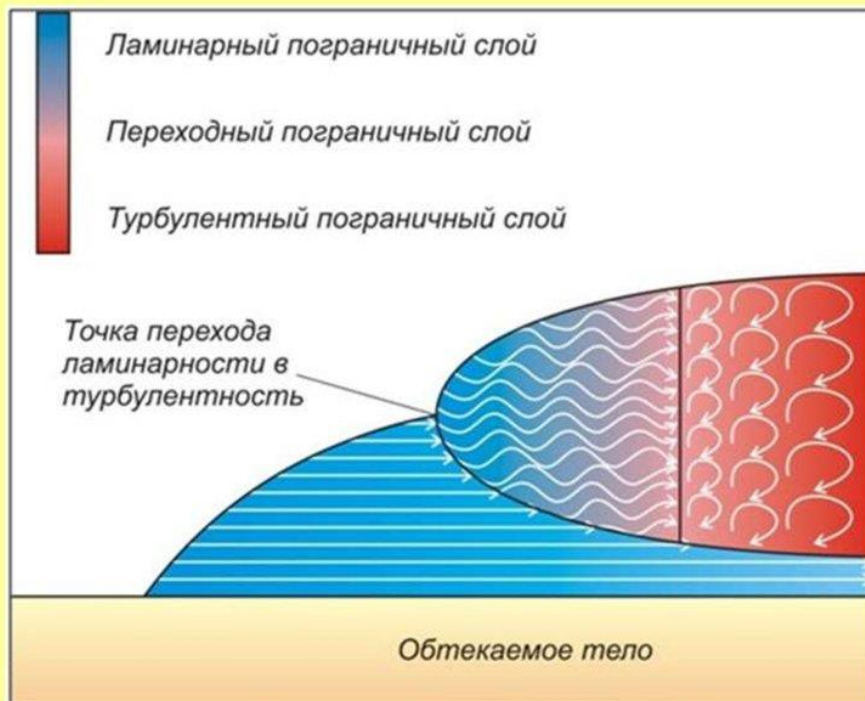
MyShared



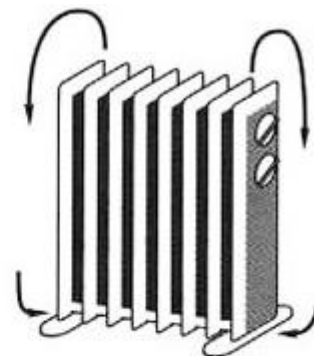
Предизолированные трубы для теплотрасс и изоляции из пенополиуретана



- Течение жидкости в пограничном слое может быть как ламинарным, так и турбулентным.



вынужденная



естественная



вынужденная

естественная

Конвекция

- перенос энергии самими струями жидкости или газа.

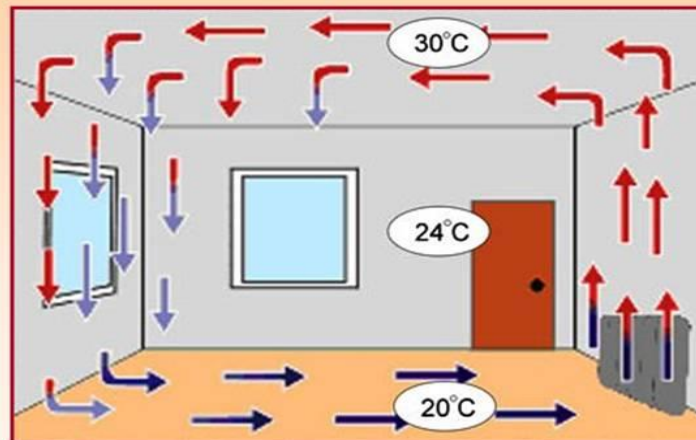
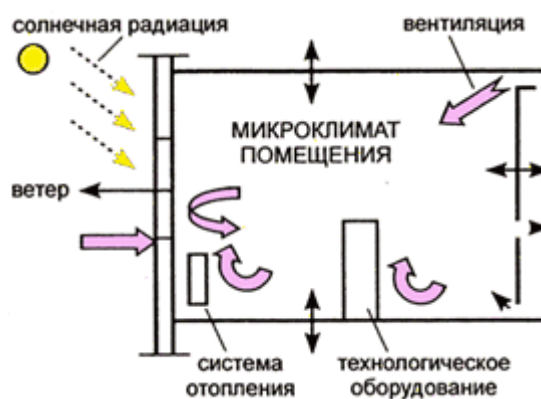
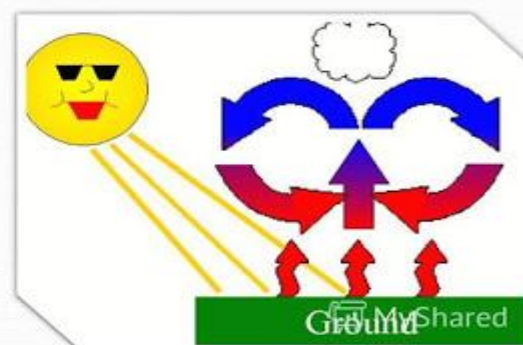


Рис 3. Конвекция в жилых комнатах.

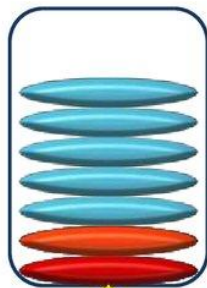


Естественная конвекция

- При такой конвекции нижние слои вещества нагреваются, становятся легче и всплывают, а верхние слои, наоборот, остывают, становятся тяжелее и опускаются вниз, после чего процесс повторяется снова и снова.



Естественная конвекция



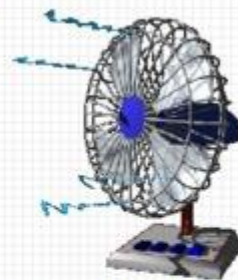
Более горячие слои поднимаются вверх, а их место занимают более холодные



VIDEOUROKI.NET

Различают два вида конвекции:

естественную
(или свободную)



и вынужденную.



GLOSSARIY

- 1.Kompressor** -Parrakli kompressorlarda gaz bosimi kompressorning g`ildiraklari aylanganida vujudga keladigan inertsiya kuchlari ta`sirida ko`payadi. Ular truba kompressorlar ham deyiladi
- 2.Porshen** - Chapki turish nuqtasi yaqinida, ya`ni tsilindr ichidagi bosim gaz yiggichdagi bosimdan bir oz yuqori bo`lganda
- 3.Nasos**– Suyuqlikni uzatish uchun mo`ljallangan mashinalar
- 4.Ventilyator**– Gazni past bosimda uzatish uchun mashinalar
- 5.Qozon qurilmasi** - Issiq suv va bug` ishlab chiqarish uchun mo`njallangan inshoot va qurilmalar majmui qozon deb ataladi.
- 6.Qozon agregat** - O`txonada yoqilgan yoqilg`idan ajralgan issiqlik hisobiga bosim ostida issiq suv va bug` hosil qiladigan uskunalar majmui qozon agregati deyiladi.
- 7.Qozon agregati tarkibi** - Qozon agregati tarkibiga: o`txona qurilmasi, bug` qozoni, bug` qizdirgich, suv ekonomayzeri, havo isitgich.
- 8.Qozon qurilmasining yordamchi qurilmalari** - Qozon qurilmasining yordamchi qurilmalariga: mo`ri, shlak va kul chiqaradigan qurilmalar, kulni tutib qolish qurilmalari, karkas, ichki qoplama.
- 9.Qozon-utimizatorlar** - Qozon-utimizatorlar qozonlarda issiqlik manbai sifatida texnologik jarayonlarning ikkilamchi energiya manbalari, metallurgiya zavodlaridan va domna pechlaridan chiqqan tutun-gaz aralashmalari ishlatiladi.
- 10.Qozon qurilmasining asosiy ish tavsiflari** - Qozon qurilmasining asosiy ish tavsiflariga: 1- Bug` unumdorligi; 2- Bug`ning parametrlari; 3- Qozon agregatining FIKi.
- 11.Bug` qizdirgichlar** - Bug` qizdirgichlar bug`ni quritish va uni berilgan temperaturagacha qizdirish uchun mo`njallangan.
- 12.Bug` qizdirgichlar turlari** - Bug` qizdirgichlar turlariga: radiatsion, konvektiv va aralash.
- 13.Suv ekonomayzerlari** - Suv ekonomayzerlari ta`minlash suvini qozon agregatining bug`latgich qismiga kiringunga qadar isitish uchun mo`njallangan. Ekonomayzerlarda ta`minlash suvi o`txonadan chiqayotgan tutun gazlari hisobiga isiydi.
- 14.Ekonomayzerlar turlari** - Ekonomayzerlar turlari quyidagilar: po`latli va cho`yanli, sirtning shakliga qarab qovurg`asimon va silliq quvurli, suvni isitish darajasiga qarab qaynaydigan va qaynamaydigan bo`ladi.
- 15. Issiqlik uzatish** - Bir muhitdan (issiq) boshqa muhitga (sovuq) bir qatlamli yoki ko`p qatlamli katgiq, turli shaklli devorlardan issiqlikni o`tkazishiga aytiladi.
- 16. Issiklik uzatish koeffitsientini**- Q harfi bilan belgilanadi va issiqlik uzatish koeffitsienti deb ataladi, o`lcham birligi $Vt/(m^2grad)$.
- 17. Issiqlik uzatish koeffitsientini sonli miqdori**-devorning satx birligidan vaqt birligida, xaroratlarini farqi bir gradus bo`lganda, issiq issiqlik tashuvchidan sovuqroq issiqlik tashuvchiga o`tgan issiqlik miqdorini ifodalaydi.
- 18. Termik qarshilik**- Issiqlik uzatish koeffitsientiga teskari bo`lgan miqdori bir qatlamli tekis devor orqali umumiysiga aytiladi..
- 19. Issiqlik izolyatsiyasi**- Atrof-muhitga issiqlikni uzatilishini kamaytiradigan, issiq satxni qoplagan (o`ragan) har xil ashyolarga aytiladi.

- 20. Konveksiya**- (lotincha convection- keltirish) gaz va suyuqlik makrozarralarning bir joydan ikkinchi joyga siljishida issiqlikning uzatilish jarayoni
- 21. Modellashirish**- biron bir fizik xodisani kichiklashtirilgan madelda o'rganish ilmiy tadqiqod usuliga aytiladi.
- 22. Laminar**- suyuqlikning xarakat turi bo'lib, suyuqlikning zarralari aralashmasdan xarakatlanadi
- 23. Turbulent**- suyuqlikning xarakat turi bo'lib, xarakati tartibsiz bo'lib borib, oqim doimo aralashib turadi.
- 24. Issiqlik o'tkazuvchanlik** – bu temperaturalar farqi borligi tufayli tutash muhitda issiqlikning molekulyar uzatilishidir.
- 25. Nurlanish (nuriy issiqlik almashinuvi)** – energiyaning elektromagnit to'lqinlar vositasida uzatish jarayoni.
- 26. Temperatura gradienti** – izotermik sirtga tushirilgan normal bo'yicha yo'nalgan vektordir. Uning temperaturaning ortishi tomoniga yo'nalishi musbat yo'nalish hisoblanadi.
- 27. Konveksiya** - gaz yoki suyuqlik makrozarralarining bir joydan ikkinchi joyga siljishida issiqlikning uzatilish jarayoni.
- 28. Termik qarshiligi** - issiqlik berish koeffitsientiga teskari bo'lgan $1/\alpha$ kattalik.
- 29. Oqimning spektral zichligi** - to'lqin uzunligining cheksiz kichik oralig'ida tarqalayotgan oqim zichligini, shu oraliq kattaligiga nisbatiga aytiladi
- 30. Termodinamik jarayonlarni o'rganish yo'llari** - termodinamikaning birinchi qonuni issiqlik miqdori, ichki energiyaning o'zgarishi va tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan foydali ish o'rtasidagi munosabatni belgilaydi. Jismga uzatilayotgan yoki undan olib ketilayotgan issiqlik miqdori jarayonning turiga bog'liq bo'ladi.
- 31. Izoxorik jarayon** – o'zgarmas hajmda kechadigan jarayonga izoxorik jarayon ($d\nu=0$, yoki $\nu=\text{const}$) deb aytiladi. Jarayon egri chizig'i izoxora deb aytiladi.
- 32. Izobarik jarayon** - O'zgarmas bosim ostida kechadigan termodinamik jarayonlarga izobarik jarayon ($p=\text{const}$) deyiladi. Bundan shu narsa kelib chiqadiki, gaz temperaturasi qanchalik yuqori bo'lsa, uning solishtirma hajmi shunchalik katta bo'ladi (ya'ni zichligi shunchalik kichik bo'ladi).
- 33. Izotermik jarayon** - o'zgarmas ($T=\text{const}$) temperaturada sodir bo'ladigan termodinamik jarayon izotermik jarayon deyiladi. Boyle-Mariott qonuniga asosan $T=\text{const}$. Izotermik jarayonning $P\nu$ koordinatalari diagrammasi giperboladan, Ts – koordinatadagi diagrammasi obtsissa o'qiga parallel chiziqdan iborat
- 34. Adiyatik jarayon** - Ish moddasi tashqi muhit bilan issiqlik almashmagan holda kechadigan termodinamik jarayon adiyatik jarayon deyiladi. Jarayonning egri chizig'i adiyatika deyiladi. Tashqaridan tizimga issiqlik uzatilmaydi va undan chiqarilmaydi, ya'ni $dq=0$. Real sharoitda real jarayonlar muvozanatda bo'la olmaydi, shuning uchun adiyatik jarayon bo'lishi mumkin emas.
- 35. Politrop jarayon** - tizim (ideal gaz) ning solishtirma issiqlik sig'imi ($c=\text{const}$) o'zgarmas bo'lgan termodinamik jarayon politrop jarayon deyiladi. Jarayon egri chizig'i politropa deyiladi. Termodinamik jarayon ta'rifidan ko'rinib turibdiki, asosiy termodinamik jarayonlar: izotermik, izoxorik, izotermik va adiyatik jarayonlar o'zgarmas sig'imda kechsa, ular politrop jarayonning xususiy holi bo'ladi.

36. Renkin sikli—deb bug' kuch qurilmalarida ishlatiladigan ish jismi suv bug'I parametrlarining o'zgarishidagi ideal xolatlarni o'rganadigan nazariy sikl Rengin sikli deb yuritiladi.

37.Kondensator – deb tashqi kuch tasirida hosil bo'lgan suvni qozon agregatiga uzatilishini aytiladi.

38.Binary sikli—ish jismi sifatida ikkita mutlaqo bir-biriga aralashmaydigan moddadan foydalaniladigan va mustaqil sikllarga ega bo'lgan issiqlik- kuch qurilmasi binar siklli kuch qurilmasi deyiladi.

39.Termik fik – ikkinchi marta 1kg bug' olish uchun bug'ni qizdirish davrida unga sarflangan issiqlik miqdori siklning bajargan ishiga termik fik deyiladi.

40. Entalpiya – termodinamik sistemaning xolat funksiyasi xisoblanadi. Entalpiya grekcha so'zdan olingan bo'lib qizdiraman, isitaman degan manoni anglatadi.

41.Entropiya – grekcha so'zdan olingan bo'lib o'zgartiraman degan manoni anglatadi.

42.Kuch qurilmalari – deb energetikaning birlamchi boyliklari tabiiy va suniy yoqilg'ilar suv, shamol va boshqalardan foydalanib mexanik energiya xosil qila oladigan dvigatellar va yordamchi uskunalar majmuiga aytiladi.

43.Otxona qurilmasi deb—yoqilg'ining yoqish jarayoni kechirgan qurilmaga aytiladi.

44.Regenerativ siklli bug` - kuch qurilmasi -Issiqlik texnikasida regeneratsiya so'zi chiqib ketayotgan issiqlikning bir qismini issiqlik qurilmasida yana ishlatish uchun qaytarish ma'nosini bildiradi. Kondensatordan qozonga o'tadigan kondensatni isitish, ta'minlash suvini regenerativ isitish deyiladi.

45.Binar siklli bug` -kuch qurilmasi - Bug' – kuch qurilmasida ishchi jism sifatida suvning jiddiy kamchiligi shundan iboratki, suvning kritik temperaturasi nisbatan katta bo'lmagan holda ($t_{kr}=374,15^0$ S), kritik bosimi ancha yuqoridir ($p_{kr}=221,15$ bar). Shu sababli siklning termik F.I.K. ni oshirish uchun, bug'ning boshlang'ich temperaturasini yuqori boshlang'ich bosim bilan birgalikda ko'tarish lozim bo'ladi, bunga esa, qo'llanilayotgan o'tga chidamli materiallar bardosh bera olmaydi.

46.Teplofikatsion bug'-kuch qurilmasi - Issiqlik elektr stantsiyalarida elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayonida juda ko'p issiqlik miqdori kondensatorda sovituvchi suvga beriladi va shunday qilib, foydasiz yo'qoladi. Ma'lumki, ishlab chiqarish va turmush ehtiyojlari uchun issiqlik issiq suv va bug' ko'rinishida har xil turdagi texnologik jarayonlarda binolarni isitish, hamda issiq suv bilan ta'minlashda juda ko'p miqdorda iste'mol qilinadi.

47.Kombinatsiyalashtirilgan turbinalar - Kombinatsiyalashtirilgan turbinalarda bosim va tezlik bosqichlarining ijobiy tomonlaridan foydalaniladi va bunday turbinalar aktiv va aktiv-reaktiv bo'ladi. Masalan, ba'zi kombinatsiyalashtirilgan turbinalarda yuqori bosim qismiga aktiv turbina, pastki bosim qismiga reaktiv-turbina qo'yiladi. Bunday turbinalarda bosim bosqichlarining soni kamayadi binobarin turbina ixchamlashadi, ancha arzon va ishonchli bo'ladi.

48. Bug` turbinasi - Bug'ning issiqlik energiyasini bosqichma-bosqich mexanik energiyaga aylantirib beruvchi issiqlik mashinasi bug' turbinasi deyiladi. Hozirgi paytda bug' turbinasi zamonaviy yirik elektr stantsiyalarining yagona dvigateli hisoblanadi. Italiyalik olim D.Branko bug' turbinasi modeliga hos bo'lgan bug'

g'ildiragini 1629 yilda yaratgan, unda bug' oqimining kinetik energiyasi uyg'otgan impuls kurakli gildirakni aylantirishga sarflangan.

49. Aktiv turbine - Aktiv turbina kuraklari panjarasining kanallarida bug' oqimi buriladi. Bug' oqimi harakat miqdorining o'zgarishi kuraklarga va aylanuvchan diskka hamda turbina valiga ta'sir etuvchi aktiv kuchga aylanadi (12-rasm). Ish kanallarida aktiv kuch ta'sir etuvchi turbina aktiv turbina deyiladi.

50. Gaz – turbinali qurilmalar - Yuqori bosim va temperatura ostidagi yonish mahsulotlari energiyasini kuraklar yordamida rotor valining mexanik energiyasiga aylantiruvchi issiqlik mashinasi gaz turbinasi deyiladi. Gaz turbinalari ham bug' turbinalariday bo'lib, faqat ularda bug' o'rniga yonish mahsuloti – tutun asosiy ish jismi hisoblanadi.

51. Termodinamika va uning uslubi - Termodinamikaga XIX asrda asos solingan edi. Bu davrda issiqlik dvigatellarining taraqqiyoti tufayli issiqlikning ishga aylanish qonuniyatlarini o'rganish zaruriyati tug'ildi.

52. Holat parametrlari - Moddalar, odatda, quyidagi uchta asosiy holatning bittasida bo'ladi: gaz, suyuqlik va qattiq jism ko'rinishida. Plazma deb ataluvchi ionlangan gazni ba'zan moddaning to'rtinchi holatidan iborat deb hisoblaydilar.

53. Ideal gaz. Ideal gaz qonunlari - XVII – XIX asrlarda atmosfera bosimiga yaqin bosimlarda gazlar o'zini qanday tutishini tekshirgan tadqiqotchilar empirik yo'l bilan bir qancha muhim qonuniyatlarni ochdilar.

54. Gazlar aralashmasi - Gazlar aralashmasining barcha tarkibiy qismlari bir xil temperatura va bir xil hajmga ega, deb faraz qilaylik. Agar gazlar aralashmasi tarkibiga kiruvchi har qaysi komponent, barcha aralashma kabi, ideal gazning holat tenglamasiga bo'ysunadi deb hisoblasak, aralashmadagi ayrim-ayrim komponentlarning bosimlari Dalton qonuniga bo'ysunadi: bu qonunga ko'ra gazlar aralashmasining bosimi ayrim komponentlar partsial bosimlarining yig'indisiga teng.

55. Issiqlik sig'imi - Jismni bir gradusga isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori jismning issiqlik sig'imi deb aytiladi. Turli xil moddalarni bir xil temperaturagacha isitish uchun ularning har biriga turlicha miqdordagi issiqlik energiyasini uzatish zarur bo'ladi. Bu hol moddaning agregat holatiga va tuzilishiga bog'liq.

56. Real gazlar - Oldin Klapeyron tenglamasiga bo'ysunadigan ideal gazlar ko'rib chiqilgan edi. Real moddalarning gazzimon va suyuq fazalardagi holat diagrammalari ideal gazning holat diagrammalaridan keskin farq qiladi. Bunga sabab shuki, real va ideal gazlarning fizikaviy tabiatlari turlicha bo'ladi. Ideal gazlarda molekulalar o'zaro ta'sirlashmaydi va o'z hajmiga ega bomaydi deb hisoblansa, real moddalarda esa, molekulalar o'z hajmiga ega bo'lib o'zaro ta'sirlashadi va buning natijasida real gazning xolat tenglamasi Klapeyron tenglamasidan farqqi

57. Suyuqlikning fizik xossalari - Issiqlik berish jarayoniga suyuqlikning quyidagi fizik xossalari ta'sir etadi. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti χ , solishtirma issiqlik sig'imi c , zichligi ρ , temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti a va qovushoqlik koeffitsienti μ . Har qaysi modda uchun bu parametrlarning muayyan qiymatlari bor va odatda, ular temperaturaning, ba'zilar esa bosimning ham funksiyalari hisoblanadi.

58.Tabiiy konveksiyada issiqlik berilishi - Issiqlik oqimini aniqlovchi barcha formulalarda suyuqlik temperaturasi qiymati kiradi. Bu temperatura esa, ko'pincha, kanalning kesimi va uzunligi bo'ylab notekis taqsimlangan. Shu sababli texnik hisoblashlarda suyuqlik temperaturasi sifatida oqimning o'rtacha temperaturasi olinadi. Bu temperaturaga aniqlovchi temperatura deyiladi.

59.Cheklangan fazoda issiqlik berish - Cheklangan fazoda issiqlik berish suyuqlikning tabiatiga, uning temperaturasiga, bosimiga, cheklangan fazoning shakli va o'lchamlariga hamda sovuq va issiq sirtlarning o'zaro joylashishiga bog'liqdir.

60.Erigan metallarning issiqlik berishi - Erigan metallar o'zida gaz va suyuq issiqlik tashuvchilarning afzallik tomonlarini o'zida birlashtiradi. Ular past bosimlarda yuqori qaynash temperaturasiga ega bo'ladilar (gazlarga o'xshab) va issiqlik berish koeffitsientlari ham katta bo'ladi (suvga o'xshab). Metall issiqlik tashuvchilar orasida eng muvofiqlari natriy va kaliy hisoblanadi.

61.Armatura-(lat.armatura-qurollanish, jihozlash) - asosiy jihozlarga kirmaydigan, lekin ularning normal ishlashi uchun zarur bo'lgan yordamchi, odatda standart qurilma va detallar. Armaturaning quvurlarda ishlatiladigan (ventillar, zulfinlar, kondensat olib ketgichlar, klapanlar va b.)turari mavjud.

62.Bug` qozoni –(paravoy kotyol) yoqilg`i yoqqanda o`choqda ajraladigan issiqlik hisobiga bosimi atmosfera bosimidan yuqori bug` olinadigan qurilma. Ko`pchilik bug` qozonida ish jismi sifatida suv ishlatiladi.

63. Gelioustanovka – Quyosh nuri energiyasini amalda foydalanish uchun qulay bo'lgan boshqa turdagi energiyaga aylantiruvchi qurilma. Gelioustanovkaning quyosh energiyasi konsentratsiyalanmagan past temperaturali "Issiq yashiklar" tipidagi (quyosh quritgichlari, suv isitgichlar, suv chuchuklantirgichlar va b.) va turli geliokonsentratörler qo`llaniladigan (quyosh pechlari, quyosh kuch qurilmalari, gelioustanovkalar va b.) xillari bor.

64.Temperatura – jismlarni isitilganlik darajasini ko`rsatuvchi kattalik

65.Avtomatik boshqarish sistemasi (sistema avtomaticheskogo upravleniya) – o'zaro ta'sirlashuvchi boshqarish qurilmasi bilan boshqariluvchi ob'ektlar majmui.

66.Yonish issiqligi (teplota sograniya), yoqilg`ining yonish issiqligi – qattiq, suyuq yoki gazsimon yoqilg`i to'la yonganda ajraladigan issiqlik miqdori.

67. Yoqilg`i (toplivo) – asosiy tarkibiy qismi ugleroddan iborat yonuvchi modda.

68. Radiator - cho`yanli, sektsiyali, isitish asbobi

ILOVALAR

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ



ИССИҚЛИК ТЕХНИКАСИ

ФАН ДАСТУРИ

Билим соҳаси:	300 000 -	Ишлаб чиқариш - техник соҳа
Таълим соҳаси:	310 000 -	Мухандислик иши
Таълим йўналишлари:	5312000 -	Нефть-газни қайта ишлаш саноат объектларини лойihalаштириш ва қуриш
	5340400-	Мухандислик коммуникацияларини қурилиши ва монтажи (иссиқлик-газ таъминоти ва вентиляция)

Тошкент – 2019

Фан дастури Олий ва ўрта махсус, касб-хунар таълими йўналишлари бўйича Ўқув-услубий бирлашмалар фаолиятини Мувофиқлаштирувчи Кенгашининг 201__ йил “__” _____ даги __ - сонли баённомаси билан маъқулланган.

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 201__ йил “__” _____ даги “__”-сонли буйруғ билан маъқулланган фан дастурларини таянч олий таълим муассасаси томонидан тасдиқлашга розилик берилган.

Фан дастури Тошкент архитектура қурилиш институтида ишлаб чиқилди.

Тузувчилар:

- Рашидов Ю.К. - “Инженерлик коммуникацияларини лойиҳалаш, қуриш ва ишлатиш” кафедраси доценти, техника фанлари номзоди, катта илмий ходим
- Таджиев У.А. - ИТМ АЖ “Ўзбекэнерго” техника фанлари номзоди, катта илмий ходим

Такризчилар:

- Авезова Н.Р. - ЎзР ФА “Физика-қуёш” институти ИИЧБ физика-техника институти бош директори, техника фанлари номзоди, катта илмий ходим
- Короли М.А. - ТошДТУ, “Энергетика тизимларини бошқариш ва назорат қилиш” кафедраси доценти, техника фанлари номзоди, доцент.
- Кадиров Р.Р. - ОАЖ “ToshuyjoyLITI” бош муҳандиси

Фан дастури Тошкент архитектура-қурилиш институти Кенгашида кўриб чиқилган ва тавсия қилинган (201__ йил “__” _____ даги “__” - сонли баённома).

I. Ўқув фанининг долзарблиги ва олий касбий таълимдаги ўрни

“Иссиқлик техникаси” фанининг қонунлари халқ хўжалигининг иссиқлик энергияси билан боғлиқ бўлган ҳар бир соҳа (энергетика, қурилиш ва ҳ.к.) ларида ишлатиладиган асбоб ускуналар, механизмлар, машиналар, бино ва иншоотларни ҳисоблашда қўланилади. Ҳозирги кунда иссиқлик энергиясини тежаш, муҳандислик коммуникация тизимларининг самарадорлиги ошириш каби долзарб масалаларни ҳал этишда “Иссиқлик техникаси” фани алоҳида аҳамиятга эгадир.

“Иссиқлик техникаси” фани “Иссиқлик ишлаб чиқариш ускуналари”, “Иссиқлик таъминоти тизимлари”, “Вентиляция ва ҳавони кондициялаш тизимлари”, “Газ таъминоти, газ нефт қувурлари ва газ нефт омборлари” ва шу каби “Муҳандислик коммуникацияларини қурилиши ва монтажи” таълим йўналишининг махсус фанларининг пойдеворидир.

II. Ўқув фанининг мақсади ва вазифалари

“Иссиқлик техникаси” фанининг асосий мақсади - талабаларда муҳандислик коммуникация тизимлари ва жиҳозларида оқиб ўтадиган иссиқлик жараёнлари билан таништириш, иссиқлик энергиясини механик ва бошқа энергия турларига айланиш қонуниятлари ва самарадорлигини аниқловчи кўрсаткичларини ҳисоблаш усулларига ўргатиш, иссиқлик алмашинув жараёнларининг физик моҳиятини тушунтириш, иссиқлик-техникавий ҳисоблари бўйича билим, бошланғич кўникмаларни ҳосил қилиш ва малакасини шакллантиришдан иборат.

Фанининг вазифаси – талабаларга иссиқлик техникасининг икки асосий бўлими, яъни техник термодинамика ва иссиқлик масса алмашинувига доир бўлган масалалар тўғрисида маълумот бериш, уларнинг фарқини тушунтириш, муҳандислик масалаларини ечишда фойдаланиладиган техник термодинамиканинг соф назарий, иссиқлик масса алмашинувининг эса – ҳам назарий ва амалий билимларидан амалиётдаги муҳандислик масалаларини ечишда тўғри фойдаланишга ўрганишдан иборатдир.

Фан бўйича талабаларнинг тасаввур, билим, кўникма ва малакаларига қўйиладиган талаблар

- “Иссиқлик техникаси” фанини ўзлаштириш жараёнида бакалавр:
- термодинамиканинг асосий қонунлари;
 - иссиқлик масса алмашинуви асослари, иссиқлик энергиясини кўчиши, иссиқлик ўтказувчанлик, конвектив иссиқлик алмашинуви ва иссиқлик нурланиш орқали узатилиши;
 - иссиқлик алмашинув аппаратларнинг ҳисоби *ҳақида тасаввурга эга бўлиши*;
 - -иссиқлик двигателлар ва энергетик қурилмаларининг циклларини;

- -иссиқлик масса алмашинувининг асосий қонунларини, иссиқлик ўтказувчанлик назариясини, конвекция ва иссиқлик нурланишини;
- -ўхшашлик назариясини, асосий ўхшашлик мезонларини ва мезоний тенгламаларини;
- - иссиқлик алмашинув аппаратларнинг ҳисоблаш усулларини *билиши керак*.
- - диаграммаларда термодинамик жараёнларини тасвирлаш ва ҳисоблаш;
- - буғ ва газларни дросселлаш, сув буғини оқиб чиқишини ҳисоблаш *қўникмаларига эга бўлиши керак*;
- - инженерлик коммуникациялари элементларида, иссиқлик алмашиниш аппаратларида иссиқлик масса алмашинуви амалий масалаларини ечиш;
- - иссиқлик техник ўлчаш асбобларини қўллаб, экспериментал тадқиқотларини олиб бориш *малакаларига эга бўлиши керак*.

III. Асосий назарий қисм (маъруза машғуотлари)

1-Модул. Иссиқлик техниканинг умумий асослари

1-мавзу. “Иссиқлик техникаси” фанига кириш

Иссиқлик техникаси иссиқликни олиш ва ундан фойдаланиш масалалари билан шуғулланадиган фандир. Иссиқликдан фойдаланишнинг икки тури. Иссиқликдан энергетик ва технологик мақсадларда фойдаланиш. Иссиқликни механик энергиясига айлантириш жараёнлари. Техник термодинамика. Иссиқликдан технологик мақсадларда фойдаланиш. Иссиқлик масса алмашинуви.

2-мавзу. Техник термодинамика

Техник термодинамиканинг қисқача ривожланиш тарихи. Техник термодинамика фани ва унинг вазифалари. Қурилиш соҳаси учун техник термодинамика фанининг аҳамияти. Техник термодинамиканинг асосий тушунчалари ва бошланғич ҳолатлари. Жисмларнинг ҳолати. Термодинамик тизим. Атроф муҳит. Назорат сирти. Очiq ва ёпиқ тизимлар. Иссиқлик изоляцияланган (адиабатик) тизим. Термодинамик ҳолат параметрлари. Босим, температура, солиштирма ҳажм. Тизимнинг мувозанатли ва мувозанатсиз ҳолати. Ҳолат тенгламаси.

3-мавзу. Ҳолат тенгламаси

Идеал газлар ҳолатининг Клайперон тенгламаси. Газ доимийси. Клайперон-Менделеев тенгламаси. Реал газлар ҳолатининг Ван-дер-Ваальс

тенгламаси. Термодинамик жараён. Релаксация. Релаксация вақти. Мувозанатли ва мувозанатсиз термодинамик жараёнлар.

4-мавзу. Газларнинг иссиқлик сиғими. Энтальпия

Асосий таърифлар. Газларнинг массавий, ҳажмий ва моляр иссиқлик сиғими. Доимий ҳажм ва босимдаги иссиқлик сиғими. Майер тенгламаси. Ҳақиқий ва ўртача иссиқлик сиғими. Иссиқлик сиғимларнинг тахминий қийматлари. Энтальпия.

2-Модул. Термодинамиканинг қонунлари

5-мавзу. Термодинамиканинг биринчи қонуни

Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонуни. Ички энергия. Кенгайиш иши. Иссиқлик. Қайтар ва қайтмас жараёнлар. Термодинамика биринчи қонунининг аналитик ифодаси.

6-мавзу. Термодинамиканинг иккинчи қонуни

Энтропия. Идеал газнинг қайтар ва қайтмас жараёнлари учун энтропияни ҳисоблаш. Иссиқлик T,s -диаграммаси. Термодинамика иккинчи қонунининг асосий ҳолатлари. Иккинчи қонуннинг умумий таърифи. Айланма термодинамик жараён ва цикллар. Карнонинг тўғри цикли. Циклнинг термик фойдали иш коэффициенти (ФИК). Карнонинг умумлаштирилган (регенератив) цикли.

7-мавзу. Совитиш машиналар цикллари

Карнонинг тескари цикли. Совитиш коэффициенти. Энтропияни мувозанатсиз жараёнларида ўзгариши. Термодинамика иккинчи қонунининг статистик талқини. Термодинамик эҳтимоллик. Больцман доимийси. Эксергия.

3-Модул. Газлар, буғлар ва уларнинг аралашмаларидаги асосий термодинамик жараёнлар

8-мавзу. Ёпиқ тизимлардаги идеал газларнинг термодинамик жараёнлари

Изохорик жараён. Изобарик жараён. Изотермик жараён. Адиабатик жараён. Политропик жараён ва унинг умумлаштирувчи аҳамияти. Реал газларнинг термодинамик жараёнлари.

9-мавзу. Реал газларнинг термодинамик жараёнлари

Буғланиш жараёни. Асосий тушунчалар ва таърифлар. Тўйинган буғ. Нам ва курик тўйинган буғ. Буғнинг куруклик ва намлик даражаси. Ўта киздирилган буғ. Сув ва буғнинг параметрларини аниқлаш. Сув буғининг T, s -диаграммаси. Сув буғининг h, s -диаграммаси. Сув буғининг асосий термодинамик жараёнлари. Сув буғининг изохорик, изобарик, изотермик ва адиабатик жараёнлари.

10-мавзу. Идеал газларнинг аралашмалари

Дальтон қонуни. Аралашмалар таркибини ифодалаш усуллари. Газлар аралашмасининг газ доимиси. Аралашманинг туюладиган моляр массаси. Ҳажмий ва массавий улушлар орасидаги нисбат. Идеал газлар аралашмаларининг иссиқлик сиғими.

11-мавзу. Нам ҳаво.

Тўйинган ва тўйинмаган нам ҳаво. Шудринг нуқтасининг температураси. Таркибий намлик, абсолют ва нисбий намлик. Нам ҳавонинг зичлиги, иссиқлик сиғими, газ доимиси ва энтальпияси. Нам ҳавонинг I, d -диаграммаси.

4-Модул. Иссиқлик масса алмашинуви асослари

12-мавзу. Асосий тушунчалар ва таърифлар

Иссиқлик масса алмашинуви фанининг қисқача ривожланиш тарихи. Иссиқлик масса алмашинуви фани ва унинг вазифалари. Қурилиш соҳаси учун иссиқлик масса алмашинуви фанининг аҳамияти. Иссиқликни узатиш усуллари. Иссиқлик ўтказувчанлик. Иссиқликни конвектив кўчиши. Иссиқликни нурланиш орқали кўчиши. Иссиқлик кўчишининг микдорий кўрсаткичлари. Иссиқлик оқими. Иссиқлик оқимининг зичлиги

13-мавзу. Иссиқлик ўтказувчанлик

Иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий қонуни. Температура майдони. Изотермик сирт. Температура градиенти. Фурье қонуни. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти. Иссиқлик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси. Чегаравий шартлар.

14-мавзу. Стационар режимда иссиқлик ўтказувчанлик орқали иссиқликни кўчиши

Бир жинсли ясси девор. Деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги. Деворнинг термик қаршилиги. Кўп қатламли девор. Контактли термик қаршилик.

Цилиндрик девор. Цилиндрик деворнинг термик қаршилиги. Кўп қатламли цилиндрик девор. Шарсимон девор. Мураккаб шаклга эга бўлган жисмлар.

15-мавзу. Конвектив иссиқлик алмашинуви (иссиқлик бериш)

Конвектив иссиқлик алмашинувининг асосий қонуни. Иссиқлик бериш. Ньютон – Рихман қонуни. Иссиқлик бериш коэффициенти. Табиий ва мажбурий конвекция. Чегаравий қатлам. Гидродинамик чегаравий қатлам. Ламинар (қовушоқ) қатламости. Иссиқлик чегаравий қатлам. Ўхшашлик назарияси ва бирлик ўлчамларни таҳлил қилиш услуги туғрисида тушунча. Ўхшашлик мезон (сон)лари. Ўхшашлик теоремалари. Мезоний тенгламалар. Моделлаштириш.

16-мавзу. Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш учун хисобий боғланишлар

Иссиқлик ташувчисини мажбурий ҳаракатидаги иссиқлик бериши. Пластинани узунлиги бўйлаб оқиб ўтиш. Шарни оқиб ўтиш. Якка қувур ва қувурлар тўпламини оқиб ўтиш. Шахмат ва коридор қувурлар тўплами. Иссиқлик ташувчисини қувур ичидаги оқими. Табиий конвекцияда иссиқлик бериш. Модданинг агрегат ҳолати. Модданинг агрегат ҳолатини ўзгаришида иссиқлик бериш. Қайнашдаги иссиқлик бериш. Пуфакчали ва плёнкали қайнаш. Иссиқлик алмашинишнинг кризиси. Конденсациядаги иссиқлик бериш. Томчили ва плёнкали конденсация. Иссиқлик бериш коэффициентларининг тахминий қийматлари.

17-мавзу. Нурли иссиқлик алмашиниши

Жараён изоҳи ва асосий таърифлари. Ютилиш, кайтариш ва ўтказиш коэффициенти. Мутлоқ қора, оқ, шаффоф ва кулранг жисмлар. Селектив нурланиш. Нурли иссиқлик алмашиниши. Нурланиш оқимининг спектрал зичлиги. Вин қонуни. Стефан – Больцман қонуни. Мутлоқ қора жисмнинг нурланиш коэффициенти. Жисмнинг қоралик даражаси. Хакикий жисмнинг нурланиш коэффициенти. Кирхгоф қонуни. Шаффоф мухитда жисмлар тизимининг нурли иссиқлик алмашиниши. Жисмлар тизимининг келтирилган қоралик даражаси. Жисмнинг нурланганлик коэффициенти. Нурланишнинг бурчакли коэффициенти. Нурланишдан химоялаш учун экранларни қўлланилиши. Ютувчи ва таркатувчи мухитда нурланиш энергиясининг олиб утилиши. Бугер қонуни. Нурланишнинг кучсизланиш коэффициенти. Газлардаги нур ютувчи ва таркатувчи жараёнлар. Селектив нур ютилиши ва таркатилиши.

18-мавзу. Иссиқлик узатиш

Мураккаб иссиқлик алмашиш. Девор билан ажратилган икки суёқлик орасидаги иссиқлик узатиш. Иссиқлик узатиш коэффиценти. Иссиқлик узатишнинг термик қаршилиги. Иссиқлик узатишни жадаллаштириш. Ковурғаланган сирт орқали иссиқлик узатилиши. Ковурғаланиш коэффиценти. Иссиқлик изоляцияси (қопламалари). Кувурлар учун иссиқлик изоляциясини танлаш. Иссиқлик изоляциясининг критик диаметри.

IV. Амалий машғулотлар бўйича кўрсатма ва тавсиялар

Амалий машғулотлар учун куйидаги мавзулар тавсия этилади:

Техник термодинамика:

1. Газнинг солиштирма ҳажми, зичлиги, абсолют ва ортиқча босимини аниқлаш.
2. Газ ва суёқликнинг массавий сарфини аниқлаш.
3. Газ аралашмасининг зичлиги, туюладиган молекуляр массаси, газ доимиси ва парциал босимини аниқлаш.
4. Газнинг массавий, ҳажмий ва молли иссиқлик сиғимини аниқлаш.
5. Газларнинг энтальпияси.
6. Газларнинг аралашуши.
7. Изохорик, изобарик, изотермик, адиабатик, политропик жараёнлари бўйича амалий масалаларни ечиш.
8. Сувнинг буғи учун T,s - ва i,s - энтропия диаграммалари билан ишлашни ўрганиш.
9. Сув буғининг T,s - ва i,s - диаграммаларидан фойдаланиб амалий масалаларни ечиш.
10. Нам ҳавонинг I,d -диаграммаси билан ишлашни ўрганиш.
11. I,d -диаграммада нам ҳавонинг параметрларини топиш.
12. Нам ҳавонинг I,d -диаграммасидан фойдаланиб, амалий масалаларни ечиш.
13. I,d -диаграммада ҳавога ишлов бериш жараёнларини куриш.
14. I,d -диаграммада шудринг нуқтасини топиш.

Иссиқлик масса алмашинуви:

15. Бир ва кўп қатламли ясси ва цилиндрсимон деворлар орқали иссиқлик оқимининг зичлигини, ҳароратлар фарқлари ва ҳарорат градиентини ҳисоблаш.
16. Сиртнинг қовурғаланиш даражасини аниқлаш.
17. Қиздириш ва совутишда чексиз узун пластина, цилиндр, параллелипипед ва бошқа шаклдаги жисмларнинг ўртасида ва сиртидаги ҳароратлар кийматини аниқлаш.

18. Иссиқлик ўтказувчанликнинг ностационар жараёнини экспериментал тадқиқот қилиш учун моделларининг ўлчамларини аниқлаш.

19. Ностационар жараёни учун ўхшашлик мезонларида синов натижаларига ишлов бериш.

20. Ўхшашлик мезонларининг кийматларини ҳисоблаш.

21. Суюқликни қувур ичида ламинар оқишидаги иссиқлик беришнинг ўртача коэффициентини ҳисоблаш.

22. Суюқликни қувурда мажбурий ҳаракатланишидаги гидравлик қаршилигини ҳисоблаш.

Амалий машғулотларини ташкил этиш юзасидан кафедра томонидан кўрсатма ва тавсиялар ишлаб чиқилади. Унда талабалар асосий маъруза мавзулари бўйича олган билим ва кўникмаларини амалий масалалар, кейслар орқали янада бойитдилар. Шунингдек, дарслик ва ўқув қўлланмалар асосида талабалар билимларини мустақамлашга эришиш, тарқатма материаллардан фойдаланиш, илмий мақолалар ва тезисларни чоп этиш орқали талабалар билимини ошириш, масалалар ечиш, мавзулар бўйича тақдимотлар ва кўргазмали қуроллар тайёрлаш, норматив-ҳуқуқий ҳужжатлардан фойдаланиш ва бошқалар тавсия этилади.

V. Мустақил таълим ва мустақил ишлар

Мустақил таълим учун тавсия этиладиган мавзулар:

1. Очик термодинамик тизимлари тўғрисида умумий тушунча.
2. Мувозанатсиз термодинамик жараёнлар. Синергетика фани.
3. Термодинамиканинг учинчи қонуни. Нернстнинг иссиқлик теоремаси.
4. Иссиқликни иш бажариш қобиляти. Эксергия. Гюи-Стодола тенгламаси.
5. Очик тизимлар термодинамикаси. Сопло ва диффузорлар.
6. Буғ ва газларнинг дросселланиши.
7. Компрессорлардаги жараёнларни термодинамик таҳлили.
8. Ишчи жисм оқимининг эксергияси.
9. Ренкин цикли. Теплофикация.
10. Совитиш машиналарнинг ишлаш принциплари.
11. Стационар режимда иссиқлик ўтказувчанлик.
12. Ностационар режимда иссиқлик ўтказувчанлик.
13. Табиий конвектив иссиқлик алмашинуви.
14. Мажбурий конвектив иссиқлик алмашинуви.
15. Ўхшашлик мезонлари. Мезоний тенгламалар.
16. Табиий конвектив иссиқлик алмашинувининг ўхшашлик мезонлари.
17. Мажбурий конвектив иссиқлик алмашинувининг ўхшашлик мезонлари.
18. Иссиқлик алмашинув жараёнларни жадаллаштириш.
19. Қовурғули сирт орқали иссиқлик узатилиши.

20. Иссиқлик изоляцияси. Қувурлар учун иссиқлик изоляциясини танлаш.
21. Мураккаб иссиқлик алмашинуви.
22. Газларнинг нурланиши.
23. Замоनावий иссиқлик алмашинув ускуналари. Иссиқлик қувури.
24. Пластинали иссиқлик алмашинув аппаратлари.
25. Ранк эффекти. Айланма оқим қувури.

Мустақил ўзлаштирилмаган мавзулар бўйича талабалар томонидан рефератлар тайёрлаш ва уни тақдимот қилиш тавсия этилади.

Фан бўйича лаборатория ишлари. Фан бўйича лаборатория ишлари ўқув режада кўзда тутилмаган.

Фан бўйича курс иши. Фан бўйича курс иши ўқув режасида режалаштирилмаган.

VI. Асосий ва қўшимча ўқув адабиётлар ҳамда ахборот манбаалари

Асосий адабиётлар

1. Rashidov Yu.K. Issiqlik texnikasi. Oliy o`quv yurtlarining qurilish mutaxassisliklari uchun o`quv qo`llanma, "Iqtisod-Moliya", Toshkent, 2019 - 184 b.
2. Xudoyberdiyev T.S., Shaymardanov B.P., Abduraxmonov R.A., Xudoyorov A.N., Boltaboyev B.R. Issiqlik texnikasi asoslari. Oliy o`quv yurtlari uchun o`quv qo`llanma, Cho`lpon nomidagi nashriyot- matbaa ijodiy uyi, Toshkent, 2008 - 215 b.
3. Нурматов Ж. ва бошқалар. Иссиқлик техникаси. Олий ўқув юртлари талабалари учун ўқув қўлланма. –Т.:“Ўқитувчи”, 1998,- 256 б.
4. Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera, David P. Dewitt. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Seventh edition. Copyright © 2011 by John Wiley & Sons, Inc.

Қўшимча адабиётлар

5. Мирзиёев Ш.М. Танқидий таҳлил, қатъий тартиб-интизом ва шахсий жавобгарлик-ҳар бир раҳбар фаолиятининг кундалик қонидаси бўлиши керак. Т., Ўзбекистон. 2016 йил. 55-бет.
6. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш - юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови.Т.Ўзбекистон. 2016 йил. 47-бет.
7. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қураимиз.Т.Ўзбекистон. 2016 йил. 486-бет.
8. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон республикасининг ривожлантириш ҳаракатлар стратегиясининг бешта устувор йўналиши тўғрисида. Қисимлар-4.3-4.4 Тошкент, 2016 йил.
9. Рашидов Ю.К., Абуталиев Э.Б. Иссиқлик масса алмашинуви. Олий

- Ўқув юртларининг қурилиш мутахассисликлари учун ўқув қўлланма, ТАКИ, Тошкент, 2000. - 96 б.
- 10.Теплотехника: Учебн. Для вузов / А.П. Баскаков, Б.В.Берг, О.К.Витт и др.; Под ред. А.П. Баскакова.- 2-е изд., перераб.-М.: Энергоатомиздат, 1991.- 224 с.: ил.
- 11.Панкратов Г.Н. Сборник задач по теплотехнике.- М.: Высш. шк., 1986.- 248 с., ил.
- 12.Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. – М., Машиностроение. 1991,- 376 с.
13. Краснощёков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче: Учеб. Пособие для вузов – 4-е изд., перераб.-М.: Энергия, 1991.- 288 с., ил.
14. Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям.- М.: Энергоатомиздат, 1985.- 232 с., ил.

Интернет сайтлари

14. www.Ziyo.net
15. www.press-service.uz
16. www.uza.uz
17. www.cxem.net

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAHSUS TA'LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI**

NamMQL
o'quv-uslubiy bo'limi

Ro'yhatga olindi:
№ _____
2019 y. "29" 08 2019 y.



«Tasdiqlayman»
O'quv ishlari bo'yicha prorektor
dots. B. Ergashev
2019 y.

ISSIQLIK TEXNIKASI
fanining

ISHCHI FAN DASTURI

Bilim sohasi:	300000-	Ishlab chiqarish-texnik soha
Ta'lim sohasi:	340000-	Arxitektura va qurilish
Ta'lim yo'nalishi:	5340400 -	Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi va montaji

Semestr	Fan tarkibi						Nazorat turi	Ja'mi o'quv soati
	Ma'ruza	Amaliy mashg'ulot	Laboratoriya ishlari	Seminar mashg'ulot	Mustaqil ta'lim	Kurs ishi (loyihasi)		
Kunduzgi bo'lim								
IV	36	36	-	-	70	-	+	144
V	28	28	-	-	50	-	+	106

Namangan-2019 y.

Fanning ishchi o'quv dasturi OO'MTV ning 26.05.2018 dagi № 531-sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan № BD-5340400-3.13 raqamli "Issiqlik texnikasi" fanining o'quv dasturiga muvofiq ishlab chiqildi.

Tuzuvchilar:

N. N. Majidov - NamMQI, Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi va montaji kafedrasida katta o'qituvchisi.

N. Sh. Mansurova - NamMQI, Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi va montaji kafedrasida o'qituvchisi.

Taqrizchilar:

A. Atamov - NamMQI «Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi va montaji» kafedrasining katta o'qituvchisi.

R. Odilov - «ISSIQLIK MANBAI» DUK, bo'lim boshlig'i.

Fanning ishchi o'quv dasturi Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi va montaji kafedrasining 2019 yil «23» 01 dagi «1» -son yig'ilishida muhokamadan o'tgan va fakultet kengashida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri:  O. Imomnazarov

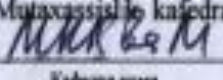
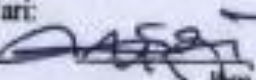
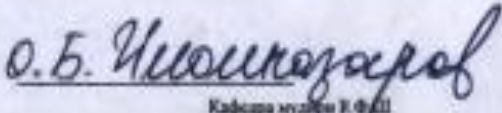
Fanning ishchi o'quv dasturi Muhandislik kommunikatsiyalari fakultetining kengashida muhokamadan o'tgan va foydalanishga tavsiya etilgan.

(2019 yil «26» 01 dagi «1» -sonli bayonnoma).


Fakultet kengashi raisi:  N. Narzullayev

KELISHILDI:

Mutavassil bo'lgan kafedralari:

		
Kafedra nomi _____	Hisso _____	Kafedra uyuzma № _____
Kafedra nomi _____	Hisso _____	Kafedra uyuzma № _____
Kafedra nomi _____	Hisso _____	Kafedra uyuzma № _____
Kafedra nomi _____	Hisso _____	Kafedra uyuzma № _____

O'quv-uslubiy bo'lim boshlig'i:

 dots. T. Jo'rayev

Namangan muhandislik-qurilish instituti o'quv-uslubiy kengashida ko'rib chiqilgan va tavsiya qilingan. «27» 06 2019 y. dagi 1 sonli majlis bayoni. (1 - son bilan ro'yhatga olingan).

Kirish

Ushbu dastur issiqlik texnikasining ikki asosiy bo'limi: texnik termodinamika va issiqlik massa almashinuviga doir talabalarga bilim berish, texnik termodinamikada ko'riladigan mexanik va issiqlik energiyalarini o'zaro aylanish qonunlarini muhandislik kommunikatsiya tizimlarida ishlatiladigan issiqlik dvigatellari, kompressorlar, turbigalar, sovitish mashinalarini hisoblash uchun foydalanish, issiqlik massa almashinuvida ko'riladigan issiqlik energiyasini issiqlik o'tkazuvchanlik, konvektsiya va issiqlik nurlanishi orqali ko'chish qonunlaridan qozonxonalar, issiqlik ishlab chiqish uskunalari va turli xil issiqlik almashinish apparatlarini hisoblash uchun foydalanish, issiqlik texnikasi fanining tarixi va rivojining tendentsiyasi, istiqboli hamda respublikamizdagi ijtimoiy-iqtisodiy islohotlar natijalari va xududiy muammolarning muhandislik kommunikatsiya tizimlarida ishlatiladigan issiqlik qurilmalari va tizimlari istiqboliga ta'siri masalalarini qamraydi.

O'quv fanining maqsad va vazifalari.

Fanni o'qitishdan maqsad - talabalarda muhandislik kommunikatsiya tizimlari va jihozlarida oqib o'tadigan issiqlik jarayonlari bilan tanishtirish, issiqlik energiyasini mexanik va boshqa energiya turlariga aylanish qonuniyatlari va samaradorligini aniqlovchi ko'rsatkichlarini hisoblash usullariga o'rgatish, issiqlik almashinuv jarayonlarining fizik mohiyatini tushuntirish, bino va inshootlarning muhandislik kommunikatsiya tizimlari va jihozlarini loyihalash jarayonida asosiy masalalardan biri hisoblangan issiqlik-texnikaviy hisoblari bo'yicha bilim, boshlang'ich ko'nikmalarni hosil qilish va malakasini shakllantirishdir.

Fanning vazifasi – talabalarga issiqlik texnikasining ikki asosiy bo'limi ya'ni texnik termodinamika va issiqlik massa almashinuviga doir bo'lgan masalalar to'g'risida ma'lumot berish, ularning farqini tushuntirish, muhandislik masalalarini yechishda foydalaniladigan texnik termodinamikaning sof nazariy, issiqlik massa almashinuvining esa – ham nazariy va amaliy bilimlaridan amaliyotdagi muhandislik masalalarini yechishda to'g'ri foydalanishga o'rganishdan iboratdir. Bunda texnik termodinamikada ko'riladigan mexanik va issiqlik energiyalarini o'zaro aylanish qonunlarini muhandislik kommunikatsiyalari tizimlarida ishlatiladigan issiqlik dvigatellari, kompressorlar, turbinalar sovitish mashinalarini hisoblash uchun foydalanish, issiqlik maassa almashinuvida ko'riladigan issiqlik energiyasini ko'chish qonunlarini esa–qozonxonalar, issiqlik ishlab chiqarish uskunalari va turli xil issiqlik almashinish apparatlarini xisoblash uchun foydalanish bo'yicha mustahkam bilim berishdan iborat.

Fan bo'yicha talabalarning bilimiga, ko'nikma va malakasiga qo'yiladigan talablar.

“Issiqlik texnikasi” o'quv fanini o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr:

- texnikaviy termodinamikaning asosiy qonunlari: real moddalarning xususiyatlari va termodinamik jarayonlarning asoslarini; issiqlik-kuch, sovitish va kompressor mashinalar tsikllarini; kimyo termodinamikasini; issiqlik massa

almashinuv asoslarini, issiqlik energiyasini issiqlik o'tkazuvchanlik, konvektiv issiqlik almashinuvi va issiqlik nurlanish orqali uzatilishini; issiqlik almashinuv apparatlarining hisobini; fazalar o'zgarishlaridagi issiqlik massa almashinuvini bilishi kerak;

- talaba ideal gazlar va ular aralashmalarining asosiy qonunlaridan amaliy hisoblarda foydalanish; real gazlar, suv bug'lari va x.k. ning asosiy qonunlarini to'g'ri ishlatish; issiqlik dvigatellar va energetik qurilmalarining tsikllarini qurish; issiqlik massa almashinuvining asosiy qonunlarini to'g'ri ishlatish; o'xshashlik nazariyasi, asosiy o'xshashlik mezonlari va mezoniy tenglamalardan foydalanib, tajriba natijalariga ishlov berish; issiqlik almashinuv apparatlarini hisoblash; issiqlik tashuvchisining fazali aylanishida issiqlik massa almashinuvining asosiy qonuniyatlaridan foydalanish ko'nikmalarga ega bo'lishi kerak;

- talaba P-V, T-S- diagrammalarida termodinamik jarayonlarini tasvirlash, hisoblash va tahlil qilish; bug' va gazlarni drossellash, suv bug'ini oqib chiqishini hisoblash; energetik qurilmalari va issiqlik dvigatellarining tsikllarini qurish va taxlil qilish; injenerlik kommunikatsiyalari elementlarida, issiqlik almashinuv apparatlari va x.k. larda, issiqlik massa almashinuvining amaliy masalalarini yechish; issiqlik texnik o'lchash asboblarini qo'llab, eksperimental tadqiqotlarini olib borish malakalarga ega bo'lishi kerak.

Fanning o'quv rejadagi boshqa fanlar bilan o'zaro bog'liqligi va uslubiy jihatdan uzviy ketma-ketligi.

"Issiqlik texnikasi" fani asosiy ixtisoslik fanlarining nazariy asosi deb hisoblanib, 4-semestrda o'qitiladi. Dasturni amalga oshirish o'quv rejasida rejalashtirilgan matematik va tabiiy (oliy matematika, fizika, nazariy mexanika), umumkasbiy (suyuqlik va gaz mexanikasi; qurilish materiallari va metallar texnologiyasi; materiallar qarshiligi) fanlaridan yetarli bilim va ko'nikmalarga ega bo'lishlik talab etiladi.

Fanni ishlab chiqarishdagi o'rni.

"Issiqlik texnikasi" fanining qonunlari xalq xo'jaligining issiqlik energiyasi bilan bog'liq bo'lgan xar bir soxa (energetika, qurilish va x.k.) larida ishlatiladigan asbob uskunalar, mexanizmlar, mashinalar, bino va inshootlarni hisoblashda qo'llaniladi.

"Issiqlik texnikasi" fani "Issiqlik ishlab chiqarish uskunalari", "Issiqlik, gaz ta'minoti va ventilyatsiya", "Isitish", "Havoni konditsiyalash", va shu kabi "Muhandislik kommunikatsiyalarini qurilish" ta'lim yo'nalishining maxsus fanlarining poydevoridir.

Fanni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar.

Talabalarining issiqlik texnikasi fanini o'zlashtirishlari uchun o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullaridan foydalanish, yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muhim ahamiyatga egadir. Fanni o'zlashtirishda darslik, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, ma'ruza matnlari, tarqatma materiallar, elektron materiallar, virtual stendlar hamda ishchi holatdagi mashinalarning ishlab chiqarishdagi namunalari va maketlaridan foydalaniladi. Ma'ruza, amaliy va

laboratoriya darslarida mos ravishdagi ilg'or pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi.

III. Asosiy nazariy qism (maruza mashg'ulotlari)

1-Modul. Issiqlik texnikaning umumiy asoslari

1-Mavzu. "Issiqlik texnikasi" faniga kirish

Issiqlik texnikasi issiqlikni olish va undan foydalanish masalalari bilan shug'ullanadigan fandır. Issiqlikdan foydalanishning ikki turi. Issiqlikdan energetik va texnologik maqsadlarda foydalanish. Issiqlikni mexanik energiyasiga aylantirish jarayoni. Texnik termodinamika. Issiqliklardan texnologik maqsadlarda foydalanish. Issiqlik massa almashinuvi.

2-Mavzu. Texnik termodinamika

Texnik termodinamikaning qisqacha rivojlanish tarixi. Texnik termodinamika fani va uning vazifalari. Qurilish sohasi uchun texnik termodinamika fanning ahamiyati. Texnik termodinamikaning asosiy tushunchalari va boshlang'ich holatlari. Jismlarning holati. Termodinamik tizim. Atrof-muhit. Nazorat sirti. Ochiq va yopiq tizimlar. Issiqlik izolyatsiyalangan (adiabatik) tizim. Termodinamik holat parametrlari. Bosim, temperatura, solishtirma hajm. Tizimning muvozanatli va muvozanatsiz holati. Holat tenglamasi.

3-Mavzu. Holat tenglamasi

Ideal gazlar holatining Klayperon tenglamasi. Gaz doimiysi. Klayperon-Mendeleyev tenglamasi. Real gazlar holatining Van-der-Vaals tenglamasi. Termodinamik jarayon. Relaksatsiya. Relaksatsiya vaqti. Muvozanatli va muvozanatsiz termodinamik jarayonlar.

4-Mavzu. Gazlarning issiqlik sig'imi. Entalpiya

Asosiy ta'riflar. Gazlarning massaviy, hajmiy va molyar issiqlik sig'imi. Doimiy hajm va bosimdagi issiqlik sig'imi. Mayer tenglamasi. Haqiqiy va o'rtacha issiqlik sig'imi. Issiqlik sig'implarining taxminiy qiymatlari. Entalpiya.

2-Modul. Termodinamikaning qonunlari.

5-Mavzu. Termodinamikaning birinchi qonuni.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni. Ichki energiya. Kengayish ishi. Issiqlik. Qaytar va qaytmas jarayonlar. Termodinamika birinchi qonunining analitik ifodasi.

6-Mavzu. Termodinamikaning ikkinchi qonuni.

Entropiya. Ideal gazning qaytar va qaytmas jarayonlari uchun entropiyani hisoblash. Issiqlik T , S -diagrammasi. Termodinamikaning ikkinchi qonunining asosiy holatlari. Ikkinchi qonunning umumiy ta'rifi. Aylanma termodinamik jarayon va sikllar. Karnoning tog'ri sikli. Siklning termik foydali ish koeffitsienti (FIK). Karnoning umumlashtirilgan (regenretiv) sikli.

7-Mavzu. Sovitish mashinalar tsikllari

Karnoning teskari sikli. Sovitish koeffitsienti. Entropiyani muvozanatsiz jarayonlarida o'zgarishi. Termodinamikaning ikkinchi qonunining statistic talqini. Termodinamik ehtimollik. Bol'sman doimiysi. Eksergiya.

3-Modul. Gazlar, bug`lar va ularning aralashmalaridagi asosiy termodinamik jarayonlar.

8-Mavzu. Yopiq tizimlardagi ideal gazlarning termodinamik jarayonlari.

Izoxorik jarayon. Izobarik jarayon. Izotermik jarayon. Adiabatik jarayon. Politropik jarayon va uning umumlashtiruvchi ahamiyati. Real gazlarning termodinamik jarayonlari.

9-Mavzu. Real gazlarning termodinamik jarayonlari

Bug`lanish jarayoni. Asosiy tushunchalar va ta`riflar. To'yingan bug`. Nam va quruq to'yingan bug`. Bug`ning quruqlik va namlik darajasi. O'ta qizdirilgan bug`. Suv va bug`ning parametrlarini aniqlash. Suv bug`ining T,s -diagrammasi. Suv bug`uning h,s -diagrammasi. Suv bug`ning asosiy termodinamik jarayonlari. Suv bug`uning izoxorik, izobarik, izotermik, adiabatik jarayonlari.

10-Mavzu. Ideal gazlarning aralashmalari.

Dal'ton qonuni. Aralashmalar tarkibini ifodalash usullari. Gazlar aralashmasining gaz doimiysi. Aralashmaning tuyuladigan molyar massasi. Hajmiy va massaviy ulushlar orasidagi nisbati. Ideal gazlar aralashmalarining issiqlik sig`imi.

11-Mavzu. Nam havо

To'yingan va to'yinmagan nam havо. Shudring nuqtasining temperaturasi. Tarkibiy namlik, absolut va nisbiy namlik. Nam havoning zichligi, issiqlik sig`imi, gaz doimiysi va entolpiyasi. Nam havoning i,d - diagrammasi.

4-Modul. Issiqlik massa almashinuvi asoslari.

12-Mavzu. Asosiy tushunchalar va ta`riflar.

Issiqlik massa almashinuvi faning qisqacha rivojlanish tarixi. Issiqlik massa almashinuvi fani va uning vazifalari. Qurilish sohasi uchun issiqlik massa almashinuvi fanining ahamiyati. Issiqlikni uzatish usullari. Issiqlik o'tkazuvchanlik. Issiqlikni konvektiv ko'chishi. Issiqlikni nurlanish orqali ko'chishi. Issiqlik ko'chishining miqdoriy ko'rsatkichlari. Issiqlik oqimi. Issiqlik oqimining zichligi.

13-Mavzu. Issiqlik o'tkazuvchanlik.

Issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonuni. Temperatura maydoni. Izometrik sirt. Temperatura gradienti. Fur'e qonuni. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi. Chegaraviy shartlar.

14-Mavzu. Statsionar rejimda issiqlik o'tkazuvchanlik orqali

issiqlikni ko'chishi.

Bir jinsli yassi devor. Devorning issiqlik o'tkazuvchanligi. Devorning termik qarshiligi. Ko'p qatlamli devor. Konaktli termik qarshilik. Silindrik devor. Silindrik devorning termik qarshiligi. Ko'p qatlamli silindrik devor. Sharsimon devor. Murakab shaklga ega bo'lgan jismlar.

15-Mavzu. Konvektiv issiqlik almashinuvi (issilik berish)

Konvektiv issiqlik almashinuvining asosiy qonuni. Issiqlik berish. N'yuton – Rixman qonuni. Issiqlik berish koeffitsienti. Tabiiy va majburiy konvektsiya. Chegaraviy qatlam. Hidrodinamik chegaraviy qatlam. Laminar (qovishoq) qatlam osti. Issiqlik chegaraviy qatlam. O'xshashlik nazariyasi va birlik o'lchamlarni tahlil qilish uslubi to'g'risida tushuncha. O'xshashlik mezon (son)lari. O'xshashlik teoremlari. Mezoniy tenglamalar. Modellastirish.

16-Mavzu. Issiqlik berish koeffitsientini aniqlash uchun hisobiy bog'lanishlar.

Issiqlik tashuvchisini majburiy harakatidagi issiqlik berishi. Plastinani uzunligi bo'ylab oqib o'tish. Sharni oqib o'tish. Yakka quvur va quvurlar to'plamini oqib o'tish. Shahmat va koridor quvurlar to'plami. Issiqlik tashuvchisini quvur ichidagi oqimi. Tabiiy konvektsiyada issiqlik berish. Moddaning agregat holati. Moddaning agregat holatini o'zgarishida issiqlik berish. Qaynashdagi issiqlik berish. Pufakchali va plyonkali qaynash. Issiqlik almashinishining krizisi. Kondensatsiyadagi issiqlik berish. Tomchili va plyonkali kondensatsiya. Issiqlik berish koeffitsientlarining taxminiy qiymatlari.

17-Mavzu. Nurli issiqlik almashinishi.

Jarayon izohi va asosiy ta'riflari. Yutilish, qaytarish va o'tkazish koeffitsientlari. Mutloq qora, oq, shaffof va kulrang jismlar. Selektiv nurlanish. Nurli issiqlik almashinishi. Nurlanish oqimining spektral zichligi. Vin qonuni. Stefan – Bol'tsman qonuni. Mutloq qora jismning nurlanish koeffitsienti. Jismning qoralik darajasi. Haqiqiy jismning nurlanish koeffitsienti. Kirxgof qonuni. Shaffof muhitda jismlar tizimining nurli issiqlik almashinishi. Jismlar tizimining keltirilgan qoralik darajasi. Jismning nurlanganlik koeffitsienti. Nurlanishning burchakli koeffitsienti. Nurlanishdan himoyalash uchun ekranlarni qo'llanilishi. Yutuvchi va tarqatuvchi muhitda nurlanish energiyasining olib o'tilishi. Buger qonuni. Nurlanishning kuchsizlanish koeffitsienti. Gazlardagi nur yutuvchi va tarqatuvchi jarayonlar. Selektiv nur yutilishi va tarqatilishi.

18-Mavzu. Issiqlik uzatish.

Murakkab issiqlik almashish. Devor bilan ajratilgan ikki suyuqlik orasidagi issiqlik uzatish. Issiqlik uzatish koeffitsienti. Issiqlik uzatishning termik qarshiligi. Issiqlik uzatishni jadallashtirish. Qovurg'alangan sirt orqali issiqlik uzatilishi. Qovurg'alanish koeffitsienti. Issiqlik izolyatsiyasi (qoplamalari). Quvurlar uchun issiqlik izolyatsiyasini tanlash. Issiqlik izolyatsiyasining kritik diametri.

“Issiqlik texnikasi” fani bo’yicha ma’ruza mashg’ulotlarining kalendar tematik rejasi

№	Mavzularning nomi	Ajrati I gan soat
IV-semestr		
1	Issiqlik texnikasi faniga kirish. Issiqlik texnikasi issiqlikni olish va undan foydalanish masalalari bilan shug’ullanadigan fandır. Issiqlikdan foydalanishning ikki turi. Issiqlikdan energetik va texnologik maqsadlarda foydalanish.	2
2	Issiqlikni mexanik energiyasiga aylantirish jarayoni. Texnik termodinamika. Issiqliklardan texnologik maqsadlarda foydalanish. Issiqlik massa almashinuvi.	2
3	Texnik termodinamika. Texnik termodinamikaning qisqacha rivojlanish tarixi. Texnik termodinamika fani va uning vazifalari. Qurilish sohasi uchun texnik termodinamika faning ahamiyati. Texnik termodinamikaning asosiy tushunchalari va boshlang’ich holatlari. Jismlarning holati.	2
4	Termodinamik tizim. Atrof-muhit. Nazorat sirti. Ochiq va yopiq tizimlar. Issiqlik izolyatsiyalangan (adiabatik) tizim. Termodinamik holat parametrlari. Bosim, temperatura, solishtirma hajm. Tizimning muvozanatli va muvozanatsiz holati. Holat tenglamasi.	2
5	Holat tenglamasi. Ideal gazlar holatining Klayperon tenglamasi. Gaz doimiysi. Klayperon-Mendeleyev tenglamasi. Real gazlar holatining Van-der-Vaals tenglamasi.	2
6	Termodinamik jarayon. Relaksatsiya. Relaksatsiya vaqti. Muvozanatli va muvozanatsiz termodinamik jarayonlar.	2
7	Gazlarning issiqlik sig’imi. Entalpiya. Asosiy ta’riflar. Gazlarning massaviy, hajmiy va molyar issiqlik sig’imi. Doimiy hajm va bosimdagi issiqlik sig’imi. Mayer tenglamasi. Haqiqiy va o’rtacha issiqlik sig’imi. Issiqlik sig’imlarining taxminiy qiymatlari. Entalpiya.	2
8	Termodinamikaning birinchi qonuni. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni. Ichki energiya. Kengayish ishi. Issiqlik.	2
9	Qaytar va qaytmas jarayonlar. Termodinamika birinchi qonunining analitik ifodasi.	2
10	Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Entropiya. Ideal gazning qaytar va qaytmas jarayonlari uchun entropiyani hisoblash. Issiqlik T,s -diagrammasi. Termodinamikaning ikkinchi qonunining asosiy holatlari. Ikkinchi qonunning umumiy ta’ri fi.	2
11	Aylanma termodinamik jarayon va sikllar. Karnoning tog’ri	2

	sikli. Siklning termik foydali ish koeffitsienti (FIK). Karnoning umumlashtirilgan (regenretiv) sikli.	
12	Sovitish mashinalar tsikllari. Karnoning teskari sikli. Sovitish koeffitsienti. Entropiyani muvozanatsiz jarayonlarida o'zgarishi. Termodinamikaning ikkinchi qonunining statistic talqini. Termodinamik ehtimollik. Bol'sman doimiysi. Eksergiya.	2
13	Yopiq tizimlardagi ideal gazlarning termodinamik jarayonlari. Izoxorik jarayon. Izobarik jarayon.	2
14	Yopiq tizimlardagi ideal gazlarning termodinamik jarayonlari. Izotermik jarayon. Adiabatik jarayon. Politropik jarayon va uning umumlashtiruvchi ahamiyati. Real gazlarning termodinamik jarayonlari.	2
15	Real gazlarning termodinamik jarayonlari. Bug'lanish jarayoni. Asosiy tushunchalar va ta'riflar. To'yingan bug'. Nam va quruq to'yingan bug'. Bug'ning quruqlik va namlik darajasi. O'ta qizdirilgan bug'.	2
16	Suv va bug'ning parametrlarini aniqlash. Suv bug'ining T,s -diagrammasi. Suv bug'uning h,s -diagrammasi. Suv bug'ning asosiy termodinamik jarayonlari. Suv bug'uning izoxorik, izobarik, izotermik, adiabatik jarayonlari.	2
17	Ideal gazlarning aralashmalari. Dal'ton qonuni. Aralashmalar tarkibini ifodalash usullari. Gazlar aralashmasining gaz doimiysi. Aralashmaning tuyuladigan molyar massasi. Hajmiy va massaviy ulushlar orasidagi nisbati. Ideal gazlar aralashmalarining issiqlik sig'imi.	2
18	Nam havo. To'yingan va to'yinmagan nam havo. Shudring nuqtasining temperaturasi. Tarkibiy namlik, absolut va nisbiy namlik. Nam havoning zichligi, issiqlik sig'imi, gaz doimiysi va entolpiyasi. Nam havoning I,d - diagrammasi.	2
	Jami:	36
V-semestr		
1	Asosiy tushunchalar va ta'riflar. Issiqlik massa almashinuvi fanning qisqacha rivojlanish tarixi. Issiqlik massa almashinuvi fani va uning vazifalari. Qurilish sohasi uchun issiqlik massa almashinuvi fanining ahamiyati. Issiqlikni uzatish usullari. Issiqlik o'tkazuvchanlik. Issiqlikni konvektiv ko'chishi. Issiqlikni nurlanish orqali ko'chishi. Issiqlik ko'chishining miqdoriy ko'rsatkichlari. Issiqlik oqimi. Issiqlik oqimining zichligi.	2
2	Issiqlik o'tkazuvchanlik. Issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonuni. Temperatura maydoni. Izometrik sirt. Temperatura gradienti. Fur'e qonuni. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi. Chegaraviy shartlar.	2

3	Statsionar rejimda issiqlik o'tkazuvchanlik orqali issiqlikni ko'chishi. Bir jinsli yassi devor. Devorning issiqlik o'tkazuvchanligi. Devorning termik qarshiligi. Ko'p qatlamli devor.	2
4	Kontaktli termik qarshilik. Silindrik devor. Silindrik devorning termik qarshiligi. Ko'p qatlamli silindrik devor. Sharsimon devor. Murakab shaklga ega bo'lgan jismlar.	2
5	Konvektiv issiqlik almashinuvi (issilik berish). Konvektiv issiqlik almashinuvining asosiy qonuni. Issiqlik berish. N'yuton – Rixman qonuni. Issiqlik berish koeffitsienti. Tabiiy va majburiy konvektsiya. Chegaraviy qatlam. Hidrodinamik chegaraviy qatlam. Laminar (qovishoq) qatlam osti. Issiqlik chegaraviy qatlam.	2
6	O'xshashlik nazariyasi va birlik o'lchamlarni tahlil qilish uslubi to'g'risida tushuncha. O'xshashlik mezon (son)lari. O'xshashlik teoremlari. Mezoniy tenglamalar. Modellashtirish.	2
7	Issiqlik berish koeffitsientini aniqlash uchun hisobiy bog'lanishlar. Issiqlik tashuvchisini majburiy harakatidagi issiqlik berishi. Plastinani uzunligi bo'ylab oqib o'tish. Sharni oqib o'tish. Yakka quvur va quvurlar to'plamini oqib o'tish. Shahmat va koridor quvurlar to'plami. Issiqlik tashuvchisini quvur ichidagi oqimi.	2
8	Tabiiy konvektsiyada issiqlik berish. Moddaning agregat holati. Moddaning agregat holatini o'zgarishida issiqlik berish. Qaynashdagi issiqlik berish. Pufakchali va plyonkali qaynash. Issiqlik almashinishining krizisi. Kondensatsiyadagi issiqlik berish. Tomchili va plyonkali kondensatsiya. Issiqlik berish koeffitsientlarining taxminiy qiymatlari.	2
9	Nurli issiqlik almashinishi. Jarayon izohi va asosiy ta'riflari. Yutilish, qaytarish va o'tkazish koeffitsientlari. Mutloq qora, oq, shaffof va kulrang jismlar. Selektiv nurlanish. Nurli issiqlik almashinishi.	2
10	Nurlanish oqimining spektral zichligi. Vin qonuni. Stefan – Bol'tsman qonuni. Mutloq qora jismning nurlanish koeffitsienti. Jismning qoralik darajasi. Haqiqiy jismning nurlanish koeffitsienti.	2
11	Kirxgof qonuni. Shaffof muhitda jismlar tizimining nurli issiqlik almashinishi. Jismlar tizimining keltirilgan qoralik darajasi. Jismning nurlanganlik koeffitsienti. Nurlanishning burchakli koeffitsienti. Nurlanishdan himoyalash uchun ekranlarni qo'llanilishi.	2
12	Yutuvchi va tarqatuvchi muhitda nurlanish energiyasining olib o'tilishi. Buger qonuni. Nurlanishning kuchsizlanish koeffitsienti. Gazlardagi nur yutuvchi va tarqatuvchi jarayonlar. Selektiv nur yutilishi va tarqatilishi.	2

13	Issiqlik uzatish. Murakkab issiqlik almashish. Devor bilan ajratilgan ikki suyuqlik orasidagi issiqlik uzatish. Issiqlik uzatish koeffitsienti. Issiqlik uzatishning termik qarshiligi. Issiqlik uzatishni jadallashtirish. Qovurg`alangan sirt orqali issiqlik uzatilishi. Qovurg`alanish koeffitsienti.	2
14	Issiqlik izolyatsiyasi (qoplamalari). Quvurlar uchun issiqlik izolyatsiyasini tanlash. Issiqlik izolyatsiyasining kritik diametri.	2
Jami:		28

IV. Amaliy mashg`ulotlar bo'yicha ko'satma va tavsiyalar
Amaliy mashg`ulotlar uchun quyidagi mavzular tavsiya etiladi:
“Issiqlik texnikasi ” fani bo'yicha amaliy mashg`ulotlarining kalendar
tematik rejasi

№	Mavzularning nomi	Ajratilgan soat
IV-semestr uchun		
3. Texnik termodinamika bo'yicha		
1	Gazning solishtirma hajmi, zichligi, absolyut va ortiqcha bosimni aniqlash.	4
2	Gaz va suyuqlikning massaviy sarfini aniqlash	2
3	Gaz aralashmasining zichligi, tuyuladigan molekulyar massasi, gaz doimiysi va partsial bosimini aniqlash.	4
4	Gazning massaviy, hajmiy va molli issiqlik sig'imini aniqlash	2
5	Gazlarning ental'piyasi.	2
6	Gazlarning aralashishi.	2
7	Izoxorik, izobarik, izotermik, adiabatik, politropik jarayonlari bo'yicha amaliy masalalarni yechish	4
8	Suvning bug'i uchun T,s- va I,s-entropiya diagrammalari bilan ishlashni o'rganish.	2
9	Suv bug'ining T,s- va I,s-diagrammalaridan foydalanib amaliy masalalarni yechish o'rganish.	2
10	Nam havoning I,d-diagrammasi bilan ishlashni o'rganish	2
11	I,d-diagrammada nam havoning parametrlarini topish.	2
12	Nam havoning I,d-diagrammasidan foydalanib, amaliy masalalar yechish.	4
13	I,d-diagrammada havoga ishlov berish jarayonlarini qurish.	2
14	I,d-diagrammada shudring nuqtasini topish	2
Jami:		36
V-semestr uchun		
4. Issiqlik massa almashinuvi bo'yicha		
1	Bir va ko'p qatlamli yassi va silindirsimon devorlar orqali issiqlik oqimining zichligini, haroratlar farqlari va harorat gradientini hisoblash	4
2	Sirtning qovurg'alanish darajasini aniqlash.	2
3	Qizdirish va sovutishda cheksiz uzun plastina, silindir, parallelepiped va boshqa shakldagi jismlarning o'rtasida va sirtidagi haroratlar qiymatini aniqlash.	4
4	Issiqlik o'tkazuvchanlikning nostatsionar jarayonini eksperimental tadqiqot qilish uchun modellarning o'lchamlarini aniqlash.	4
5	Nostatsionar jarayoni uchun o'xshashlik mezonlarida sinov natijalariga ishlov berish.	4
6	O'xshashlik mezonlarining qiymatlarini xisoblash.	2
7	Suyuqlikni quvur ichida laminar oqishidagi issiqlik berishning o'rtacha koeffitsientini hisoblash.	4
8	Suyuqlikni quvurda majburiy harakatlanishidagi gidravlik qarshiligini hisoblash.	4
Jami		28

Amaliy mashg'ulotlarni tashkil etish yuzasidan kafedra tomonidan ko'rsatma va tavsiyalar ishlab chiqiladi. Unda talabalar asosiy ma'ruza mavzulari bo'yicha olgan bilim va ko'nikmalarini amaliy masalalar va keyslar orqali yanada boyitadilar. Shuningdek, darslik va o'quv qo'llanmalar asosida talabalar bilimlarini mustaxkamlashga erishish, tarqatma materiallardan foydalanish, ilmiy maqolalar va tezislarni chop etish orqali talabalar bilimini oshirish, masalalar echish, mavzular bo'yicha taqdimotlar va ko'rgazmali qurollar tayyorlash, normativ-huquqiy hujjatlardan foydalanish va boshqalar tavsiya etiladi.

Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni.

Talaba mustaqil ishni tayyorlashda muayyan fanning xususiyatlarini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanish tavsiya etiladi:

- darslik va o'quv qo'llanmalar bo'yicha fan boblari va mavzularini o'rganish;
- tarqatma materiallar bo'yicha ma'ruzalar qismini o'zlashtirish;
- avtomatlashtirilgan o'rgatuvchi va nazorat qiluvchi tizimlar bilan ishlash;
- maxsus adabiyotlar bo'yicha fanlar bo'limlari yoki mavzulari ustida ishlash;
- yangi texnikalarni, apparaturalarni, jarayonlar va texnologiyalarni o'rganish;
- talabaning o'quv-ilmiy-tadqiqot ishlarini bajarish bilan bog'liq bo'lgan fanlar bo'limlari va mavzularni chuqur o'rganish;
- faol va muammoli o'qitish uslubidan foydalaniladigan o'quv mashg'ulotlari;
- masofaviy (distantion) ta'lim.

Tavsiya etilayotgan mustaqil ta'limning mavzulari:

No	Mustaqil ta'lim mavzulari
1	Ochiq termodinamik tizimlari to'g'risida umumiy tushuncha.
2	Muvozanatsiz termodinamik jarayonlar. Sinergetika fani.
3	Termodinamikaning uchinchi qonuni. Nernstning issiqlik teoremasi.
4	Issiqlikni ish bajarish qobiliyati. Ekssergiya. Gyui-Stodola tenglamasi.
5	Ochiq tizimlar termodinamikasi. Soplo va diffuzorlar.
6	Bug` va gazlarning drossellanishi.
7	Kompressorlardagi jarayonlarni termodinamik tahlili.
8	Ishchi jism oqimining ekssergiyasi.
9	Renkin tsikli. Teplofikatsiya.
10	Issiqlik izolyatsiyasi. Quvurlar uchun issiqlik izolyatsiyasini tanlash.
11	Zamonaviy issiqlik almashinuv uskunalari. Issiqlik quvuri.
12	Plastinali issiqlik almashinuv apparatlari.
13	Rank effekti. Aylanma oqim quvuri.

Laboratoriya ishlarini tashkil etish bo'yicha ko'rsatmalar – o'quv rejasida ushbu fan bo'yicha tajriba mashg'ulotlari rejalashtirilmagan

Fan bo'yicha kurs ishi- fan bo'yicha kurs ishi o'quv rejasida rejalashtirilmagan.

Dasturning informatsion-metodik ta'minoti

Mazkur fanni o'qitish jarayonida ta'limning zamonaviy metodlari, pedagogik va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo'llanilishi nazarda tutilgan.

– Issiqlik texnikasi, termodinamika fanini rivojlanish tarixi mavzusiga tegishli ma'ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalaridan foydalanish;

– Asosiy termodinamik holat parametrlari, ideal gazning xolat tenglamasi, izobar, izoxor, izotermik jarayonlar, adiabatik va politropik jarayonlar mavzulari bo'yicha amaliy mashg'ulotlarda aqliy xujum, guruxli fikrlar

sh pedagogik texnologiyalaridan; kichik guruxlar musobaqalari, guruxli fikrlash pedagogik texnologiyalarini qo'llash nazarda tutiladi.

Talabalar o'zlashtirishini baholash tizimi

Mazkur baholash mezonini Mazkur Nizom O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 5 iyundagi PQ-3775-son "Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim sifatini oshirish va ularning mamlakatda amalga oshirilayotgan keng qamrovli islohotlarda faol ishtirokini ta'minlash bo'yicha qo'shimcha choratadbirlar to'g'risida"gi qaroriga muvofiq oliy ta'lim muassasalarida talabalar bilimini nazorat qilish va baholash tizimini belgilaydi. Talabalar bilimini nazorat qilish va baholashdan maqsad ta'lim sifatini boshqarish orqali raqobatbardosh kadrlar tayyorlashga erishish, talabalarning fanlarni o'zlashtirishida bo'shliqlar hosil bo'lishini oldini olish, ularni aniqlash va bartaraf etishdan iborat.

Oliy ta'lim muassasalarida talabalar bilimini nazorat qilish oraliq va yakuniy nazorat turlarini o'tkazish orqali amalga oshiriladi.

"Issiqlik texnikasi" fanidan baholash mezonini

Issiqlik texnikasi fanidan talabalarni baholashda, ma'ruza, amaliy, tajriba mashg'ulotlariga qatnashishi va unda olgan baholarini inobatga olinadi.

1. Oraliq nazorati ma'ruza, amaliy va tajriba mashg'ulotlaridagi mavzularni qamrab oladi. Talaba amaliy va tajriba darslarida "3", "4" yoki "5" baho olgandagina oraliq nazoratiga kiritiladi.
2. Birinchi oraliqda talaba ma'ruza darslarining birinchi yarmida o'tilgan mavzular bo'yicha savollarga javob berishi, oraliq nazoratini topshirish uchun amaliy hamda tajriba darslarining birinchi yarmidagi mashg'ulotlarda bo'limlar bo'yicha "3", "4" yoki "5" baho olgan bo'lishi kerak.
3. Ikkinchi oraliqda talaba ma'ruza darslarining ikkinchi yarmida o'tilgan mavzular bo'yicha savollarga javob berishi, oraliq nazoratini topshirish uchun amaliy hamda tajriba darslarining ikkinchi yarmidagi mashg'ulotlarda bo'limlar bo'yicha "3", "4" yoki "5" baho olgan bo'lishi kerak.

Yakuniy nazorat yozma shaklida bo'lib bunda beriladigan savollar ma'ruza, tajriba va amaliy darslaridagi barcha mavzular bo'yicha tuziladi. Oraliq nazoratida "2" baho olgan talaba yakuniy nazoratga kiritilmaydi.

Yakuniy nazoratdagi baho talabaning fanni tegishli semestrini o'zlashtirish ko'rsatkichi hisoblanadi.

Talaba:

5 (a'lo) baho - talaba mustaqil xulosa va qaror qabul qiladi, ijodiy fikrlay oladi, mustaqil mushoxada yuritadi, olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda qo'yiladi.

4 (yaxshi) baho - talaba mustaqil mushoxada yuritadi, olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatni tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda qo'yiladi

3 (qoniqarli) baho - talaba olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatni tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda qo'yiladi.

talaba fan dasturini o'zlashgirmagan, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunmaydi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega emas deb topilganda - 2 (qoniqarsiz) baho bilan baholanadi.

Ushbu Termodinamika va issiqlik texnikasi fanidan baholash nizomini tuzishda talabani darslarda faol ishtirok etishini va barcha turdagi dars mashg'ulotlarida oladigan baholari inobatga olingan.

“Issiqlik texnikasi”

Joriy nazorat (IV-semestrda)

Joriy nazorat topshiriqlariga har bir talaba amaliy mashg'ulotlarni hisobotlarini topshirish jarayonida yoki tajriba mashg'ulot jarayonidagi muloqot paytida og'zaki ko'rinishda javob berish mumkun. Tajriba mashg'ulot xisoboti yozma shaklda bajariladi. Har bir joriy nazoratga tegishli amaliy va tajriba mashg'ulotlarini nazorat turlari bo'yicha taqsimot jadvalida ko'rsatilgan.

1-JN	1-7 amaliy mashg'ulotlar	3,4,5 baho
2-JN	7-14 amaliy mashg'ulotlar	3,4,5 baho

Oraliq nazorat (IV-semestrda)

Oraliq nazorat

Oraliq nazorat topshiriqlarini test va yozma shakllarda bajarish ko'zda tutiladi. Oraliq nazorat uchun belgilangan mustaqil ta'lim topshiriqlari oraliq nazorat uchun belgilangan shaklda amalga oshiriladi. Shu bilan birga oraliq nazoratda talabaning mashg'ulotlarga ishtiroki, faolligi, ijodiy fikrlashga, qaror qabul qilishga, xulosa chiqara olishi inobatga olinadi.

1- oraliq nazorat

1-9 mavzular bo'yicha yozma	3,4,5 baho
-----------------------------	------------

2-oraliq nazorat

10-18 mavzular bo'yicha test orqali	3,4,5 baho
MI. Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari bo'icha	

Joriy nazorat (V-semestrda)

Joriy nazorat topshiriqlariga har bir talaba amaliy mashg'ulotlarni hisobotlarini topshirish jarayonida yoki tajriba mashg'ulot jarayonidagi muloqot paytida og'zaki ko'rinishda javob berish mumkun. Tajriba mashg'ulot xisoboti yozma shaklda bajariladi. Har bir joriy nazoratga tegishli amaliy va tajriba mashg'ulotlarini nazorat turlari bo'yicha taqsimot jadvalida ko'rsatilgan.

1-JN	1-4 amaliy mashg'ulotlar	3,4,5 baho
2-JN	4-8 amaliy mashg'ulotlar	3,4,5 baho

Oraliq nazorat (V-semestrda)

Oraliq nazorat

Oraliq nazorat topshiriqlarini test va yozma shakllarda bajarish ko'zda tutiladi. Oraliq nazorat uchun belgilangan mustaqil ta'lim topshiriqlari oraliq nazorat uchun belgilangan shaklda amalga oshiriladi. Shu bilan birga oraliq nazoratda talabanning mashg'ulotlarga ishtiroki, faolligi, ijodiy fikrlashga, qaror qabul qilishga, xulosa chiqara olishi inobatga olinadi.

1- oraliq nazorat

1-7 mavzular bo'yicha yozma	3,4,5 baho
-----------------------------	------------

2-oraliq nazorat

8-14 mavzular bo'yicha test orqali	3,4,5 baho
MI. Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari bo'icha	

Yakuniy nazorat

Yakuniy nazorat uchun 3,4,5 baho ajratilgan, mavzular bo'yicha yozma yoki test topshiriqlari shaklida o'tkaziladi. Mavzular bo'yicha 100 ta test yoki yozma shaklda mavzular bo'yicha har bir variantda 5 tadan savol har biri 3,4,5 baho bilan baholanadi.

Foydalaniladigan asosiy darsliklar va o'quv qo'llanmalar ro'yxati

Asosiy darsliklar va o'quv qo'llanmalar

Asosiy adabiyotlar

1. Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera, David P. Dewitt. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Seventh edition. Copyright, 2011 by John Wiley & Sons, Inc.
2. Xudoyberdiyev T.S., Shaymardanov B.P., Abduraxmonov R.A., Xudoyorov A.N., Boltaboyev B.R. Issiqlik texnikasi asoslari. Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma, Cho'lpon nomidagi nashriyot- matbaa ijodiy uyi, Toshkent, 2008 - 215 b.
3. Рашидов Ю.К., Абуталиев Э.Б. Техник термодинамика. Олий ўқув юрларининг қурилиш мутахассисликлари учун ўқув қўлланма, ТАКИ, Тошкент, 2000. - 100 б.
4. Рашидов Ю.К., Абуталиев Э.Б. Иссиқлик масса алмашинуви. Олий ўқув юрларининг қурилиш мутахассисликлари учун ўқув қўлланма, ТАКИ, Тошкент, 2000. - 96 б.
5. Нурматов Ж. ва бошқалар. Иссиқлик техникаси. Олий ўқув юрлари талабалари учун ўқув қўлланма. –Т.:“Ўқитувчи”, 1998,- 256 б.
6. Zoxidov R.A. «Issiqlik texnikasi», «O'zbek faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti, 2010 yil, 160 bet.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Теплотехника: Учебн. для вузов /А.П.Баскаков, Б.В.Берг, О.К.Витт и др.; Под ред. А.П.Баскакова.- 2-е изд., перераб.-М.: Энергоатомиздат, 1991.- 224 с.: ил.
2. Панкратов Г.Н. Сборник задач по теплотехнике.- М.: Высш.шк., 1986.- 248 с., ил.
3. Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. - М., Машиностроение. 1991,- 376 с.
4. Краснощёков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче: Учеб. Пособие для вузов – 4-е изд., перераб. -М.: Энергия, 1991. - 288 с., ил.
5. Сафонов.А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с., ил.

Internet saytlari

1. www.press-service.uz
2. www.uza.uz
3. www.cxem.net
4. www.skif.biz
5. WWW.Ziyo.net