

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI
ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI

«Gidropnevmoyuritmalar» kafedrası



TERMODINAMIKA VA ISSIQLIK TEXNIKASI

Fanidan amaliy mashg'ulotlarni bajarishga oid

USLUBIY KO`RSATMA

Andijon – 2016 yil

“TASDIQLANGAN”

Andijon mashinasozlik instituti
Ilmiy-uslubiy Kengashida ko'rib
qilingan va ma'qullangan
Kengash raisi Q. Ermatov
“26” 08 2016 y.

“MA'QULDANGAN”

“Mashinasozlik” fakulteti Kengashida
muhojama qilingan va ma'qullangan
Kengash raisi B. Tojiboyev
“26” 08 2016 y.

“TAVSIYA ETILGAN”

“Gidropnevmoymoyuritmalar» kafedrasida
majlisida muhojama qilingan va tavsiya etilgan
Kafedra mudiri S. Maxmudov
(Kafedra majlisining 3-sonli bayonnomasi)
“25” 08 2016 y.

Taqrizchilar:

1. S. Maxmudov t.f.n. – “Gidropnevmoymoyuritmalar” kafedrasida mudiri.
2. A. Xojimatov t.f.n., dotsent – «Melioratsiya va GTI» kafedrasida dotsenti, AQXI.

Tuzuvchilar: Dotsent Q. Ermatov, assistent S. Haydarov, D. Eshonxo'jayev
«Issiqlik texnikasi», fanidan uslubiy ko'rsatma – AndMI, 2015y.

MUNDARIJA

1. Asosiy termodinamik xolat parametrlari.....	5
2. Ideal gazning xolat tenglamasi. Ideal gazlar aralashmalari.....	8
3. Gazlarning issiqlik sig'imi.....	13
4. Termodinamikaning 1- qonuni.....	16
5. Ideal gazlarning termodinamik jarayonlari.....	20
6. Aylanma jarayonlar. Karno sikli.....	24
7. Issiqlik almashinishi.....	28
8. Konvektiv va nurlanish issiqlik almashinishi.....	33
9. Issiqlik mashinalari sikllari.....	38

1. KIRISH

O'quv rejasiga ko'ra talabalar «Issiqlik texnikasi» fanidan amaliy mashg'ulot davomida masalalar yechimi bilan tanishadi.

Sanoat korxonalarida qo'llanilayotgan ko'pchilik texnologik jarayonlar issiqlik ajralib chiqishi, issiqlikdan yoki sovuqlikdan foydalanish Hisobiga amalga oshiriladi.

Barcha yo'nalish bakalavrlari o'zlarining amaliy faoliyatida korxonadagi issiqlik qurilmalari va ularda sodir bo'ladigan isitish yoki sovitish jarayonlaridan samarali foydalanishi zarur bo'ladi. Shuningdek ularni takomillashtirish, issiqlik sarfini kamaytirish va qo'shimcha energetik imkoniyatlarni aniqlab ishlab – chiqarishga joriy qilishi kerak bo'ladi.

Yo'nalishlar bo'yicha kasb – hunar kollejlarida ishlovchi bakalavrlar «Issiqlik texnikasi» fanidan nazariy va amaliy bilimlarga ega bo'lishlari lozim. Talabalar uslubiy ko'rsatmada keltirilgan masalalar yechimi bilan tanishadi va masalalarni variant bo'yicha mustaqil bajaradilar.

O'QUV MATERIALLARI

1 - AMALIY MASHG'ULOT.

ASOSIY TERMODINAMIK XOLAT PARAMETRLARI.

Nazariy ma'lumotlar

Ideal gazning holat tenglamasi

$$Pv = RT$$

bu yerda

R - gazning bosimi , Pa

v - gazning hajmi , m³/kg

R - gazning universal doimiysi j/ (mol. K).

T - gazning harorati, K

Mendeleev – Klapayron tenglamasi

$$pv = \frac{m}{\mu} RT$$

m - gazning massasi, kg

μ - gazning molyar massasi , kg /mol .

Ideal gazning ichki energiyasi

$$U = \frac{m}{\mu} * \frac{i}{2} RT$$

bu yerda i – gaz molekulasining erkinlik darajasi

U gazning molekulasining erkinlik darajasi.

Termodinamik ish

$$l = P(v_2 - v_1)$$

Real gazning holat tenglamasi .(1 mol gaz uchun)

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

5

Ixtiyoriy massadagi real gazning holat (Van - Der- Vaals) tenglamasi

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

MASALALAR YECHISH NAMUNALARI

1-Masala. Havoning simobli barometr bo'yicha 0°C dagi bosimi 770 mm ga teng. SHu bosimni bar da N/m^2 da ifodalang.

Echish: 1 bar=750 [mm.sim.ust]

$$\text{Demak, } 770 \text{ mm.sim.ust.} = \frac{770}{750} \text{ bar} = 1,027 \text{ bar} = 102700 [\text{n/m}^2]$$

2-Masala. Uglerod oksidini 0°C va 760 mm. sim.ust.dagi zichligi 1,251 kg/m^3 ga teng. SHu gazni $t=20^\circ\text{C}$ va $o=710$ mm.sim.ust dagi zichligini aniqlang.

Echish: Ideal holat tenglamasidan

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

Demak:

$$\rho_2 = 1,251 \frac{710}{760} \cdot \frac{273}{273 + 20} = 1,09 \text{ kg/m}^3$$

NAZORAT TOPSHIRIQLARI

1.Xavoning simobli barometr bo'yicha 20°C dagi bosimi 765mm ga teng. SHu bosimni barda ifodalang.

J: B=1,02 Bar.

2.Qozondagi bug'ning bosimi manometer bo'yicha $o=1,3$ bar gat eng. Atmosfera bosimi simobli barometr bo'yicha $t=25^\circ\text{C}$ da B=680mm gat eng.Bug'ning absolyut bosimini aniqlang.

J: $\rho_{\text{abs.}}=2,2$ bar.

3.Agar monometr ko'rsatishi 2,45 bar, atmosfera bosimi $t=20^\circ\text{C}$ da B=700mm.sim.ust gat eng bo'lsa, bug' qozondagi absolyut bosimni aniqlang.

J: $p = 3,38$ bar.

4. Barometrik bosim $B_1 = 725$ mm.sim.ustga teng bo'lganda bug' qozonidagi bosim $p = 0,4$ bar ga teng. Barometr ko'rsatishi $B_2 = 785$ mm.sim ust.ga ko'tarilsa, bug' qozondagi ortiqcha bosimni aniqlang. Barometrik bosim $^{\circ}\text{C}$ da keltirilgan.

J: $p = 0,32$ bar.

5. 1mm.sim.ust.ga qanday suv ustuni balandligi mos keladi?

J: $h = 13,6$ mm.sim.ust.

6. Kislorod ikki oksidni normal sharoitidagi zichligini va solishtirma hajmini aniqlang.

J: $\rho_n = 1,964$ kg /m³; $V_n = 0,509$ m³/kg

7. Kislorodni $p = 23$ bar va $t = 280^{\circ}\text{C}$ dagi solishirma hajmni aniqlang.

J: $V = 0,0625$ m³/kg

8. 1kmol gaz $p = 2$ mn /m² bosim va $t = 200^{\circ}\text{C}$ temoeraturada qanday hajmni egallaydi?

J: 1,97 m³/kmol

9. 10kmol azot normal sharoitda qanday hajmni egallaydi?

J: 224 m³.

10. Qanday temoeraturada 1kmol gaz $\rho_1 = 1$ kn/m² bosimda $V = 4$ m³ hajmni egallaydi?

J: $t = 208^{\circ}\text{C}$.

2 - AMALIY MASHG'ULOT.

IDEAL GAZNING HOLAT TENGLAMASI. GAZ ARALASHMALARI.

Nazariy ma'lumotlar

Ma'lumki, har qanday moddaning molekulari bir-birlari bilan doimiy ta'sirlashib, muntazam harakat qilib turadilar.

Ideal gaz deb molekulari o'zaro to'qnashmaydigan gazga aytiladi. Ideal gazning holat tenglamasini keltirib chiqarish uchun Boyle-Mariot va Gey-Lyussak qonunlaridan foydalanamiz. Massasi 1 kg ga teng bo'lgan gaz oldin izotermik kengayib, so'ng izobarik kengaysin.

$T = \text{const}$ bo'lganda:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ yoki } V_1 = \frac{V_2 P_2}{P_1}$$

$P = \text{const}$ bo'lganda:

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

Topilgan ifodalar uchun taqqoslasak quyidagini olamiz:

$$\frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{V_2 T_1}{T_2} \text{ yoki } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{const}$$

Bundan gazning absolyut bosimi bilan hajmi ko'paytmasining absolyut temperaturaga nisbati o'zgarmaydi, degan xulosa kelib chiqadi. 1 kg gaz uchun bu kattalik gaz doimiysi deyiladi va R harfi bilan belgilanadi.

$\frac{PV}{T} = R$ yoki $PV = RT$ bu tenglama Ideal gazning holat tenglamasi yoki Klaypeyron tenglamasi deyiladi.

$$|R| = \frac{PV}{T} = \frac{J}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$$

Gaz doimiysi R ning fizik ma'nosi 1 kg gazning 1° S isitilganda bajargan ishi sifatida qarash mumkin. M kg gaz uchun Klayperon tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$PV=mRT$$

1 mol ideal gaz uchun holat tenglamasi ya'ni Klayperon-Mendeleev tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$PV=MRT$$

Bu tenglamaga $MR=R_0$ qo'yib, va R_0 ni aniqlasak, universal gaz doimiysini hosil qilamiz:

$$R_0 = \frac{PVM}{T} \text{ normal sharoitda}$$

$P=1,0131510 \text{ n/m}$, $V_M=22,4 \text{ m/mol}$, $T=273 \text{ K}$ bo'lganda

$$R_0=8314 \frac{J}{mol.grad} \text{ bo'ladi.}$$

Bundan ayrim olingan gazning doimiysini aniqlashimiz mumkin.

$$R = \frac{8314}{\mu} \text{ yoki uglerod -II oksidi (CO}_2\text{) uchun } R_{CO_2} = \frac{8314}{28} = 296,5 \frac{J}{kg.grad}$$

Ma'lumki ish jismi ko'pincha bir necha gazlarning (komponentlarning) aralashmasidan iborat bo'ladi. Masalan, ichki yonuv dvigatellarida tarkibiga vodorod, uglerod ikki oksidi, azot, karbonat angidrid va suv bug'lari kiradigan yonish mahsulotlari ish jismi hisoblanadi. Gazlar aralashmalarining bosimlari ayrim komponentlar parsial bosimlarining yig'indisiga teng (Dalton qonuni):

$$P_n = \sum P_k$$

bu yerda P_n – gazlar aralashmasining bosimi

P_k – aralashmadagi k- chi komponentning parsial bosimi.

MASALALAR YECHISH NAMUNALARI

1-masala. Havoning bosimi 760 mm. simob ustuniga, azotning parsial bosimi 598,2 mm. simob ustuniga teng bo'lsa, havodagi kislorodning parsial bosimini aniqlang.

Yechish: Kislorodning parsial bosimi quyidagiga teng:

$$P_{O_2} = P_{ap} - P_{N_2} = 760 - 598,2 = 161,8 \text{ mm. simob ustuni.}$$

2-masala. 16 kg havoning bosimi $P = 0,24 \text{ MPa}$ va harorati $t = 36^\circ \text{C}$ bo'lgandagi hajmi topilsin.

Yechish: Quyidagi holat tenglamasidan:

$$PV = MRT$$

$$V = \frac{MRT}{P} = \frac{16 \cdot 287(36 + 273)}{0,24 \cdot 10^6} = 5,9 \text{ m}^3$$

$$\text{bu yerda} \quad R = \frac{8314}{\mu} = \frac{8314}{29} = 287 \text{ m/k g}^0 \text{S}$$

$$\mu = 29$$

3-masala. Hajmi 60 m^3 bo'lgan idishning ichidagi karbonat angidridning (CO_2) harorati $t = 17^\circ \text{S}$ va bosimi $P = 7,5 \text{ MPa}$ ga teng. Gazning massasini aniqlang.

Yechish: Holat tenglamasidan gazning massasini topamiz.

$$M = \frac{PV}{RT} = \frac{7,5 \cdot 10^6 \cdot 60}{189 \cdot 290}$$

$$\text{bu yerda:} \quad R = \frac{8314}{\mu} = \frac{8314}{44} = 189 \text{ J /kg}^0 \text{S}$$

$$\mu = 44$$

4-masala. Hajmi 45000 l , idish ichidagi gazning harorati $t = 17^\circ \text{S}$ va bosimi $P = 1,7 \text{ MPa}$ va massasi $M = 66 \text{ kg}$. Idish ichidagi gazning turini aniqlang.

Yechish

Idish ichidagi gazning turini uni molekulyar massasi yordamida aniqlash mumkin. Buning uchun holat tenglamasidan

$$\mu = \frac{8314 \cdot MT}{PV} = \frac{8314 \cdot 66 \cdot 279}{1,7 \cdot 10^6 \cdot 45} = 2$$

Demak idish ichidagi gazning turi vodorod ekan.

5-Masala. Tutun gazlarining tarkibi quyidagicha: $\text{CO}_2 = 5 \text{ kg}$, $\text{CO} = 2 \text{ kg}$, $\text{N}_2 = 13 \text{ kg}$.

Yechish: Aralashmaning umumiy massasi $m = 5 + 2 + 13 = 20 \text{ kg}$.

Komponentlarning massaviy ulushlari:

$$g_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{m} = \frac{5}{20} = 0,25$$

$$g_{\text{CO}} = \frac{m_{\text{CO}}}{m} = \frac{2}{20} = 0,1$$

$$g_{N_2} = \frac{m_{N_2}}{m} = \frac{13}{20} = 0,65$$

6-masala. Gazlarning aralashmasini massaviy tarkibi quyidagilardan iborat:

$H_2=8,4\%$,

$CO_2=17\%$, $O_2= 48\%$, $N_2= 26,6\%$. Uning gaz doimiysi, tuyulma molekulyar massasi va hajmiy ulushlari topilsin.

Yechish

1. Aralashmaning gaz doimiysini quyidagi formuladan aniqlaymiz.

$$R_{ap} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot R_i$$

$$R_{ap} = m_{H_2} \cdot R_{H_2} + m_{CO_2} \cdot R_{CO_2} + m_{N_2} \cdot R_{N_2} = 0,084 \frac{8314}{2} + 0,17 \frac{8314}{44} + 0,48 \frac{8314}{32} + 0,266 \frac{8314}{28} = 584,2 J, kg^0 S$$

$$\mu_{H_2} = 2, \mu_{CO_2} = 44, \mu_{O_2} = 32, \mu_{N_2} = 28$$

1. Aralashmaning tuyulma molekulyar massasini quyidagi formuladan aniqlaymiz.

$$\mu_{ap} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\mu_i}} = \frac{1}{\frac{m_{H_2}}{\mu_{H_2}} + \frac{m_{CO_2}}{\mu_{CO_2}} + \frac{m_{O_2}}{\mu_{O_2}} + \frac{m_{N_2}}{\mu_{N_2}}} = \frac{1}{\frac{0,084}{2} + \frac{0,17}{44} + \frac{0,48}{32} + \frac{0,266}{28}} = 14,3$$

3. Aralashmaning hajmiy ulushlarini quyidagi formuladan aniqlaymiz.

$$r_i = \frac{\frac{m_i}{\mu_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\mu_i}}$$

$$r_{H_2} = \frac{\frac{0,084}{2}}{\frac{0,084}{2} + \frac{0,17}{44} + \frac{0,48}{32} + \frac{0,266}{28}} = 0,597$$

$$r_{co_2} = \frac{\frac{0,17}{44}}{\frac{0,084}{2} + \frac{0,17}{44} + \frac{0,48}{32} + \frac{0,266}{28}} = 0,055$$

$$r_{o_2} = \frac{\frac{0,48}{32}}{\frac{0,084}{2} + \frac{0,17}{44} + \frac{0,48}{32} + \frac{0,266}{28}} = 0,213$$

$$r_{N_2} = \frac{\frac{0,266}{28}}{\frac{0,084}{2} + \frac{0,17}{44} + \frac{0,48}{32} + \frac{0,266}{28}} = 0,135$$

3 - AMALIY MASHG'ULOT.

GAZLARNING ISSIQLIK SIG'IMI.

Nazariy ma'lumotlar

Jismning temperaturasini bir gradusga o'zgartirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori jismning issiqlik sig'imi deyiladi:

$$C_x = \frac{\delta q}{\delta t} \quad (1)$$

Bu nisbat jismning t - temperaturadagi haqiqiy issiqlik sig'imini ifodalaydi. Izoxorik protsessda berilgan barcha issiqlik temperatura va bosimni o'rtasiga sarflanadi. Izobarik protsessda esa gazga berilgan issiqlikning bir qismi gaz temperaturasining ko'tarilishiga, ikkinchi qismi tashqi ish bajarishga sarflanadi. Demak, bir gazning o'zini bir xil sharoitda bir xil temperaturagacha qizdirilganda izobarik protsessda, izoxorik protsessdagiga qaraganda ko'proq issiqlik sarflash kerak bo'ladi. SHuning uchun $S_p > S_v$ bo'ladi. ular orasidagi miqdoriy bog'liqlik Mayer tenglamasiga ko'ra aniqlanadi:

$$C_p - C_v = R \quad (2)$$

Termodinamikada izobarik va izoxorik issiqlik sig'imlarining nisbati keng qo'llaniladi, K harfi bilan belgilanib-adiabata ko'rsatgichi deyiladi:

$$K = C_p / C_v$$

Agar O dan t , $^{\circ}C$ gacha oraliqdagi issiqlik sig'imi jadvallarda berilgan bo'lsa, o'rtacha issiqlik sig'imi quyidagi tenglikdan topilishi mumkin:

$$C_x = \frac{C_x \int_0^{t_2} dt - C_x \int_0^{t_1} dt}{t_2 - t_1} \quad \text{Agar aralashmaning tarkibi gazning massasi}$$

bo'yicha berilgan bo'lsa:

$$C_{ap} = C_{x_1} \cdot g_1 + C_{x_2} \cdot g_2 + \dots + C_{x_n} \cdot g_n = \sum_{i=1}^n C_{x_i} \cdot g_i \quad (3)$$

Agar aralashmaning tarkibi hajmiy ulushlarda berilgan bo'lsa:

$$C_{ap} = C_{x_1} \cdot r_1 + C_{x_2} \cdot r_2 + \dots + C_{x_n} \cdot r_n = \sum_{i=1}^n C_{x_i} \cdot r_i \quad (4)$$

bu yerda:

C_i -aralashma komponentining massaviy issiqlik sig'imi;

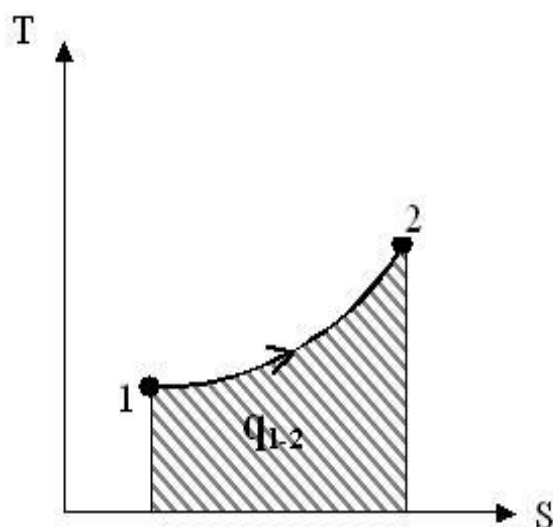
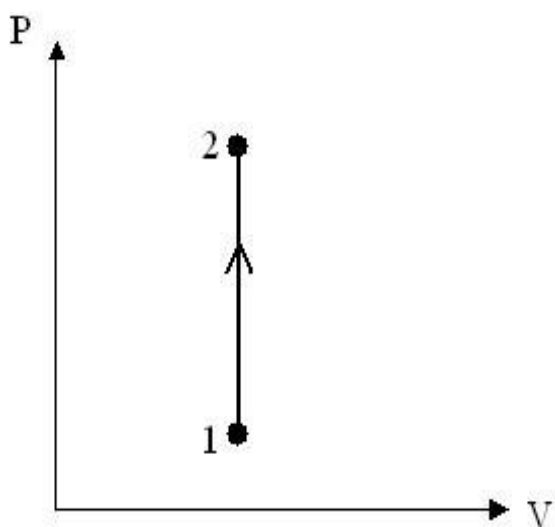
g_i -aralashma komponentning massaviy ulushi;

r_i - aralashma komponentning hajmiy ulushi.

MASALALAR YECHISH NAMUNALARI

1-Masala. Sig'imi $V=2 \text{ m}^3$ bo'lgan idishda massaviy tarkibi $\text{CO}_2=35\%$ karbonat angidrid, $\text{N}_2=60\%$ azot va $\text{O}_2=5\%$ kislorod gazlaridan iborat aralashmaning bosimi $P_1=0,6 \text{ MPa}$ va temperaturasi $t_1=50^\circ\text{S}$. Gazlar aralashmasi o'zgarmas bosimda $t_2=140^\circ\text{S}$ temperaturagacha qizitilmoqda. Gazlar aralashmasining solishtirma gaz doimiysini, massasini va gazni qizdirishga sarflangan issiqlik miqdorini aniqlang.

Yechish:



Aralashmaning gaz doimiysi:

$$R = g_{\text{CO}_2} \cdot R_{\text{CO}_2} + g_{\text{N}_2} \cdot R_{\text{N}_2} + g_{\text{O}_2} \cdot R_{\text{O}_2} = 0,35 \cdot 189 + 0,6 \cdot 296,8 + 0,05 \cdot 259,8 = 257,2 \text{ } \mathcal{K}/(\kappa\mathcal{Z} \cdot \kappa)$$

$$\text{Massasi: } m = \frac{P_1 \cdot V}{RT_1} = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 2}{257,2 \cdot 323} = 14,4 \text{ } \kappa\mathcal{Z}$$

bu yerda: $T_1 = t_1 + 273 = 50 + 273 = 323 \text{ K}$.

Gazlar aralashmasining issiqlik sig'imi:

$$C_p = \sum_{i=1}^n g_i \cdot \frac{C_p \int_0^{t_2} t_2 - C_p \int_0^{t_1} t_1}{t_2 - t_1} = 0,35 \cdot \frac{0,89 \cdot 140 - 0,819 \cdot 50}{140 - 50} + 0,6 \cdot \frac{1,0328 \cdot 140 - 1,03 \cdot 50}{140 - 50} + 0,05 \cdot \frac{0,93 \cdot 140 - 0,92 \cdot 50}{140 - 50} = 0,992 \frac{\kappa\mathcal{K}}{(\kappa\mathcal{Z} \cdot \kappa)}$$

Gazni qizdirishga issiqlik sarfi:

$$Q = mC_p(t_2 - t_1) = 14,4 \cdot 0,992(140 - 50) = 1285 \text{ } \kappa\mathcal{K}$$

2-masala. Issiqlik sig'imini haroratga bog'liq ravishda o'zgarishi chiziqli bo'lmagan holat uchun, o'zgarmas bosim ostida, tarkibi $r_{CO_2} = 0,145$, $r_{O_2} = 0,065$, $r_{N_2} = 79,0\%$ bo'lgan $1m^3$ gazlarning aralashmasini 200^0S dan 1200^0S gacha qizdirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori topilsin.

Yechish

Qizdirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori quyidagi tenglamadan topiladi.

$$q_p = C'_{pm_2ap} \cdot t_2 - C_{pm_1ap} t_1 = \sum_{i=1}^n C_{pm_2i} r_i t_2 - \sum_{i=1}^n C_{pm_1i} \cdot r_i \cdot t_1 = (C_{pm_2CO_2} + C_{pm_2O_2} \cdot r_{O_2} + C_{pm_2N_2} \cdot r_{N_2}) \cdot t_2 - (C_{pm_1CO_2} \cdot r_{CO_2} + C_{pm_1O_2} \cdot r_{O_2} + C_{pm_1N_2} \cdot r_{N_2}) \cdot t_1;$$

Bu tenglamaga ilovada berilgan 4,5 va 8 jadvallardan issiqlik sig'implarining qiymatlarini quysak, kerak bo'lgan issiqlik miqdori topiladi.

$$q_p = (2,2638 \cdot 0,145 + 1,5005 \cdot 0,065 + 1,4202 \cdot 0,79) \cdot 1200 - (1,7373 \cdot 0,145 + 1,3352 \cdot 0,065 + 1,3038 \cdot 0,79) \cdot 200 = 1582 kJ / m^3$$

NAZORAT TOPSHIRIQLARI

Sig'imi $V=2m^3$ bo'lgan idishda massaviy tarkibi: O_2 , CO va N_2 kislorod gazlaridan iborat aralashmaning bosimi $R_1=0,6$ MPa va temperaturasi t_1 bo'lib, u o'zgarmas bosimda t_2 temperaturagacha qizimoqda. Aralashmaning gaz doimiysini, massasi va qizdirishga sarflangan issiqlik miqdorini aniqlang.

Variant		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t ₁ , °C		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
t ₂ , °C		110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Gazlar	O ₂	20	10	25	40	70	50	30	20	30	40
	CO	30	50	25	40	20	30	30	50	10	30
	N ₂	50	40	50	20	10	20	40	30	60	30

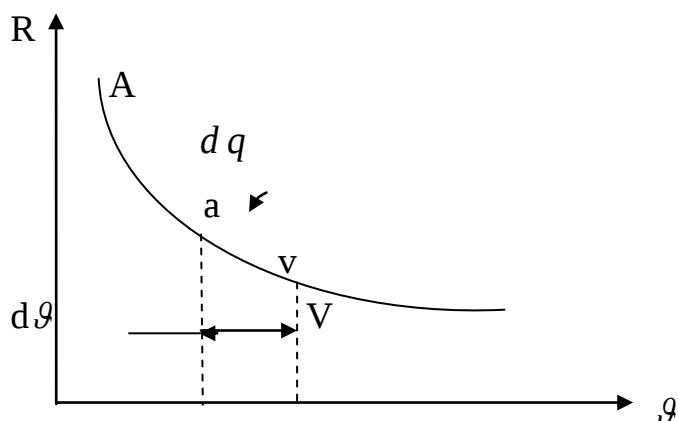
4 - AMALIY MASHG'ULOT.

TERMODINAMIKANING 1- QONUNI.

Nazariy ma'lumotlar

Termodinamikaning birinchi bosh qonuni issiqlik - harakat muhim o'rin tutadigan sistemalar uchun energiyani saqlanish va aylanish qonunining tatbiqidir.

Agar 1 kg ishchi jism AV-termodinamik protsessni amalga oshirib (3.4-rasm), a-v elementar uchastkada cheksiz kichik energiyani-dq issiqlik miqdori shaklida uzatsa, uning temperaturasi va hajmi mos ravishda cheksiz kichik miqdor dT va dV ga o'zgaradi.



4.1-рasm.

Jism temperaturasi dT ga ortganda molekulalar harakati tezligi va uning ichki kinetik energiyasi ortadi. Jism hajmi dV ga ortganda molekulalar orasidagi masofa uzoklashadi, bu uning ichki potentsial energiyasini ortishiga olib keladi.

Ichki kinetik va potentsial energiyani o'zgarishi jismning solishtirma ichki energiyasi du ning to'liq o'zgarishiga teng. Hajm dV ga ortganida ishchi jism tashqi kuchlarga qarshi dl ish bajaradi.

U holda energiyani saqlanish va aylanish qonuniga ko'ra:

$$dU = dq - dl; \quad U_2 - U_1 = q_{1-2} - l_{1-2} \quad (4.1)$$

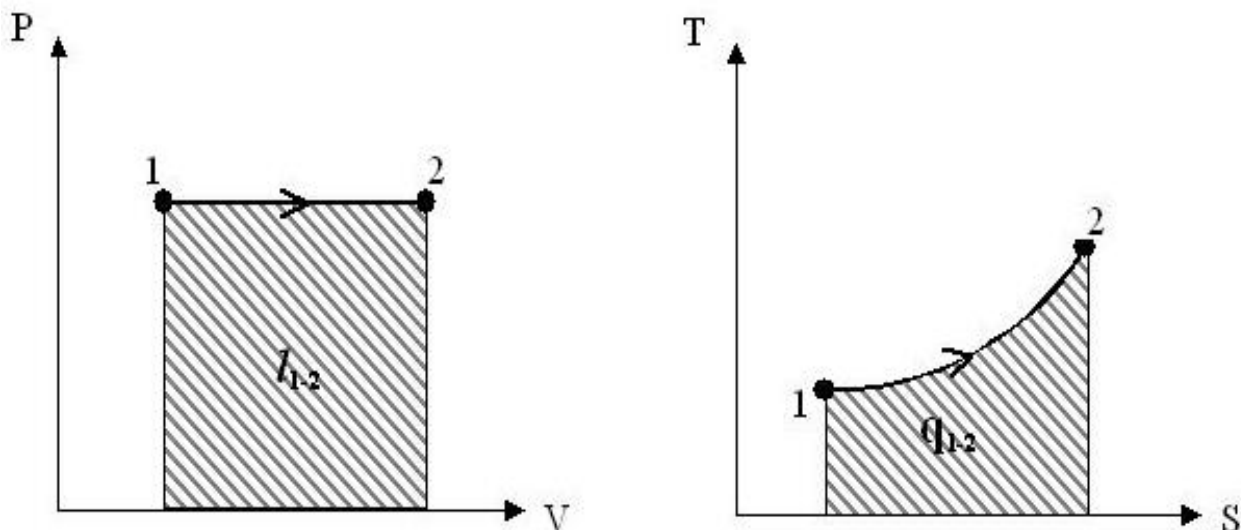
yoki qaytar protsesslar uchun :

$$dq = du + dl; \quad q_{1-2} = U_2 - U_1 + \int_{g_1}^{g_2} P dg \quad (4.2).$$

MASALALAR YECHISH NAMUNALARI

1-Masala. Massasi $m = 2$ kg bo'lgan azot gazi o'zgarmas $P_1 = 0,3$ MPa bosimda kengaymoqda va uning temperaturasi $t_1 = 100$ °C dan $t_2 = 300$ °C gacha oshmoqda. Azot gazining oxirgi hajmini, bajarilgan ishini va berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

Yechish:



Azotning solishtirma gaz doimiysi:

$$R_{N_2} = \frac{R_0}{\mu_{N_2}} = \frac{8314}{28,02} \approx 297 \quad \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Azotning boshlang'ich hajmini holat tenglamasidan aniqlaymiz:

$$V_1 = \frac{m R_{N_2} T_1}{P_1} = \frac{2 \cdot 297 \cdot 373}{0,3 \cdot 10^6} = 0,74 \text{ m}^3$$

Gey – Lyussak qonunidan gazning oxirgi hajmini aniqlaymiz:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 0,74 \cdot \frac{573}{373} = 1,14 \text{ m}^3$$

Gazni kengayishida bajargan ishi:

$$L = P(V_2 - V_1) = 0,3 \cdot 10^6 (1,14 - 0,74) = 120 \text{ kJ}$$

O'rtacha massaviy izobarik issiqlik sig'imini aniqlaymiz:

$$\bar{C}_p = \frac{C_p|_{t_2} \cdot t_2 - C_p|_{t_1} \cdot t_1}{t_2 - t_1} = \frac{1,0488 \cdot 300 - 1,0404 \cdot 100}{300 - 100} = 1,05 \quad \frac{\kappa\mathcal{K}}{\kappa\mathcal{Z} \cdot K}$$

Gazga berilgan issiqlik miqdori:

$$Q_{1-2} = m\bar{C}_p(t_2 - t_1) = 2 \cdot 1,05(300 - 100) = 420 \quad \kappa\mathcal{K}$$

2-Masala. Sig'imi 40 l bo'lgan ballondagi vodorodning ortiqcha bosimi qizdirish natijasida 100 bar. dan 152 bar. gacha ortganda vodorod tomonidan olingan issiqlik miqdorini, temperaturasi va ichki energiyasi o'zgarishini aniqlang. Barometrik bosim $R = 750$ mm.sim.ust., boshlang'ich temperatura $t_1 = 17^\circ\text{C}$.

Yechish:

Atmosfera bosimini Pa.da ifodalaymiz:

$$R_a = 750 \cdot 133,322 = 99990 \text{ Pa} \approx 10^5 \text{ Pa}$$

Qizdirishdan oldingi va keyingi absalyut bosim:

$$P_1 = P_a + P_1^{opm} = 10^5 + 100 \cdot 10^5 = 101 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_2 = P_a + P_2^{opm} = 10^5 + 152 \cdot 10^5 = 153 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

SHarl qonuniga ko'ra:

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{P_2}{P_1} = 290 \cdot \frac{153 \cdot 10^5}{101 \cdot 10^5} = 439 \text{ K}$$

Holat tenglamasidan vodorodning massasini aniqlaymiz:

$$m = \frac{P_1 V}{RT_1} = \frac{101 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{4124,3 \cdot 290} = 0,34 \quad \kappa\mathcal{Z}$$

Vodorod tomonidan olingan issiqlik miqdori:

$$Q = mC_g(T_2 - T_1) = 0,34 \cdot 9,926(439 - 290) = 503 \quad \kappa\mathcal{K}$$

bu yerda: C_g – vodorodning izoxorik issiqlik sig'imi.

$$C_g = C_p - R = 14,05 - 4,124 = 9,926 \quad \frac{\kappa\mathcal{K}}{\kappa\mathcal{Z} \cdot K}$$

Izoxorik protsessda ish bajarilmaydi va $L = 0$

$$Q = \Delta U + L \text{ ga ko'ra}$$

Vodorodning ichki energiyasining o'zgarishi:

$$Q = \Delta U; \quad \Delta U = Q = 503 \quad \kappa\mathcal{K}$$

NAZORAT TOPSHIRIQLARI

Massasi 2 kg bo'lgan gaz o'zgarmas 0,3 MPa bosimda kengaymoqda va uning temperaturasi t_1 dan t_2 gacha oshmoqda. Gazning oxirgi hajmini, bajarilgan ishni va berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

Variant	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_1, ^\circ\text{C}$	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
$t_2, ^\circ\text{C}$	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
Gaz	O ₂	Havo	CO	CO ₂	SO ₂	N ₂	O ₂	Havo	CO	CO ₂

Sig'imi V_1 bo'lgan ballondagi gazning ortiqcha bosimi qizdirish natijasida 100 bar. dan 152 bar. gacha ortganda gaz tomonidan olingan issiqlik miqdorini, temperaturasi va ichki energiyasi o'zgarishini aniqlang. Barometrik bosim $R=750$ mm.sim.ust. va boshlang'ich temperaturasi t_1 .

Variant	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_1, l	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$t_1, ^\circ\text{C}$	10	12	15	17	20	23	25	27	30	37
Gaz	N ₂	O ₂	CO	CO ₂	SO ₂	N ₂	O ₂	CO	CO ₂	SO ₂

5 - AMALIY MASHG'ULOT.

IDEAL GAZLARNING TERMODINAMIK JARAYONLARI

Izobar Izoxor, Izotermik, Adiabatik va Politropik Jarayonlar

Nazariy ma'lumotlar

Ma'lumki termodinamik jarayonlarni quyidagilar tashkil etadi:

I. **Izoxorik jarayon** ($V=\text{const}$). Bunda gazning ichki energiyasining o'zgarishi: $du=c_vdT$ ёки $U_2-U_1=du=C_v (T_2-T_1)$, kJ/kg. Gazning kengayishda bajargan ishi: $dl=PdV$ yoki $l=\int_1^2 PdV$, $V=\text{const}$ bo'lgani uchun $PdV=0$ va $l=0$. Entropiyaning o'zgarishi: $dS=dq/T$ yoki $q=C_v(T_2-T_1)$, $dq=C_v dT$; $dS=\frac{dE}{T}=\frac{C_v dT}{T}$; $\int_1^2 dS=\int_1^2 C_v \frac{dT}{T}$; $S_2-S_1=\Delta S=C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$, kJ/kg.k.

Izoxoraviy jarayonni TS diagrammasi logarifmik egri chiziq shaklida bo'ladi.

II. **Izobarik jarayon** ($P=\text{const}$). Ichki energiyaning o'zgarishi: $du=C_vdT$, $U_2-U_1=C_v (T_2-T_1)$ kJ/kg. Gazning bajargan ishi $dl=pdv$ $l=p(V_2-V_1)$, entropiya o'zgarishi: $ds=\frac{dq}{T}=\frac{C_p dT}{T}$; $S_2-S_1=\Delta S=C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$, kJ/kg.k

III. **Izotermik jarayon** ($T=\text{const}$). Ichki energiyaning o'zgarishi $dU=C_vdT$, $T=\text{const}$ bo'lgani uchun $dT=0$ yoki $U_2-U_1=0$ energiya o'zgarishi: $dS=\frac{dq}{T}=\frac{dl}{T}=\frac{pdV}{T}$

IV. **Adiabatik jarayon**. Bu jarayonda tashqi muhit bilan issiqlik almashilmaydi, ya'ni $q=0$. Hamma tez kechadigan jarayonlar shartli ravishda adiabatik jarayon deb qabul qilinadi.

Jarayon tenglamasi: $PV_K=\text{const}$, bunda $K=C_p/C_v$ ya'ni K adiabatik ko'rsatkichi.

Ichki energiya o'zgarishi: $q=dn+pdV$, bunda $q=0$ bo'lgani uchun $dU+pdV=0$, $dU=-pdV$. Entropiya o'zgarish $\Delta S=0$.

Adiabatik jarayonda entropiya o'zgarish bo'ladi yoki buni izoentropiyali jarayon deyiladi.

V. **Politronik jarayon** ($PV^n=\text{const}$). Boshqa ko'rib utilgan jarayonlar politronik jarayonni xususiy holi hisoblanadi. Masalan: $n=0$ da politronik jarayon izobarik jarayonga, $n=\infty$ da izoxorik jarayonga, $n=1$ da izotermik, $n=K$ da esa adiabatik jarayonga aylanadi.

1-masala. Boshlang'ich parametrlari $P_1=6,8 \text{ MPa}$ va $t_1=12^0\text{S}$ bo'lgan $V=300\text{l}$ hajmdagi karbonat angidrid (CO_2) $t_2=85^0 \text{ S}$ gacha qizdirilgan.

Gazning keyingi bosimini, massasini va qizdirish uchun sarflangan issiqlik miqdorini izoxorik va izobarik jarayonlar uchun aniqlang. $C=\text{const}$ deb qabul qiling.

Yechish

a) Izoxorik jarayon uchun gazning keyingi bosimi.

$$P_2 T_1 = P_1 T_2 ;$$
$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{6,8 \cdot 358}{285} = 8,55 \text{ MPa}$$

Karbonat angidridning massasini ideal gazlarning holat tenglamasidan aniqlaymiz.

$$P_1 V_1 = M R T_1$$

$$M = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{6,8 \cdot 10^6 \cdot 300 \cdot 10^{-3}}{189 \cdot 285} = 38 \text{ kg}$$

Sarflangan issiqlik miqdori

$$Q_v = M C_v (t_2 - t_1) = 38 \cdot 0,66(85 - 12) = 1834 \text{ kJ}$$

$$C_v = \frac{\mu c_v}{\mu} = \frac{29,31}{44} = 0,66 \text{ kJ / kg} \cdot ^0 \text{ S}$$

b) Izobarik jarayon uchun

Bu jarayonda $P=\text{const}$ bo'lgan uchun

$$P_2 = P_1 = 6,8 \text{ MPa}$$

gazning miqdori ham o'zgarmaydi

$$M = 38 \text{ kg.}$$

Sarflangan issiqlik miqdori

$$Q_p = M C_p (t_2 - t_1) = 38 \cdot 0,86(85 - 12) = 2380 \text{ kJ}$$

$$C_p = \frac{\mu C_p}{\mu} = \frac{37,68}{44} = 0,86 \text{ kJ / kg} \cdot ^0 \text{ S}$$

2-masala. Massasi $M=115 \text{ kg}$, boshlang'ich parametrlari $P_1 = 3,7 \text{ MPa}$ va $t_1=50^0\text{S}$ bo'lgan vodorod $P_2 = 0,25 \text{ MPa}$ gacha kengaygan. Izotermik va adiabatik kengayish jarayonlari uchun vodorodning oxirgi parametrlarini, issiqlik miqdorini, bajarilgan ishni va ichki energiyaning j o'zgarishini aniqlang.

Yechish:

a) Izometrik jarayon uchun

Bu jarayonda $T = \text{const}$ bo'lgani uchun

$$T_2 = T_1 = 50^\circ\text{S}$$

Ideal gazlarning holat tenglamasidan vodorodning keyingi hajmini aniqlaymiz.

$$V_2 = \frac{MRT_2}{P_2} = \frac{115 \cdot 4157 \cdot 323}{0,25 \cdot 10^6} = 617 \text{ m}^3$$

Vodorodni qizdirish uchun sarflangan issiqlik miqdori

$$Q = MRT_2 \cdot \ln \frac{P_1}{P_2} = 115 \cdot 4157 \cdot 323 \ln \frac{37}{0,25} = 42,7 \cdot 10^7 \text{ J} = 424 \text{ MJ}$$

Bajarilgan ish

$$Z = Q = 424 \text{ MJ.}$$

Izometrik jarayonda $T_1 = T_2$ bo'lgan uchun ichki energiyaning o'zgarishi

$$\Delta U = C_v(T_2 - T_1) = 0$$

b) Adiabatik jarayon uchun

Vodorodning keyingi harorati

$$T_2 = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 323 \left(\frac{0,25}{3,7} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 150 \text{ K}$$

$$\text{Hajmi } V_2 = \frac{MRT_2}{P_2} = \frac{115 \cdot 4157 \cdot 150}{0,25 \cdot 10^6} = 287 \text{ m}^3$$

Adiabatik jarayonda $Q=0$

Ichki energiyaning o'zgarishi

$$\Delta U = -Z = -\frac{MR}{k-1}(T_1 - T_2) = \frac{115 \cdot 4157}{1,4-1}(323 - 159) = -20,8 \cdot 10^7 \text{ J} = -208 \text{ MJ.}$$

3-masala. Harorati $t_1 = 24^\circ\text{S}$ massasi 1 kg havo politropik jarayonda holat o'zgarish natijasida bosimi $P_2 = 2,4 \text{ MPa}$ va ichki energiyasining o'zgarishi $\Delta U = 30 \text{ kJ/kg.ga}$ teng bo'ladi. Bunda $L = -52 \text{ kJ/kg}$ miqdorda ish sarflandi.

Shu jarayon uchun politropik ko'rsatgichini, havoning avvalgi va keyingi parametrlarini entropiya va entalpiyalari o'zgarishini aniqlang.

Yechish:

Ichki energiyaning o'zgarish tenglamasidan

$$\Delta U = C_v(T_2 - T_1)$$

Jarayon ohiridagi havoning haroratini topamiz.

$$T_2 = \frac{\Delta U}{C_v} + T_1 = \frac{30}{0,72} + 297 = 339 \text{ K}$$

bu yerda

$$C_m = \frac{\mu c_m}{\mu} = \frac{20,93}{29} = 0,72 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot ^\circ \text{S}$$

$$\mu c_m = \frac{20,93}{29} = 0,72 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot ^\circ \text{S}$$

$$\mu c_v = 20,93$$

Ish tenglamasidan

$$L = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2)$$

politrop ko'rsatgichini aniqlaymiz.

$$n = \frac{R}{L} (T_1 - T_2) + 1 = \frac{0,287}{-52} (297 - 339) + 1 = 1,23.$$

$$\text{bu yerda } R = \frac{8314}{\mu} = \frac{8314}{29} = 287 \text{ J} / \text{kg}^\circ \text{S} = 0,287 \text{ kJ} / \text{kg}^\circ \text{S}.$$

Havoning avvalgi bosimini quyidagi tenglamadan topamiz.

$$\left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{n-1}} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{n-1}}} = \frac{2,4}{\left(\frac{339}{297} \right)^{\frac{1,23}{1,23-1}}} = 1,2 \text{ MPa}$$

Havoning avvalgi solishtirma hajmi.

$$V_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 297}{1,2 \cdot 10^6} = 0,081 \text{ m}^3 / \text{kg}.$$

Keyingi solishtirma hajmi

$$V_2 = \frac{RT_2}{P_2} = \frac{287 \cdot 339}{2,4 \cdot 10^6} = 0,041 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

Politropik jarayonda entropiyaning o'zgarishi;

$$\Delta S = C_v \frac{n-k}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1} = 0,72 \frac{1,23-1,4}{1,23-1} \ln \frac{339}{297} = -0,07 \text{ kJ} / \text{kg}^\circ \text{S}$$

Entalpiyaning o'zgarishi

$$\Delta h = C_p (T_2 - T_1) = 1,01 (339 - 297) = 42,5 \text{ kJ} / \text{kg}$$

bu yerda

$$C_p = \frac{\mu c_p}{\mu} = \frac{29,31}{29} = 1,01 \text{ kJ} / \text{kg}^\circ \text{S}$$

$$\mu c_p = 29,31$$

6 - AMALIY MASHG'ULOT.

AYLANMA JARAYONLAR. KARNO SIKLI.

Nazariy ma'lumotlar

Termodinamikaning ikkinchi qonuni energiyaning bir turdan boshqa turga aylanadigan shart sharoitlarni o'rganadi. Bu qonun fizikaviy jismlarda issiqlikning o'z - o'ziga tarqalish orosseslari uchun muayyan miqdoriy nisbatlarni belgilab beradi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni matemaik ifodasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$dS \geq \frac{dQ}{T}$$

bu erda: dS –sistema entropiyasining cheksiz kichik miqdorga ortishi.

dQ –sistemani issiqlik manbaidan olgan cheksiz kichik issiqlik miqdori.

T –issiqlik manbaini absolyut temperaturasi.

Tengsizlik belgisi qaytmas orosseslar uchun, tenglik belgisi qaytar orosseslar uchun taaliqli.

Umumiy holda: $dQ = T \cdot dS$

$$dQ = dU + odV \quad TdS = dU + odV \quad \text{etiborga olib,}$$

Ideal gaz entropiyasi

Qaytar orosseslar uchun asosiy tenglama:

$$dS = \frac{dq}{T}$$

Gazlar uchun normal sharoitda ($t = 0^\circ\text{C}$; $p = 700\text{mm.sim.ust}$) entropiya 0 ga teng.

Issiqlik sig'imi o'zgaruvchan bo'lganda :

$$\rho = q_v l_n \frac{T}{273} + R l_n \frac{v}{v_H} + e(T - 273)$$

$$\rho = Q_o l_h \frac{T}{273} - R l_h \frac{P}{P_H} + e(T - 273)$$

$$\rho = Q_v l_h \frac{P}{P_H} + Q_p l_h \frac{v}{v_H} + e(T - 273)$$

Issiqlik sig'imi o'zgarmas bo'lganda:

$$\rho = C_v l_h \frac{T}{273} + R l_h \frac{v}{v_H}$$

$$\rho = C_v l_n \frac{T}{273} - R l_n \frac{p}{p_H}$$

$$\rho = C_v l_n \frac{p}{p_H} + C_p l_n \frac{v}{v_H}$$

Entropiyaning o'zgarishi: ρ

Issiqlik sig'imim o'zgaruvchan bo'lganda:

$$\rho_2 - \rho_1 = Q_v l_n \frac{T_2}{T_1} + R l_n \frac{v_2}{v_1} + \epsilon(T_2 - T_1)$$

$$\rho_2 - \rho_1 = Q_o l_n \frac{T_2}{T_1} - R l_n \frac{p_2}{p_1} + \epsilon(T_2 - T_1)$$

$$\rho_2 - \rho_1 = Q_v l_n \frac{p_2}{p_1} + Q_p l_n \frac{v_2}{v_1} + \epsilon(T_2 - T_1)$$

Issiqlik sig'irimim o'zgaras bo'lganda:

$$\rho_2 - \rho_1 = c_v l_n \frac{T_2}{T_1} + R l_n \frac{v_2}{v_1}$$

$$\rho_2 - \rho_1 = c_o l_n \frac{T_2}{T_1} - R l_n \frac{p_2}{p_1}$$

$$\rho_2 - \rho_1 = c_v l_n \frac{T_2}{T_1} + C_p l_n \frac{v_2}{v_1}$$

Termodinamik orosseslar uchun ($C = \text{const}$) entropiyani o'zgarishi:

$$\rho_2 - \rho_1 = c_v \cdot l_n \frac{T_2}{T_1}$$

$$\rho_2 - \rho_1 = c_o \cdot l_n \frac{T_2}{T_1}$$

$$\rho_2 - \rho_1 = R l_n \frac{v_2}{v_1} = R l_n \frac{p_1}{p_2}$$

$$\rho_2 - \rho_1 = c_v \frac{m-k}{m-1} l_n \frac{T_2}{T_1}$$

Maksimal foydali ish:

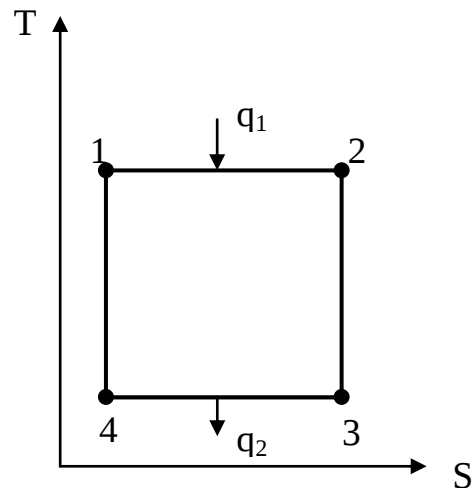
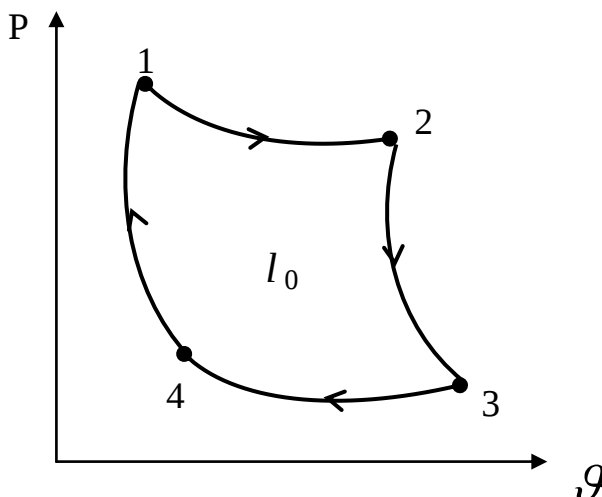
$$L_{\max(\text{foy})} = u_1 - u_2 - T_0(\rho_1 - \rho_2) - o_0(v_2 - v_1)$$

Yoki

$$L_{\max(\text{foy})} = L_{\text{ad}} - L_{\text{iz}} - o_0(v_2 - v_1)$$

1-Masala. Parametrlari: $R_1=1,0$ MPa; $T_1=523$ K; $P_3=0,12$ MPa; $T_3=303$ K; bo'lgan Karno siklini hisoblang. Ishchi jism 1 kg havo. TSiklni PV va TS - diagrammalarda tasvirlang.

Yechish:



Havoning boshlang'ich solishtirma hajmi:

$$g_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 523}{1 \cdot 10^6} = 0,15 \quad \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

2- nuqta: $T_2 = T_1 = 523 \text{ K}$; 2-3 adiabat tenglamasi:

$$\frac{P_2}{P_3} = \left(\frac{T_2}{T_3}\right)^{\frac{k}{k-1}} = \left(\frac{523}{303}\right)^{\frac{1,4}{1,4-1}} = 6,8$$

$P_2 = 6,8 \cdot 0,12 = 0,82 \text{ MPa}$ 1-2 izoterma tenglamasi:

$$g_2 = \frac{P_1 g_1}{P_2} = \frac{1,0 \cdot 0,15}{0,82} = 0,183 \quad \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

3-nuqta: $P_3 = 0,12 \text{ MPa}$; $T_3 = 303 \text{ K}$

$$g_3 = \frac{RT_3}{P_3} = \frac{287 \cdot 303}{0,12 \cdot 10^6} = 0,73 \quad \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

4-nuqta: $T_4 = T_3 = 303 \text{ K}$ 4-1 adiabat

$$\frac{P_1}{P_4} = \left(\frac{T_1}{T_4}\right)^{\frac{k}{k-1}} = \left(\frac{523}{303}\right)^{\frac{1,4}{1,4-1}} = 6,8$$

$$P_4 = \frac{P_1}{6,8} = \frac{1,0}{6,8} = 0,15 \text{ MPa}$$

3-4 izotermadan:

$$g_4 = \frac{P_3 \cdot g_3}{P_4} = \frac{0,12 \cdot 0,73}{0,15} = 0,58 \quad \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Siklning termik f.i.k.

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_3}{T_1} = \frac{523 - 303}{523} = 0,42$$

Berilgan solishtirma issiqlik miqdori:

$$q_1 = RT_1 \ln \frac{g_2}{g_1} = 0,287 \cdot 523 \ln \frac{0,183}{0,15} = 29,8 \text{ kJ/kg}$$

Olingan solishtirma issiqlik miqdori:

$$q_2 = RT_3 \ln \frac{g_3}{g_2} = 0,287 \cdot 303 \ln \frac{0,73}{0,58} = 20 \text{ kJ/kg}$$

Siklning foydali ishi: $l_0 = q_1 - q_2 = 29,8 - 20 = 9,8 \text{ kJ/kg}$

NAZORAT TOPSHIRIQLARI

Parametrlari: $P_1=1,0$ MPa, T_1 , $P_3=0,12$ MPa, T_3 bo'lgan Karno tsiklini hisoblang. Ishchi jism 1 kg gaz. Siklni PV va TS- diagrammalarda tasvirlang.

Variant	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T_1 , K	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390
T_3 , K	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590
Gaz	H ₂	N ₂	O ₂	CO	CO ₂	SO ₂	CH ₄	H ₂	N ₂	O ₂

7- AMALIY MASHG'ULOT.

ISSIQLIK ALMASHINUVI.

Nazariy ma'lumotlar

Fure qonuni

Issiqlik o'tkazuvchanlik sodir bo'lishi uchun $\text{grad } t \neq 0$ bo'lishi kerak.

Tahrif: Fure qonuniga asosan issiqlik oqimi zichligi vektori harorat gradientiga proporsionaldir:

$$q = -\lambda \text{ grad } t$$

buerda λ -issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti [Wt/mk]

Tenglamadagi minus q vektor $\text{grad } t$ yo'nalishiga teskari ekanligini ko'rsatadi.

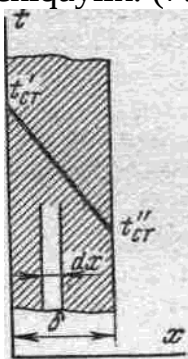
Fure qonunidagi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti λ moddani issiqlik o'tkazuvchanlik qobiliyatini xarakterlaydi. Fure tenglamasidan ko'rinadiki.

$$\lambda = |q| / \text{grad } t \quad [\text{Wt/mk}]$$

λ son jihatdan harorat gradienti 1 K/m bo'lgandagi issiqlik oqimi zichligiga teng.

Bir qavatli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik.

Bo'yi va eni qalinligiga nisbatan juda katta bo'lgan bir jinsli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlikni ko'rib chiqaylik. (7.1- rasm).



7.1 – rasm. Bir jinsli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik

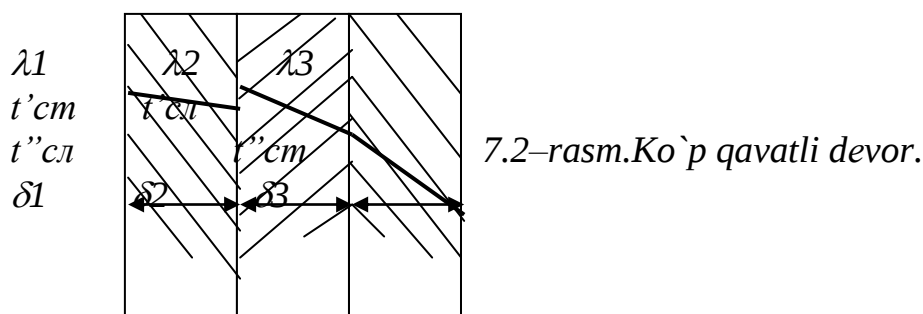
$$Q = q F = (t'_{cm} - t''_{cm}) \lambda F / \delta \quad (7.1)$$

$\lambda F / \delta$ - devorning issiqlik o'tkazuvchanligi

$R\lambda = \delta / \lambda F$ - devorning termik qarshiligi

$$R\lambda \text{ ni bilgan holda } Q = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{R_{\lambda}} \quad (7.2)$$

Ko'p qavatli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik.



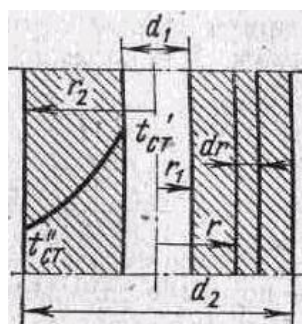
Ko'p qavatli devorni termik qarshiligi alohida qavatlarining termik qarshiliklari yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$R_{\lambda} = \sum_{i=1}^n R_{\lambda i} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{F \cdot \lambda_i} \quad (7.3)$$

Bunday ko'p qavatli materiallarni issiqlik o'tkazuvchanligini (7.4) va (7.5) formulalar yordamida hisoblab topish mumkin:

$$Q = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{R_{\lambda}} = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{\sum_{i=1}^n R_{\lambda i}} = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{F \cdot \lambda_i}} \quad (7.5)$$

Silindrik devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik



7.3 –rasm. Silindrik devor.

Harorat faqat radius bo'yicha o'zgaradi desak, $grad t = dt / dr$. Fure qonuni esa quyidagicha bo'ladi:

$$q = \lambda (dt/dr) \quad (7.6)$$

yoki $Q = Fq = - 2 \pi r \cdot l \cdot \lambda (dt/dr)$. Bundan $dt = - \frac{Q}{2\pi\lambda l} \cdot \frac{dr}{r}$

Integrallasak $t = \frac{Q}{2\pi\lambda l} \cdot \ln \frac{1}{r} + c$; Ko'rinib turibdiki, silindrik devor orqali issiqlik o'tganda harorat o'zgarishi logarifmik qonuniyatga bo'ysunadi. t ni t' st dan t'' st gacha va r ni r_1 dan r_2 gacha o'zgaradi deb ushbuni topamiz:

$$Q = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{\frac{1}{2\pi\lambda l} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{R_\lambda} \quad (7.7)$$

Bu erda $R_\lambda = \frac{1}{2\pi\lambda l} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}$ - tsilindrik devorning termik qarshiligi.

1-Masala. Qozonda 20 kg suv gaz plitasida qizdirilmoqda, qaynash boshlangandan 2 soat o'tgach, suv hajmi 2 barobar kamaydi. Agar qozon osti diametri $d=600$ mm, metall qalinligi $\delta_1=1,5$ mm, quyqum qalinligi $\delta_2=0,25$ mm, metallning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\lambda_1=50$ Vt/(m·k), quyqumniki $\lambda_2=0,5$ Vt/(m·k), qozon ostining suv qaynayotgan tomonidagi temperaturasi $t''_{\text{d}}=105$ °S va bug'lanish issiqligi $r=2256$ kJ/kg bo'lsa, qozonga berilayotgan issiqlik miqdori va qozon ostining olov tomonidagi temperaturasini aniqlang.

Echish.

Qozonga berilayotgan issiqlik miqdori:

$$Q = m \cdot r = 10 \cdot 2256 = 22560 \text{ kJ}$$

Issiqlik oqimi:

$$Q = \frac{Q}{\tau \cdot 3600} = \frac{22560}{3600} = 3130 \text{ Vt}$$

Solishtirma issiqlik miqdori:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{3130}{3,14 \cdot 0,3^2} = 110850 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2}$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi:

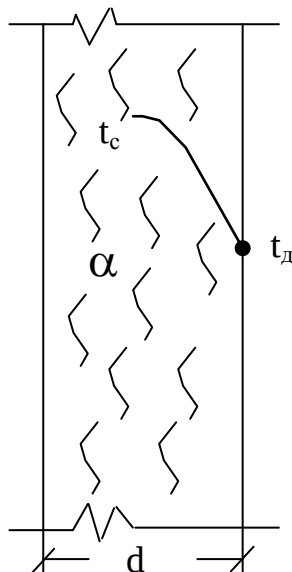
$$q = \frac{t'_d - t''_d}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}}$$

Qozon osti temperaturasi:

$$t'_d = q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) + t''_d = 110850 \left(\frac{0,0015}{50} + \frac{0,00025}{0,5} \right) + 105 = 111 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2-Masala. Diametri $d=8$ mm, uzunligi $l=6$ m bo'lgan gorizonta quvurdan temperaturasi $t_s=80$ °S bo'lgan suv $\omega=0,1$ m/s tezlikda oqmoqda. Quvur devori temperaturasi $t_d=20$ °S bo'lsa, suvdan quvur devoriga issiqlik berish koeffitsientini va berilayotgan issiqlik miqdorini aniqlang.

Echish:



Suv temperaturasi $t_c=80^\circ\text{C}$ bo'lganda:

$$\lambda = 0,675 \frac{Bm}{(M \cdot K)}; \nu = 0,365 \cdot 10^{-6} \frac{M^2}{cek}; Pr_c = 2,21;$$

$$\beta = 6,32 \cdot 10^{-4} \frac{1}{K}; T_g=293 K \quad da \quad Pr_g = 7,02$$

Reynolds sonini aniqlaymiz:

$$Re = \frac{\omega d}{\nu} = \frac{0,1 \cdot 0,008}{0,365 \cdot 10^{-6}} = 2190$$

$$Re^{0,33} = 13,2; Pr_c^{0,43} = 1,4; \left(\frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25} = 0,75$$

Temperatura bosimi:

$$\Delta T = t_c - t_g = 80 - 20 = 60^\circ$$

Grasgof soni:

$$Gr = \frac{gd^3 \beta \Delta T}{\nu^2} = \frac{9,81 \cdot 0,008^3 \cdot 6,32 \cdot 10^{-4} \cdot 60}{(0,365 \cdot 10^{-6})^2} = 1,43 \cdot 10^6;$$

$$Gr^{0,1} = 4,12$$

Nusselt soni:

$$Nu = 0,15 Re^{0,33} \cdot Pr_c^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \left(\frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25} = 0,15 \cdot 13,2 \cdot 1,4 \cdot 4,12 \cdot 0,75 = 8,56$$

Issiqlik berish koefitsienti:

$$\alpha = Nu \frac{\lambda}{d} = 8,56 \cdot \frac{0,675}{0,008} = 724 \frac{Bm}{m^2 \cdot K};$$

Quvurga berilayotgan issiqlik miqdori:

$$Q = \alpha \pi l d (t_c - t_g) = 724 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 0,008 \cdot (80 - 20) = 6540 \text{ Bm}.$$

NAZORAT TOPSHIRIQLARI

Qozondagi m kg suv gaz plitasida qizdirilmoqda, qaynash boshlangandan 2 soat o'tgach, suv hajmi 2 barobar kamaydi. Agar qozon osti diametri d, metall qalinligi $\delta_1=1,5$ mm, quyqum qalinligi $\delta_2=0,25$ mm, metallning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti $\lambda_1=50$ Vt/(m·k), quyqumni issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti $\lambda_2=0,5$ Vt/(m·k), qozon ostining suv qaynayotgan tomonidagi temperaturasi $t''_d=105$ °S va bug'lanish issiqligi $r=2256$ kJ/kg bo'lsa, qozonga berilayotgan issiqlik miqdori va qozon ostining olov tomonidagi temperaturasini aniqlang.

Variant	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m, kg	10	15	18	20	24	28	30	34	38	40
d, mm	400	500	600	700	800	460	560	660	760	900

8 - AMALIY MASHG'ULOT.

NURLANISH VAKONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINUVI

Nazariy ma'lumotlar

Stefan - Boltsman qonunlari

Tahrif: Absolyut qora jismning nurlanish xususiyati uning absolyut temoeraturasining to'rtinchi darajasiga to'g'ri mutanosib bo'ladi.

$$E_0 = \delta_0 T^4$$

Bu yerda $\delta_0 = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Vt/(m}^2\text{K}^4)$ – Stefan doimiysi. Bu tenglamani quyidagi ko'rinishda yozsa ham bo'ladi:

$$E_0 = Co \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

Bu yerda $So = 5,7 \text{ Vt/(m}^2\text{K}^4)$ – absolyut qora jismning nurlanish koeffitsienti.

Balandligi 4 m, eni 10 m, xarorati $t_{d1} = 100^\circ\text{C}$ bo'lgan vertikal olita bilan uning mahlum asofada turgan $t_{d2} = 100^\circ\text{C}$ xaroratli vertikal devor orasidagi nurlanish vositasidagi issiqlik oqimini aniqlang. Bunda olita va devor qoralik darajasi bir xil $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,9$ deb qabul qilinsin.

Issiqlikning termik qarshiligi:

$$\alpha = \frac{q}{t_c - t_{dev}}$$

Nussel't soni: Qattiq jism bilan suyuqlik chegarasida issiqlik almashinuvini xarakterlaydi.

$$N = \frac{\alpha l_0}{\lambda}$$

Bu yerda l_0 – o'ziga xos chizig'iy o'lchash.

Reynolds soni: inertsia kuchlari bilan qovushqoqlik nisbatini xarakterlaydii.

$$R = \frac{V_0 l_0}{\nu}$$

Bu yerda ν – suyuqlikning kinematik qovushqoqligi.

Grasgoff soni: Zichliklarning farqlari tufayli suyuqlikda oqib bo'ladigan ko'tarish kuchlarining qovushqoqlik kuchlariga nisbatini xarakterlaydi.

$$G_r = \frac{g\beta(t_{dev} - t_c)}{\nu^2}$$

Bu yerda β -suyuqlik yoki gazning xajmiy kengayish koeffitsientii.

1-masala.

Diametri $d = 50 \text{ mm}$ va uzunligi $l = 3 \text{ m}$ bo'lgan gorizonttal quvurdan suv oqib o'tadi. Suvning tezligi $w = 0,8 \text{ m/s}$ o'rtacha xarorati $t_f = 50^\circ \text{C}$, quvur ichki yuzasining xarorati $t_w = 50^\circ \text{C}$. Issiqlik berish koeffitsienti α ni aniqlang.

Yechish:

Quvur ichidagi suvning oqim tartibini bilish uchun Reynolg'ds kriteriysini hisoblaymiz.

$$R_{ef} = \frac{wd}{\nu} = \frac{0,8 \cdot 0,05}{5,56 \cdot 10^{-7}} = 7,2 \cdot 10^4$$

Bu tenglamada

$$\nu = 5,56 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{S},$$

Quvurda suv turbulent tartibda oqmoqda. Gorizonttal trubadagi turbulent oqim uchun Nusselg't kriteriyasi quyidagi tenglamadan aniqlanadi.

$$N_{uf} = 0,021 R_{ef}^{0,8} \cdot P_{rf}^{0,43} \left(\frac{P_{rf}}{P_{rw}} \right)^{0,25}$$

Bu tenglamada

$$P_{rf} = 3,54; \quad P_{rw} = 2,55.$$

$$N_{uf} = 0,21 (7,2 \cdot 10^4)^{0,8} \cdot 3,54^{0,43} \cdot \left(\frac{3,54}{2,55} \right)^{0,25} = 303.$$

Issiqlik berish koeffitsienti

$$\alpha = N_{uf} \frac{\lambda_f}{d} = 303 \frac{0,64}{0,05} = 3880 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$\lambda = 0,64 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

2-masala.

Eni $b=1\text{m}$ va uzunligi $l=1,2\text{m}$ bo'lgan silliq olita shamol oqimiga qo'yilgan. SHamolning tezligi $w_0=6\text{ m/c}$, xarorati $t_f=20^\circ\text{S}$.

olitaning xarorati $t_w=80^\circ\text{S}$. Issiqlik berish koeffitsienti α bilan olitadan xavoga o'tayotgan issiqlik Q ni anqlang.

Yechish:

Bu yerda majburiy konvektsiya yuz bermoqda.

Reynolds soni

$$R_{ef} = \frac{W_0 l}{V_f} = \frac{6 \cdot 1 \cdot 2}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 4,78 \cdot 10^5$$

Bu yerda v_f – xavoning qovushqoqligi, m^2/s

$R_e > 4 \cdot 10^4$ bo'lgan xolda olita atrofida turbulent oqim kuzatiladi va bu xodisa uchun

Nussel't soni $N_{uf,e} = 0,037 R_{fl}^{0,8} \cdot P_{rl}^{0,643}$

Bu tenglamada Pr Prandtl kriteriysi

$$N_{uf,c} = 0,037 (4,78 \cdot 10^5)^{0,8} \cdot 0,70,43 = 1,12 \cdot 10^3$$

O'z navbatida

$$N_{uf,l} = \frac{\alpha l}{\lambda_f}$$

Bu yerda λ_f - xavoning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\text{Wt/m}^\circ\text{S}$ va bu tenglamadan

$$\alpha = \frac{N_{uf,l} \cdot \lambda_f}{l} = \frac{1,12 \cdot 10^3 \cdot 0,0267}{1,2} = 24,8 \text{ Wt/m}^\circ\text{C}$$

olitadan xavoga o'tayotgan issiqlik

$$Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta t = 24,8 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot (80 - 20) = 1490 \text{ Wt}$$

3-Masala. Balandligi 4 m, eni 10 m, xarorati $t_{d1}=100^\circ\text{C}$ bo'lgan vertikal olita bilan uning mahlum asofada turgan $t_{d2}=100^\circ\text{C}$ xaroratli vertikal devor orasidagi nurlanish vositasidagi issiqlik oqimini aniqlang. Bunda olita va devor qoralik darajasi bir xil $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,9$ deb qabul qilinsin.

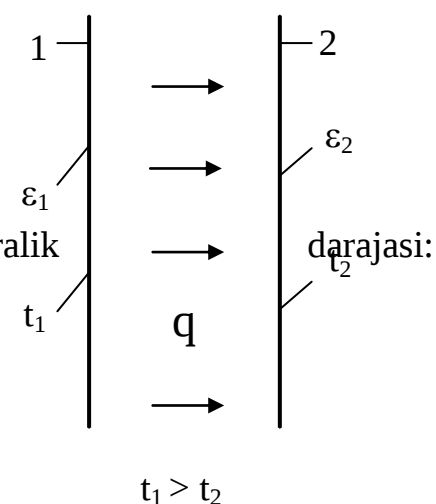
Yechish:

$$Q = \frac{\delta_o}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_1} - 1} \left[(T_{d_1} / 100)^4 - (T_{d_2} / 100)^4 \right] = \frac{5,67}{\frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,9} - 1} \cdot 40 \left[(3,73)^4 - (2,93)^4 \right] = 22,68 \cdot 10^3 \text{ Bm}$$

Temperaturalari $t_1=250^\circ\text{C}$ va $t_2=35^\circ\text{C}$, qoralik darajalari $\varepsilon_1=0,70$ va $\varepsilon_2=0,58$ bo'lgan parallel joylashgan yassi devorlar orasida ekran bo'lmasa ular orasidagi nuriy issiqlik oqimining zichligi q aniqlansin. Har ikkala tomonining qoralik darajasi $\varepsilon_e=0,032$ bo'lgan ekran joylashtirilganda q qiymati hisoblansin.

Yechish:

Parallel devorlarning keltirilgan qoralik darajasi:

$$\varepsilon_k = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,58} - 1} = 0,465$$


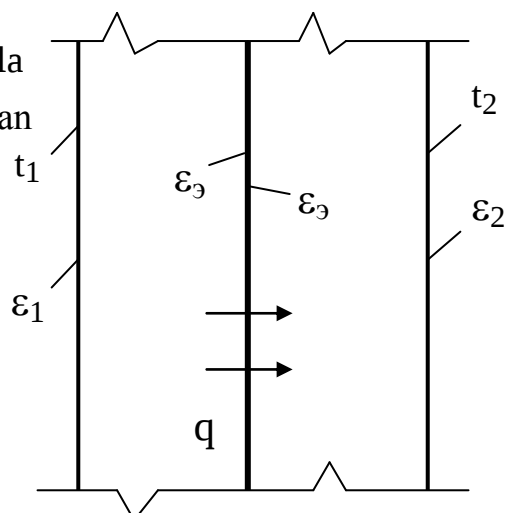
Nuriy issiqlik oqimining zichligi:

$$t_1 > t_2$$

$$q = \varepsilon_k c_o \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = 0,465 \cdot 5,67 \left[\left(\frac{523}{100} \right)^4 - \left(\frac{308}{100} \right)^4 \right] = 3110 \frac{\text{Bm}}{\text{m}^2}$$

Parallel devorlar orasiga har ikkala tomonining qoralik darajasi $\varepsilon_s=0,032$ bo'lgan ekran joylashtirilsa:

Keltirilgan qoralik darajasi:



$$\varepsilon_k' = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + 2\left(\frac{1}{\varepsilon_3} - 1\right)} = \frac{1}{\frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,58} + 2 \cdot \left(\frac{1}{0,032} - 1\right)} = 0,0157$$

Nuriy issiqlik oqimi zichligi:

$$q' = \varepsilon_k' c_o \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = 0,0157 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{523}{100} \right)^4 - \left(\frac{308}{100} \right)^4 \right] = 58,5 \frac{Bm}{m^2}$$

Ekran o'rnatilganda issiqlik oqimi zichligi:

$$\frac{q}{q'} = \frac{3110}{58,5} = 53 \text{ marta kamayadi.}$$

NAZORAT TOPSHIRIQLARI

- Temperaturalari t_1 va $t_2=35^\circ\text{C}$, qoralik darajalari ε_1 va $\varepsilon_2=0,58$ bo'lgan parallel joylashgan yassi devorlar orasida ekran bo'lmasa ular orasidagi nuriy issiqlik oqimining zichligi q aniqlansin. Har ikkala tomonining qoralik darajasi $\varepsilon_e=0,032$ bo'lgan ekran joylashtirilganda q qiymati hisoblansin.

Variant	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_1, ^\circ\text{C}$	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
ε_1	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,8	0,2	0,45	0,55	0,65

- Uzunligi $l=2$ m va eni $a=1,5$ m gorizantal olastinadan havo oqimi o'tadi. Havo oqimining tezligi $W=3$ m/s, harorati 20°S va olastina sirtidagi harorat 90°S ga teng. olastinadan havoga issiqlik berish koeffitsientini va issiqlik miqdorini aniqlang.

Javob: $\alpha=4,87 \text{ vt/m}^{20}\text{S}$ $Q=2050 \text{ Vt.}$

9 - AMALIY MASHG'ULOT.

ISSIQLIK MASHINALARI SIKLLARI.

Nazariy ma'lumotlar

Issiqlik dvigatelining termik FIK- deb siklda bajarayotgan ishni sarf qilingan issiqlik miqdoriga nisbatiga aytiladi.

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

Karoning tug'ri siklini, ya'ni issiqlik dvigatelining Karno siklini termik FIK.

$$\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Issiqlik izoxorik prosesda berilayotgan siklning FIK

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

Issiqlik izobarik prosesda beriladigan siklning termik FIK

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} * \frac{\rho^k - 1}{k(\rho - 1)}$$

Issiqlik aralash usulda ($V = \text{const}$; $p = \text{const}$) yoriladigan siklning termik FIK

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} * \frac{\lambda \rho^k - 1}{\lambda - 1 - k\lambda(\rho - 1)}$$

bu erda $\varepsilon = \frac{V_a}{V_a} = \frac{v_1}{v_2}$ - siqish darajasi, u gazning oldingi

solishtirma hajmi v_1 ni siqilgandan keyingi solishtirma hajmi v_2 nisbatiga teng.

v_a - tsilindrning ish hajmi, v_e - yonish kamerasining ish hajmi

$\lambda = \frac{P_3}{P_2}$ -bosimni ko'tarilish darajasi, issiqlik beriladigan

izoxorik protsessning boshi va oxiridagi bosimlarning nisbatiga teng.

$\lambda = \frac{V_3}{V_2}$ -dastlabki kengayish darajasi yoki izobarik kengayish

darajasi, u issiqlik beriladigan izobarik protsessning oxiri va boshidagi solishtirma xajmlarning nisbatiga teng. Issiqlik o'zgarma bosimda beriladigan gaz turbinali qurilmaning termik FIK.

$$\eta_t = 1 - \frac{\rho - 1}{\rho^{\frac{k-1}{k}}(\rho - 1)} = 1 - \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}}}$$

Bu erda- $\beta = \frac{P_2}{P_1}$ - adabatik siqilish protsessida bosimni ko'tarilish

darajasi. Issiqlik o'zgarmas hajmda beriladigan gaz trubinali qurilmaning FIK

$$\eta_t = 1 - \frac{k(\lambda^{1/k} - 1)}{\beta^{1/k}(\rho - 1)}$$

Issiqlik o'zgarmas bosimda beriladigan va to'la regeneratsiyali gaz trubinali qurilmaning FIK.

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\rho} = 1 - \frac{T_1}{T_4}$$

1-Masala. Bug' - kuch qurilmasi Renkin sikli bo'yicha ishlamoqda.

Boshlang'ich holat parametrlari quyidagicha: $P_1 = 20 \text{ bar}$; $t_1 = 300^\circ\text{C}$

Kondensatordagi bosim $P_2 = 0,04 \text{ bar}$. Siklning termik F.I.K. ni aniqlang.

Echish

Renking siklining F.I.K: $\eta_t = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2^1}$

I-S diagramma orqali quyidagilarni aniqlaymiz:

$$i_1 = 3019 \text{ kJ/kg}; i_2 = 2036 \text{ kJ/kg}; i_2^1 = 121,0 \text{ kJ/kg};$$

olingan qiymatlarni yuqoridagi formulaga qo'yib η_t ni aniqlaymiz:

$$\eta_t = \frac{3019 - 2036}{3019 - 121,0} = 0,339$$

2-Masala. Quvvati $N = 12000 \text{ kv}$ bo'lgan bug' turbinasi $P_1 = 80$ va $t_1 = 450^\circ\text{C}$ boshlang'ich parametrlar bo'yicha ishlamoqda. Kondensatordagi bosim $P_2 = 0,04 \text{ at}$ ga teng.

Turbinani ta'minlovchi qozon agregatida yonish issiqligi $Q_k^i = 6000 \text{ kkal/kg}$ bo'lgan ko'mir yondirilmoqda. Qozon agregatining F.I.K. 0,8 ga teng. Ta'minot suvining temperaturasi $t_{t.s} = 90^\circ\text{C}$. Bug' turbinasi Renkin sikli bo'yicha to'liq

nagruzka bilan ishlgan hol uchun qozon agregatining unumdorligini va yonilg'I sarfini aniqlang.

Echish.

Turbinada bug'ning solishtirma sarfini aniqlaymiz:

$$D_0 = \frac{800}{i_1 - i_2} [\text{kg}/(\text{kvt} \cdot \text{soat})];$$

I-s diagramma yordamida quyidagilarni aniqlaymiz:

$$i_1 = 782 \text{ kkal/kg}; i_2 = 471 \text{ kkal/kg}$$

$$\text{Bundan: } d_0 = \frac{860}{782 - 471} = 2,77 [\text{kg}/(\text{kvt} \cdot \text{soat})];$$

Demak, turbinadagi bug carfi:

$$D_0 = 2,77 \cdot 12000 = 33240 [\text{kg}/\text{soat}];$$

Shu kattalik qozon agregatining unumdorligini belgilaydi. Bug'ga keltirilgan issiqlik miqdori quyidagiga teng:

$$D_0(i_1 - i_{t.s})$$

Qozon agregatining F.I.K. 0,8 ga teng ekanligidan:

$$\frac{D_0(i_1 - i_{t.s})}{\eta_{ka}}$$

Demak ,yoqilg'ining sarfi:

$$B = \frac{D_0(i_1 - i_{t.s})}{Q_a^i \cdot \eta_{k.a}} = \frac{33240(782 - 90)}{6000 \cdot 0,80} = 4785 [\text{kg}/\text{soat}];$$

3-Masala. Havoli sovitish ustanovkasi kompressoriga sovitish kamerasidan havo $P=1 \text{ bar}$ bosimi va $t_1 = -10^0 \text{ C}$ temperaturada keladi. Kompressorida havo $P_1=5 \text{ bar}$ bjsimgacha adiabat siqilib, sovitgichga yuboriladi. U erda $P=\text{const}$ charoitda temperaturasi $t_3 = +10^0 \text{ C}$ ga pasayadi. Keyin havo kengayuvchi silindrga yuboriladi. Silindrda bjslang'ich bosimgacha adiabat kengayadi, co'ngra havo sovitish kameresiga qaytadi. Atrof muhitdan issiqlik olib,havo $t_1 = -10^0 \text{ C}$ gacha isiydi va kompressorga qaytib keladi.

Sovitish kamereaiga kelayotgan havo temperaturasi, siklda sarf bo'layotgan nazariy ish, hav oning sovitish unumdorligi va shu qurilmaning sovitish koeffisienti hamda shu temperaturalar oralig'ida ishlaydigan Karno siklini sovitish koeffisientni aniqlansin.

Echish:

Sovitish kamerasiga kelayotgan havo temperaturasini aniqlaymiz;

$$T_4 = T_3 \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = T_3 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 283 \left(\frac{1}{5} \right)^{0,286} = \frac{283}{1,583} = 179 \text{ K}$$

Kompressordan chiqqan siqilgan havo temperaturasini hisoblaymiz;

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 263 \cdot 5^{0,286} = 416 \text{ K}$$

Siklda bajarilgan ish kompressorda sarflangan ish va kengayuvchi silindrda olingan ishlar ayirmasiga teng. Kompressprda sarflangan ish:

$$L_k = C_{pm}(T_2 - T_1) = 1,012(416 - 263) = 154,8 \text{ kJ/kg.}$$

Kengayuvchi silindrda olingan isn:

$$L_{ks} = C_{pm}(T_2 - T_4) = 1,012(283 - 179) = 105,2 \text{ [kJ/kg]}$$

Demak, siklning ishi:

$$L_o = L_k - L_{ks} = 154,8 - 105,2 = 49,6 \text{ [kJ/kg]}$$

Havoning solishtirma sovitish unumdorligi:

$$q_0 = C_{pm}(T_n - T_4) = 1,012(263 - 179) = 85 \text{ [kJ/kg]}$$

Ustanovkaning sovitish koeffisienti:

$$E = \frac{q_0}{L_o} = \frac{85}{49,6} = 1,71$$

Shu temperaturalarda ishlaydigan Karno sikli uchun:

$$E_k = \frac{T_1}{T_3 - T_1} = \frac{263}{283 - 263} = 13,15.$$

2. Bug' compression sovitish ustanovkasining shemasi va sikli rasm da berilgan. Temperaturasi $t_1 = -10^0\text{C}$ bulgan ammiak bug'I compressor ga keladi. U erda temperaturasi $t_1 = -20^0\text{C}$ quruklik darajasi $X=1$ adiabat siqiladi. Kompresordan ammiak kondensator C ga keladi, u erda o'zgarmas bosimda suyuqlikka aylanib ($X_3=0$), kengayuvchi silindr D da $t_4 = -10^0\text{C}$ temperaturagacha adiabat kengayadi. Shu temperaturasi ammiak sovitish kamerasi A ga kelib, u erdan issiqlikni olib bug'lanadi va qurqlik darajasi X_1 bo'lgan nam bug'ga aylanadi. Ammiakning olish darajasi, kondensatorning issiqlik yuklamasi, siklda sarflangan ish va sovitish koeffisienti aniqlansin.

Echish:

Ammiakning sovuq olish unumdorligini, ya'ni 1kg ammiak sovitish kamerasidan oladigan issiqlikni aniqlaymiz:

$$q_0 = i_1 - i_n = Z(X_1 - X_4)$$

Jadvaldan $t_1 = -10^0\text{C}$ uchun $Z_1 = 1296,8 [\text{kJ/kg}]$

X_1 va X_4 kattaliklarni T_s diagrammadan yoki hisoblab aniqlaymiz:

$$S_2 = S_1 = S^I + (S_1^{II} - S_1^I)X$$

Jadvaldan quyidagilarni aniqlaymiz:

$$S_1^I = 4,0164 [\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad})] \quad S_1^{II} = 8,6438 (\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad}))$$

$$S_2 = S_1^{II} = 8,5658 [\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{grad})]$$

Demak,

$$X_1 = \frac{S_2^{II} - S_1^I}{S_1^{II} - S_1^I} = \frac{8,5658 - 4,0164}{8,9338 - 4,0164} = 0,925$$

Xuddi shu yo'l bilan X_4 ni topamiz:

$$X_4 = \frac{S_3^I - S_1^I}{S_1^{II} - S_1^I} = \frac{4,5155 - 4,0164}{8,9174} = 0,1015$$

Demak,

$$q=1296,6(0,925-0,1015)=1067,8[\text{kg/kg}]$$

Kondensatorning issiqlik yuklamasi, ya'ni sovituvchi suvdan olib ketilayotgan issiqlik miqdori:

$$q=i_2-i_3=r_2$$

Jadvaldan $t = 20^{\circ}\text{C}$ uchun $r_2=1186,9[\text{kJ / kg}]$

$$q=1186,9[\text{kJ / kg}]$$

Siklda sarflangan ish:

$$L_0=q-q_0=1186,9-1067,8=119,1[\text{kJ / kg}]$$

Sovitish koeffisienti:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_0} = \frac{1067,8}{119,1} = 8,96$$

NAZORAT TOPSHIRIQLARI

1. Issiqlik izoxorik-izobarik protsesslarda beriladigan porshenli ichki yonuv dvigateli siklning xarakterli nuqtalarida ishchi jismning parametrlarini aniqlang. Siqilish boshlangandan ishchi jismning bosimi $P_1=0,099\text{MPa}$ va temperaturasi $t_1=10^{\circ}\text{C}$ ga teng.

Siqish darajasi $\varepsilon=18$, bosimi ko'tarilish darajasi $\lambda=1,6$, dastlabki kengayish darajasi $\rho=1,3$. Sikldan olingan ish, uning termik koeffitsenti aniqlansin. Ishchi jism havo. Issiqlik sig'imi o'zgarmas. U siklni millimetrli kogozga rv-diagrmmada chizing.

2. Issiqlik izobarik protsessida beriladigan ichki yonuv dvigateli siklida siqilish boshlanishi oldidan bosim 1 bar, temperatura 89°C , siqilish darajasi $\varepsilon=16$, berilgan issiqlik miqdori $q=850\text{kJ/kg}$. Siklning xarakterli nuqtalaridagi ishchi jismning parametrlari, foydali ish va termik F.I.K topilsin. Ishchi jism havo.

Javob: $P_1=P_2=48,4\text{ bar}$; $P_4=2,28\text{ bar}$ $T_2=1068\text{ K}$; $T_3=1918\text{ K}$; $T_4=802\text{ K}$;
 $a=364\text{ kJ/kg}$; $\eta_t=0,428$

3. Issiqlik izoxorik protsessda beriladigan ichki yonuv dvigatelida siqilish protsessida bosimning kutarilish darajasi $\lambda=16$ ga teng. Agar issiqlikni olinishi natijasida ishchi jismning temperaturasi 400°C dan 100°C gacha pasaysa, siqilish darajasi, ishchi jismga berilgan va undan oligan issiqlik miqdori, ish va termik F.I.K qanday bo'ladi. Ishchi jism havo.

Javob : $E=7,25$; $\eta_t=0,546$; $q_t=477\text{ kJ/kg}$; $q_2=216,6\text{ kJ/kg}$; $Q=260,5\text{ kJ/kg}$

4. Issiqlik izobarik protsessda beriladigan gaz trubinali qurilma uchun siklning xarakterli nuqtalarida ishchi jismning parametrlari, termik f.i.k. topilsin. Ishchi jismning parametrlari siklning boshlang'ich nuqtasida $p_1=0,95\text{ bar}$ va $t_1=20^\circ\text{C}$, eng yuqori temperatura esa 800°C siqilish bosimining ko'tarilish darajasi $\lambda=8$ ishchi jism havo

Javob: $P_2=P_3=7,6\text{ bar}$; $t_2=257^\circ\text{C}$; $t_4=320^\circ\text{C}$; $\eta_t=0,448$

Quruqhavoning 101325 Pa. dagi fizik parametrlari

1-Jadval

T,K	ρ , kg / m ³	$\lambda \cdot 10^2$ Wt/(m·K)	$a \cdot 10^2$ m ² /soat	$\nu \cdot 10^6$, m ² /s	Rr
263	1,342	2,361	6,28	12,43	0,712
273	1,293	2,442	6,77	13,28	0,707
283	1,247	2,512	7,22	14,16	0,705
293	1,205	2,593	7,71	15,06	0,703
303	1,165	2,675	8,23	16,00	0,701
313	1,128	2,756	8,75	16,96	0,699
323	1,093	2,826	9,26	17,95	0,698
333	1,06	2,896	9,79	18,97	0,696
343	1,029	2,966	10,28	20,02	0,694
353	1,00	3,047	10,87	21,09	0,692

Suvning to'yinish chizig'idagi fizik parametrlari

2-Jadval

T,K	R,Pa	S_r , kJ/(kg·K)	λ , Wt/m·gr	$\nu \cdot 10^6$, m ² /s	Rr
273	610,8	4,212	0,551	1,789	13,67
283	1227,1	4,191	0,575	1,306	9,52
293	2337	4,183	0,599	1,006	7,02
303	4241	4,174	0,618	0,805	5,42
313	7375	4,174	0,634	0,659	4,31
323	12335	4,174	0,648	0,556	3,54
333	19920	4,178	0,659	0,478	2,98
343	31160	4,187	0,668	0,415	2,55
353	47360	4,195	0,675	0,365	2,21
363	70110	4,208	0,680	0,326	1,95

O'zgaras hajmdagi massaviy issiqlik sig'imi S_g , kJ/(kg·K)

3-Jadval

$t, ^\circ\text{C}$	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	N ₂ O	S ₂ O	Havo
0	0,655	0,735	0,743	0,626	1,398	0,477	0,716
100	0,663	0,737	0,745	0,677	1,412	0,507	0,719
200	0,675	0,739	0,749	0,721	1,432	0,532	0,724
300	0,690	0,745	0,757	0,760	1,457	0,557	0,732
400	0,705	0,752	0,767	0,794	1,486	0,578	0,742
500	0,719	0,762	0,777	0,824	1,516	0,595	0,752
600	0,733	0,772	0,789	0,851	1,547	0,607	0,762
700	0,745	0,782	0,801	0,875	1,581	0,624	0,773
800	0,756	0,793	0,812	0,896	1,614	0,632	0,784
1000	0,775	0,813	0,834	0,933	1,682	0,653	0,804

O'zgaras bosimdagi massaviy issiqlik sig'imi S_r , kJ/(kg·K)

4-Jadval

$t, ^\circ\text{C}$	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	N ₂ O	S ₂ O	Havo
0	0,915	1,030	1,040	0,815	1,860	0,607	1,004
100	0,923	1,032	1,042	0,866	1,873	0,636	1,006
200	0,935	1,035	1,046	0,910	1,894	0,662	1,012
300	0,950	1,040	1,056	0,949	1,919	0,687	1,019
400	0,965	1,48	1,063	0,983	1,948	0,708	1,028
500	0,979	1,57	1,075	1,013	1,978	0,724	1,039
600	0,993	1,067	1,086	1,040	2,009	0,737	1,050
700	1,005	1,078	1,098	1,064	2,042	0,754	1,061
800	1,016	1,088	1,109	1,085	2,075	0,762	1,071
1000	1,035	1,108	1,130	1,123	2,144	0,783	1,091

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha. M., 1980.
2. Zoxidov R.A., Alimova M.M., Mavjudova SH.S. Issiqlik texnikasi. T.,2010.
3. Xudoyberdiev T.S. va boshqalar. Issiqlik texnikasi asoslari. T., 2008.
4. Asraev R.A.Issiqlik texnikasi. Buxoro, 2001.
5. Asraev R.A. Sovutish texnikasi. T., 2001.
6. Andrianova T.N. va boshqalar. "Sbornik zadach po texnicheskoy termodinamike". -M.:1981.
7. Krasnoshekov Ye.A., Sukomel A.S. "Zadachnik po teloperedache". –M.: 1975.
8. Pankratov G.P. "Sbornik zadach po teplotexnke". -M.: 1986.

AndMI «Gidropnevmoymoyuritmalar » kafedrasi dotsenti Q.M.Ermatovning
« Termodinamika va issiqlik texnikasi» fanidan amaliy mashg'ulotlarni
o'tkazish uchun tayyorlangan uslubiy qo'llanmasiga

TAQRIZ

Ushbu uslubiy qo'llanma 48 bet xajmda bo'lib, 9 ta amaliy mashg'ulotni, 4 ta ilovani va 8 nomdan iborat adabiyotlarni o'z ichiga olgan.

Uslubiy qo'llanmaning yozilishi sodda va nazariy ma'lumotlar izoxlab berilgan. Xar bir amaliy mashg'ulot uchun masalalarni ishlash namunalari, chizmalari, xisob-kitob formulalari aniq va to'la holicha berilgan.

Xozirgi kunda o'zbek tilidagi adabiyotlarning tanqisligini e'tiborga olib, ushbu uslubiy qo'llanma o'z vaqtida yozilgan va mavjud uslubiy qo'llanmalarga nisbatan kengaytirilib, o'z ichiga qo'yilgan muammo va masalalarini to'laligacha qamrab olgan.

Ermatov Q.M. tomonidan yozilgan uslubiy qo'llanma « Termodinamika va issiqlik texnikasi» fani o'qitiladigan barcha texnik va muxandislik yo'nalishlari bor oliygoxlar talabalarini nazariy va amaliy bilimlarini chuqur egallashlariga yordam beradi va asosiy manba bo'lib qoladi degan umiddaman.

Andijon qishloq xo'jalik instituti

"Melioratsiya va GTI" kafedrasining dotsenti

t.f.n., dotsent

A. Xojimatov

AndMI «Gidropnevmoymoyuritmalar » kafedrasi dotsenti Q.M.Ermatovning
« Termodinamika va issiqlik texnikasi» fanidan amaliy mashg'ulotlarni
o'tkazish uchun tayyorlangan uslubiy qo'llanmasiga

T A Q R I Z

Ermatov Q. M. tomonidan yozilgan uslubiy qo'llanma « Termodinamika va issiqlik texnikasi» fani o'qitiladigan barcha texnik va muxandislik yo'nalishlari bor oliygoxlar talabalarini nazariy va amaliy bilimlarini chuqur egallashlariga yordam beradi va Davlat standartlari, o'quv rejalari asosida o'zbek tilida yozilgan.

Uslubiy qo'llanma « Termodinamika va issiqlik texnikasi» fanidan 9 ta amaliy mashg'ulotdan iborat, jami 48 varaqdan iborat. Qo'llanma ma'ruzaviy dars mavzulariga mos xolda, talab qilingan ketma-ketlikda tayyorlangan bo'lib, unda xar bir amaliy mashg'ulotning bajarish tartibi hamda qisqacha nazariy ma'lumotlar, masalalar ishlash namunalari keltirilgan.

Q. M. Ermatov tomonidan tayyorlangan uslubiy qo'llanma talabalarni « Termodinamika va issiqlik texnikasi» fanidan nazariy va amaliy bilimlarini chuqur egallashlarida asosiy manbalardan biri bo'lib qoladi degan umiddaman.

Uslubiy qo'llanmani nashrga tavsiya etish mumkin.

AndMII «Umumtexnika fanlari»
kafedrasining mudiri, t.f.n.

X. Sobirov

Andijon mashinasozlik instituti
“Gidropnevmoymoyuritmalar ” kafedrası yig`ilishi

№ 1 bayonnomasidan ko`chirma

25 avgust 2016 yil

Andijon sh.

Qatnashdilar: kaf. mudiri dots. S. Mahmudov, dots. Q. Ermatov, kat.o`qt. Sh. Sulaymonov,
kat.o`qt. H. Ismoilov, assistentlar S. Xaydarov, D. Eshonho`jayev, S. Parpiyev,
U. Mo`minov, Z. Qodirov, A. Xojimatov, U. Mahsudov, A. Sattarov

KUNTARTIBI

1. Ermatov Q. tomonidan tayyorlangan «Termodinamika va issiqlik texnikasi» fanidan amaliy mashg`ulotlarni bajarish bo`yicha uslubiy qo`llanmani ko`rib chiqish.

Ushbu masala bo`yicha kafedra mudiri dots. S. Mahmudov so`z olib, qisqacha uslubiy qo`llanmani mohiyatini va tarkibini tushuntirdi. Uslubiy qo`llanmalar 2014 yil davlat standarti asosida tuzilgan dasturga mos ravishda tayyorlanganligini ta`kidlab uni tayyorlashda etarli adabiyot va manbalardan foydalanganligini ko`rsatib o`tdi. Uslubiy qo`llanmalarga Andijon qishloq xo`jaligi dots. T.f.n. A. Xojimatov va institutimizning “Umumtexnika fanlari” kafedrası mudiri t.f.n.dots.X. Sobirov taqriz berdilar.

Katta o`qituvchi Sh. Sulaymonov so`zga chiqib ushbu uslubiy qo`llanma bilan tanishib chiqqanligini aytib, tayyorlanish darajasi barcha talablarga javob berishini ta`kidladi va fanni o`zlashtirishda katta ahamiyatga ega ekanligini bildirdi.

Q A R O R Q I L A D I

1. Kafedra mudiri t.f.n. dots. S. Mahmudovning « Termodinamika va issiqlik texnikasi» fanidan tayyorlangan laboratoriya ishlarini bajarish bo`yicha uslubiy qo`llanmalarni nashr etish haqidagi axboroti ma`lumot uchun qabul qilinsin.

2. Mualliflar t.f.n. dots. Q. Ermatov, assistentlar S. Haydarov va D. Eshonxo`jayev, S. Parpiyevlarning « Termodinamika va issiqlik texnikasi» fanidan tayyorlagan amaliy mashg`ulotlarni bajarish bo`yicha uslubiy qo`llanmalarni nashr etishga tavsiya etilsin.

3. Ushbu qarorni tasdiqlash institut O`quv-Uslubiy Kengashidan so`ralsin.

Asliga to`g`ri
Kafedra mudiri

dots. S. Mahmudov