

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

E. O'. MADALIYEV., E.M.YUNUSALIYEV., M. E. MADALIYEV

ISSIQLIK TEXNIKASI FANIDAN MASALALAR TO'PLAMI

IKKINCHI NASHRI

TO'LDIRILGAN VA QAYTA ISHLANGAN

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

5340400- MUXANDISLIK KOMMUNIKATSIYALARI QURILISHI VA
MONTAJI (ISSIQLIK - GAZ TA'MINOTI VA VENTILYATSIYA)
TEXNIKA YO'NALISHI BO'YICHA BAKALAVRLAR UCHUN O'QUV
QO'LLANMA SIFATIDA TAVSIYA ETGAN.

FARG'ONA -2019

UDK 621.1.016

BBK 31.31

Taqrizchilar:

Alinazarov A- texnika fanlari nomzodi , Namangan muxandis-qurilish instituti,"Muxandislik kommunikatsiyalari qurilishi" kafedrası mudiri, professor.

Abbosov.Yo.S-texnika fanlari doktori , Farg'ona politexnika instituti,"Muxandislik kommunikatsiyalari qurilishi" kafedrası professori., professor.

Madaliyev.E.O', E.M.Yunusaliyev., Madaliyev.M.E.Issiqlik texnikasi fanidan masalalar to'plami -.Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma:Farg'ona 2019.-258 bet.

O'quv qo'llanmada texnikaviy termodinamika asoslari va issiqlik almashinuvining nazariy asoslari, issiqlik-kuch qurilmalarining ish jarayonlari va yoqilg'ining yonish jarayonlari, qozon agregatlari va ularning qurilmalari, bug' va gaz turbinalari qurilmalari, sovitish mashinalariga doir masalalar keltirilgan.

Annotasiya

O'quv qo'llanmada texnik termodinamika va issiqlik texnikasidan masalalar keltirilgan. Kitobning har bir bobida qisqacha nazariy ma'lumotlar, asosiy ifodalar va ularning mohiyati, namunaviy masalalarni yechish tartibi, batafsil taxlil va izoxli yechimlari keltirilgan.

O'quv qo'llanma texnik termodinamika va issiqlik texnikasi fanlarini o'rganayotgan oliy o'quv yurti talabalari uchun mo'ljallangan.

Книга содержит задачи и упражнения по технической термодинамике и теплотехнике. Каждый раздел книги включает краткую теоретическую часть, дающую определения основных понятий, основные формулы, пояснения к ним и задачи. Часть задач дана с подробными, по всем остальным задачам приведены ответы. Книга предназначено в качестве учебного пособия для студентов вузов при изучении курсов технической термодинамики и теплотехнике.

The book contains tasks and exercises on technical thermodynamics and heat engineering. Each section of the book includes a brief theoretical part, containing the definitions of the basic concepts, the basic formulas for explaining them and the tasks. Some of the tasks are given with detailed answers for all the remaining tasks. The book is intended as a textbook for university students in the course of technical thermodynamics and heating engineering courses.

MUNDARIJA

KIRISH	8
I.BOB. GAZLARNING XOLAT PARAMETRLARI.....	10
II. BOB. IDEAL GAZNING ASOSIY QONUNLARI.....	16
III. BOB. GAZLAR ARALASHMASI.....	26
IV. BOB. IDEAL GAZLARNING ISSIQLIK SIG'IMI.....	34
V. BOB. TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI.....	43
VI. BOB. TERMODINAMIK JARAYONLAR.....	51
VII. BOB. TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI.....	79
VIII. BOB. AYLANMA JARAYONLAR.....	86
IX. BOB. SUV BUG'I.	112
X. BOB. BUG' VA GAZLARNING OQISHI.....	140
XI. BOB. BUG'–KUCH QURILMASINING SIKLI.....	154
XII. BOB. SOVITISH MASHINALARI.....	162
XIII. BOB. NAM HAVO.....	169
XIV. BOB. ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK.....	177
XV. BOB. KONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINUVI.....	188
XVI. BOB. NURIY ISSIQLIK ALMASHINUVI.....	205
XVII. BOB. ISSIQLIK UZATISH VA ISSIQLIK ALMASHINUV APPARATLARI.	213
XVIII. BOB. YOQILG'I VA YONISH JARAYONLARI.....	219
XIX. BOB. QOZON AGREGATLARI.....	225
XX. BOB. ISSIQLIK ELEKTR STANSIYALARI.	233
XXI. BOB. KORXONALARNING ISSIQLIK TA'MINOTI.....	237
ILOVALAR.....	240
ADABIYOT.....	257

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
I. ГЛАВА. ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ ГАЗА.....	10
II. ГЛАВА. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ.....	16
III. ГЛАВА. ГАЗОВЫЕ СМЕСИ.....	26
IV. ГЛАВА. ТЕПЛОЕМКОСТЬ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ.....	34
V. ГЛАВА. ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ.....	43
VI. ГЛАВА. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.....	51
VII. ГЛАВА. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ.....	79
VIII. ГЛАВА. КРУГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ.....	86
IX. ГЛАВА. ВОДЯНОЙ ПАР.....	112
X. ГЛАВА. ИСТЕЧЕНИЕ ГАЗОВ И ПАРОВ.....	140
XI. ГЛАВА. ЦИКЛЫ ПАРОСИЛОВЫХ УСТАНОВОК.....	154
XII. ГЛАВА. ЦИКЛЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....	162
XIII. ГЛАВА. ВЛАЖНЫЙ ВОЗДУХ.....	169
XIV. ГЛАВА. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ.....	177
XV. ГЛАВА. КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН.....	188
XVI. ГЛАВА. ЛУЧИСТЫЙ ТЕПЛООБМЕН.....	205
XVII. ГЛАВА. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ.....	213
XVIII. ГЛАВА. ТОПЛИВО И ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ.....	219
XIX. ГЛАВА. КОТЕЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ.....	225
XX. ГЛАВА. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ.....	233
XXI. ГЛАВА. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИИ.....	237
ПРИЛОЖЕНИЯ	240
ЛИТЕРАТУРА.....	257

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION.....	8
I. CHAPTER. GAS STATE PARAMETERS.....	10
II. CHAPTER. BASIC LAWS OF IDEAL GASES.....	16
III. CHAPTER. GAS MIXTURES.....	26
IV. CHAPTER. SPECIFIC HEAT OF IDEAL GASES.....	34
V. CHAPTER. THE FIRST LAW OF THERMODYNAMICS.....	43
VI. CHAPTER. THERMODYNAMIC PROCESSES.....	51
VII. CHAPTER. THE SECOND LAW OF THERMODYNAMICS.....	79
VIII. CHAPTER. CIRCULAR PROCESSES.....	86
IX. CHAPTER. WATER VAPOR.....	112
X. CHAPTER. EXPIRATION OF GASES AND VAPORS.....	140
XI. CHAPTER. CYCLES OF STEAM POWER PLANTS.....	154
XII. CHAPTER. REFRIGERATION CYCLE CYCLES.....	162
XIII. CHAPTER. WET AIR.....	169
XIV. CHAPTER. THERMAL CONDUCTIVITY.....	177
XV. CHAPTER. CONVECTIVE HEAT TRANSFER.....	188
XVI. CHAPTER. RADIANT HEAT TRANSFER.....	205
XVII. CHAPTER. HEAT TRANSFER AND HEAT EXCHANGERS.....	213
XVIII. CHAPTER. FUEL AND COMBUSTION PROCESSES.....	219
XIX. CHAPTER. BOILER UNITS.....	225
XX. CHAPTER. THERMAL POWER PLANTS.....	233
XXI. CHAPTER. HEAT SUPPLY TO THE ENTERPRISE.....	237
APPLICATIONS	240
LITERATURE.....	257

Mualliflar to'g'risida ma'lumotlar

№	F.I.SH	Ish joyi	Lavozimi	Ilmiy darajasi	Ilmiy unvoni	Tel
1	Madaliyev Erkin O'rinboevich	FarPI MKQ kafedrasi	dotsent	t.f.n	dotsent	+998912825035
2	Yunusaliyev Elmurod Mahammadyakubovich	FarPI BIQ kafedrasi	dotsent	t.f.n	dotsent	+998916160770
2	Madaliyev Murodil Erkinjon O'g'li	FarPI MKQ kafedrasi	assistent			+998939811261

IKKINCHI NASHRGA SO'Z BOSHI

O'quv qo'llanmaning ikkinchi nashri qayta ishlandi va to'ldirildi. “Termodinamik jarayonlar” , “Termodinamikaning 1-qonuni” , “Termodinamikaning 2-qonuni” va “Ichki yonuv dvigatellari” bo'limlari qayta ishlandi va masalalar bilan to'ldirildi.

Ilovalarda masalalarni yechishga doir jadvallar va diagrammalar keltirilgan. Mualliflar kitobni tayorlashda taqriz va kamchilik xamda takliflar bergan Yo.S.Abbosov., A.Alinazarov., X.Isaxojaev va Yu.K.Rashidovlarga minnatdorchilik bildiradilar.

Mualliflar

BIRINCHI NASHRGA SO'Z BOSHI

«Issiqlik texnikasi» kursi umummuxandislik fanlari qatoriga kiradi. Bu fan texnikaning issiqlik olish va undan foydalanish masalalari bilan shug'ullanadigan tarmog'idir. Issiqlikdan foydalanishning ikki: energetik va texnologik turi bor. Issiqlikdan energetik 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 issiqlik texnikasi umumiy kursining asosiy qismi hisoblanadi.

Kitob «Issiqlik texnikasi» ga oid barcha bo'limlarni (termodinamika, issiqlik uzatish, issiqlik almashinuv apparatlari, suv bug'i, nam xavo, yoqilg'i va qozon agregatlari, ichki yonuv dvigatellari, issiqlik elektr stansiyalari, sovitish

qurilmalari, kompressorlar, bug' va gaz turbinalari) o'z ichiga oladi. O'quv qo'llanmaning har bir bobida qisqacha nazariy ma'lumotlar, asosiy formulalar, ularning mohiyati va masalalar keltirilgan. Bobning xar bir paragrifida uch-to'rtta namunaviy masalalarni yechish tartibi batafsil taxlil va izohli echimlari bilan keltirilgan. Ilovada zarur ma'lumotnoma (spravochnik) va diagrammalar keltirilgan.

Ushbu masalalar to'plami «Issiqlik texnikasi» fani bo'yicha O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan 2017 yilda tasdiqlangan o'quv dasturiga mos keladi va muxandis tayyorlovchi oliy o'quv yurti talabalari uchun mo'ljallangan.

I BOB

GAZLARNING XOLAT PARAMETRLARI

Sistemaning termodinamikaviy holatini xarakterlovchi kattaliklar holat parametrlari deyiladi. Eng muhim parametrlar solishtirma hajm v , bosim P va harorat T dir. Moddaning massa birligi egallagan hajm solishtirma hajm deyiladi.

Bir jinsli modda uchun:

$$v = V/m, \text{ m}^3/\text{kg} \quad (1)$$

Hajm birligi V dagi modda massasi m moddaning zichligi deyiladi.

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{m}{V}, \text{ kg/m}^3 \quad (2)$$

Gazning devorga ta'siri bosim P , ya'ni yuza birligiga ta'sir etuvchi kuch bilan xarakterlanadi:

$$P = \frac{F}{S} \quad (3)$$

Xalqaro birliklar sistemasidagi bosim birligi Paskal (Pa)

$$1\text{Pa}=1 \text{ N/m}^2$$

Bosim birliklari orasidagi munosabat 1-jadvalda keltirilgan.

Atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan bosimni manometr yordamida o'lchanadi.

$$P_{\text{abs}}=P_{\text{man}} + B \quad (4)$$

B – atmosfera (yoki barometrik) bosimi

Atmosfera bosimidan past bo'lgan bosimni vakuummetr yordamida o'lchanadi

$$P_{\text{ABS}}=B- P_{\text{VAK}} \quad (5)$$

Simobli barometr ko'rsatishini 0°C ga keltirish:

$$B_0 = B(1 - 0,000172 \cdot t) \quad (6)$$

Bu yerda: B_0 — 0°C ga keltirilgan barometr ko'rsatishi

B - $t^\circ\text{C}$ haroratdagi simobli barometr ko'rsatishi.

Jismning isiganlik darajasini xarakterlovchi kattalik harorat deyiladi. Termodinamikaviy tadqiqotlarda 1848 yilda buyuk ingliz fizik olimi Kelvin taklif etgan shkaladan foydalaniladi. Kelvin shkalasining noli sifatida ideal gaz

molekulalarining tartibsiz xarakati to'xtaydigan harorat qabul qilingan. Bu harorat absolyut nol deyiladi.

Bosim birliklari orasidagi munosabat.

1 - jadval

Birliklar	Paskal N/m ²	Bar, 10 ⁵ N/m ²	Texnik atmosfera, at.	Fizik atmosfera, atm.
1 N/m ²	1	10 ⁻⁵	1,02·10 ⁻³	0,987·10 ⁻³
1 Bar	10 ⁵	1	1,02	0,987
1 kg/sm ² (1at)	98065,5	0,981	1	0,968
1 atm	101325	1,01325	1,03323	1
10 ⁴ mm suv ust.	98066,5	0,981	1	0,968
10 ³ mm sim ust.	133,322	1,33322	1,35951	1,31579
10 lbf/in ²	68948	0.88948	0.70307	0.68046

Birliklar	mm suv.ust	mm sim.ust	lbf/in ² (Angliya)
1 N/m ²	0,102	7,30·10 ³	145·10 ⁻⁶
1 Bar	10,2·10 ³	750,05	14,503
1 kg/sm ² (1at)	104	785,58	14,223
1 atm (fiz)	10332	760	14,698
10 ⁴ mm suv ust.	10 ⁴	735,736	14,223
10 ³ mm sim ust.	1,35951·10 ⁴	10 ³	19,336
10lbf/in ²	7030	517,149	10,000

Amalda Selsiy shkalasidan keng foydalaniladi. Bu shkala bo'yicha olingan harorat C bilan belgilanadi.

$$TK = 273,15 + t^{\circ}C \quad (7)$$

AQSH va Angliyada haroratni Faringeyt shkalasi bo'yicha aniqlanadi.

Selsiy shkalasi va Faringeyt shkalasi orasidagi bog'lanish quyidagicha:

$$t^{\circ}C = 5/9 (t^{\circ}F - 320) \quad (8)$$

$$t^{\circ}F = 9/5 (t^{\circ}C + 320) \quad (9)$$

Yer yuzidan uzoqlashgan sari atmosfera bosimi kamayadi. Troposfera sohasida (11000 m. gacha) bosimni tushishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$P = P_0 \left(1 - \frac{h}{44300}\right)^{5,256} \quad (10)$$

bu yerda: P – atmosferaning yuqori qatlamlaridagi barometrik bosim (0°C ga keltirilgan mm sim.ust dagi bosim);

P_0 – dengiz satxidagi 0°C dagi mm.sim.ust. dagi barometrik bosim;

h –dengiz satxidan hisoblangan balandlik, m.

Harorat quyidagicha o'zgaradi:

$$T = T_0 - 0,0065 h \quad (11)$$

T_0 – dengiz sathidagi harorat;

T – h balandlikdagi harorat.

1. 1m^3 metanning ma'lum sharoitdagi massasi $0,7\text{ kg}$ ga teng. Metanning zichligini va solishtirma hajmini aniqlang.

J: $\rho = 0,7\text{ kg/m}^3$; $v = 1,429\text{ m}^3/\text{kg}$.

2. Xavoning ma'lum sharoitdagi zichligi $1,293\text{ kg/m}^3$ ga teng. Shu sharoit uchun xavoning solishtirma hajmini aniqlang.

J: $v = 0,773\text{ m}^3/\text{kg}$.

3. Xavoning simobli barometr bo'yicha 0°C dagi bosimi 770 mm ga teng. Shu bosimni bar da va N/m^2 da ifodalang.

Yechish: $1\text{ bar} = 750\text{ mm.sim.ust}$.

Demak, $770\text{ mm.sm.ust} = 770/750\text{ bar} = 1,027\text{ bar} = 102700\text{ N/m}^2$

4. Xavoning simobli barometr bo'yicha 20°C dagi bosimi 765 mm ga teng. Shu bosimni bar da ifodalang.

J: $B = 1,02\text{ bar}$

5. Qozondagi bug'ning bosimi manometr bo'yicha $P = 1,3\text{ bar}$ ga teng. Atmosfera bosimi simobli barometr bo'yicha $t = 25^\circ\text{C}$ da $B = 680\text{ mm}$ ga teng. Bug'ning absolyut bosimini aniqlang.

J: $P_{\text{ABS}} = 2,2\text{ bar}$

6. Agar manometr ko'rsatishi $2,45\text{ bar}$, atmosfera bosimi $t = 20^\circ\text{C}$ da $B = 700\text{ mm sim.ust}$.ga teng bo'lsa, bug'qozonidagi absolyut bosimni aniqlang.

J: $P = 3,38\text{ bar}$

7. Barometrik bosim $B_1=725$ mm.sim.ust.ga 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' qozonidagi ortiqcha bosimni aniqlang. Barometrik bosim 0°C da keltirilgan.

J: $P=0,32$ bar

8. 1 mm.sim.ust.ga qanday suv ustuni balandligi mos keladi?

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

9. 1 kg/m^2 bosim qanday suv ustuni balandligiga mos keladi?

J: $h=1$ mm.suv.ust.

10. Bug' turbinasi kondensatoriga ulangan simobli vakuummetrning ko'rsatishi 705 mm.sim.ust. ga teng. Simobli barometrning ko'rsatishi ($t=0^\circ\text{C}$) $B_0=747$ mm ga teng.

Xavoning harorati $t=20^\circ\text{C}$ ga teng. Bug' turbinasi kondensatoridagi absolyut bosimni aniqlang.

J: $P=0,059$ bar.

11. Idishga ulangan simobli vakuumetr 420 mm siyraklanishni ko'rsatyapti. Idishdagi harorat $t=20^\circ\text{C}$ ga teng. Atmosfera bosimi simobli barometr bo'yicha 768 mm va harorat $t=18^\circ\text{C}$ bo'lsa, idishdagi absolyut bosimni aniqlang.

Yechish:

Vakuummetr va barometr ko'rsatishlarini 0°C ga keltiramiz:

$$P_{\text{vak}} = 420(1 - 0,000172 \cdot 80) = 418,5 \text{ mm. sim. ust}$$

$$P_{\text{atm}} = 768(1 - 0,000172 \cdot 18) = 765,6 \text{ mm. sim. ust}$$

Idishdagi absolyut bosim:

$$P_{\text{abs}} = 765,6 - 418,5 = 347,1 \text{ mm. sim. ust} = 46,3 \text{ kPa}$$

12. Suv bug'ining qizdirish darajasi 45°C ga teng. Bu kattalikni Farangeyt shkalasi bo'yicha aniqlang.

Yechish: Selsiy va Farangeyt shkalalari orasidagi munosabat quyidagicha:

$$\Delta t^\circ\text{F} = 1,8 \cdot \Delta t^\circ\text{C} + 32$$

Demak,

$$\Delta t^\circ\text{F} = 1,8 \cdot 45 + 32 = 113^\circ\text{F}$$

13. Hajmi $0,9\text{ m}^3$ bo'lgan idishda $1,5\text{ kg}$ uglerod oksidi (CO) turibdi.

Gazning solishtirma hajmi va zichligini aniqlang.

J: $v = 0,6 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad \rho = 1,67 \text{ kg/m}^3$

14. Bug' turbinasi kondensatoridagi absolyut bosimni aniqlang. Kondensatorga ulangan simobli vakuumetr ko'rsatishi 705 mm, 0°C ga keltirilgan simobli barometr ko'rsatishi 747 mm. Qurilma o'rnatilgan joydagi havo harorati $t = 20^\circ\text{C}$.

J: $P = 5900 \text{ Pa}$

15. Vakuummetr trubkasida simob balandligi 570 mm ga teng, simob harorati 20 °C. Simob ustida balandligi 37 mm bo'lgan suv turibdi. Xavoning barometrik bosimi $t = 15^\circ\text{C}$ da 728 mm sim.ust. ga teng. Idishdagi absolyut bosimni aniqlang.

J: 155,4 mm sim.ust

16. Bug' qozoni gaz yo'llariga o'rnatilgan vakuummetr 80 mm. suv.ust. ni ko'rsatyapti.

Agar barometr ko'rsatishi $t = 0^\circ\text{C}$ da 770 mm sim.ust. ga teng bo'lsa, tutun gazlarining absolyut bosimini aniqlang.

J: $P = 764,1 \text{ mm.sim.ust}$

17. Gaz yo'llariga o'rnatilgan vakuummetr 42 mm suv.ust. ni ko'rsatyapti. Simobli barometr bo'yicha atmosfera bosimi $t = 15^\circ\text{C}$ da 757 mm sim.ust. ga teng. Tutun gazlarining absolyut bosimini aniqlang.

J: $P = 751,95 \text{ mm.sim.ust}$

18. Bug' qozoni bug' qizdirgichidan chiqayotgan bug'ning harorati 950°F ga teng. Bu kattalikni °C ga o'tkazing.

J: $t = 510^\circ\text{C}$

19. Farangeyt shkalasi bo'yicha absolyut nol qiymatini aniqlang.

J: $t = 459^\circ\text{C}$

20. Agar dengiz satxidagi bosim $t = 15^\circ\text{C}$ da 740 mm sim.ust. ga teng bo'lsa, 9500 m balandlikdagi barometrik bosimni aniqlang.

J: $P = 0,276 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

21. Dengiz satxida 0°C da turgan barometr ko'rsatishi 757 mm sim.ust. ga

teng.

Samolyot bortiga o'rnatilgan barometr ko'rsatishi dengiz satxidagi bosimdan 3,7 marta kichik bo'lsa, samolyot qanday balandlikda uchmoqda?

J: 9750 m.

22. Kislorod bilan to'ldirilgan idishdagi manometrik bosim 40 at. ga teng. Ballon 6000 m balandlikka ko'tarilsa, kislorodning ortiqcha bosimini aniqlang. Dengiz satxidagi harorat 30°C va barometrik bosim 770 mm sim.ust. ga teng.

J: 3,97 MPa.

23. Suv osti kemasida raketa joylashtirilgan. Konteyner osti 15,5 m chuqurlikda turibdi. Atmosfera bosimi 20°C da 755 mm sim.ust. ga teng. Konteyner ostiga ta'sir etayotgan bosimni aniqlang.

J: $P=0,253\text{ MPa}$.

24. Barokamera joylashgan xonadagi suv manometri 50 mm suv.ust. ni ko'rsatmoqda. Xona tashqarisidagi bosim 750 mm sim.ust. ga va harorat 30°C ga teng. Barokameradagi vakuum 180 mm sim.ust. ga teng. Barokameradagi absolyut bosimni aniqlang.

J: $P=76\text{ kPa}$.

II BOB

IDEAL GAZNING ASOSIY QONUNLARI

Boyl-Marriot qonuni: o'zgarmas haroratda gazning berilgan massasi uchun absolyut bosimning hajmiga ko'paytmasi o'zgarmas kattalikdir: v

$$Pv = \text{const} \quad (12)$$

Gey-Lyussak qonuni: bosim va massa o'zgarmas bo'lganda gaz hajmi absolyut haroratning o'zgarishiga to'g'ri proporsional ravishda o'zgaradi:

$$v_1 / v_2 = T_1 / T_2 \quad (13)$$

Sharl qonuni: hajm va massa o'zgarmas bo'lganda gaz bosimi absolyut haroratning o'zgarishiga to'g'ri proporsional ravishda o'zgaradi:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (14)$$

Ideal gazning holat tenglamasi ayni gazning holatini xarakterlovchi kattaliklarni (v , P va T) o'zaro bog'laydi.

$$PV = mRT \quad (15)$$

$$p v = RT \quad (16)$$

$$PV_\mu = \mu RT \quad (17)$$

Bu yerda:

P – gazning bosimi, N/m^2 ; V – gazning hajmi, m^3 ; m – gazning massasi, kg ;

v - gazning solishtirma hajmi, m^3/kg ;

V_μ - 1 kmol gazning hajmi, m^3/kmol ;

R - gaz doimiysi, $\text{J/kg}\cdot\text{grad}$;

μR - universal gaz doimiysi, $\text{J/kmol}\cdot\text{grad}$

$$\mu R = \frac{PV_\mu}{T} = \frac{101325 \cdot 22.4136}{273,15} = 8314 \text{ J/kmol}\cdot\text{grad} \quad (18)$$

1 kg gazning gaz doimiysini quyidagi tenglama yordamida aniqlash mumkin:

$$R = \frac{8314}{\mu} \text{ J/kg}\cdot\text{grad} \quad (19)$$

1873 yilda golland fizigi Van-Der-Vaals real gazlar uchun holat tenglamasini keltirib chiqardi:

$$P = \frac{RT}{v - b} - \frac{a}{v^2} \quad (20)$$

bu yerda a va b – Van-Der-Vaals tenglamasi uchun tuzatish koeffisientlari.

Bu koeffisientlar maxsus jadvallarda keltirilgan.

Real gazlar uchun M.P.Bukalovich va M.M.Novikov tenglamasidan ham foydalanish mumkin:

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT \left(1 - \frac{C}{vT - \frac{3 + 2m}{2}}\right) \quad (21)$$

bu yerda: a va b – Van-der-Vaals tenglamasidagi koeffisientlar;

C va m – tajriba yordamida aniqlangan kattaliklar.

25. Uglerod oksidini (CO) $P=1$ bar va $t=15^\circ\text{C}$ sharoitidagi zichligini aniqlang.

J: $\rho = 1,169 \text{ kg/m}^3$

26. Uglerod ikki oksidini normal sharoitdagi zichligini, solishtirma hajmini aniqlang.

J: $\rho_N = 1,964 \text{ kg/m}^3$; $v_N = 0,509 \text{ m}^3/\text{kg}$.

27. Kislorodni $P=23$ bar va $t=280^\circ\text{C}$ dagi solishtirma hajmini aniqlang.

J: $v = 0,0625 \text{ m}^3/\text{kg}$.

28. Normal sharoitdagi xavoning zichligi $\rho_n=1,293\text{kg/m}^3$ ga teng. Xavoni $P=15$ bar va $t=20^\circ\text{C}$ dagi zichligini aniqlang.

J: $\rho=17,82 \text{ kg/m}^3$

29. Karbonat angidrid gazining $t=80^\circ\text{C}$ dagi hajmi $V=4\text{m}^3$. Gazning manometrik bosimi $0,4$ bar. Barometrik bosim $B=780 \text{ mm.sim.ust.}$ ga teng. Gazning massasini aniqlang.

J: $M=8,6 \text{ kg}$.

30. Silindrda xarakatlanuvchi porshen ostida $P_1= 5$ bar bosimda $0,8 \text{ m}^3$ xavo bor. Bosim 8 bar gacha ko'tarilganda, uning harorati o'zgarmasligi uchun uning hajmi qanday o'zgarishi kerak?

J: $V=0,5 \text{ m}^3$

31. Manometning ko'rsatishi $P_1=18$ bar dan $P_2=3$ bar gacha kamaysa, idishdagi gazning zichligi qanday o'zgaradi? Barometrik bosim 1 bar ga teng.

J: $\rho_2 = \frac{1}{6}\rho_1$

32. Bug' qozonining xavo isitkichiga 300°C haroratda $130000\text{ m}^3/\text{soat}$ xavo yuborilyapdi. Agar xavo o'zgarmas bosimda 400°C gacha isitilsa, xavo isitkichdan chiqayotgan xavo sarfini aniqlang.

J: $V=288700\text{ m}^3/\text{soat}$

33. Kislorod, vodorod va metanning gaz doimiysini aniqlang.

J: $R_{O_2} = 259.8\text{ J/kg}\cdot\text{grad}$; $R_{H_2} = 4124\text{ J/kg}\cdot\text{grad}$;

$R_{CH_4} = 518.8\text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

34. 1 kg azot 70°C harorat va $0,2\text{ MN/m}^2$ bosimda qanday hajmni egallaydi?

J: $v = 0,509\text{ m}^3/\text{kg}$

35. 60 litrli ballonda kislorod bor. Manometrning ko'rsatishi 10,8 bar, simobli barometr 25°C da 745 mm ni ko'rsatsa, kislorodning massasini aniqlang.

J: $M=0,91\text{ kg}$

36. Idishdagi xavoning harorati 0°C va bosimi 75 mm.sim.ust. ga teng. Simobli barometrning 20°C dagi ko'rsatishi 748 ga teng. Shu sharoit uchun xavoning solishtirma hajmini aniqlang.

J: $v = 0,876\text{ m}^3/\text{kg}$

37. 11 kg xavo $P=0,44\text{ MN/m}^2$ bosimda va $t=18^\circ\text{C}$ haroratda qanday hajmni egallaydi?

J: $V=2,088\text{ m}^3$

38. Diametri 60 sm bo'lgan silindrda $0,41\text{ m}^3$ xavo $P=2,5$ bar bosimda va $t=35^\circ\text{C}$ haroratda turibdi. Ishkalanishsiz xarakatlanayotgan porshen 40 sm ga ko'tarilishi uchun xavoni o'zgarmas bosimda qanday haroratgacha isitish kerak?

J: $t_2=117,6^\circ\text{C}$

39. Diametri $d=0,6\text{ m}$ va balandligi $h=2,4\text{ m}$ bo'lgan silindr idishda 18°C li xavo bor. Xavoning bosimi 7,65 bar. 0°C ga keltirilgan barometrik bosim 764

mm.sm ust.ga teng. Xavoning idishdagi massasini aniqlang.

J: $m=7,04 \text{ kg}$

40. Normal sharoit uchun suv bug'ining zichligini va solishtirma hajmini aniqlang. Suv bug'ini ideal gaz deb hisoblansin.

J: $\rho=0,804 \text{ kg/m}^3; \quad v=1,243 \text{ m}^3/\text{kg}.$

41. 10 kmol azot normal sharoitda qanday hajmni egallaydi?

J: $V=224\text{m}^3$

42. 1 kmol gaz $P=2 \text{ MN/m}^2$ bosim va $t=200^\circ\text{C}$ haroratda qanday hajmni egallaydi?

J: $v=1,97 \text{ m}^3/\text{kmol}$

43. Qanday haroratda 1 kmol gaz $P=1\text{kN/m}^2$ bosimda $V=4\text{m}^3$ hajmni egallaydi?

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

44. Qanday haroratda bosimi $P=1,5 \text{ MN/m}^2$ bo'lgan azotning zichligi 3kg/m^3 ga teng bo'ladi?

J: $t=1422^\circ\text{C}$

45. Uglerod oksidi 0°C va 760 mm.sim.ust.dagi zichligi $1,251 \text{ kg/m}^3$ ga teng. Shu gazni $t=20^\circ\text{C}$ va $P=710 \text{ mm.sim.ust.dagi}$ zichligini aniqlang.

Yechish: Ideal gaz holat tenglamasidan

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

Demak,

$$\rho_2 = 1.251 \cdot \frac{710}{760} \cdot \frac{273}{273+20} = 1.09 \text{ kg/m}^3$$

46. Agar kislorodni $P=760 \text{ mm.sim.ust.}$ va $t=15^\circ\text{C}$ dagi zichligi $1,310\text{kg/m}^3$ ga teng bo'lsa, shu gazni 0°C va $P=600 \text{ mm.sim.ust.dagi}$ zichligini aniqlang.

J: $\rho=1,09 \text{ kg/m}^3$

47. Hajmi $0,9 \text{ m}^3$ bo'lgan idish harorati $t=17^\circ\text{C}$ bo'lgan xavo bilan to'ldirilgan. Idishga ulangan vakuummetr 600 mm.sim.ust.ni ko'rsatyapti. Agar barometr ko'rsatishi 740 mm.sim.ust.ga teng bo'lsa, xavoning idishdagi massasini

aniqlang.

J: $m=0,2018 \text{ kg}$.

48. Bo'sh kislorod ballonining sig'imi 50l, massasi 80 kg. Ballon $t=20^{\circ}\text{C}$ haroratda 100 bar bosimgacha kislorod bilan to'ldirildi. Ballonning massasini aniqlang.

J: $M=86,57 \text{ kg}$.

49. Payvandlash uchun sig'imi 100l li kislorod balloni keltirildi. Agar bosim $P=12 \text{ MN/m}^2$ va harorat $t=16^{\circ}\text{C}$ bo'lsa, kislorodning massasini aniqlang.

J: $m=16 \text{ kg}$.

50. Sig'imi $4,2 \text{ m}^3$ bo'lgan idish 15 kg uglerod oksidi bilan to'ldirilgan. Agar gazning harorati $t=27^{\circ}\text{C}$ bo'lsa, idishdagi bosimni aniqlang.

J: $P=3,18 \text{ bar}$.

51. Sig'imi $0,9 \text{ m}^3$ bo'lgan idishdan xavo atmosferaga chiqarilyapti. Xavoning boshlang'ich harorati 27°C ga teng. Agar idishdagi bosim 93,2 bar dan 42,2 bar gacha kamaysa, hamda harorati 17°C gacha tushsa, atmosferaga chiqarilgan xavoning massasini aniqlang.

J: $m=51,8 \text{ kg}$.

52. Quyidagi gazlarni: asetilen C_2H_2 , uglerod oksidi CO , ammiak NH_3 , ozon O_3 ni gaz doimiysini aniqlang.

J: 1) $R=319,8 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$; 2) $R=293 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$;

3) $R=489 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$; 4) $R=173 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

53. Etanning gaz doimiysi $277,6 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$. Shu gazni normal sharoitdagi molekulyar og'irligini, zichligini va solishtirma hajmini aniqlang.

J: $\mu=30,0$; $\rho=1,343 \text{ kg/m}^3$; $\nu=0,745 \text{ m}^3/\text{kg}$

54. Uglerod ikki oksidining gaz doimiysi $189 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ ga teng. Shu gazni 9,81 bar bosimda va 27°C haroratdagi zichligini va solishtirma hajmini aniqlang.

J: $\rho=17,3 \text{ kg/m}^3$; $\nu=0,058 \text{ m}^3/\text{kg}$.

55. Sig'imi 40l bo'lgan idishda 112 at bosimda va 37°C haroratda kislorod turibdi. Kislorodning massasini va zichligini aniqlang. Atmosfera bosimi 736

mm.sim.ust.ga teng.

J: $M=5,5 \text{ kg}; \quad \rho=137,5 \text{ kg/m}^3$

56. Aerostat harorati 17°C bo'lgan 4000 m^3 geliy bilan to'ldirilgan. Agar atmosfera bosimi $1,02 \text{ bar}$, xavo harorati 27°C , aerostat qoplamasi massasi 700 kg bo'lsa, aerostatning ko'tarish kuchini aniqlang.

J: $F=33000\text{N}$

57. Sig'imi 12 m^3 bo'lgan idishda bosimi 8 at ga va harorati 22°C bo'lgan xavo saqlanmoqda. Xavoning bir qismi ishlatilgandan so'ng, uning harorati 17°C ga, bosimi 4 at ga tushdi. Agar barometrik bosim $P_{\text{bar}}=1\text{at}$ bo'lsa, qancha xavo sarf bo'lganini aniqlang.

J: $m=54,3 \text{ kg}.$

58. Agar gazning absolyut bosimi 5 kg/sm^2 , 1 kmol ni hajmi 15 m^3 bo'lsa, gazning haroratini aniqlang.

J: $t=611^\circ\text{C}$

59. Sig'imi 40l bo'lgan idishda bosimi 75 bar va harorati 20°C bo'lgan azot saqlanmoqda. Ideal va real gaz qonunlaridan foydalanib, shu gazning solishtirma hajmini aniqlang va olingan qiymatlarni taqqoslang.

J: $v_{\text{ideal}} = 0,0116 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad v_{\text{real}} = 0,1135 \text{ m}^3/\text{kg}$

60. Ideal gazning holat va Van-Der-Vaals tenglamalaridan foydalanib quyidagi xollar uchun suv bug'ining bosimini aniqlang:

$t=30^\circ\text{C}; \quad v=0,263 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad t=24^\circ\text{C}; \quad v=0,11 \text{ m}^3/\text{kg}$

J: 1) $P_{\text{ideal}} = 10,3 \text{ kg/sm}^2; \quad P_{2\text{ideal}} = 21,8 \text{ kg/sm}^2;$

2) $P_{1\text{real}} = 10,05 \text{ kg/sm}^2; \quad P_{2\text{real}} = 20,6 \text{ kg/sm}^2.$

61. Ma'lum bir massali gazning - 20°C dagi hajmi + 20°C dagi hajmidan necha marta kam bo'ladi? Ikkala xol uchun bosim bir xil.

Yechish:

O'zgarmas bosimda gazning hajmi quyidagicha o'zgaradi:

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

Demak, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{273+20}{273-20} = 1,16$

62. 5 m³ vodorod, 5 m³ kislorod va 5 m³ karbonat angidridning 6 bar bosim va 100°C haroratdagi massasini aniqlang.

Yechish: Ixtiyoriy miqdordagi gaz uchun holat tenglamasi:

$$PV = mRT$$

Gaz doimiylarini jadvaldan aniqlaymiz:

$$R_{H_2} = 4124 \text{ J/kg} \cdot \text{grad};$$

$$R_{O_2} = 259,8 \text{ J/kg} \cdot \text{grad}$$

$$R_{SO_2} = 188,9 \text{ J/kg} \cdot \text{grad}$$

Demak,

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{6 \cdot 10^5 \cdot 5}{R \cdot 373} = \frac{8042,8}{R}$$

U holda:

$$m_{H_2} = \frac{8042,8}{4124} = 1,95 \text{ kg}$$

$$m_{O_2} = \frac{8042,8}{259,8} = 30,9 \text{ kg}$$

$$m_{CO_2} = \frac{8042,8}{189} = 42,6 \text{ kg}$$

63. Sig'imi 20l bo'lgan idishda bosimi 10 MPa va harorati 15°C bo'lgan kislorod turibdi. Kislorodning bir qismi ishlatilgandan so'ng bosim 7,6 MPa gacha pasaydi, harorat 10°C ga tushdi.

Ishlatilgan kislorodning massasini aniqlang.

Yechish:

Holat tenglamasidan: $m = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$

Boshlang'ich va keyingi holat uchun kislorodning massasini aniqlaymiz:

$$m_1 = \frac{10 \cdot 10^6 \cdot 0,02}{259,8 \cdot 288} = 2,673 \text{ kg}$$

$$m_2 = \frac{7,6 \cdot 10^6 \cdot 0,02}{259,8 \cdot 283} = 2,067 \text{ kg}$$

Kislorod sarfi:

$$\Delta m = 2,673 - 2,067 = 0,606 \text{ kg}$$

64. Hajmi 10 m^3 bo'lgan idish 25 kg karbonat angidrid gazi bilan to'ldirilgan. Agar idishdagi harorat 27°C ga teng bo'lsa, absolyut bosimni aniqlang.

J: 141700 Pa

65. Agar 0°C va 760 mm sim.ust.da uglerod oksidi zichligi $1,251 \text{ kg/m}^3$ ga teng bo'lsa, gazning 20°C va 710 mm sim.ust. dagi zichligini aniqlang.

Yechish: Holat tenglamasi $P v = RT$ dan

$$P_1 v_1 = RT_1; \quad P_2 v_2 = RT_2$$

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{Demak, } \rho_2 = 1,251 \frac{710}{760} \cdot \frac{273}{273+20} = 1.09 \text{ kg/m}^3$$

66. Sig'imi 60 l bo'lgan idishda kislorod turibdi. Manometrik bosim $10,8 \text{ bar}$, simobli barometrning $t=25^\circ\text{C}$ dagi ko'rsatgichi 745 mm sim.ust. ga teng bo'lsa kislorodning massasini aniqlang.

J: $m=0,91 \text{ kg}$.

67. Idishdagi havoning harorati 0°C va bosimi 75 mm sim.ust. ga teng. Simobli barometrning $t=20^\circ\text{C}$ dagi ko'rsatgichi 748 mm sim.ust. ga teng. Ushbu sharoit uchun havoning solishtirma hajmini aniqlang.

J: $v=0,876 \text{ m}^3/\text{kg}$

68. Hajmi $0,5 \text{ m}^3$ bo'lgan idishda $t=20^\circ\text{C}$ va bosimi $P=0,2 \text{ MPa}$ bo'lgan havo turibdi. Idish ichidagi siyraklanish 420 mm sim.ust ga teng bo'lishi uchun, o'zgarmas haroratda idishdan qancha kislorodni so'rib olish zarur?

Atmosfera bosimi $t=18^\circ\text{C}$ da 768 mm sim.ust. ga teng. Siyraklanish simobli vakuumetr bilan 20°C da o'lchangan.

J: $m=1,527 \text{ kg}$.

69. Hajmi 4 m^3 bo'lgan rezervuar karbonat angidrid gazi bilan to'ldirilgan. Agar ortiqcha bosim $0,4 \text{ bar}$, harorat 80°C , hamda havoning barometrik bosimi 780 mm sim.ust. ga teng bo'lsa, gazning massasini va og'irlik kuchini aniqlang.

J: $m=8,64 \text{ kg}; \quad F=84,8 \text{ N}$

70. 1 kmol gaz 2 MPa bosim va 200°C haroratda qanday hajmni egallaydi?

J: $V=1,97 \text{ m}^3/\text{kmol}$

71. Qanday haroratda 1 kmol gaz 4m^3 hajmni egallaydi? Gazning bosimi $p=1 \text{ kPa}$.

J: $t=198^\circ\text{C}$

72. Agar kislorodning 760 mm sim.ust. va 15°C dagi zichligi $1,310 \text{ kg/m}^3$ ga teng bo'lsa, 0°C va 600 mm. sim. ust. dagi zichligini aniqlang.

J: $\rho=1,09 \text{ kg/m}^3$

73. Harorati 10°C bo'lgan havo harorati 50°C bo'lgan havoga qaraganda rezervuarga necha marta (massasi bo'yicha) ko'proq joylashadi? Ikkala holda bosim bir xil.

J: 1,14 marta

74. Sig'imi $0,9 \text{ m}^3$ bo'lgan idish harorati 17°C bo'lgan havo bilan to'ldirilgan. Idishga ulangan vakuumetr 600 mm sim.ust. ni ko'rsatmoqda. Agar barometr ko'rsatishi 740 mm sim.ust. ga teng bo'lsa, ballondagi havoning massasini aniqlang.

J: $m=0,2018 \text{ kg}$

75. Vodorod bilan to'ldirilgan aerostatning $H=7000 \text{ m}$ balandlikdagi ko'tarish kuchi 39240 N ga teng bo'lishi uchun uning hajmi qanday bo'lishi kerak? Ushbu balandlikda havoning parametrlari quyidagicha:

$P=0,41 \text{ bar}$, $t=-30^\circ\text{C}$. Agar aerostat geliy bilan to'ldirilsa, uning ko'tarish kuchi qanday o'zgaradi? Er sirtidagi bosim $0,981 \text{ bar}$ va harorat 30°C bo'lsa, aerostatning V_2 hajmini aniqlang.

J: $V_2=73 \text{ m}^3$; $\Delta F=-177 \text{ N}$; $V_2=3738 \text{ m}^3$

76. Ballondagi siqilgan havoning harorati 15°C . Yong'in paytida havoning harorati 450°C ga qadar ko'tarildi. Agar ballon 450°C da $9,8 \text{ MPa}$ bosimga chidashi ma'lum bo'lsa, ballon portlaydimi? Boshlang'ich bosim $4,8 \text{ MPa}$.

J: Ha

77. Quvurda harorati 127°C va bosimi 4 bar bo'lgan kislorodning sarfi $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Gazning massaviy sarfini (kg/s) aniqlang.

J: $G=33,5 \text{ kg/s}$.

78. Porshenli kompressor bir minutda harorati 17°C va barometrik bosimi 750 mm sim.ust. ga teng bo'lgan 3 m^3 havoni so'rib, sig'imi $8,5 \text{ m}^3$ bo'lgan rezervuarga haydamoqda. Agar rezervuardagi havo harorati o'zgarmasa, kompressor necha minutda havo bosimini 7 bar gacha ko'tarishi mumkin? Havoning boshlang'ich bosimi 750 mm sim.ust. ga va harorati 17°C ga teng.

J: 17 minutda .

79. Haydash ventilyatori bug' qozonining o'txonasiga harorati 300°C va bosimi 155 mm sim.ust. ga teng $102000 \text{ m}^3/\text{soat}$ havoni uzatmoqda. Xonadagi havoning barometrik bosimi 755 mm sim.ust. ga teng.

Ventilyatorning normal sharoit uchun unumdorligini (m^3/soat) aniqlang.

J: $V=48940 \text{ m}^3/\text{soat}$

80. Kompressor havoni rezervuarga uzatmoqda. Kopressorning ishlash davrida rezervuardagi bosim atmosfera bosimidan 7 bar gacha, harorati esa 20°C dan 25°C gacha ko'tariladi. Rezervuarning hajmi 56 m^3 , 0°C ga keltirilgan barometrik bosim 750 mm sim.ust. ga teng.

Kompressordan rezervuarga uzatilgan havo massasini aniqlang.

J: $m=391,7 \text{ kg}$

III BOB

GAZLAR ARALASHMASI

Dalton qonuni: gazlar aralashmasining bosimi komponentlar parsial bosimlarining yig'indisiga teng.

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \quad (22)$$

Gazlar ish aralashmasining tarkibi shu aralashma tarkibiga kiruvchi xar qaysi komponentlarning miqdori bilan aniqlanadi.

Aralashmaning tarkibi, odatda, massaviy yoki hajmiy ulushlar bilan ifodalanadi.

Aralashmadagi ayrim komponentlarning massaviy ulushlari quyidagiga teng:

$$m_1 = M_1/M; \quad m_2 = M_2/M; \quad m_3 = M_3/M; \quad \dots \quad m_n = M_n/M \quad (23)$$

bu yerda $M_1, M_2, M_3 \dots M_n$ – ayrim gazlarning massasi va M -aralashma massasi.

Hajmiy ulush:

$$r_1 = V_1/V; \quad r_2 = V_2/V; \quad r_3 = V_3/V \dots r_n = V_n/V \quad (24)$$

Bu yerda $V_1; V_2; V_3 \dots V_n$ – ayrim gazlarning parsial hajmi. V -aralashma hajmi.

Demak.

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots M_p = M \quad (25)$$

$$m_1 + m_2 + m_3 + \dots m_n = 1 \quad (26)$$

$$V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n = V \quad (27)$$

$$r_1 + r_2 + r_3 + \dots r_n = 1 \quad (28)$$

Massaviy ulushni hajmiy ulushga o'tkazish:

$$r_1 = \frac{\frac{m_1}{\mu_1}}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\mu_i}} \quad (29)$$

Hajmiy ulushdan massaviy ulushga o'tish:

$$m_i = \frac{r_i \mu_i}{\sum_{i=1}^n r_i \mu_i} \quad (30)$$

Aralashma zichligini aniqlash:

$$\rho_{ar} = \sum_1^n r_i \rho_i, \text{ kg/m}^3 \quad (31)$$

$$\rho_{\alpha\rho} = \frac{1}{\sum_1^n m_i / \rho_i}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (32)$$

Solishtirma xajmni aniqlash:

$$v_{ar} = \frac{1}{\sum_1^n r_i \rho_i}, \text{ kg/m}^3 \quad (33)$$

$$v_{ar} = \sum_1^n r_i \rho_i, \text{ kg/m}^3 \quad (34)$$

Aralashmaning tuyulma molekulyar massasini aniqlash:

$$\mu_{ap} = \frac{1}{\sum_1^n m_i / \mu_i} \quad (35)$$

$$\mu_{\alpha p} = \sum_1^n r_i \mu_i \quad (36)$$

Aralashmaning gaz doimiysini aniqlash:

$$R_{ap} = \sum_1^n m_i \cdot R_i \quad (37)$$

$$R_{ar} = \frac{8314}{\mu_{ar}} = \frac{8314}{\sum_1^n r_i \cdot \mu_i} \quad (38)$$

Parsial bosimlarni aniqlash:

$$P_i = P \cdot r_i \quad (39)$$

$$P_i = m_i \frac{R_i}{R_{\alpha\rho}} * p \quad (40)$$

81. 1m^3 quruq xavo $0,21\text{ m}^3$ kislorod va $0,79\text{ m}^3$ azotdan iborat. Xavoning massaviy tarkibini, uning gaz doimiysini va kislorod hamda azotning parsial bosimini aniqlang.

$$\mathbf{J}: m_{O_2} = 0.232; m_{N_2} = 0.768;$$

$$R = 287 \text{ J/kg.grad.} \quad P_{N_2} = 0.79P_{ar}; P_{O_2} = 0.21P_{ar}.$$

82. Gazlar aralashmasi vodorod va uglerod oksididan iborat. Vodorodning massaviy ulushi $m_{H_2} = 6.67\%$.

Aralashmaning gaz doimiysini va normal sharoitdagi solishtirma hajmini aniqlang. **Yechish:**

$$R_{op} = \sum m_1 \cdot R_1 = m_1 \cdot R_1 + m_2 \cdot R_2 = 0.0667 \cdot 4124 + 0.933 \cdot$$

$296.8 = 552 \text{ J/(kg grad)}$ Aralashmaning solishtirma hajmini holat tenglamasidan ($P \cdot v = RT$) aniqlaymiz.

$$v_n = \frac{R \cdot T_H}{T_H} \cdot \frac{\frac{273 \cdot 552}{760}}{750} \cdot 10^5 = 1.49 \text{ m}^3/\text{kg}$$

83. Gazlar aralashmasi 1 m^3 generator gazi va $1,5 \text{ m}^3$ xavodan iborat. Aralashmaning normal sharoitdagi gaz doimiysini va gazlarning parsial bosimlarini aniqlang. Generator gazining zichligi $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ga teng.

$$\textbf{J: } R_{\text{ar}} = 295 \text{ J/kg.grad; } P_{\text{g.g.}} = 0,4 P_{\text{ar}}; P_{\text{xavo}} = 0,6 P_{\text{ar}}$$

84. 1 kg benzinning kmollardagi tarkibi quyidagicha:

$\text{CO}_2 - 0,07125$; $\text{H}_2\text{O} - 0,0725$; $\text{O}_2 - 0,01075$; $\text{N}_2 - 0,4476$. Massaviy va hajmiy tarkibini aniqlang.

$$\textbf{J: } m_{\text{CO}_2} = 18,1 \% ; r_{\text{CO}_2} = 11,83 \% ; m_{\text{H}_2\text{O}} = 7,54 \%$$

$$r_{\text{H}_2\text{O}} = 12,04 \% ; m_{\text{O}_2} = 1,99 \% ; r_{\text{O}_2} = 1,79 \% ; m_{\text{N}_2} = 72,37 \%$$

$$r_{\text{N}_2} = 74,34 \%;$$

85. Aralashma vodorod va azotdan iborat bo'lib, uning gaz doimiysi $R = 922 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}$ ga teng. Aralashma bosimi 720 mm. sim.ust. ga teng. Massaviy va hajmiy ulushlarni, hamda komponentlarning parsial bosimlarini aniqlang.

$$\textbf{J: } m_{\text{N}_2} = 0.837 , m_{\text{H}_2} = 0,163, P_{\text{N}_2} = 193 \text{ mm. sim.ust.}$$

$$r_{\text{N}_2} = 0,268, \quad r_{\text{H}_2} = 0,732, \quad P_{\text{H}_2} = 527 \text{ mm.sim.ust.}$$

86. Uglerod oksidi CO va uglerod ikki oksidi CO_2 aralashmasi tarkibida 12 kg uglerod oksidi bor. Aralashmaning molekulyar og'irligi 41 ga teng bo'lsa, uning massasini aniqlang.

$$\textbf{J: } M = 93,75 \text{ kg.}$$

87. Azot va uglerod ikki oksidi aralashmasining $1,4 \text{ bar}$ bosim va 45°C haroratdagi zichligi $2,1 \text{ kg/m}^3$ teng. Aralashmaning massaviy va hajmiy ulushlarini aniqlang.

$$\textbf{J: } m_{\text{N}_2} = 0,1875; r_{\text{N}_2} = 0,266; m_{\text{CO}_2} = 0,8125;; r_{\text{CO}_2} = 0,734;$$

88. Sig'imi 100 l bo'lgan idish absolyut bosimi 80 at. va harorati 25°C bo'lgan uglerod oksidi bilan to'ldirilgan. Idish issiq xonaga kiritilgandan so'ng

gazning harorati $+20^{\circ}\text{C}$ gacha ko'tarildi. Gazga berilgan issiqlik miqdori va isitilgandan keyingi ballondagi bosim aniqlansin.

J: $Q_v = 221,6 \text{ kJ}$; $P = 59 \text{ at}$.

89. Harorati 2000°C va bosimi $1,5 \text{ bar}$ bo'lgan xavo o'zgarmas bosimda 200°C gacha sovitilyapti. O'rtacha issiqlik sig'imini va ajralgan issiqlik miqdorini aniqlang.

J: $c_p = 1,176 \text{ kJ/kg.grad}$; $Q = 389280 \text{ kJ}$

90. Sig'imi 800 m^3 , bosimi $1,25 \text{ bar}$ va harorati 10°C bo'lgan idishdagi azotga 4000 kJ issiqlik miqdori uzatildi. Gaz qanday haroratgacha isiydi?

J: $\Delta t = 3,3^{\circ}\text{C}$.

91. Azot va vodorod aralashmasining massaviy og'irligi $4:1$ bo'lib, aralashma $P = \text{const}$ sharoitida 200°C dan 1200°C gacha isitilmoqda. Shu harorat oralig'idagi o'rtacha issiqlik sig'imi va 100 kg aralashmani isitish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori aniqlansin.

J: $\mu C_p = 30,836 \text{ kJ/kmol.grad}$; $Q_p = 396240 \text{ kJ}$.

92. Yoqilg'i yonish maxsulotlari hajmiy tarkibi quyidagicha: $\text{CO}_2 = 2,3\%$; $\text{O}_2 = 7,2 \%$; $\text{N}_2 = 80,5 \%$. Aralashma tuyulma molekulyar massasini va gaz doimiysini hamda $B = 750 \text{ mm.sim.ust.}$ va $t = 800^{\circ}\text{C}$ dagi aralashma zichligi va solishtirma hajmini aniqlang.

J: $\mu_{ar} = 30,3$; $R_{ar} = 274 \text{ J/kg.}^{\circ}\text{C}$; $\nu = 2,94 \text{ m}^3/\text{kg}$; $\rho_{ar} = 0,34 \text{ kg/m}^3$

93. Generator gazi quyidagi hajmiy tarkibga ega:

$\text{H}_2 = 7,0$; $\text{CH}_4 = 2,0 \%$; $\text{CO} = 27,6 \%$; $\text{CO}_2 = 4,8 \%$; $\text{N}_2 = 58,6 \%$.

Aralashmani $t = 15^{\circ}\text{C}$ va $P = 0,1 \text{ MN/m}^2$ dagi tuyulma molekulyar massasini, gaz doimiysini, zichligini, parsial bosimlarni va massaviy ulushlarini aniqlang.

J: $m_{\text{H}_2} = 0,005$; $m_{\text{CH}_4} = 0,012$; $m_{\text{CO}} = 0,289$; $m_{\text{CO}_2} = 0,079$;
 $m_{\text{N}_2} = 0,615$; $\mu_{ar} = 26,72$; $R_{ar} = 310,8 \text{ J/kg.}^{\circ}\text{C}$; $\rho_{ar} = 1,095 \text{ kg/m}^3$;
 $P_{\text{H}_2} = 0,07 \text{ bar}$.

94. Koks pechi gazlari quyidagi hajmiy tarkibga ega:

$\text{H}_2 = 57\%$; $\text{CH}_4 = 23\%$; $\text{CO} = 6\%$; $\text{CO}_2 = 2\%$; $\text{N}_2 = 12\%$.

Aralashmaning $t=15^{\circ}\text{C}$ va $P=1$ bar dagi tuyulma molekulyar massasini, massaviy ulushlarni, gaz doimiycini, zichligi va parsial bosimlarini aniqlang.

$$\text{J: } \mu_{ar} = 10,77; m_{H_2} = 0,107; m_{CO_2} = 0,082$$

$$R_{ar}=772 \text{ J/kg.grad}; \quad \rho_{ar} = 0,45 \text{ kg/m}^3.$$

95. Yoqilg'i yonish maxsulotlari tarkibi quyidagicha:

$$r_{CO_2}=12,2\%; r_{O_2}=7,1\%; r_{CO}=0,4\%; r_{N_2}=80,3\%.$$

Aralashma tarkibiga kiruvchi gazlarning massaviy ulushlarini aniqlang.

$$\text{J: } m_{CO_2}=17,7\%; \quad m_{O_2}=7,5\%; \quad m_{CO}=0,37\%; \quad m_{N_2}=74,43\%.$$

96. Gazlar aralashmasi massaviy tarkibi quyidagicha:

$H_2 = 8,4\%; CH_4 = 48,7\%; C_2H_4=6,9\%; CO=17\%; CO_2=7,6\%; O_2=4,7\%; N_2=6,7\%$. Aralashma gaz doimiysini, hajmiy tarkibi va normal sharoitdagi zichligini aniqlang.

$$\text{J: } R_{ar}=717 \text{ J/kg.grad}; r_{O_2}=0,017; r_{N_2}=0,028; r_{H_2}=0,484; r_{CO_2}=0,02; \rho_n=0,518 \text{ kg/m}^3.$$

97. Aralashmaning hajmiy tarkibi quyidagicha:

$CO_2=12\%; CO=1\%; H_2O=6\%; O_2=7\%; N_2=74\%$. Umumiy bosim $P=750$ mm.sim.ust.ga teng. Aralashmaning gaz doimiysini, solishtirma hajmini hamda aralashma tarkibiga kiruvchi gazlarning parsial bosimlarini aniqlang.

$$\text{J: } R_{ar}=281 \text{ J/kg.grad}; \quad v = 0,76 \text{ m}^3/\text{kg}. \quad P_{CO_2} = 90 \text{ mm.sim.ust.}$$

98. Sig'imi 125 m^3 bo'lgan idishda $t = 18^{\circ}\text{C}$ va $P=5$ bar da koks gazi bor. Uning hajmiy tarkibi quyidagicha: $r_{H_2}=0,46; r_{CH_4}=0,32; r_{N_2}=0,07; r_{CO}=0,15$. Gazning ma'lum bir qismi sarflangandan so'ng uning bosimi 3 bar gacha, harorati 12°C gacha kamaydi. Sarf bo'lgan koks gazining massasini aniqlang.

$$\text{J: } M=122 \text{ kg.}$$

99. Gazlar aralashmasining massaviy tarkibi quyiddagicha: $CO_2=18\%; O_2=12\%; N_2=70\%$. Normal sharoitdagi ushbu aralashmaning 8 kg. i $t=18^{\circ}\text{C}$ da 4 m^3 hajmni egallashi uchun aralashmani qanday bosimgacha siqish kerak?

$$\text{J: } P=0,24 \text{ MN/m}^2.$$

100. Gazlar aralashmasi karbonat angidrid va azotdan iborat. Karbonat

gazining parsial bosimi $P_{CO_2}=1,2$ bar, aralashma bosimi $P_{ar}=3$ bar bo'lsa, aralashma massaviy tarkibini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad m_{CO_2}=0,512; \quad m_{N_2}=0,488.$$

101. Gazlar aralashmasi quyidagi massaviy tarkibga ega: $CO_2=12\%$; $O_2=8\%$; $N_2=80\%$. Normal sharoitdagi ushbu aralashmaning zichligi $1,6 \text{ kg/m}^3$ ga teng bo'lishi uchun, aralashmani qanday bosimgacha siqish lozim?

$$\mathbf{J:} \quad P=0,213 \text{ MN/m}^2.$$

102. Atmosfera havosidagi kislorod va azotning massaviy ulushlari mos ravishda $0,232$ va $0,769$ ga teng. Agar havoning barometrik bosimi 760 mm sim.ust. ga teng bo'lsa, kislorod va azotning parsial bosimlarini aniqlang.

Yechish: Havoning gaz doimiysi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{ar} = q_{O_2} \cdot R_{O_2} + q_{N_2} \cdot R_{N_2} = 0,232 \cdot 259,8 + 0,768 \cdot 286,8 = 287 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}$$

Komponentlarning hajmiy ulushlari:

$$r_{O_2} = \frac{q_i \cdot R_i}{R_{ar}} = \frac{0,232 \cdot 259,8}{287} = 0,21$$

$$r_{N_2} = \frac{q_i \cdot R_i}{R_{ar}} = \frac{0,768 \cdot 296,8}{287} = 0,79$$

Aralashmaning molekulyar massasi:

$$\mu_{ar} = \sum_{i=1}^n r_i \mu_i = r_{O_2} \cdot \mu_{O_2} + r_{N_2} \cdot \mu_{N_2} = 0,21 \cdot 32 + 0,79 \cdot 28,02 = 28,9 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Yoki} \quad \mu_{ar} = \frac{8314}{R_{ar}} = \frac{8314}{287} = 28,9 \text{ kg/kmol}$$

Parsial bosimlar:

$$P_{O_2} = r_{O_2} \cdot P = 0,21 \cdot 760 = 159,6 \text{ mm. sim. ust}$$

$$P_{N_2} = r_{N_2} \cdot P = 0,79 \cdot 760 = 600,4 \text{ mm. sim. ust}$$

103. Generator gazi quyidagidek hajmiy tarkibga ega: $H_2=18\%$; $CO=24\%$; $CO_2=6\%$; $N_2=52\%$. Generator gazining gaz doimiysini va komponentlarning massaviy ulushlarini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad R_{ar} = 342 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}; \quad q_{CO_2} = 10,86 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}; \quad q_{N_2} = 60,03 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}; \quad q_{H_2} = 1,48 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}; \quad q_{CO} = 27,63 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}$$

104. Yoqilg'ining yonish maxsulotlari tarkibi quyidagicha: $CO_2 = 12,2\%$; $O_2 = 7,1\%$; $CO = 0,4\%$; $N_2 = 80,3\%$. Aralashma tarkibiga kiruvchi komponentlarning massaviy tarkibini aniqlang.

J: $q_{CO_2} = 17,7\%$; $q_{O_2} = 7,5\%$; $q_{CO} = 0,37\%$; $q_{N_2} = 74,43\%$.

105. Aralashmaning massaviy tarkibi quyidagicha:

$H_2 = 8,4\%$; $CH_4 = 48,7\%$; $C_2H_4 = 6,9\%$; $CO = 17\%$;

$CO_2 = 7,6\%$; $O_2 = 4,7\%$; $N_2 = 6,7\%$

Aralashmaning gaz doimiysini, normal sharoit uchun zichligini va hajmiy tarkibini aniqlang.

J: $R_{ar} = 717 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}$; $r_{O_2} = 0,017 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}$;

$r_{N_2} = 0,028 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}$; $r_{H_2} = 0,484 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}$; $r_{CO_2} = 0,02 \text{ j/kg} \cdot \text{grad}$;

$\rho_{norm} = 0,518 \text{ kg/m}^3$

106. Aralashmaning hajmiy tarkibi quyidagicha:

$CO_2 = 12\%$; $CO = 1\%$; $H_2O = 6\%$; $O_2 = 7\%$; $N_2 = 74\%$.

Umumiy bosim 750 mm sim.ust. ga teng. Aralashmaning gaz doimiysini, solishtirma hajmini va komponentlarning parsial bosimlarini aniqlang.

J: $R_{ar} = 281 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$; $v = 0,76 \text{ m}^3/\text{kg}$; $P_{CO_2} = 90 \text{ mm. sim. ust}$

107. Sig'imi 125 m^3 bo'lgan gazning bosimi 5 bar va harorati 18°C ga teng. Gazning hajmiy tarkibi quyidagicha: $H_2 = 0,46$; $CH_4 = 0,32$; $CO = 0,15$; $N_2 = 0,07$. Gazning bir qismi sarflangandan so'ng uning bosimi 3 bar gacha, harorati 12°C gacha pasaydi. Sarf bo'lgan koks gazining massasini aniqlang.

J: $m = 2167 \text{ kg}$

108. Aralashmaning massaviy tarkibi quyidagicha:

$CO_2 = 18\%$; $O_2 = 12\%$; va $N_2 = 70\%$. 8 kg aralashma 18°C haroratda 4 m^3 hajmni egallashi uchun uni qanday bosimgacha siqish lozim?

J: $P = 0,24 \text{ MPa}$.

109. Agar karbonat angidrid gazining parsial bosimi 1,2 bar, aralashma bosimi 3 bar bo'lsa, karbonat angidrid va azotdan iborat aralashmaning massaviy

tarkibini aniqlang?

J: $q_{CO_2} = 0,512$; $q_{N_2} = 0,488$

110. Aralashmaning massaviy tarkibi quyidagicha: $CO_2 = 12\%$; $O_2 = 8\%$; $va N_2 = 80\%$. Normal sharoitda turgan ushbu aralashmani zichligi $1,6 \text{ kg/m}^3$ ga teng bo'lishi uchun uni qanday bosimgacha siqish lozim?

J: $0,213 \text{ MPa}$ gacha.

111. 1 m^3 havoda $0,21 \text{ m}^3$ kislorod va $0,79 \text{ m}^3$ azot bor. Kislorod va azotning massaviy ulushlarini hamda $t=30^\circ\text{C}$ va $P=745 \text{ mm sim.ust}$ uchun havo zichligini, komponentlarning parsial bosimlarini aniqlang.

J: $q_{O_2} = 0,233$; $q_{N_2} = 0,767$; $\rho = 1,14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $P_{O_2} = 20,85 \text{ kPa}$; $P_{N_2} = 78,45 \text{ kPa}$

IV BOB

IDEAL GAZLARNING ISSIQLIK SIG'IMI

Moddaning miqdor birligi haroratini bir gradusga o'zgartirish uchun zarur bo'ladigan issiqlik miqdori solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi. Tanlangan birliklarga qarab, turlicha issiqlik sig'implari bo'ladi: mol issiqlik sig'imi μC – kJ/kmol.grad; massaviy issiqlik sig'imi c – kJ/kg.grad va hajmiy issiqlik sig'imi c' – kJ/m³.grad. Issiqlik sig'implari o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$c = \frac{\mu C}{\mu} \quad (41)$$

$$c' = \frac{\mu C}{22,4} \quad (42)$$

$$c' = c \rho_n \quad (43)$$

bu yerda ρ_H – gazning normal sharoitdagi zichligi.

Issiqlik texnikasida o'zgarmas hajmda $V = \text{const}$ va o'zgarmas bosimda $P = \text{const}$ boradigan jarayonlar katta ahamiyatga ega.

Shu sharoitlar uchun xaqiqiy va o'rtacha issiqlik sig'imi farqlanadi:

Mol issiqlik sig'imi - o'zgarmas hajm ($\mu C_v, \mu C_{vm}$) va o'zgarmas bosimda ($\mu C_p, \mu C_{pm}$);

Massaviy – o'zgarmas hajm (c_v, c_{vm}) va o'zgarmas bosimda (c_p, c_{pm});

Hajmiy – o'zgarmas hajm (c'_p, c'_{vm}) va o'zgarmas bosimda (c'_p, c'_{pm});

$$\mu C_p - \mu C_v = \mu R = 3.14 \text{ kJ/kmol. grad} \quad (44)$$

Mol issiqlik sig'imining yuqori bo'lmagan haroratlardagi taxminiy qiymatlari 2-jadvalda keltirilgan.

Gazlar issiqlik sig'imining o'zgarishi harorat o'zgarishiga bog'liqdir.

1kg gazni t_1 va t_2 haroratgacha qizdirish uchun zaruriy issiqlik miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$q = (c_m)_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1) = c_{m2} t_2 - c_{m1} t_1 \quad (45)$$

bu yerda c_{m1} va c_{m2} mos ravishda 0°C dan t_1 va 0°C dan t_2 harorat oralig'idagi o'rtacha issiqlik sig'imi.

Yuqoridagi formuladan:

$$q_v = c_{vm2} \cdot t_2 - c_{vm1} \cdot t_1 \quad (46)$$

va

$$q_p = c_{pm2} \cdot t_2 - c_{pm1} \cdot t_1 \quad (47)$$

Mol issiqlik sig'iminin qiymatlari ($c = \text{const}$).

2 - jadval

Gazlar	μC_v	μC_p	μC_v	μC_p	K
	kJ/kmol.grad		kkal/kmol.grad		c_p/c_v
Bir atomli	12,56	20,93	3	5	1,67
Ikki atomli	20,93	29,31	5	7	1,40
Uch va ko'p atomli	29,31	37,88	7	9	1,29

Agar jarayonda M kg yoki V_n m³ gaz ishtirok etsa:

$$Q_v = M(c_{vm2} \cdot t_2 - c_{vm1} \cdot t_1) = V_H (c'_{vm2} \cdot t_2 - c'_{vm1} \cdot t_1) \quad (48)$$

$$Q_p = M(c_{pm2} \cdot t_2 - c_{pm1} \cdot t_1) = V_H (c'_{pm2} \cdot t_2 - c'_{pm1} \cdot t_1) \quad (49)$$

3-jadvalda xaqiqiy va o'rtacha mol issiqlik sig'imlarini ($P = \text{const}$) xisoblash uchun interpolyasion formulalar keltirilgan.

4-jadvalda o'rtacha massaviy va hajmiy issiqlik sig'imlarini ($V = \text{const}$) xisoblash uchun interpolyasion formulalar keltirilgan.

Gazlar aralashmasining issiqlik sig'imi quyidagi asosiy formulalar asosida aniqlanadi:

Aralashmaning massaviy issiqlik sig'imi:

$$C_{ar} = \sum_1^n m_i \cdot c_i \quad (50)$$

Xajmiy issiqlik sig'imi:

$$C'_{ar} = \sum_1^n r_i \cdot c_i \quad (51)$$

Mol issiqlik sig'imi:

$$\mu C_{ar} = \sum_1^n r_i \cdot \mu c'_i \quad (52)$$

112. Kislorod uchun o'zgaras hajm va bosimda hajmiy issiqlik sig'imini aniqlang. $c=\text{const}$ deb olinsin.

Yechish:

Ikki atomli gazlar uchun:

$$\mu C_v = 20.93 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{grad}$$

$$\mu C_p = 29.31 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{grad}$$

Demak, kislorod uchun:

$$c'_v = \frac{\mu C_v}{22.4} = \frac{20.93}{22.4} = 0.934 \text{ kJ/} m^3 \cdot \text{grad}$$

$$c'_p = \frac{\mu C_p}{22.4} = \frac{29.31}{22.4} = 1.308 \text{ kJ/} m^3 \cdot \text{grad}$$

113. Kislorod uchun o'zgaras hajm va bosimda massaviy issiqlik sig'imini aniqlang. $c=\text{const}$ deb xisoblansin.

$$\mathbf{J:} \quad c_p = 0,916 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}; \quad c_v = 0,654 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

114. Karbonat angidrid gazi uchun o'zgaras bosim va $0-825^\circ\text{C}$ harorat oralig'idagi o'rtacha massaviy issiqlik sig'imini aniqlang. Sig'imni haroratga bog'liqligi chiziqli emas.

$$\mathbf{J:} \quad (c_{pm})_0^{825} = 1,090 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

115. Kislorod uchun o'zgaras va bosim va 1000°C uchun xaqiqiy molyar issiqlik sig'imini aniqlang. Sig'imni haroratga bog'liqligi chiziqli. Olingan qiymatni jadval bilan taqqoslab, nisbiy xatoni aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad \mu C_p = 36.55 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{grad}; \quad \varepsilon = 1,79 \%$$

116. CO uchun $t_1=200^\circ\text{C}$ va $t_2=800^\circ\text{C}$ oralig'ida c_{pm} va c'_{vm} ni aniqlang. Sig'imni haroratga bog'liqligi chiziqli. Javobni $\text{kJ/kg} \cdot \text{grad}$ va $\text{kkal/kg} \cdot \text{grad}$ da bering.

$$\mathbf{J:} \quad c_{pm} = 1,1262 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad} = 0,2692 \text{ kkal/kg} \cdot \text{grad}$$

$$c'_{vm} = 1,0371 \text{ kJ/} m^3 \cdot \text{grad} = 0,2479 \text{ kkal/} m^3 \cdot \text{grad}$$

117. CO_2 gazi uchun c_{pm} va c'_{pm} $400 - 1000^\circ\text{C}$ oralig'i uchun topilsin. Sig'imni haroratga bog'liqligi chiziqli emas.

$$\mathbf{J:} \quad c_{pm} = 1,2142 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}; \quad c'_{pm} = 2,3865 \text{ kJ/} m^3 \cdot \text{grad}$$

118. O'zgarmas bosimda azot uchun 200-800°C harorat oralig'idagi o'rtacha massaviy issiqlik sig'imini aniqlang. Sig'imni temperaturga bog'liqligi chiziqli emas. Javobni kJ/kg.grad va kkal /kg.grad da bering.

$$\mathbf{J:} \quad c_{vm}=0,8164 \text{ kJ/kg.grad}=0,195 \text{ kkal/kg.grad}$$

119. 6 m³ xavo P₁=3 bar bosim va t₁=25°C haroratdan o'zgarmas bosimda t₂=130°C haroratgacha isitilmoqda. c=const hisoblab, xavoga keltirilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

Yechish:

Keltirilgan issiqlik miqdori quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q_p = M_{cp}(t_2-t_1)=V_n \cdot c_p(t_2-t_1)$$

Gazning massasi:

$$M = \frac{PV_1}{RT_1} = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 6}{287 \cdot 298} = 21 \text{ kg}$$

Normal sharoitdagi gazning hajmi:

$$V_n = P_1 \cdot V_1 \cdot T_n / P_n \cdot T_1 = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 273}{1.013 \cdot 10^5 \cdot 298} = 16.3 \text{ m}^3$$

$$C_p = \frac{\mu C_p}{\mu} = \frac{7}{28.96} = 0.242 \text{ kkal/kg} \cdot \text{grad}$$

$$C_{p_1} = \frac{\mu C_p}{22.4} = \frac{7}{22.4} = 0.312 \text{ kkal/m}^3 \cdot \text{grad}$$

Demak:

$$Q_p = M \cdot c_p(t_2-t_1) = 21 \cdot 0,242 \cdot 105 = 534 \text{ kkal}$$

yoki

$$Q_p = V_H \cdot c'_p(t_2-t_1) = 16,3 \cdot 0,312 \cdot 105 = 534 \text{ kkal}$$

120. Xavo o'zgarmas bosimda 100°C dan 10°C gacha soviyapti. 1kg xavodan qancha issiqlik miqdori yo'qotilyapdi? Masalani xavoning issiqlik sig'imi o'zgarmas hamda sig'imni haroratga bog'liqligini hisobga olgan xollar uchun echilsin. Birinchi xol uchun nisbiy xato aniqlansin. Javoblar kJ/kg va kkal/kg da berilsin.

$$\mathbf{J:} \quad q_p = -911,9 \text{ kJ/kg} = -217,8 \text{ kkal/kg};$$

$$Q_p = f(t) = -990,1 \text{ kJ/kg} = -236,5 \text{ kkal/kg}.$$

121. Gazlar aralashmasining hajmiy tarkibi quyidagicha: $\text{CO}_2=0,12$; $\text{O}_2=0,07$; $\text{H}_2\text{O}=0,06$. Agar aralashma 100°C dan 300°C gacha isitilsa, o'rtacha massaviy issiqlik sig'imini (c_{pm}) aniqlang.

J: $c_{pm}=1,0928 \text{ kJ/kg.grad}=0,261 \text{ kkal/kg.grad}$;

122. Gaz turbinasining regenerativ isitkichida xavo 150°C dan 600°C gacha qizdirilmoqda. Xavoning sarfi 360 kg/soat bo'lsa, xavoga vaqt birligi ichida berilgan issiqlik miqdorini aniqlang. Sig'imni haroratga bog'liqligi chiziqli emas deb hisoblang.

J: $Q=47,84 \text{ kJ/sek}=41164 \text{ kkal/soat}$.

Xaqiqiy va o'rtacha mol issiqlik sig'implari uchun interpoliyasion formulalar.

3-jadval

Gaz	Xaqiqiy mol issiqlik sig'imi ($p=\text{const}$) $\mu C_p, \text{kJ/}$ kmol.grad	O'rtacha mol issiqlik sig'imi ($p=\text{const}$) $\mu C_{pm}, \text{kJ/}$ kmol.grad	Xaqiqiy mol issiqlik sig'imi ($p=\text{const}$) $\mu C_p, \text{kkal/}$ kmol.grad	O'rtacha mol issiqlik sig'imi ($p=\text{const}$) $\mu C_{pm}, \text{kkal/}$ kmol.grad
0-1000 °C oralig'ida				
O_2	$\mu C_p=29,5802+0,0069706t$	$\mu C_{pm}=29,208$ $+0,00400717t$	$\mu C_p=7,0651$ $+0,016649t$	$\mu C_{pm}=6,9762+0,0009$ $725 \cdot t$
N_2	$\mu C_p=28,5372$ $+0,0053905t$	$\mu C_{pm}=28,734$ $+0,0023488t$	$\mu C_p=6,8160$ $+0,0011875t$	$\mu C_{pm}=6,8630+0,0005$ $610 \cdot t$
CO	$\mu C_p=28,7395+0,0058862t$	$\mu C_{pm}=28,8563$ $+0,0026808t$	$\mu C_p=6,8643$ $+0,0014059t$	$\mu C_{pm}=6,8922+0,0006$ $403 \cdot t$
Xavo	$\mu C_p=28,7558+0,0057208t$	$\mu C_{pm}=28,8270$ $+0,0026808t$	$\mu C_p=6,8682$ $+0,0013664t$	$\mu C_{pm}=6,8858+0,0006$ $468 \cdot t$
H_2O	$\mu C_p=32,8367+0,0116611t$	$\mu C_{pm}=33,1494$ $+0,0052749t$	$\mu C_p=7,8429$ $+0,0027852t$	$\mu C_{pm}=7,9176+0,0012$ $599 \cdot t$
SO_2	$\mu C_p=42,8728+0,0132043t$	$\mu C_{pm}=40,4386$ $+0,0099562t$	$\mu C_p=10,240$ $+0,0031538t$	$\mu C_{pm}=9,6586+0,0023$ $780 \cdot t$
0-1500°C oralig'ida				
H_2	$\mu C_p=28,3446+0,0031518t$	$\mu C_{pm}=28,721$ $+0,0012008t$	$\mu C_p=6,7700$ $+0,0007528t$	$\mu C_{pm}=6,8599+0,0002$ $868 \cdot t$
CO_2	$\mu C_p=41,3597+0,0144985t$	$\mu C_{pm}=38,3955$ $+0,0105838t$	$\mu C_p=9,8786$ $+0,0034629t$	$\mu C_{pm}=9,1706+0,0025$ $279 \cdot t$

O'rtacha massaviy va hajmiy issiqlik sig'implari uchun interpolasyon formulalar.

4-jadval

Gaz	Massaviy issiqlik sig'imi, kJ/kg.grad	Hajmiy issiqlik sig'imi, kJ/m ³ .grad	Massaviy issiqlik sig'imi, kkal/kg.grad	Hajmiy issiqlik sig'imi, kkal/m ³ .grad
0-1000 °C oralig'ida				
O ₂	$c_{pm}=0,9167$ +0,00012724t	$c'_{pm}=1,3046$ +0,00018183t	$c_{pm}=0,2180$ +0,00003039t	$c'_{pm}=0,3116$ +0,0004313·t
	$c_{vm}=0,6527$ +0,0001253905t	$c'_{vm}=0,9337$ +0,00018183t	$c_{vm}=0,1559$ +0,00003039t	$c'_{vm}=0,2230$ +0,000043430·t
N ₂	$c_{pm}=1,0258$ +0,00008382t	$c'_{pm}=1,2833$ +0,000010492t	$c_{pm}=0,2450$ +0,00002002t	$c'_{pm}=0,3065$ +0,00002506·t
	$c_{vm}=0,7335$ +0,00008382t	$c'_{vm}=0,9123$ +0,000010492t	$c_{vm}=0,1741$ +0,00002002t	$c'_{vm}=0,2179$ +0,00002506·t
CO	$c_{pm}=1,0304$ +0,00009575t	$c'_{pm}=1,2883$ +0,000011966t	$c_{pm}=0,2464$ +0,00002287t	$c'_{pm}=0,3077$ +0,00002858·t
	$c_{vm}=0,7335$ +0,00009575t	$c'_{vm}=0,9173$ +0,000011966t	$c_{vm}=0,1752$ +0,00002287t	$c'_{vm}=0,2191$ +0,00002858·t
Xavo	$c_{pm}=0,9952$ +0,00009349t	$c'_{pm}=1,2870$ +0,00012091t	$c_{pm}=0,2377$ +0,00002233t	$c'_{pm}=0,3074$ +0,0000888·t
	$c_{vm}=0,7084$ +0,00004349t	$c'_{vm}=0,9161$ +0,00012091t	$c_{vm}=0,1692$ +0,00002233t	$c'_{vm}=0,2188$ +0,00002888·t
H ₂ O	$c_{pm}=1,8401$ +0,00029278t	$c'_{pm}=1,4800$ +0,00023551t	$c_{pm}=0,4395$ +0,00006993t	$c'_{pm}=0,3535$ +0,00005625·t
	$c_{vm}=1,3783$ +0,00029278t	$c'_{vm}=1,1091$ +0,0002355t	$c_{vm}=0,3292$ +0,00006993t	$c'_{vm}=0,2643$ +0,00005625·t
SO ₂	$c_{pm}=0,6314$ +0,00015541t	$c'_{pm}=1,8472$ +0,00004547t	$c_{pm}=0,1508$ +0,00003712t	$c'_{pm}=0,4412$ +0,00001086·t
	$c_{vm}=0,5016$ +0,00014441t	$c'_{vm}=1,4763$ +0,00004547t	$c_{vm}=0,1198$ +0,00003712t	$c'_{vm}=0,3526$ +0,00001086·t

123. Uglerod oksidini o'zgaras hajmdagi 0 dan 1200 °C oralig'idagi massaviy va hajmiy issiqlik sig'imini aniqlang. Ushbu haroratlar oralig'i uchun uglerod oksidining o'zgaras bosimdagi molyar issiqlik sig'imi 32, 192 kJ/kmol·grad ga teng.

Yechish: Uglerod oksidini izobarik massaviy issiqlik sig'imini aniqlaymiz.:

$$c_p = \frac{\mu C_p}{\mu} = \frac{32192}{28} = 1149,7 \text{ J/kg} \cdot \text{grad}$$

O'rtacha massaviy izoxorik issiqlik sig'imini aniqlaymiz:

$$c_v = c_p - R = 1149,7 - 286,8 = 852,9 \text{ J/kg} \cdot \text{grad}$$

O'zgarmas hajmdagi o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imini aniqlaymiz:

$$c'_v = c_v \cdot \rho_H = 852,9 \cdot 1,25 = 1066,17 \text{ J/kg} \cdot \text{grad}$$

124. Havoning 200-800°C harorat oralig'i uchun o'zgarmas bosimdagi o'rtacha issiqlik sig'imini aniqlang. Issiqlik sig'imi haroratga chiziqli emas bog'liq.

Yechish: Havo uchun 200-800°C haroratlar uchun:

$$C_{p_0}^{t_2} = C_{p_0}^{800} = 1,0710 \text{ J/kg} \cdot \text{grad}$$

$$C_{p_0}^{t_1} = C_{p_0}^{200} = 1,0115 \text{ J/kg} \cdot \text{grad}$$

Demak

$$C_{p_{t_1}}^{t_2} = C_{p_{200}}^{800} = \frac{1,0710 \cdot 800 - 1,0115 \cdot 200}{800 - 200} = 1,091 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$$

125. Oldingi masalani issiqlik sig'imi haroratga chiziqli bog'liq deb hisoblang.

Yechish: Havo uchun issiqlik sig'implari jadvallaridan quyidagini hisoblaymiz:

$$\bar{c}_p = 0,9952 + 0,00009349 \frac{t_1 + t_2}{2} = 1,0419 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

126. Kislorod uchun 350-1000°C haroratlar oralig'i uchun o'zgarmas bosimda o'rtacha massaviy issiqlik sig'imini quyidagi holatlar uchun aniqlang:

a) Issiqlik sig'imi haroratga chiziqli emas bog'liq;

b) Issiqlik sig'imi haroratga chiziqli bog'liq.

Yechish: a) 350-1000°C uchun

$$C_{p_{t_1}}^{t_2} = C_{p_{350}}^{1000} = \frac{1,035 \cdot 1000 - 0,9576 \cdot 350}{1000 - 350} = 1,077 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

$$\text{b) } C_{p_{t_1}}^{t_2} = C_{p_{350}}^{1000} = 0,9127 + 0,00012724 \frac{350+1000}{2} = 0,9986 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

127. Sig'imi 300 l bo'lgan berk idishda 8 bar bosim va 20°C haroratda havo turibdi. Havoning haroratini 120°C gacha ko'tarish uchun unga qancha

issiqlik uzatish lozim? Ushbu masalani $c=\text{const}$ va issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligini hisobga olgan holda aniqlang. Birinchi hol uchun nisbiy xatoni aniqlang.

Yechish: Holat tenglamasidan gazning massasi aniqlanadi:

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 0,3}{287 \cdot 293} = 1,07 \text{ kg}$$

Havo uchun (ikki atomli gaz) $c=\text{const}$ deb hisoblab:

$$c_v = \frac{R}{K - 1} = \frac{287}{1,4 - 1} = 717,5 \text{ J/kg} \cdot \text{grad}$$

Uzatilgan issiqlik miqdori:

$$Q = c_v m (t_2 - t_1) = 1,07 \cdot 717,5 \cdot 100 = 76772 \text{ J}$$

Havoning haroratga bog'liqligini e'tiborga olib, jadvallardan interpolyasiya qilib c_v ni aniqlaymiz:

$$c_v = 0,7209 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

Nisbiy xato quyidagiga teng:

$$\frac{0,7209 - 0,7175}{0,7209} \cdot 100 = 0,6\%$$

Haroratlar oralig'i katta bo'lmaganligi uchun nisbiy xato kichik bo'ldi. Agar haroratlar farqi katta bo'lsa, nisbiy xato ham ancha katta bo'lishi mumkin.

128. Ideal issiqlik izolyasiyasiga ega bo'lgan kalorimetrdan harorati $t'=15^\circ\text{C}$ bo'lgan 0,8 kg suv turibdi. Kalorimetr issiqlik sig'imi $C_k=0,2345 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$. Kalorimetrning massasi 0,25 kg. Kalorimetrga harorati $t_a=100^\circ\text{C}$ bo'lgan 200 g alyuminiy tushirildi. Buning natijasida suv harorati $t''=19,24^\circ\text{C}$ gacha ko'tarildi. Alyuminiyning issiqlik sig'imini aniqlang.

Yechish: Kalorimetrga tushirilgan alyuminiyni massasini m_a bilan, issiqlik sig'imini C_a bilan belgilaymiz. U holda kalorimetr uchun issiqlik balansi tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$(m_c \cdot C_c + m_K \cdot C_K) \cdot t' + m_a \cdot C_a \cdot t_a = (m_c \cdot C_c + m_K \cdot C_K + m_a \cdot C_a) t''$$

Yuqoridagi tenglamadan:

$$C_a = \frac{(m_c \cdot C_c + m_K \cdot C_K)(t'' - t')}{m_a(t_a - t'')} = \frac{(0,8 \cdot 4,1868 + 0,25 \cdot 0,2945)(19,24 - 15)}{0,2(100 - 19,24)}$$

$$= 0,8946 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

129. Havo uchun 400-1200°C haroratlar oralig'idagi o'rtacha $\bar{c}_p'$ va $\bar{c}_v'$ issiqlik sig'irlarini aniqlang. Issiqlik sig'imi haroratga chiziqli bog'liq emas.

J: $\bar{c}_p' = 1,4846 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \cdot \text{grad}; \bar{c}_v' = 1,1137 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{grad}$

130. Normal sharoit uchun 1m^3 gaz aralashmasini $p=\text{const}$ da 200°C gacha qizdirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdorini aniqlang. Aralashmaning hajmiy tarkibi quyidagicha: $\text{CO}_2 = 14,5\%; \text{O}_2 = 6,5\%; \text{N}_2 = 79,0\%$. Issiqlik sig'imi haroratga chiziqli bog'liq emas.

J: $q=1582,2 \text{ kJ/m}^3$

131. Sig'imi 100l bo'lgan yopiq rezervuarda 0°C va bosimi 760 mm sim.ust. ga teng bo'lgan 100l havo turibdi. Ushbu havoni haroratini 200°C gacha ko'tarish uchun sarflangan issiqlik miqdorini aniqlang.

J: 18,8 kJ.

V BOB

TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI

Termodinamikaning birinchi qonunini quyidagi asosiy formulalar orqali ifodalash mumkin:

$$dQ = dU + dL \quad (53)$$

$$dq = du + pdv \quad (54)$$

$$dq = dh - vdp \quad (55)$$

Ichki energiyaning o'zgarishi (1 kg gaz uchun):

$$du = c_v dt \quad (56)$$

$$\Delta u = c_{vm} (t_2 - t_1) \quad (57)$$

Entalpiyaning o'zgarishi:

$$dh = c_p dt \quad (58)$$

$$h = \int_0^t C_p dt = C_{pm} (t_2 - t_1) \quad (59)$$

Gazlar aralashmasining harorati:

$$T = \frac{\sum_1^n \frac{p_i V_i}{K_i - 1}}{\sum_1^n \frac{p_i V_i}{(K_i - 1) T_i}} \quad (60)$$

Aralashma bosimi:

$$P = \frac{T}{V} \sum_1^n \frac{p_i V_i}{T_i} \quad (61)$$

Aralashma hajmi:

$$V = \sum_1^n V_i \quad (62)$$

Mol issiqlik sig'imi bir xil bo'lgan gazlar uchun (ya'ni $k_1 = k_2 = k_n$):

$$T = \frac{\sum_1^n \frac{p_i V_i}{K_i - 1}}{\sum_1^n \frac{p_i V_i}{(K_i - 1) T_i}} \quad (63)$$

$$P = \frac{\sum_i^n \frac{p_i \cdot V_i}{K_i - 1}}{V} \quad (64)$$

Gazlar oqimining aralashishidagi harorati:

$$T = \frac{\sum_1^n \frac{K_i}{K_i - 1} p_i V_i}{\sum_1^n \frac{K_i}{K_i - 1} \frac{p_i V_i}{T_i}} \quad (65)$$

Aralashmaning hajmiy sarfi:

$$V = \frac{T}{P} \sum_i^n \frac{P_i V_i}{T_i} \quad (66)$$

Turli xil energiya birliklari orasidagi munosabat 5-jadvalda keltirilgan.

Energiya birliklari orasidagi munosabat

5-jadval

O'lchov birligi	kJ	kcal	kg·m
1 kJ	1	0,239	10 ²
1 kcal	4,1868	1	427
1 kg·m	9,81·10 ⁻³	2,342·10 ⁻³	1
1 kVt·soat	3,6·10 ³	859,8	367,1·10 ³
1 ot. kuchi	2,65·10 ³	632,4	270·10 ³
O'lchov birligi kVt·soat	kVt·soat	Ot kuchi	Britaniya issiqlik birligi (V.T.I.)
1 kJ	0,278·10 ⁻³	0,378·10 ⁻³	0,948
1 kcal	1,163·10 ⁻³	1,581·10 ⁻³	3,958
1 kg·m	2,724·10 ⁻⁶	3,704·10 ⁻⁶	9,29·10 ⁻³
1 kVt·soat	1	1,36	3412
1 ot. kuchi	0,7355	1	2508

Termodinamikaning birinchi qonunidan foydalanib issiqlik qurilmalarining f.i.k. ni aniqlash mumkin. Agar 1 kVt.soat (yoki 1 ot kuchi) uchun yoqilg'i sarfi va yoqilg'ining yonish issiqlik ma'lumbo'lsa, qurilmaning f.i.k. ni aniqlash mumkin:

$$\eta_{st} = \frac{3600}{Q_k^u \cdot b} \quad (67)$$

bu yerda: Q_k^u – yoqilg'ining quyi yonish issiqligi, kJ/kg.

b – yoqilg'ining solishtirma sarfi, kg/kVt·soat

Agar yonish issiqligi kkal/kg da berilsa:

$$\eta_{st} = \frac{860}{Q_k^u \cdot b} \quad (68)$$

132. Bug' turbinasining quvvati 25 MVt, yoqilg'ining yonish issiqligi $Q_k^u = 33,85$ MJ/kg (8090 kkal/kg) bo'lsa, Yoqilg'ining 1 soatdagi sarfini aniqlang. Yongan yoqilg'ini faqat 35% mexanik energiyaga aylanadi.

J: 7,59 T/soat

133. Elektr stansiyasining qozonida 20 soatda yonish issiqligi 28900 kJ/kg (6907 kkal/kg) bo'lgan 82T toshko'mir yoqildi. Agar isisqlikning 18% elektr

energiyaga aylansa, stansiyaning o'rtacha quvvatini aniqlang.

Yechish: 20 soatda elektr energiyasiga aylangan issiqlik miqdori:

$$Q = 62 \cdot 1000 \cdot 28900 \cdot 0,18 \text{ kJ.}$$

Bu kattalikka ekvivalent elektr energiyasi:

$$L = \frac{62 \cdot 1000 \cdot 28900 \cdot 0,18}{3600} = 89590 \text{ kVt.soat}$$

Demak, stansiyaning o'rtacha quvvati:

$$N = \frac{89590}{20} = 4479,5 \text{ kVt}$$

134. Turbogeneratorning quvvati 12000 kVt, generatorning f.i.k. 0,97.

Agar xavoning oxirgi harorati 55°C dan oshmasa, generatorni sovitish uchun undan qancha miqdorda xavoni o'tkazish kerak? Mashina bo'limidagi harorat 20°C, xavoning o'rtacha issiqlik sig'imi $c_{pm} = 10 \text{ kJ/kg.grad}$.

J: 10,3 kg/s

135. Yoqilg'ining yonish issiqligini kJ/kg va kVt.soat/kg da ifodalash mumkin. Neftning yonish issiqligi 41900 kJ/kg, toshko'mirniki 2930 kJ/kg, Podmoskva qo'ng'ir ko'mirini 10600 kJ/kg xisoblab, yuqoridagi yonish issiqliklarini kVt.soat/kg da ifodalang.

J: $Q_{neft} = 11,6 \text{ kVt.soat/kg}$; $Q_{t.k.} = 8,14 \text{ kVt.soat/kg}$; $Q_{q.k.} = 2,94 \text{ kVt.soat/kg}$

136. Elektr stansiya qozonida 10 soatda 100T yonish issiqligi $Q_k^u = 29300 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan toshko'mir yoqildi. Agar issiqlik energiyasini elektr energiyaga aylantirish f.i.k. 20% bo'lsa, ishlab chiqarilgan elektr energiyani va stansiyaning o'rtacha quvvatini aniqlang.

J: $Q = 162780 \text{ kVt.soat}$; $N_{o'rt} = 16278 \text{ kVt.soat}$

137. 1 kg xavo $t_1 = 300^\circ\text{C}$ boshlang'ich holatdan $t_2 = 50^\circ\text{C}$ oxirgi xolatga o'tdi. Sig'imni haroratga bog'liqligi chiziqli deb, xavoning ichki energiyasining o'zgarishi topilsin.

J: $\Delta u = -185,3 \text{ kJ/kg}$.

138. 2 m³ xavoning harorati $t_1 = 250^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 70^\circ\text{C}$ gacha pasayadi. Xavoning boshlang'ich bosimi $P_1 = 6 \text{ bar}$. Sig'imni haroratga bog'liqligini chiziqli

hisoblab, xavoning ichki energiyasini o'zgarishini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad \Delta U = -253,8 \text{ kkal.}$$

139. Silindr porsheni ostida turgan gazga tashqaridan 100 kJ issiqlik keltirildi. Bajarilgan ish 115 kJ ga teng. Agar gazning massasi 0,8 kg teng bo'lsa, uning ichki energiyasining o'zgarishi aniqlansin.

$$\mathbf{J:} \quad \Delta u = -12 \text{ kJ/kg.}$$

140. Bosimi 5 bar va harorati 50°C bo'lgan 2 m³ xavo bosimi 2 bar va harorati 100°C bo'lgan 10 m³ xavo bilan aralashyapti. Aralashmaning bosimi va harorati aniqlansin.

$$\mathbf{J:} \quad t_{ar} = 82 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad P_{ar} = 2,5 \text{ bar.}$$

141. A idishda 15 bar bosim va 120°C haroratda 100l kislorod bor. B idishda 30 bar bosim va 200°C haroratli azot bor. Bu idishlar bir-biriga ulangandan so'ng aralashmaning bosimi va harorati qanday bo'ladi?

$$\mathbf{J:} \quad t = 467^{\circ}\text{C}; \quad P = 20,8 \text{ bar.}$$

142. Gaz yo'lida bosimi 2 bar ga teng bo'lgan 3 gaz oqimi aralashyapti. Birinchi oqimhajmiy sarfi $V_1=8200 \text{ m}^3/\text{soat}$ va harorati 200°C bo'lgan azotdir. Ikkinchi oqim uglerod ikki oksidi: $V_2=7600 \text{ m}^3/\text{soat}$, $t_2=500^{\circ}\text{C}$. Uchinchi oqim xavo: $V_3=6400 \text{ m}^3/\text{soat}$ va $t_3=800^{\circ}\text{C}$. Oqimlar aralshgandan keyingi harorat va gaz magistralidagi umumiy sarf aniqlansin.

$$\mathbf{J:} \quad t_1 = 423^{\circ}\text{C}; \quad V = 23000 \text{ m}^3/\text{soat.}$$

143. Quvvati 4200 kVt bo'lgan bug' turbinali qurilmaning F.I.K 0,2 ga teng. Agar yoqilg'ining yonish issiqligi 25000 kJ/kg ga teng bo'lsa, yoqilg'ining 1 soatdagi sarfini aniqlang.

Yechish: Qurilmaning F.I.K. ni aniqlash formulasidan:

$$\eta = \frac{3600}{Q_q^i \cdot b}$$

b – yoqilg'i sarfini aniqlaymiz:

$$b = \frac{3600}{\eta \cdot Q_q^i} = \frac{3600}{0,2 \cdot 25000} = 0,72 \frac{\text{kg}}{\text{kVt} \cdot \text{soat}}$$

yoqilg'ining 1 soatdagi sarfi: $0,72 \cdot 4200 = 3024 \text{ kg/ soat}$

144. 1 kg uran parchalanganda $22,9 \cdot 10^6$ kVt soat/kg energiya ajralib chiqadi. Toshko'mirning yonish issiqligi 27500 kJ/kg ga teng. Uran yoqilg'isi toshko'mirga nisbatan necha marta ko'proq issiqlik chiqaradi?

J: 3 mln. marta.

145. Atom elektrostansiyasining asosiy elementi atom reaktoridir.

Reaktorning issiqlik quvvati deganda reaktordan 1 soat davomida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori tushuniladi va bu kattalik kilovatlarda ifodalanadi. Agar uranning yonish issiqligi $22,9 \cdot 10^6$ kVt · soat/kg, reaktorning ishlash vaqti 7000 soat bo'lsa, issiqlik quvvati 500000 kVt bo'lgan reaktor uchun yadro yoqilg'isining yillik sarfini aniqlang.

J: $G=153$ kg/yil.

146. Sig'imi 5l bo'lgan idishda harorati 20°C bo'lgan suv turibdi. Suvga quvvati 800 Vt bo'lgan elektr isitgich tushirilgan. Suvning haroratini 100°C gacha ko'tarish uchun qancha vaqt kerak? Idishdan atrof-muhitga issiqlik isroflarini hisobga olmang.

J: 30 min.

147. Kalorimetrda harorati 20°C bo'lgan 0,6l suv turibdi. Suvga harorati 200°C va massasi 0,4 kg bo'lgan po'lat sterjen tushirildi. Agar suvning harorati ortishi $12,5^\circ\text{C}$ ga teng bo'lsa, po'latning issiqlik sig'imini aniqlang. Kalorimetrning massasini hisobga olmang.

J: $c=0,469$ kJ/kg · grad

148. Qo'rg'oshinli shar 100 metr balandlikdan qattiq sirtga tushmoqda. Sirtga tushish natijasida sharning kinetik energiyasi to'liq issiqlikka aylandi. Issiqlikning 1/3 qismi atrof-muhitga uzatildi, 2/3 qismi sharni isitishga sarflandi. Qo'rg'oshinning issiqlik sig'imi 0,030 kkal/kg · grad. Sharning haroratini ortishini aniqlang.

J: $\Delta t=5,2^\circ\text{C}$

149. Massasi 1,5t va tezligi 40 km/soat bo'lgan avtomobil tormozlash natijasida to'xtamoqda. Agar tormozning massasi 15 kg, boshlang'ich harorati 10°C bo'lsa, tormozning keyingi haroratini (t_2) aniqlang. Tormoz qismlari

po'latdan tayyorlangan bo'lib, uning issiqlik sig'imi $0,46 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$ ga teng. Atrof-muhitga issiqlik isroflari hisobga olinmasin.

J: $t_2=23,4^\circ\text{C}$

150. Hidroturbinada barcha sarflar issiqlikka aylanadi va suvni isitishga sarflanadi deb hisoblab, turbinaning F.I.K. ni aniqlang. Suv 400 m balandlikdan tushmoqda, suvning harorati $0,2^\circ\text{C}$ ga ortdi.

J: $\eta=78,6 \%$

151. Mashina qismlarini yomon moylanishi natijasida 200 kg po'latning harorati 20 dan 40°C ga ortdi. Buning natijasida mashinaning quvvati qanchaga kamaydi? Po'latning issiqlik sig'imi $0,46 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$

J: 3,07 kVt.

152. Bosimi 5 bar va harorati 50°C bo'lgan 2 m^3 havo 2 bar va harorati 100°C bo'lgan 10 m^3 xavo bilan aralashyapti. Aralashmaning bosimi va haroratini aniqlang.

J: $t_{\text{ar}}=82^\circ\text{C}$; $P_{\text{ar}}=2,5 \text{ bar}$

153. Ikkita alohida joylashgan idishning birida bosimi 20 bar va harorati 200°C bo'lgan 50l azot, ikkinchisida bosimi 5 bar va harorati 600°C bo'lgan karbonat angidrid turibdi. Ikkala idish bir-biriga ulangandan keyingi bosim va haroratni aniqlang. Atrof-muhit bilan issiqlik almashinuvini hisobga olmang.

J: $T=684 \text{ K}$; $P=8,9 \text{ bar}$

154. 3 ta alohida idishda quyidagi gazlar turibdi: A idishda bosimi 60 bar va harorati 100°C bo'lgan 10l oltingugurt oksidi SO_2 , V idishda bosimi 4 bar va harorati 200°C bo'lgan 5l azot, C idishda bosimi 20 bar va harorati 300°C bo'lgan azot turibdi. Idishlar bir-biriga ulangandan so'ngi bosim va haroratni aniqlang. Atrof-muhit bilan issiqlik almashinuvini hisobga olmang.

J: $P=21,8 \text{ bar}$; $t=118^\circ\text{C}$

155. Birinchi idishda bosimi 15 bar va harorati 1200°C bo'lgan 100l vodorod turibdi, ikkinchi idishda bosimi 30 bar va harorati 200°C bo'lgan 50l azot turibdi. Idishlar ulangandan keyingi bosim va haroratni aniqlang. Atrof-muhit bilan issiqlik almashinuvini hisobga olmang.

J: $t=467^{\circ}\text{C}$; $P=20,8\text{ bar}$

156. Gaz yo'llarida bosimi 2 bar bo'lgan uchta oqim aralashmoqda. Birinchi oqim harorati 200°C , hajmiy sarfi $V_1=8200\text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lgan azotdir.

Ikkinchi oqim harorati 500°C va sarfi $7600\text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lgan uglerod ikki oksididir. Uchinchi oqim harorati 800°C va sarfi $6400\text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lgan havodir.

Gazlar aralashgandan keyingi haroratni va aralashmaning hajmiy sarfini aniqlang.

J: $t_1=423^{\circ}\text{C}$; $V=23000\text{ m}^3/\text{soat}$

157. Bug' qozonining gaz yo'lidan chiqayotgan $400\text{ kg}/\text{soat}$ miqdordagi yonish maxsulotlari harorati 900°C ga teng. Bu gazlar 500°C haroratgacha sovitilib, quritish qurilmasiga yuboriladi. Gazlar harorati 20°C bo'lgan havo oqimi bilan aralashtirilib sovitiladi. Ikkala oqimdagi bosimlar bir xil. Agarda $R_{\text{gaz}}=R_{\text{havo}}$ bo'lsa, havoning 1 soatdagi sarfini aniqlang. Yonish maxsulotlari issiqlik sig'imi havoning issiqlik sig'imiga teng.

J: $G_{\text{havo}}=366\text{ kg}/\text{soat}$

158. 1kg havoga kengayish jarayonida 120 kJ issiqlik keltirildi va natijada 90 kJ kengayish ish bajarildi. Issiqlik sig'imini $c=\text{const}$ deb hisoblab, havoning haroratini o'zgarishini aniqlang.

Yechish. Termodinamika birinchi qonuniga asosan jismga keltirilgan issiqlik ichki energiyaning o'zgarishiga va kengayish ishiga sarflanadi:

$$q = \Delta u + l$$

$$\Delta u = c_v \Delta t, \text{ bu yerda } c_v = \frac{\mu c_v}{\mu} = \frac{20,93}{28,96} = 0,722\text{ kJ}/\text{kg}\cdot\text{K},$$

$$\text{u holda} \quad \Delta t = \frac{q-l}{c_v} = \frac{120-90}{0,722} = 41,5^{\circ}\text{C}.$$

159. Kengayish jarayonida 1 kg kislorodga 200 kJ issiqlik keltirildi. Agar jarayon natijasida gazning harorati 95°C ga pasaysa, gazning bajargan ishini aniqlang. Issiqlik sig'imi $c=\text{const}$

J: $262\text{ kJ}/\text{kg}$

160. Agar 10 kg neft moyiga isitish va aralashtirish davomida unga $Q=200\text{ kJ}$ issiqlik keltirilsa va aralashtirish uchun $L=36\text{ kJ}$ ish sarflansa moyning

haroratini o'zgarishini aniqlang. Moyning issiqlik sig'imi $2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$.

J: $\Delta t = 11,8^{\circ}\text{C}$.

161. Quvvati $N = 38 \text{ kVt}$ bo'lgan dizelni sovitish tizimida havo sarfini aniqlang. Olib ketilgan issiqlik dvigatel foydali quvvatining 75% ga teng, sovituvchi havoning harorati 15°C ga teng.

J: $m = 1,87 \text{ kg/s}$.

162. Dizel yoqilg'isining yonish issiqligi 42000 kJ/kg ga teng. Agar dvigatelning f.i.k 45% ga teng bo'lsa, bajarilishi mumkin bo'lgan ishni aniqlang.

J: $L = 5,25 \text{ kVt}\cdot\text{soat}$.

163. AES reaktorida 1 kg uran parchalanganda $22,9 \cdot 10^6 \text{ kVt}\cdot\text{soat/kg}$ issiqlik ajralib chiqadi. Huddi shunday miqdorda issiqlik olish uchun yonish issiqligi $29300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ bo'lgan ko'mirdan qancha kerak?

J: 2813 T .

164. Quvvati 3000 ot kuchiga ga teng bo'lgan IYOD da issiqlikning solishtirma sarfi $8800 \frac{\text{kJ}}{\text{kVt}\cdot\text{soat}}$. Agar yoqilg'ining yonish issiqligi $Q_q^u = 4200 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ ga teng bo'lsa, yoqilg'ining 1 soatdagi sarfini aniqlang.

J: 462 kg/soat .

165. Bug' turbinali elektr stansiyasining quvvati 500 MVT . Stansiyada yonish issiqligi $Q_q^u = 33,5 \text{ kJ/m}^3$ bo'lgan $145000 \text{ m}^3/\text{soat}$ tabiiy gaz sarflanmoqda. Bug' turbinali qurilmaning f.i.k.ni aniqlang.

J: 37% .

VI BOB

TERMODINAMIK JARAYONLAR

1. Izoxor jarayon

Jarayon tenglamasi:

$$v = \text{const} \quad (69)$$

Parametrlar o'rtasidagi nisbat:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (70)$$

Ichki energiyaning o'zgarishi:

$$\Delta u = q_v = c_{vm}(t_2 - t_1) \quad (71)$$

Agar jarayonda M kg yoki $V_n m^3$ gaz ishtirok etsa, u xolda issiqlik miqdori yoki ichki energiyaining o'zgarishi quyidagi formula orqali hisoblanadi.

$$Q_v = \Delta U_v = MC_{vm}(t_2 - t_1) = V_H C'_{vm}(t_2 - t_1) \quad (72)$$

Bu yerda V_H - normal sharoitdagi gazning xajmi (m^3).

Izoxor jarayonda gaz ish bajarmaydi ($L=0$.)

Entropiyaning o'zgarishi:

$$s_2 - s_1 = s_v \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (73)$$

2. Izobar jarayon

Jarayon tenglamasi:

$$P = \text{const} \quad (74)$$

Parametrlar o'rtasidagi nisbat:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (75)$$

1 kg gazning bajargan ishi:

$$\ell = P(v_2 - v_1) \quad \text{ëku} \quad \ell = R(T_2 - T_1) \quad (76)$$

m kg gaz uchun:

$$L = MP(v_2 - v_1) = P(V_2 - V_1) \quad (77)$$

yoki

$$L = mR(T_2 - T_1)$$

Agar jarayonda m kg yoki V_n m³ gaz ishtirok etsa, issiqlik miqdori quyidagi formula orqali xisoblanadi:

$$Q_p = MC_{pm}(t_2 - t_1) = V_H C'_{vm}(t_2 - t_1) \quad (78)$$

Ichki energiyaning o'zgarishi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\Delta u = c_{vm}(t_2 - t_1) = c_{vm2}t_2 - c_{vm1}t_1 \quad (79)$$

Izoxor jarayonda entropiyaning o'zgarishi:

$$s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (80)$$

3. Izotermik jarayon.

Jarayon tenglamasi

$$Pv = \text{const} \quad (81)$$

yoki $T = \text{const}$

Parametr o'rtasidagi nisbat:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{v_2}{v_1} \quad (82)$$

1 kg ideal gazning bajargan ishi quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

$$\ell = RT \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (83)$$

$$\ell = RT \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (84)$$

$$\ell = P_1 v_1 \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (85)$$

$$\ell = P_1 v_1 \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (86)$$

Agar jarayonda m kg gaz ishtirok etsa, u xolda (83-86) formulalar orqali olingan natijalar m ga ko'paytiriladi. (83-86) formuladagi solishtirma xajmni to'liq xajm V bilan almashtirsak quydagini xosil qilamiz:

$$L = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (87)$$

$$L = P_1 V_1 \ln \frac{P_1}{P_2}; \quad (88)$$

Izotermik jarayonda $t = \text{const}$ bo'lgani uchun:

$$\Delta u = c_{vm}(t_2 - t_1) = 0 \quad (89)$$

bo'ladi.

Gazga berilgan yoki olib ketilgan issiqlik miqdori:

$$q_t = \ell \quad (90)$$

yoki M kg gaz uchun

$$Q_t = L \quad (91)$$

Entropiya o'zgarishi:
$$\Delta s_t = \frac{dq}{T} = R \ln \frac{v_2}{v_1}$$

4. Adiabatik jarayon.

Jarayon tenglamasi:

$$Pv^k = \text{const} \quad (92)$$

yoki

$$s = \text{const} \quad (93)$$

Bu yerda $k = \frac{c_p}{c_v}$ - adiabata ko'rsatkichi.

Parametrlar o'rtasidagi nisbatlar:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{v_1^k}{v_2^k} \quad (94)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{v_1^{k-1}}{v_2^{k-1}} \quad (95)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (96)$$

1 kg ideal gazning bajargan ishi quydagi formulalardan aniqlanadi:

$$\ell = \frac{k-1}{k}(P_1 v_1 - P_2 v_2) \quad (97)$$

$$\ell = \frac{P_1 v}{k-1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} \right] \quad (98)$$

$$\ell = \frac{R}{k-1} [T_1 - T_2] \quad (99)$$

$$\ell = \frac{P_1 v_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad (100)$$

m kg gazninig bajargan ishini aniqlash uchun (97-100) formulalardagi solishtirma xajmni to'liq xajm V bilan almashtirish lozim. U xolda

$$L = \frac{1}{k-1} (P_1 V_1 - P_2 V_2) \quad (101)$$

$$L = \frac{P_1 V_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} \right] \quad (102)$$

$$L = \frac{P_1 V_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad (103)$$

m kg gaz uchun (101) formula quydagi ko'rinishga keladi:

$$L = \frac{MR}{k-1} (T_1 - T_2) \quad (104)$$

Adiabat jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$0 = du + d\ell \quad (105)$$

Demak

$$du = -d\ell$$

yoki

$$\Delta U = -\ell$$

Ichki enerining o'zgarishini quydagi formula orqali hamaniqlash mumkin.

$$\Delta U = C_{vm}(t_2 - t_1) \quad (106)$$

5. Politrop jarayon.

Jarayon tenglamasi:

$$Pv^n = const \quad (107)$$

Bu yerda n - politrop ko'rsatkichi.

$$\varphi = \frac{\Delta U}{q} \quad (108)$$

Kattalik, politrop jarayonning tavsifini belgilaydi, uni quyidagi ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$\varphi = \frac{n-1}{n-k} \quad (109)$$

Kengayish jarayonlari uchun quyidagilar o'rinlidir:

- a) $n < 1$ – issiqlik keltiriladi ($q > 0$), ichki energiya ortadi ($\Delta U > 0$);
- b) $k > n > 1$ – issiqlik keltiriladi ($q > 0$), ichki energiya kamayadi ($\Delta U < 0$);
- v) $n > k$ – issiqlik olib ketiladi ($q < 0$), ichki energiya kamayadi ($\Delta U < 0$);

Siqilish jarayonlari uchun quyidagilar o'rinlidir:

- a) $n < 1$ – issiqlik olib ketiladi, gazning ichki energiyasi kamayadi;
- b) $k > n > 1$ – issiqlik olib ketiladi, gazning ichki energiyasi ortadi;
- v) $n > k$ – issiqlik keltiriladi, gazning ichki energiyasi ortadi.

Parametrlar o'rtasidagi nisbatlar quyidagicha:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^n \quad (110)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{n-1} \quad (111)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\frac{n-1}{n}} \quad (112)$$

Politrop jarayonda 1 kg gazning bajargan ishi quyidagicha aniqlanadi:

$$l = \frac{1}{n-1} (P_1 v_1 - P_2 v_2) \quad (113)$$

$$l = \frac{P_1 v}{n-1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{n-1} \right] \quad (114)$$

$$l = \frac{P_1 v}{n-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \quad (115)$$

$$l = \frac{R}{n-1} [T_1 - T_2] \quad (116)$$

m kg gazning bajargan ishini topish uchun (113- 116) formulalarda solishtirma hajm o'rniga to'liq hajm V olinadi:

$$l = \frac{1}{n-1} (P_1 v_1 - P_2 v_2) \quad (117)$$

$$L = \frac{P_1 v}{n-1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{n-1} \right] \quad (118)$$

$$L = \frac{P_1 v}{n-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \quad (119)$$

Gazning ishini yana quyidagi formula orqali aniqlash mumkin:

$$\begin{aligned} l &= \frac{k-1}{k-n} \cdot q; \\ L &= \frac{MR}{n-1} (T_1 - T_2); \\ L &= \frac{k-1}{k-n} \cdot Q \end{aligned} \quad (120)$$

Politrop jarayonning issiqlik sig'imini quyidagi formulalar orqali aniqlash mumkin:

$$c = \frac{c_V}{\varphi}; \quad c = c_V \frac{n-k}{n-1} \quad (121)$$

Gazga keltirilgan yoki undan olib ketilgan issiqlik miqdori:

$$\begin{aligned} \varphi &= c(t_2 - t_1) = C_v \frac{n-k}{n-1} (t_2 - t_1); \\ Q &= M_c(t_2 - t_1) = M_{C_v} \frac{n-k}{n-1} (t_2 - t_1). \end{aligned} \quad (122)$$

Q kattalikni yana quyidagi formuladan ham aniqlash mumkin:

$$Q = L \frac{k-1}{k-n} \quad (123)$$

Ichki energiyaning o'zgarishi:

$$\begin{aligned} \Delta u &= C_{vm}(t_2 - t_1); \\ \Delta u &= \varphi q = \frac{n-k}{n-1} \cdot q; \\ \Delta u &= \frac{n-k}{n-1} \cdot l. \end{aligned} \quad (124)$$

Politrop jarayonning ko'rsatkichi:

$$n = \frac{c_p - c}{c_v - c} \quad \text{yoki} \quad n = \frac{k\varphi - 1}{\varphi - 1} \quad (125)$$

Politrop jarayonda parametrlarning qiymati ma'lum bo'lsa, n ni yana quyidagi formulalar yordamida aniqlash mumkin:

$$n = \frac{\lg \frac{P_1}{P_2}}{\lg \frac{v_2}{v_1}} \quad (126)$$

$$n - 1 = \frac{\lg \frac{T_2}{T_1}}{\lg \frac{v_2}{v_1}} \quad (127)$$

$$\frac{n-1}{n} = \frac{\lg \frac{T_2}{T_1}}{\lg \frac{P_2}{P_1}} \quad (128)$$

166. Gaz o'zgarmas hajmda $P_1=10$ bar bosim va $t_1=20^\circ\text{C}$ haroratdan $t_2=300^\circ\text{C}$ haroratgacha qizdirilmoqda. Gazning oxirgi bosimini aniqlang.

J: $P_2=19,56$ bar.

167. Sig'imi $V=0,3\text{m}^3$ bo'lgan idishda $2,75$ kg xavo $P_1=6$ bar bosim va $t_1=25^\circ\text{C}$ haroratda turibdi. Xavo 0°C haroratgacha sovigandagi bosimi va solishtirma hajmi aniqlansin.

J: $P_2=7,32$ bar; $v_2=0,109$ m³/kg.

168. Yopiq idishdagi gaz $P_1=50$ mm.sim.ust. bosimda va $t_1=70^\circ\text{C}$ haroratda turibdi. Bosim $P_2=100$ mm.sim.ust. ga teng bo'lishi uchun, gazni qanday haroratgacha sovitish zarur?

Yechish:

Jarayon $V=\text{const}$ da borayotganligi uchun

$$P_1/P_2 = T_1/T_2$$

Demak:

$$\frac{760-50}{760-100} = \frac{273+70}{T_2}$$

bu yerda: $T_2 = \frac{660 \cdot 343}{710} = 318,8\text{K}$ $t_2 = 45,8^\circ\text{C}$

169. Yopiq idishdagi gazning bosimi $P_1=28$ bar va harorati $t_1=120^\circ\text{C}$ ga teng. Agar oxirgi harorat $t_2=25^\circ\text{C}$ ga teng bo'lsa, P_2 bosimni aniqlang.

J: $P_2=21,2$ bar.

170. Yopiq idishdagi gazning bosimi $P_1=20$ mm.sim.ust. ga va harorati $t_1=10^\circ\text{C}$ ga teng. Barometrning ko'rsatishi 750 mm.sim.ust. ga teng. Gaz

sovigandan so'ng uning bosimi 150 mm.sim.ust. ga teng bo'ladi. Gazning oxirgi haroratini aniqlang.

J: $t_2 = -40,4^\circ\text{C}$.

171. Sig'imi $V = 0,6 \text{ m}^3$ bo'lgan yopiq idishdagi xavoning bosimi $P_1 = 5 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Idish sovigandan so'ng xavo 105 kJ issiqlik yo'qotdi. Xavoning issiqlik sig'imini o'zgarmas hisoblab, idish sovigandan keyingi bosim va harorat aniqlansin.

J: $t_2 = -20,7^\circ\text{C}$; $P_2 = 4,3 \text{ bar}$.

172. Sig'imi $V = 0,5 \text{ m}^3$ bo'lgan yopiq idishdagi uglerod ikki oksidining bosimi $P_1 = 6 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 527^\circ\text{C}$. Agar gazdan 100 kkal issiqlik olinsa, uning bosimi qanday o'zgaradi? $c = f(t)$ bog'liqlik to'g'ri chiziqli deb xisoblansin.

J: $P_2 = 4,2 \text{ bar}$.

173. Sig'imi 90l bo'lgan idishdagi xavoning bosimi 8 bar, harorati 30°C . Xavoning bosimini 16 bar ga ko'tarish uchun o'zgarmas hajmda unga qancha issiqlik berish kerak? $c = f(t)$ bog'liqlikni chiziqli emas deb hisoblansin. Javobni kkal da bering.

J: $Q_v = 44,2 \text{ kkal}$.

174. Hajmi $0,8 \text{ m}^3$ bo'lgan xavoning bosimi 3 bar va harorati 15°C . O'zgarmas hajmda xavoning bosimini 1 bar gacha pasaytirish uchun uning harorati qanday bo'lishi kerak? Qancha issiqlik miqdorini olish kerak? Issiqlik sig'imi $c = \text{const}$.

J: $t_2 = -177^\circ\text{C}$; $Q = -402 \text{ kJ}$.

175. Sig'imi 60l bo'lgan idish $P_1 = 125 \text{ bar}$ bosimli kislorod bilan to'ldirilgan. Kislorodning boshlang'ich harorati $t_1 = 10^\circ\text{C}$, oxirgisi $t_2 = 30^\circ\text{C}$. Kislorodning oxirgi bosimini va unga berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

J: $P_2 = 134 \text{ bar}$; $Q = 133 \text{ kJ} = 31,8 \text{ kkal}$.

176. Diametri 400 mm bo'lgan silindrda 80l xavo $P_1 = 2,9 \text{ bar}$ bosimda va $t_1 = 15^\circ\text{C}$ haroratda turibdi. Xavoga 20 kkal issiqlik miqdori keltirilgan. $c = \text{const}$ hisoblab, porshen xarakatlanmasdan turganda unga ta'sir etayotgan kuchni aniqlang.

J: $F = 51,4 \text{ kN}$.

177. Sig'imi 300 sm^3 bo'lgan idishda $P_1 = 26 \text{ bar}$ va $t_1 = 22^\circ\text{C}$ da kislorod turibdi. Gazga 1 kkal issiqlik keltirilsa, uning t_2 harorati qanday bo'ladi? Sig'im haroratga chiziqli bog'langan.

J: $t_2 = 593^\circ\text{C}$.

178. 2 m^3 xavoni o'zgarmas $P = 2 \text{ bar}$ bosimda $t_1 = 100^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 500^\circ\text{C}$ gacha isitish uchun qancha issiqlik zarur? Xavo bajargan ishni aniqlang. Atmosfera bosimi 760 mm.sim.ust. ga teng.

Yechish:

Izobar jarayon uchun:

$$q_p = c_{pm2} \cdot t_2 - c_{pm1} \cdot t_1$$

Jadvaldan foydalanib quyidagilarni aniqlaymiz:

$$c_{pm1} = 1,0061 \text{ kJ/kg.grad}; \quad c_{pm2} = 1,0387 \text{ kJ/kg.grad}$$

Demak:

$$q_p = 1,0387 \cdot 500 - 1,0061 \cdot 100 = 418,7 \text{ kJ/kg.}$$

Xavoning massasini aniqlaymiz:

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{(2 + 1,013) \cdot 10^5}{287 \cdot 373} = 5,63 \text{ kg}$$

Shunday qilib,

$$Q_p = m \cdot q_p = 5,63 \cdot 418,7 = 2357 \text{ kJ}$$

179. 2000 m^3 xavoni o'zgarmas $P = 5 \text{ bar}$ bosimda $t_1 = 150^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 600^\circ\text{C}$ gacha qizdirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori aniqlansin. $c = f(t)$ bog'liqlik chiziqli emas.

J: $Q_p = 3937 \text{ MJ} = 940943 \text{ kkal}$.

180. Xavoli isitish qurilmasida harorati $t_1 = -15^\circ\text{C}$ bo'lgan tashqi xavo kalorifyerda $P = \text{const}$ da 60°C gacha isitilmoqda. 1000 m^3 tashqi xavoni isitish uchun qancha issiqlik miqdori zarur? Issiqlik sig'imi $c = \text{const}$, xavoning bosimi 760 mm.sim.ust. ga teng.

J: $Q_p = 24609 \text{ kkal} = 103033 \text{ kJ}$.

181. Boshlang'ich harorati $t_1 = 18^\circ\text{C}$ bo'lgan $0,2 \text{ m}^3$ xavo diametri 50 sm

bo'lgan silindrda o'zgarmas bosimda 200°C gacha qizdirilmoqda. Kengayish ishini, porshenning siljishini va sarf bo'lgan issiqlikni aniqlang. $c=f(t)$ bog'liqlik chiziqli deb xisoblansin.

J: $L=25000\text{ J}$; $h=0,64\text{ m}$; $Q=88,3\text{ kJ}$.

182. Quvvati $N=2500\text{ kVt}$ bo'lgan dvigatelda isitgich o'rnatilgan bo'lib, u orqali harorati $t_1=15^{\circ}\text{C}$ va bosimi $P=1,01\text{ bar}$ bo'lgan $60000\text{ m}^3/\text{soat}$ xavo o'tadi. Isitgichdan so'ng xavoning harorati 75°C ga, dvigatelning f.i.k $0,33$ ga teng. Isitgichda yoqilg'ining qancha issiqligi ishlatildi? $c=f(t)$ bog'liqlik to'g'ri chiziqli deb hisoblansin.

J: $17,4\%$.

183. Silindrning erkin xarakatlanuvchi porsheni ostida 1 m^3 xavo bor. Xavoga o'zgarmas bosimda 335 kJ issiqlik keltirilsa uning hajmi $1,5\text{ m}^3$ gacha ortdi. Xavoning boshlang'ich harorati 15°C ga teng. Silindrdagi haroratni, kengayish ishini aniqlang. $c=f(t)$ bog'liqlik to'g'ri chiziqli.

J: $t_2=159^{\circ}\text{C}$; $L=95\text{ kJ}$.

184. Qozon agregatining chiqib ketayotgan gazlari xavo isitgich orqali o'tadi. Gazlarning boshlang'ich harorati $t_{1g}=300^{\circ}\text{C}$, oxirgisi $t_{2g}=160^{\circ}\text{C}$. Gazlarning sarfi 1000 kg/soat , xavoning boshlang'ich harorati $t_{1x}=15^{\circ}\text{C}$, uning sarfi 910 kg/soat . Agar xavo isitgichdagi isroflar 4% bo'lsa, isigan xavo haroratini aniqlang. Gaz uchun $c_{pm}=1,0467\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$, xavo uchun $c_{pm}=1,0048\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$.

J: $t_{2x}=168,9^{\circ}\text{C}$.

185. Ichki yonuv dvigateli silindridagi xavoning hajmi $2,2$ marta ortib uning harorati 500°C bo'lib qoldi. Issiqlik keltirilishida xavoning bosimi o'zgarishsiz qoldi. Xavoning oxirgi haroratini, solishtirma issiqlik miqdorini va ishni aniqlang. $c=f(t)$ bog'liqlik chiziqli emas.

J: $t_2 = 1428^{\circ}\text{C}$; $q_p = 1088,7\text{ kJ/kg}$; $\ell = 266,3\text{ kJ/kg}$.

186. Kompresordan chiqayotgan 190°C li xavo sovitgichda o'zgarmas $P=5\text{ bar}$ bosimda 20°C gacha sovidi. Kompresorning unumdorligi $30\text{ m}^3/\text{soat}$. Agar sovituvchi suv harorati 10°C ga ko'tarilsa, uning sarfi aniqlansin.

J: 463,5 kg/soat.

187. Gazlar aralashmasining massaviy tarkibi quyidagicha: $\text{CO}_2=14\%$; $\text{O}_2=6\%$; $\text{N}_2=75\%$; $\text{H}_2\text{O}=5\%$. Aralashma o'zgarmas bosimda $t_1=600^\circ\text{C}$ dan $t_2=2000^\circ\text{C}$ gacha qizdirilmoqda. 1 kg gazlar aralashmasiga keltirilgan issiqlik miqdorini aniqlang. $c=f(t)$ bog'liqlik chiziqli emas.

J: $q_p=1841 \text{ kJ/kg}=440 \text{ kkal/kg}$.

188. Bug' qozoni o'txonasidagi yonish maxsulotlari hajmi $v_N=11,025 \text{ m}^3/\text{kg}$ ga teng, uning hajmiy tarkibi quyidagicha: $\text{CO}_2=10,3\%$; $\text{O}_2=7,8\%$; $\text{N}_2=75,3\%$; $\text{H}_2\text{O}=6,6\%$. Qozondan chiqayotgan gazlar harorati 180°C , atrof-muxit harorati 20°C . Yonish maxsulotlari bosimi atmosfera bosimiga teng. Chiqib ketayotgan gazlar bilan issiqlik yo'qotishlarini 1 kg yoqilg'iga nisbatan aniqlang.

J: $q_{\text{chiq}}=2418 \text{ kJ/kg}$.

189. Bosimi $P_1=1 \text{ bar}$ va harorati $t_1=25^\circ\text{C}$ bo'lgan 0,8 kg gazni izotermik siqish uchun 100 kJ ish sarflandi. Siqilgan gazning bosimi P_2 va gazdan olib ketilgan issiqlik miqdori aniqlansin.

J: $P_2=3,22 \text{ bar}$; $Q=-90 \text{ kJ}=-21,5 \text{ kkal}$.

190. Bosimi $P_1=0,9 \text{ bar}$ va harorati $t_1=20^\circ\text{C}$ bo'lgan 8 m^3 xavo o'zgarmas haroratda 8,1 bar gacha siqildi. Oxirgi hajmni, sarf bo'lgan ishni va gazdan olib ketilishi zarur bo'lgan issiqlik miqdori aniqlansin.

J: $V_2=0,889 \text{ m}^3$; $L=Q=-1581 \text{ kJ}$.

191. Harorati $t_1=30^\circ\text{C}$ va boshlang'ich bosimi $P_1=1 \text{ bar}$ bo'lgan 1 kg xavo $P_2=10 \text{ bar}$ bosimgacha izotermik siqilyapti. Oxirgi hajm, bajarilgan ish hamda gazdan olib ketilayotgan issiqlik miqdori aniqlansin.

Yechish:

Boshlang'ich hajmni xolat tenglamasidan aniqlaymiz:

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 303}{1 \cdot 10^5} = 0,87 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Izotermik jarayon uchun:

$$P_1 v_1 = P_2 v_2$$

Keyingi hajm:

$$v_2 = v_1 \frac{P_1}{P_2} = 0.87 \frac{1}{10} = 0.087 \text{ m}^3/\text{kg}$$

1 kg xavoni siqish uchun sarf bo'lgan ish:

$$l = RT \ln \frac{P_1}{P_2} = 2.303 RT \lg \frac{P_1}{P_2} = -2.303 \cdot 287 \lg 10 = -200 \text{ kJ/kg.}$$

Gazdan olib ketilayotgan issiqlik miqdori siqish uchun sarf bo'lgan ishga teng. Demak, $q = -200 \text{ kJ/kg}$.

192. Bosimi $P_1 = 5 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 30^\circ\text{C}$ bo'lgan $0,5 \text{ kg}$ xavo hajmi izotermik jarayonda besh marta ortdi. Gazning bajargan ishi, oxirgi bosim va gazga berilgan issiqlik miqdori aniqlansin.

$$\text{J: } P_2 = 1 \text{ bar; } L = Q = 70 \text{ kJ} = 16,7 \text{ kkal}$$

193. Boshlang'ich holati $P_1 = 10 \text{ bar}$ va $t_1 = 300^\circ\text{C}$ bo'lgan $0,3 \text{ m}^3$ xavodan izotermik siqilishda 500 kJ issiqlik olib ketildi. Oxirgi hajm V_2 va bosim P_2 aniqlansin.

$$\text{J: } V_2 = 0,057 \text{ m}^3; \quad P_2 = 52,6 \text{ bar.}$$

194. Xavo dvigateliga $0,0139 \text{ m}^3/\text{sek}$ xavo $P_1 = 5 \text{ bar}$ va $t_1 = 40^\circ\text{C}$ da uzatilyapti. Agar $P_2 = 1 \text{ bar}$ bo'lsa, xavoning izotermik kengayishi tufayli mashina olgan quvvat aniqlansin.

$$\text{J: } N = 11,188 \text{ kVt.}$$

195. Bosimi $P_1 = 1 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 27^\circ\text{C}$ bo'lgan xavo kompressorda $P_2 = 35 \text{ bar}$ gacha siqilyapti. Agar gaz izotermik siqilsa, 100 kg gazni siqish uchun sarf bo'lgan ish miqdori aniqlansin.

$$\text{J: } L = -30,576 \text{ kJ.}$$

196. Boshlang'ich parametrlari $P_1 = 10 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 200^\circ\text{C}$ bo'lgan $0,1 \text{ m}^3$ xavoga 125 kJ issiqlik uzatildi. Xavoning harorati o'zgarmas qolsa, uning oxirgi bosimi P_2 , oxirgi hajmi V_2 , va olingan ish L aniqlansin.

$$\text{J: } P_2 = 2,86 \text{ bar; } V_2 = 0,35 \text{ m}^3; \quad L = 125 \text{ kJ.}$$

197. Bosimi $P_1 = 1 \text{ bar}$ bo'lgan $2,1 \text{ m}^3$ azot izotermik siqilganda undan 335 kJ issiqlik olib ketildi. Gazning oxirgi hajmi V_2 , oxirgi bosim P_2 va sarflangan ish L aniqlansin.

$$\text{J: } V_2 = 0,426 \text{ m}^3; \quad L = -335 \text{ kJ; } \quad P_2 = 4,93 \text{ bar.}$$

198. Hajmi $0,5 \text{ m}^3$ bo'lgan kislorod $P_1=10 \text{ bar}$ va $t_1=30^\circ\text{C}$ boshlang'ich xolatdan hajmi 5 marta kamayguncha izotermik siqilyapti. Siqishdan keyingi hajm, bosim, siqish ishi va gazdan olingan issiqlik miqdori aniqlansin.

$$\mathbf{J:} \quad P_2 = 50 \text{ bar}; \quad V_2 = 0,1 \text{ m}^3; \quad L = 805 \text{ kJ}.$$

199. Bosimi $P_1= 1,2 \text{ bar}$ va harorati $t_1=30^\circ\text{C}$ bo'lgan 10 kg xavoni izotermik siqish natijasida hajmi 2,6 marta ortdi. Boshlang'ich va oxirgi parametrlar, issiqlik miqdori, ish va ichki energiya o'zgarishi aniqlansin.

$$\mathbf{J:} \quad V_1 = 7,25 \text{ m}^3; V_2 = 2,9 \text{ m}^3; \quad P_2 = 3 \text{ bar}; \quad Q = L = -797 \text{ kJ}; \quad \Delta U = 0.$$

200. Bosimi $P_1=1 \text{ bar}$ va harorati $t_1=30^\circ\text{C}$ bo'lgan 1 kg xavo $P_2=10 \text{ bar}$ bosimgacha adiabatik siqilyapti. Oxirgi hajm va harorat, hamda sarflangan ishni aniqlang.

Yechish:

Adiabat jarayon uchun:

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

$k=1,4$ deb olib, quyidagilarni aniqlaymiz:

$$T_2 = 303 \cdot 10^{\frac{0,4}{1,4}} = 303 \cdot 100,286 = 303 \cdot N$$

$$\lg N = \lg 100,286 = 0,286 \cdot \lg 10 = 0,286$$

$$N = 1,931 \quad T_2 = 303 \cdot 1,931 = 585 \text{ K}; \quad t_2 = 312^\circ\text{C}.$$

Bajarilgan ish:

$$l = \frac{R}{k-1} (T_1 - T_2) = \frac{0,287}{0,4} (303 - 585) = -202 \text{ kJ/kg}$$

Oxirgi hajm:

$$v_1 = \frac{RT_2}{P_1} = \frac{287 \cdot 585}{10 \cdot 10^5} = 0,168 \text{ m}^3/\text{kg}$$

201. Harorati $t_1=15^\circ\text{C}$ va boshlang'ich bosimi $P_1=1 \text{ bar}$ bo'lgan 1 kg xavo 8 bar bosimgacha adiabat siqilyapti. Bajarilgan ish, oxirgi hajm va oxirgi harorat aniqlansin.

$$\mathbf{J:} \quad t_2 = 248^\circ\text{C}; \quad v_2 = 0,187 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad \ell = -167,2 \text{ kJ/kg}$$

202. Bosimi $P_1=4,5 \text{ bar}$ bo'lgan xavo $1,2 \text{ bar}$ bosimgacha adiabatik

kengaydi. Buning natijasida uning harorati $t_2 = -45^\circ\text{C}$ ga teng bo'ldi. 1kg xavo uchun boshlang'ich harorat va bajarilgan ish aniqlansin.

J: $t_1 = 61^\circ\text{C}; \quad \ell = 75,3 \text{ kJ/kg}$

203. Hajmi $v_1 = 0,0887 \text{ m}^3/\text{kg}$ va bosimi $P_1 = 10 \text{ bar}$ bo'lgan 1 kg xavo kengayishi tufayli hajmi 10 marta ortdi. Xavoni izotermik va adiabat jarayonlardagi oxirgi bosimi va ishini aniqlang.

J: 1) $T = \text{const}; \quad P_2 = 1 \text{ bar}; \quad \ell = 204 \text{ kJ/kg}$

2) $dQ = 0; \quad P_2 = 0,4 \text{ bar}; \quad \ell = 133,5 \text{ kJ/kg}$

204. Harorati $t_1 = 25^\circ\text{C}$ bo'lgan xavo adiabat sovib, harorati $t_2 = -55^\circ\text{C}$, bosimi 1 bar gacha kamaydi. 1 kg xavoning boshlang'ich bosimini va ishini aniqlang.

J: $P_1 = 3 \text{ bar}; \quad \ell = 57,4 \text{ kJ/kg}$

205. Harorati $t_1 = 20^\circ\text{C}$ va bosimi $P_1 = 7 \text{ bar}$ bo'lgan $0,8 \text{ m}^3$ karbonat angidrid gazi adiabat kengayib, hajmi uch marta ortdi. P_2 va t_2 —oxirgi parametrlar hamda bajarilgan ish L aniqlansin. $\gamma = 1,28$.

J: $P_2 = 1,71 \text{ bar}; \quad t_2 = -57,6^\circ\text{C}; \quad L = 535,7 \text{ kJ}.$

206. Xavo va benzin bug'lari aralashmasi o'z-o'zidan yonib ketishi uchun shu aralashmani qanday bosimgacha adiabat siqish kerak? Boshlang'ich parametrlar: $P_1 = 1 \text{ bar}; t_1 = 15^\circ\text{C}$. Aralashmaning yonish harorati: $t_2 = 550^\circ\text{C}; \quad k = 1,39$

J: $P_2 = 42 \text{ bar}.$

207. 3 kg xavoni adiabat siqish uchun 471 kJ ish sarflandi. Xavoning boshlang'ich holat parametrlari quyidagicha: $t_1 = 15^\circ\text{C}; \quad P_1 = 1 \text{ bar}.$

Oxirgi harorat va ichki energiya o'zgarishi aniqlansin.

J: $t_2 = 234^\circ\text{C}; \quad \Delta U = -471 \text{ kJ}.$

208. Gaz dvigateli silindridagi gazlar aralashmasining bosimi $P_1 = 1 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 50^\circ\text{C}$. Dvigatelning siqish kamerasining hajmi porshen hosil qilayotgan hajmning 16 % ga teng. Aralashmaning adiabat siqilishidagi oxirgi bosim va oxirgi haroratni aniqlang. Adiabata ko'rsatgichi $k = 1,38$

J: $P_2 = 15,4 \text{ bar}; \quad t_2 = 412^\circ\text{C}$

209. Xavoning siqilishi tufayli yonadigan dvigatelda xavo shunday siqiladiki, natijada uning harorati neftning yonish haroratidan yuqori bo'ladi. Agar

neftning yonish harorati 800°C bo'lsa, siqish jarayonining oxirida xavoning minimal bosimi qanday bo'lishi kerak? Xavoning hajmi necha marta kamayadi? Xavoning boshlang'ich bosimi $P_1=1$ bar, boshlang'ich harorati $t_1=80^{\circ}\text{C}$. Xavoning siqilishi adiabat bo'yicha deb hisoblansin.

J: $P_2=49$ bar; $\varepsilon=V_1/V_2=16$.

210. Xavoning silindrda adiabat kengayishi natijasida uning hajmi boshlang'ich hajmiga nisbatan 5 marta ortdi. To'liq kengayish ishi va porshenning birinchi yarim yo'lidagi kengayish ishlari taqqoslansin.

J: $L_2/L_1=0,554$.

211. Ichki yonuv dvigateli silindrdagi xavo adiabat siqilib, hajmi 13 marta kamaydi. Xavoning boshlang'ich harorati $t_1=77^{\circ}\text{C}$, boshlang'ich bosimi $P_1=0,9$ bar. Siqishdan keyingi xavoning harorati va bosimi aniqlansin.

J: $t_2=703^{\circ}\text{C}$; $P_2=32,7$ bar.

212. Bosimi 1 bar va harorati $t_1=15^{\circ}\text{C}$ bo'lgan 2 kg xavo kompressorda siqilib, bosimi $P_2=7$ bar gacha ko'tariladi. Siqilgan xavoning oxirgi harorati va sarflangan ish aniqlansin.

J: $t_2=229^{\circ}\text{C}$; $L=-307,1$ kJ.

213. Bosimi 0,95 bar va boshlang'ich harorati 10°C bo'lgan 1 m^3 xavo adiabat bo'yicha 3,8 bar bosimgacha siqildi. Siqish oxiridagi xavoning harorati va hajmi, hamda siqish uchun sarflangan ish aniqlansin.

J: $t_2=148^{\circ}\text{C}$, $V_2=0,373\text{ m}^3$, $L=-117,5$ kJ.

214. 127°C haroratli xavo izotermik siqilib, hajmi boshlang'ich hajmining $1/4$ qismiga teng bo'lib qoldi, so'ng adiabat bo'yicha boshlang'ich bosimgacha kengaydi. Adiabat kengayish oxiridagi xavo haroratini aniqlang. Kengayish va siqish jarayonlarini Pv -diagrammada tasvirlang.

J: $t_2=-4^{\circ}\text{C}$.

215. Harorati $t_1=17^{\circ}\text{C}$ bo'lgan 1 kg xavo adiabatik siqilib hajmi boshlang'ich hajmining $1/5$ qismicha kamaydi. So'ngra izotermik ravishda boshlang'ich hajmgacha kengaydi. Xavoning shu jarayonlardagi bajargan ishi aniqlansin.

J: $\ell = 67 \text{ kJ/kg}$

216. Harorati $t_1=20^\circ\text{C}$ bo'lgan xavoni adiabat kengayishi orqali $t_2=-60^\circ\text{C}$ gacha sovitish lozim. Xavoning oxirgi bosimi 1 bar bo'lishi kerak. Xavoning boshlang'ich bosimi P_1 va solishtirma kengayish ishi ℓ aniqlansin.

J: $P_1 = 3,04 \text{ bar}; \quad \ell = 57,8 \text{ kJ/kg}$

217. Bosimi $P_1=5 \text{ bar}$ va harorati $t_1=111^\circ\text{C}$ bo'lgan 1 kg xavo politropa bo'yicha $P_2=1 \text{ bar}$ bosimgacha kengaydi. Xavoning oxirgi holati, ichki energiyasining o'zgarishi, keltirilgan issiqlik miqdori va bajarilgan ish aniqlansin. Politrop ko'rsatkichi $n = 1,2$ ga teng.

Yechish:

Xavoning boshlang'ich hajmini aniqlaymiz:

$$\nu_1 = RT_1/P_1 = \frac{287 \cdot 384}{5 \cdot 10^5} = 0,22 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Xavoning keyingi xajmi:

$$\nu_2 = \nu_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{n}} = 0,22 \cdot 5^{\frac{1}{1,2}} = 0,84 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Holat tenglamasidan oxirgi harorat aniqlanadi:

$$T_2 = \frac{P_2 \cdot \nu_2}{R} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 0,84}{287} = 293 \text{ K}$$

Bajarilgan ishni aniqlaymiz:

$$l = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2) = \frac{287}{0,2} (384 - 293) = 130600 \text{ J/kg}$$

Ichki energiyaning o'zgarishi:

$$\Delta u = c_v (T_2 - T_1) = \frac{20,93}{28,96} = (293 - 384) = -65,8 \text{ kJ/kg}$$

Xavoga berilgan issiqlik miqdori:

$$q = c_v \frac{n-k}{n-1} (t_2 - t_1) = 0,72 \frac{1,2-1,4}{1,2-1} (20 - 111) = -65 \text{ kJ/kg}$$

218. Bosimi $P_1=0,9 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 18^\circ\text{C}$ bo'lgan 1,5 kg xavo politropa bo'yicha $P_2=10 \text{ bar}$ bosimgacha siqilyapti. Uning harorati $t_2=125^\circ\text{C}$ gacha ko'tarildi. Politrop ko'rsatkichi, oxirgi hajm, sarflangan ish va issiqlik miqdori aniqlansin.

J: $n = 1,149; \quad V_2 = 0,171 \text{ m}^3; \quad L = -309,2 \text{ kJ}; \quad Q = -195,4 \text{ kJ}.$

219. $P=\text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik keltiriladigan sikl bo'yicha ishlaydigan dvigatel silindrida xavo politropa bo'yicha siqilyapti, politrop ko'rsatgichi $n=1,33$ ga teng. Agar siqish darajasi $\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}14$ ga teng, harorat $t_1=77^\circ\text{C}$ va $P_1=1$ bar bo'lsa, siqish oxiridagi xavo harorati va bosimi aniqlansin.

J: $t_2=564^\circ\text{C}$; $P_2=33,9$ bar

220. Politrop siqish jarayonida 195 kJ ish sarflanib, 1- xolda gazdan 250 kJ issiqlik olib ketildi, 2-xolda 42 kJ issiqlik uzatildi. Ikkala xol uchun politrop ko'rsatgichi aniqlansin:

J: 1) $n=0,9$; 2) $n=1,49$.

221. Bosimi 1 bar va harorati 17°C bo'lgan $1,5\text{ m}^3$ xavo 7 bar bosimgacha siqildi. Xavoning siqishdan keyingi harorati 100°C ga teng. Jarayondagi bajarilgan ish, issiqlik miqdori va politrop ko'rsatgichi aniqlansin.

J: $n=1,147$; $L=-290\text{ kJ}$; $Q=-183\text{ kJ}=-43,7\text{ kkal}$.

222. Harorati $t_1=100^\circ\text{C}$ va bosimi $P_1=0,9$ bar bo'lgan silindr dvigatelidagi yonuvchi aralashma politropa bo'yicha siqilyapti. Politropa ko'rsatgichi $n=1,33$ ga teng. Harorat 400°C ga etgandagi bosim va siqish darajasi aniqlansin.

J: $\varepsilon=5,9$; $P_2=9,5$ bar.

223. Xavoga politrop kengayish jarayonida 83,7 kJ issiqlik berildi. Agar xavo hajmi 10 marta ortib, bosimi 8 marta kamaysa, xavoning ichki energiyasining o'zgarishi va bajarilgan ishi aniqlansin.

J: $\Delta U=16,7\text{ kJ}$; $L=6,70\text{ kJ}$.

224. Xavo politropa bo'yicha 270 kJ ish bajardi. Birinchi xolda xavoga 420 kJ issiqlik uzatildi, ikkinchi xolda xavodan 92 kJ issiqlik olindi. Ikkala xol uchun politrop ko'rsatgichi aniqlansin.

J: 1) $n=0,78$; 2) $n=1,88$;

225. Koks gazi va xavo aralashmasi politropa bo'yicha siqilyapti. Politrop ko'rsatgichi $n=1,38$, boshlang'ich bosim $P_1=1\text{ bar}$, boshlang'ich harorat $t_1=50^\circ\text{C}$, $\varepsilon=4$ ga teng. Oxirgi harorat va bosim aniqlansin.

J: $t_2=276^\circ\text{C}$; $P_2=6,8$ bar.

226. Gaz dvigatelida yonuvchi aralashma [$R=340 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$] 450°C haroratgacha politrop siqilyapti. Aralashmaning boshlang'ich bosimi $P_1 = 0,9 \text{ bar}$, boshlang'ich harorati $t_1=80^\circ\text{C}$. Politrop ko'rsatgichi $n=1,35$. Siqish ishi va siqish darajasi aniqlansin.

J: $\ell = -360 \text{ kJ/kg}$; $\varepsilon = 7,82$.

227. Bosimi $P_1=2 \text{ bar}$ va harorati $t_1= 40^\circ\text{C}$ bo'lgan 2 m^3 xavo $P_2 = 11 \text{ bar}$ bosimgacha siqilyapti. Xavoning siqilgandan keyingi hajmi $V_2=0,5 \text{ m}^3$. Politrop ko'rsatgichi, siqish ishi va issiqlik miqdori aniqlansin.

J: $n = 1,23$; $L = -652 \text{ kJ}$; $Q = -272 \text{ kJ}$.

228. Bosimi $P=4 \text{ bar}$ va harorati $t_1=100^\circ\text{C}$ bo'lgan 1 kg xavo $P_2 = 1 \text{ bar}$ bosimgacha kengaydi. Agar kengayish: a) izoxorik, b) izotermik, v) adabatik va g) politropa ($n=1,2$) bo'yicha ro'y bersa, oxirgi harorat, issiqlik miqdori, bajarilgan ish aniqlansin.

J: a) $t_2 = -180^\circ\text{C}$ $\ell = 0$; $q = -202 \text{ kJ/kg}$.

b) $t_2 = t_1$, $\ell = 148,2 \text{ kJ/kg}$; $q = 148,2 \text{ kJ/kg}$.

v) $t_2 = -22^\circ\text{C}$; $\ell = 87,5 \text{ kJ/kg}$; $q = 0$.

g) $t_2 = 24^\circ\text{C}$; $\ell = 10,9 \text{ kJ/kg}$; $q = 54,5 \text{ kJ/kg}$.

229. Siqilayotgan gazning uch nuqtadagi holat parametrlari quyidagicha:

$P_1=1,2 \text{ am}$; $t_1 = 30^\circ\text{C}$; $P_2 = 3,6 \text{ am}$;

$P_3 = 5,4 \text{ am}$; $t_3 = 116^\circ\text{C}$. $t_2=91^\circ\text{C}$;

Gazning siqilishi politrop jarayon bo'yichami?

J: Jarayon-politrop, $n = 1,2$.

230. Politrop ko'rsatgichi 2 ga teng bo'lib, gazning hajmi 3 marta oshsa, gazning bosimi va harorati qanday o'zgaradi?

J: $\frac{P_1}{P_2} = 9$; $\frac{T_1}{T_2} = 3$

231. 1 kg xavo 12 at boshlang'ich bosimdan 2 at bosimgacha politrop kengaydi. Hajmi 4 marta oshdi. Agar xavoning boshlang'ich harorati 127°C bo'lsa, politrop ko'rsatgichi, boshlang'ich va oxirgi hajm, keyingi harorat va kengayishi ishi aniqlansin.

J: $T_2 = 267 \text{ K}$; $V_1 = 0,0977 \text{ m}^3/\text{kg}$; $V_2 = 0,3908 \text{ m}^3/\text{kg}$; $\ell = 130700 \text{ kJ/kg}$

232. 5 kg xavo politropa bo'yicha ($n=2$) 1 atm. dan 6 atm.gacha siqilyapti. Xavoning boshlang'ich harorati -23°C . Siqish ishi, keyingi harorat, boshlang'ich va oxirgi hajm, ichki energiyaning o'zgarishi va issiqlik miqdori aniqlansin.

J: $T_2 = 612,5 \text{ K}$; $V_1 = 3,6685 \text{ m}^3$; $V_2 = 1,4947 \text{ m}^3$;

$L = -521 \text{ kJ}$; $\Delta U = 1300,6 \text{ kJ}$; $Q = 779,6 \text{ kJ}$;

233. Harorati $t_1 = 127^\circ\text{C}$ va bosimi $P_1 = 5 \text{ bar}$ bo'lgan 10 kg xavo politrop bo'yicha ($n=-2$) siqilyapti. Agar hajm 2 marta kamaysa, bosim va haroratning o'zgarishini aniqlang.

J: $T_2 = 50 \text{ K}$; $P_2 = 1,25 \text{ bar}$.

234. 3 kg metanni siqish uchun 800 kJ ish sarflandi. Buning natijasida gazning ichki energiyasi 595 kJ ga ortdi. Issiqlik miqdorini, harorat va entalpiya o'zgarishini aniqlang. Metanning o'zgarmas hajmdagi molyar issiqlik sig'imi 26,48 kJ/kmol.grad ga teng.

J: $Q = 205 \text{ kJ}$; $t = 120^\circ\text{C}$; $H = 784 \text{ kJ}$.

235. Sig'imi 40l bo'lgan idishda vodorod turgan bo'lib, uni isitish natijasida gazning ortiqcha bosimi 140,3 bar dan 152 bar ga ko'tarildi. Barometrik bosim 743 mm.sim.ust.ga teng, vodorodning issiqlik sig'imi $c_p = 14,05 \text{ kJ/kg.grad}$ va boshlang'ich harorati $T = 290 \text{ K}$. Vodorod olgan issiqlik miqdori, uning haroratini, ichki energiyasi va entalpiyasining o'zgarishini aniqlang.

J: $Q_v = \Delta U_v = 111 \text{ kJ}$; $T_2 = 314 \text{ K}$; $\Delta H = 158 \text{ kJ}$.

236. Politrop jarayonda 1 kg xavoning boshlang'ich parametri $P_1 = 0,4 \text{ MPa}$ va $t_1 = 127^\circ\text{C}$, oraliq parametrlari $P_0 = 0,8 \text{ MPa}$ va $t_0 = 187^\circ\text{C}$. Xavo oxirgi holatga uning ustida $\ell = -550 \text{ kJ/kg}$ ish bajarilganda o'tadi. Xavoning oxirgi parametrlarini aniqlang.

J: $P_2 = 20,42 \text{ MPa}$; $v_2 = 0,01241 \text{ m}^3/\text{kg}$; $t_2 = 610^\circ\text{C}$.

237. Xavoni siqishda 50 kJ/kg issiqlik keltirildi. Politrop jarayon oxirida xavoning harorati 10°C ga ortdi. Politrop ko'rsatgichi aniqlansin.

J: $n = 2,316$.

238. Silindrda bosimi 5 bar va harorati 400°C bo'lgan havo bor.

Havoning o'zgarmas bosimda issiqlik olinishi natijasida uning harorati 0°C ga teng bo'ladi. Havo joylashgan silindrning hajmi 400l ga teng. Olingan issiqlikni, keyingi hajmni, ichki energiya o'zgarishini, oqish uchun sarflangan ishni aniqlang. Issiqlik sig'imi haroratga chiziqli bog'liq emas.

Yechish: Havoning normal sharoitdagi hajmini aniqlaymiz:

$$V_H = \frac{PVT_H}{P_n T} = \frac{5 \cdot 0,4 \cdot 273}{1,013 \cdot 673} = 0,8\text{m}^3$$

Havoning issiqlik sig'imini jadvaldan aniqlaymiz:

$$c'_p = 1,3289 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{grad}$$

Issiqlik miqdori:

$$Q_p = 0,8 \cdot 1,3289 \cdot (0 - 400) = -425 \text{ kJ}$$

Issiqlik miqdorini havo massasi orqali ham aniqlash mumkin. Holat tenglamasidan havo massasini aniqlaymiz:

$$m = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 0,4}{287 \cdot 673} = 1,035 \text{ kg}$$

Havoning issiqlik sig'imini jadvaldan aniqlaymiz:

$$c_p = 1,0283 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

Demak,

$$Q_p = 1,035 \cdot 1,0283(0 - 400) = -425 \text{ kJ}$$

Keyingi hajm:

$$V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} = 0,4 \cdot \frac{273}{673} = 0,1622 \text{ m}^3$$

Ichki energiyaning o'zgarishi:

$$\Delta U = 0,8 \cdot 0,9579 \cdot (0 - 400) = -306,5 \text{ kJ}$$

Siqish uchun sarflangan ish:

$$L = 5 \cdot 10^5 \cdot (0,1622 - 0,4) = -118,9 \text{ kJ}$$

239. Izobar jarayonda gazga keltirilgan issiqlikning qancha qismi ishga va qancha qismi ichki energiyaning o'zgarishiga sarflanadi?

Yechish: Termodinamikaning birinchi qonunini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{du}{dq} + \frac{dl}{dq} = 1$$

Quyidagi kattalik

$$\frac{dl}{dq} = 1 - \frac{du}{dq}$$

gazga keltirilgan issiqlikning qancha qismi kengayish ishiga sarflanganligini ko'rsatadi. Ideal gaz uchun izobar jarayonda du ni quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$du = c_v dT$$

Issiqlik miqdori:

$$q = \Delta h = c_p(T_2 - T_1)$$

$\kappa=1,4$ deb hisoblab

$$\frac{dl}{dq} = 1 - \frac{1}{1,4} = 0,285$$

Demak, izobar jarayonda keltirilgan issiqlikning faqatgina 28,5 % ishga aylanadi. Qolgan issiqlik (71,5 %) esa ichki energiyaning o'zgarishiga sarflanadi.

240. Ichki yonuv dvigatelida yonish mahsulotlariga o'zgarmas bosimda issiqlik keltirilishi natijasida ularning harorati 500°C dan 1900°C gacha ko'tarildi. Gaz aralashmasining massaviy tarkibi quyidagicha: $\text{CO}_2 = 15\%$; $\text{O}_2 = 5\%$; $\text{H}_2\text{O} = 6\%$; $\text{N}_2 = 74\%$.

1 kg yonish mahsulotlariga keltirilgan issiqlik miqdorini aniqlang. Issiqlik sig'imi haroratga chiziqli bog'liq emas.

Yechish: Izobar jarayon uchun issiqlik miqdori:

$$q = \sum_{i=1}^n (c_{p2i} \cdot g_i) t_2 - \sum_{i=1}^n (c_{p1i} \cdot g_i) t_1$$

Gaz jadvallaridan foydalanib Q_p ni hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} Q_p &= (1,2259 \cdot 0,15 + 1,0940 \cdot 0,05 + 2,4166 \cdot 0,06 + 1,1857 \cdot 0,74) \cdot \\ &\cdot 1900 - (1,0828 \cdot 0,15 + 0,9793 \cdot 0,05 + 1,9778 \cdot 0,06 + 1,0660 \cdot 0,74) \\ &\cdot 500 = 1836 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

241. Bir hil massali turli gazlarning izotermik siqish uchun sarflangan

ishlarni taqqoslang.

Yechish: Bir hil sharoitda 1 kg turli hil gazlarning izotermik siqishdagi ishini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$l_1 = R_1 T \ln \frac{P_2}{P_1};$$

$$l_2 = R_2 T \ln \frac{P_2}{P_1};$$

$$l_3 = R_3 T \ln \frac{P_2}{P_1};$$

va hokazo.

Shuning uchun:

$$l_1 : l_2 : l_3 : R_1 : R_2 : R_3$$

Ya'ni, izotermik siqishdagi ish gaz doimiysiga to'g'ri proporsional.

242. Boshlang'ich harorati 30°C va bosimi 1 bar bo'lgan 1 kg havo 10 bar bosimgacha adiabat siqilyapti. Sarflangan ishni, keyingi hajm va haroratni aniqlang.

Yechish: Adiabat jarayon uchun parametrlar orasidagi nisbatdan:

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

$\kappa=1,4$ ga teng deb hisoblab:

$$T_2 = 303 \cdot 10^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 303 \cdot 10^{0,286} = 585 \text{ K}$$

Sarflangan ish:

$$l = \frac{R}{\kappa - 1} (T_1 - T_2) = \frac{287}{1,4 - 1} (303 - 585) = -202 \text{ kJ/kg}$$

Oxirgi hajm:

$$v_2 = \frac{RT_2}{P_2} = \frac{287 \cdot 585}{10 \cdot 10^5} = 0,168 \text{ m}^3/\text{kg}$$

243. Dvigatelda gaz va havo aralashmasi adiabat siqilmoqda. Siqilish oxirida aralashma harorati o'z-o'zidan yonish haroratidan 200°C ga pastroq bo'ldi. Siqish boshlanishida $P_1=0,9$ bar va $t_1=70^\circ\text{C}$. Adiabata ko'rsatgichi $\kappa=1,36$;

$R=314 \text{ J/kg} \cdot \text{grad}$, o'z-o'zidan yonish harorati 650°C ga teng. Siqish ishini va siqish darajasini aniqlang.

Yechish:

Siqish darajasi:

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{1}{K-1}} = \left(\frac{723}{343}\right)^{\frac{1}{0,36}} = 2,108^{2,777} = 7,29$$

Siqish ishi:

$$l = \frac{R}{K-1} (T_1 - T_2) = \frac{314}{0,36} (343 - 723) = -331,4 \text{ kJ/kg}$$

244. Dvigatelda havo adiabatik siqilyapti. Siqilish natijasida uning hajmi 14 marta kamayib, uning harorati neftning yonish haroratiga teng bo'lib qoldi. Havoning oxirgi haroratini va oxirgi bosimini aniqlang. Boshlang'ich parametrlar $P_1=1 \text{ bar}$ va $t_1=100^\circ\text{C}$

Yechish: Oxirgi haroratni aniqlaymiz:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{K-1} = 373 \cdot 14^{0,4} = 1067 \text{ K}$$

Oxirgi bosim:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{K}{K-1}} = 1 \cdot \left(\frac{1067}{373}\right)^{\frac{1,4}{0,4}} = 40 \text{ bar}$$

245. Bosimi 12 bar va harorati 20°C bo'lgan karbonat angidridning $2/3$ qismi idishdan tashqariga chiqib ketdi. Oxirgi bosim va haroratni aniqlang ($k=1,28$). Atrof-muxit bilan issiqlik almashinuvini e'tiborga olmang.

Yechish: Agar idishdan gazning $2/3$ qismi chiqib ketsa, u holda idishda qolgan gazning solishtirma hajmi 3 marta ortadi.

Shuning uchun:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{K-1} = \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{K-1} = 3^{0,28} = 1,36$$

Demak,

$$T_2 = \frac{T_1}{1,36} = \frac{293}{1,36} = 215,4 \text{ K}$$

$$T_2 = -57,60 \text{ K}$$

Oxirgi bosim:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^K = \frac{12}{4,081} = 2,94 \text{ bar}$$

246. Bosimi 5 bar va harorati 111°C bo'lgan 1 kg havo politropa bo'yicha 1 bar bosimgacha kengaydi. Havoning oxirgi holatini, ichki energiya o'zgarishini, keltirilgan issiqlik va ishni aniqlang. Politropa ko'rsatgichi $n=1,2$ ga teng.

Yechish: Havoning boshlang'ich xajmini aniqlaymiz:

$$v_1 = \frac{R \cdot T_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 384}{5 \cdot 10^5} = 0,22 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Havoning oxirgi hajmi:

$$v_2 = v_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{n}} = 0,22 \cdot 5^{\frac{1}{1,2}} = 0,84 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Oxirgi haroratni holat tenglamasidan aniqlaymiz:

$$T_2 = \frac{P_2 v_2}{R} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 0,84}{287} = 293 \text{ K}$$

Ishni quyidagi formuladan hisoblaymiz:

$$l = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2) = \frac{287}{0,2} \cdot (384 - 293) = 130600 \text{ J/kg}$$

Ichki energiyaning o'zgarishi:

$$\Delta u = c_v (T_2 - T_1) = \frac{287}{1,4-1} \cdot (293 - 384) = -65,8 \text{ kJ/kg}$$

Gazga uzatilgan issiqlik miqdori:

$$q = c_v \frac{n-K}{n-1} (t_2 - t_1) = 0,72 \frac{1,2-1,4}{1,2-1} (20 - 111) = 65,8 \text{ kJ/kg}$$

Yuqoridagilardan ko'rinib turibdiki, bunday jarayonda tashqi ish keltirilgan issiqlik hisobiga va ichki energiyaning kamayishi hisobiga bajariladi.

Olingan natijalarni quyidagicha tekshirish mumkin:

$$q = \Delta U + l:$$

$$l = q - \Delta U = 65,8 - (-65,8) = 131,6 \text{ kJ/kg}$$

247. 1,5 kg havo $t_1=18^\circ\text{C}$ va $P_1=0,9$ bar bosimdan $P_2=10$ bar bosimgacha

politropa bo'yicha siqilyapti. Siqilish natijasida uning harorati $t_2=125^\circ\text{C}$ gacha ko'tarildi. Politropa ko'rsatgichi, oxirgi hajm, sarflangan ish va olib ketilgan issiqlik miqdori aniqlansin.

Yechish: Politrop jarayon uchun:

$$\frac{n-1}{n} = \frac{\lg \frac{T_2}{T_1}}{\lg \frac{P_2}{P_1}} = \frac{\lg \frac{398}{291}}{\lg \frac{10}{0.9}} = 0,13$$

Bundan
$$n = \frac{1}{1-0,13} = 0,149$$

Holat tenglamasidan oxirgi xajmni aniqlaymiz:

$$V_2 = \frac{mRT_2}{P_2} = \frac{1,5 \cdot 287 \cdot 398}{10 \cdot 10^5} = 0,171 \text{ m}^3$$

Sarflangan ish:

$$L = \frac{mR}{n-1} (t_1 - t_2) = \frac{1,5 \cdot 287}{0,149} (18 - 125) = -309200 \text{ J}$$

Olib ketilgan issiqlik miqdori:

$$Q = mc_v \frac{n-K}{n-1} (t_2 - t_1) = 1,5 \cdot 0,7175 \cdot \frac{1,149 - 1,4}{1,149 - 1} (125 - 18) = -195,4 \text{ kJ}$$

248. Agar gazning boshlang'ich bosimi 2 bar va harorati 20°C , oxirgi bosimi 5 bar bo'lsa, gazni $V=\text{const}$ da qanday haroratgacha qizdirish kerak?

J: $t_2=459,5^\circ\text{C}$ gacha.

249. Boshlang'ich harorati 18°C va bosimi 2 bar bo'lgan $0,2 \text{ m}^3$ havo diametri 50 sm bo'lgan silindrda o'zgarmas bosimda 200°C haroratgacha qizdirilmoqda. Kengayish ishini, porshenni siljishini va sarflangan ishni aniqlang. Issiqlik sig'imi haroratga chiziqli bog'liq.

J: $L=25000 \text{ J}$; $h=0,64 \text{ m}$; $Q=88,3 \text{ kJ}$.

250. Boshlang'ich harorati 15°C bo'lgan 2 m^3 havo o'zgarmas bosimda 3 m^3 gacha kengaydi. Gazga 837 kJ issiqlik uzatildi. Oxirgi haroratni, kengayish ishini va jarayondagi gazning bosimini aniqlang.

J: $t_2=159^\circ\text{C}$; $P=2,4 \text{ bar}$; $L=239 \text{ kJ}$.

251. Bosimi $P_1=5 \text{ bar}$ va harorati $t_1=30^\circ\text{C}$ bo'lgan $0,5 \text{ kg}$ havo izotermik

kengayishi natijasida hajmi 5 marta ortdi. Gaz bajargan ish, oxirgi bosim va gazga uzatilgan issiqlik miqdori aniqlansin.

J: $P_2=1$ bar; $L=Q=70$ kJ.

252. Gaz silindrda izotermik kengaydi va natijada uning hajmi boshlang'ich hajmiga nisbatan 5 marta ortdi. To'liq kengayish va porshenning birinchi yarim yo'lidagi kengayish ishlarini taqqoslang.

J: $L_2/L=0,684$

253. Bosimi 4 bar va harorati 60°C bo'lgan 5 m^3 havo politropa bo'yicha bosimi 1 bar va hajmi 3 marta ortguncha kengaydi. Politropa ko'rsatgichini, ishni, uzatilgan issiqlik miqdorini va ichki energiya o'zgarishini aniqlang.

J: $n=1,26$; $L=1923$ kJ; $Q=672,2$ kJ; $\Delta U=-1250,6$ kJ.

254. O'zgarmas bosimda gazga keltirilgan issiqlik miqdori uning ichki energiyasining o'zgarishiga va ishga sarflanadi. 1 kg havoni izobarik kengayishda bajarilgan ishi $20,5\text{ kJ}$ ga teng bo'lsa, keltirilgan issiqlik miqdorini va havoning haroratini o'zgarishini aniqlang.

J: $\Delta t = 71,4^\circ\text{C}$; $q = 71,8$ kJ/kg.

255. Silindrning harakatlanuvchi porsheni ostidagi $0,3\text{ m}^3$ havo o'zgarmas $0,6\text{ MPa}$ bosimda kengayib 100 kJ ish bajardi. Agar havoning boshlang'ich harorati $t_1 = 10^\circ\text{C}$ bo'lsa, havoning keyingi haroratini aniqlang.

J: $t_1 = 167^\circ\text{C}$.

256. Bir atomli gazga o'zgarmas bosimda keltirilgan issiqlikning qancha qismi uning haroratini ortishiga sarflanadi?

J: 60%.

257. Honani ventilyasiyasi uchun uzatlayotgan havo elektroklorifyerdan o'tib, harorati $t_1 = -20^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 15^\circ\text{C}$ ga ko'tarildi. Havoning bosimi o'zgarmas va 750 mm.sim.ust. ga teng. Agar elektrokloriferning quvvati 10 kVt ga teng bo'lsa, ventilyatorning unumdorligini aniqlang. Havoning issiqlik sig'imi o'zgarmas.

J: 0,282 kg/c.

258. Agar isitkichda ventilyator uzatayotgan havoning harorati $t_1 =$

-15°C dan $t_2 = 15^{\circ}\text{C}$ gacha ko'tarilsa, isitkichning quvvatini aniqlang. Ventilyatorning 800 mm.sim.ust. absolyut bosimdagi unumdorligi $300\text{ m}^3/\text{soat}$ ga teng.

J: 36,45 kVt.

259. 1 kg havo izotermik siqilishi natijasida uning bosimi $0,1\text{ MPa}$ dan $0,5\text{ MPa}$ gacha ko'tarildi. Havoning 10°C va 100°C dagi hajmini kamayishini aniqlang.

J: $\Delta V_{10} = 0,649\text{ m}^3$; $\Delta V_{100} = 0,856\text{ m}^3$.

260. Silindr porsheni ostidagi havoning absolyut bosimi $P_1 = 0,12\text{ MPa}$ ga teng. Agar porshenga qo'shimcha $G = 5\text{ kg}$ yuk qo'shilsa, porshenning siljishini va izotermik siqish oxiridagi P_2 bosimni aniqlang. Porshen diametri $d = 100\text{ mm}$, porshenning boshlang'ich xolatidagi balandligi $h_1 = 500\text{ mm}$.

J: $P_2 = 0,12626\text{ MPa}$. $\Delta h = 0,025\text{ m}$.

261. 5 m^3 azot izotermik siqilganda undan 600 kJ issiqlik olindi. Agar boshlang'ich bosim $P_1 = 0,18\text{ MPa}$ ga teng bo'lsa, siqish ishini, ohirgi bosim P_2 va V_2 hajmni aniqlang.

Yechish: Izotermik jarayonda ish jarayon issiqligiga teng, yani $P_1 V_1 \ln \frac{P_1}{P} = q$.

Bundan $\ln \frac{P_1}{P} = \frac{q}{P_1 V_1} = \frac{-600}{180,5} = -0,666$ P_2 bosimni hisoblaymiz: $P_2 = P_1 e^{0,456} = 180 \cdot 1,95 = 350\text{ MPa} = 0,35\text{ MPa}$. Siqilgan azotning hajmi: $V_2 = V_1 \frac{P_1}{P_2} = 5 \cdot \frac{0,18}{0,35} = 2,57\text{ m}^3$.

262. 1 kg uglerod ikki oksidining hajmi izotermik kengayish natijasida uch marta ortdi va 120 kJ kengayish ishi bajarildi. Gazning jarayondagi haroratini aniqlang.

J: $t = 305^{\circ}\text{C}$.

263. Harorati $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ va bosimi $P_1 = 0,8\text{ MPa}$ bo'lgan 1 kg havo $P_2 = 0,2\text{ MPa}$ bosimgacha adiabat kengaymoqda. Havoning kengayish oxiridagi haroratini, jarayon ishini va ichki energiyasi o'zgarishini aniqlang.

J: $T_2 = 198 \text{ K}; v_2 = 0,214 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}; l = 68000 \text{ J}; \Delta U = -68000 \text{ J}.$

264. Havoning harorati adiabat siqilishi natijasida 15°C dan 150°C gacha ko'tarildi. Agar boshlang'ich bosim $0,1 \text{ MPa}$ ga teng bo'lsa, ohirgi bosimni aniqlang.

J: $P_2 = 0,383 \text{ MPa}.$

265. $0,5 \text{ kg}$ havoning bosimi politrop siqilish natijasida $0,1 \text{ MPa}$ dan $1,0 \text{ MPa}$ gacha ko'tarildi, uning harorati 18°C dan 180°C gacha ortdi. Politropa ko'rsatkichini, havoning boshlang'ich va ohirgi xolatdagi hajmini va jarayon issiqligini aniqlang.

J: $n = 1,24; V_1 = 0,4175 \text{ m}^3; V_2 = 0,0652 \text{ m}^3; Q = -38,9 \text{ kJ}.$

VII BOB

TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI

Termodinamikaning ikkinchi qonuni energiyaning bir turdan boshqa turga aylanadigan shart–sharoitlarini o'rganadi. Bu qonun fizikaviy jismlarda issiqlikning o'z-o'zicha tarqalish jarayonlari uchun muayyan miqdoriy nisbatlarni belgilab beradi. Termodinamikaning ikkinchi qonunini matematik ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (129)$$

bu yerda: dS – sistema entropiyasining cheksiz kichik miqdorga ortishi;

dQ – sistemani issiqlik manbaidan olgan cheksiz kichik issiqlik miqdori;

T – issiqlik manbaini absolyut harorati.

Tengsizlik belgisi qaytmas jarayonlar uchun, tenglik belgisi qaytar jarayonlar uchun taalluqli.

Umumiy xolda:

$$dQ = T \cdot dS \quad (130)$$

$dQ = dU + pdV$ ni e'tiborga olib,

$$TdS = dU + pdV \quad (131)$$

Ideal gaz entropiyasi.

Qaytar jarayonlar uchun asosiy tenglama.

$$dS = \frac{dQ}{T} \quad (132)$$

Gazlar uchun normal sharoitda ($t=0^\circ\text{C}$; $P=760$ mm.sim.ust.) entropiya 0 ga teng. Issiqlik sig'imi o'zgaruvchan bo'lganda:

$$s = q_v \ln \frac{T}{273} + R \ln \frac{v}{v_n} + \theta(T - 273); \quad (133)$$

$$s = q_p \ln \frac{T}{273} - R \ln \frac{v}{v_n} + \theta(T - 273); \quad (134)$$

$$s = q_v \ln \frac{P}{P_n} + q_p \ln \frac{v}{v_n} + \theta(T - 273); \quad (135).$$

Issiqlik sig'imi o'zgarmas bo'lganda:

$$s = c_v \ln \frac{T}{273} + R \ln \frac{v}{v_n}; \quad (136)$$

$$s = c_p \ln \frac{T}{273} - R \ln \frac{P}{P_H} \quad (137)$$

$$s = c_v \ln \frac{P}{P_H} + C_p \ln \frac{v}{v_H} \quad (138)$$

Entropiyaning o'zgarishi

Issiqlik sig'imi o'zgaruvchan bo'lganda:

$$s_2 - s_1 = q_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} + \beta(T_2 - T_1) \quad (139)$$

$$s_2 - s_1 = q_v \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} + \beta(T_2 - T_1) \quad (140)$$

$$s_2 - s_1 = q_v \ln \frac{P_2}{P_1} + q_p \ln \frac{v_2}{v_1} + \beta(T_2 - T_1) \quad (141)$$

Issiqlik sig'imi o'zgarmas bo'lganda:

$$s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (142)$$

$$s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (143)$$

$$s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{P_2}{P_1} + q_p \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (144)$$

Termodinamik jarayonlar uchun ($c = \text{const}$) entropiyaning o'zgarishi:

$$s_2 - s_1 = c_v \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (145)$$

$$s_2 - s_1 = c_p \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}; \quad (146)$$

$$s_2 - s_1 = R \ln \frac{v_2}{v_1} = R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (147)$$

$$s_2 - s_1 = c_v \frac{n-k}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (148)$$

Maksimal foydali ish:

$$\ell_{\max(\text{foyda})} = U_1 - U_2 - T_0 (s_1 - s_2) - p_0 (v_2 - v_1) \quad (149)$$

yoki

$$\ell_{\max(\text{foyda})} = \ell_{\text{ad}} - \ell_{\text{iz}} - p_0 (v_2 - v_1) \quad (150)$$

266. Bosimi $P=5$ bar va harorati $t=300^\circ\text{C}$ bo'lgan 6,4 kg azotning entropiyasi aniqlansin. Sig'imni o'zgarmas deb olinsin.

J: $s=1,94$ kJ/grad

267. Harorati $t_1=127^\circ\text{C}$ bo'lgan 1 kg kislorod hajmi besh marta ortguncha kengaydi. Kislorodning harorati $t_2=27^\circ\text{C}$ gacha pasaydi. Sig'imni o'zgarmas

hisoblab, entropiya o'zgarishi aniqlansin.

Yechish:

Entropiya o'zgarishini quyidagi tenglik orqali aniqlaymiz:

$$s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} = 2,303 \frac{20,93}{32} \lg \frac{300}{400} + 0,260 \lg 5 = 2,303(-$$

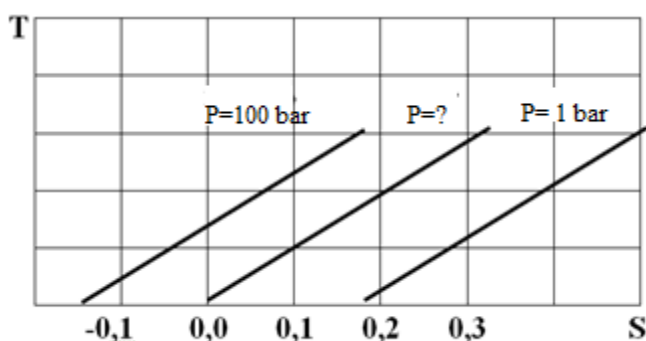
0,0818 + 0,1827) = 0,2324 kJ/kg.grad.

268. Bosimi $P_1 = 1$ bar va harorati $t_1 = 15^\circ\text{C}$ bo'lgan 1 kg xavo $P_2 = 5$ bar va $t_2 = 100^\circ\text{C}$ haroratgacha siqilyapti. Sig'imni o'zgarmas hisoblab, entropiya o'zgarishi aniqlansin.

J: $\Delta S = -0,196$ kJ/kg.grad.

269. T-s diagrammada (1-rasm) ideal gazning uchta izobara chizig'i keltirilgan. Ikki chetki izobara chiziqlari mos ravishda 1 va 100 bar bosimlarga mos keladi. O'rta izobara chizig'iga qanday bosim mos keladi?

J: $P = 21,5$ bar.



1-rasm

270. 3 kg xavoning quyidagi sharoitlardagi entropiyasi o'zgarishi aniqlansin:

a) izobara bo'yicha 0 dan 400°C gacha qizdirilganda;

b) izoxora bo'yicha 0 dan 880°C gacha qizdirilganda;

v) izotermik kengayishda hajmi 16 marta ortganda.

Sig'imni o'zgarmas hisoblansin.

J: a) $\Delta s_p = 0,655$ kkal/grad.; b) $\Delta s_v = 0,748$ kkal/grad.; v) $\Delta s_t = 0,563$ kkal/grad.

271. 1 kg xavo politropa bo'yicha 1 bar va 20°C dan 8 bar gacha siqilyapti.

Politrop ko'rsatgich $n=1,2$ ga teng. Oxirgi harorat, entropiya o'zgarishi, issiqlik miqdori va sarflangan ish aniqlansin.

J: $t_2 = 141^\circ\text{C}$; $\Delta s = -0,0584 \text{ kkal/kg}\cdot\text{grad}$; $q = -87,1 \text{ kJ/kg}$; $\ell = -173,0 \text{ kJ/kg}$.

272. Sig'imi 300l bo'lgan idishda bosimi $P_1=50 \text{ bar}$ va harorati $t_1=20^\circ\text{C}$ bo'lgan xavo turibdi. Atrof-muhit parametrlari quyidagicha: $P_0=1 \text{ bar}$; $t_0=20^\circ\text{C}$. Maksimal foydali ishni aniqlang.

J: $L_{\max} = 4377 \text{ kJ}$.

273. Sig'imi 200l bo'lgan idishda bosimi $P_1=100 \text{ bar}$ va harorati $t_1=20^\circ\text{C}$ bo'lgan CO_2 gazi turibdi. Atrof muhit harorati $t_0=20^\circ\text{C}$, bosimi $P_0=1 \text{ bar}$. Shu gaz bajara oladigan maksimal foydali ish aniqlansin.

J: $L_{\max} = 7220 \text{ kJ}$.

274. 1 kg havo adiabat siqilib hajmi 6 marta kamaydi, so'ngra $V=\text{const}$ da bosimi 1,5 marta ortdi. $c=\text{const}$ deb hisoblab, havoning umumiy entropiyasini o'zgarishini aniqlang.

Yechish: Adiabat jarayonda entropiyaning o'zgarishi nolga teng. Izoxor jarayonda entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta s_v = c_v \ln \frac{P_3}{P_2} = c_v \ln 1,5 = 2,303 \frac{287}{1,4 - 1} \ln 1,5 = 0,293 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

Demak

$$\Delta s = \Delta s_v = 0,293 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

275. Normal sharoitda turgan 10 m^3 havo 400°C haroratgacha siqilmoqda. Siqish quyidagicha amalga oshirildi:

1) izoxor; 2) izobar; 3) adiabat; va 4) politrop, politropa ko'rsatgichi $n=2,2$. Normal sharoit uchun entropiya nolga teng deb qabul qilib va $c=\text{const}$ hisoblab, har bir jarayonning oxiridagi havo entropiyasini aniqlang.

Yechish: 10 m^3 havoning normal sharoitdagi massasini aniqlaymiz:

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 10}{287 \cdot 273} = 12,9 \text{ kg}$$

Har bir jarayon uchun entropiyani o'zgarishini aniqlaymiz:

Izoxor siqish:

$$\Delta s_1 = s_1 = mc_v \ln \frac{T}{273} = 12,9 \cdot 0,723 \cdot 2,303 \lg \frac{673}{273} = 8,42 \text{ kJ/k}$$

Izobar siqish:

$$\Delta s_2 = s_2 = mc_p \ln \frac{T}{273} = 12,9 \cdot 0,723 \cdot 2,303 \lg \frac{673}{273} = 11,78 \text{ kJ/k}$$

3) Adiabat siqish:

$$\Delta s_3 = s_3 = 0$$

4) Politrop siqish:

$$\begin{aligned} \Delta s_4 = s_4 &= mC_v \frac{n-K}{n-1} \ln \frac{T}{273} = 12,9 \cdot 0,723 \frac{2,2-1,4}{2,2-1} \cdot 2,303 \lg \frac{673}{273} \\ &= 5,56 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{aligned}$$

276. Havoning politrop kengayishi natijasida uning harorati 25°C dan - 37°C gacha kamaydi. Havoning boshlang'ich bosimi 4 bar, massasi 2 kg. Agar havoga 89,2 kJ issiqlik keltirilgan bo'lsa, entropiyaning o'zgarishini aniqlang.

Yechish: Politrop jarayonda gazga keltirilgan issiqlik miqdori:

$$Q = mc_v \frac{n-K}{n-1} (t_2 - t_1)$$

Bundan

$$\frac{n-K}{n-1} = - \frac{Q}{m \cdot C_v (t_2 - t_1)} = - \frac{89,2}{2 \cdot 0,723 \cdot 62} = -0,995$$

Demak $n=1,2$

Politrop jarayonda parametrlar o'rtasidagi nisbatdan oxirgi bosimni aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \frac{P_2}{P_1} &= \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{n-1}} \\ P_2 &= P_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{n-1}} = 4 \left(\frac{236}{298} \right)^6 = 1 \text{ bar} \end{aligned}$$

Entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta s = 2 \cdot 2,3 \left[\frac{287 \cdot 1,4}{1,4-1} \lg \frac{236}{298} - 287 \lg \frac{1}{4} \right] = 0,338 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

277. Sig'imi 400l bo'lgan idishda bosimi 1 bar va harorati 40°C bo'lgan havo turibdi. Atrof-muhit parametrlari quyidagicha: $P_0=1 \text{ bar}$ va $t_0=20^\circ\text{C}$.

Idishdagi havoning maksimal foydali ishini aniqlang.

J: $L_{\max.\text{foyd}} = 4600 \text{ J}$.

278. Massasi 10^9 kg va harorati 0°C bo'lgan aysberg harorati 20°C bo'lgan suvda suzib yuribdi. Ma'lum vaqtdan so'ng aysberg erib, uning o'rnida harorati 20°C bo'lgan suv qoldi. Aysbergning erishi tufayli okean suvining entropiyasini o'zgarishini aniqlang.

J: $\Delta s = 0,2 \text{ kJ}$.

279. 1 kg havoning harorati izoxor isitishda $t_1 = 20^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 120^\circ\text{C}$ gacha ko'tarildi. Entropiyaning o'zgarishini va keltirilgan issiqlikni aniqlang.

J: $\Delta s = 0,211 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \text{K}$; $Q = 69060 \text{ J}$.

280. 1 kg azotga o'zgarmas bosimda (760 mm.sim.ust.) 100 kJ issiqlik keltirildi. Agar azotning boshlang'ich harorati $t_1 = 25^\circ\text{C}$ bo'lsa, entropiyaning boshlang'ich qiymatini va o'zgarishini aniqlang.

Yechish: Izobar jarayonda haroratning o'zgarishi: $\Delta t = \frac{q}{C_p} = \frac{100}{1,045} = 95,7^\circ\text{C}$. Izobar jarayonda entropiyaning o'zgarishi: $\Delta s = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = 1,045 \cdot 2 \cdot 2,3 \lg \frac{393,7}{298} = 290,9 \frac{\text{K}}{\text{kg} \cdot \text{j}}$. Entropiyaning boshlang'ich qiymatini entropiyani jarayonda o'zgarishi orqali hisoblaymiz. Normal fizik jarayon uchun $S_{n.f.sh} = S_0 = 0$. $\Delta S_{0-1} = S_1 - S_0 = S_1$ $S = C_p \ln \frac{T}{273} - R \ln \frac{P_1}{P_n} = 1,045 \cdot 2,3 \lg \frac{238}{273} = 91,9 \text{ j/k} \cdot \text{K}$.

281. Harorati 10°C bo'lgan 3 kg suv harorati 80°C bo'lgan 2 kg suv bilan aralashyapti. Aralashish qaytmas jarayon ekanligini hisobga olib va issiqlikni isigan jismdan sovuqroq jismga o'z-o'zidan o'tishini e'tiborga olib, entropiyaning o'zgarishini aniqlang.

J: $\Delta s = 0,125 \text{ kJ/K}$.

282. Issiqlik dvigatelining termik f.i.k $\eta_t = 0,4$ ga teng va olib ketilgan issiqlik $Q_2 = 120 \text{ kJ}$. Siklda keltirilgan issiqlikni va foydali ishni aniqlang.

J: $Q_1 = 200 \text{ kJ}$; $L = 80 \text{ kJ}$.

283. 1 kg havoning harorati Karno siklida 927 va 27°C oralig'ida

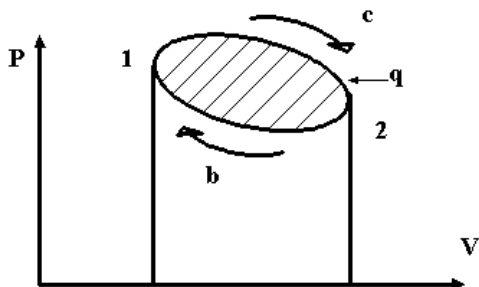
o'zgaryapti. Siklda keltirilgan issiqlik 30 kJ. Sikldagi maksimal bosimni, termik f.i.k ni, foydali ishni aniqlang. Sikldagi maksimal bosim 0,1 MPa ga teng.

J: $P_{\text{maks}} = 12,8 \text{ MPa}$; $\eta_t = 0,75$; $l = 22,5 \text{ kJ/kg}$.

VIII BOB

AYLANMA JARAYONLAR

Jism bir qancha o'zgarishlarga uchrab, yana boshlang'ich holatiga qaytib keladigan ketma –ket qator jarayonlar aylanma jarayon yoki sikl deyiladi(2-rasm).



2-rasm. Aylanma jarayonlarni P-V diaqrammada ko'rinishi

Yo'nalishi soat strelkasining yo'nalishiga mos tushadigan aylanma sikl to'g'ri sikl, yo'nalishi soat strelkasining yo'nalishiga teskari aylanma sikl teskari sikl deyiladi. To'g'ri sikl ($\ell_o > 0$) issiqlik dvigatellari uchun xosdir, teskari sikl ($\ell_o < 0$) sovitish mashinalari uchun xosdir.

$$\ell_o = q_1 - q_2$$

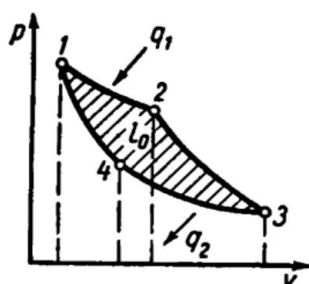
bu yerda: q_1 –issiqlik manbaidan olingan issiqlik miqdori;

q_2 –sovitgichga berilgan issiqlik miqdori.

Termik f.i.k:

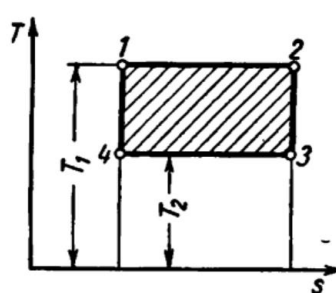
$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{\ell_o}{q_1} \quad (151)$$

Karno sikli (3-4- rasm).



3-rasm. Karno siklinining

P- v diagrammasi



4-rasm. Karno siklinining T- s

diagrammasi

Karno sikli ikki adiabata va ikki izotermadan iborat.

Keltirilgan issiqlik miqdori:

$$q_1 = RT_1 \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (152)$$

Olib ketilgan issiqlik miqdori:

$$q_2 = RT_2 \ln \frac{v_3}{v_4} \quad (153)$$

Karno siklining ishi:

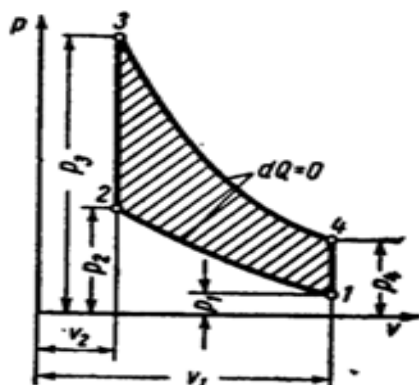
$$\ell_0 = q_1 - q_2 \quad (154)$$

Siklning termik f.i.k:

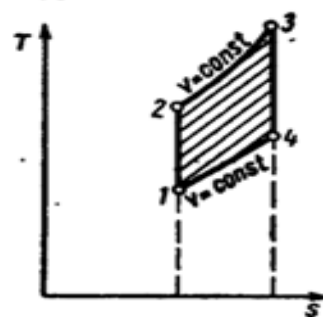
$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (155)$$

Porshenli ichki yonuv dvigateli.

Issiqlik $V = \text{const}$ sharoitda beriladigan sikl ikki adiabata va ikki izoxoradan iborat (5-6-rasm).



5-rasm. Issiqlik $V = \text{const}$ sharoitda beriladigan IYOD siklining P- v diagrammasi



6-rasm. Issiqlik $V = \text{const}$ sharoitda beriladigan IYOD siklining T-s diagrammasi

Siklning termik f.i.k:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad (156)$$

Siqish darajasi:

$$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2} \quad (157)$$

Bosimni oshish darajasi:

$$\lambda = \frac{p_3}{p_2} \quad (158)$$

Keltirilgan issiqlik miqdori:

$$q_1 = c_v(T_3 - T_2) \quad (159)$$

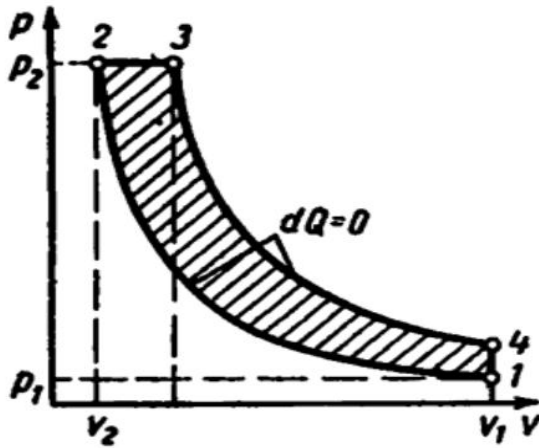
Olib ketilgan issiqlik miqdori:

$$q_2 = c_v(T_4 - T_1) \quad (160)$$

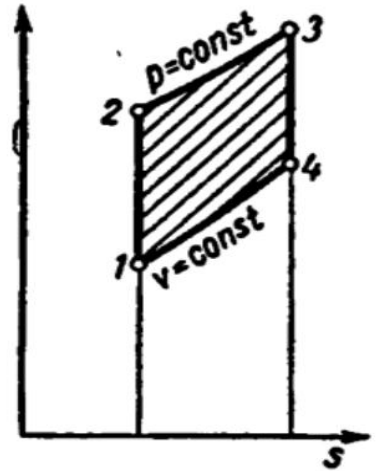
Siklning ishi:

$$\ell_o = q_1 - q_2 \quad (161)$$

Issiqlik $P = \text{const}$ sharoitda beriladigan sikl ikki adiabatga, bir izobara va bir izoxoradan iborat (7-8-rasm).



7-rasm. Issiqlik $P = \text{const}$ sharoitda beriladigan IYOD siklining P- v diagrammasi



8-rasm. Issiqlik $P = \text{const}$ sharoitda beriladigan IYOD siklining T-s diagrammasi

Siqish darajasi:

$$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2} \quad (162)$$

Dastlabki kengayish darajasi:

$$\rho = \frac{v_3}{v_2} \quad (163)$$

Keltirilgan issiqlik miqdori:

$$q_1 = c_p (T_3 - T_1) \quad (164)$$

Olib ketilgan issiqlik miqdori:

$$q_2 = c_v (T_4 - T_1) \quad (165)$$

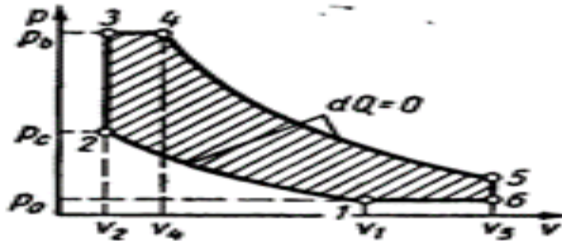
Siklning ishi:

$$\ell_o = q_1 - q_2 \quad (166)$$

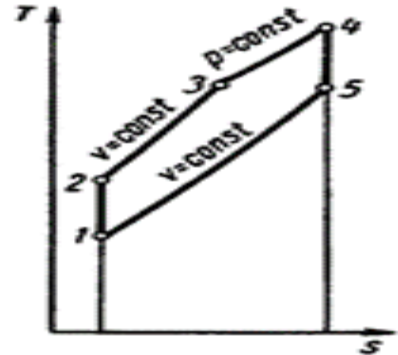
Siklning termik f.i.k:

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

$V = \text{const}$ va $P = \text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik aralash keltiriladigan sikl ikki adiabatga, ikki izoxora va bir izobaradan iborat (9-10-rasm).



9-rasm. $V = \text{const}$ va $P = \text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik aralash keltiriladigan IYOD siklining P- v diagrammasi.



10-rasm. $V = \text{const}$ va $P = \text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik aralash keltiriladigan IYOD siklining T-s diagrammasi

Siklning xossalari:

$$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2} ; \quad \lambda = \frac{p_3}{p_2} ; \quad \rho = \frac{v_4}{v_3} \quad (168)$$

Keltirilgan issiqlik miqdori:

$$q_1 = c_v(T_3 - T_1) + c_r(T_4 - T_3) \quad (169)$$

Olib ketilgan issiqlik miqdori:

$$q_2 = c_v(T_5 - T_1) \quad (170)$$

Siklning termik f.i.k:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \rho^{k-1}}{\lambda - 1 - k \lambda (\rho - 1)} \quad (171)$$

Gaz turbinali qurilma.

Issiqlik $P = \text{const}$ sharoitda keltiriladigan sikl ikki adiabatga va ikki izobardan iborat (11-rasm).

Siklning termik f.i.k:

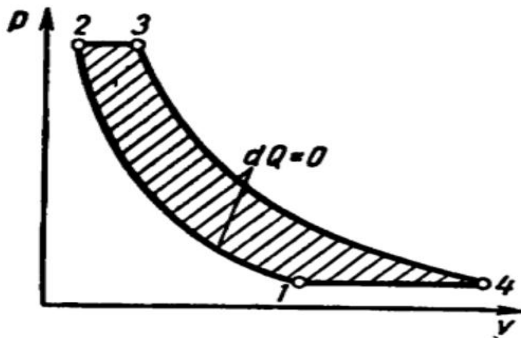
$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad (172)$$

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\lambda^{\frac{k-1}{k}}} \quad (173)$$

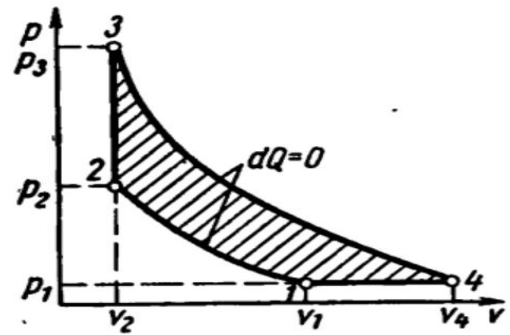
bu yerda: $\varepsilon = \frac{v_1}{v_2}$ -siqish darajasi;

$\chi = \frac{P_2}{P_1}$ -bosimni oshish darajasi.

Issiqlik $V = \text{const}$ sharoitda keltiriladigan sikl ikki adiabat, bitta izobara va bitta izoxoradan iborat (12-rasm).



11-pasm. Issiqlik $P = \text{const}$ sharoitda keltiriladigan GTQ siklining P- v diagrammasi.



12-pasm. Issiqlik $V = \text{const}$ sharoitda keltiriladigan GTQ siklining P- v diagrammasi.

Siklning xossalari:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\frac{k-1}{k}}} \cdot \frac{\lambda^{\frac{1}{k-1}}}{\lambda-1} \quad (174)$$

bu yerda:

$$\lambda = \frac{P_3}{P_2}$$

Ishlab bo'lgan gazlar issiqligini regenerasiyalashning turli usullaridan foydalanib, gaz turbinasining iqtisodiy jihatdan tejamligini oshirishi mumkin.

$p = \text{const}$ va to'liq regenerasiyalash uchun:

$$\eta_t^{pe} = 1 - \frac{T_1}{T_5} \quad (175)$$

$V = \text{const}$ va to'liq regenerasiyalash uchun:

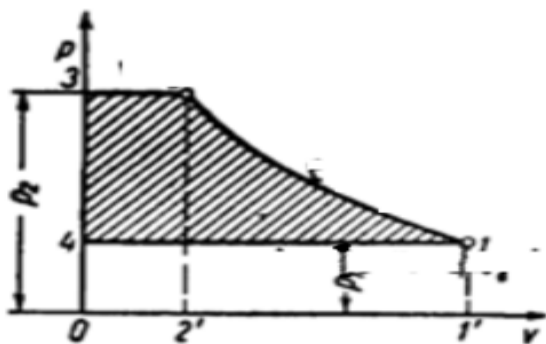
$$\eta_t^{pe} = 1 - \frac{\kappa T_1 (\lambda^{\frac{k-1}{k}} - 1)}{T_5 (\lambda^{k-1} - 1)} \quad (176)$$

Porshenli kompressorlar (13-14-rasm).

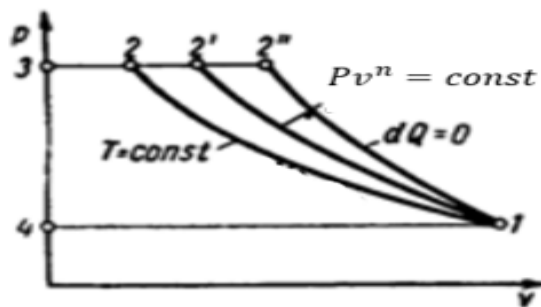
13-14-rasmlarda ideal kompressorda kechadigan jarayonlar tasvirlangan.

bu yerda: 4-1 –gazni so'rish, 1-2 –siqish, 2-3 –haydash, va 3-4 –bosimni

tushishi. 1-2-3-4 diagrammani kompressorning nazariy indikator diagrammasi deyiladi.



13-rasm. Porshenli ideal



14-rasm. Porshenli ideal kompressorda

kompressorning indikator *diagrammasi*.

siqish jarayonlari.

Kompressorning nazariy ishi ℓ_0 indikator diagramma yuzasi bilan aniqlanib, siqish jarayoniga bog'liqdir.

1-2 –izotermik siqish (13-rasm), 1-2 –adiabat siqish, 1-2 –politrop siqish.

Kompressorning izotermik siqishdagi nazariy ishi:

$$\ell_0 = p_1 v_1 \ln \frac{p_2}{p_1} = RT \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (177)$$

Agar so'rilayotgan xavoning massasi m kg va hajmi V m³ bo'lsa:

$$L_0 = p_1 V_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (178)$$

1 m³ so'rilayotgan xavoga nisbatan olingan ish:

$$L_0 = p_1 V_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (179)$$

1 m³ siqilgan xavo olish uchun sarflangan ish:

$$l_0^{11} = p_2 \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (180)$$

Izotermik siqish jarayonida olib ketilishi lozim bo'lgan issiqlik miqdori:

$$q = \ell_0 \quad \text{yoki} \quad Q = L_0$$

Adiabat siqishdagi kompressorning nazariy ishi:

$$\ell_0 = \frac{K}{K-1} P_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] \quad (181)$$

Agar so'rilayotgan xavoning massasi m kg va hajmi V_1 bo'lsa:

$$L_0 = \frac{K}{K-1} P_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] \quad (182)$$

1 m³ siqilgan xavoga nisbatan olingan ish:

$$\ell_0^1 = \frac{K}{K-1} P_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] \quad (183)$$

1 m³ siqilgan xavo olish uchun sarflangan ish:

$$\ell_0^{11} = \frac{K}{K-1} P_2 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right] \quad (184)$$

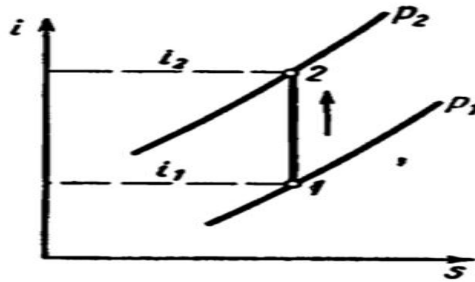
Gazni siqish oxiridagi haroratini adiabat jarayondagi parametrlar o'rtasidagi nisbatdan aniqlash mumkin.

Adiabat siqishdagi kompressor ishini quyidagi formula yordamida ham aniqlash mumkin:

$$\ell_{0=h_2-h_1} \quad (185)$$

bu yerda: h_1 va h_2 –xavoning boshlang'ich va oxirgi holatdagi entalpiyasi.

Ideal kompressorning adiabat siqishdagi ishini h - s diagramma orqali aniqlansa ancha qulay. Buning uchun (15-rasm) boshlang'ich holatdan (1-nuqta) izobara chizig'iga vertikal chiziq o'tkaziladi va keyingi holati (2-nuqta) aniqlanadi.



15-rasm Porshenli ideal kompressorning h - s diagrammasi.

Politrop siqishdagi ishni aniqlash formulalari quyidagicha:

$$\ell_0 = \frac{n}{n-1} P_1 v \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (186)$$

$$\ell_0 = \frac{n}{n-1} P_1 v_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (187)$$

$$\ell_0^1 = \frac{n}{n-1} P_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (188)$$

$$\ell_0^{11} = \frac{n}{n-1} P_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \quad (189)$$

Politrop siqishdagi olib ketiladigan issiqlik miqdori:

$$q = c_v \frac{n-k}{n-1} (t_2 - t_1) \quad (190)$$

Kompressor yuritmasi uchun dvigatelning nazariy quvvati:

$$N = \frac{L_0}{3600 \cdot 1000} \quad (191)$$

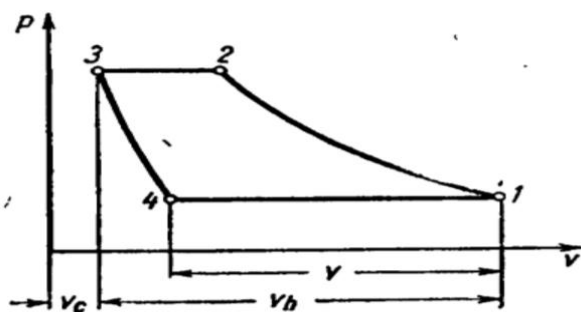
$$N = \frac{V \ell_0^1}{1000 \cdot 3600} \quad (192)$$

$$N = \frac{V \ell_0^{11}}{1000 \cdot 3600} \quad (193)$$

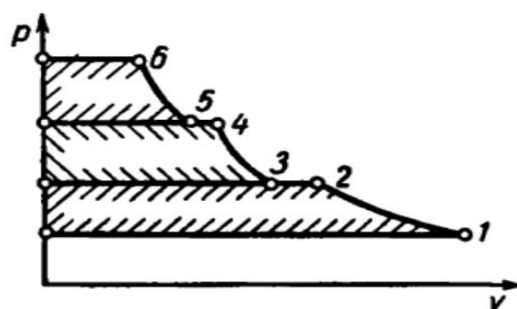
Yuqoridagi formulalarda: P_1 va P_2 –N/m²; V –m³/soat; ℓ_0 –J/soat; ℓ_0^1 va ℓ_0^{11} –J/m³; $N=kVt$ da.

Real kompressordagi jarayonlarda mexanik va gidravlik isroflar bo'ladi. (16-17-rasm). Bo'shliq hajmni foydali ish hajmiga nisbati, ya'ni: bo'shliq hajmining nisbiy kattaligi deyiladi.

$$a = \frac{V_0}{V_h} \quad (194)$$



16-rasm Real kompressorning P-v diagrammasi



17-rasm Ko'p bosqichli kompressorning P-v diagrammasi

Kompressorning hajmiy f.i.k.:

$$\eta = \frac{V_1 - V_h}{V_h} \text{ yoki } \eta_v = 1 - \alpha \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (195)$$

Real kompressorning xaqiqiy ishini izotermik yoki adiabat va mexanik f.i.k. lari yordamida aniqlanadi:

$$\eta_{us} = \frac{\ell_{us}}{\ell_k} \quad (196)$$

Bu yerda: ℓ_{us} va ℓ_{ad} mos ravishda kompressorning izotermik va adiabat siqishdagi nazariy ishi,

ℓ_k - kompressorning xaqiqiy ishi.

M kg /soat gazni siqish uchun dvigatel iste'mol qilayotgan quvvat:

$$N = \frac{L_0}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_k} \quad (197)$$

Bu yerda: $\eta_k = \eta_{IZ} \cdot \eta_m$ – kompressorning effektiv f.i.k.

η_m – mexanik f.i.k.

Uch bosqichli kompressor uchun:

$$t_1 = t_3 = t_5; \quad t_2 = t_4 = t_6$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_4}{P_2} = \frac{P_6}{P_4} = \lambda \text{ yoki } \lambda = \sqrt[n]{\frac{P_x}{P_1}} \quad (198)$$

bu yerda: λ – har bir bosqichdagi bosimlar nisbati;

n – bosqichlar soni;

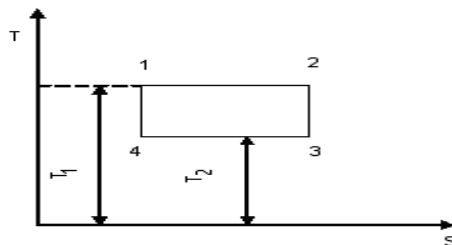
P_k – oxirgi bosqichdan chiqayotgan xavo bosimi;

P_1 – birinchi bosqichga kirayotgan xavo bosimi.

284. Aylanma jarayonda gazga 250 kJ issiqlik keltirildi. Termik f.i.k. 0,46 ga teng. Siklda bajarilgan ishni aniqlang.

J: $L_0 = 115$ kJ.

285. 1 kg xavo $t_1 = 627^\circ\text{C}$ va $t_2 = 27^\circ\text{C}$ haroratlar oralig'ida Karno siklini amalga oshiryapti (18-rasm).



18-rasm

Eng yuqori bosim 60 bar, minimal 1 bar. Xavoning xarakterli nuqtalardagi parametrlarini, bajarilgan ishni, siklning termik f.i.k. ni, keltirilgan va olib ketilgan issiqlik miqdori aniqlansin.

Yechish:

1 –nuqta:

$$P_1 = 60 \text{ bar}; \quad T_1 = 900 \text{ K}.$$

Xolat tenglamasidan solishtirma hajmni aniqlaymiz:

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 900}{60 \cdot 10^5} = 0.043 \text{ m}^3/\text{kg}$$

2 –nuqta:

$$T_2 = 900 \text{ K}$$

Adiabata tenglamasi (2-3 chiziq):

$$\frac{P_2}{P_3} = \left(\frac{T_2}{T_3} \right)^{\frac{K}{K-1}} = 3^{\frac{1,4}{0,4}} = 46,8$$

Izoterma tenglamasi (1-2 nuqta):

$$P_1 v_1 = P_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{P_1 v_1}{P_2} = \frac{60 \cdot 0.043}{46.8} = 0.055 \text{ m}^3/\text{kg}$$

3 –nuqta:

$$P_3 = 1 \text{ bar}; \quad T_3 = 300 \text{ K}$$

$$v_3 = \frac{RT_3}{P_3} = \frac{287 \cdot 900}{1 \cdot 10^5} = 0.861 \text{ m}^3/\text{kg}$$

4 –nuqta:

$$T_4 = 300 \text{ K}$$

Adiabata tenglamasi (4-1 chiziq):

$$\frac{P_1}{P_4} = \left(\frac{T_1}{T_4} \right)^{\frac{K}{K-1}} = 46,8 = \frac{60}{46,8} = 1,2846$$

Izoterma tenglamasi (3-4 chiziq):

$$v_4 = \frac{P_3 v_3}{P_4} = \frac{1 \cdot 0.861}{1.284} = 0.671 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Siklning termik f.i.k.

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{900 - 300}{900} = 0,667$$

Keltirilgan issiqlik miqdori:

$$q_1 = RT_1 \ln \frac{v_2}{v_1} = 2.303 \cdot 0.287 \cdot 900 \lg \frac{0.055}{0.043} = 63.6 \text{ kJ/kg}$$

Olib ketilgan issiqlik miqdori:

$$q_2 = RT_3 \ln \frac{v_3}{v_1} = 2.303 \cdot 0.287 \cdot 300 \lg \frac{0.861}{0.671} = 21.5 \text{ kJ/kg}$$

Siklning ishi:

$$\ell_0 = q_1 - q_2 = 69,6 - 21,5 = 42,1 [\text{kJ/kg}]$$

Tekshirish uchun quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{\ell_0}{q_1} = \frac{42,1}{63,6} = 0,662$$

286. 1 kg xavo $t_1 = 327^\circ\text{C}$ va $t_2 = 27^\circ\text{C}$ harorat oralig'ida Karno siklini bajarmoqda. Siklning yuqori bosimi 20 bar, quyisi 1,2 bar ga teng. Xavoning xarakterli nuqtalardagi parametrlari, bajarilgan ish, siklning termik f.i.k., keltirilgan va olib ketilgan issiqlik miqdori aniqlansin.

$$J: \quad v_1 = 0,086 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad v_2 = 0,127 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$v_3 = 0,717 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad v_4 = 0,486 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad P_2 = 13,6 \text{ bar};$$

$$P_4 = 1,77 \text{ bar}; \quad \eta = 0,5; \quad \ell_0 = 33,7 \text{ kJ/kg};$$

$$q_1 = 67,4 \text{ kJ/kg}; \quad q_2 = 33,7 \text{ kJ/kg};$$

287. $V = \text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik keltiriladigan porshenli ichki yonuv dvigateli uchun xarakterli nuqtalardagi parametrlar, keltirilgan va olib ketilgan issiqlik, siklning termik f.i.k va foydali ish aniqlansin. Ish jismi xavobo'lib, uning boshlang'ich parametrlari quyidagicha:

$$P_1 = 1 \text{ bar}; \quad t_1 = 100^\circ\text{C}; \quad \varepsilon = 6; \quad \lambda = 1,6; \quad k = 1,4.$$

Issiqlik sig'imi o'zgarmas deb olinsin.

$$J: \quad v_1 = 1,07 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad v_2 = 0,178 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$T_2 = 761 \text{ K}; \quad T_3 = 1217 \text{ K}; \quad T_4 = 597 \text{ K};$$

$$P_3 = 19,6 \text{ bar}; \quad P_4 = 1,56 \text{ bar};$$

$$q_1 = 3291,7 \text{ kJ/kg}; \quad q_2 = 162 \text{ kJ/kg};$$

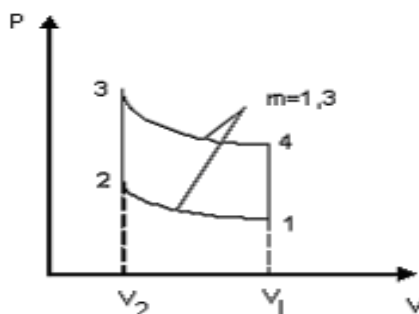
$$\eta_t = 0,51; \quad l_0 = 167,7 \text{ kJ/kg};$$

288. $V = \text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik keltiriladigan porshenli ichki yonuv dvigatelida siqish darajasi $\varepsilon = 5$, bosimni ko'tarilish darajasi $\lambda = 1,5$ ga teng. Shu siklning termik f.i.k. ni, hamda Karno siklini shu haroratlar oralig'idagi to'liq f.i.k aniqlansin.

Ish jismi –xavo. Issiqlik sig'imi o'zgarmas deb olinsin.

J: 1) $\eta = 0,476$ $\eta_{tx} = 0,65$

289. 1 kg xavo rasmda (19-rasm) keltirilgan sikl bo'yicha ish bajaryapti. Xavoning boshlang'ich bosimi $P_1=1$ bar, harorati $t_1=27^\circ\text{C}$, siqish darajasi $\varepsilon=5$ ga teng. Izoxor siqilish vaqtidagi keltirilgan issiqlik miqdori 1300 kJ/kg ga teng. Xavoni xarakterli nuqtalardagi parametrlari va siklning foydali ishi aniqlansin. Xavoning issiqlik sig'imini o'zgarmas deb oling.



19-rasm

J: $v = 0,86 \text{ m}^3/\text{kg}$; $T_2 = 510 \text{ K}$; $P_2 = 8,5 \text{ bar}$;
 $T_3 = 2308 \text{ K}$; $P_3 = 38,5 \text{ bar}$; $T_4 = 1350 \text{ K}$;
 $P_4 = 4,5 \text{ bar}$; $\ell_1 = 833 \text{ kJ/kg}$; $\ell_2 = 182 \text{ kJ/kg}$;
 $\ell_0 = 651 \text{ kJ/kg}$;

290. Porshenli dvigatel $V=\text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik keltiriladigan sikl bo'yicha ishlayapti. Xavoning boshlang'ich parametrlari quyidagicha: $P_1=0,8$ am va $t_1=17^\circ\text{C}$. Siqish darajasi $\varepsilon=4,6$. Keltirilgan issiqlik miqdori 240 kkal/kg. Agar silindr diametri $d=240 \text{ mm}$, porshen yo'li $S=340 \text{ mm}$, aylanishlar soni $n=200$ ayl/min bo'lsa, dvigatelning termik f.i.k va quvvati aniqlansin. Porshen ikki aylanishda bir siklni amalga oshiradi.

J: $\eta_{tx} = 0,457$; $N = 14,5 \text{ kVt}$.

291. Dvigatel $P=\text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik keltiriladigan sikl bo'yicha ishlayapti. Yoqilg'ining yonish harorati 800°C . Agar xavoning boshlang'ich harorati $t_1=77^\circ\text{C}$ bo'lsa, zarur bo'lgan quyi siqish darajasi ε aniqlansin. Siqishni adiabatik hisoblang, $k=1,4$.

J: $\varepsilon = 16,4$

292. $P=\text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik keltiriladigan porshenli ichki yonuv

dvigateli uchun xarakterli nuqtalardagi parametrlar, foydali ish, keltirilgan va olib ketilgan issiqlik va termik f.i.k aniqlansin. Ish jismi –xavo, uning boshlang'ich parametrlari quyidagicha:

$$P_1 = 1 \text{ bar}; \quad t_1 = 70^\circ\text{C}; \quad \varepsilon = 12; \quad k = 1,4; \quad \rho = 1,67$$

Issiqlik sig'imini o'zgarmas deb hisoblang.

$$\mathbf{J:} \quad v_1 = 0,98 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad v_2 = 0,082 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$v_3 = 0,14 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad P_2 = 32,4 \text{ bar}; \quad P_4 = 2,03 \text{ bar};$$

$$q_1 = 627 \text{ kJ/kg}; \quad q_2 = 255 \text{ kJ/kg}$$

$$l_0 = 372 \text{ kJ/kg}; \quad \eta_{tx} = 0,593$$

293. $P = \text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik keltiriladigan porshenli ichki yonuv dvigateli uchun xarakterli nuqtalardagi bosim va hajm, foydali ish, keltirilgan va olib ketilgan issiqlik va termik f.i.k aniqlansin.

Ish jismi –xavo, uning boshlang'ich parametrlari quyidagicha:

$P_1 = 1 \text{ bar}; \quad \varepsilon = 14; \quad \rho = 1,5; \quad k = 1,4$. Silindr diametri $d = 300 \text{ mm}$, porshen yo'li $S = 450 \text{ mm}$. Issiqlik sig'imini o'zgarmas deb hisoblang.

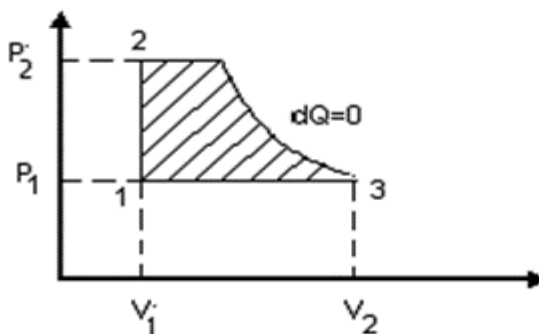
$$\mathbf{J:} \quad V_1 = V_4 = 0,03416 \text{ m}^3; \quad V_2 = 0,00244 \text{ m}^3;$$

$$V_3 = 0,00366 \text{ m}^3; \quad P_2 = 40,23 \text{ bar};$$

$$P_4 = 1,76 \text{ bar}; \quad \eta_t = 0,62$$

294. $P = \text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik keltiriladigan siklni termik f.i.k ni dastlabki kengayish darajasiga bog'liqlik grafigini chizing. $P = 1,5$ dan $3,5$ gacha o'zgaradi, $\varepsilon = 16$ va $k = 1,4$.

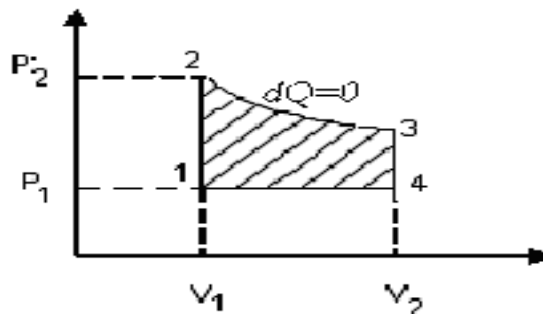
295. Izoxora, adiabata va izobaradan iborat (20-rasm) siklning termik f.i.k. ni aniqlang.



20-rasm

$$\text{J: } \eta_t = 1 - \frac{\kappa(\lambda^{\frac{1}{\kappa}} - 1)}{\lambda - 1}$$

296. Siklning termik f.i.k ni (21-rasm) aniqlang. Ish jismi–xavo. Issiqlik sig'imini o'zgarmas deb oling.



21-rasm

$$\text{J: } \eta_t = 1 - \frac{\lambda \delta^{1-k} + \delta(k-1) - k}{\lambda - 1}$$

297. Porshenli ichki yonuv dvigatelida ishchi jismi–xavo bo'lib, u $V=\text{const}$ va $P=\text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik aralash keltiriladigan sikl bo'yicha ishlaydi. Boshlang'ich parametrlar quyidagicha: $P_1=1\text{bar}$; $t_1=30^\circ\text{C}$; $\varepsilon=7$; $\lambda=2,0$ va $\rho=1,2$. Xarakterli nuqtalardagi parametrlar, keltirilgan issiqlik miqdori, foydali ish va siklning f.i.k. aniqlansin. Issiqlik sig'imini o'zgarmas deb hisoblang.

$$\text{J: } v_1 = 0,870 \text{ m}^3/\text{kg}; v_2 = 0,124 \text{ m}^3/\text{kg}; v_4 = 0,149 \text{ m}^3/\text{kg}; P_2 = 1,52 \text{ bar}; \\ P_3 = 30,5 \text{ bar}; P_5 = 2,6 \text{ bar}; t_2 = 387^\circ\text{C}; t_3 = 1047^\circ\text{C}; t_4 = 1311^\circ\text{C}; t_5 = 511^\circ\text{C}.$$

298. $P=\text{const}$ sharoitda issiqlik keltiradigan gaz turbinasi ideal sikli uchun xarakterli nuqtalardagi parametrlar, foydali ish, termik f.i.k., keltirilgan va olib ketilgan issiqlik miqdori aniqlansin.

$$\text{Boshlang'ich parametrlar quyidagicha: } P_1=1\text{bar}; t_1=17^\circ\text{C}; t_3=600^\circ\text{C};$$

$$\lambda = \frac{P_2}{P_1}=8. \text{ Ishchi jism-xavo. Issiqlik sig'imini o'zgarmas deb hisoblang.}$$

$$\text{J: } v_1=0,831\text{m}^3/\text{kg}; v_2=0,189 \text{ m}^3/\text{kg}; v_3=0,313 \text{ m}^3/\text{kg}; v_4=1,38 \text{ m}^3/\text{kg}; \\ t_2=254^\circ\text{C}; P_2=P_3=8 \text{ bar}; q_1=350 \text{ kJ/kg}; q_2=192,2 \text{ kJ/kg}; \eta_t = 0.45;$$

299. Gaz turbinasi $V=\text{const}$ bo'lgan sharoitda issiqlik keltiriladigan sikl bo'yicha ishlayapti. Quyidagi parametrlar ma'lum: $P_1=1\text{bar}$; $t_1=40^\circ\text{C}$; $t_4=400^\circ\text{C}$; $\lambda = \frac{P_2}{P_1}=4$ Ish jismi–xavo. Siklni Ts-diagrammada tasvirlang.

J: $\eta_t = 0.58$;

300. Ideal siklli gaz turbinasining termik f.i.k. ni $P=\text{const}$ uchun λ ga bog'liqlik grafigini chizing. $\lambda=2,4,6,8,10$.

301. Kompessor $400 \text{ m}^3/\text{soat}$ xavoni $P_1 = 1 \text{ bar}$ bosim va $t_1 = 20^\circ\text{C}$ haroratda so'rib, uni $P_2 = 5 \text{ bar}$ bosimgacha siqyapti. Kompessorni adiabat siqishdagi nazariy ishini va siqish oxiridagi xavoning haroratini aniqlang.

J: $L_0 = 81,6 \cdot 10^6 \text{ J/soat}$; $t_2 = 191^\circ\text{C}$.

302. Kompessor $100 \text{ m}^3/\text{soat}$ xavoni $P_1 = 1 \text{ bar}$ bosimda va $t_1 = 27^\circ\text{C}$ haroratda so'rib olyapti. Xavoning oxirgi bosimi 8 bar ga teng. Kompessorning yuritmasi uchun dvigatelning nazariy quvvatini, hamda sovituvchi suv sarfini aniqlang. Sovituvchi suv harorati 13°C ga ko'tarildi. Hisoblash ishlarini izotermik va adiabatik jarayonlar uchun bajaring. Politrop ko'rsatkichi $1,2$ ga teng. Suvning issiqlik sig'imi $4,19 \text{ kJ/kg}\cdot\text{grad}$.

Yechish:

1. Izotermik siqilish.

Kompessorning ishi:

$$L_0 = P_1 V_1 \ln \frac{P_2}{P_1} = 2,303 \cdot 1 \cdot 10^5 \cdot 100 \lg 8 = 20,8 \text{ MJ/soat}.$$

Dvigatelning nazariy quvvati:

$$N = \frac{L_0}{1000 \cdot 3600} = \frac{20,8 \cdot 10^6}{1000 \cdot 3600} = 2,8 \text{ kVt}$$

Sovituvchi suvdan olib ketilayotgan issiqlik.

$$Q = L_0 = 20,8 \text{ MJ/soat}$$

Demak, sovituvchi suvning sarfi:

$$M = \frac{20,8 \cdot 10^6}{13 \cdot 4,19} = 382 \text{ kg/soat}$$

2. Adiabatik siqilish.

$$L_0 = \frac{K}{K-1} P_1 v_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] = \frac{1,4}{0,4} \cdot 1 \cdot 10^5 \cdot 100 \left(8^{\frac{0,4}{1,4}} - 1 \right) = 28,4 \text{ MJ/soat}$$

Dvigatelning quvvati:

$$N = \frac{L_0}{1000 \cdot 3600} = \frac{28.4 \cdot 10^6}{1000 \cdot 3600} = 7.9 \text{ kVt.}$$

303. Izotermik siqilish bo'yicha ishlaydigan ideal kompressorning quvvatini va sovituvchi suvga beriladigan issiqlik miqdori aniqlansin. $P_1=760$ mm.sim.ust. ga teng, siqilgan xavoning bosimi $P_2=4$ bar. So'rilayotgan xavo sarfi $500 \text{ m}^3/\text{soat}$.

J: $N=14,2 \text{ kVt}$; $Q=69580 \text{ kJ/soat}$.

304. Kompressor $P_1=0,9$ bar bosimli va $t=25^\circ\text{C}$ haroratli $250 \text{ m}^3/\text{soat}$ xavoni so'rib, uni $P_2=8$ bar bosimgacha siqyapti. Agar siqilish politropa bo'yicha ($n=1,2$) ro'y bersa, kompressordan o'tayotgan sovituvchi suv miqdori aniqlansin. Sovituvchi suv harorati 15°C ga ko'tarildi.

J: 390 l/soat .

305. Kompressor $P_1 = 1$ bar va $t_1 = 27^\circ\text{C}$ da $120 \text{ m}^3/\text{soat}$ xavoni so'rib, uni $P_2=12$ bar bosimgacha siqyapti. Quyidagilarni aniqlang:

- a) siqilgan xavoning kompressordan chiqishdagi harorati;
- b) siqilgan xavo hajmi;
- v) siqish uchun sarflangan ish va quvvat.

Hisoblash ishlarini izotermik, adiabatik va politrop jarayonlar uchun bajaring. Politrop ko'rsatgichi 1,3 ga teng.

J: a) $t_2 = t_1$; $v_2 = 10 \text{ m}^3/\text{soat}$; $L_0 = 29,8 \text{ MJ/soat}$; $N = 8,3 \text{ kVt}$

b) $t_2 = 339^\circ\text{C}$; $v_2 = 20,4 \text{ m}^3/\text{soat}$; $L_0 = 43,4 \text{ MJ/soat}$; $N = 12 \text{ kVt}$

v) $t_2 = 257^\circ\text{C}$; $v_2 = 17,7 \text{ m}^3/\text{soat}$; $L_0 = 40,2 \text{ MJ/soat}$; $N = 11,2 \text{ kVt}$.

306. Kompressor 20°C haroratli va 1 bar bosimli 100 m^3 vodorodni 8 bar gacha siqyapti. Adiabat siqishdagi kompressor yuritmasi uchun dvigatel quvvatini aniqlang. Kompressorning effektiv f.i.k $\eta_K=0.7$ ga teng.

J: $N=678 \text{ kVt}$.

307. Kompressor xar soatda 700 m^3 xavo so'radi. Xavoning boshlang'ich parametrlari quyidagicha: $P_1=1$ bar; $t_1=20^\circ\text{C}$; oxirgi bosim $P_2=6$ bar. Kompressor yuritmasi uchun dvigatelning quvvati aniqlansin. Siqish izotermik va adiabata bo'yicha amalga oshirilyapti.

J: $N_{iz}=37,9 \text{ kVt}; \quad N_{ad}=49,3 \text{ kVt}.$

308. Bir bosqichli kompressorda qoldiq hajmning nisbiy kattaligi 0,05 ga teng. Kompressorning unumdorligi $500 \text{ m}^3/\text{soat}$. Xavoning boshlang'ich bosimi $P_1=1 \text{ bar}$ va $t_1=27^\circ\text{C}$, oxirgi bosimi $P_2=9 \text{ bar}$. Xavoning siqilishi va xaydagandan so'ng kengayishi politropa bo'yicha ($n=1,3$) ro'y beryapti. 1m^3 xavoni so'rish uchun sarflangan ish, kompressor yuritmasi dvigateli quvvati va uning hajmiy f.i.k. aniqlansin.

J: $\ell_0=0,286\text{M J/m}^3; \quad N=39,7 \text{ kVt}; \quad \eta_v=0,779$

309. Kompressor $100 \text{ m}^3/\text{soat}$ xavoni $t=27^\circ\text{C}$ haroratda va $P_1=1 \text{ bar}$ bosimda so'rib, uni $P_2=64 \text{ bar}$ bosimgacha siqyapti. Siqishni politropa ($n=1,2$) bo'yicha ro'y beryapti deb, xavoni siqish uchun sarflangan ish aniqlansin.

J: $L_0=53,4 \text{ MJ/soat}$

310. Bosimi $P_1=1 \text{ bar}$ va harorati $t_1=20^\circ\text{C}$ bo'lgan xavoni ikki bosqichli kompressor so'rib, uning bosimini $P_2=40 \text{ bar}$ gacha ko'taradi. Kompressor bosqichlari orasida oraliq sovitgich bo'lib, u yerda xavo o'zgarmas bosimda boshlang'ich haroratgacha soviydi. Kompressorning unumdorligi $V_N=500 \text{ m}^3/\text{soat}$. Xar bir bosqichning nazariy quvvatini, xar bir bosqichdan va oraliq sovitgichdan olib ketilayotgan issiqlik miqdori aniqlansin. Ikkala bosqich uchun oxirgi va boshlang'ich bosimlar nisbati bir xil. Siqish politropa bo'yicha amalga oshirilyapti ($n=1,3$).

J: $N_1=N_2=35,3 \text{ kVt}; \quad Q_1=Q_2=-24780 \text{ kJ/soat}; \quad Q_{0x}=104,3\text{MJ/soat}$

311. Bosimi $P_1=0,8 \text{ bar}$ va harorati $t_1=27^\circ\text{C}$ bo'lgan $60 \text{ m}^3/\text{soat}$ xavoni uch bosqichli kompressor so'rib, 100 bar gacha adiabat siqadi. Siqilgan xavo bo'yicha kompressor unumdorligi va siqish uchun sarf bo'lgan ish aniqlansin.

J: $V_{siq}=0,98 \text{ m}^3/\text{soat}; \quad L_0=29383 \text{ kJ/soat}$

312. Xavo kompressorining unumdorligi quyidagi boshlang'ich parametrlarda: $P_1=1 \text{ bar}$ va $t_1=25^\circ\text{C}$ va $P_2=6 \text{ bar}$ oxirgi bosimda 500 kg/soat ga teng. Xavoning siqish jarayoni politrop bo'lib, politrop ko'rsatgichi $n=1,2$ ga teng. Porshen yo'lini diametrga nisbati $\frac{S}{D}=1,3$, aylanishlar soni $n=300 \text{ ayl/min}$.

Kompressor yuritmasi dvigatelining nazariy quvvatini, porshen yo'li va silindr diametri aniqlansin.

J: $N = 24,8 \text{ kVt}$; $D = 0,287 \text{ m}$; $S = 0,373 \text{ m}$.

313. Dvigatelga xavo $P_1 = 10 \text{ bar}$ va $t_1 = 20^\circ\text{C}$ haroratda kelib, silindrda $P_2 = 1 \text{ bar}$ gacha kengayadi. Agar silindrda kengayish:

a) izotermik; b) adiabatik va v) politropa ($n=1,3$) bo'yicha ro'y bersa, 1 kg xavoning bajargan ishini aniqlang.

J: a) $\ell_{iz} = 193,7 \text{ kJ/kg}$; b) $\ell_{ad} = 141,8 \text{ kJ/kg}$; v) $v_{pol} = 150,0 \text{ kJ/kg}$.

314. Porshenli IYOD issiqlik $V = \text{const}$ sharoitda ishlayapti. Boshlang'ich parametrlar quyidagicha: $P_1 = 1 \text{ bar}$; $t_1 = 20^\circ\text{C}$; $\varepsilon = 3,6$; $\lambda = 3,33$; $k = 1,4$.

Issiqlik sig'imi $c = \text{const}$. Xarakterli nuqtalardagi parametrlarni aniqlang.

Yechish: Hisob-kitoblarni 1 kg havo uchun bajaramiz.

1-nuqta. $P_1 = 1 \text{ bar}$; $t_1 = 20^\circ\text{C}$

Solishtirma hajmni aniqlaymiz:

$$v_1 = \frac{R \cdot T_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 293}{1 \cdot 10^5} = 0,84 \text{ m}^3/\text{kg}$$

2-nuqta.

Solishtirma hajmni siqish darajasidan aniqlaymiz:

$$v_2 = \frac{v_1}{\varepsilon} = \frac{0,84}{3,6} = 0,233 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Adiabat siqish oxiridagi harorat:

$$T_2 - T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = 293 \cdot 3,6^{0,4} = 489 \text{ K}; t_2 = 216^\circ\text{C}$$

Adiabat siqish oxiridagi bosim:

$$P_2 = \frac{R \cdot T_2}{V_e} = \frac{287 \cdot 489}{0,233 \cdot 10^5} = 6,02 \text{ bar}$$

3-nuqta.

Solishtirma hajm

$$v_3 = v_2 = 0,233 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Izoxor jarayon uchun:

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} = \lambda = 3,33$$

Demak, $P_3 = P_2 \lambda = 6,02 \cdot 3,33 = 20 \text{ bar}$

$$T_3 = T_2 \cdot \chi = 489 \cdot 3,33 = 1628 \text{ K}; t_3 = 1355^\circ\text{C}$$

4-nuqta.

Solishtirma hajm

$$v_4 = v_1 = 0,84 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Adiabat kengayish oxiridagi bosim:

$$P_4 = P_1 \frac{T_2}{T_1} = 1 \cdot \frac{976}{293} = 3,33 \text{ bar}$$

Keltirilgan va olib ketilgan issiqlikni aniqlaymiz:

$$q_1 = c_v(T_3 - T_2) = \frac{287}{1,4 - 1} (1628 - 489) = 825 \text{ kJ/kg};$$

$$q_2 = c_v(T_4 - T_1) = \frac{287}{1,4 - 1} (976 - 293) = 495 \text{ kJ/kg};$$

Siklning termik F.I.K:

$$\eta_e = \frac{825 - 495}{825} = 0,4$$

yoki

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{K-1}} = 1 - \frac{1}{3,6^{0,4}} = 0,4$$

Siklning ishi:

$$l_0 = q_1 - q_2 = 330 \text{ kJ/kg}$$

315. Unumdorligi $G=180 \text{ kg/soat}$ bo'lgan ideal bir bosqichli kompressor havoni $4,9 \text{ bar}$ gacha siqyapti. Kompressor elektrodvigatelini zaruriy nazariy quvvatini, kompressor silindri qobig'iga uzatilgan issiqlikni va sovituvchi suv sarfini aniqlang Siqish politropa bo'yicha ($n=1,3$) amalga oshmoqda. Sovituvchi suv harorati 25°C ga ko'tarildi. Havoning boshlang'ich bosimi $P_1=0,98 \text{ bar}$ va harorati $t_1=0^\circ\text{C}$

Yechish: 1 kg havoni bir bosqichli kompressorda politrop siqishdagi ish:

$$l_0 = \frac{n}{n-1} RT_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = \frac{1,3}{0,3} \cdot \frac{287}{1,4-1} \cdot 273 \cdot (5^{0,231} - 1) = 153 \text{ kJ/kg}$$

Gazni kompressorda siqish uchun sarflangan quvvat:

$$N = \frac{l_0 \cdot G}{3600 \cdot 1000} = \frac{15300 \cdot 180}{3600000} = 7,63 \text{ kVt}$$

Olib ketilgan solishtirma issiqlik miqdori:

$$= c_v \frac{n-K}{n-1} (T_2 - T_1) = 0,17 \frac{287}{1,4-1} \cdot \frac{1,3-1,4}{1,3-1} (396 - 273) = -29,1 \text{ kJ/kg}$$

Politrop siqish oxiridagi harorat:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} = 273 \cdot 5^{0,231} = 396 \text{ K}$$

Olib ketilgan to'liq issiqlik miqdorini aniqlaymiz:

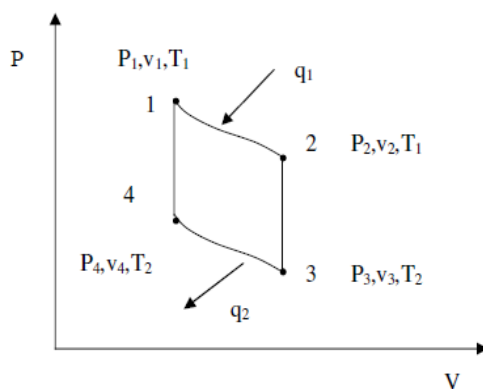
$$Q = q \cdot G = -\frac{29,1 \cdot 180}{3600} = -1,46 \text{ kJ/s}$$

Sovituvchi suv sarfi:

$$G_{\text{suv}} = \frac{Q}{c \cdot \Delta t} = \frac{1,46}{4,18 \cdot 25} = 139 \cdot 10^{-4} \text{ kg/s}$$

316. Karno siklini (22-rasm) termik f.i.k ni, hamma nuqtalardagi bosim, hajm va haroratni, sikl ishini, keltirilgan va olib ketilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

Ishchi jism – havo.



22-rasm. Karno sikli

$$P_1=1\text{at}; \quad v_1=1,3 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad T_3=T_4=890 \text{ K}; \quad P_2=4\text{at}; \quad K=1,4$$

J: $\eta_t=0,5$; $T_1=T_2=445\text{ K}$; $v_2=0,325\text{ m}^3/\text{kg}$; $P_3=44,5\text{ bar}$; $v_3=0,0575\text{ m}^3/\text{kg}$; $P_4=11,1\text{ bar}$; $v_4=0,23\text{ m}^3/\text{kg}$; $q_3=354\text{ kJ/kg}$; $q_2=177\text{ kJ/kg}$; $l_u=177\text{ kJ/kg}$.

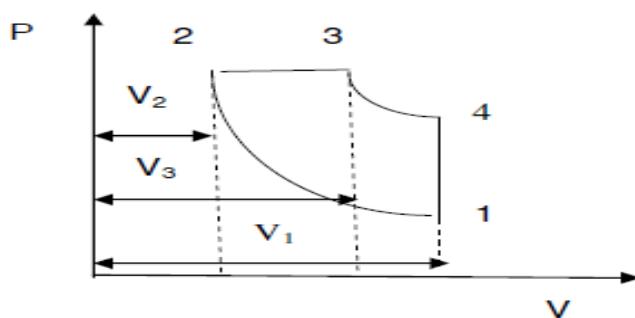
317. Karno siklini (22-rasm) barcha nuqtalaridagi parametrlarini, l_u ishni, siklning termik f.i.k. ni aniqlang. Ishchi jism - 1 kg quruq havo, keltirilgan issiqlik $q_1=712\text{ kJ/kg}$; $P_1=0,98\text{ bar}$; $t_1=33^\circ\text{C}$; $t_3=800^\circ\text{C}$; $k=14$

J: $P_1=0,98\text{ bar}$; $T_1=306\text{ K}$; $v_1=0,896\text{ m}^3/\text{kg}$
 $P_2=1,96\text{ bar}$; $T_2=306\text{ K}$; $v_2=0,448\text{ m}^3/\text{kg}$
 $P_3=159\text{ bar}$; $T_3=1073\text{ K}$; $v_3=0,0194\text{ m}^3/\text{kg}$
 $P_4=15\text{ bar}$; $T_4=1073\text{ K}$; $v_4=0,0194\text{ m}^3/\text{kg}$
 $l_u=510\text{ kJ/kg}$; $\eta_t=0,715$.

318. $V=\text{const}$ da issiqlik keltiriladigan IYOD ning xarakterli nuqtalaridagi parametrlarini aniqlang. Boshlang'ich ma'lumotlar: $P_1=0,78\text{ bar}$; $t_1=87^\circ\text{C}$, siqish darajasi $\varepsilon=7,0$; bosimni ortish darajasi $\lambda=3,2$; ishchi jism – 1 kg havo, adiabat ko'rsatgichi $k=1,4$.

J: $v_1=1,32\text{ m}^3/\text{kg}$; $T_1=360\text{ K}$; $P_2=11,9\text{ bar}$;
 $v_2=0,189\text{ m}^3/\text{kg}$; $T_2=780\text{ K}$; $P_3=37,8\text{ bar}$;
 $v_3=0,189\text{ m}^3/\text{kg}$; $T_3=2496\text{ K}$; $P_4=2,5\text{ bar}$;
 $v_4=1,32\text{ m}^3/\text{kg}$; $T_4=1155\text{ K}$;

319. $P=\text{const}$ da issiqlik keltiriladigan IYOD ning xarakterli nuqtalaridagi parametrlarini aniqlang (23-rasm). Boshlang'ich ma'lumotlar: $P_1=0,676\text{ bar}$; $t_1=45^\circ\text{C}$; siqish darajasi $\varepsilon=13$, dastlabki kengayish darajasi $\rho=2,2$; ishchi jism – havo, $k=1,4$



23-rasm. $P=\text{const}$ da issiqlik keltiriladigan IYOD ni PV-diagrammasi.

J: $T_1=330\text{ K}$; $P_1=0,98\text{ bar}$; $v_1=1,14\text{ m}^3/\text{kg}$;

$$T_2=974 \text{ K}; P_2=1,96 \text{ bar}; \quad v_2=0,076 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$T_3=1557 \text{ K}; P_3=159 \text{ bar}; \quad v_3=0,076 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$T_4=2180 \text{ K}; P_4=15 \text{ bar}; \quad v_4=0,1064 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$T_5=845 \text{ K}; P_5=213 \text{ bar}; \quad v_5=1,14 \text{ m}^3/\text{kg}$$

320. 319-masalada berilgan sikl uchun keltirilgan va olib ketilgan issiqlikni, siklning o'rtacha f.i.k. ni, havo sarfi 30 kg/min bo'lgandagi quvvatni aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad q_1=1040 \text{ kJ/kg}; \quad q_2=369 \text{ kJ/kg}; \quad \eta_t=65\%; \quad N=366 \text{ kVt.}$$

321. $P=\text{const}$ da issiqlik keltiriladigan GTQ ning xarakterli nuqtalaridagi parametrlarini aniqlang. Agar $P_1 = 0,93 \text{ bar}; t_1 = 27^\circ\text{C}, \quad \frac{v_3}{v_2} = 1,5, \frac{P_3}{P_2} = 4$, havoning sarfi 5 kg/s bo'lsa, siklning ishi, quvvatni hisoblang. Ishchi xajm – havo, c_p va c_v lar o'zgarmasdir.

$$\mathbf{J:} \quad v_1=0,923 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad P_1=0,93 \text{ bar}; \quad T_1=300 \text{ K};$$

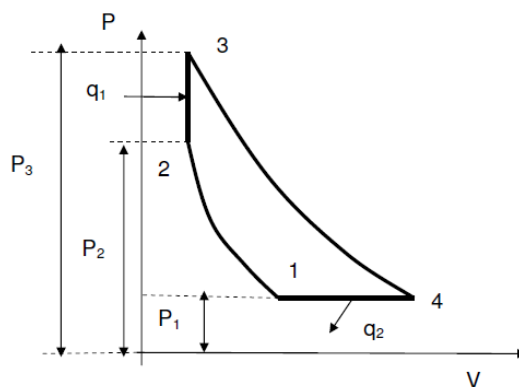
$$v_2=0,342 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad P_2=3,73 \text{ bar}; \quad T_2=444 \text{ K};$$

$$v_3=0,513 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad P_3=3,73 \text{ bar}; \quad T_3=666 \text{ K};$$

$$v_4=1,385 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad P_4=0,95 \text{ bar}; \quad T_4=450 \text{ K};$$

$$q_1=223 \text{ kJ/kg}; \quad q_2=151 \text{ kJ/kg}; \quad l_u=72 \text{ kJ/kg}; \quad N=360 \text{ kVt.}$$

322. $V=\text{const}$ da issiqlik keltiriladigan GTQ ning (24-rasm) xarakterli nuqtalaridagi parametrlarini aniqlang. Agar $P_1=0,98 \text{ bar}; \quad t_1=20^\circ\text{C}, \quad \frac{P_2}{P_1} = 3$, $X = \frac{P_3}{P_2} = 1,7$ ga teng bo'lsa, keltirilgan issiqlikni, havoning sarfi 3 kg/s bo'lsa qurilmaning quvvatini aniqlang. Ishchi jism – havo, c_p va c_v lar o'zgarmas va $k=1,4$ ga teng.



24-rasm. $V=\text{const}$ da issiqlik keltiriladigan GTQ ni PV-diagrammasi

J: $P_1=0,98$ bar; $T_1=293$ K; $v_1=0,857$ m³/kg

$P_2=2,94$ bar; $T_2=401$ K; $v_2=0,392$ m³/kg

$P_3=2,94$ bar; $T_3=682$ K; $v_3=0,392$ m³/kg

$P_4=0,98$ bar; $T_4=426$ K; $v_4=1,2$ m³/kg

$q_1=201$ kJ/kg; $\eta_t=0,333$; $N=200$ kVt.

323. Agar $P_1=0,98$ bar; $t_1=30^\circ\text{C}$, $\varepsilon = \frac{v_1}{v_2} = 6,0$ va keltirilgan issiqlik $q_1=1256$ kJ/kg ga teng bo'lsa, IYOD ning xarakterli nuqtalaridagi parametrlarini, termik F.I.K. ni va siklning ishini aniqlang.

Ishchi jism – 1 kg quruq havo, $c_v=\text{const}$, $k=1,4$ ga teng.

J: $P_1=0,98$ bar; $T_1=303$ K; $v_1=0,886$ m³/kg

$P_2=12,05$ bar; $T_2=620$ K; $v_2=0,148$ m³/kg

$P_3=46,1$ bar; $T_3=2375$ K; $v_3=0,148$ m³/kg

$P_4=3,76$ bar; $T_4=1160$ K; $v_4=0,886$ m³/kg

$\eta_t=0,514$; $l_u=646$ kJ/kg

324. IYOD termik sikli uchun xarakterli nuqtalaridagi parametrlarni, keltirilgan issiqlikni aniqlang. Ishchi jism – 1 kg havo, $P_1=0,93$ bar, $q_2=629$ kJ/kg, C_p va C_v lar o'zgarmas, $k=1,4$ ga teng.

J: $v_1=0,904$ m³/kg; $P_1=0,93$ bar; $T_1=293$ K;

$v_2=0,0753$ m³/kg; $P_2=30,8$ bar; $T_2=792$ K;

$v_3=0,202$ m³/kg; $P_3=30,8$ bar; $T_3=2130$ K;

$v_4=0,904$ m³/kg; $P_4=3,72$ bar; $T_4=1171$ K; $\eta_t=0,535$; $q_1=1350$ kJ/kg.

325. Ideal bir bosqichli kompressorda havo $P_2=2,74$ bar bosimgacha siqilyapti. Havoning boshlang'ich harorati $t_1=17^\circ\text{C}$, bosimi $P_1=0,98$ barga teng. Agar siqish: a) izoterma; b) politropa ($n=1,25$); v) adiabat ($k=1,4$) bo'yicha amalga oshirilsa, 1 kg havoni siqish uchun sarflangan ishni va oxirgi haroratni aniqlang.

J: a) $T_1=T_2=290$ K; $l=85,7$ kJ/kg; b) $T_2=356$ K; $l=96$ kJ/kg; v) $T_2=392$ K; $l=100$ kJ/kg.

326. Unumdorligi 20 m³/min bo'lgan ideal kompressorda havo $5,9$ bar

bosimgacha adiabat siqilmoqda. Havoning boshlang'ich bosimi $P_1=0,98$ bar va harorati $t_1=20^\circ\text{C}$. Agar kompressorda havoning oxirgi bosimi $P_3=2,9$ bar gacha kamaysa, siqish uchun sarflangan quvvat qanday o'zgaradi?

J: quvvat 44 % ga kamayadi.

327. Unumdorligi $150\text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lgan porshenli ideal kompressor havoni $P_1=0,98$ bar bosimdan $P_2=3,92$ bar bosimgacha siqyapti. Agar siqish uchun azot (N_2) ishlatilsa, kompressorning nazariy quvvati qanday o'zgaradi? Kompressorning unumdorligi o'zgarmas. Agar kompressor $150\text{ kg}/\text{soat}$ azot va havoni siqsa, uning nazariy quvvati qanday bo'ladi? Barcha hollarda bosimning o'zgarishi bir xil, jarayon izotermik va boshlang'ich harorat 20°C ga teng.

J: $N=5,68\text{ kVt}$.

J: $150\text{ kg}/\text{soat}$ azotni siqish uchun $N=5,03\text{ kVt}$ quvvat sarflanadi, $150\text{ kg}/\text{soat}$ havoni siqish uchun $N=4,87\text{ kVt}$.

328. Bir bosqichli porshenli kompressorda bosimi 745 mm.sim.ust va harorati 10°C bo'lgan havo siqilyapti. Kompressor moyining o't olish harorati $t=165^\circ\text{C}$. Havoni a) adiabat ($k=1,41$); b) politrop ($n=1,25$) siqishda yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan maksimal bosimni aniqlang.

J: $T_2=438\text{ K}$; a) $P_2/P_1=5,8$; $P_2=5,76\text{ bar}$; b) $P_2/P_1=12,9$; $P_2=12,8\text{ bar}$.

329. Ideal kompressor havoni boshlang'ich $P_1=0,98\text{ bar}$ dan $P_2=\text{bar}$ gacha siqishi uchun necha bosqichdan iborat bo'lishi kerak?

Har bir bosqichda bosimni oshish darajasi $3,8$ martadan ortmasligi lozim. Shu bilan birgalikda oraliq bosimlarni aniqlang.

J: $Z=2,92$ $Z=3$ da $\lambda=3,68$; $P^I=3,6\text{ bar}$; $P^{II}=13,29\text{ bar}$.

330. Ideal kompressorda havo boshlang'ich $P_1=0,98\text{ bar}$ bosim va $t_1=0^\circ\text{C}$ dan $P_2=24,5\text{ bar}$ bosimgacha siqilyapti. Quyidagi xollar uchun siqish oxiridagi haroratni aniqlang: a) bir bosqichli, b) ikki bosqichli, v) uch bosqichli, agar siqish politropa bo'yicha ($n=1,25$) va havo oraliq bosqichda boshlang'ich haroratgacha sovitilsa.

J: a) $T_2=519\text{ K}$; $t_2=236^\circ\text{C}$; b) $T_2=377\text{ K}$; $t_2=104^\circ\text{C}$; v) $T_2=388\text{ K}$; $t_2=65^\circ\text{C}$.

331. Bir bosqichli porshenli kompressor bosimi 0,1 MPa va harorati 17°C bo'lgan $360\text{ m}^3/\text{soat}$ havoni so'rib, uni 0,7 MPa bosimgacha siqmoqda. Kompressor yuritmasining nazariy quvvatini, siqish ohiridagi havo haroratini aniqlang. Hisoblashni izotermik, adiabatik va politrop siqish ($n=1,25$) uchun bajaring.

J: $N_{iz} = 19,45\text{ kVt}; t = \text{const}$ $N_{ad} = 26,1\text{ kVt}; t_2 = 243^{\circ}\text{C}$.

$N_{pol} = 23,9\text{ kVt}; t_2 = 155^{\circ}\text{C}$

332. Kompressor havoni 0,1 MPa bosimda so'rib, 0,6 MPa bosimgacha siqmoqda. Agar adiabat siqishda nazariy quvvat 55 kVt ga teng bo'lsa, kompressorning unumdorligini aniqlang.

J: $V = 845\text{ m}^3/\text{soat}$.

333. Kompressorda 1 m^3 havoni adiabat siqishdagi nazariy ish 234,5 kJ ga teng. Agar boshlang'ich bosim 0,1 MPa ga teng bo'lsa, oxirgi bosimni aniqlang.

J: 0,6 MPa.

334. Agar valning aylanish chastotasi 850 ayl/min , silindr diametri 230 mm, porshen yo'li 300 mm bo'lsa, 16 silindrli ikki taktli 16 DN 23/30 dizelning o'rtacha effektiv bosimini aniqlang.

J: $P = 1,057\text{ MPa}$.

335. Agar mexanik f.i.k 0,83 ga teng bo'lsa, 334-masaladagi o'rtacha indikator bosimini aniqlang.

J: $P_i = 1,27\text{ MPa}$.

336. Olti silindrli to'rt taktli avtomobil dvigateli silindrining o'lchamlari quyidagicha: diametri 82 mm va porshen yo'li 110 mm, valning aylanish chastotasi 2800 ayl/min , o'rtacha indikator bosim 0,795 MPa, dvigatelning mexanik f.i.k 0,85 ga teng bo'lsa, o'rtacha effektiv quvvatni aniqlang.

J: $N_e = 55\text{ kVt}$.

337. Quvvati 600 kVt bo'lgan M50 dizel teplovozini valining aylanish chastotasi 1400 ayl/min dagi buruvchi momentini aniqlang.

J: 4080 N·m.

338. Olti silindrli to'rt taktli 6 CHN 15/18 rusumli dizelning indikator

quvvatini aniqlang. Silindr diametri 150 mm va porshen yo'li 180 mm, valning aylanish chastotasi 1500 *ayl/min*. Indikator diagramma yuzasi 2000mm², bosim masshtabi 12 mm/MPa. Indikator diagramma uzunligi 180 mm.

J: 221 kVt.

339. Quvvati 880 kVt bo'lgan dizel dvigatelida quyi yonish issiqligi 42500 kJ/kg bo'lgan dizel yoqilg'isi ishlatilmoqda. Yoqilg'i sarfi 182 kg/soat. Dvigatelning effektiv f.i.k ni aniqlang.

J: $\eta_E = 41\%$.

340. Agar dvigatelning effektiv f.i.k 40% va yoqilg'ining quyi yonish issiqligi 42000 kJ/kg bo'lsa, yoqilg'ining solishtirma effektiv sarfini aniqlang.

J: $b_e = 0,214 \text{ kg/kVt} \cdot \text{soat}$.

341. Agar korbyuratorli dvigatelda benzin o'rniga dizel yoqilg'isi ishlatilsa, qancha yoqilg'i tejalishini aniqlang. Dvigatelning o'rtacha quvvati 100 kVt, korbyuratorli dvigatelning f.i.k 28%, dizelniki 36% ga teng. Benzinning yonish issiqligi 43500 kJ/kg va dizel yoqilg'isiniki 42500 kJ/kg ga teng.

J: 6 kg/soat.

342. Effektiv quvvati 736 kVt bo'lgan olti silindrli to'rt taktli dizel dvigatelining bir sikliga to'g'ri keladigan yoqilg'i sarfi va issiqlik sarfini aniqlang. Yoqilg'ining solishtirma sarfi 2224 gram/kVt·soat, valning aylanish chastotasi 740 *ayl/min*. Yoqilg'ining yonish issiqligi 42300 kJ/kg.

Yechish. Dvigatelda yoqilg'i sarfi: $B = b_e \cdot N_e = 736 \cdot 0,224 = 165 \text{ kg/soat}$. Bitta silindrdagi yoqilg'i sarfi: $B_u = \frac{B}{60Z} = \frac{165}{60,6} = 0,458 \text{ kg/min}$.

To'rt taktli dvigatelda bir ishchi sikli tirsakli valning ikki marta aylanishida amalga oshishini hisobga olib, yoqilg'ining sarfini aniqlaymiz:

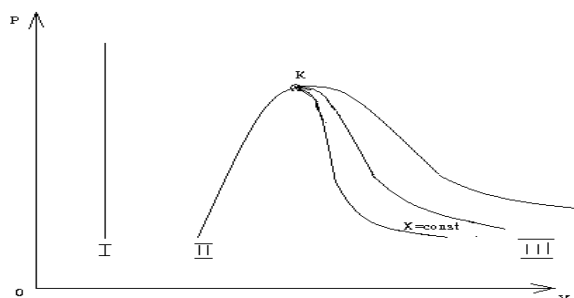
$$b_s = \frac{B_s \cdot 2}{n} = \frac{0,458 \cdot 2}{740} = 0,00124 \text{ kg.}$$

Sikldagi issiqlik sarfi: $q_s = b_s \cdot Q_u^u = 0,00124 \cdot 42300 = 52,5 \text{ kJ}$

IX BOB

SUV BUG'I

Rasmda (25-rasm) suv bug'ining Pv -diagrammasi keltirilgan.



25-rasm

I – 0°C dagi suv; II – qaynash haroratidagi (to'yinish harorati) suv;

III – quruq tuyingan bug'; II egri chiziqni-pastki chegara chizig'i, III egri chiziqni-yuqori chegara chizig'i deb ataladi.

Bug' hosil bo'lishi diagrammasidagi K nuqta kritik nuqta deyiladi. Kritik nuqtada suyuqlik bilan uning to'yingan bug'i orasidagi farq yo'qoladi. Suyuqlik bilan bug'ning solishtirma hajmlari va zichliklarining qiymatlari bir xil bo'lib qoladi. Bu egri chiziqlar shuning uchun ham chegara chiziqlari deyiladiki, ular diagrammani quyidagi uch sohaga bo'ladigan chegaralar hisoblanadi:

I va II egri chiziqlar oralig'i –suyuqlik sohasi;

II va III –to'yingan nam bug'sohasi;

III egri chiziqdan o'ng tomon o'ta qizigan bug'sohasi.

Suv bug'i uchun kritik parametrlar:

$T_{KR}=374,15^\circ\text{C}$; $P_{KR}=221,29\text{ bar}$; $v_{KR}=0,00326\text{ m}^3/\text{kg}$.

Quruq to'yingan bug'.

Quruq to'yingan bug'ning holati uning bosimi yoki harorati orqali aniqlanadi. Suv bug'i jadvallaridan bosim aniq bo'lsa, haroratni (va boshqa parametrlarni) yoki harorat aniq bo'lsa, bosimni (va boshqa parametrlarni) aniqlash mumkin.

To'yingan nam bug'.

To'yingan nam bug'ning xolati uning bosimi yoki harorati va quruqlik

darajasi x orqali aniqlanadi.

$x=0$ —qaynash xolatidagi suvga mos bo'lsa, $x=1$ —quruq to'yingan bug'ga mos nam bug'ning harorati faqat bosimga bog'liq bo'lib, quruq to'yingan bug'ning harorati kabi jadvallardan aniqlanadi.

Nam bug'ning solishtirma hajmi:

$$v_x = v_x^{11}(1-x)v^1 \quad (199)$$

Bu formuladan:

$$x = \frac{v_x - v^1}{v^{11} - v^1} \quad (200)$$

$P \leq 30$ bar va $x \geq 0,8$ bo'lganda:

$$v_x = v^{11}x \quad (201)$$

Nam bug'ning zichligi:

$$\rho_x = \frac{1}{v_x} = \frac{1}{x + (1-x)v^1}$$

yoki taxminiy:

$$\rho_x = \frac{1}{v^{11}x} = \frac{\rho^{11}}{x} \quad (202)$$

O'ta qizigan bug'.

To'yingan quruq bug'ga o'zgarmas bosimda keltirilgan issiqlik uning haroratini t_T dan (to'yingan haroratidan) berilgan o'ta qizish harorati t_q gacha ko'tarilishiga sarflanadi. Bu kattalik bug'ning qizishi deyiladi.

$$\Delta t = t_q - t_t \quad (203)$$

Suyuqlik o'zgarmas bosimda 0°C dan qaynash haroratigacha isitish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga suyuqlikning issiqligi deyiladi.

$$Q_p = h_2 - h_1 = h^1 - h_0^1 \quad (204)$$

yoki

$$q_p \cong h^1$$

Suyuqlikning ichki energiyasini quyidagi tenglamadan aniqlash mumkin:

$$h = u + Pv \quad (205)$$

U xolda:

$$u = h^1 - Pv^1 \quad (206)$$

Past bosimlarda

$$Pv^1 \cong 0 \quad u^1 = h^1 \quad (207)$$

1 kg qaynayotgan suyuqlikni o'zgarmas bosimda quruq to'yingan bug'ga aylantirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori bug' hosil bo'lish issiqligi deyiladi va r bilan belgilanadi.

$$\Psi = R(v^{11} - v^1) \quad (208)$$

$$r = d + \Psi \quad (209)$$

bu erda: d – ichki bug' hosil bo'lish issiqligi;

Ψ – tashqi bug' hosil bo'lish issiqligi.

Quruq to'yingan bug'ning entalpiyasi.

$$h^{11} = h^1 + r \quad (210)$$

Ichki energiyasi:

$$u^{11} = h^{11} - v^{11} \quad (211)$$

To'yingan nam bug' uchun:

$$h_x = h^1 + rx \quad (212)$$

$$u_x = h_x + \rho v_x \quad (213)$$

bu erda: h_x – nam to'yingan bug'ning entalpiyasi;

u_x – nam to'yingan bug'ning ichki energiyasi.

Bug'ning entropiyasi.

Suv bug'ining entropiyasi shartli noldan ($t=0,01^\circ\text{C}$ va $P=0,006108\text{am}$) hisoblanadi.

Suyuqlikning entropiyasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$s' = c \ln \frac{T_H}{273} \quad (214)$$

bu erda: c – suvning issiqlik sig'imi;

T_N – tuyinish harorati.

Suv uchun $c=4,19 \text{ kJ/kg}\cdot\text{grad}=1\text{kcal/kg}\cdot\text{grad}$

Shuning uchun:

$$s' = \ln \frac{T_H}{273} \text{ kJ/kg}\cdot\text{grad} \quad (215)$$

yoki

$$s' = 4,19 \frac{T_H}{273} \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad} \quad (216)$$

Agar suyuqlik qaynash haroratigacha emas, balki ixtiyoriy T haroratgacha isitilsa, u xolda T_n o'rniga T ni olish lozim.

Quruq to'yingan bug'ning entropiyasi:

$$s'' = s' + \frac{r}{T_H} \quad (217)$$

bu erda: r - bug' hosi lbo'lish issiqligi.

To'yingan nam bug'ning entropiyasi:

$$s_x = s' + \frac{r}{T_H} \cdot x \quad (218)$$

yoki:

$$s_x = s^1 + (s^{11} - s^1) \cdot x \quad (219)$$

bu erda x – quruqlik darajasi.

O'ta qizigan bug'ning entropiyasi:

$$s = s^{11} + \int_{T_H}^T C_p \frac{dT}{T} \quad (220)$$

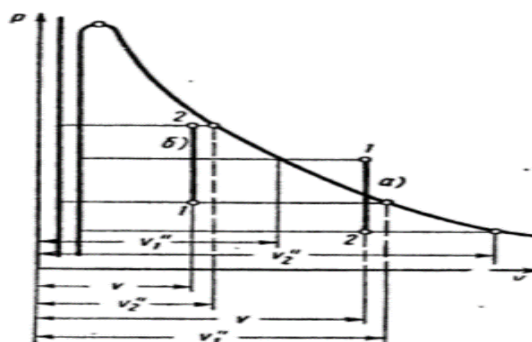
Uning qiymatlari o'ta qizigan bug' jadvallarida keltirilgan.

Suv bug'i holatining o'zgarishidagi asosiy termodinamik jarayonlar.

Suv bug'ining termodinamik parametrlari grafik va analitik usullar yordamida aniqlanadi. Barcha xollarda bug'ning boshlang'ich va oxirgi holatini (to'yingan yoki o'ta qizigan) bilish lozim.

1. Izoxor jarayon.

Agar bug' o'ta qizigan holatdan nam holatga o'tsa ($a - xol$), u xolda



26-rasm. Izoxor jarayonning P-v diagrammasi

$$v_1 = v_2 = v_2^{11} \cdot x_2 + (1-x_2) v_2^1 \quad (221)$$

Agar boshlang'ich va oxirgi holatda ham bug' nam bo'lsa (b-xol):

$$v_1^{11} x_1 + (1-x_1) v_1^1 = v_2^{11} \cdot x_2 + (1-x_2) v_2^1 \quad (222)$$

Umumiy xolda ikkala sharoit uchun:

$$\frac{x_2}{x_1} \approx \frac{v_1^{11}}{v_2^{11}} \quad (223)$$

$V = \text{const}$ da bug'ning ishi 0 ga teng, ya'ni keltirilgan issiqlik ichki energiyani o'zgarishiga sarflanadi:

$$q_v = u_2 - u_1 \quad (224)$$

2. Izobar jarayon.

$$v_1 = v^{11} \cdot x_1 + v^1 (1-x_1) \quad (225)$$

$$x_1/x_2 = v_1/v_2 \quad (226)$$

Jarayon issiqligi:

$$Q_p = h_2 - h_1 \quad (227)$$

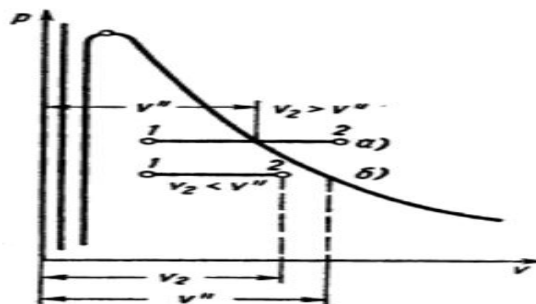
Bajarilgan ish:

$$l = P(v_2 - v_1) \quad (228)$$

3. Adiabat jarayon.

Suv bug'i uchun $Pv^k = \text{const}$

Quruq to'yingan bug' uchun $k=1,135$, nam bug' uchun $k=1,035+0,1x$. O'ta qizigan bug' uchun $k=1,3$.



27-rasm. Izobar jarayonning P-v diagrammasi

Entropiyani analitik va grafik usulda aniqlash mumkin.

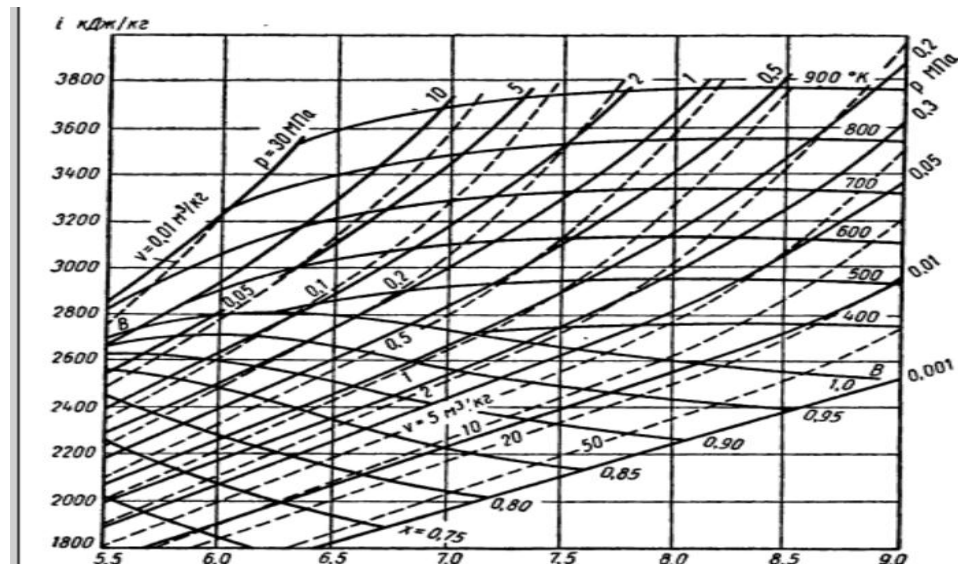
$$s_1 = s_2 = s_2^1 + \frac{r_2 \cdot x_2}{T_{H_2}} \quad (229)$$

$$x_2 = \frac{(s_1 - s_2^1)}{r_2} = \frac{s_1 - s_2^1}{s_2^{11} - s_1^1} \quad (230)$$

Bug'ning ishi:

$$\ell = u_1 - u_2 \quad (231)$$

Bug'ning parametrlarini h - s - diagramma yordamida ham aniqlash mumkin.



28-rasm. Suv bug'ining h - s - diagrammasi.

4. Izotermik jarayon.

Nam bug' sohasida izotermik jarayon bir vaqtning o'zida izobar jarayon bo'ladi. Shuning uchun izobar jarayon tenglamalari izotermik jarayonga ham to'g'ri bo'ladi.

Jarayonning issiqligi:

$$q = T(S_2 - S_1) \quad (232)$$

Bug'ning ishi:

$$q = \Delta u + \ell \quad (233)$$

$$\ell = q - \Delta u = T(S_2 - S_1) - (u_2 - u_1) \quad (234)$$

343. To'yingan suv bug'ining harorati $305,5^\circ\text{C}$. Bug'ning bosimini aniqlang.

J: $P_{\text{abs}} = 92,78 \text{ bar}$.

344. Nam bug'ning bosimi $P_{\text{abs}} = 5 \text{ bar}$ va namliqi 15% . Suv bug'i jadvalidan foydalanib bug'ning solishtirma hajmini, entalpiyasini va ichki energiyasini aniqlang.

J: $v_x = 0,3187 \text{ m}^3/\text{kg}$; $h_x = 2424 \text{ kJ/kg}$; $u_x = 2273 \text{ kJ/kg}$; $s_x = 6,079 \text{ kJ/kg}$.

345. Bosimi $P_{\text{abs}} = 66 \text{ bar}$ bo'lgan bug'ning solishtirma hajmi $v = 0,04675 \text{ m}^3/\text{kg}$. Bug'ning haroratini, entalpiyasini va entropiyasini aniqlang.

J: Bug'-o'ta qizigan; $t = 446^\circ\text{C}$; $h = 3281 \text{ kJ/kg}$; $s = 6,648 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{grad)}$

346. Bosimi $P_{\text{abs}} = 30 \text{ bar}$ va namliqi 10% bo'lgan 1kg bug 'o'zgarmas haroratda $P_{2\text{abs}} = 2 \text{ bar}$ bosimgacha kengaydi. Jarayonning ishini aniqlang.

J: $\ell = 653 \text{ kJ/kg}$.

347. O'ta qizigan bug'ning bosimi $P_{\text{abs}} = 50 \text{ bar}$ va harorati 400°C bo'lsa, uning solishtirma hajmini, ichki energiyasini, entalpiyasi va entropiyasini aniqlang.

J: $v = 0,0575 \text{ m}^3/\text{kg}$; $u = 2904 \text{ kJ/kg}$; $h = 3192 \text{ kJ/kg}$; $s = 0,635 \text{ kJ/kg}\cdot\text{grad}$

348. Solishtirma hajmi $0,05 \text{ m}^3/\text{kg}$ bo'lgan quruq to'yingan bug'ni o'zgarmas 650°C haroratgacha isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdorini aniqlang. Shu xolda bosim necha marta oshadi?

J: $q = -755 \text{ kJ/kg}$; 2,02 marta

349. Boshlang'ich bosimi $P_{1\text{abs}} = 1 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 250^\circ\text{C}$ bo'lgan o'ta qizigan bug' izoterma bo'yicha siqildi va jarayon oxirida namliqi 15% bo'ldi. Olib ketilgan issiqlikni, ichki energiya o'zgarishi va siqish uchun sarf bo'lgan ishni aniqlang.

J: $q = -1285 \text{ kJ/kg}$; $\Delta u = -362 \text{ kJ/kg}$; $\ell = -923 \text{ kJ/kg}$.

350. Boshlang'ich harorati $t_1 = 300^\circ\text{C}$, bosimi $P_{\text{abs}} = 3 \text{ bar}$ bo'lgan 1kg o'ta qizigan bug' izotermik siqilganda undan 420 kJ issiqlik olib ketildi. Siqish oxiridagi bosimni va ichki energiya o'zgarishini hamda bug'ni siqish uchun sarflangan ishni aniqlang.

J: $P_{2\text{abs}} = 13,7 \text{ bar}$; $\Delta u = -25 \text{ kJ/kg}$; $\ell = -395 \text{ kJ/kg}$.

351. Quruq to'yingan bug'ning $P = 10 \text{ bar}$ bosimdagi harorati, solishtirma hajmi, zichligi, entalpiyasi va entropiyasi aniqlansin.

Yechish:

To'yingan suv bug'i jadvalidan $P = 10 \text{ bar}$ bosimga mos parametrlarni aniqlaymiz: $t_n = 179,88^\circ\text{C}$; $v^{11} = 0,1946 \text{ m}^3/\text{kg}$; $\rho^{11} = 5,139 \text{ kg/m}^3$

$$h^{11}=2778 \text{ kJ/kg}; \quad s^{11}=6,587 \text{ kJ/kg}\cdot\text{grad}.$$

352. Quruq to'yingan bug'ning bosimi $P=14 \text{ bar}$ ga teng. Bug'ning qolgan parametrlarini aniqlang.

$$\textbf{J:} \quad t_n=195,04^\circ\text{C}; \quad v^{11}=0,1408 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad \rho=7,103 \text{ kg/m}^3; \quad h^{11}=2790 \text{ kJ/kg}; \\ u^{11}=2593 \text{ kJ/kg}; \quad s^{11}=6,469 \text{ kJ/kg}\cdot\text{grad}.$$

353. Bosimi 15 bar ga teng bo'lgan suv 190°C gacha isitildi. Qaynash boshlandimi?

J: yo'q.

354. Suv $P=9 \text{ am}$ bosimda 150°C gacha isitildi. Suv qaynay boshlashi uchun uni haroratini qanchaga ko'tarish lozim?

J: 25°C .

355. Yopiq idishdagi suvning harorati 190°C ga teng. Suv qanday bosim ostida turibdi?

J: $P \geq 12,553 \text{ bar}$.

356. Agar suv qaynash xolida turgan bo'lib, uning harorati 250°C ga teng bo'lsa, suvning bosimini, solishtirma hajmini va zichligini aniqlang.

Yechish:

To'yingan suv bug'i jadvalidan 250°C ga mos parametrlarni aniqlaymiz.

$$\textbf{J:} \quad P=39,776 \text{ bar}; \quad v^1=0,0012512 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\rho_1 = \frac{1}{v^1} = \frac{1}{0,0012512} = 799,2 \text{ kg/m}^3$$

357. Bug' qozoni manometri ko'rsatkichi $P=1,5 \text{ bar}$ ga teng. Barometr ko'rsatishi 764 mm.sim.ust. ga teng. Bug'ni quruq to'yingan hisoblab, uning haroratini va solishtirma hajmini aniqlang.

$$\textbf{J:} \quad t_n=127,69^\circ\text{C}; \quad v^{11}=0,7133 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

358. Suv bug'ining bosimi $P=5 \text{ bar}$ va harorati $t=172^\circ\text{C}$ ga teng bo'lsa, suv bug'i holatini aniqlang.

Yechish: 5 bar bosimga $t_n=151,8^\circ\text{C}$ to'yinish harorati mos keladi. Ushbu harorat berilgan sharoit haroratidan kichik. Demak, bug'o'ta qizigan xolda. Bug'ning o'ta qizish darajasi: $\Delta t = t - t_n = 172 - 151,8 = 20,2^\circ\text{C}$.

359. Agar suv bug'ining bosimi $P=6$ bar va solishtirma hajmi $v=0,3$ m³/kg ga teng bo'lsa, uning holatini aniqlang.

Yechish: 6 bar bosimga quruq to'yingan bug'ning $v^{11}=0,3156$ m³/kg solishtirma hajmi mos keladi. Berilgan sharoit uchun $v^{11}>v$, demak bug' nam xolda. Bug'ning quruqlik darajasini aniqlaymiz:

$$x = \frac{v_x - v_1}{v^{11} - v^1} = \frac{0,3 - 0,0011}{0,3156 - 0,011} = 0,95$$

360. Agar suv bug'ining bosimi $P=22$ bar va harorati $t=240^\circ\text{C}$ bo'lsa, uning holatini aniqlang.

J: Bug'o'ta qizigan xolda.

361. Agar suv bug'ining bosimi $P=29$ bar va solishtirma hajmi $v=0,079$ m³/kg bo'lsa, uning holatini aniqlang.

J: Bug'o'ta qizigan xolda.

362. Suv bug'ining bosimi $P=9$ bar va entropiyasi $s=6,52$ kJ/kg·grad ga teng bo'lsa, uning holatini aniqlang.

J: Bug' to'yingan nam xolda.

363. Bosimi $P=20$ bar va quruqlik darajasi $x=0,9$ bo'lgan nam bug'ning solishtirma hajmini aniqlang.

J: $v_x=0,08962$ m³/kg

364. Quruq to'yingan bug'ning $P=15$ bar bosimdagi ichki energiyasini aniqlang.

J: $u^{11}=2594$ kJ/kg.

365. Nam to'yingan bug'ning bosimi $P=13$ bar va quruqlik darajasi $x=0,98$ ga teng. Bug'ning entalpiyasi va ichki energiyasini aniqlang.

J: $h_x=2748,5$ kJ/kg; $u_x=2541,3$ kJ/kg

366. Nam to'yingan bug'ning $P=24$ bar va $x=0,8$ sharoitdagi entropiyasini aniqlang.

J: $s_x=5,524$ kJ/kg·grad

367. Bosimi $P=12$ bar va quruqlik darajasi $x=0,9$ bo'lgan 6 m³ to'yingan suv bug'ini massasini, ichki energiyasini, entalpiyasini va entropiyasini aniqlang.

J: $M=40,8 \text{ kg}$; $U_X=98324 \text{ kJ}$; $h_x=105521 \text{ kJ}$; $S_X=248,6 \text{ kJ/grad}$.

368. Suv bug'ining parametrlari quyidagicha: $P=90 \text{ bar}$; $t=500^\circ\text{C}$. Qolgan parametrlarni aniqlang.

J: $\rho=27,2 \text{ kg/m}^3$; $u=3054,8 \text{ kJ/kg}$

369. Bosimi $P=14 \text{ bar}$ va quruqlik darajasi $x=96\%$ bo'lgan 10 m^3 bug'ning massasini aniqlang.

J: $M=74 \text{ kg}$.

370. Bosimi 18 bar va quruqlik darajasi $x=0,9$ bo'lgan 1 kg bug'ni olish uchun sarflangan issiqlik miqdorini aniqlang. Ta'minot suvining harorati $t_T=32^\circ\text{C}$.

J: 2471 kJ/kg

371. Bosimi $P=100 \text{ bar}$ va quruqlik darajasi $x=0,96$ bo'lgan 1 kg nam bug'ni 480°C gacha o'ta qizdirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori aniqlansin.

J: $q=621,6 \text{ kJ/kg}$

372. Bug' qozoni bug' qizdirgichida xar soatda 500 kg bug' o'tadi. Bug' qizdirgichda bug'ning quruqlik darajasi $x=0,99$ va bosimi $P=100 \text{ bar}$ ga teng. Bug' qizdirgichdan so'ng bug'ning harorati $t=550^\circ\text{C}$ ga teng. Bug' qizdirgichning f.i.k. $0,84$ ga teng deb hisoblab, u olgan issiqlik miqdorini aniqlang.

J: $Q=4,0 \text{ GJ/soat}$.

373. Bug' qozonining bug' unumdorligi 20 kg/sek . Bug'ning bosimi $P=40 \text{ bar}$ va harorati $t=440^\circ\text{C}$. Yoqilg'ining yonish issiqligi 12600 kJ/kg , ta'minot suvining harorati $t_{t,s}=145^\circ\text{C}$. Agar yoqilg'i sarfi $4,89 \text{ kg/sek}$ bo'lsa, qozon agregatining f.i.k. ni aniqlang.

J: $\eta_k=0,875$

374. Bug' qozonining bug' unumdorligi 640 t/soat . Bug'ning bosimi $P=140 \text{ bar}$ va harorati $t=670^\circ\text{C}$. Ta'minot suvining harorati $t_{T,S}=23^\circ\text{C}$. Yoqilg'ining yonish issiqligi 6000 kkal/kg . Agar bug' qozonining f.i.k. $87,6\%$ bo'lsa, yoqilg'ining bir soatdagi sarfini aniqlang.

J: 73364 kg/soat .

375. Bug' quvuridagi bug'ning bosimi $P=12 \text{ bar}$ va harorati $t=260^\circ\text{C}$. Bug' sarfi $M=350 \text{ kg/soat}$, bug' tezligi $s=50 \text{ m/sek}$, quvur diametrini aniqlang.

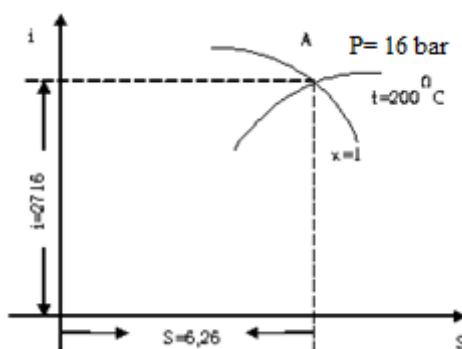
J: $d=22,1$ mm.

376. Bug' quvuridagi bug'ning bosimi $P=18$ bar. Bug' sarfi $M=1,11$ kg/sek, tezligi $s=20$ m/sek. Quyidagi xollar uchun: 1) $x_1=0,9$; 2) $x_2=1$; 3) $t=340^\circ\text{C}$, quvur diametrini aniqlang.

J: 1) $d=84$ mm; 2) $d=88$ mm; 3) $d=104$ mm.

377. Bug'ning bosimi $P=16$ bar va quruqlik darajasi $x=0,96$ ga teng. Qolgan parametrlarni h - s -diagrammadan aniqlab, ularni suv bug'i jadvallaridan aniqlangan parametrlar bilan taqqoslang.

Yechish: h - s -diagrammadan berilgan holatni aks ettiruvchi A nuqtani topamiz. (29-rasm).



29-rasm

Shu nuqtani ordinata va absissa o'qlariga proeksiyalab, mos ravishda: $h_x=2716$ kJ/kg va $s_x=6,26$ kJ/kg·grad ni topamiz. A nuqtadan o'tayotgan izoxora chizig'i yordamida solishtirma hajmni aniqlaymiz:

$$v_x = 0,12 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Bug'ning haroratini aniqlash uchun A nuqtadan izobara bo'yicha ko'tarilib, yuqori chegara chizig'I bilan kesishgan nuqtani (B) aniqlaymiz. Shu nuqtadan o'tadigan izoterma ($t=202^\circ\text{C}$), to'yingan bug'ning $P=16$ bar bosimdagi to'yinish haroratini beradi.

Yuqorida olingan qiymatlarni suv bug'i jadvallari va formulalar yordamida aniqlangan qiymatlar bilan taqqoslaymiz.

Suv bug'i jadvalidan 16 bar bosim uchun quyidagilarni aniqlaymiz:

$$T_H = 201,36^\circ\text{C}; \quad v^{11}=0,1238 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad h^1 = 858,3 \text{ kJ/kg};$$

$$r=1935 \text{ kJ/kg}; \quad s^1=2,344 \text{ kJ/kg}\cdot\text{grad}; \quad s^{11}=6,422 \text{ kJ/kg}\cdot\text{grad}.$$

Bug'ning entalpiyasini aniqlaymiz:

$$h_x = h^1 + r x = 858,3 + 0,96 \cdot 1935 = 2715,9 \text{ kJ/kg}$$

Bug'ning entropiyasi:

$$s_x = s^1 + (s^{11} + s^1) x = 2,344 + (6,422 + 2,344) \cdot 0,96 = 10,76 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$$

Bug'ning solishtirma hajmi:

$$v_x = v^{11} \cdot x = 0,1238 \cdot 0,96 = 0,1188 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Ko'rinib turibdiki, diagramma va jadvallardan aniqlangan qiymatlar bir-biriga mos keladi.

378. hs-diagramma yordamida quyidagi xollar uchun bug'ning entalpiyasini aniqlang: a) $P=10$ bar bosimdagi quruq to'yingan bug'ning; b) $P=10$ bar va $x=0,95$ bo'lgan nam to'yingan bug'ning; v) bosimi $P=10$ bar va harorati $t=300^\circ\text{C}$ bo'lgan o'ta qizigan bug'ning.

$$\textbf{J:} \quad \text{a) } h^{11} = 2778 \text{ kJ/kg}; \quad \text{b) } h_x = 2677 \text{ kJ/kg}; \quad \text{v) } h = 3048 \text{ kJ/kg}$$

379. hs-diagramma yordamida quyidagi xollar uchun bug'ning entalpiyasini aniqlang:

- a) bosimi $P=22$ bar bo'lgan quruq to'yingan bug'ning;
- b) bosimi $P=8$ bar va $x=0,96$ bo'lgan nam to'yingan bug'ning;
- v) bosimi $P=29$ bar va $t=400^\circ\text{C}$ bo'lgan o'ta qizigan bug'ning.

$$\textbf{J:} \quad \text{a) } h^{11} = 2802 \text{ kJ/kg}; \quad \text{b) } h_x = 2688 \text{ kJ/kg}; \quad \text{v) } h = 3232 \text{ kJ/kg}.$$

380. Bug'ning holati quyidagicha: $P=20$ bar; $t=340^\circ\text{C}$. hs-diagramma yordamida bug'ning entropiyasi, to'yinish harorati va o'ta qizish darajasi aniqlansin.

$$\textbf{J:} \quad h = 3110 \text{ kJ/kg}; \quad s = 6,91 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}; \quad T_t = 212^\circ\text{C}; \quad \Delta t = 128^\circ\text{C}$$

381. Suv bug'ining bosimi $P=8$ bar va $x=0,96$. hs-diagramma yordamida h_x , s_x va v_x larni aniqlang. Olingan qiymatlarni jadval va formulalar orqali aniqlangan qiymatlar bilan taqqoslang.

$$\textbf{J:} \quad h_x = 2687 \text{ kJ/kg}; \quad s_x = 4,4323 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{grad)}; \quad v_x = 0,2307 \text{ m}^3/\text{kg}$$

382. Yopiq idishda 1 m^3 quruq to'yingan bug' bo'lib, uning bosimi 10 bar ga teng. Agar bug' 6°C gacha sovisa, uning bosimini, quruqlik darajasini va unga berilgan issiqlik miqdori aniqlansin.

Yechish: Suv bug'i jadvalidan 6°C haroratga mos bosimni aniqlaymiz:
 $P=0,19917\text{ bar}$.

Jarayon o'zgarmas hajmda ro'y bergani uchun:

$$v_1 = v_2 = v^{11} = 0,1946\text{ m}^3/\text{kg}$$

Quruqlik darajasi:

$$x_2 = \frac{v_1}{v_2^{11}}$$

Jadvaldan:

$$v_2^{11} = 7,678\text{ m}^3/\text{kg}$$

Demak:

$$x_2 = \frac{0,1946}{7,678} = 0,0253$$

Izoxor jarayondagi issiqlik miqdori:

$$q_V = u_2 - u_1$$

Bug'ning ichki energiyasini aniqlaymiz:

$$u_1 = h_1 - p_1 v_1 = 2778 - \frac{10 \cdot 10^5 \cdot 0,1946}{1000} = 258,4\text{ kJ/kg}$$

$$h_1 = h_2^1 + r x_2 = 251,1 + 2358,8 \cdot 0,0253 = 310,8\text{ kJ/kg};$$

$$u_2 = h_2 - p_2 v_2 = 310,8 - \frac{0,19917 \cdot 10^5 \cdot 0,1946}{1000} = 306,9\text{ kJ/kg};$$

Shunday qilib:

$$q_2 = u_2 - u_1 = 306,9 - 2583,4 = -2276,5\text{ kJ/kg};$$

Ushbu jarayonda 1 m^3 bug' qatnashayotganligidan uning $P=10\text{ bar}$ bosimdagi zichligi $\rho = 5,139\text{ kg/m}^3$, u xolda:

$$q_{V1} = \rho g V = 5,139(-2276,5) = -11699\text{ kJ/m}^3$$

383. Hajmi $0,6\text{ m}^3$ va bosimi 6 bar bo'lgan 6 kg suv bug'ini $V=\text{const}$ sharoitda bosimini 10 bar gacha ko'tarish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdorini hamda oxirgi quruqlik darajasini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad x_2 = 0,51; \quad Q_V = 2467\text{ kJ}$$

384. Bosimi $P=10\text{ am}$ va harorati $t=300^{\circ}\text{C}$ bo'lgan 1 m^3 bug' o'zgarmas hajmda 100°C gacha soviydi. Bug'dan olingan issiqlik miqdori aniqlansin.

J: $Q = -1859$ kkal.

385. Sig'imi 1m^3 bo'lgan ballonda bosimi $P=1$ am va quruqlik darajasi $x=0,78$ bo'lgan bug' turibdi. Bug'ni to'yingan quruq holatga o'tkazish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdorini aniqlang.

J: $Q = 83,3$ kkal.

386. Bosimi $P=10$ bar va harorati $t_1=240^\circ\text{C}$ bo'lgan 1 kg suv bug'i o'zgarmas bosimda 320°C gacha isitilmoqda. Sarflangan issiqlik miqdori, kengayishi ishi va bug'ning ichki energiyasini o'zgarishi aniqlansin.

J: $q_R=173$ kJ/kg; $\ell=40,3$ kJ/kg; $\Delta u=132,7$ kJ/kg.

387. Bosimi $P_1=16$ bar va harorati 300°C bo'lgan 1 kg suv bug'i o'zgarmas bosimda 400°C gacha isitilmoqda. Sarflangan issiqlik miqdori, kengayishi ishi va bug'ning ichki energiyasining o'zgarishi aniqlansin.

J: $q_R=223$ kJ/kg; $\ell=50,24$ kJ/kg; $\Delta u=172,8$ kJ/kg,

388. To'yingan nam bug'ning $P_1=14$ bar bosimdagi entalpiyasi $h_X=2705$ kJ/kg ga teng. Agar 1 kg bug'ga 40 kJ issiqlik miqdori keltirilsa, uning quruqlik darajasi qanday o'zgaradi?

Yechish:

Bug'ning boshlang'ich quruqlik darajasini aniqlaymiz:

$$h_X = h^1 + r \cdot x_1$$

Cuv bug'i jadvalidan $P=14$ bar uchun:

$$h=830 \text{ kJ/kg}; \quad r=1960 \text{ kJ/kg}$$

Demak:

$$x_1 = \frac{2705-830}{1960} = 0,957$$

Bug'ning keyingi quruqlik darajasini quyidagi tenglikdan aniqlaymiz:

$$q_R = h_2 - h_1 = h_1 + r x_2 - (h_1 + r x_1) = r(x_2 - x_1)$$

$$x_2 = \frac{q_1}{r} + x_1 = \frac{40}{1960} + 0,96 = 0,98$$

389. Bosimi 8 bar va namlik darajasi 70% bo'lgan 1 kg bug'ga o'zgarmas bosimda 820 kJ issiqlik keltirildi. Bug'ning oxirgi holatidagi quruqlik darajasini, hajmini va entalpiyasini aniqlang.

J: $x_2=0,7$; $v_2=0,1682 \text{ m}^3/\text{kg}$; $h_2=2154,4 \text{ kJ/kg}$.

390. Bosimi 18 bar va namliqi 3% bo'lgan 1 kg nam bug' o'zgarmas bosimda $t=400^\circ\text{C}$ gacha o'ta qizdirilmoqda. Kengayish ishi, berilgan issiqlik miqdori va ichki energiyaning o'zgarishi aniqlansin.

J: $\ell=110,2 \text{ kJ/kg}$; $q=500 \text{ kJ/kg}$; $\Delta u=390 \text{ kJ/kg}$

391. Bug' mashinasidan ishlab chiqqan bug' kondensatorga yuborilyapti. Ishlab chiqqan bug'ning bosimi $P=0,1 \text{ bar}$ va quruqlik darajasi $x=0,83$. Agar sovituvchi suvning harorati 15°C ga ko'tarilsa, kondensatorga uzatilgan suvning miqdorini aniqlang. Kondensatordan olinayotgan kondensat harorati $t=35^\circ\text{C}$ ga teng.

J: 32,4 kg/kg.

392. Bosimi 8 bar va hajmi $V_1=0,15 \text{ m}^3$ bo'lgan 2 kg bug' $V_2=0,35 \text{ m}^3$ hajmgacha izotermik kengayapti. Kengayish ishini, keltirilgan issiqlik miqdorini va bug'ning quruqlik darajasini aniqlang.

J: $L=320 \text{ kJ}$; $Q=1712 \text{ kJ}$; $x_1=0,309$; $x_2=0,727$.

393. Bosimi $P_1=6 \text{ bar}$ va harorati $t_1=200^\circ\text{C}$ bo'lgan 1 kg bug' $v_2=0,11 \text{ m}^3/\text{kg}$ hajmgacha izotermik siqilyapti. Bug'ning oxirgi parametrlarini va jarayonda ishtirok etayotgan issiqlik miqdorini aniqlang.

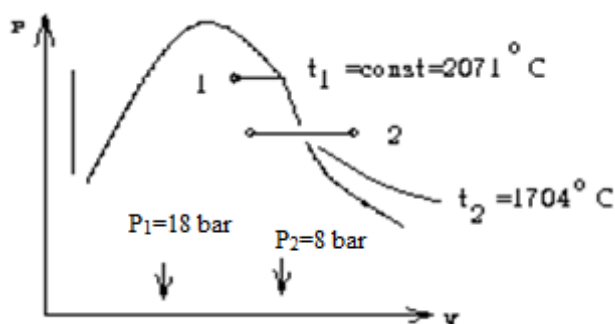
J: $P_2=15,551 \text{ bar}$; $x=0,86$; $q=-522,9 \text{ kJ/kg}$

394. Bosimi $P_1=10 \text{ bar}$ va quruqlik darajasi $x_1=0,505$ bo'lgan 6 kg bug' izotermik kengayib, quruq to'yingan bug 'holatiga o'tdi. Bug'ga uzatilgan issiqlik miqdorini, bajarilgan ishni va ichki energiyaning o'zgarishini aniqlang.

J: $Q=5984,6 \text{ kJ}$; $L=577,8 \text{ kJ}$; $\Delta u=5406,8 \text{ kJ}$

395. Bosimi $P_1=18 \text{ bar}$ va quruqlik darajasi $x_1=0,7$ bo'lgan 1 kg bug' $P_2=8 \text{ bar}$ bosimgacha izotermik kengaydi. (30-rasm). Bug'ning oxirgi parametrlarini, keltirilgan issiqlik miqdorini, ichki energiyaning o'zgarishini va kengayish ishini aniqlang.

J: $v_2=0,2655 \text{ m}^3/\text{kg}$; $q=798,8 \text{ kJ/kg}$; $\Delta u=558,9 \text{ kJ/kg}$; $\ell=240 \text{ kJ/kg}$



30-rasm

396. Quruq to'yingan suv bug'i 10 am bosimdan 0,5 am bosimgacha adiabat kengaydi. Kengayish oxiridagi bug'ning quruqlik darajasini aniqlang. Masalani hs-diagramma yordamida va analitik yo'l bilan yeching.

J: $x=0,845$

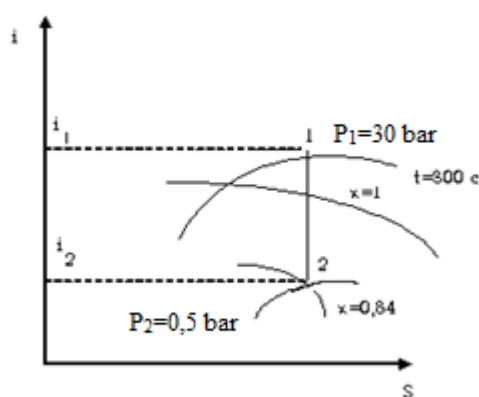
397. Boshlang'ich parametrlari $P_1=30$ bar va $t_1=300^\circ\text{C}$ bo'lgan 1 kg bug' $P_2=0,5$ bar bosimgacha adiabat kengaydi. Quyidagi kattaliklarni: h_1 , u , h_2 , v_2 , x_2 va kengayish ishini aniqlang (31-rasm).

Yechish:

hs-diagrammadan va suv bug'i jadvalidan bug'ning boshlang'ich holatini aniqlaymiz.

$$h=2988 \text{ kJ/kg}; v_1=0,018119 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h=u+Pv$$



31-rasm

munosabatdan:

$$u_1=h_1-P_1 v_1=2988 - \frac{10 \cdot 10^5 \cdot 0,082}{1000} = 2744 \text{ kJ/kg}$$

hs-diagrammada $P_2=0,5$ bar izobara chizig'igacha adiabat tushirib, quyidagilarni aniqlaymiz:

$$h_2=2269 \text{ kJ/kg}; \quad x_2=0,837$$

Keyingi hajmni aniqlaymiz:

$$v_2 = v_2^{11} \cdot x_2 = 3,299 \cdot 0,837 = 2,76 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Ichki energiya:

$$u_2 = h_2 + P_2 v_2 = 2269 - \frac{0,5 \cdot 10^5 \cdot 2,76}{1000} = 2131 \text{ kJ/kg}$$

Bug'ning ishi:

$$\ell = u_1 - u_2 = 2744 - 2131 = 613 \text{ kJ/kg}$$

398. Quruqlik darajasi $x=0,8$ bo'lgan $1,2 \text{ m}^3$ nam bug' 4 am bosimdan 0,6 am bosimgacha adiabat kengaydi. Kengayish oxiridagi bug'ning quruqlik darajasini va hajmini, hamda uning bajargan ishini aniqlang.

$$\textbf{J:} \quad x_2=74 \%; \quad V_2=6,56 \text{ m}^3; \quad L=743 \text{ kJ}.$$

399. Bosimi 14 bar va harorati 300°C bo'lgan bug' 0,06 bar bosimgacha adiabat kengaydi. Ts-diagramma yordamida issiqlikni adiabat tushishi va bug'ning oxirgi holati aniqlansin.

$$\textbf{J:} \quad h=900 \text{ kJ/kg}; \quad x_2=0,825$$

400. Boshlang'ich parametrlari $P_1=90$ am va $t_1=500^\circ\text{C}$ bo'lgan 1 kg bug' $P_2=0,04$ am bosimgacha adiabat kengaydi. h_1 , v_1 , h_2 , v_2 , x_2 va kengayish ishi aniqlansin.

$$\textbf{J:} \quad h_1=809,0 \text{ kkal/kg}; \quad v_1=0,0375,8 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad h_2=479,0 \text{ kkal/kg}; \quad x_2=0,775$$

$$v_2=27,4 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad \ell=1155,6 \text{ kJ/kg};$$

401. Boshlang'ich parametrlari $P_1=20$ bar va $V_1=0,5 \text{ m}^3$ bo'lgan 5 kg suv bug'i $P_2=2$ bar bosimgacha adiabat kengaydi. Bug'ning oxirgi hajmi, quruqlik darajasi va bajargan ishini aniqlang.

$$\textbf{J:} \quad V_2=3,95 \text{ m}^3; \quad x_2=0,852; \quad L=1780 \text{ kJ}.$$

402. Bug' qozonining quvuriga to'yinish haroratida 1000 kg/soat suv uzatilmoqda. Agar qozondagi bosim $P_{\text{abs}}=40 \text{ at}$, quvurlarning issiqlik yutishi 40000 kkal/soat bo'lsa, suv-bug' aralashmasining quvurdan chiqishdagi zichligini

aniqlang. Quvur balandligi bo'yicha bosim o'zgarishini hisobga olmang.

Yechish: Suv bug'i jadvallaridan bug' hosil qilish issiqligini r , 40 at (3,92 MPa) bosimdagi qaynayotgan suvning solishtirma hajmini v' va quruq bug'ning v'' ni aniqlaymiz.

Quvurda hosil bo'lgan bug' miqdori:

$$G_b = \frac{Q}{r} = \frac{40000 \cdot 4,186}{1713,26} = 97,7 \frac{\text{kg}}{\text{soat}}$$

Quvurdan chiqishdagi aralashmaning quruqlik darajasi:

$$X = \frac{G_b}{G_{\text{suv}}} = \frac{97,7}{1000} = 0,0977$$

Aralashmaning solishtirma hajmi:

$$v_x = 0,0977 \cdot 0,05078 + (1 - 0,0977) \cdot 0,00112493 = 0,00608 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Demak, aralashmaning zichligi

$$\rho_x = \frac{1}{0,00608} = 164 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

403. $P=75$ at bosimli bug'ni olish uchun 480 kkal/kg issiqlik sarflandi. Agar bug' harorati 150°C bo'lgan suvdan olinsa, bug'ning holatini va uning zichligini aniqlang.

Yechish: Suvning 150°C haroratdagi entalpiyasini jadvaldan aniqlaymiz:

$$h = h' + q = 632,2 + 480 \cdot 4,186 = 2641,5 \text{ kJ/kg}$$

Suv bug'ining 75 at (7,35 MPa) bosimdagi parametrlari:

$$h'=1231 \text{ kJ/kg}; \quad h''=2758,6 \text{ kJ/kg}; \quad r=1492 \text{ kJ/kg}; \quad \rho''=38,6 \text{ kg/m}^3$$

Hosil bo'lgan bug'ning entalpiyasini quruq bug' entalpiyasi bilan taqqoslab, bug' nam to'yingan bug' ekanligini aniqlaymiz.

Ushbu bug'ning quruqlik darajasini aniqlaymiz:

$$X = \frac{h_x - h'}{r} = \frac{2641,5 - 1231}{1492} = 0,94$$

Bug'ning zichligi:

$$\rho_x = \frac{\rho''}{x} = \frac{38,6}{0,94} = 41,06 \text{ kg/m}^3$$

404. Hajmi $0,75 \text{ m}^3$ bo'lgan idishda bosimi 1 MPa bo'lgan quruq to'yingan

bug' turibdi. Bug' 1,4 MPa bosimgacha o'zgarmas hajmda isitildi. Bug'ni isitish uchun sarflangan issiqlik miqdorini aniqlang?

Yechish: $P = 1 \text{ MPa}$ bosimda quruq to'yingan bug'ning parametrlari quyidagicha: $v'' = 0,1945 \text{ m}^3/\text{kg}$ va entalpiyasi $h'' = 2777,8 \text{ kJ/kg}$. Demak, uning ichki energiyasi:

$$u'' = h'' - P_1 V'' = 2777,8 \cdot 10^3 - 10^6 \cdot 0,1945 = 2583,3 \text{ kJ/kg},$$

idishdagi bug'ning massasi: $m = \frac{V}{v''} = \frac{0,75}{0,1945} = 3,85 \text{ kg}$. Isitish uchun sarflangan issiqlik: $Q = m(u - u'') = 3,85 \cdot (2906,3 - 2583,3) = 1244 \text{ kJ}$.

405. hs –diagrammadan foydalanib 5 bar bosim uchun bug' hosil qilish issiqligini aniqlang.

Yechish: Suv bug'ining hs –diagrammasidan $P = 5 \text{ bar}$ izobarani aniqlaymiz. Izobarada har qanday quruqlik darajasi uchun 1-nuqtani olamiz va 1-2 izobar jarayonini tasvirlaymiz (2-nuqta quruq to'yingan bug') va keltirilgan issiqlikni hisoblaymiz: $q = h'' - h_1 = r(1 - x)$. Masalan, 1-nuqta: $P_1 = 5 \text{ bar}$; $x = 0,8$; $h_1 = 2340 \text{ kJ/kg}$; 2-nuqta: $P_2 = 5 \text{ bar}$; $h_2 = 2570 \text{ J/kg}$.

Demak, 5 bar bosim uchun bug' hosil qilish issiqligi:

$$r = \frac{h_2'' - h_1}{1 - x} = \frac{2750 - 2340}{1 - 0,8} = 2050 \text{ kJ/kg}$$

406. Sig'imi o'zgarmas bo'lgan idishda bosimi 30 bar va harorati 600°C bo'lgan 1 kg bug' turibdi. Bug'dan 400 kJ issiqlik olib ketildi. Idish ichidagi bug'ning bosimi va haroratini pasayishini aniqlang.

Yechish: hs –diagrammadan bug'ning boshlang'ich holatini aniqlaymiz:

1-nuqta ($P_1 = 30 \text{ bar}$; $t_1 = 600^\circ\text{C}$) – $h_1 = 3690 \text{ kJ/kg}$. Bug'ning ichki energiyasi: $u_1 = h_1 - P_1 V_1 = 880 \cdot 10^3 - 30 \cdot 10^5 \cdot 0,133 = 3290 \text{ kJ/kg}$.

Izoxor jarayonda issiqlik almashinuvi faqat ichki jarayonning o'zgarishi bilan bog'liq: Demak, $u_2 = u_1 - q = 3290 - 400 = 2890 \text{ kJ/kg}$.

2-nuqtadagi bosimni aniqlash uchun interpolyasiya usulidan foydalanamiz.

Buning uchun $v = 0,133 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$ izoxora chizig'ida ixtiyoriy ikkita nuqta olamiz, masalan $P_3 = 20 \text{ br}$ va $P_4 = 24 \text{ bar}$.

Diagrammadan ularning entalpiyasini aniqlab, ichki energiyasini hisoblaymiz:

$P_3 = 20$ bar uchun:

$$u_3 = 3080 \cdot 10^3 - 20 \cdot 10^5 \cdot 0,133 = 2820 \text{ kJ/kg};$$

$P_4 = 24$ bar uchun:

$$u_4 = 3310 \cdot 10^3 - 24 \cdot 10^5 \cdot 0,133 = 300 \text{ kJ/kg}.$$

Interpolyasiya orqali jarayon oxiridagi bosimni aniqlaymiz: $P_2 = 20 + \frac{(24-20)(2890-2820)}{3000-2820} = 23,5 \text{ bar}$. Diagrammadan 2-nuqtani topib, unga mos haroratni aniqlaymiz: $t_2 = 350^\circ\text{C}$.

407. Bug'ning quruqlik darajasi o'zgarmagan ($x = 0,9$) holda uning bosimi $P_1 = 20$ bardan $P_2 = 1$ bar gacha pasaydi. Jarayondagi issiqlikni, ichki energiya o'zgarishini va bug'ning ishini aniqlang.

Yechish: hs –diagrammada 1va 2 nuqtalarni belgilab, bu nuqtalardagi parometrlarni aniqlaymiz:

$$P_1 = 20 \text{ bar}; x = 0,9;$$

$$t_1 = 212^\circ\text{S}; h_1 = 2620 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; S_1 = 5,97 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad};$$

$$v_1 = 0,4 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$P_2 = 1 \text{ bar}; x = 0,9;$$

$$t_2 = 100^\circ\text{S}; h_2 = 2450 \text{ kJ/kg}; S_2 = 6,76 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad};$$

$$v_2 = 1,5 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Keltirilgan issiqlikni aniqlaymiz:

$$q = \frac{T_1 + T_2}{2} \Delta S = \frac{485 + 373}{2} (6,76 + 5,97) = 339 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

Ichki energiyaning o'zgarishi:

$$\Delta u = (2450 \cdot 10^3 - 10^5 \cdot 1,5) - (2620 \cdot 10^3 - 20 \cdot 10^5 \cdot 0,11) = -137,5 \text{ kJ/kg}.$$

Termodinamikaning birinchi qonunidan ishni hisoblaymiz:

$$l = q - \Delta u = 339 - (-137,5) = 485,5 \text{ kJ/kg}.$$

408. Bug' turbinali qurilmaning ideal Renkin siklida bug'ning turbinadan

oldingi bosimi 50 bar va harorati 400°C . 1 kg bug'ning ishini, 1 kilovatt . soat uchun bug' va issiqlik sarfini va termik f.i.k ni aniqlang. Turbina kondensatoridagi vakuum 95%, barometrik bosim 700mm.sim.ust. ga teng.

Yechish: Kondensatordagi absolyut bosim:

$$P_2 = \frac{P_{\text{bar}}(1 - 0,95)}{735,6} = \frac{700 \cdot (1 - 0,95)}{735,6} = 0,046665 \text{ bar}$$

Masalada berilgan kattaliklarni aniqlash uchun diagrammada bug'ning turbinada 1-2 adiabat kengayish chizig'ini o'tkazamiz. Nuqtadagi parametrlar:

$$h_1 = 3200 \text{ kJ/kg}; h_2 = 2020 \text{ kJ/kg}; t_2 = 32^{\circ}\text{C}$$

$$1 \text{ kg bug'ning ishi } l_s = h_1 - h_2 = 3200 - 2020 = 1180 \text{ kJ/kg.}$$

$$1 \text{ kilovatt . soat uchun bug'ning solishtirma sarfi: } G = \frac{3600}{l_u} = \frac{3600}{1180} =$$

$$3,05 \frac{\text{kg}}{\text{kVt} \cdot \text{soat}}.$$

$$\text{Siklning termik f.i.k: } \eta_t = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_2} = \frac{3600 - 2020}{3200 - 32} = 0,384.$$

$$1 \text{ kilovatt. soat uchun issiqlikning solishtirma sarfi: } q = \frac{3600}{\eta_t} = - \frac{3600}{0,384} =$$

$$9375 \frac{\text{kJ}}{\text{kVt} \cdot \text{soat}}.$$

409. To'yingan bug'ning 85,4 at bosimidagi haroratini aniqlang.

$$\text{J: } t'' = 298,34^{\circ}\text{C}$$

410. To'yingan bug'ning qandaydir bir bosimdagi harorati $305,5^{\circ}\text{C}$ ga teng.

Bug'ning bosimi qanday?

$$\text{J: } P = 92,9 \text{ bar.}$$

411. Turbina kondensatoridagi siyraklanish 94% ga teng. Agar barometrik bosim 730 mm.sim.ust ga va harorat 0°C ga teng bo'lsa, kondensatordagi absolyut bosimni aniqlang.

$$\text{J: } P = 0,0587 \text{ bar}$$

412. Bug' turbinasining kondensatoridagi absolyut bosim 0,04 at. Agar 25°C haroratdagi barometrik bosim 720 mm.sim.ust ga teng bo'lsa, kondensatordagi vakuumni foyizlarda aniqlang.

$$\text{J: Vakuum } 96\%$$

413. Suv bug'i jadvallaridan foydalanib 5 at bosimdagi va namliqi 15% bo'lgan bug'ning solishtirma hajmini, entalpiya, ichki energiya va entropiyasini aniqlang.

J: $v_x = 0,324 \text{ m}^3/\text{kg}$; $h_x = 2430 \text{ kJ/kg}$;

$u_x = 2270 \text{ kJ/kg}$; $s_x = 6,1 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$.

414. Shar shaklidagi idishning yuqori qismida quruq to'yingan bug', pastki qismida to'yingan holatdagi suv turibdi. Agar idishning ichki diametri 1m va ichidagi bosim 20 at ga teng bo'lsa, suvning og'irligi bug'ning og'irligidan nechcha marta katta bo'ladi?

J: 86,5 marta.

415. Bug'ning 30 at bosimdagi zichligi $14,71 \text{ kg/m}^3$ ga teng. Bug'ning holatini, solishtirma hajm, entalpiya va entropiyasini aniqlang.

J: Bug' quruq; $v'' = 0,06798 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$; $h'' = 2800 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; $s'' = 6,2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$.

416. Bug'ning 245°C haroratdagi entalpiyasi 630 kkal/kg ga teng. Bug'ning holatini, zichligi va ichki energiyasini aniqlang.

J: Nam to'yingan bug'; $\rho_x = 20,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $u_x = 2460 \text{ kJ/kg}$.

417. Bug'ning 66 at bosimidagi solishtirma hajmi $0,04675 \text{ m}^3/\text{kg}$ ga teng. Bug'ning holatini, harorat, entalpiya va entropiyasini aniqlang.

J: Nam to'yingan bug'; $h = 3260 \text{ kJ/kg}$; $s = 6,64 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$.

418. Diametri 600 mm va uzunligi 2500 mm bo'lgan po'lat silindrik rezervuar bosimi $P_1 = 20 \text{ at}$ bo'lgan quruq to'yingan bug' bilan to'ldirilgan. Rezervuarga issiqlik keltirilishi natijasida bug'ning bosimi $P_2 = 35 \text{ at}$ ga qadar ko'tarildi. Bug'ning ohirgi haroratini va keltirilgan issiqlikni aniqlang.

J: $t_2 = 501,3^\circ\text{C}$; $Q = 3565 \text{ kJ}$.

419. Bosimi 80 bar bo'lgan quruq to'yingan bug'ni harorati 500°C bo'lgan o'ta qizigan bug' holatiga o'tkazish uchun zarur bo'lgan issiqlikni aniqlang. O'ta qizigan bug'ning entalpiyasi quruq to'yingan bug'ning entalpiyasidan qancha ko'p?

J: $q = 614 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; 23,3 % ga.

420. Qozon agregatining bug' qizdirgichida bug'ni o'ta qizdirish uchun sarflangan issiqlikni aniqlang. Bug'ning bug' qizdirgichga kirishidan oldingi bosimi 60 bar va namliqi 0,5%. Bug'ning ohirgi harorati 500°C . Bug'ning o'ta qizishi natijasida $P = \text{const}$ da kengayish ishini aniqlang.

$$\text{J: } q = 647,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; \quad l = 146000 \text{ kJ/kg.}$$

421. Oraliq bug' qizdirgichga turbinadan bosimi $P_1 = 12 \text{ bar}$ bo'lgan 60 t/soat quruq to'yingan bug' uzatilmoqda va natijada uning harorati 400°C ga qadar ko'tarildi. Bug'ni o'ta qizdirish uchun 1 soatda sarflangan issiqlik miqdorini aniqlang.

$$\text{J: } Q = 28,7 \cdot 10^6 \text{ kJ/soat.}$$

422. Unumdorligi 30 t/soat bo'lgan bug' qizdirgichga $21 \cdot 10^6 \text{ kJ/soat}$ issiqlik uzatilmoqda. Agar bug' qizdirgichga quruq to'yingan bug' o'rniga namliqi 1,5% bo'lgan bug' yuborilsa o'ta qizigan bug'ning harorati qanchaga pasayadi? Bug'ning bosimi $p = 60 \text{ bar}$.

$$\text{J: } 10,7^{\circ}\text{C ga}$$

423. Silindr porsheni ostida bosimi $P_1 = 23 \text{ bar}$ va harorati 300°C bo'lgan o'ta qizigan bug' turibdi. Porshen silindri ostidan 1000 mm uzoqliqda joylashgan. Yuk ta'sirida porshen 400 mm masofaga siljib bug'ni siqmoqda. Siqish uchun sarflangan ishni va olib ketilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

$$\text{J: } L=64000 \text{ kJ}; \quad Q=4365 \text{ kJ.}$$

424. Quruq to'yingan bug' $P_1 = 40 \text{ bar}$ bosimdan $t = \text{const}$ da $P_2 = 10 \text{ bar}$ bosimgacha kengaymoqda. Bug'ning bajargan ishini aniqlang.

$$\text{J: } \ell = 338 \text{ kJ/kg.}$$

425. 1 kg nam bug' 30 bar bosimdan $P_2 = 2 \text{ bar}$ bosimgacha o'zgarmas haroratda kengaymoqda. Bug'ning namlik darajasi 10%. Jarayonning ishini aniqlang.

$$\text{J: } \ell = 777 \text{ kJ/kg.}$$

426. O'ta qizigan bug'ning boshlang'ich parametrlari quyidagicha: $P_1 = 60 \text{ bar}$ va $t_1 = 400^{\circ}\text{C}$. Agar bug' $P_2 = 3 \text{ bar}$ bosimgacha adiabat kengaysa,

jarayon oxiridagi bug'ning namliqini aniqlang.

J: $(1 - x) = 8,3\%$.

427. Bosimi $P_1 = 5 \text{ bar}$ va namliqi 10% bo'lgan nam to'yingan bug' adiabat bo'yicha $P_2 = 50 \text{ bar}$ bosimgacha adiabat siqilmoqda. Siqish oxiridagi bug'ning holatini va parametrlarini aniqlang.

J: o'ta to'yingan bug': $t_2 = 322,6^\circ\text{C}$; $S_2 = 6,35 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; $v_2 = 0,0495 \text{ m}^3/\text{kg}$.

428. Bosimi $P_1 = 5 \text{ bar}$ va namliqi 80% bo'lgan ideal bug' kompressorda $P_2 = 250 \text{ bar}$ bosimgacha adiabat siqilmoqda. Bug'ning kompressordan chiqishdagi holatini va 1 kg bug'ni siqish uchun sarflangan ishni aniqlang.

J: Siqish ohirida harorati $t_2 = 261,54^\circ\text{C}$ bo'lgan qaynayotgan suv; $\ell = 82150 \text{ kJ/kg}$.

429. Boshlang'ich bosimi $P_1 = 20 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 500^\circ\text{C}$ bo'lgan o'ta qizigan bug' $P_2 = 3 \text{ bar}$ bosimgacha adiabat kengaymoqda. Butun jarayon bo'yicha adiabat ko'rsatkichini o'zgarmas hisoblab, uning qiymatini aniqlang.

J: $k = 1,29$

430. Jarayon o'zgarmas 20% lik namlikda ro'y bermoqda. Agar bosim 1 bardan 20 bar gacha o'zgarsa, issiqlik miqdorini, ichki energiya o'zgarishini va jarayon ishini aniqlang.

J: $q = -250,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; $\Delta u = 173,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; $l = -424000 \text{ kJ/kg}$.

431. Parametrlari $P_1 = 30 \text{ bar}$ va $x_1 = 0,85$ bo'lgan nam to'yingan bug' $P_2 = 5 \text{ bar}$ bosimgacha drossellanmoqda. Drossellashdan so'ngi bug'ning holatini, solishtirma hajm, quruqlik darajasi va haroratini aniqlang.

J: Nam to'yingan bug'; $v_2 = 0,344 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$; $x_2 = 0,9$; $t = 151,11^\circ\text{C}$.

432. Ideal bir bosqichli kompressorda bosimi $P_1 = 2 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 150^\circ\text{C}$ bo'lgan o'ta qizigan bug' $P_2 = 30 \text{ bar}$ bosimgacha siqilmoqda 5 kg bug'ni adiabat siqish uchun kompressorda sarflangan ishni aniqlang.

J: $\ell = 362000 \text{ kJ/kg}$.

433. Quruq to'yingan bug'ning $P = 50 \text{ bar}$ bosimdagi parametrlarini

h_s –diagramma va suv bug'i jadvallari bo'yicha aniqlang.

J: Diagramma bo'yicha $h'' = 2800 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; $s'' = 5,97 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \text{grad}$; jadval bo'yicha $h'' = 2795 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \text{grad}$; $s'' = 5,980 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$.

434. Bug'ning entropiyasi $7,25 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$ va bosimi 10 bar ga teng. Bug'ning ichki energiyasini va holatini aniqlang.

J: $u = 2855 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; bug' o'ta qizigan.

435. Bosimi 50 bar bo'lgan bug'ning entalpiyasi 3150 kJ/kg ga teng. Bug'ning haroratini, entropiya va ichki energiyasini aniqlang.

J: $t = 380^\circ\text{C}$; $s = 6,556 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \text{grad}$; $u = 2865 \text{ kJ/kg}$.

436. Hajmi $0,005 \text{ m}^3/\text{kg}$ bo'lgan quruq to'yingan bug'ni o'zgarmas hajmda 650°C gacha qizdirish uchun kerak bo'ladigan issiqlikni aniqlang.

Bosim qanday o'zgaradi?

J: $q = 753 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; bosim 2,07 marta ortadi.

437 .Boshlang'ich bosimi 1 bar va harorati 250°C bo'lgan o'ta qizigan bug' izotermik siqilmoqda. Agar jarayon ohirida bug'ning namliqi 15% ga teng bo'lsa, olib ketilgan issiqlikni, ichki energiya o'zgarishini va siqish uchun sarflangan ishni aniqlang.

J: $q = -1282 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; $\Delta u = -356 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; $\ell = -926 \text{ kJ/kg}$.

438. Qozon agregati bosimi 15 bar bo'lgan bug'ni ishlab chiqarmoqda. Korhona sexi oladigan bug'ning bosimi $P_2 = 2 \text{ bar}$ va harorati 200°C bo'lishi uchun o'ta qizigan bug'ning harorati qanday bo'lish kerak?

Bosim reduksion klapanda 15 bar dan 2 bar gacha pasayadi.

J: $t = 227^\circ\text{C}$

439. Bug'-turbinali qurilmaning (Renkin sikli) termik f.i.k ni o'zgarishini quyidagi boshlang'ich holatlar uchun aniqlang: $P=100, 80, 60, 40$ va 20 bar ; bug'ning boshlang'ich harorati 400°C . Barcha holatlar uchun kondensatordagi vakuum barometrik bosim $735,6 \text{ mm.sim.ust}$ da 96% ga teng. Boshlang'ich

bosimlardagi bug'ning kengayish ohiridagi namliqini aniqlang.

J: $P_1 = 100; 80; 60; 40; 20 \text{ bar}$; $\eta_t = 0,41; 0,407; 0,395; 0,381; 0,352$;
(1-x)=29; 26,2; 24; 21,3; 16,8%.

440. Bug' turbinali qurilmaning samaradorligiga bug'ni 300, 400, 500 va 600°C gacha qizdirish qanday ta'sir qiladi? Boshlang'ich bosim 30 bar va kondensatordagi vakuum barometrik bosim 760 mm.sim.ust. da 95% teng.

J: $\eta_t = 0,347; 0,362; 0,374; 0,392$.

441. Ikkita bug' turbinali qurilmada boshlang'ich parametrlar bir hil: $P_1 = 130 \text{ bar}$; $t_1 = 565^\circ\text{C}$; kondensatordagi bosim $P_2 = 0,035 \text{ bar}$. Agar turbinalarning birida bug' $P_0 = 30 \text{ bar}$ da boshlang'ich haroratgacha oraliq bosqichda adiabatik kengaysa, bug'ning solishtirma sarflarini aniqlang.

J: $G_1 = 2,36 \text{ kg/kVt} \cdot \text{soat}$; $G_2 = 1,955 \text{ kg/kVt} \cdot \text{soat}$.

442. Bug' turbinali qurilmada quruq to'yingan bug'ning bosimi $P_1 = 29 \text{ bar}$ va harorati $t_1 = 230^\circ\text{C}$. Agar kondensatordagi bosim 0,04 dan 0,06 bar gacha ortsa, termik f.i.k. ni o'zgarishini aniqlang. Bug'-turbinali qurilma Renkin sikli bo'yicha ishlamoqda.

J: $\eta_t = 34,8 \text{ va } 33,7\%$

443. Suv bug'i jadvalidan harorati 200°C bo'lgan quruq to'yingan bug'ning bosimini, zichligi, entalpiya va entropiyasini aniqlang.

J: $P = 1,555 \text{ MPa}$; $\rho'' = 7,862 \text{ kg/m}^3$; $h'' = 2793 \text{ kJ/kg}$; $s'' = 6,4318 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$.

444. Agar 1,5 MPa bosimda bug'ning harorati 300°C ga teng bo'lsa ,qizdirish darajasini aniqlang. Agar bug'ning entalpiyasi 3033 kJ/kg ga teng bo'lsa, qizdirish issiqligini aniqlang.

Yechish: 1,5 MPa bosim uchun to'yinish harorati $198,28^\circ\text{C}$ ga teng. U holda qizdirish darajasi $\Delta t = 300 - 198,28 = 101,72^\circ\text{C}$.

O'ta qizigan bug'ning entalpiyasi: $h = h'' + q_{qiz}$. Bu erda h'' —quruq to'yingan bug'ning entalpiyasi. 1,5 MPa bosimda $h'' = 2792 \text{ kJ/kg}$, u holda $q_{qiz} = 3033 - 2792 = 341 \text{ kJ/kg}$.

445. Qaynayotgan suvni 10 MPa bosimdagi haroratini, solishtirma xajmi va entalpiyasini aniqlang.

J: $t = 310,96^{\circ}\text{C}$; $v' = 0,00145 \text{ m}^3/\text{kg}$; $h' = 1407,7 \text{ kJ/kg}$.

446. Agar suv bug'ining bosimi 1 MPa va entalpiyasi 2700 kJ/kg ga teng bo'lsa, bug'ning xolatini aniqlang.

J: Nam to'yingan bug', $x = 0,92$.

447. 2 m^3 suv bug'ining 4 MPa bosimdagi harorati 460°C ga teng bo'lsa, suv bug'ining massasini aniqlang.

J: 24.6 kg.

448. Freon-12 ni bug'lanish harorati -20°C va kondensasiya harorati 30°C dagi massaviy va nazariy hajmiy sovitish unumdorligini aniqlang.

J: $q_0 = 126,13 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$; $q_v = 1140 \text{ kJ/m}^3$.

449. Freonli sovitish mashinasining -15°C -bug'lanish haroratida va 50°C -kondensasiya haroratida sovitish unumdorligi 9,3 kVt ga teng, kompressorning quvvati 5,8 kVt ga teng. Sovitish koeffisientini va kondensasiya harorati 30° gacha pasayganda sovitish unumdorligi o'zgarishini aniqlang. Hisoblashda kompressorni uzatish koeffisientini o'zgarmas deb hisoblang.

J: $\varepsilon = 1,6$; $Q'_v = 11,27 \text{ kVt}$.

450. Freonli sovitish mashinasining sovitish unumdorligi 840000 kJ/soat. Bug'ning harorati -10°C , kondensasiya harorati 25°C va sozlovchi ventil oldidagi harorat 20°C ga teng. Agar bug'lanish harorati -15°C , kondensasiya harorati 30°C va sozlovchi ventil oldidagi harorat 25°C ga teng bo'lsa, sovitish unumdorligini aniqlang. Kompressorda bosimlar nisbati ortishi bilan uzatish koeffisienti 8% ga kamayadi deb hisoblansin.

J: $Q_0 = 685000 \text{ kJ/soat}$.

451. Sovitish unumdorligi 418600 kJ/soat bo'lgan ammiakli kompression sovitish mashinasining hajmiy sovitish unumdorligini (m^3/soat) aniqlang. Bug'lanish harorati -20°C va kondensasiya harorati 30°C ga teng.

J: $238,5 \text{ m}^3/\text{soat}$.

452. Agar issiqlikdan foydalanish ko'effisienti $\xi_x = 0,36$ va issiqlik manbaidan generatorga $Q_g = 10 \text{ GJ/soat}$ issiqlik keltirilsa, absorbsion sovitish mashinasining sovitish unumdorligini aniqlang.

J: $Q_g = 1 \text{ kJ/s}$.

453. Absorsion sovitish mashinasining sovitish unumdorligi $Q_g = 0,5 \text{ kJ/s}$ ga teng. Issiqlikdan foydalanishning haqiqiy ko'effisienti $\xi_x = 0,4$ ga teng. Kondensator va absorberdan olib ketilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

J: $Q = 1,65 \text{ kJ/soat}$.

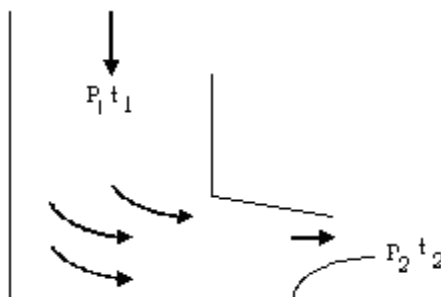
454. Agar issiqlikdan foydalanish ko'effisienti $\xi_x = 0,37$ ga teng bo'lsa, absorbsion sovitish mashinasining termodinamik ko'effisientini aniqlang. Boshlang'ich ma'lumotlar: issiqlik manbaining harorati -135°C ; bug'lanish harorati -28°S ; atrof-muxit harorati 20°S .

J: $k = 0,257$.

X BOB

BUG' VA GAZLARNING OQISHI

Gazlarning soplodan oqib chiqishida uning tezligini va sarfini bilish lozim. Buning uchun $\frac{p_2}{p_1}$ nisbatni aniqlash lozim. Aniqlangan qiymatni bosimlarni kritik nisbati bilan taqqoslanadi.



32-rasm. Gazlarning soplodan oqib chiqishi.

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{KP} = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (235)$$

Bir atomli gazlar uchun: $k=1,67$

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{KP} = 0,487 \quad (236)$$

Ikki atomli gazlar uchun: $k=1,4$

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{KP} = 0,528 \quad (237)$$

Uch va ko'p atomli gazlar uchun: $k = 1,29$

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{KP} = 0,546 \quad (238)$$

Agar gazning adiabat oqishi $\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \leq \left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{KP}$ sharoitda ro'y bersa, u xolda gazning torayib boruvchi soplodan chiqishdagi nazariy tezligi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$c = \sqrt{2 \frac{k}{k-1} P_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (239)$$

yoki

$$c = \sqrt{2 \frac{k}{k-1} R_1 T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (240)$$

$$c = \sqrt{2(h_1 - h_2)} \quad (241)$$

bu erda: h_1 va h_2 —gazning boshlang'ich va oxirgi holatdagi entalpiyasi,

Agar entalpiya kkal/kg da berilsa:

$$c = \sqrt{2(h_1 - h_2) \cdot 1000 \cdot 4,9} = 91,53 = \sqrt{h_1 - h_2} \quad (242)$$

Gazning sarfi:

$$M = f \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \frac{P_1}{v_1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad (243)$$

bu erda: f -soplonning chiqish kesimi, m^2 .

Agar adiabat oqish $\left(\frac{P_2}{P_1} \right) \leq \left(\frac{P_2}{P_1} \right)_{KP}$ sharoitda ro'y bersa, u xolda nazariy tezlik kritik tezlikka teng bo'ladi:

$$c_{kr} = \sqrt{2 \frac{k}{k+1} P_1 v_1} \quad (244)$$

$$c_{kr} = \sqrt{2(h_1 - h_{KP})} \text{ (h-J/kg)} \quad (245)$$

$$c_{kr} = \sqrt[44,76]{h_1 - h_{KP}} \text{ (h-kJ/kg)} \quad (246)$$

$$c_{kr} = \sqrt[91,53]{h_1 - h_{KP}} \text{ (h-kkal/kg)} \quad (247)$$

Ikki atomli gazlar uchun:

$$c_{kr} = 1,08 \sqrt{P_1 \cdot v_1} \quad (248)$$

yoki

$$c_{kr} = 1,08 \sqrt{RT_1} \quad (249)$$

Gazning sarfi:

$$M_{\max} = f \sqrt{2 \frac{k}{k+1} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}} \frac{P_1}{v_1} \left[\frac{\text{кг}}{\text{сек}} \right]} \quad (250)$$

Ikki atomli gazlar uchun:

$$M_{\max} = 0,686 \cdot f \sqrt{\frac{P_1}{v_1}} \quad (251)$$

Uch atomli gazlar uchun:

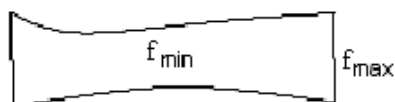
$$M_{\max} = 0,667 \cdot \sqrt{\frac{P_1}{v_1}} \quad (252)$$

-Laval soplosi uchun:

$$f_{\min} = \frac{M_{\max} \cdot V_{KP}}{C_{KP}} M^2 \quad (253)$$

Ikki atomli gazlar uchun:

$$f_{\min} = \frac{M_{\max}}{0,686 \sqrt{\frac{P_1}{v_1}}} \quad (254)$$



33- rasm. Laval soplosi

Uch atomli gazlar uchun:

$$f_{\min} = \frac{M_{\max}}{0,667 \sqrt{\frac{P_1}{v_1}}} \quad (255)$$

Soplonning chiqish kesimi:

$$f_{\max} = f_{\min} \frac{C_{KP} \cdot v_2}{CV_{KP}} \quad (256)$$

Bu erda: $v_2 = v_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{K}}$ gazning p_2 bosimdagi solishtirma hajmi.

Soplonning kengayib boruvchi qismining uzunligi:

$$\ell = \frac{d - d_{\min}}{2tg^{\frac{a}{2}}} \quad (257)$$

bu erda: d va $d_{\min}$ –kesimning chiqishdagi va minimal diametri.

a -konuslilik burchagi.

Suv bug'i oqishidagi umumiy qonunlar gazlar oqishidagi qonunlarga mosdir.

Aniq xisoblar uchun suv bug'i oqishida quyidagi formulalardan foydalanish lozim:

$$\frac{P_2}{P_1} \leq \left(\frac{P_2}{P_1} \right) Kp \text{ xolda: } c = \sqrt{2(h_1 - h_2)} \quad (258)$$

$$M = \frac{f \cdot c}{v_2} \quad (259)$$

$$\frac{P_2}{P_1} \leq \left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{\text{xolda}}: c_{\text{kr}} = \sqrt{2(h_1^1 - h_{KP})} \text{ (h-J/kg)} \quad (260)$$

$$c_{\text{kr}} = 44,76 \sqrt{h_1 - h_{KP}} \text{ (h-J/kg)} \quad (261)$$

$$c_{\text{kr}} = 91,53 \sqrt{h_1 - h_{KP}} \text{ (h-kkal/kg)} \quad (262)$$

Bug' sarfi:

$$M_{\text{max}} = f \sqrt{2 \frac{h_1 - h_{KP}}{V_{KP}}} f \text{ (h-kJ/kg)} \quad (263)$$

$$M_{\text{max}} = \frac{44,76 \sqrt{h_1 - h_{KP}}}{V_{KP}} \text{ (h-kJ/kg)} \quad (264)$$

$$M_{\text{max}} = \frac{91,53 \sqrt{h_1 - h_{KP}}}{V_{KP}} \text{ (h-kkal/kg)} \quad (265)$$

Coplonning ko'ndalang kesimi:

$$f_{\text{min}} = \frac{M_{\text{max}} \cdot v_{KP}}{c_{KP}} \quad (266)$$

$$f = \frac{mv_2}{c} \quad (267)$$

Soplo kengayib boradigan qismining uzunligi:

$$\ell = \frac{d - d_{\text{min}}}{2tg \frac{\alpha}{2}} \quad (268)$$

Ishqalanishni hisobga olsak, kinetik energiyani isrofi:

$$\frac{c^2 - c_x^2}{2} = \xi \frac{c^2}{2} \quad (269)$$

ya'ni:

$$c_x = c \sqrt{1 - \xi} \quad (270)$$

$$\sqrt{1 - \xi} = \varphi \text{ (211) desak, } c_x = c^1 = \varphi s \quad (271)$$

bu erda: c_x – oqib chiqishning xaqiqiy tezligi.

φ – soplanning tezlik koeffisienti.

$\xi = 1 - \varphi^2$ -energiyaning soploda yo'qotilishi.

Gaz oqimini drossellash.

Quvurning tor joyidan o'tganda gaz bosimining pasayish xodisasi gazning

drossellanishi deyiladi. Ideal gaz drossellanganda harorat o'zgarmasdan qoladi. Real gazlar drossellanganda, ayniqsa yuqori bosimlarda haroratning pasayishi kuzatiladi. Bu xodisa Joule–Tomson drossellash effekti deb ataladi. Drossellash bo'yicha masalalarni Ts-diagrammadan foydalanib yechish mumkin.

455. Bosimi $P_1=15$ bar va harorati $t_1=100^\circ\text{C}$ bo'lgan xavo, diametri $d=10$ mm bo'lgan soplodan bosimi $P_2=2$ bar bo'lgan muhitga oqib chiqmoqda. Agar soploning tezlik koeffisienti $V=0,8$ bo'lsa, xavoning oqib chiqish tezligini va 1 sek. dagi sarfini aniqlang.

J: $C=283$ m/sek; $b=0,917$ kg/sek

456. Bosimi $P_1=15$ bar bo'lgan quruq to'yingan bug' torayib boruvchi soplodan bosimi $P_2=0,04$ bar bo'lgan muhitga oqib chiqmoqda. Agar soplo diametri $d=5$ mm bo'lsa, bug'ning oqib chiqish nazariy tezligini va 1 sek dagi sarfini aniqlang.

J: $C=458$ m/sek; $G=0,0423$ kg/sek.

457. Reaktiv samolyot $W=3600$ km/soat tezlik bilan uchmoqda. Xavoni tormozlanishini adiabat hisoblab, samolyot qanotining oldi qismi haroratini aniqlang. Xavoning harorati $t=-20^\circ\text{C}$ va issiqlik sig'imi $c_p=1,005$ kJ/kg.grad.

J: 753 K.

458. Meteorit xavoning zich qatlamlaridan 7500 m/sek tezlikda o'tsa, uning oldi yuzasi harorati qanday o'zgaradi. Xavo uchun $c_p=1,005$ kJ/kg.grad, tormozlanishni adiabat hisoblang.

J: $\Delta T=28100$ K.

459. Bosimi $P_1=100$ bar va harorati $t_1=15^\circ\text{C}$ bo'lgan xavo idishdan atmosferaga ichki diametri 10 mm bo'lgan trubka orqali oqib chiqmoqda. Xavoning oqib chiqish tezligini va 1 sek dagi sarfi aniqlansin.

Atrof–muhit bosimi 1 bar. Xavoning kengayishini adiabatik hisoblang.

Yechish:

P_2/P_1 nisbatni aniqlaymiz. Bu kattalik 1/100 ga teng, demak, ushbu kattalik xavo uchun bosimlarning kritik nisbatidan (0,528) kichik, shuning uchun oqib chiqishdagi tezlik kritik tezlikka teng bo'lib, u quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$c_{kr} = 1,08 \sqrt{RT_1} = 1,08 \sqrt{287 \cdot 288} = 310 \text{ m/sek.}$$

1 sek dagi sarf:

$$M_{\max} = 0,686; \quad f \sqrt{\frac{P_1}{v_1}}$$

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,01^2}{4} = 0,0000785 \text{ m}^2$$

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 288}{100 \cdot 10^5} = 0,00827 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Demak:

$$M_{\max} = 0,686 \cdot 0,0000785 \sqrt{\frac{100 \cdot 10^5}{0,00827}} = 1,87 \text{ kg/sek}$$

460. Bosimi $P_1=60$ bar va harorati $t_1=27^\circ\text{C}$ bo'lgan xavo bosimi $P_2=40$ bar bo'lgan muhitga oqib chiqmoqda. Xavoning adiabat oqishidagi nazariy tezligini va oxirgi haroratining aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad c=257 \text{ m/sek}; \quad t_2=-6^\circ\text{C.}$$

461. Agar $P_1=70$ bar; $P_2=45$ bar; $t_1=50^\circ\text{C}$; $f=10 \text{ mm}^2$ bo'lsa, azotning adiabat oqishidagi nazariy tezligini va 1 sek dagi sarfini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad c=282 \text{ m/sek}; \quad M=0,148 \text{ kg/sek.}$$

462. Bosimi $P_1=1$ bar va harorati $t_1=15^\circ\text{C}$ bo'lgan xavo rezervuardan oqib chiqmoqda. P_2 bosimni qanday qiymatida adiabat oqishdagi nazariy tezlik kritik tezlikka teng bo'ladi? Kritik tezlikni miqdorini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad P_{2KR}=0,528 \text{ bar}; \quad c_{kr}=310 \text{ m/sek.}$$

463. Gaz turbinasi soplosiga yonish maxsulotlari $P_1=10$ bar va $t_1=600^\circ\text{C}$ harorat bilan keltirilmoqda. Soplo orqasidagi bosim $P_2=1,2$ bar. Soplodagi gazning sarfi $M=1440 \text{ kg/soat}$. Soploning o'lchamlarini aniqlang. Oqib chiqishni adiabat hisoblab, yonish mahsulotlari xavo xossalariga ega deb oling. Konuslik burchagi 10° ga teng.

$$\mathbf{J:} \quad d_{\min}=19.4 \text{ mm}; \quad d=25 \text{ mm}; \quad \ell=32 \text{ mm.}$$

464. Agar $P_1=8$ bar va $t_1=20^\circ\text{C}$, soplodan chiqishdagi atrof–muhit bosimi $P_2=1$ bar bo'lsa, xavoning Laval soplosidan adiabat oqishdagi nazariy tezligini aniqlang. Hisoblangan tezlikni kritik tezlik bilan taqqoslang.

J: $c=514$ m/sek; $c_{kr}=313$ m/sek.

465. Qozondagi bug'ning bosimi $P_1=12$ bar, harorati $t_1=300^\circ\text{C}$. Barometrik bosim 750 mm.sim.ust. ga teng. Bug'ning kengayishini adiabat hisoblab, uning qozondan atmosferaga oqib chiqishidagi nazariy tezligini aniqlang.

Yechish:

Bosimlar nisbati $P_2/P_1=1/12=0,0834$, ya'ni u bosimlarning kritik nisbatidan (0,545) kichik. Demak, agar oqib chiqish kengayuvchi soplo orqali bo'lmasa, u xolda oqib chiqish tezligi kritik tezlikka teng bo'ladi.

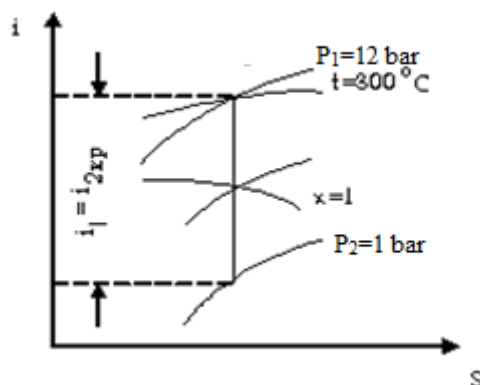
O'ta qizigan bug' uchun bu tezlik quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$c=44,76 \sqrt{h_1 - h_{KP}} \text{ m/sek}$$

h_{kr} ni aniqlash uchun P_{kr} ni aniqlaymiz:

$$P_{kr}=P_1(P_2/P_1)_{kr}=12 \cdot 0,546=6,6 \text{ bar.}$$

$P_1=12$ bar va $t=300^\circ\text{C}$ ni xarakterlovchi nuqtadan (34-rasm) $P_{2K}=6,6$ bar izobara chizig'iga adiabata o'tkazamiz.



34-rasm

$$h_1 - h_{kr} = 148 \text{ kJ/kg}$$

Shunday qilib,

$$c_{kr}=44,76 \sqrt{148} = 545 \text{ m/sek}$$

466. Yyqoridagi masalani bug' Laval soplosidan oqib chiqish xoli uchun eching.

J: $c=990$ m/sek.

467. Boshlang'ich parametrlari $P_1=18$ bar va quruqlik darajasi $x_1=0,92$

bo'lgan nam bug', bosimi $P_2=12$ bar bo'lgan muhitga oqib chiqmoqda. Soploning ko'ndalang kesim yuzasi $f=20 \text{ mm}^2$. Bug'ning adiabat oqishidagi nazariy tezlikni va sarfini aniqlang.

J: $c=380 \text{ m/sek}$; $M=0,05 \text{ kg/sek}$.

468. Bug'ning parametrlari quyidagicha: $P_1=16 \text{ bar}$; $t_1=300^\circ\text{C}$; $P_2=1 \text{ bar}$. Bug'ning soploda kengayishini adiabat hisoblab, Laval soplosidan oqishidagi nazariy tezlikni aniqlang.

J: $c=1040 \text{ m/sek}$.

469. Bosimi $P_1=16 \text{ bar}$ va harorati $t_1=400^\circ\text{C}$ bo'lgan o'ta qizigan suv bug'i soploda $P_2=1 \text{ bar}$ bosimgacha adiabat kengaydi. Soplodan chiqayotgan bug'ning miqdori $M=4,5 \text{ kg/sek}$. Soploning minimal kesimi va chiqish yuzasi aniqlansin.

Yechish:

Soploning minimal kesim yuzasi quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$f_{min} = \frac{M_{max}}{0,667 \sqrt{\frac{P_1}{v_1}}} m^2$$

Solishtirma hajm $v = 0,1899 \text{ m}^3/\text{kg}$ ga teng. (o'ta qizigan bug' uchun $P=16 \text{ bar}$ va $t_1=400^\circ\text{C}$ da).

$$f_{min} = \frac{4,5}{0,667 \sqrt{\frac{16 \cdot 10^5}{0,1899}}} = 0,00233 m^2$$

$$f_{min} = 23,3 \text{ sm}^2$$

Chiqishdagi soploning kesimi:

$$f = \frac{Mv_2}{c} = \frac{Mv_2}{44,76 \sqrt{h_1 - h_2}}$$

bu erda: v_2 —chiqishdagi bug'ning solishtirma hajmi.

hs-diagramma yordamida:

$$h_1 - h_2 = 607 \text{ kJ/kg}; \quad x_2 = 0,98^\circ\text{C} = 44,76 \quad \sqrt{607} = 1100 \text{ m/sek}$$

v_2 ni aniqlaymiz:

$$v_2 = 0,98 \cdot 1,694 = 1,66 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Shunday qilib,

$$f = \frac{4,5 \cdot 1,66}{1100} = 0,00685 \text{ m}^2 = 68,5 \text{ sm}^2$$

470. Bosimi 20 am va harorati $t_1=400^\circ\text{C}$ bo'lgan suv bug'i soploda adiabata bo'yicha $P_2=2$ am bosimgacha kengaydi. Soploning minimal kesimi va chiqishdagi kesimi hamda shu kesimdagi bug'ning tezligi aniqlansin. Bug'ning sarfi $M=4$ kg/sek. Bug'ning soploda kengayishi adiabata bo'yicha.

$$\mathbf{J:} \quad f_{\min} = 16 \text{ sm}^2; \quad f_{\max} = 36 \text{ sm}^2; \quad c_{kr} = 580 \text{ m/sek}; \quad c = 1050 \text{ m/sek}.$$

471. Bug' generatori 11 am bosimda 1800 kg/soat bug' ishlab chiqarmoqda. Bug' olish birdaniga to'xtasa, uning bosimi 11 am dan oshmasligi uchun saqlagich klapanini kesimi qanday bo'lishi kerak?

$$\mathbf{J:} \quad f_{\min} = 321 \text{ sm}^2$$

472. Bosimi $P_1=16$ am va quruqlik darajasi $x_1=0,95$ bo'lgan nam bug' Laval soplosidan bosimi $P_2=2$ am bo'lgan muhitga oqib chiqmoqda. Bug'ning sarfi $M=6$ kg/sek. Agar tezlik koeffisienti $\varphi=0,95$ ga teng bo'lsa, bug'ning oqib chiqishdagi xaqiqiy tezligi hamda Laval soplosining minimal va chiqishdagi kesimi aniqlansin.

$$\mathbf{J:} \quad f_{\min} 26,0 \text{ sm}^2 \quad f_{\max}=58,7 \text{ sm}^2, \quad c_1=787 \text{ m/sek}; \quad c_{kr}=448 \text{ m/sek}.$$

473. Xavoning quvur bo'yicha xarakatlanishida mahalliy qarshiliklar tufayli uning bosimi $P_1=8$ bar dan $P_2=6$ bar gacha kamaydi. Xavoning boshlang'ich harorati $t_2=20^\circ\text{C}$. Shu jarayonda xavoning haroratini o'zgarishi va entropiyasi aniqlansin. Drossellashdan so'ng xavoning harorati qanday bo'ladi?

Yechish:

Drossellashda xavoning entalpiyasi o'zgarmasligidan, xavoning oxirgi harorati boshlang'ich haroratga teng:

$$t_2 = t_1 = 20^\circ\text{C}.$$

Entropiyaning o'zgarishini aniqlaymiz:

$$\Delta s = c_p \ln T_2/T_1 - R \ln P_2/P_1$$

$$T_2 = T_1 \text{ ekanligidan,}$$

$$\Delta s = -R \ln P_2/P_1 = R \ln P_1/P_2 = 287 \cdot 2,3 \lg 8/6 = 82,5 \text{ kJ/kg.grad}$$

474. Harorati $t_1=200^\circ\text{C}$ bo'lgan 1 kg xavo 12 am bosimdan 7 am

bosimgacha drossellanyapti. Drossellangandan so'ngi xavoning entalpiyasi (0°C dagi entalpiya 0 ga teng) va entropiyaning o'zgarishi aniqlansin.

J: $h=48,3 \text{ kkal/kg}$; $\Delta s=0,0376 \text{ kkal/kg}\cdot\text{grad}$

475. Bosimi 18 bar va harorati $t_1=250^{\circ}\text{C}$ bo'lgan suv bug'i $P_2=10$ bar bosimgacha drossellanyapti. Drossellash oxiridagi bug'ning harorati va bug'ning o'ta qizish darajasi aniqlansin.

J: $t_2=234^{\circ}\text{C}$; $\Delta t=12^{\circ}\text{C}$.

476. Bosimi $P_1=12$ bar va quruqlik darajasi $x_1=0,9$ bo'lgan bug' $P_2=1$ bar bosimgacha drossellanyapti. Bug'ning oxirgi quruqlik darajasi aniqlansin.

J: $x_2=0,96$.

477. Bosimi $P_1=60$ bar va quruqlik darajasi $x_1=0,96$ bo'lgan bug' quruq to'yingan bug'ga o'tishi uchun uni qanday bosimgacha drossellash lozim?

J: $P_2=2,6$ bar

478. Bosimi $P_1=100$ bar va harorati $t_1=320^{\circ}\text{C}$ bo'lgan bug' $P_2=30$ bar bosimgacha drossellanyapti. Bug'ning oxirgi holat parametri va haroratining o'zgarishi aniqlansin.

J: $x_2=0,99$; $\Delta t=85^{\circ}\text{C}$.

479. Bug' turbinasida ishlab bo'lgan 125 t/soat miqdoridagi bug' kondensatorga kelyapti. Ishlab bo'lgan bug'ning bosimi $P_2=0,045$ am va quruqlik darajasi $x=0,89$. Agar bug'ning kondensator trubkasidagi tezligi $c=120$ m/sek bo'lsa, trubka diametrini aniqlang.

J: $d=3,22$ m.

480. Kislorod bilan to'ldirilgan rezervuardagi bosim $P_1=50$ bar. Gaz torayib boruvchi soplo orqali bosimi 40 bar bo'lgan muhitga oqib chiqmoqda. Kislorodning boshlang'ich harorati 100°C . Agar soploning chiqishdagi yuzasi $F=20 \text{ mm}^2$ bo'lsa, oqib chiqishning nazariy tezligini va sarfini aniqlang. Agar kislorod atmosferaga oqib chiqsa, kislorodning tezligini va sarfini aniqlang. Ikkala holda oqishni adiabatik deb hisoblang. Barometrik bosim 1 bar ga teng.

Yechish:

Bosimlar nisbati:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{40}{50} = 0,8 > \left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{kp} = 0,528$$

Demak, oqib chiqish tezligi kritik tezlikdan kichik. Xolat tenglamasidan boshlang'ich solishtirma hajmni aniqlaymiz:

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{259,8 \cdot 373}{50 \cdot 10^5} = 0,0194 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Oqib chiqish tezligini aniqlaymiz:

$$W = \sqrt{2 \cdot \frac{1,4}{0,4} 50 \cdot 10^5 \cdot 0,0194 \left[1 - \left(\frac{40}{50}\right)^{\frac{0,4}{1,4}} \right]} = 205 \text{ m/s}$$

Bir sekunddagi sarf:

$$G = 0,0002 \sqrt{2 \frac{1,4}{0,4} \cdot \frac{50 \cdot 10^5}{0,0194} \left[\left(\frac{40}{50}\right)^{\frac{2}{1,4}} - \left(\frac{40}{50}\right)^{\frac{2,4}{1,4}} \right]} = 0,175 \text{ kg/s}$$

Kislorod atmosferaga oqib chiqqanda bosimlar nisbati:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{50} < \left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{kp} = 0,528$$

Demak, bu holda oqib chiqish tezligi kritik tezlikka teng bo'ladi.

$$W_{kp} = 1,08 \sqrt{RT_1} = 1,08 \sqrt{\frac{287}{1,4 - 1} 373} = 336 \text{ m/s}$$

Havo uchun $k=1,4$

Maksimal sarf:

$$G_{max} = 0,686 f \sqrt{\frac{P_1}{V_1}} = 0,686 \cdot 0,00002 \cdot \sqrt{\frac{50 \cdot 10^5}{0,0194}} = 0,22 \text{ kg/s}$$

481. Agar bug'ning bosimi $P_1=14$ bar, harorati $t_1=300^\circ\text{C}$, teskari bosim 0,06 bar ga teng bo'lsa, Laval soplosidan chiqishdagi nazariy tezlikni aniqlang. Bug'ning soplodagi kengayishi adiabatik.

Yechish: Suv bug'ining h_s – diagrammasidan:

$$\Delta h = h_1 - h_2 = 896 \text{ kJ/kg}$$

Nazariy tezlik: $w = 44,76\sqrt{896} = 1340 \text{ m/s}$

482. Suv bug'i 18 bar bosim va 250°C haroratdan 10 bar bosimgacha drossellanmoqda. Drossellash oxiridagi bug'ning haroratini aniqlang.

Yechish: h_s – diagrammadan bug'ning boshlang'ich holatini aniqlab, shu nuqtadan o'zgarmas entalpiya chizig'ini o'tkazamiz. $P_2=10$ bar bo'lgan izobara chizig'i bilan kesishgan nuqtani, ya'ni bug'ning oxirgi holatini aniqlaymiz:

Ushbu nuqtadagi harorat 234°C ga teng.

483. Kompression dvigatelning forsunkasini soplosi orqali neft bilan aralashtirish uchun siqilgan havo uzatilmoqda. Havoning bosimi $P_1=50$ bar, harorati 27°C ga teng. Dvigatel silindridagi siqilgan havoning bosimi 35 bar. Havoning forsunka soplosidan adiabat oqishidagi nazariy tezligini aniqlang.

J: $W=241 \text{ m/s}$.

484. Agar $P_1=70\text{bar}$, $P_2=\text{bar}$, $t_1=50^\circ\text{C}$, $F=10 \text{ mm}^2$ bo'lsa, azotning adiabat oqishidagi nazariy tezligini aniqlang.

J: $W=282 \text{ m/s}$; $G=0,148 \text{ kg/s}$

485. Bug'ning qozondagi atmosferaga chiqishidagi nazariy tezligini aniqlang. Qozondagi bug' bosimi 1,5 bar va quruqlik darajasi 0,95 ga teng. Bug'ning kengayishi adiabatik.

J: $W=360 \text{ m/s}$

486. Parametrlari $P_1=18$ bar va $x=0,92$ bo'lgan nam havo bosimi $P_2=12$ bar bo'lgan muhitga kesimi 20 mm^2 bo'lgan soplodan chiqmoqda. Bug'ning adiabat oqishidagi tezligini va sarfini aniqlang.

J: $W=380 \text{ m/sek}$; $G=0,05 \text{ kg/s}$

487. Boshlang'ich parametrlari quyidagicha bo'lgan bug'ning: $P_1=16$ bar; $t_1=300^\circ\text{C}$; $P_2=1\text{bar}$ Laval soplosidan adiabat oqishidagi nazariy tezligini aniqlang.

J: $W=1040 \text{ m/s}$.

488. Bosimi 20 bar va harorati 400°C bo'lgan suv bug'i soplodan 2 bar bosimgacha adiabat kengaymoqda. Soploning minimal va maksimal chiqish kesimi yuzasini, hamda bu soplolardagi oqish tezligini aniqlang. Bug' sarfi 4 kg/s. Bug'ning soplodagi kengayishi adiabatik.

J: $F_{\min}=16 \text{ sm}^2$; $F_{\max}=36 \text{ sm}^2$; $W_{\text{kr}}=580 \text{ m/s}$; $W=1050 \text{ m/s}$.

489. Bug' generatori 1800 kg/soat bug' ishlab chiqarmoqda. Bug'ning bosimi 10,8 bar ga teng. Agar bug' olish birdaniga to'xtatilsa, bosim 10,8 bardan ortmasligi uchun saqlagich klapanining kesim yuzasi qanday bo'lishi kerak?

J: $F_{\min}=321 \text{ mm}^2$

490. Harorati $t_1=200^\circ\text{C}$, bosimi 12 bar bo'lgan 1 kg havo 7 bar bosimgacha drossellanmoqda. Drossellangandan so'ng havoning entalpiyasini (0°C da entalpiya nolga teng) va entropiyasini o'zgarishini aniqlang.

J: $h=202,4 \text{ kJ/kg}$; $\Delta S=0,157 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$.

491. Po'lat ballonda bosimi 50 bar bo'lgan 625 kg havo turibdi. Ballondan havo chiqarilganda u 25 bar bosimgacha drossellandi. Drossellash jarayonida entropiyaning ortishini aniqlang.

J: $\Delta S=0,199 \text{ kJ/kg}$

492. Bosimi 1 bar va quruqlik darajasi $x_1=0,9$ bo'lgan bug' 1 bar bosimgacha drossellanmoqda. Bug'ning oxirgi holatdagi quruqlik darajasini aniqlang.

J: $x_2=0,96$.

493. Bosimi $P_1=60 \text{ bar}$ va $x_1=0,96$ bo'lgan bug'ni quruq to'yingan bug' holatiga o'tishi uchun qanday bosimgacha drossellash kerak?

J: $P_2=2,6 \text{ bar}$.

494. Bosimi 20 bar va quruqlik darajasi $x=0,9$ bo'lgan bug' 8 bar bosimgacha drossellanmoqda. Drossellash oxiridagi bug'ning holatini aniqlang.

J: $x_2=0,921$.

495. Bosimi 100 bar va harorati $t_1=320^\circ\text{C}$ bo'lgan bug' $P_2=30 \text{ bar}$ bosimgacha drossellanmoqda. Bug'ning oxirgi holatini va haroratini o'zgarishini aniqlang.

J: $x_2=0,99$; $\Delta t=85^\circ\text{C}$.

496. Bug' turbinasida ishlab bo'lgan 125 t/soat bug' kondensatorga uzatilmoqda. Ishlab bo'lgan bug'ning holati: $P_2=0,044 \text{ bar}$ va $x=0,89$.

Agar kondensator patrubkasidagi bug'ning tezligi $W=120 \text{ m/sek}$ bo'lsa,

patrubkaning kirish diametrini aniqlang.

J: $d=3,22$ m.

497. Bug' quvurida bosimi $P_1=10$ bar va quruqlik darajasi $x_1=0,98$ bo'lgan nam bug' oqmoqda. Bug'ning bir qismi drossellash ventili orqali bosimi $P_2=1,2$ bar bo'lgan bug' quvuriga uzatilmoqda. Past bosimli quvurdagi bug'ning holatini aniqlang.

J: Bug' o'ta qizigan; $t_2=130^\circ\text{C}$.

XI BOB

BUG'–KUCH QURILMASINING SIKLI

Renkin sikli.

Renkin siklining f.i.k:

$$\eta_t = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_2^1} \quad (272)$$

bu erda: h_1 va h_2 -bug'ning turbinaga kirishdagi va chiqishdagi entalpiyasi;
 h_2^1 –kondensatning P_2 -bosimdagi entalpiyasi.

Bug'ning solishtirma sarfi: (h –kJ/kg)

$$d_0 = \frac{3600}{h_1 - h_2} = \frac{3600}{h_0} \text{ kg}/(kVt \cdot \text{soat}) \quad (273)$$

Yoki

$$d_0 = \frac{860}{h_1 - h_2} = \frac{860}{h_0} \text{ kg}/(kVt \cdot \text{soat})^{(h - kkal/kg)} \quad (274)$$

Issiqlikning solishtirma sarfi:

$$q = d_0 = (h_1 - h_2^1) \text{ kJ}/kVt \cdot \text{soat} \quad (275)$$

Nisbiy ichki f.i.k:

$$\frac{\ell_1}{\ell_0} = \frac{h_1 - h_{2X}}{h_1 - h_2} = \eta_{oi} \quad (276)$$

bu erda h_{2X} -bug'ning chiqishdagi xaqiqiy entalpiyasi.

Absolyut ichki f.i.k:

$$\eta_h = \frac{h_1 - h_{2X}}{h_1 - h_2^1} \quad (277)$$

Demak:

$$\eta_h = \eta_t \cdot \eta_{oi} \quad (278)$$

$$h_{2X} = h_1 - (h_1 - h_2) \quad \eta_{oi} = h_1 - h_0 \quad (279)$$

Turbinaning mexanik f.i.k:

$$\eta_m = \frac{\ell_e}{\ell_h} \quad (280)$$

bu erda: ℓ_b va ℓ_h –effektiv va ichki ish.

Generatorning f.i.k:

$$\eta_e = \frac{\ell_3}{\ell_e} \quad (281)$$

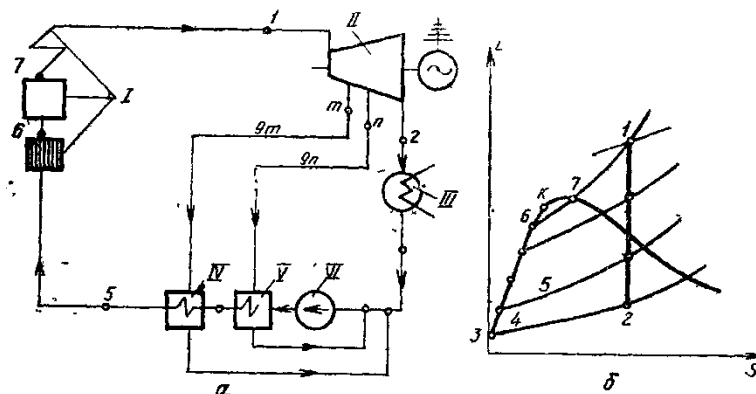
Bu erda: ℓ_3 —elektr energiyasiga aylangan 1 kg bug'ning ishi.

Bug'ning oraliq bosqichda isitish.

Bug' turbinada qisman kengaygandan keyin bug'qizdirgichga beriladi, bu erda qaytadan yangi bug' haroratigacha yoki dastlabki haroratidan bir oz past darajasigacha isiydi. Shundan keyin bug' turbinaning oxirgi bosqichlariga yuboriladi.

Siklning termik f.i.k.

$$\eta_t = \frac{(h_1 - h_3) + (h_4 - h_2)}{(h_1 - h_2^1) + (h_4 - h_3)} \quad (282)$$



35-rasm. Regeneratsiya siklli bug'-kuch qurilmasi va uning hs-diagrammasi.

I – qozon qurilmasi; II- bug' turbinasi; III- kondensator; IV-kondensat nasosi; V va VI- regeneratsiya qurilmalari

Renerativ sikl.

Regeneratsiya –chiqib ketayotgan issiqlikning bir qismini issiqlik qurilmasida yana ishlatish uchun qaytarish maonosini beradi.

Olingan bug' miqdori:

$$\alpha = \frac{h_{ol}^1 - h_2^1}{h_{ol} - h_2^1} \quad (283)$$

bu erda: h_{ol}^1 -bug' olinish bosimidagi kondensat entalpiyasi;

h_{ol} -turbinadan olingan bug' entalpiyasi;

h_2^1 -bug'ning oxirgi bosimidagi kondensat entalpiyasi.

1 kg bug'ning foydali ishi:

$$\ell_{OR} = (1 - \alpha)(h_1 - h_2) + \alpha(h_1 - h_{ol}) \quad (284)$$

yoki

$$\ell_{OR} = (h_1 - h_2) - \alpha(h_{ol} - h_2) \quad (285)$$

Siklning termik f.i.k:

$$\eta_{KP} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{\ell_{OR}}{h_1 - h_{ol}^1} = \frac{h_1 - h_2 - \alpha_x(h_{ol} - h_2)}{h_1 - h_{ol}^1} \quad (286)$$

Bug'ning solishtirma sarfi: (h –kJ/kg)

$$d_{SR} = \frac{3600}{h_1 - h_2 - \alpha_1(h_{ol1} - h_2) - \alpha_2(h_{ol2} - h_2)} \text{ kg/kVt} \cdot \text{soat} \quad (287)$$

498. Bug'–kuch qurilmasi Renkin sikli bo'yicha ishlamoqda. Boshlang'ich holat parametrlari quyidagicha: $P_1=20$ bar; $t_1=300^\circ\text{C}$. Kondensatordagi bosim $P_2=0,04$ bar. Siklning termik f.i.k ni aniqlang.

Yechish:

Renkin siklining f.i.k:

$$\eta_t = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_2^1}$$

hs-diagramma orqali quyidagilarni aniqlaymiz:

$$h_1 = 3019 \text{ kJ/kg}; \quad h_2 = 2036 \text{ kJ/kg}; \quad h_2^1 = 121,0 \text{ kJ/kg}.$$

Olingan qiymatlarni yuqoridagi formulaga qo'yib η_t ni aniqlaymiz:

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

499. Agar $P_1=60$ bar, $t_1=450^\circ\text{C}$ va $P_2=0,04$ bar bo'lsa, Renkin siklining termik f.i.k ni aniqlang.

J: $\eta_t = 40,2 \%$.

500. Boshlang'ich bosimi $P_1=20$ at va oxirgi bosimi $P_2=0,2$ at bo'lgan quyidagi xollar uchun ideal sikllarni termik f.i.k ni taqqoslang:

1) quruqlik darajasi $x=0,9$ bo'lgan nam bug';

2) quruq to'yingan bug';

3) harorati $t=300^\circ\text{C}$ bo'lgan o'ta qizigan bug'.

J: 1) $\eta_t=0,269$; 2) $\eta_t=0,278$; 3) $\eta_t=0,286$.

501. Agar $P_1=20$ bar, $t_1=450^\circ\text{C}$ va $P_2=0,04$ bar bo'lsa, 1 kg bug'ning Renkin siklida bajargan ishini aniqlang. Ushbu siklni P_v ; T_s ; h_s diagrammalarda tasvirlang.

J: $\ell_0=1611\text{kJ/kg}$

502. Agar $P_1=15$ bar va $t_1=300^\circ\text{C}$ li bug'ning chiqishdagi bosimi $P_2=0,1$ bar, bug'ning sarfi 940 kg/soat bo'lsa, Renkin sikli bo'yicha ishlaydigan bug' mashinasining termik f.i.k ni va quvvatini aniqlang.

J: $\eta_t=0,296$; $N=220$ kVt.

503. Quvvati $N=12000$ kVt bo'lgan bug' turbinasi $P_1=80$ at va $t_1=450^\circ\text{C}$ bo'lgan boshlang'ich parametrlar bo'yicha ishlamoqda. Kondensatordagi bosim $P_2=0,04$ at ga teng. Turbinani ta'minlovchi qozon agregatida yonish issiqligi $Q_K^i=6000$ kkal/kg bo'lgan ko'miry ondirilmoqda. Qozon agregatining f.i.k 0,8 ga teng, ta'minot suvining harorati $t_{T.S}=90^\circ\text{C}$. Bug' turbinasi Renkin sikli bo'yicha to'liq nagruzka bilan ishlagan xol uchun qozon agregatining unumdorligini va yoqilg'i sarfini aniqlang.

Yechish:

Turbinada bug'ning solishtirma sarfini aniqlaymiz:

$$D_0 = 860/h_1-h_2 \text{ kg/kVt}\cdot\text{soat}$$

h_s -diagramma yordamida quyidagilarni aniqlaymiz:

$$h_1 = 782 \text{ kkal/kg}; \quad h_2 = 471 \text{ kkal/kg}$$

Bundan:

$$D_0 = 860/782-471=2,77 \text{ kg/kVt}\cdot\text{soat}.$$

Demak, turbinadagi bug' sarfi:

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

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

$$D_0 (h_1-h_{ts})$$

Qozon agregatining f.i.k 0,8 ga teng ekanligidan:

$$\frac{D_0(h_1-h_{ts})}{Q_a^U \cdot \eta_{KA}} = \frac{33240(781-90)}{6000 \cdot 0,8} = 4785 \text{ kg/soat}$$

504. Quyidagi xollar uchun Renkin siklining termik f.i.k ni aniqlang:

1) $P_1 = 35 \text{ at}; \quad t_1 = 435 \text{ }^\circ\text{C}; \quad P_2 = 0,04 \text{ at};$

2) $P_1 = 90 \text{ at}; \quad t_1 = 500 \text{ }^\circ\text{C}; \quad P_2 = 0,04 \text{ at};$

3) $P_1 = 130 \text{ at}; \quad t_1 = 565 \text{ }^\circ\text{C}; \quad P_2 = 0,035 \text{ at};$

4) $P_1 = 330 \text{ at}; \quad t_1 = 650 \text{ }^\circ\text{C}; \quad P_2 = 0,03 \text{ at};$

J: 1) $\eta_t=0,379$; 2) $\eta_t=0,427$; 3) $\eta_t=0,448$; 4) $\eta_t=0,483$;

505. Bug' turbinasidan oldin bug'ning parametrlari quyidagicha: $P_1=90 \text{ at};$
 $t_1=500^\circ\text{C}$. Kondensatordagi bosim $P_2=0,04 \text{ at}$. Agar nisbiy ichki f.i.k $\eta_{oi}=0,84$
bo'lsa, bug'ning turbinada kengayishdan keyingi holatini aniqlang.

J: $x=0,865$.

506. Bug' turbinasi quyidagi boshlang'ich parametrlarda ishlayapti: $P_1=90$
 $\text{at};$ va $t_1=480^\circ\text{C}$. Oxirgi bosim $P_2=0,04 \text{ at}$. Agar nisbiy ichki f.i.k $\eta_{oi}=0,82$ bo'lsa,
bug' turbinasining absolyut ichki f.i.k. ni aniqlang.

J: $\eta_i=0,344$.

507. Boshlang'ich paratetlari $P_1=35 \text{ at}$ va $t_1=435^\circ\text{C}$ bo'lgan bug' turbinasini
boshlang'ich parametrlari $P_1=29 \text{ at}$ va $t_1=400^\circ\text{C}$ bo'lgan bug' turbinasi bilan
taqqoslab, tejatkorligini aniqlang. Ikkala turbina kondensatoridagi bosim $P_2 = 0,04$
 at . Nisbiy effektiv f.i.k ikkala turbina uchun $\eta_e=0,8$.

J: $3,08 \%$.

508. Elektr stansiyasida quyi yonish issiqligi $Q_k^u=30 \text{ MJ/kg}$ bo'lgan yoqilg'i
yoqilmoqda. Agar quyidagilar ma'lum bo'lsa: $\eta_e=0,8$; $\eta_n=0,97$; $\eta_t=0,4$; $\eta_{oi}=0,82$;
 $\eta_M=0,98$; $\eta_q=0,97$. $1 \text{ kVt} \cdot \text{soat}$ uchun yoqilg'ini va issiqlikni silishtirma sarfini
aniqlang.

J: $q_E=1,49 \text{ MJ/kVt} \cdot \text{soat}; \quad v=0,498 \text{ kg/kVt} \cdot \text{soat}$.

509. $1 \text{ kVt} \cdot \text{soat}$ elektr energiyasi uchun solishtirma issiqlik sarfi 12140 kJ
bo'lsa, elektr stansiyaning f.i.k ni aniqlang.

J: $\eta_{ST} = 29,6 \%$

510. Quvvati $N=25 \text{ MVt}$ bo'lgan bug' turbinasi quyidagi boshlang'ich
parametrlar: $P_1=35 \text{ at}$ va $t_1=400^\circ\text{C}$ bo'yicha ishlatoqda. Bug'ning oxirgi bosimi

$P_2=0,04$ at. Qozon agregatining f.i.k $\eta_{KA}=0,82$; yoqilg'ining yonish issiqligi $Q_q^i=10000$ kkal/kg, ta'minot suvining harorati $t_{T,S}=88^\circ\text{C}$. Turbina Renkin sikli bo'yicha ishlatoqda. Bug' turbinasi to'liq nagruzka bilan ishlaganda yoqilg'i sarfi qanday bo'ladi?

J: $B = 6430$ kg/soat.

511. $P_1=110$ bar, $t_1=500^\circ\text{C}$, $P_2=0,04$ bar parametrlar bo'yicha ishlaydigan bug'–kuch qurilmasida bug'ni oraliq bosqichda isitish qo'llanilgan bo'lib, bu erda bug' $P_1=30$ bar bosimda $t'=t_1=500^\circ\text{C}$ haroratgacha isitiladi. Ushbu siklning termik f.i.k ni aniqlang.

Yechish:

Siklni hs- diagrammada tasvirlab (36-rasm) quyidagilarni aniqlaymiz:

$$h_1=3360 \text{ kJ/kg}; \quad h_3=2996 \text{ kJ/kg}; \quad h_4=3456 \text{ kJ/kg};$$

$$h_2=2176 \text{ kJ/kg}; \quad h'_2= 121,4 \text{ kJ/kg}.$$

1 kg bug'ni yuqori bosim silindridagi (oraliq bosqichda isitishdan oldin) ishi:

$$h_1-h_3=3360 - 2996 = 364 \text{ kJ/kg};$$

1 kg bug'ni past bosim silindridagi ishi:

$$h_4 - h_2 = 3456 - 2176 = 1280 \text{ kJ/kg}.$$

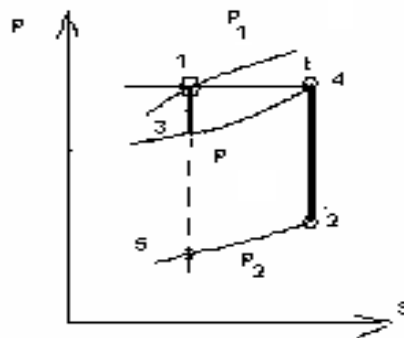
1 kg bug'ning umumiy ishi:

$$\ell_0=(h_1-h_3)+(h_4-h_2) = 364+1280 = 1644 \text{ kJ/kg}.$$

Bug 'qozoniga siklda keltirilgan issiqlik:

$$h_1-h'_2 = 3360 - 121,4 = 3238,6 \text{ kJ/kg}$$

Ikkilamchi isitishda:



36-rasm

$$h_4 - h_3 = 3456 - 2996 = 460 \text{ kJ/kg}$$

Siklda sarflangan ish:

$$(h_1 - h_2) + (h_4 - h_3) = 3238,6 + 460 \text{ kJ/kg} = 3698,6 \text{ kJ/kg}.$$

Siklning termik f.i.k.

$$\eta_t = \frac{(h_1 - h_3) + (h_4 - h_2)}{(h_1 - h_2) + (h_4 - h_3)} = \frac{1644}{3698,6} = 0,444$$

512. Quvvati $N=200 \text{ MVt}$ bo'lgan bug' turbinasining boshlang'ich parametrlari $P_1=130 \text{ at}$ va $t_1=565^\circ\text{C}$. Bug'ning oxirgi bosimi $P_2=0,04 \text{ at}$. Qozon agregatining f.i.k. $\eta_{KO}=0,92$. Ta'minot suvining harorati $t_{T.S}=160^\circ\text{C}$. Bug' oraliq bosqichda $P'=20 \text{ at}$ bosimda boshlang'ich haroratgacha isitiladi. Agar yoqilg'ining yonish issiqligi $Q_k^u=29,3 \text{ MJ/kg}$ bo'lsa, yoqilg'ini 1 soatdagi sarfini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad B = 49624 \text{ kg/soat}.$$

513. Bug' turbinasining ishlash sharoiti quyidagicha: $P_1=300 \text{ at}$; $t_1=550^\circ\text{C}$; $P_2=1 \text{ at}$. $P_1=70 \text{ at}$ bosimda bug' oraliq bosqichda ishlaydi deb xisoblab, bug'ning oxirgi quruqlik darajasini (oraliq bosqichda isitish yo'qligida hat), termik f.i.k qanday o'zgarganligini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad x_2=0,782; \quad x_3=0,928; \quad \varepsilon=3,65 \text{ \%}.$$

514. Bug'–kuch qurilmasining boshlang'ich parametrlari quyidagicha: $P_1=90 \text{ at}$, $t_1=450^\circ\text{C}$. Oxirgi bosim $P_2=0,06 \text{ at}$. $P_1=24 \text{ at}$ bosimda oraliq bosqichda isitish kiritilgan bo'lib, bug' $t'=440^\circ\text{C}$ gacha isitiladi. Shu siklning termik f.i.k ni va oraliq bosqichda isitilishni termik f.i.k ga ta'sirini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad \eta_t=0,417; \quad \frac{\Delta\eta}{\eta_t} \cdot 100 = 2,96 \text{ \%}$$

515. Quvvati 24000 kVt bo'lgan turbina bug'ning quyidagi parametrlarida ishlatoqda: $P_1=25,5 \text{ bar}$; $t_1=420^\circ\text{C}$; $P_2=0,0392 \text{ bar}$. Ta'minot suvini isitish uchun turbinadan bug' $P_0=1,18 \text{ bar}$ bosimda olinadi. Termik f.i.k ni va bug'ning solishtirma sarfini aniqlang. Regenerativ siklni termik f.i.k ni, Renkin siklining f.i.k bilan taqqoslang.

$$\mathbf{J:} \quad \eta_{tP}=0,38; \quad d_{OR}=3,32 \text{ kg/kVt}\cdot\text{soat}; \quad \eta_t=0,361; \quad \frac{\Delta\eta}{\eta_t} \cdot 100 = 5,26\%$$

516. Turbogenerator bug'ning quyidagi parametrlarida ishlamoqda:

$P_1=90\text{at}$; $t_1=535^\circ\text{C}$ va $P_2=0,035\text{ at}$. Ta'minot suvini isitish uchun ikki marta bug' olinadi: 1) $P_{ol1}=7,0\text{ at}$. 2) $P_{ol2}=1,2\text{ at}$. Regenerativ siklning termik f.i.k ni aniqlab, regeneratsiya bo'lmagan siklning termik f.i.k bilan taqqoslang.

$$J: \quad \frac{\Delta\eta}{\eta} \cdot 100 = 9,03\% \quad \eta_{tp}=0,471;$$

$$\eta_t=0,432; \quad \frac{\Delta\eta}{\eta_t} \cdot 100 = 9,03\%$$

XII BOB

SOVITISH MASHINALARI

Sovitish mashinalari sun'iy sovitish uchun mo'ljallangan. Sovitish qurilmalarining ideal sikli Karno siklining teskarisidir.

Sovitish koeffisienti ε sovitilayotgan jismlardan olingan issiqlik q_2 miqdorining kompressorda sarflangan ishga nisbatidan iborat:

$$\varepsilon = q_2 / q_1 - q_2 \quad (288)$$

Teskari Karno sikli uchun:

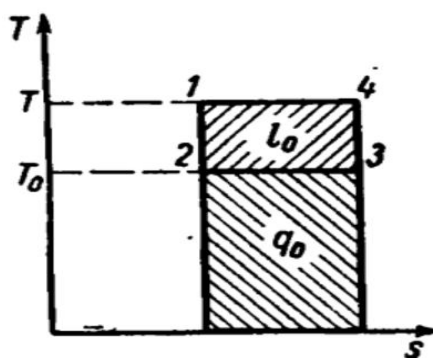
$$\varepsilon_k = T / T - T_0 \quad (289)$$

Xavoli sovitish mashinalari.

37-rasmda shu siklning nazariy sikli keltirilgan. 1 kg xavoning sovuq olish darajasi:

$$q_0 = h_1 - h_4 = c_{pm}(T_1 - T_4) \quad (290)$$

bu erda: T_1 – sovitish kamerasidan chiqayotgan va kompressorga kelayotgan xavoning harorati; T_4 – sovitish kamerasiga kirayotgan xavoning harorati, c_{pm} – o'zgarmas bosimdagi xavoning o'rtacha massaviy issiqlik sig'imi.



37-rasm. Teskari Karno siklining T-s diagrammasi.

Kompressor sarflagan ish:

$$l_k = h_2 - h_1 = c_{pm}(T_2 - T_1) \quad (300)$$

bu erda: T_2 – xavoning kompressorda siqilgandan keyingi harorati.

Kengayuvchi silindrdagi ish:

$$l_{ki} = h_3 - h_4 = c_{pm}(T_3 - T_4) \quad (301)$$

bu erda:

T_3 – kengayuvchi silindr oldidagi xavo harorati.

Siklda bajarilgan ish:

$$\ell_o = \ell_k \ell_{kq} \quad (302)$$

Covitish agentining sarfi:

$$M = Q_0/q_0, \text{ kg/sek} \quad (303)$$

bu erda: Q_0 va q_0 – qurilmaning sovuq olish darajasi (kJ/sek) va 1 kg xavoning sovuq olish darajasi (kJ/kg).

Sovitish koeffisienti:

$$\varepsilon = q_0/q - q_0 = q_0/\ell_o = T_1/T_2 - T_1 = T_4/T_3 - T_4 \quad (304)$$

yoki

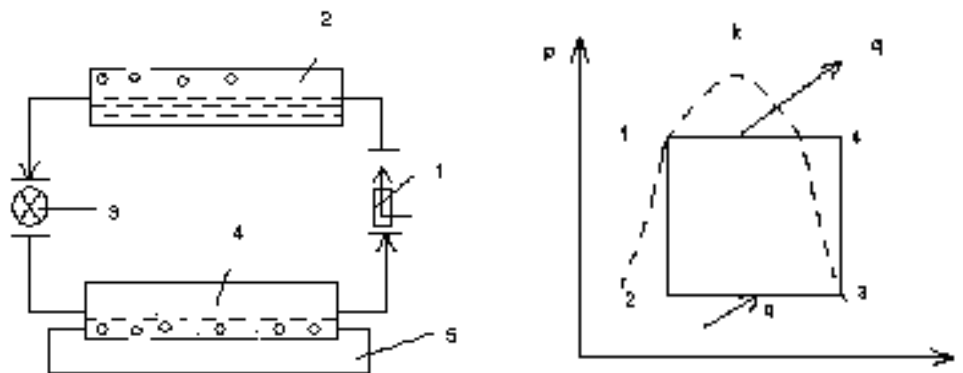
$$\varepsilon = \frac{1}{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}} - 1} = \frac{1}{\left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{K-1}{K}} - 1} \quad (305)$$

Kompressor yuritmasi uchun zarur bo'lgan nazariy quvvat:

$$N_{NAZ} = M\ell_o \text{ kVt}, \quad (\ell_o - \text{kJ/kg}) \quad (305)$$

Bug'li kompression sovitish qurilmasi (38 va 39- rasm).

Rasmda kompression sovitish qurilmasining sxemasi va diagrammasi keltirilgan.



38-rasm. Bug'li kompression sovitish qurilmasi. 39-rasm. Bug'li kompression sovitish qurilmasining P-v diagrammasi.

bu erda: 1- kompressor; 2- kondensator; 3- drossellash klapani;
4- bug'latgich; 5- sovitish kamerasi.

1 kg sovitish agentining sovuq olish darajasi:

$$q_0 = h_1 - h_4 = r (x_1 - x_4) \quad (306)$$

bu erda: r – bug 'hosil bo'lish issiqligi;

x_1 va x_4 —bug'latgichdan keyingi va reduksion ventildan keyingi bug'ning quruqlik darajasi.

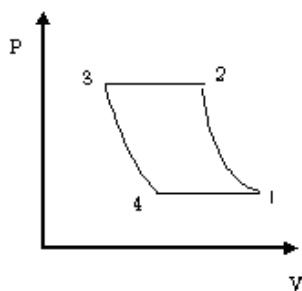
Kondensatorning issiqlik yuklamasi:

$$q = q_0 + \ell_0 = h_2 - h_3 \quad (307)$$

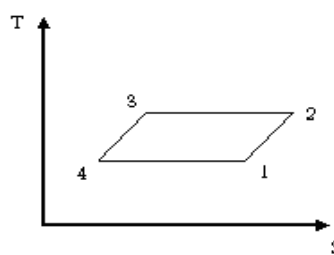
517. Xavoli sovitish qurilmasi kompressoriga sovitish kamerasidan xavo $P=1$ bar bosim va $t_1=-10^\circ\text{C}$ haroratda keladi. Kompressorda xavo $P_1=5$ bar bosimgacha adiabat siqilib, sovitgichga yuboriladi. U erda $P=\text{const}$ sharoitda harorati $t_3=+10^\circ\text{C}$ ga pasayadi. Keyin xavo kengayuvchi silindrga yuboriladi. Silindrda boshlang'ich bosimgacha adiabat kengayadi, so'ngra xavo sovitish kamerasiga qaytadi. Atrof muhitdan issiqlik olib, xavo $t_1=-10^\circ\text{C}$ gacha isiydi va kompressorga qaytib keladi. Sovitish kamerasiga kelayotgan xavo harorati, siklda sarf bo'layotgan nazariy ish, xavoning sovitish unumdorligi vashu qurilmaning sovitish koefitsienti hatda shu haroratlar oralig'ida ishlaydigan Karno siklini sovitish koefitsienti aniqlansin.

Yechish:

Ko'rib chiqilayotgan sovitish qurilmasining sikli Pv va Ts -diagrammalarida tasvirlangan. (40-41-rasm)



40-rasm



41-rasm

Sovitish kamerasiga kelayotgan xavo haroratini aniqlaymiz:

$$T_4 = T_3 \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{K-1}{K}} = T_3 \left(\frac{P_1}{P_{12}} \right)^{\frac{K-1}{K}} = 283 \left(\frac{1}{5} \right)^{0,286} = \frac{283}{1,583} = 179K$$

Kompressordan chiqqan siqilgan xavo haroratini hisoblaymiz:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_3}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} = 263 \cdot 5^{0,286} = 416K$$

Siklda bajarilgan ish kompressorda sarflangan ishva kengayuvchi silindrda olingan ishlar ayirmasiga teng. Kompressorda sarflangan ish:

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

Kengayuvchi silindrda olingan ish:

$$\ell_{ktf} = c_{pm}(T_3 - T_4) = 1,012(283 - 179) = 105,2 \text{ kJ/kg.}$$

Demak, siklning ishi:

$$\ell_o = \ell_k - \ell_{ktf} = 154,8 - 105,2 = 49,6 \text{ kJ/kg.}$$

Xavoning solishtirma sovitish unumdorligi:

$$q_0 = c_{pm}(T_1 - T_4) = 1,012(263 - 179) = 85 \text{ kJ/kg.}$$

qurilmaning sovitish koeffisienti:

$$\varepsilon = q_0 / \ell_o = 85 / 49,6 = 1,71$$

Shu haroratlarda ishlaydigan Karno sikli uchun:

$$\varepsilon_k = T_1 / T_3 - T_1 = 263 / 283 - 263 = 13,15$$

518. Xavoli sovitish qurilmasining unumdorligi $Q=200000$ kkal/soat. Kompressorga so'rilayotgan xavoning bosimi $P_1=1$ at va harorati $t_1=-10^\circ\text{C}$. Siqishdan so'ng xavoning bosimi $P_2=4$ at. Kengayuvchi silindrga kelayotgan xavoning harorati 20°C ga teng. Kompressor dvigatelining nazariy quvvati, qurilmaning sovitish koeffisienti, sovitish agenti (xavo) sarfi, sovituvchi suvga berilgan issiqlik miqdorihatda kengayuvchi silindrning nazariy quvvati aniqlansin:

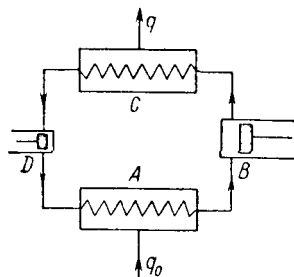
J: $N_{dv} = 114 \text{ kVt}; N_K=452 \text{ kVt}; N_{KS} = 3,38 \text{ kVt}; \varepsilon=2,04; M_X = 12650 \text{ kg/soat}; Q=297700 \text{ kkal/soat}$

519. Xavoli sovitish qurilmasining sovuq olish unumdorligi $Q=20000$ kkal/soat. Qurilmada xavoning maksimal bosimi $P_2=5$ at, minimal bosimi $P_1=1,1$ at, xavoning siqish oldidagi harorati $t_1=0^\circ\text{C}$, sovitgichdan chiqish paytidagi harorati $t_3=2^\circ\text{C}$. Siqish va kengayish politropa bo'yicha bo'lsa, qurilmaning sovitish koeffisienti, dvigatelning nazariy quvvati aniqlansin.

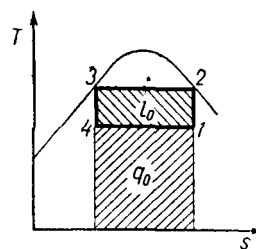
J: $\varepsilon_1=2,56; N_{dv}=9,3 \text{ kVt.}$

520. Bug' kompression sovitish qurilmasining sxemasi va sikli 42 va 43-rasmlarda berilgan. Harorati $t_1=-10^\circ\text{C}$ bo'lgan ammiak bug'i kompressorga keladi.

U erda harorati $t_1=20^\circ\text{C}$ va quruqlik darajasi $x=1$ bo'lginga qadar adiabat siqiladi. Kompresordan ammiak kondensator C ga keladi, u erda o'zgarmas bosimda suyuqlikka aylanib ($x_3=0$), kengayuvchi silindr D da $t_4=-10^\circ\text{C}$ haroratgacha adiabat kengayadi. Shu haroratda ammiak sovitish kamerasi A ga kelib, u erdan issiqlikni olib bug'lanadi va quruqlik darajasi x_1 bo'lgan nam bug'ga aylanadi. Kondensatorning issiqlik yuklamasi, siklda sarflangan ish va sovitish koeffisienti aniqlansin.



42-rasm



43-rasm

Yechish:

Ammiakning sovuq olish unumdorligi, ya'ni 1 kg ammiakni sovitish kamerasidan oladigan issiqligini aniqlaymiz:

$$q_0 = h_1 - h_4 = r(x_1 - x_4)$$

Jadvaldan: $t_1=-10^\circ\text{C}$ uchun $r_1=1296,8 \text{ kJ/kg}$

x_1 va x_4 kattaliklarni Ts-diagrammadan yoki hisoblab aniqlaymiz:

$$s_2 = s_1 = s_1' + (s''_1 - s'_1)x_1$$

Jadvaldan quyidagilarni aniqlaymiz:

$$s'_1 = 4,01664 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{grad)} \quad s''_1 = 8,6438 \text{ (kJ/kg}\cdot\text{grad)}$$

$$s_2 = s''_2 = 8,5658 \text{ (kJ/kg}\cdot\text{grad)}.$$

Demak,

$$x_1 = \frac{s_2 - s'_1}{s''_1 - s'_1} = \frac{8,5658 - 4,0164}{8,9338 - 4,0164} = 0,925$$

Xuddi shu yo'l bilan x_4 ni topamiz:

$$x_4 = \frac{s_3 - s'_1}{s''_1 - s'_1} = \frac{4,5155 - 4,0164}{8,9338 - 4,0164} = 0,1015$$

Demak,

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

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

$$q = h_2 - h_3 = r_2$$

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

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

Siklda sarflangan ish:

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

Sovitish koefitsienti:

$$\varepsilon = q_0 / \ell_o = 1067,8 / 119,1 = 8,96.$$

521. Sovitish qurilmasining ammiakli kompressorining nazariy quvvati 50 kVt. Ammiakning bug'lanish harorati $t_1 = -5^\circ\text{C}$. Kompressordan ammiak harorati $t_2 = 25^\circ\text{C}$ va quruq to'yingan bug' xolda chiqadi. Suyuq ammiak harorati reduksion ventilda kamayadi. 1 kg ammiakning sovuq olish unumdorligi va qurilmaning 1 soatli sovuq olish unumdorligi aniqlansin.

$$\textbf{J: } q_0 = 248,5 \text{ kkal/soat}; \quad Q = 352000 \text{ kkal/soat}.$$

522. Sovitish mashinasi teskari Karno sikli bo'yicha -20 va 30°C haroratlar oralig'ida ishlatoqda. Agar siklga 1000 kJ issiqlik keltirilsa, sovitish koefitsientini va atrof-muxitga uzatilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

$$\textbf{J: } \varepsilon = 5,06; \quad q_1 = 1197 \text{ kJ/kg}.$$

523. Havoli sovitish mashinasi siklida kompressor oldidagi parametrlar quyidagicha: $P_1 = 0,1 \text{ MPa}$ va $t_1 = -10^\circ\text{C}$. Detander oldidagi parametrlar: $P_2 = 0,5 \text{ MPa}$ va $t_2 = 15^\circ\text{C}$. Sovitish koefitsientini, sovitish unumdorligini (q_2), ishchi jismdan olingan issiqlikni (q_1) va 1 kg havo uchun sarflangan ishni aniqlang.

$$\textbf{Yechish:}$$

Siqish ohiridagi haroratga $T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}} = 263 \left(\frac{0,5}{0,1}\right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 416 \text{ K} = 143^\circ\text{C}$. Detanderda adiabat kengayish oxiridagi harorat $T_4 = T_3 \left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{K-1}{K}} = 288 \left(\frac{0,1}{0,5}\right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 182 \text{ K} = -91^\circ\text{C}$.

$$\text{Ishchi jisimga keltirilgan issiqlik } q_2 = C_V(T_1 - T_4) = 1,013(263 -$$

182) = $82 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Atrof muhitga uzatilgan issiqlik: $q_1 = C_p(T_2 - T_3) = 1,013(416 - 288) = 129,6 \text{ kJ/kg}$. Siklda sarflangan ish: $l = q_1 - q_2 = 129,56 - 82 = 47,6 \text{ kJ/kg}$. Sovitish koeffisienti: $\varepsilon = \frac{q_2}{e} = \frac{82}{47,6} = 1,72$.

524. Havoli sovitish mashinasining kompressorida havo $P_1 = 0,098 \text{ MPa}$ bosimda va $t_1 = 10^\circ \text{C}$ dan $0,5 \text{ MPa}$ bosimgacha adiabat siqilmoqda. Sovitgichda havo harorati 10°C gacha pasaydi. Detanderdan chiqishidagi havo haroratini, 1 kg ishchi jismga nisbatan sovitish unumdorligini va sovitish koeffisientini aniqlang.

J: $\varepsilon = 1,7$; $q_2 = 78 \text{ kJ/kg}$; $T_4 = 178 \text{ K}$.

525. Ammiakli sovitish mashinasida kompressor bug'latgichdan chiqayotgan quruq to'yingan bug'ni so'rib, uni $t_1 = -15^\circ \text{C}$ dan $t_2 = 80^\circ \text{C}$ haroratgacha adiabat siqmoqda. Sovitish koeffisientini va 1 kg ishchi jismni siqish uchun sarflangan ishni aniqlang.

J: $\varepsilon = 6,46$; $l = 178 \text{ kJ/kg}$.

XIII BOB

NAM XAVO

Quruq xavo va suv bug'lari aralashmasini nam xavo deb aytiladi.

Nam xavo ideal gaz holati tenglamasiga:

$$PV = mRT \quad (308)$$

va Dalton qonuniga bo'ysunadi:

$$P = P_x + P_b \quad (309)$$

bu erda: P – nam xavo bosimi; P_x –quruq xavoning parsial bosimi;

P_b –bug'ning parsial bosimi.

Nisbiy namlik:

$$\varphi = \rho_b / \rho_{MAX} = p_b / p_N \quad (310)$$

bu erda: ρ_b –absolyut namlik; ρ_{MAX} –maksimal absolyut namlik;

p_N –bug'ning parsial bosimi.

Nam saqlami:

$$d = M_b / M_x = \rho_b / \rho_x, \text{ g/kg} \quad (311)$$

yoki

$$d = 622 P_b / (P - P_b), \text{ g/kg} \quad (312)$$

Bu tenglamadan:

$$P_b = P \cdot (d / (622 + d)) \quad (313)$$

To'yinish darajasi:

$$\psi = d / d_{MAX} \quad (314)$$

Bundan :

$$\psi = \psi(622 + d_{MAX}) / (622 + d) \quad (315)$$

Nam xavoning zichligi:

$$\rho = \frac{P}{287 \cdot T} 0,0129 \frac{\varphi P_6}{T} \text{ kg/m}^3 \quad (316)$$

Nam xavoning entalpiyasi:

$$h = 0,24t + 0,001d(597 + 0,46t), \text{ kkal/kg quruq xavo} \quad (317)$$

Atalda xavoning nisbiy namliqini psixrometr yordamida aniqlanadi: ho'l termometrning xaqiqiy harorati:

$$t_X = t_X^1 - \frac{x(t_K - t_X^1)}{1000} \quad (318)$$

bu erda: t_X^1 —xo'l termometrning ko'rsatishi;

$t_K - t_X^1$ -psixrometrik farq;

x —ho'l termometr ko'rsatishiga tuzatish, %.

Nam xavoning parametrlarini hd-diagramma yordamida aniqlash qulay.

526. Agar bug'ning parsial bosimi $P_n=0,14$ at va harorati $t=60^\circ\text{C}$, barometrik bosim 760 mm.sim.ust. ga teng bo'lsa, xavoning absolyut namliqini aniqlang.

Yechish:

$t=60^\circ\text{C}$ haroratga $P_t=0,2031$ at bosimi to'g'ri keladi. Demak, $P_n=0,14$ at parsial bosimda bug'o'ta qizigan xolda. Jadvaldan $P=0,14$ at va $t=60^\circ\text{C}$ uchun $v=11,16 \text{ m}^3/\text{kg}$

Demak, absolyut namlik:

$$p_n = \frac{1}{v} = \frac{1}{11,16} = 0,0891 \text{ kg/m}^3$$

527. Agar bug'ning parsial bosimi $P=0,3$ at va harorati $t=80^\circ\text{C}$, barometr ko'rsatishi $V=745$ mm.sim.ust. ga teng bo'lsa, xavoning absolyut namliqini aniqlang.

$$\textbf{J: } \rho_n = 0,182 \text{ kg/m}^3$$

528. Agar xavoning nisbiy namliqi $\phi = 60\%$, harorati $t=60^\circ\text{C}$ va barometrik bosim $V=745$ mm.sim.ust. ga teng bo'lsa, xavoning nam saqlamini aniqlang.

$$\textbf{J: } d = 85,1 \text{ g/kg.}$$

529. Agar xavodagi bug'ning parsial bosimi $P_p=60$ mm.sim.ust. ga teng va xavoning harorati 50°C bo'lsa, xavoning holatini aniqlang.

Yechish:

Jadvaldan P_t ni aniqlaymiz, $t=50^\circ\text{C}$ da $P_t=0,12578$ at = 93 mm.sim.ust.

$$P_t = 60 \text{ mm.sim.ust} < P_t = 93 \text{ mm.sim.ust.}$$

Ya'ni, xavoda bug' o'ta qizigan, demak xavo to'yinmagan.

530. Xavodagi bug'ning parsial bosimi 0,2 at, xavoning harorati 70°C .

Xavoning nisbiy namliqini aniqlang.

J: $\varphi = 62,9 \%$.

531. Nam xavoning harorati $t_x=80^\circ\text{C}$, parsial bosimi $P_n=0,15$ at, barometrik bosim $B=745$ mm.sim.ust. ga teng. Xavoning nisbiy namliqini, nam saqlamini va zichligini aniqlang.

J: $\varphi=0,31$; $d=108$ g/kg; $\rho=0,925$ kg/m³

532. Gaz dvigateli 500 m³/soat xavoni $t=25^\circ\text{C}$ haroratda so'radi. xavoning nisbiy namliqi $\varphi=0,4$. Dvigatel bir soatda qancha suv bug'ini so'radi?

J: 4,6 kg/soat.

533. Nam xavoning harorati $t=25^\circ\text{C}$ va nisbiy namliqi $\varphi=0,8$, barometrik bosim $B=745$ mm.sim.ust. ga teng. Bug'ning xavodagi parsial bosimi va nam saqlami aniqlansin.

J: $p_n=0,0258$ at; $d=16,3$ g/kg

534. Harorati $t_1=20^\circ\text{C}$ va nam saqlami $d=6$ g/kg bo'lgan tashqi xavo 45°C haroratgacha isitilmoqda. Tashqi xavoning va isitilgan xavoning nisbiy namliqini aniqlang. Barometrik bosim 1 at ga teng.

J: $\varphi_1=40\%$; $\varphi_2=9,8\%$

535. Psixrometrning quruq termometri $t_Q=35^\circ\text{C}$ ni, ho'l termometri $t^1_x=15^\circ\text{C}$ ni ko'rsatsa, ho'l termometrni xaqiqiy haroratini aniqlang. Xavoning xarakat tezligi $\omega=0,25$ m/sek.

J: $t_x=13,4^\circ\text{C}$.

536. Quritish kamerasidagi psixrometrning ko'rsatishi quyidagicha: $t_K=30^\circ\text{C}$ va $t^1_x=20^\circ\text{C}$. Xavoning xarakat tezligi $\omega=0,5$ m/sek. Agar barometrik bosim $B=745$ mm.sim.ust ga teng bo'lsa, xavoning holatini aniqlang.

J: $\varphi=40\%$ $d=11,5$ g/kg

537. Kameradagi xavoning parametrlari quyidagicha: $t=25^\circ\text{C}$; $P=105$ N/m²; $\varphi=40\%$. Shu sharoitlar uchun xavoning nam saqlamini va shudring nuqtasini ainiqlang.

J: $d=0,00787$ kg/kg; $t_{sh}=10,5^\circ\text{C}$.

538. Nam xavo harorati $t=25^{\circ}\text{C}$, shudring nuqta harorati $t_{\text{sh}}=20^{\circ}\text{C}$. Xavoning nisbiy namliqini, nam saqlamini, parsial bosimini aniqlang. Masalani yechishda hd-diagrammadan foydalaning.

$$\text{J: } \varphi = 75\% \quad h = 63 \text{ kJ/kg}; \quad \rho_p = 0,01725 \text{ kg/m}^3 \\ d = 0,015 \text{ kg/kg quruq xavo}; \quad p_n = 2200 \text{ N/m}^2$$

539. Tajriba vaqtida quruq termometr ko'rsatishi $t_q=65^{\circ}\text{C}$ va ho'l termometr ko'rsatishi $t_x=50^{\circ}\text{C}$ bo'ldi. Yuqoridagi sharoit uchun xavoning holatini va parametrlarini aniqlang. Masalani yechishda hd-diagrammadan foydalaning.

$$\text{J: } \varphi = 53\%; \quad d = 0,82 \text{ kg/kg quruq xavo}; \quad h = 279 \text{ kJ/kg}; \quad P_n = 1170 \text{ N/m}^2; \quad t_{\text{sh}} = 48,5^{\circ}\text{C}.$$

540. Boshlang'ich harorati $t_1=25^{\circ}\text{C}$ va nisbiy namliqi $\varphi_1=80\%$ bo'lgan xavo $t_2=10^{\circ}\text{C}$ haroratgacha sovitilyapti. Xavodan 1 kg namlik tushishi uchun, undan olib ketilishi zarur bo'lgan issiqlik miqdorini aniqlang. hd-diagrammadan foydalaning.

$$\text{J: } q = 4520 \text{ kJ/kg}$$

541. Nam xavoning parametrlari quyidagicha: $t_1=25^{\circ}\text{C}$ va to'yinish darajasi $\varphi=0,7$. Xavo $P=101 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ o'zgarmas bosimda $t_2=10^{\circ}\text{C}$ haroratgacha sovitildi. Xavo sovitilishi natijasida ajralgan namlik va 1 kg xavodan olib ketilishi lozim bo'lgan issiqlik miqdori aniqlansin.

$$\text{J: } 0,0065 \text{ kg/kg}; \quad q = -31,4 \text{ kJ/kg}.$$

542. Quyidagi sharoit uchun nam xavoning zichligini aniqlang: $t=320^{\circ}\text{C}$; $P=0,3 \text{ MPa}$; $d=30 \text{ gr/kg.quruq xavo}$

$$\text{J: } \rho = 1,733 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

543. Agar nam xavoning parametrlari quyidagicha bo'lsa: $t=20^{\circ}\text{C}$; $P=0,2 \text{ MPa}$; $d=40 \text{ gr/kg.quruq xavo}$. Uning solishtirma hajmini aniqlang.

$$\text{J: } v = 0,695 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

544. Nam xavoning parametrlari quyidagicha: $P=0,4 \text{ MPa}$; $t=70^{\circ}\text{C}$; $d=20 \text{ gr/kg.quruq xavo}$. Nam xavoning entalpiyasini aniqlang.

$$\text{J: } h = 121 \text{ kJ/kg}.$$

545. Havo sovitgichi orqali 1 soatda absolyut bosimi $P=740$ mm.sim.ust harorati $t = 4^{\circ}C$ va nisbiy namliqi $\varphi = 80\%$ bo'lgan $100000m^3$ havo o'tib, uning harorati $0^{\circ}C$ ga qadar pasaydi. Olib ketilgan issiqlik miqdorini va sovitkich sirtida hosil bo'lgan namlik miqdorini aniqlang.

Yechish: Havodagi suv bug'ining parsial bosimini aniqlash uchun to'yingan suv bug'i jadvallaridan aralashma haroratiga mos bosimni aniqlaymiz. $t = 4^{\circ}C$ da $P_T = 6,1$ mm. sim. ust. $P_{\delta} = \varphi \cdot P_{\delta} = 0,8 \cdot 6,1 = 4,88$ mm. sim. ust. Nam havoning sovitgichga kirishidagi nam saqlami:

$$d_1 = 0,622 \frac{4,88}{740 - 4,88} = \frac{0,622 \cdot 4,88}{735,12} = 0,00414 \text{ kg/kg}$$

Nam havoning sovitgichga kirishdagi entalpiyasi:

$$h_1 = 0,24 \cdot 4 + 0,00414 \cdot (597 + 0,46 \cdot 4) = 3,43 \text{ kkal/kg} = 14,35 \text{ kJ/kg.}$$

Nam havodagi suv bug'ining sovitkichdan chiqishdagi ($0^{\circ}C$ da) parsial bosimni aniqlaymiz. Nam havo jadvalidan $t = 0^{\circ}C$ da $P_{\delta} = 4,6$ mm. sim. ust. U holda Nam havoning sovitkichdan $t_2 = 0^{\circ}C$ da chiqishdagi nam saqlami: $d_1 = 0,622 \frac{3,68}{740 - 3,68} = 0,00311 \text{ kg/kg}$. 1kg nam havoning sovitkichda sovutilish natijasida nam saqlamining o'zgarishi: $\Delta d = d_1 - d_2 = 0,00414 - 0,00311 = 0,00103 \frac{kg}{kg}$. Havo sovitkichdan o'tayotgan quruq xavo miqdori:

$$G = \frac{PV}{RT} = \left(\frac{740 - 4,88}{287 \cdot 277} \right) = 123000 \text{ kg/soat} = 32,4 \text{ kg/soat.}$$

Sovitkichdan chiqayotgan nam havoning $0^{\circ}C$ haroratdagi entalpiyasi: $h_2 = 0,24 + -0,00311 \cdot (597 + 0,46 \cdot 0) = 1,86 \frac{kkal}{kg} = 7,8 \text{ kJ/kg}$. 1 kg nam havoning sovitgichda sovish natijasida entalpiyasini o'zgarishi: $\Delta h = h_1 - h_2 = 3,43 - 1,86 = 1,57 \text{ kkal/kg} = 6,55 \text{ kJ/kg}$. Covitgichdan o'tayotgan havodan olingan issiqlik: $Q = G(hd_1 - d_{2_1} - h_2) = 32,4 \cdot 6,55 = 224 \text{ kJ/soat}$. Sovitgich sirtida hosil bo'lgan namlik miqdori:

$$G_w = \Delta d \cdot G = 0,00103 \cdot 123000 = 126 \text{ kg/soat.}$$

546. Zavod sexining binosida ishlab chiqarishning texnik shartlariga asosan havoning parametrlari quyidagicha bo'lish kerak: $t_2 = 22^{\circ}C$ va nisbiy namlik

$\varphi_2 = 80\%$. Buning uchun sexga harorati $t_1 = 18^\circ C$ va nisbiy namliqi $\varphi_1 = 30\%$ bo'lgan havo uzluksiz uzatiladi. Barometrik bosim $P_{bar} = 752 \text{ mm.sim.ust.}$ ga teng. Quyidagilarni aniqlang:

- 1) 1 kg uzatilayotgan havoga qo'yilayotgan namlik (Δd);
- 2) Agar namlik harorati $t_w = 12^\circ C$ bo'lgan suv yordamida atalga oshirilayotgan bo'lsa, toza havoni qanday haroratgacha (t_3) isitish kerakligini;
- 3) Toza havoni isitmasdan, bug'ni puflash orqali toza havodagi kerakli nam saqlamini olish uchun suv bug'ining parametrlarini.

Yechish: Uzatilayotgan toza havoning nam saqlami:

$$d_1 = 0,622 \frac{\varphi_1 \cdot P_{T1}}{P - \varphi_1 \cdot P_{T1}} = 0,622 \frac{0,3 \cdot 15,48}{752 - 0,3 \cdot 15,48} = 0,00386 \text{ kg/kg, bu erda}$$

$P_{T1} = 15,48 \text{ mm.sim.ust.}$ suv bug'i jadvallaridan $t = 18^\circ C$ uchun aniqlanadi.

$$t_2 = 22^\circ C \text{ va } \varphi_2 = 80\% \text{ dagi nam saqlami: } d_2 = 0,622 \frac{0,8 - 19,83}{752 - 0,8 \cdot 19,83} =$$

$0,01345 \text{ kg/kg}$, bu erda $P_{T2} = 19,83 \text{ mm.sim.ust.}$ suv bug'i jadvallaridan

$t = 22^\circ C$ uchun aniqlanadi. t_3 haroratni aniqlash uchun, havo va suvni isitish

uchun sarflangan issiqlikni aniqlaymiz: $Q = C_{p\lambda}(t_2 - t_1) + \Delta d(597 - h_d) +$

$$C_{p\delta}(d_2 \cdot t_2 - d_1 \cdot t_1) = 0,24 \cdot (22 - 18) + 0,00959 \cdot (597 - 12) + 0,46 \cdot$$

$$(0,01345 \cdot 22 - 0,00386 \cdot 18) = 6,65 \text{ kkal/kg} = 27,8 \text{ kJ/kg. U holda } t_3 = t_1 +$$

$$\frac{Q}{C_{p\lambda} + d_1 C_{p\delta}} = 18 + \frac{6,65}{0,24 + 0,00368 \cdot 0,46} = 45,5^\circ C \text{ Nam havoning issiqligi: } Q =$$

$$C_{p\lambda}(t_2 - t_1) + \Delta d(597 - h_2) + C_{p\delta}(d_2 \cdot t_2 - d_1 \cdot t_1) = 0 \text{ u holda } h_d = 597 +$$

$$\frac{1}{\Delta d} [C_{p\lambda}(t_2 - t_1) + C_{p\delta}(d_2 \cdot t_2 - d_1 \cdot t_1)] = 597 + \frac{1}{0,00959} [0,24 \cdot (22 - 18) +$$

$$0,46 \cdot 0,46 \cdot (0,01345 \cdot 2 - 0,00386 \cdot 18)] = 708 \text{ kkal/kg. Bug'ning entalpiyasi}$$

bilgan holda $h_\delta = 708 \text{ kkal/kg}$, h_s –diagrammadan quyidagilardan aniqlaymiz:

o'ta qizigan bug'; uning absolyut bosimi $P_{2\delta} = 5 \text{ bar}$ va harorati $t_2 = 250^\circ C$.

547. Kamerada parametrlari $t_1 = 20^\circ C$, $\varphi_1 = 60\%$ bo'lgan $G_1 = 10000 \text{ kg}$ havo va parametrlari: $t_2 = 50^\circ C$, $\varphi_2 = 50\%$ bo'lgan $G_2 = 30000 \text{ kg}$ havo aralashyapti. Aralashgandan so'ng havoning parametrlarini aniqlang.

Yechish: hd –diagrammadan quyidagilarni aniqlaymiz:

$$t_1 = 20^\circ C \text{ va } \varphi_1 = 60\%. \text{ uchun } -h_1 = 42 \text{ kJ/kg; } d_1 = 9 \text{ g/kg quruq havo}$$

$t_2 = 50^{\circ}\text{C}$ va $\varphi_2 = 50\%$ uchun $-h_1 = 160 \text{ kJ/kg}$; $d_1 = 42 \text{ g/kg}$ quruq havo. Masalaning shartiga asosan: $a = \frac{G_2}{G_1} = \frac{30000}{10000} = 3$. Aralashmaning nam saqlami: $d_{ar} = \frac{9+3 \cdot 42}{1+3} = 33,8 \text{ g/kg}$, aralashma entalpiyasi: $h_{ar} = \frac{10+3 \cdot 160}{1+3} = 130 \text{ kJ/kg}$. Olingan qiymatlar bo'yicha h_d –diagrammadan qiyidagilarni aniqlaymiz: $t_{ar} = 42,5^{\circ}\text{C}$; $\varphi = 60\%$.

548. Nam havoning holat parametrlari quyidagicha: $t = 30^{\circ}\text{C}$ va nisbiy namliqi $\varphi = 40\%$. Nam va quruq havo entalpiyasini, havodagi namlik entalpiyasini aniqlang. Masalani hd –diagramma yordamida eching.

Yechish: hd –diagrammada $t = 30^{\circ}\text{C}$ izoterma chizig'i bilan $\varphi = 40\%$ chizig'i kesishgan nuqtani aniqlaymiz. Ushbu nuqta 1 kg nam havoning entalpiyasini baradi, $h = 56,5 \text{ kJ/kg}$. Quruq havoning entalpiyasi: $h_{\lambda} = 0,24 \cdot t = 0,24 \cdot 30 = 7,2 \text{ kkal/kg} = 30,2 \text{ kJ/kg}$. U holda $h_{suv} = 56,5 - 30,2 = 26,3 \text{ kJ/kg}$.

549. Psixrometr bo'yicha aniqlangan nam havoning nisbiy namliqi 40%, havo harorati $t = 25^{\circ}\text{C}$ ga teng. Barometrik bosim 750 mm.sim.ust. ga teng bo'lsa, havoning nam saqlimini va shudring haroratini aniqlang.

$$\text{J: } d = 0,00797 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}; t_{sh} = 10,5^{\circ}\text{C}$$

550. Nam havoning harorati $t = 25^{\circ}\text{C}$, shudring harorati $t_{sh} = 20^{\circ}\text{C}$ ga teng. Nam havoning nisbiy namliqini, entalpiya, nam havoning absolyut namliqini, nam saqlamini, suv bug'ining parsial bosimini aniqlang. Masalani hd –diagramma yordamida eching.

$$\text{J: } \varphi = 75\%; h = 62,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; P_{\delta} = 17,25 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}; d = 15 \frac{\text{g}}{\text{kg}}; P =$$

18 mm.sim.ust.

551. Quruq va ho'l termometrlar ko'rsatkichi quyidagicha: $t_q = 65^{\circ}\text{C}$ va $t_h = 50^{\circ}\text{C}$. Havoning holatini va haroratini aniqlang. Masalani yechishda hd –diagrammadan foydalaning.

$$\text{J: } \varphi = 53\%; d = 81 \frac{\text{g}}{\text{kg}}; h = 277 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; P_{\delta} = 85 \text{ mm.sim.ust}; t_{sh} = 47,5^{\circ}\text{C}.$$

552. Boshlang'ich harorati $t_1 = 25^{\circ}\text{C}$ va nisbiy namliqi $\varphi = 80\%$ bo'lgan havo $t_2 = 10^{\circ}\text{C}$ haroratgacha sovitilmoqda. Havodan (1 kg namlik tushishi uchun) olib ketilayotgan issiqlik miqdorini aniqlang. Masalani yechishda hd –diagrammadan foydalaning.

J: $q = 4550\text{ kJ/kg}$.

553. Nam havoning boshlang'ich parametrlari quyidagicha: harorati 25°C va to'yinish darajasi $\psi = 0,7$. Havo o'zgarmas 755 mm.sim.ust bosimda $t_2 = 10^{\circ}\text{C}$ haroratgacha sovitilmoqda. Havoni sovishi natijasida ajralgan namlik miqdorini va 1 kg havodan olib qolish lozim bo'lgan issiqlikni aniqlang.

J: $6,5\text{ g/kg}$; $q = -31,4\text{ kJ/kg}$.

554. Gaz dvigateli $500\text{ m}^3/\text{soat}$ havoni 25°C haroratda so'rib olmoqda. Havoning nisbiy namliqi 0,4 ga teng. Dvigatelga 1 soatda so'rilayotgan bug' miqdorini aniqlang.

J: $G = 4,6\text{ kg/soat}$.

555. Harorati 20°C va nam saqlami 6 g/kg bo'lgan tashqi havo 45°C haroratgacha isitilmoqda. Tashqi va isitilgan havoning nisbiy namliqini aniqlang. Barometrik bosim 1 bar ga teng.

J: $\varphi_1 = 40\%$; $\varphi_2 = 9,8\%$.

556. Quritish kamerasiga o'rnatilgan psixrometr ko'rsatishi quyidagicha: $t_q = 30^{\circ}\text{C}$ va $t_x = 20^{\circ}\text{C}$. Havoning tezligi $0,5\text{ m/s}$. Agar $P_{bar} = 745\text{ mm.sim.ust}$. teng bo'lsa, havoning xolatini aniqlang.

J: $\varphi = 40\%$; $d = 11,5\text{ g/kg}$.

XIV BOB

ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK

Issiqlik o'zkazuvchanlik—bu haroratlar farqi borligi tufayli tutash muhitda issiqlikning molekulyar uzatilishidir.

Harorat o'zgarishi Δt ning izotermadagi normal bo'yicha masofa Δn ga nisbati harorat gradienti deyiladi:

$$\lim (\Delta t / \Delta n)_{\Delta n \rightarrow 0} = dt/dn = \text{grad}t \quad (329)$$

Fure qonuni:

$$q = -\lambda dt/dn = -\lambda \text{grad}t \quad (330)$$

bu erda: λ —issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti, $\text{Vt/m}\cdot\text{grad}$. Devorning issiqlik o'tkazuvchanligi:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta}{\lambda}} \quad (331)$$

bu erda: t_1 va t_2 —devorning tashqi va ichki sirti harorati, $^{\circ}\text{C}$; δ —devorning qalinligi, m.

Yassi ko'p qatlamli devor uchun:

$$q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_1^n \delta i / \lambda i} \quad (332)$$

Silindrik devordan o'tuvchi issiqlik oqimi:

$$q_1 = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (333)$$

bu erda: d_2 va d_1 —silindrning tashqi va ichki diametri.

557. Aviadvigatel karteri devori qalinligi $\delta = 5,5$ mm, karter yuzasi $F = 0,6 \text{ m}^2$, ichki sirti harorati $t_1 = 75^{\circ}\text{C}$, tashqi sirti harorati $t_2 = 68^{\circ}\text{C}$ va devorning o'rtacha issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda = 175 \text{ Vt/m}\cdot\text{grad}$ bo'lsa, xar soatda karter devoridan o'tayotgan issiqlik miqdorini aniqlang.

J: $Q = 133300 \text{ Vt}$.

558. Gaz turbinasi qanoti sirti haroratlari $t_1 = 650^{\circ}\text{C}$ va $t_2 = 630^{\circ}\text{C}$. Qanot qalinligi $\delta = 2,5$ mm va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda = 23,85 \text{ Vt/m}\cdot\text{grad}$. Qanot devoridan o'tayotgan solishtirma issiqlik oqimini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad q = 19070 \text{ Vt/m}^2.$$

559. Diametri $d = 10 \text{ mm}$ bo'lgan po'lat simdan tok kuchi $J = 200 \text{ A}$ bo'lgan elektr toki o'tmoqda. Simdan ajralgan issiqlikning hatmasi atrof muhitga uzatiladi. Agar sim sirtidagi harorat $t = 50^\circ\text{C}$, colishtirma elektr qarshiligi $\rho = 0,85 \text{ om}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ va simning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda = 18,6 \text{ Vt/m}\cdot\text{grad}$ bo'lsa, issiqlik manbaining hajmiy unumdorligini va simning maksimal haroratini aniqlang.

Yechish:

Simning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan elektr qarshiligi:

$$R_l = \rho/S = 0,0108 \text{ Om/m},$$

bu erda: $S = \pi r^2$ –simning ko'ndalang kesim yuzasi.

Uzunlik birligidagi issiqlik oqimi:

$$q_l = J^2 R_l = 200^2 \cdot 0,0108 = 432 \text{ Vt/m}.$$

Issiqlik manbaining hajmiy unumdorligi:

$$q_v = \frac{q_l}{\pi r^2} = 5,51 \cdot 10^6 \text{ BT/m}^3$$

Sim sirtidagi maksimal harorat:

$$t_{\text{MAX}} = t + \frac{q_v \cdot r^2}{4\lambda} = 50 + \frac{5,51 \cdot 10^6 \cdot 5^2 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 18,6} = 50,2^\circ\text{C}$$

560. Yadro reaktorining issiqlik chiqaradigan elementining diametri $d = 14 \text{ mm}$ bo'lib, issiqlik manbaining hajmiy unumdorligi $q_v = 4,88 \cdot 10^8 \text{ Vt/m}^3$. Elementning maksimal haroratini va sirtidagi solishtirma issiqlik oqimini aniqlang. Element materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda = 64 \text{ Vt/m}\cdot\text{grad}$. Sirtidagi harorat $t = 1950^\circ\text{C}$.

$$\mathbf{J:} \quad q_v = 17,1 \cdot 10^6 \text{ Vt/m}^3; \quad t_{\text{MAX}} = 2043,5^\circ\text{C}.$$

561. Diametri $d = 3 \text{ mm}$ bo'lgan alyumin sim qalinligi $1,2 \text{ mm}$ li rezina izolyasiyasi bilan qoplangan. Izolyasiyani tashqi tomonidagi harorat $t = 45^\circ\text{C}$, ichki tomonidagi maksimal harorati 65°C dan oshmasligi kerak. Rezinaning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda = 0,175 \text{ Vt/m}\cdot\text{grad}$. Alyumin simning elektr qarshiligi $\rho = 0,00397 \text{ Om}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$. Shu sim uchun mumkin bo'lgan tok kuchining miqdorini

aniqlang.

J: $J = 96,95 \text{ A}$.

562. Diametri 44/50 mm bo'lgan bug' quvurini iisqlik isroflarini kataytirish uchun uni izolyasiya qilish lozim. Agar asbestning iisqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda=0,14 \text{ Vt/m}\cdot\text{grad}$ va izolyasiyani tashqi tomondan atrof muhitga iisqlik berish koeffisienti $\alpha=11,63 \text{ Vt/m}^2\cdot\text{grad}$ bo'lsa, asbestdan izolyasiya sifatida foydalanish mumkinmi?

J: mumkin.

563. G'isht devorining yuzasi $F=20 \text{ m}^2$, qalinligi $\delta=0,2 \text{ m}$. Devorning ichki tomonidagi harorat $t_1=-10^\circ\text{C}$. Agar pechkaning f.i.k $\eta=70\%$, ko'mirning quyi yonish iisqligi $Q_q^i=18060 \text{ kJ/kg}$ va g'isht devorining iisqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda=0,475 \text{ Vt/m}\cdot\text{grad}$ bo'lsa, devordan o'tayotgan iisqlik isroflarini to'ldirish uchun pechkadan qancha ko'mir yoqish kerak?

J: $G = 9,77 \text{ kg}$.

564. Kesimi kvadrat shakldagi (kvadrat tomoni 44 mm) va uzunligi 2m bo'lgan po'lat sterjen uchi harorati 300°C . Quyidagilarni aniqlang:

1. Sterjen tomonidan 1 soat ichida berilayotgan Q iisqlik miqdori.

2. Agar atrof –muhit harorati 25°C bo'lsa, sterjenni uchidan 0,5; 1; va 2 m masofadagi harorati. Sterjenning yon va oldi tomonining iisqlik berish koeffisienti $\alpha=9 \text{ Vt/m}^2\cdot\text{grad}$, sterjen materialining iisqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda=46 \text{ Vt/m}\cdot\text{grad}$.

J: $Q = 89,5 \text{ J/sek}$; $t_1=55,5^\circ\text{C}$; $t_2=28,3^\circ\text{C}$; $t_3 = 25,1^\circ\text{C}$.

565. Diametri $d=40 \text{ mm}$ bo'lgan elektr kabel chuqurligi $H=1,5 \text{ m}$ bo'lgan quruq erga ($\lambda=0,29 \text{ Vt/m}\cdot\text{grad}$) o'rnatilgan bo'lib, 29 Vt/m iisqlik chiqaradi. Agar er sirti harorati $t_R=15^\circ\text{C}$ bo'lsa, kabel sirtidagi maksimal haroratni aniqlang.

J: $94,7^\circ\text{C}$.

566. Quvvati $N=2000 \text{ Vt}$, ichki o'lchamlari $130\times130\times170 \text{ mm}$ bo'lgan elektr pechi qalinligi 100 mm li o'tga chidatli material $\lambda=0,84 \text{ Vt/m}\cdot\text{grad}$ bilan qoplangan. Agar pechning ichki sirti harorati $t_1=1200^\circ\text{C}$ bo'lsa, pechning tashqi

sirti haroratini aniqlang.

J: $t_2=113^{\circ}\text{C}$.

567. Shlakli momiqdan (vata) tayyorlangan issiqlik izolyasion materialning qalinligini aniqlang. Izolyasion qatlamdan o'tishdagi issiqlikning solishtirma isrofi 523 Vt/m^2 , sirlardagi harorat 700 va 40°C ga teng. Shlakli momiqning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda = 0,058 + 0,000145 \cdot t$.

Yechish: Shlakli momiqning o'rtacha issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisientini aniqlaymiz:

$\chi_{\text{ort}} = 0,058 + 0,000145 \frac{700+40}{2} = 0,1102 \frac{\text{Vt}}{\text{m}} \cdot \text{grad}$. Izolyasiyaning qalinligini aniqlaymiz:

$$\delta = \frac{\chi_{\text{ort}} \cdot \Delta t}{q} = \frac{0,1102 \cdot (700 - 40)}{523} = 0,139 \text{ m}.$$

568. Yonish kamerasining diametri 180 mm va devori qalinligi $2,5 \text{ mm}$. Devor materialining issiqlik o'zgaruvchanlik koeffisienti $34,9 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$ ga teng. Devor sirlari harorati 1200 va 600°C ga teng bo'lsa, devor uzunligi birligidan o'tayotgan issiqlik oqimini aniqlang.

Yechish: Masala shartidan ko'rinib turibdiki, issiqlik o'tkazuvchanlik silindrik devor orqali ro'y bermoqda. Shuning uchun: $q_1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 34,9 \cdot 1 \cdot (1200 - 600)}{\ln \frac{0,18 + 2 \cdot 0,0025}{0,18}} = 4,815 \cdot 10^6 \text{ Vt/m}$

569. Yonish kamerasining diametri 190 mm , himoya qatlami qalinligi 1 mm va uning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $1,15 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$, katera devorining qalinligi 2 mm , issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $372 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$. Bir metr uzunlik birligiga to'g'ri keladigan issiqlik oqimi 40750 Vt/m ; izolyasion qatlamning kamera tomonidagi harorati 1200°C . Qatlamlarning o'zaro tutashgan joyidagi va tashqi sirtidagi haroratni aniqlang.

Yechish: Ikki qatlamli silindrik devorning har bir qatlami uchun issiqlik oqimini aniqlash tenglamasini yozatiz: $Q = \frac{2\pi L \chi_q (t'_g - t_q)}{\ln \frac{d+2\delta_q}{d}}; Q = \frac{2\pi L \chi_g (t_g - t'_g)}{\ln \frac{d+2\delta_q+2\delta_g}{d+2\delta_q}}$.

Olingan tenglamalardan qatlamlar tutashgan joydagi va tashqi sirtidagi

haroratni hisoblaymiz:

$$t_q = t'_g - \frac{q_1}{2\pi\chi_q} \ln \frac{d+2\delta_q}{d} = 1200 - \frac{40750}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,15} \ln \frac{0,19+2 \cdot 0,01}{0,19} = 609^\circ C$$

$$t''_g = t_q - \frac{q_1}{2\pi\chi_g} \ln \frac{d+2\delta_q+2\delta_g}{d+2\delta_q} = 609 - \frac{40750}{2 \cdot 3,14 \cdot 372} \cdot \ln \frac{0,192+2 \cdot 0,002}{0,192}$$

$$= 608,6^\circ C$$

570. Ochiq havoda joylashgan va diametri 170/185 mm bo'lgan quvurda o'rtacha harorati $95^\circ C$ bo'lgan suv oqmoqda. Atrof- muxit harorati $-18^\circ C$ ga teng. Quvur izolyasiyalangan. Quvur materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $58,15 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$, suvning quvur ichki sirtiga issiqlik berish koeffisienti $-1395 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$ va quvurdan tashqi havoga issiqlik berish koeffisienti $-14 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$ ga teng. 1 m quvur uzunligi bo'yicha issiqlik isroflarini, quvurning ichki va tashqi sirtlaridagi haroratlarni aniqlang.

Yechish: Issiqlik oqimini hisoblaymiz:

$$Q = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot [95 - (-18)]}{\frac{1}{1395 \cdot 0,17} + \frac{1}{2 \cdot 58,15} \ln \frac{185}{170} + \frac{1}{14 \cdot 0,185}} = 907 \text{ Vt}$$

Quvurning ichki va tashqi sirtlari haroratlarini issiqlik oqimi tenglamalaridan aniqlaymiz: $t'_g = t_1 - \frac{Q}{\pi L} \cdot \frac{1}{\alpha_1 d_1} = 95 - \frac{907}{3,14 \cdot 1} \cdot \frac{1}{1395 \cdot 0,17} = 93,8^\circ C$, $t''_g = t_2 + \frac{Q}{\pi L} \cdot \frac{1}{\alpha_2 d_2} = -18 - \frac{907}{3,14 \cdot 1} \cdot \frac{1}{14 \cdot 0,185} = 93,5^\circ C$

571. Agar quvur ichida gaz oqsa, quvur tashqarisi xavo bilan yuvilib tursa, 1 soat davomida o'tayotgan issiqlikni aniqlang. Gazning o'rtacha harorati $800^\circ C$, xavoniki $-15^\circ C$. Gazdan quvur sirtiga issiqlik berish koeffisienti $35 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$, devordan havoga issiqlik berish koeffisienti $5,8 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$ ga teng. Quvurning ichki va tashqi sirtidagi haroratlarni, hamda quvur o'qidan 40 mm masofada joylashgan qatlamning haroratini aniqlang. Po'latli quvurning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $46,5 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$.

J: $Q = 2860 \text{ Vt}$. Haroratlar: $591^\circ C$; $590^\circ C$; $585^\circ C$.

572. Uzunligi 50 m bo'lgan bug' quvuridagi 1 soatdagi issiqlik isroflarini aniqlang. Bug' quvurida bosimi 30 at bo'lgan to'yingan bug' oqmoqda. Quvurning

ichki diametri 108 mm. Atrof- muxit harorati 35°C . Bug'dan quvurning ichki sirtiga issiqlik berish koeffisienti $465 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$, izolyasiyadan havoga $-\frac{5,8 \text{ Vt}}{\text{m}^2} \cdot \text{grad}$. Bug' quvuri qalinligi 80 mm bo'lgan izolyasiya bilan qoplangan. Po'latning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $52 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$, izolyasiyaniki $-0,058 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$, shu bilan birgalikda izolyasiyaning tashqi sirti haroratini aniqlang.

J: $Q = 3680 \text{ Vt}; t = 50^{\circ}\text{C}$.

573. Diametri 100/110 mm bo'lgan po'lat quvur asfalt izolyasiyasi bilan qoplangan. Asfalt izolyasiyasining kritik diametri va quvurning 3 metridan berilayotgan issiqlikni aniqlang. Quvurdan harorati 80°C va issiqlik berish koeffisienti $2093 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$ bo'lgan suv oqmoqda, quvur tashqi tomondan harorati 15°C bo'lgan havo bilan yuvilmoqda, quvur sirtidan xavoga issiqlik berish koeffisienti $10,5 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$, po'latning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $46,5 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$, asfaltniki $-0,66 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$.

J: $d_{kr} = 0,1265; q_{max} = 710 \text{ Vt}$.

574. Bug' turbinasi qanoti sirti haroratlari $t_1=670^{\circ}\text{C}$ va $t_2=620^{\circ}\text{C}$. Qanot qalinligi $\delta=2,7 \text{ mm}$ va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda=24,65 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$. Qanot devoridan o'tayotgan solishtirma issiqlik oqimini aniqlang.

J: $q = 46648 \text{ Vt/m}^2$.

575. Havo isitkichining po'latli quvuri ichki tomondan o'rtacha harorati 320°C bo'lgan tutun gazlari bilan yuvilmoqda, tashqi tomoni havo bilan yuvilib, uning harorati 25 dan 250°C gacha ko'tarilmoqda. Po'latning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $58 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$ ga teng. Quvurning tashqi diametri 51 mm, ichki diametri 48 mm, quvur uzunligi 4 m, quvur ichidagi quyqum qalinligi $\delta = 1 \text{ mm}$, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $0,23 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$. 1 metr uzunlikka va quvurning 1 m^2 tashqi sirtiga keltirilgan issiqlik uzatish koeffisientini aniqlang.

J: $K_1 = 0,232 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2} \cdot \text{grad}; K_2 = 9,15 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}; Q = 1069 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$.

576. Gaz turbinasi parraklari sirtlaridagi haroratlari 650 va 630°C ga teng,

parraklar qalinligi 2,5 mm, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $23,85 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$ ga teng bo'lsa, parrak devori orqali o'tayotgan issiqlik oqimining zichligini aniqlang.

J: $q = 19070 \text{ Vt/m}^2$

577. Rekuperativ issiqlik almashinuv apparatida issiqlik sig'imi $3,3 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$ bo'lgan 1000 kg eritmani 1 soatda isitish kerak. Isitish uchun isitkichga 120°C haroratda kelayotgan kondensatdan foydalaniladi. Isitish natijasida eritma harorati 20 dan 80°C gacha ko'tariladi. Issiqlik uzatish koeffisienti $558 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$. To'g'ri va teskari oqimlar uchun zarur bo'lgan isitish yuzasini va kondensatning 1 soatdagi sarfini aniqlang. Ikkala holda isitkichdagi oxirgi haroratlar farqi 20°C ga teng.

J: to'g'ri oqim uchun: $F = 2,01 \text{ m}^2$; $G = 2400 \text{ kg/soat}$;

teskari oqim uchun: $F = 3,46 \text{ m}^2$; $G = 6000 \text{ kg/soat}$.

578. Diametri 38 mm, qalinligi 2,5 mm bo'lgan quvur emal bilan qoplansa, uning termik qarshiligi qanday o'zgaradi? Quvurni yassi devor deb hisoblang. Emalning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $1,05 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$ ga teng.

J: 10 marta ortadi.

579. Uzunligi 40 m, diametri 51 mm, qalinligi 2,5 mm bo'lgan bug' quvuri qalinligi 30 mm bo'lgan izolyasiya bilan qoplangan. Izolyasiyaning tashqi sirti harorati 45°S , ichkichi -175°C ga teng. Bug' quvurida 1 soat davomida isrof bo'layotgan issiqlikni aniqlang. Izolyasiyaning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $0,116 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$ ga teng.

J: $Q = 48,6 \text{ kVt}$.

580. Harorati 100°C bo'lgan eritma yordamida harorati 15°C bo'lgan eritma 50°C gacha isitilmoqda. Isitish natijasida birinchi eritmaning harorati 60°C ga qadar pasaydi. To'g'ri va qarata-qarshi oqimlar uchun haroratlar farqini aniqlang.

J: to'g'ri oqim: $\Delta t = 50,5^{\circ}\text{C}$; qarama-qarshi: $\Delta t = 36,8^{\circ}\text{C}$

581. Sanoat pechining devori 2 qatlamdan iborat. 1-qatlam o'tga chidatli

g'isht $\delta = 500 \text{ mm}$, $\chi = 1,16 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$. 2-qatlam pishiq g'isht $\delta = 250 \text{ mm}$, $\chi = 0,58 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$. Pechning ichidagi harorat 1300°C ga teng. Atrof- muhit harorati 25°C na teng. Pech gazlaridan devorga issiqlik berish koeffisienti $34,8 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$, devordan havoga issiqlik berish koeffisienti $16,2 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$ ga teng. Devorning 1 m^2 yuzasidan issiqlik isroflarini, o'ta chidatli va pishiq eritmalar o'rtasidagi haroratni aniqlang.

$$\text{J: } q = 1340 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2}; t = 684^{\circ}\text{C}.$$

582. Pechning g'ishtli devorini qalinligi 380 mm . Agar devorning ichki sirti harorati 300°C va tashqi sirti harorati 60°C , devor orqali o'tayotgan issiqlik miqdori $q = 190 \text{ Bt/m}^2$ bo'lsa, devorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisientini aniqlang.

$$\text{J: } \chi = 0,3 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}.$$

583. Qozonning metall devorining qalinligi $\delta = 14 \text{ mm}$. Devor orqali qaynayotgan suvga $q = 25000 \text{ Bt/m}^2$ issiqlik uzatilmoqda. Devorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\chi = 50 \frac{\text{Bt}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ Devor sirtlaridagi haroratlar farqini aniqlang.

$$\text{J: } \Delta t = 7^{\circ}\text{C}.$$

584. Suv ustida turgan muzning qalinligi 250 mm , sirtlaridagi harorat mos ravishda $t_1 = 0^{\circ}\text{C}$, $t_2 = -15^{\circ}\text{C}$. Agar muzning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda_m = 2,25 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$ ga teng bo'lsa, muzning 1 m^2 yuzasidan o'tayotgan issiqlik oqimini aniqlang. Agar muz qalinligi 155 mm bo'lgan qor bilan qoplansa, issiqlik oqimi qanday o'zgaradi?

Qorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda_k = 0,465 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$ va qorning sirtidagi harorat $t_k = -20^{\circ}\text{C}$ ga teng.

$$\text{J: } q = 135 \frac{\text{Bt}}{\text{m}^2}; q' = 45 \frac{\text{Bt}}{\text{m}^2}; 3 \text{ marta kamayadi}.$$

585. G'ishtli devorning 1 m^2 yuzasidan o'tayotgan issiqlik oqimini va $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ ga mos muzlash chuqurligini aniqlang. Devorning qalinligi 250 mm , devorning ichki sirti harorati $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$, tashqisi $t_2 = -30^{\circ}\text{C}$. G'ishtning issiqlik

o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda = 0,55 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$.

J: $q = 110 \text{ Bt/m}^2$; $\delta' = 150 \text{ mm}$.

586. Quyidagi xollar uchun issiqlik oqimini xisoblang:

a) yassi devor po'latdan tayyorlangan ($\lambda = 0,40 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$);

b) betondan ($\lambda = 1,1 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$);

v) o'ta chidamli g'ishtdan ($\lambda = 0,11 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$);

Barcha xollar uchun devor qalinligi $\delta = 50 \text{ mm}$, devor sirtlaridagi haroratlar $t_1 = 100^\circ \text{C}$ va $t_2 = 90^\circ \text{C}$.

J: po'lat devor uchun $q = 8000 \text{ Bt/m}^2$; beton devor uchun $q = 220 \text{ Bt/m}^2$; g'isht uchun $q = 22 \text{ Bt/m}^2$;

587. Qalinligi $\delta = 50 \text{ mm}$ bo'lgan yassi devordan o'tayotgan issiqlik oqimi $q = 70 \text{ Bt/m}^2$ ga teng. Quyidagi xollar uchun devor sirtlaridagi haroratlar farqini va harorat gradientini aniqlang: a) devor latundan ($\lambda = 70 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$); b) devor qizil g'ishtdan ($\lambda = 0,07 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$); v) devor tiqindan tayyorlangan ($\lambda = 0,07 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$);

J: latun devor uchun $\Delta t = 0,05^\circ \text{C}$, gradt $t = \frac{1^\circ \text{C}}{\text{m}}$; g'ishtli devor uchun $\Delta t = 5^\circ \text{C}$, gradt $t = 100^\circ \text{C/m}$; tiqin devor uchun $\Delta t = 50^\circ \text{C}$, gradt $t = 100^\circ \text{C/m}$;

588. Uzunligi $l = 5 \text{ m}$, balandligi $h = 4 \text{ m}$ va qalinligi $\delta = 0,250 \text{ m}$ bo'lgan qizil g'ishtdan tayyorlangan devordan o'tayotgan issiqlik oqimini aniqlang. Devor sirtlaridagi haroratlar $t_1 = 110^\circ \text{C}$ va $t_2 = 40^\circ \text{C}$, qizil g'ishtning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti ($\lambda = 0,70 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$).

J: $Q = 3920 \text{ Vt}$.

589. Agar devor qalinligi $\delta = 40 \text{ mm}$ va sirtlardagi haroratlar farqi 20°C , issiqlik oqimining zichligi $q = 145 \text{ Bt/m}^2$ ga teng bo'lsa, materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisientini aniqlang.

J: $\lambda = 0,29 \text{ Bt/m} \cdot \text{K}$.

590. Yassi sirtni shunday izolyasiyalash kerakki, natijada sirtning birligidan vaqt birligi ichidagi issiqlik isroflari 450 Bt/m^2 dan ortib ketmasligi

lozim. Izolyasiya ostidagi sirt harorati $t_1 = 450^{\circ}C$, izolyasiya tashqi sirti harorati $t_2 = 50^{\circ}C$ ga teng. Quyidagi 2 xolat uchun izolyasiyaning qalinligini aniqlang:

a) izolyasiya soverlitdan tayyorlangan, uning uchun: $\lambda = 0,09 + 0,0000874 t$;

b) izolyasiya asbotermitdan tayyorlangan, uning uchun: $\lambda = 0,109 + 0,0000146 t$;

J: a) $\delta = 100mm$; v) $\delta = 130mm$.

591. Yassi devor qalinligi $\delta = 250mm$ bo'lgan shamot g'ishtidan tayyorlangan. Devor sirtidagi haroratlar $t_1 = 1350^{\circ}C$ va $t_2 = 50^{\circ}C$ ga teng. Shamot g'ishtining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti haroratga quyidagicha bog'liq:

$$\lambda = 0,838(1 + 0,0007 t);$$

Devor qalinligi bo'yicha haroratlar taqsimotini aniqlang va masshtabda tasvirlang.

J: χ , mm —0, 50; 100; 125; 150; 200; 250

$t^{\circ}C$ —1350; 1145; 920; 800; 670; 390; 50

592. Yuzasi $F = 5 m^2$ bo'lgan bakning yassi devori 2 qatlamli issiqlik izolyasiyasi bilan qoplangan. Bak devori qalinligi $\delta_1 = 8 mm$ va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda_1 = 46,5 \frac{Bt}{m.K}$ bo'lgan po'latdan tayyorlangan. Izolyasiyaning birinchi qatlami qalinligi $\delta_2 = 50mm$ bo'lgan novoasbozuritdan tayyorlangan, uning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\chi_a = 0,144 + 0,000014 t$. Izolyasiyaning 2-qatlami qalinligi $\delta_3 = 10mm$ bo'lgan oxakli suvoqdan iborat, $\chi_3 = 0,698 Bt/m \cdot K$ ga teng. Bak devorining ichki sirti harorati $t_1 = 250^{\circ}C$ va izolyasiyaning sirti harorati $t_1 = 50^{\circ}C$ ga teng. Devordan o'tayotgan issiqlik miqdorini, izolyasiyalar chegarasidagi haroratlarni va haroratlar taqsimoti grafigini chizing.

J: $Q = 3170 Bt$; $t_{c2} = 249,9^{\circ}C$; $t_{c3} = 59^{\circ}C$.

593. Sanoat pechi qoplamasi shamot va qizil g'ishtlardan va ular orasiga diatomit to'lg'izilgan. Shamot qatlami qalinligi $\delta_1 = 120mm$, diatomitniki

$\delta_2 = 50mm$ va qizil g'ishtniki $\delta_3 = 250mm$. Materiallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti quyidagicha: $\lambda_1 = 0,93$; $\lambda_2 = 0,13$; va $\lambda_3 = 0,7 \frac{Bt}{mK}$. Agar diatomit bilan to'ldirishdan voz kechilsa, qoplama orqali issiqlik oqimi o'zgarmasligi uchun qizil g'ishtning qalinligi $-\delta_3$ qanday bo'lishi kerak?

J: $\delta_3 = 250 mm$.

594. Diametri $d = 2mm$ bo'lgan mis sim qalinligi $\delta = 1mm$ bo'lgan rezina izolyasiyasi bilan qoplangan. Izolyasiyaning maksimal harorati 60^0C dan, izolyasiyaning tashqi sirtidagi haroratga 40^0C dan ortmasligi uchun tok kuchi qanday bo'lishi lozim? Rezinaning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda = 0,15 \frac{Bt}{m \cdot K}$, mis simning elektr qarshiligi $R = 0,005 \frac{\Omega m}{m}$ ga teng.

J: $J = 79,8 A$

595. Yadro reaktorining issiqlik chiqaruvchi sterjenlari uran va grafit aralashmasidan iborat. Sterjen diametri $d = 12mm$ ga teng. Issiqlik manbaining hajmiy unumdorligi $q_v = 3,88 \cdot 10^8 Bt/m^3$ ga teng. Sterjen materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti $\lambda = 58 Bt/m \cdot K$.

Agar issiqlik chiqaruvchi elementning maksimal harorati 2000^0 ga teng bo'lsa, sterjen sirtidagi harorat va issiqlik oqimining zichligini aniqlang.

XV BOB

KONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINUVI

Issiqlikning konvektiv va molekulyar uzatilishining birgalikda ta'sir etishi tufayli bo'ladigan issiqlik almashinish konvektiv issiqlik almashinish deyiladi.

Nyuton qonuni:
$$Q = \alpha F (t_s - t_{dev}) \quad (334)$$

bu erda: α -issiqlik berish koeffisienti, $W/m^2 \cdot grad$, F –sirt yuzasi,

t_s va t_{dev} - sirt va devor harorati.

Nusselt soni qattiq jism bilan suyuqlik chegarasidagi issiqlik almashinuvini xarakterlaydi:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l_0}{\lambda} \quad (335)$$

bu erda: λ -o'ziga xos chizig'iy o'lcham l_0 - bo'lgan qattiq jismni yuvib o'tadigan suyuqlikni issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti.

Reynolds soni inersiya kuchlari bilan qovushqoqlik kuchlari nisbatini xarakterlaydi:

$$Re = \frac{v_0 \cdot l_0}{\nu} \quad (336)$$

bu erda: ν –suyuqlikning kinematik qovushqoqligi; v_0 –suyuqlikning o'ziga xos tezligi.

Pekle soni issiqlikning konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan tarqalish tezliklari nisbatini xarakterlaydi:

$$Pe = \frac{v_0 \cdot l_0}{\alpha} \quad (337)$$

bu erda: α -suyuqlikning harorat o'tkazuvchanlik koeffisienti.

$$\alpha = \lambda / c\rho \quad (338)$$

Eyler soni bosim kuchlari bilan inersiya kuchlarining nisbatini xarakterlaydi:

$$Eu = \frac{P}{\rho v_0^2} \quad (339)$$

Grasgof soni zichliklarning farqi tufayli suyuqlikda paydo bo'ladigan ko'tarish kuchlarining qovushqoqlik kuchlariga nisbatini xarakterlaydi:

$$Gr = \frac{g \cdot \beta(t_{\text{DEB}} - t_c) \ell_0^3}{\nu^2} \quad (340)$$

bu erda: β —suyuqlik hajmiy kengayishining termodinamik koeffisienti.

Arximed soni ikki fazali muhitdagi erkin xarakatlanishni tavsiflaydi:

$$Ar = \frac{g \cdot \ell_0^3}{V} \cdot \frac{\rho_0 - \rho}{\rho} \quad (341)$$

Prandtl soni suyuqlikning fizikaviy xossalarini xarakterlaydi:

$$Pr = \frac{\nu}{a} \quad (342)$$

Ma'lumki,

$$Pe = Re \cdot Pr \quad (343)$$

Xavoning quvur bo'ylab turbulent xarakatida:

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \quad (344)$$

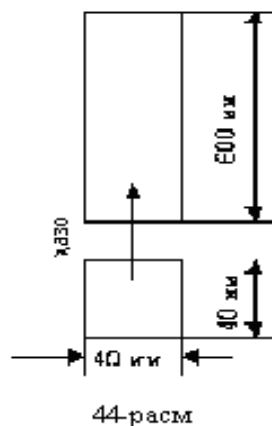
Turbulent oqishda quvurlardagi issiqlik almashinuvi:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,48} (Pr_c / Pr_{\text{dev}})^{0,25} \mathcal{E}_l \quad (345)$$

bu erda: $\mathcal{E}_l$ —quvur uzunligi ℓ ning uning diametri d ga nisbatini xisobga oluvchi tuzatma.

$dek_v = \frac{4F}{V}$, bu erda: F —quvur ko'ndalang kesimining yuzasi; V —uning perimetri.

596. Kesimi kvadrat bo'lgan vertikal quvurda xavo pastdan yuqoriga xarakat qiladi. (44-rasm)



Xavoning o'rtacha tezligi 1,0 m/sek. Xavoning kirishdagi harorati $t_1=150^\circ\text{C}$,

chiqishdagi $t_2=50^\circ\text{C}$, devorning o'rtacha harorati $t=40^\circ\text{C}$. Suyuqlikning xarakatini (laminar yoki turbulent) va xavoning quvur devoriga issiqlik berish koefitsientini aniqlang.

Yechish:

Xarakat tartibini Reynolds soni bo'yicha aniqlaymiz:

$$\text{Re} = \frac{v d_3}{\nu}$$

bu erda: v -oqim tezligi, m/sek.

ν –kinematik qovushqoqlik koefitsienti; m^2/sek .

d_E –ekvivalent diametr, m

$d_E = \frac{4F}{V}$, F - kesim yuzasi, m^2 ; V –quvur perimetri.

Bizning xol uchun:

$$d_E = 4 \cdot 0.040 \cdot 0.04 / 4 \cdot 0.04 = 0.04 \text{ m}$$

Quvur uzunligi bo'yicha xavoning o'rtacha harorati:

$$t_{\text{ort}} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{150 + 50}{2} = 100^\circ\text{C}$$

Kinematik qovushqoqligi:

$$\nu = 23,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sek}$$

U xolda

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_3}{\nu} = \frac{1,0 \cdot 0,04}{23,13 \cdot 10^{-6}} = 1730$$

$\text{Re} \leq 2300$, demak bizning xolda xarakat laminar.

Shu xol uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$\text{Nu} = 0,13 \cdot \text{Re}^{0,33} \cdot G_r^{0,10}$$

$$\frac{\ell}{d_3} = \frac{6000}{40} = 150; \quad \varepsilon_\ell = 1.0$$

$$G_r = n \frac{\beta \cdot \Delta t \cdot d_3^3 \cdot g}{\nu^2} = \frac{(150 - 40) \cdot 0,04^3 \cdot 9,81}{373(23,13 \cdot 10^{-6})^2} = 188773$$

$$\text{Re}^{0,33} = 1730^{0,33} = 11,71; \quad G_r^{0,1} = 188773^{0,1} = 3,37$$

Olingan natijalarni yuqoridagi formulaga qo'yamiz:

$$\text{Nu} = 0,13 \cdot 11,71 \cdot 3,37 = 5,14.$$

$$\text{Lekin } Nu = \frac{\alpha \cdot d_3}{\lambda}$$

demak,

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_3} = \frac{5,14 \cdot 0,0321}{0,04} = 4,12 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$$

bu erda: $\lambda = 0,0321 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$ –xavoning $t = 100^\circ\text{C}$ haroratdagi issiqlik o'tkazuvchanlik koefisienti.

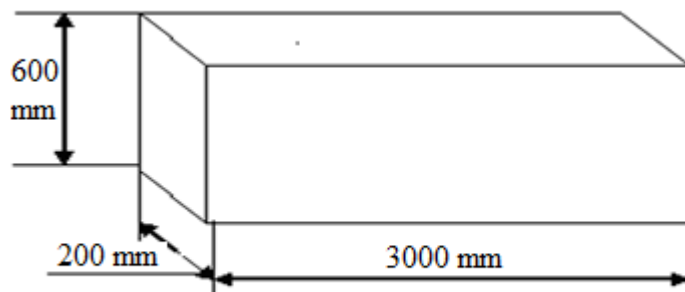
597. Poroxli raketa konteynerining uzunligi 5 m va diametri 1 m bo'lib, gorizontall joylashgan. Xavoning harorati -30°C . Konteyner tashqi sirtidagi haroratni $+20^\circ\text{C}$ xolda ushlab turish kerak bo'lsa, isitgichning issiqlik quvvatini aniqlang. Ushbu masalani yechishda quyidagi fomuladan foydalaning: $Nu = 0,135 (Gr \cdot Pr)^{1/3}$.

J: 5,05 Vt.

598. Gorizontall va izolyasiya qilinmagan bug'quvurida harorati 400°C bo'lgan o'ta qizigan bug' oqmoqda. Xonadagi xavoning harorati 30°C , bug' quvurining tashqi sirtidagi harorat bug' haroratiga teng va tashqi diametri 100 mm. Agar quvur uzunligi 1m bo'lsa, issiqlik berish koefisienti va issiqlik isroflarini aniqlang. Quyidagi formuladan foydalaning: $Nu = 0,47 Gr^{0,25}$.

J: $\alpha = 4,28 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$; $Q = 1,02 \text{ kJ/m} \cdot \text{sek}$

599. Kesimi to'g'ri burchakli quvurdan (45-rasm) tezligi 12,0 m/sek bo'lgan xavo oqmoqda. Quvur uzunligi bo'yicha xavoning o'rtacha harorati 500°C , devorniki 15°C . Oqim turini va issiqlik berish koefisientini aniqlang.

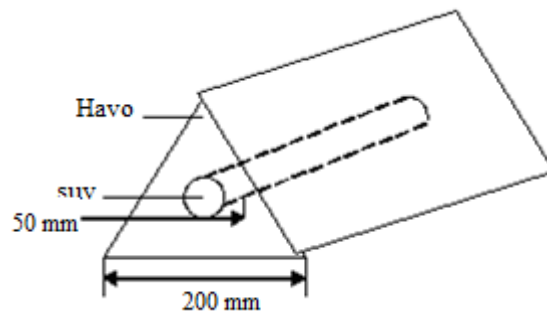


45- rasm

Quyidagi formuladan foydalaning: laminar oqim uchun: $Nu = 0,13 Re^{0,33}$. $Gr^{0,10}$, turbulent oqim uchun: $Nu = 0,018 Re^{2,8}$.

J: Turbulent oqim; $\alpha = 20,6 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$.

600. Rasmda keltirilgan issiqlik almashinuv apparati uchun issiq xavodan ichki sirtiga bo'ladigan issiqlik berish koeffisientini aniqlang.

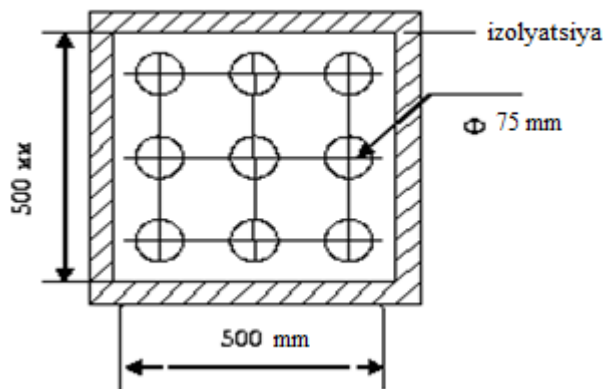


46-rasm

Xavoning kirishdagi harorati 600°C , chiqishdagi 400°C . Xavoning o'rtacha tezligi 15 m/sek. Qurilma tashqi tomondan izolyasiya bilan qoplangan.

J: $\alpha = 32,16 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$.

601. Rasmda keltirilgan issiqlik almashinuv apparati uchun issiq xavodan suv o'tadigan quvur sirtiga issiqlik berish koeffisientini aniqlang. Xavoning qurilma uzunligi bo'yicha o'rtacha harorati $t = 600^{\circ}\text{C}$, qurilma uzunligi 4 m, xavoning o'rtacha tezligi $v = 18 \text{ m/sek}$. Quvur markazlari orasidagi masofa $S_1 = S_2 = 150 \text{ mm}$



47-rasm

J: $\alpha = 35,45 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$.

602. Suv gorizontal quvurda bug'lanyapti. Bug'ning bosimi $P = 19,6 \text{ bar}$. Agar qaynayotgan suvning harorati 215°C bo'lsa, devordan qaynayotgan suvga issiqlik berish koeffisientini aniqlang. Berilgan bosim uchun α_{KR} , Δt_{KR} , va q_{KR} larni hisoblang.

$$J: \quad \alpha = 2910 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}; \quad \alpha_{kr} = 145500 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$$

$$\Delta t_{kr} = 20^\circ\text{C}; \quad q_{kr} = 2,91 \cdot 10^6 \text{ Vt/m}^2$$

603. Bosimi $P = 3,92$ bar va quruqlik darajasi $x = 0,7$ bo'lgan to'yingan suv bug'i vertikal quvur sirtida kondensasiyalandi. Quvur balandligi $H = 1,5$ m, diametri $d = 65$ mm. Quvur sirti harorati $t_w = 55^\circ\text{C}$. Issiqlik berish koeffisienti va kondensasiyalangan to'yingan suv bug'i miqdorini aniqlang.

Yechish:

Kondensasiya paytidagi issiqlik berish koeffisientini quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$\alpha = \sqrt[4]{C \frac{\rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot r}{\mu H (t_A - t_w)}}, \text{ bu erda: } \alpha \text{ - kondensasiya paytidagi issiqlik berish koeffisienti, Vt/m}^2 \cdot \text{grad; } r \text{ - bug' hosil bo'lish issiqligi, kJ/kg; } H \text{ - kondensator quvuri balandligi, m; } t \text{ - to'yinish harorati, } ^\circ\text{C; } \rho \text{ - berilgan haroratdagi kondensat zichligi, kg/m}^3; \lambda \text{ - kondensat issiqlik o'tkazuvchanligi, Vt/m}^2 \cdot \text{grad; } \mu \text{ - dinamik qovushqoqlik koeffisienti, kg \cdot sek/m}^2.$$

$$t_A = (t_r + t_w)/2 \text{ - aniqlovchi harorat, grad;}$$

$$c = 1,15 \text{ - vertikal kondensatorlar uchun;}$$

$$P = 3,92 \text{ bar uchun: } t_r = 143^\circ\text{C; } r = 2140 \text{ kJ/kg}$$

$$t_A = \frac{t_r + t_w}{2} = \frac{143 + 55}{2} = 99^\circ\text{C}$$

$$\text{Shu haroratda } \rho = 958,3 \text{ kg/m}^3; \lambda = 0,685 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad; } \mu = 28,8 \cdot 10^{-6} \text{ kg \cdot sek/m}^2$$

Aniqlangan qiymatlarni formulaga qo'yamiz:

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{958,3^2 \cdot 0,685^3 \cdot 2140}{28,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1,15 (143 - 55)}} = 4130 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$$

$$\text{Nyuton formulasidan: } Q = \alpha \cdot \pi H d (t_r - t_w)$$

$$Q = 4130 \cdot 3,14 \cdot 1,5 \cdot 0,065 (143 - 55) = 1,11 \cdot 10^5 \text{ Vt}$$

Quyidagi formuladan: $G = \frac{Q}{\lambda \cdot r}$, kondensasiyalangan to'yingan suv bug' miqdorini aniqlaymiz:

$$G = \frac{1,11 \cdot 10^5}{0,7 \cdot 2140} = 74 \cdot 10^{-3} \text{ kg/sek}$$

604. Yuqoridagi masalani kondensator quvuri gorizontal joylashgan xol uchun eching. Issiqlik berish koeffisienti qanchaga ortadi?

J: 41 % ga ortadi.

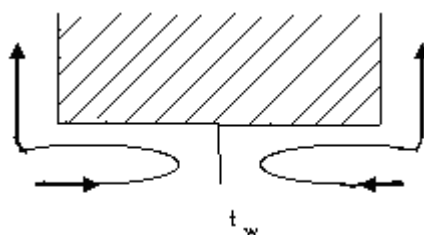
605. Yuqoridagi masalani quvur gorizonga nisbatan $\beta = 45^\circ$ burchak ostida joylashgan xol uchun eching.

J: $\alpha = 3770 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$.

606. Vertikal devorning balandligi 2 m, devorning o'rtacha harorati $t_w = 12^\circ\text{C}$, xavoning o'rtacha harorati $t = 20^\circ\text{C}$. Vertikal devorning xavoga issiqlik berish koeffisientini aniqlang.

J: $\alpha = 6,82 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$.

607. Gorizontal plitaning eni $a = 1 \text{ m}$, uzunligi $\ell = 3 \text{ m}$ bo'lib (48-rasm), uning harorati $t_w = 125^\circ\text{C}$. Xavoning harorati $t = 15^\circ\text{C}$. Gorizontal plitadan xavoga issiqlik berish koeffisientini aniqlang.



48-rasm

J: $\alpha = 4,92 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$.

608. Elektr isitgichi diametri $d = 0,5 \text{ mm}$ li nixrom simdan tayyorlangan bo'lib, uning harorati $t_w = 500^\circ\text{C}$. Agar xavoning harorati $t = 20^\circ\text{C}$ va simning solishtirma qarshiligi $\rho = 1,1 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ bo'lsa, sim sirtidagi issiqlik berish koeffisientini va tok kuchini aniqlang.

J: $\alpha = 63,4 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$; $I = 2,92 \text{ A}$.

609. Diametri $d = 40 \text{ mm}$ va uzunligi $\ell = 3 \text{ m}$ bo'lgan quvurdan tezligi 1 m/s bo'lgan suv oqmoqda. Agar suvning o'rtacha harorati $t_o = 80^\circ\text{C}$, devorning harorati $t_w = 65^\circ\text{C}$ bo'lsa, issiqlik berish koeffisientini va uzatilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

J: $\alpha = 10400 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$; $Q = 58800 \text{ Vt}$.

610. Diametri $d = 50 \text{ mm}$ va uzunligi $\ell = 2 \text{ m}$ bo'lgan quvurdan tezligi $\omega = 5 \text{ m/sek}$ va o'rtacha harorati $t_o = 120^\circ\text{C}$ bo'lgan xavo xarakat qilmoqda. Agar quvur sirti harorati $t_f = 100^\circ\text{C}$ bo'lsa, issiqlik berish koefitsientini va uzatilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \alpha = 19.14 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}; Q = 135 \text{ Vt}.$$

611. Uzunligi $\ell = 1,5 \text{ m}$ va kengligi $b = 1 \text{ m}$ bo'lgan tekis plitani, tezligi $\omega = 5 \text{ m/sek}$ bo'lgan xavo yuvib o'tmoqda. Agar plita sirti harorati $t_o = 110^\circ\text{C}$ va xavo oqimi harorati $t_f = 20^\circ\text{C}$ bo'lsa, plita uzunligi bo'yicha o'rtacha issiqlik berish koefitsientini va issiqlik oqimniini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \alpha = 20 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}; Q = 2700 \text{ Vt}.$$

612. Uzunligi $\ell = 2 \text{ m}$ va kengligi $b = 0,5 \text{ m}$ li plastinani ikkala tomonini tezligi $\omega = 5 \text{ m/sek}$ va harorati $t_f = 10^\circ\text{C}$ bo'lgan suv oqimi yuvib o'tmoqda.

Plastina sirtining harorati $t_o = 50^\circ\text{C}$. Plastina uzunligi bo'yicha o'rtacha issiqlik berish koefitsientini va suvga berilgan issiqlik oqimini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \alpha = 1840 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}; Q = 147200 \text{ Vt}.$$

613. Suvning bug'latgichda 1 soat ichida qaynashida bug' miqdorini va issiqlik berish koefitsientini aniqlang. Bug'latgichning yuzasi $F = 5 \text{ m}^2$, bug'latgich devori harorati $t_g = 156^\circ\text{C}$, bug'ning bosimi $4,5 \text{ bar}$.

$$\mathbf{J:} \alpha = 12850 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}; m = 875 \text{ kg/soat}.$$

614. Kondensatorquvuri diametri $d = 30 \text{ mm}$, balandligi $H = 3 \text{ m}$ va sirti harorati $t = 11^\circ\text{C}$. Quvur sirtida $P = 0,04 \text{ bar}$ bosim va $t_1 = 29^\circ\text{C}$ haroratda quruq to'yingan bug' kondensasiyalanadi. Bug'dan vertikal quvurga issiqlik berish koefitsientini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \alpha_{VERT} = 3160 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}.$$

615. Kesimi kvadrat bo'lgan ($a = 50 \text{ mm}$) va balandligi 6 m vertikal quvurda pastdan tepaga havo harakatlanmoqda. Havoning o'rtacha tezligi $1,0 \text{ m/sek}$, havoning kirishdagi harorati 190°C , chiqishdagi -50°C , devorning o'rtacha harorati 40°C . Havodan quvurning ichki sirtiga issiqlik berish koefitsientini aniqlang.

Yechish: Havoning harakat tartibini Reynolds sonidan aniqlaymiz. Havoning kinematik qovushqoqlik koeffisientini aniqlovchi harorat-havoning o'rtacha harorati orqali hisoblaymiz:

$$t_x = \frac{190 + 50}{2} = 120^{\circ}\text{C}; V = 25,45 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}; d_{\text{ekv}} = \frac{4a^2}{4a} = a = 0,05 \text{ m}; Re = \frac{1,0 \cdot 0,05}{25,45 \cdot 10^{-6}} = 1965.$$

Demak, havoning harakati laminar va hisoblash uchun havoning quvurdagi laminar oqimini e'tiborga olatiz. Bu holda quvurning balandligini va quvurlarni vertikal joylashishiga mos ko'rsatkichlarni e'tiborga olatiz. Ya'ni $L/d = 6/0,05 = 120$ da tuzatish koeffisienti 1 ga teng. Ikkinchi tuzatish koeffisienti 1,15 ga teng, chunki havo pastdan yuqoriga harakatlanmayapti va soviyapti. Grasgof kriteriyasini

hisoblaymiz: $Gr = \frac{9,81 \cdot \frac{1}{120+273} \cdot 0,05^3 \cdot (120-40)}{(25,45 \cdot 10^{-6})^2} = 3,8 \cdot 10^5$ Gorizontal quvur uchun

Nusselt sonini hisoblaymiz: $Nu = 0,13 \cdot 1 \cdot 1965^{0,33} \cdot (3,8 \cdot 10^5)^{0,1} =$

5,74. Havoning haroratini aniqlovchi harorat orqali topatiz. U holda $\alpha = \frac{Nu \cdot \chi}{d_e} =$

$\frac{5,74 \cdot 3,338 \cdot 10^{-2}}{0,05} = 3,87 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$. Vertikal quvur uchun tuzatish koeffisientini

e'tiborga olsak: $\alpha = 1,15 \cdot 3,87 = 4,45 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$.

616. Diametri 40 mm, uzunligi 3 m bo'lgan quvurda tezligi 1 m/sek bo'lgan suv oqmoqda. Agar suvning o'rtacha harorati 80°C , quvur devori harorati 65°C bo'lsa, issiqlik berish koeffisientini va issiqlik oqimini aniqlang.

Yechish: Quvurdagi suvning oqish tartibini aniqlaymiz. Suvning 80°C haroratdagi parametrlarini jadvaldan aniqlaymiz; $\chi = 67,5 \cdot 10^{-2} \text{ Vt/m} \cdot \text{K}$; $\nu = 0,365 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $Pr = 2,21$.

Pr_g sonini devor haroratiga (65°C) qarab aniqlaymiz— $Pr_g = 2,74$.

Reynolds sonini hisoblaymiz: $Re = \frac{1 \cdot 0,04}{0,365 \cdot 10^{-6}} = 1,095 \cdot 10^5 > 10^4$:

Demak oqim turbulent, u xolda $Nu = 0,021 \cdot (1,095 \cdot 10^5)^{0,8} \cdot 2,21^{0,43} \cdot$

$\left(\frac{2,21}{2,74}\right)^{0,25} = 616$. Issiqlik berish koeffisienti: $\alpha = \frac{Nu \cdot \chi}{d} = \frac{616 \cdot 67,5 \cdot 10^{-2}}{0,04} =$

$10400 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}$.

$\frac{L}{d} = \frac{3}{0,04} = 75$ ekanligidan tuzatish koeffisienti 1 ga teng. Issiqlik oqimini hisoblaymiz: $Q = 10400 \cdot 3,14 \cdot 0,04 \cdot 3 \cdot (80 - 65) = 58800 \text{ Vt}$.

617. Yuqoridagi masalada quvur prujina shaklida egilgan bo'lsa, issiqlik berish koeffisienti va issiqlik oqimi qanday o'zgaradi? Prujina diametri 100 mm, qolgan kattaliklar bir xil.

Yechish: Egilgan quvurlar uchun α ni tuzatish koeffisientiga ko'paytiramiz:
 $E_p = \alpha \cdot E_p = 10400 \cdot \left(1 + 3,54 \frac{0,04}{1}\right) = 11880 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2} \cdot \text{grad}$, u xolda issiqlik oqimi:
 $Q = 11880 \cdot 3,14 \cdot 0,04 \cdot 3 \cdot (80 - 65) = 67200 \text{ Vt}$.

618. Diametri 30 mm bo'lgan quvurni havo ko'ndalangiga yuvib o'tmoqda. Quvur sirti harorati 80°C , havo harorati 20°C va tezligi 5 m/s. Issiqlik berish koeffisientini va quvurning uzunlik birligidagi issiqlik oqimini aniqlang.

Yechish: 20°C haroratdagi havoning parametrlari: $\chi = 2,59 \cdot 10^{-2} \text{ Vt/m} \cdot \text{k}$; $\nu = 15,06 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $Pr = 0,703 Pr_g$ sonini 80°C haroratdagi qiymatini aniqlaymiz $Pr_g = 0,692$. Reynolds soni: $Re = \frac{5 \cdot 0,03}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 9,96 \cdot 10^3$ $Re > 10^3$ uchun, havo quvurni ko'ndalangiga yuvib o'tish xoli uchun: $N_u = 0,216 \cdot (9,96 \cdot 10^3)^{0,6} = 55,2$. Issiqlik berish koeffisienti: $\alpha = \frac{55,2 \cdot 2,593 \cdot 10^{-2}}{0,03} = 47,7 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$. Quvurning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan issiqlik oqimi: $q_1 = 47,7 \cdot 3,14 \cdot 0,03(80 - 20) = 270 \text{ Vt/m}$.

619. Suv yo'laksimon shaklda joylashgan 10 qator quvurlar to'plamini ko'ndalangiga yuvib o'tmoqda. Quvurning tashqi diametri 25 mm, suvning o'rtacha tezligi 0,7 m/s, suvning o'rtacha harorati 50°C va quvur sirtining o'rtacha harorati 85°S . Issiqlik berish koeffisientini aniqlang.

Yechish: Ushbu xolat uchun: $N_u = 0,23 E_\varphi Re^{0,65} Pr^{0,33} \left(\frac{Pr_g}{Pr}\right)^{0,25} \cdot 50^\circ\text{C}$ haroratdagi suvning parametrlari $\chi = 64,8 \cdot 10^{-2} \text{ Vt/m} \cdot \text{k}$; $\nu = 0,556 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $Pr = 3,54$. Pr_g sonini devor harorati -85°S bo'yicha topamiz $-Pr_g = 2,13$.

Reynolds soni: $Re = \frac{0,7 \cdot 0,025}{0,556 \cdot 10^{-6}} = 31475$.

Tushish burchagiga qarab, tuzatish koefitsientini topamiz -1 ga teng.
 Nusselt soni : $N_u = 0,23 \cdot 31475^{0,65} \cdot 3,54^{0,33} \left(\frac{3,54}{2,13}\right)^{0,25} = 332$. Uchinchi va undan keyingi qatorlar uchun issiqlik berish koefitsienti: $\alpha_3 = \frac{332 \cdot 64,8 \cdot 10^{-3}}{0,025} = 8605 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$. Barcha quvurlar to'plami uchun o'rtacha issiqlik berish koefitsienti:

$$\alpha_{o,rt} = \frac{1}{n} \cdot (0,6\alpha_3 + 0,9\alpha_3 + (n-2)\alpha_3) = 8175 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}.$$

620. Diametri 56 mm va uzunligi 2 m bo'lgan quvurda tezligi 5 m/sek bo'lgan havo xarakatlanmoqda. Agar havoning o'rtacha harorati 120°C , quvur devorning harorati 100°C ga teng bo'lsa, issiqlik berish koefitsientini va issiqlik oqimini aniqlang.

J: $\alpha = 19,14 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; Q = 135 \text{ Vt}$.

621. Diametri 8 mm, uzunligi 360 mm bo'lgan quvurda suv oqmoqda. Suvning sarfi $108 \text{ m}^3/\text{soat}$, harorati 50°C . Agar quvur devori harorati 30°C ga teng bo'lsa, issiqlik berish koefitsientini va issiqlik oqimini aniqlang.

J: $\alpha = 3660 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2 \cdot \text{k}}; Q = 663 \text{ Vt}$.

622. Agar suyuqlikni haroratini va tezligini o'zgartirmasdan, quvur diametrini 2,3 va 4 marta ortirsak, suyuqlikning quvurda turbulent va laminar oqishida issiqlik berish koefitsienti qanday o'zgaradi.

J: Turbulent oqimda α mos ravishda 1,15; 1,25 va 1,32 marta kamayadi; laminar oqimda -1,595; 2,08 va 2,56 marta kamayadi.

623. Agar suyuqlikning quvurdagi tezligi 2,3 va 4 marta ortsa, turbulent va laminar oqishda issiqlik berish koefitsienti qanday o'zgaradi. Quvur diametri va haroratlar bir xil.

J: turbulent oqimda α mos ravishda 1,74; 2,41 va 3,03 marta ortadi; laminar oqimda -1,257; 1,437 va 1,58 marta ortadi.

624. Atom reaktori suv bilan sovitilmoqda. Suv diametri 9 mm va uzunligi 1,6 m bo'lgan quvurda 4 m/sek tezlik bilan oqmoqda. Suvning kanalga kirishdagi harorati 155°C , chikishdagi harorati 265°C , quvurning devorining o'rtacha

harorati 270°C . Issiqlik berish koeffisientini va issiqlik oqimini hisoblang.

$$\mathbf{J:} \alpha = 31100 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; Q = 8450 \text{ Vt.}$$

625. Uzunligi $1,5 \text{ mm}$ va eni 1 m bo'lgan yassi devor tezligi 4 m/s harorati 20°C bo'lgan havo bilan bo'ylamasiga yuvilmoqda. Plastina sirti harorati 50°C ga teng. Plastinadan havoga issiqlik berish koeffisientini va issiqlik oqimini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \alpha = 6,47 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; Q=291 \text{ Vt.}$$

626. Uzunligi 2 m va eni $0,5$ bo'lgan yupqa plastinaning ikkala tomoni tezligi 5 m/sek va harorati 10°C bo'lgan suv bilan yuvilmoqda. Plastina sirtining o'rtacha harorati 50°C ga teng. Plastina uzunligi bo'yicha suvga berilgan issiqlik oqimini va issiqlik berish koeffisientini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \alpha = 1840 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; Q = 147200 \text{ Vt.}$$

627. Diametri 10 mm bo'lgan temirli elektr simi ko'ndalang havo oqimi bilan sovitilmoqda. Simdan havoga issiqlik berish koeffisientini va yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan tok kuchini aniqlang. Simning harorati 95°C dan ortmasligi kerak va uning solishtirma elektr qarshiligi $\rho = 0,098 \text{ Om} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

$$\mathbf{J:} \alpha = 42,7 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; J = 294 \text{ A.}$$

628. 627-masalani havoning tezligi 2 marta kamaydi deb xisoblab eching. Qolgan kattaliklar o'zgarmas qoldi.

$$\mathbf{J:} \alpha = 28,15 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; J = 238,5 \text{ A.}$$

629. 627-masalani havo elektr simini 50°C burchak ostida yuvib o'tgan xol uchun eching. Qolgan barcha parametrlar o'zgarmas deb hisoblang.

$$\mathbf{J:} \alpha = 37,6 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; J = 276 \text{ A.}$$

630. Tashqi diametri 20 mm va sirti harorati 60°C bo'lgan quvur ko'ndalangiga suv bilan yuvilmoqda. Suvning tezligi $0,8 \text{ m/sek}$ va harorati 20°C ga teng. Issiqlik berish koeffisientini va 1 m quvur uzunligiga to'g'ri keladigan issiqlik oqimini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \alpha = 6500 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; q = 16350 \text{ Vt/m.}$$

631. Havo isitkichida 83 ta quvur 11 qatorda shaxmat shaklida joylashgan. Havo ushbu quvurlar to'plamini 70°C burchak ostida yuvib o'tmoqda. Havoning

eng tor qismidagi tezligi 8 m/sek ga teng. Quvurning diametri 33 mm va uzunligi 3 m, quvur sirti o'rtacha harorati 430°C , havoning o'rtacha harorati 350°C . Issiqlik berish koefitsientini va issiqlik oqimini hisoblang.

$$\text{J: } \alpha = 75,6 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; Q = 1,8 \cdot 10^5 \text{ Vt.}$$

632. Eni 1 m va uzunligi 3 m bo'lgan gorizonta plitaning issiqlik berish yuzasi pastga qaragan va uning harorati 125°C ga teng. Havoning plitadan ma'lum bir uzoqlikdagi harorati 15°C ga teng. Issiqlik berish koefitsientini aniqlang.

$$\text{J: } \alpha = 4,92 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k.}$$

633. 632-masalani gorizonta plitani issiqlik berish yuzasi tepaga qaragan xol uchun eching.

$$\text{J: } \alpha = 9,15 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k.}$$

634. Elektr isitkich o'rama shaklidagi nixrom simdan tayyorlangan. Simning diametri 0,5 mm va harorati 500°C . Atrofdagi havo harorati 20°C , simning solishtirma qarshiligi $\rho = 1,1 \text{ Om} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ga teng. Elektr isitkichdan o'tayotgan tok kuchini va issiqlik berish koefitsientini aniqlang.

$$\text{J: } \alpha = 63,46 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; J = 2,92 \text{ A.}$$

635. Ikkita gorizonta joylashgan bug' quvurlarning diametrlari 200 va 100 mm, quvurlar sirtlaridagi haroratlar bir xil va 310°C ga teng. Bug' quvuri atrofidagi havo harorati 26°C ga teng. Issiqlik berish koefitsientini va issiqlikning solishtirma isroflarini aniqlang.

$$\text{J: } \alpha_1 = 8,24 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; q_1 = 2340 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; \alpha_2 = 9,18 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; q_2 = 2610 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$$

636. O'lchamlari $1 \times 2 \text{ m}$ bo'lgan devor katta o'lchami bo'yicha vertikalga nisbatan 60° burchak ostida o'rnatilgan. Issiqlik berish yuzasi tepaga qaragan va harorati 80°C ga teng, havoning harorati 10°C ga teng. Issiqlik berish koefitsientini va issiqlik isroflarini aniqlang.

$$\text{J: } \alpha_{\varphi} = 7,67 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; Q = 1075 \text{ Vt.}$$

637. 636-masalada issiqlik berish yuzasi xuddi shu burchak ostida pastga qarasa, issiqlik berish koefitsienti va issiqlik isroflari qanday o'zgaradi? Qolgan

parametrlar o'zgarmasdan qoldi.

$$\mathbf{J:} \quad \alpha_{\varphi} = 5,42 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; \quad Q = 758 \text{ Vt.}$$

638. Isitkich uchun diametri 0,1 m va uzunligi 10 m bo'lgan gorizontal quvur ishlatilmoqda. Quvur sirti harorati 85°C , havo harorati 20°C ga teng. Issiqlik berish koefitsientini va issiqlik oqimini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad \alpha = 6,93 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; \quad Q = 1414 \text{ Vt.}$$

639. Diametri $d_1/d_2 = \frac{150}{165} \text{ mm}$ bo'lgan izolyasiyalanmagan quvur ochiq havoda joylashgan. Quvur ichida o'rtacha harorati $t_c = 90^{\circ}\text{C}$ bo'lgan suv oqmoqda, λ atrofdagi havo harorati $t_x = -15^{\circ}\text{C}$ ga teng. Quvur materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti $\lambda = 50 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$, suvdan quvur devoriga issiqlik berish koefitsienti $\alpha_1 = 1000 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$, quvurdan havoga issiqlik berish koefitsienti $\alpha_2 = 12 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$ ga teng. Quvurning 1m uzunligidagi issiqlik miqdorini aniqlang. Shu bilan birgalikda quvurning ichki va tashqi sirtlaridagi haroratlarni aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad q_e = 652 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; \quad t_{g1} = 89,9^{\circ}\text{C}; \quad t_{g2} = 89,6^{\circ}\text{C}.$$

640. Diametri $d_1 = 1,5 \text{ mm}$ bo'lgan elektr simining harorati $t_1 = 70^{\circ}\text{C}$ ga teng. Sim harorati $t_x = 15^{\circ}\text{C}$ bo'lgan havo bilan sovitilmoqda. Sim sirtidan havoga issiqlik berish koefitsienti $\alpha_1 = 16 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$ ga teng. Agar sim qalinligi $\delta = 2 \text{ mm}$ bo'lgan kauchuk bilan izolyasiyalansa, sim sirtidagi haroratni aniqlang. Ikkala holda hat tok kuchi bir hil. Kauchukning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti $\lambda = 0,15 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$, izolyasiyadan havoga issiqlik berish koefitsienti $\alpha_2 = 8,2 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$ ga teng.

$$\mathbf{J:} \quad \text{Izolyasiyalangan simning harorati } t_i = 44^{\circ}\text{C}. \quad t_i$$

641. Tezligi $w = 0,2 \text{ m/sek}$ bo'lgan suv diametri $d = 4 \text{ mm}$ va uzunligi $l = 200 \text{ mm}$ bo'lgan trubkada harakatlanmoqda, trubka devori harorati $t_1 = 70^{\circ}\text{C}$. Agar suvning trubkaga kirishdagi harorati $t_{c1} = 10^{\circ}\text{C}$ bo'lsa, suvning trubkadan chiqishdagi haroratini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad t_{c2} = 27^{\circ}\text{C}.$$

642. Diametri $d = 10 \text{ mm}$ bo'lgan trubkada MK markali moy oqmoqda.

Trubkaga kirishdagi moy harorati $t_{m1} = 80^{\circ}\text{C}$, moy sarfi $G = 120 \frac{\text{kg}}{\text{soat}}$, trubka devori harorati $t_{\tau} = 30^{\circ}\text{C}$. Moyning trubkadan chiqishdagi harorati $t_{m2} = 76^{\circ}\text{C}$ ga teng bo'lishi uchun trubkaning uzunligi qanday bo'lishi kerak?

J: $l = 1,66\text{m}$.

643. Gorizontaal IAA da suvning harorati $t_{c1} = 5^{\circ}\text{C}$ dan $t_{c2} = 55^{\circ}\text{C}$ gacha ko'tarilishi kerak. Agar suv harakatlanayotgan quvurlar diametri $d = 18\text{mm}$, quvur devori harorati $t_g = 70^{\circ}\text{C}$ va har bir quvurdagi suv sarfi $G = 72 \text{ kg/soat}$ ga teng bo'lsa, IAA ning zarur bo'lgan uzunligini aniqlang.

J: $l = 2 \text{ m}$.

644. Tomoni $\alpha = 10 \text{ mm}$ va uzunligi $l = 1600 \text{ mm}$ bo'lgan kvadrat shakldagi kanalda tezligi $w = 4 \text{ m/sek}$ bo'lgan suv oqmoqda. Agar kanal uzunligi bo'yicha suvning o'rtacha harorati $t_c = 40^{\circ}\text{C}$, kanalning ichki sirti harorati $t_k = 90^{\circ}\text{C}$ ga teng bo'lsa, kanal devoridan issiqlik berish koeffisientini aniqlang.

J: $\alpha = 20,300 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$.

645. Diametri $d = 14 \text{ mm}$ va uzunligi $l = 900 \text{ mm}$ bo'lgan quvurda tezligi $\omega = 2,5 \text{ m/sek}$ bo'lgan simob oqmoqda. Simobning o'rtacha harorati $t_c = 250^{\circ}\text{C}$. Agar devorning o'rtacha harorati $t_g = 220^{\circ}\text{C}$ bo'lsa, simobdan kuvur devoriga issiqlik berish koeffisientini, issiqlik oqimining zichligini va vaqt birligi ichida uzatilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

J: $\alpha = 24000 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; q = 7,2 \cdot 10^5 \text{ Bt/m}^2; Q = 28,4 \text{ kBt}$.

Yechish:

Simobning o'rtacha haroratida ($t_c = 250^{\circ}\text{C}$) uning fizik xossalari quyidagicha:

$$V_j = 7,55 \cdot \frac{10^{-8} \text{m}^2}{c}; \lambda_c = 11 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; \text{Pr}_e = 1,24 \cdot 10^{-2}.$$

Reynolds soni

$$\text{Re}_c = \frac{\omega \cdot d}{v_j} = \frac{2,5 \cdot 14 \cdot 10^{-3}}{7,55 \cdot 10^{-8}} = 4,63 \cdot 10^5 > 10^4$$

Oqim tartibi turbulent. Suyuq metallarning quvurda turbulent oqimi uchun:

$$N_i = 5 + 0,25 P_e^{0,8}$$

Ushbu xolat uchun

$$Re_j = Re_j \cdot Rg_j = 4,63 \cdot 10^5 \cdot 1,24 \cdot 10^{-2} = 5750$$

$$N_i = 5 + 0,025 (5750)^{0,8} = 30,5$$

$$\alpha = N_i \frac{\lambda}{d} = 30,5 \frac{11}{14 \cdot 10^{-3}} = 24000 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$$

Issiqlik oqimi zichligi:

$$q = \alpha(t_c - t_g) = 2,4 \cdot 10^4 (250 - 220) = 7,2 \cdot 10^5 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$$

Issiqlik oqimi:

$$Q = q\pi dl = 7,2 \cdot 10^5 \cdot 3,14 \cdot 14 \cdot 10^3 \cdot 0,9 = 28,4 \text{ kBt.}$$

646. Atom elektr stansiyasi konturida IAA o'rnatilgan. Apparatning isitish sirti ichki diametri $d = 12 \text{ mm}$ va uzunligi $l = 2400 \text{ mm}$ bo'lgan quvurdan iborat. Quvur ichida o'rtacha tezligi $\omega = 2,5 \text{ m/s}$ va harorati $t = 400^\circ \text{C}$ bo'lgan natriy oqmoqda. Natriydan quvur devoriga issiqlik berish koefitsientini aniqlang.

$$\text{J: } \alpha = 46400 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k.}$$

647. Havo isitgichda xavo $t'_1 = 20^\circ \text{C}$ dan $t''_1 = 210^\circ \text{C}$ gacha isimoqda, issiq gazlar esa $t'_2 = 410^\circ \text{C}$ dan $t''_2 = 250^\circ \text{C}$ gacha sovimoqda. To'g'ri va teskari oqimlar uchun haroratlarning o'rtacha logarifmini aniqlang.

$$\text{J: } \Delta t_{\text{to'g'ri}} = 154^\circ \text{C}; \Delta t_{\text{tes}} = 215^\circ \text{C.}$$

648. Balandligi 3m bo'lgan vertikal devorning sirtlaridagi harorat 10°C ga teng. Honadagi havo harorati 20°C . Havodan devorga issiqlik berish koefitsientini aniqlang.

Yechish: Issiqlik almashinuvi erkin konveksiya tufayli amalga oshadi. Gr_x va Pr_x sonlarini aniqlaymiz.

$$Gr_x = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^2}{\nu_x^2} = \frac{9,81 \cdot 10 \cdot 3^2}{293(15,06 \cdot 10^{-4})^2} = 3,98 \cdot 10^{10}$$

$$Pr_x = 0,701; Gr_x \cdot Pr_x = 2,79 \cdot 10^{10}$$

Shu sonlarga mos harakat tartibini aniqlaymiz (jadvaldan)—harakat turbulent. Nusselt sonini xisoblaymiz. $Nu = 0,15(Gr_x \cdot Pr_x)^{0,83} \left(\frac{Pr_x}{Pr_g}\right)^{0,25} =$

$$0,15(2,79 \cdot 10^{10})^{0,10} \cdot 1 = 423$$

Issiqlik berish koeffisienti:

$$\alpha = \frac{Nu_x \cdot \lambda_x}{h} = \frac{423 \cdot 0,02593}{3} = 3,66 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}.$$

649. Diametri 76 mm va balandligi 4 m bo'lgan vertikal izolyasiyalangan quvur o'rtacha harorati $t_x = 20^\circ\text{C}$ bo'lgan havo bilan yuvilmoqda. Quvurning tashqi sirti harorati $t_q = 60^\circ\text{C}$. Quvurdagi issiqlik isroflarini aniqlang.

J: $Q = 251 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}.$

650. Quvur ichida harorati $t_c = 60^\circ\text{C}$ va tezligi $\omega = 0,5 \text{ m/s}$ bo'lgan suv oqmoqda. Agar quvur sirti harorati $t_q = 30^\circ\text{C}$, quvur diametri 17 mm bo'lsa, suvdan quvur ichki sirtiga issiqlik berish koeffisientini aniqlang.

J: $\alpha = 2810 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}.$

651. Ichki diametri $d = 70 \text{ mm}$ bo'lgan quvurdan harorati $t_x = 100^\circ\text{C}$ bo'lgan havo harakatlanmoqda. Agar havo tezligi $\omega = 4,5 \text{ m/s}$ bo'lsa, issiqlik berish koeffisientini aniqlang.

$t_x = 100^\circ\text{C}$ da $\lambda_x = 0,0321 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$, $V_x = 23,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}.$

J: $\alpha = 16,25 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}.$

652. Ichki diametri $d_1 = 50 \text{ mm}$ bo'lgan quvurda tezligi $\omega = 0,8 \text{ m/s}$ va harorati $t_s = 50^\circ\text{C}$ bo'lgan suv oqmoqda. Quvur devori sirti harorati $t_q = 65^\circ\text{C}$. Quvurning 1m uzunligidagi issiqlik sarflarini aniqlang.

J: $9,6 \text{ kVt/m}.$

653. Diametri 25 mm bo'lgan quvurni harorati $t_x = 20^\circ\text{C}$ va tezligi $\omega = 5 \text{ m/s}$ bo'lgan havo ko'ndalangiga yuvmoqda. Issiqlik berish koeffisientini aniqlang.

J: $\alpha = 50,8 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}.$

XVI BOB.

NURIY ISSIQLIK ALMASHINUVI

Nurlanish xususiyati E ayni haroratda jismning birlik yuzasidan vaqt birligi ichida $\lambda=0$ dan $\lambda = \infty$ gacha barcha to'lqin uzunligidagi chiqarilgan nuriy energiya miqdori Q bilan aniqlanadi:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (346)$$

bu erda: F –nurlanayotgan sirt yuzasi, m^2 ; τ –nurlanish vaqti, sek.

Nurlanish energiyasi issiqlik balansining tenglamasi:

$$A+R+D = 1 \quad (347)$$

bu erda: A –yutilish koeffisienti; R –qaytarish koeffisienti; D –o'tkazish koeffisienti.

Kirxgof qonuni:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \frac{E_0}{A_0} = E_0(T) \quad (348)$$

Stefan –Bolsman qonuni:

$$E_0 = G_0 T^4 \quad (349)$$

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (350)$$

bu erda: $G_0 = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ –Stefan doimiysi; $C_0 = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ –absolyut qora jismning nurlanish koeffisienti.

Haroratlari T_1 va T_2 bo'lgan ikkita parallel devor o'rtasidagi nuriy issiqlik almashinuvi:

$$Q = F \cdot \tau \cdot C[(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \quad (351)$$

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_0}} \quad (352)$$

654. Ikkita plastinka parallel joylashgan bo'lib, ularning harorati $T_1=800 \text{ K}$ va $T_2=400 \text{ K}$, nurlanish koeffisientlari $C_1=5,1 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ va $C_2=4,2 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ga teng. Nuriy issiqlik miqdorini aniqlang. Agar ikkinchi plastinani nurlanish koeffisienti $C_2=0,4 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ga teng bo'lsa, nuriy issiqlik miqdori qanday o'zgaradi?

Yechish:

Parallel sirtlar orasidagi nuriy issiqlik almashinuvi miqdorini quyidagi tenglamadan aniqlaymiz:

$$q = \frac{1}{\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} - \frac{1}{c_0}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = \frac{1}{\frac{1}{5,1} + \frac{1}{4,2} - \frac{1}{5,77}} \left[\left(\frac{800}{100} \right)^4 - \left(\frac{400}{100} \right)^4 \right] = 15000 \text{ Vt/m}^2$$

Agar $C_2 = 0,4 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ bo'lsa,

$$q = \frac{1}{\frac{1}{5,1} + \frac{1}{0,4} - \frac{1}{5,77}} \left[\left(\frac{800}{100} \right)^4 - \left(\frac{400}{100} \right)^4 \right] = 1540$$

Demak, nuriy issiqlik almashinuvi deyarli 10 marta kamaydi.

655. Sexda izolyasiyasiz po'lat isitgich o'rnatilgan. Isitish sirtini nurlanish koefitsienti $C_1 = 5,2 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$, tashqi sirti harorati $T_1 = 430 \text{ K}$; isitgich uzunligi $\ell = 2 \text{ m}$; diametri $d = 1 \text{ m}$; xona harorati $T_2 = 300 \text{ K}$ va xona devorining nurlanish koefitsienti $C_2 = 3,5 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$, xona uzunligi 10 m , kengligi 8 m va balandligi 4 m . Isitish sirti va xona o'rtasidagi nuriy issiqlik almashinuvi miqdorini aniqlang.

J: $Q = 10640 \text{ Vt}$.

656. Ikkita sirt orasiga ekran o'rnatilgan bo'lib, sirtlar harorati $T_1 = 600 \text{ K}$ va $T_2 = 300 \text{ K}$ va nurlanish koefitsientlari $C_1 = C_2 = 4,8 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ga teng. Agar $C_{\text{EKR}} = C_1 = C_2$ bo'lsa, ekran o'rnatilmasdan va o'rnatilgandan so'ngi nuriy issiqlik miqdorini hatda ekran haroratini aniqlang.

J: $q = 5070 \text{ Vt/m}^2$; $q_1 = 2535 \text{ Vt/m}^2$; $T_{\text{EKR}} = 512 \text{ K}$.

657. Nurlanish koefitsienti $C_1 = C_2 = 5,2 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ bo'lgan sirtlar orasiga nurlanish koefitsienti $C_{\text{EKR}} = 0,4 = C_2$ bo'lgan nikeldan tayyorlangan ekran o'rnatilsa, nuriy issiqlik almashinuvi qanday o'zgaradi?

J: $q_1 = 0,0496 \cdot q_0$; 20 marta kamayadi.

658. Agar sirtning nurlanish koefitsienti $C = 4,53 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ga, harorati $t = 1027^\circ \text{C}$ ga teng bo'lsa, sirtning nurlanish xususiyatini va qoralik darajasini hatda maksimum nurlanishga mos keladigan to'lqin uzunligini aniqlang.

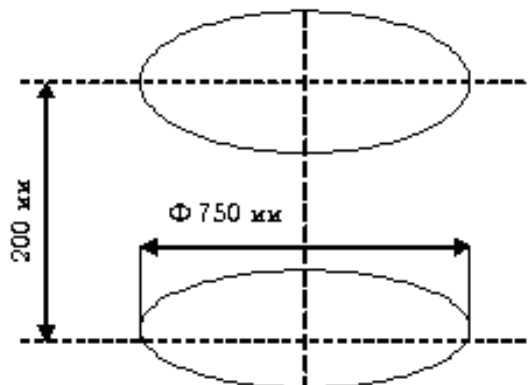
J: $E = 1,295 \cdot 10^6 \text{ Vt/m}^2$; $\varepsilon = 0,8$; $\lambda_m = 2,23 \text{ mkm}$.

659. Harorati $t_1 = 27^\circ \text{C}$ bo'lgan po'lat jism elektr pechiga o'rnatilgan. Pech devorining harorati $t_2 = 927^\circ \text{C}$. Agar po'lat jism va elektr pechi sirtlari nisbati F_1/F_2

= 1/30, qoralik darajalari mos xolda $\varepsilon_1 = 0,7$ va $\varepsilon_2 = 0,85$ bo'lsa, po'lat olgan issiqlik oqimini hisoblang.

J: $q = 81750 \text{ Vt/m}^2$.

660. Ikkita doirasimon plastinalar orasidagi nuriy issiqlik miqdorini aniqlash lozim. Yuqori plastina po'latdan tayyorlangan bo'lib, uning yutish koeffisienti 0,55 ga teng. Pastki plastinaning yutish koeffisienti 0,15 ga teng. Yuqori plastina harorati 400°C , pastki plastinaniki 1000°C .



49-rasm

J: $Q = 165 \text{ J/sek.}$

661. Izolyasiyalanmagan bug' quvuri sex xonasidan o'tgan. Uning tashqi diametri 150 mm va uzunligi 200 m. Quvurdan bosimi $P = 10 \text{ bar}$ bo'lgan bug' oqmoqda. Quvur tashqi sirti harorati to'yinish haroratidan 20°C kam, xonadagi xavo harorati 25°C . Quvur materialini yutish koeffisienti $\varepsilon = 0,45$. Nurlanish tufayli vaqt birligi ichida quvur yo'qotayotgan issiqlik miqdorini aniqlang.

J: $Q = 67000 \text{ J/sek.}$

662. Agar bug' quvurining diametri $d = 200 \text{ mm}$, sirti harorati $t_w = 467^\circ\text{C}$, qoralik darajasi $\varepsilon = 0,79$ va xavo harorati $t_f = 27^\circ\text{C}$ bo'lsa, konvektiv issiqlik almashinuv koeffisientini hamda quvur uzunligi birligidagi issiqlik yo'qotishlarini aniqlang.

J: $\alpha = 39,37 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}; \quad q_c = 10880 \text{ Vt/m}^2$

663. Diametri 1,5 mm bo'lgan nixrom sim gorizontal joylashgan bo'lib, uning solishtirma elektr qarshiligi $\rho = 1,2 \text{ Om mm/m}^2$ va qoralik darajasi $\varepsilon = 0,96$. Sim nurlanish va konveksiya tufayli soviydi. Simning harorati $t = 400^\circ\text{C}$ dan

oshmasligi uchun undan o'tadigan tok kuchi qanday bo'lishi kerak?

J: $I = 13,42 \text{ A}$.

664. Uchish apparati devorining nurlanish koeffisienti $4,53 \text{ Vt/m}^2 \cdot k$ ga teng, devor sirti harorati 1027°C . Devorning nurlanish energiyasini va qoralik darajasini hatda maksimum nurlanishga mos to'lqin uzunligini aniqlang.

Yechish: Devorning nurlanish energiyasi: $E = 4,53 \cdot \left(\frac{1300}{100}\right)^4 = 1,256 \cdot 10^5 \text{ Vt/m}^2$. Qoralik darajasini $\varepsilon C_s = C$ nisbatdan aniqlaymiz: $\varepsilon = \frac{C}{C_s} = \frac{4,53}{5,77} = 0,787 \approx 0,8$ Vin qonunidan maksimum nurlanishga mos to'lqin uzunligi: $\lambda_{max} = \frac{2,9}{T} = \frac{2,9}{1300} = 0,00223 \text{ mm} = 2,23 \text{ mkm}$.

665. Devor idishi devorlari o'rtasidagi nurli issiqlik almashinuvini aniqlang. Ichki devorning tashqi sirti harorati $t_1 = -183^\circ\text{C}$, tashqi sirti devorining ichki sirti harorati $t_2 = 17^\circ\text{C}$ ga teng. Idishning devorlari kumush bilan qoplangan uning qoralik darajasi 0,02 ga teng. Devor sirtlari yuzasi $F_1 \approx F_2 \approx 0,1 \text{ m}^2$:

Yechish: Parallell sirtlar o'rtasidagi nurli energiya miqdorini quyidagi formula orqali aniqlaymiz: $\left(\frac{T_{ek}}{100}\right)^4 = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 + \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right]$ Avvalo keltirilgan qoralik darajasini hisoblaymiz:

$$\varepsilon_{kelt} = \frac{1}{\frac{1}{0,02} + \frac{1}{0,02}} = \frac{1}{99} \quad \text{u holda} \quad Q = 0,1 \cdot \frac{1}{99} \cdot 5,77 \left[\left(\frac{17+273}{100}\right)^4 - \left(\frac{-183+273}{100}\right)^4 \right] = 0,396 \text{ Vt.}$$

666. Ikkita bir-biriga nisbatan parallel joylashgan po'lat disklar o'rtasidagi nurli issiqlik oqimini va nurlanish koeffisientini aniqlang. Disklar sirtidagi haroratlar 300 va 100°C ; disklar diametrlari bir xil va 300 mm , ular orasidagi masofa $h = 500 \text{ mm}$. Disklarning qoralik darajasi $\varepsilon_1 \approx \varepsilon_2 \approx 0,24$.

Yechish: Nurlanish koeffisientini aniqlaymiz:

$$\varphi_{1-2} = \left[\frac{0,5}{0,3} - \sqrt{1 + \left(\frac{0,5}{0,3}\right)^2} \right]^2 = 0,077. \quad \text{Disklar yuzasi: } F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} =$$

$0,0707 \text{ m}^2$. Keltirilgan qoralik darajasi: $\varepsilon_{kelt} = \frac{1}{\frac{1}{0,24} + \frac{1}{0,24} - 1} = 0,316$. Disklar

o'rtasidagi issiqlik oqimi: $Q = \varphi \varepsilon_{\text{kelt}} C_s \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = 0,077 \cdot 0,316 \cdot 5,77 \cdot \left[\left(\frac{573}{100} \right)^4 - \left(\frac{373}{100} \right)^4 \right] = 53,4 \text{ Vt}.$

667. Diametri 200 mm bo'lgan bug' quvurining sirti harorati 467°C va qoralik darajasi 0,79 ga teng, atrofdagi havo harorati 27°C . Nurli –konvektiv issiqlik almashinuvi koefitsientini va quvurning uzunlik birligidagi issiqlik isroflarini aniqlang.

Yechish: Bug' quvuri nurlanish va erkin konveksiya tufayli soviyapti. Demak, uzunlik birligiga to'g'ri keladigan issiqlik isroflari: $q = q_n + q_k = \alpha(tg - t)$, bu erda $\alpha = \alpha_n + \alpha_k$ nurli –konvektiv issiqlik almashinuv koefitsienti.

Nurli issiqlik berish koefitsienti: $\alpha_n = \frac{0,79 \cdot 5,77 \left[\left(\frac{740}{100} \right)^4 - \left(\frac{300}{100} \right)^4 \right]}{tg - t} = 30,7 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$

Aniqlovchi harorat: $t = 0,5(tg + tx) = 0,5 \cdot (467 + 27) = 245^\circ\text{C}$. Shu haroratdagi parametrlar: $\chi = 4,23 \cdot 10^{-2} \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$; $\nu = 40,04 \text{ m}^2/\text{s}$; $\text{Pr} = 0,667$; $\beta = \frac{1}{518}$; $\Delta t = 440^\circ\text{C}$. $(P_r \cdot Gr)$ sonini hisoblaymiz. $(\text{Pr} \cdot Gr) = 0,667 \frac{9,81 \cdot 0,2^3 \cdot 440}{518 \cdot (40,04 \cdot 10^{-6})^2} = 2,78 \cdot 10^7$. Ushbu son uchun $C = 0,315$ va

$n = 0,33$. Nusselt sonini aniqlaymiz: $\text{Nu} = 0,315 \cdot (2,78 \cdot 10^7)^{\frac{1}{3}} = 40,9$. U holda $\alpha_q = \frac{40,9 \cdot 4,23 \cdot 10^{-2}}{0,2} = 8,67$. Nurli –konvektiv issiqlik almashinuv isroflari: $q_1 = \alpha \pi d l \Delta t = 39,37 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 440 = 10880 \text{ kVt/m}$.

668. Diametri 1,5 mm bo'lgan nixrom sim gorizontall joylashgan. Havoning harorati 30°C , simning solishtirma elektr qarshiligi $1,2 \text{ Om} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$, qoralik darajasi $\varepsilon_{\text{kelt}} = 0,96$ ga teng. Sim nurlanish va erkin konveksiya natijasida sovitilmoqda. Simning harorati 400°C dan ortib ketmasligi uchun tok kuchi qanday bo'lishi kerak?

Yechish: Simdan olib ketilayotgan issiqlik: $q = q_n + q_k$.

Nurlanish tufayli issiqlik isrofi. $q_n = \varepsilon_{\text{kelt}} \cdot C_s \pi d \left(\frac{T}{100} \right)^4 = 0,96 \cdot 5,77 \cdot 3,14 \cdot 0,0015 \cdot \left(\frac{673}{100} \right)^4 = 52,8 \text{ Vt/m}$.

Erkin konveksiya tufayli issiqlik isroflarini aniqlaymiz. Bug'ning uchun aniqlovchi haroratdagi parametrlarni topatiz:

$$t = 0,5(t_x + t_g) = 0,5 \cdot (400 + 30) = 215^0C; \chi = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{Vt/m} \cdot$$

$$k; \nu = 36,58 \text{ m}^2/\text{c}; p_g = 0,68; \beta = \frac{1}{488}; \Delta t = 370^0C. \quad (\text{Pr} \cdot \text{Gr}) \text{ kompleksini}$$

$$\text{hisoblaymiz: } ((\text{Pr} \cdot \text{Gr})) = 0,68 \frac{9,81 \cdot 0,0015^3 \cdot 370}{488 \cdot (36,58 \cdot 10^{-6})^2} = 12,8. \quad \text{U holda } C = 1,18 \text{ va}$$

$$n = 0,125. \text{ Nusselt soni: } Nu = 1,18 \cdot (12,8)^{\frac{1}{8}} = 1,625$$

$$\text{Konvektiv issiqlik berish koeffisienti } \alpha_q = \frac{1,625 \cdot 4,0 \cdot 10^{-2}}{0,0015} = 43,3 \text{ Vt/m}^2 \cdot$$

$$k. \text{Konveksiya tufayli issiqlik isroflari: } q_k = \alpha \pi d \cdot \Delta t = 43,3 \cdot 3,14 \cdot 0,0015 \cdot 370 = 75,6 \text{ Vt/m}. \quad 1 \text{ m quvur uzunligidagi umumiy issiqlik isroflari: } q_1 = q_n + q_k = 128,4 \frac{\text{Vt}}{\text{m}}. \quad \text{Nixrom sim uchun yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan tok kuchi:}$$

$$q_1 = I^2 R = I \frac{\rho l}{\pi d^2/4} = I \frac{1,2 \cdot 1,4}{3,14 \cdot 1,5} = 0,679 \cdot I.$$

$$\text{U holda } I = \sqrt{\frac{q_1}{0,679}} = \sqrt{\frac{128,4}{0,679}} = 13,42 \text{ A}.$$

669. Harorati 27^0C bo'lgan po'lat jism mufel pechida turibdi. Pech devorining harorati 927^0C ga teng. Po'lat va pech devorining qoralik darajalari mos ravishda 0,7 va 0,8 ga teng. Agar po'lat va mufel pechining yuzalari nisbati $F_1/F_2 = 1/30$ bo'lsa, po'lat sirtigidan olinayotgan nurli energiyani aniqlang.

$$\text{J: } q = 81750 \text{ Vt/m}^2.$$

670. Ikkita disk bir-biriga nisbatan parallel joylashgan. Disk sirlari haroratlari 300 va 100^0C , disklar diatetrlari bir xil va 300 mm ga teng, ular orasidagi masofa $h = 250 \text{ mm}$. Disklarning qoralik darajasi $\varepsilon_1 \approx \varepsilon_2 \approx 0,24$. Nurlanish koeffisientining va nurli issiqlik oqimini aniqlang. Disklar orasidagi masofa 5 marta kataysa, yuqoridagi kattaliklar qanday o'zgaradi?

$$\text{J: a) } \varphi_{1-2} = 0,204; \varepsilon_{\text{kelt}} = 0,436; Q = 31,6 \text{ Vt}.$$

$$\text{b) } \varphi_{1-2} = 0,52; \varepsilon_{\text{kelt}} = 0,234; Q = 43,5 \text{ Vt}.$$

671. Ikkita bir-biriga nisbatan parallel joylashgan disklar orasidagi nurli issiqlik oqimini hisoblang. Disklar sirlari harorati 400 va 1000^0C , diatetrlari bir

xil va 750 mm ga teng, ular orasidagi masofa $h = 2000 \text{ mm}$, disklarning qoralik darajasi $\varepsilon_1 = 0,55$ va $\varepsilon_2 = 0,15$ ga teng.

J: $Q = 165 \text{ Vt}$.

672. Diametri 200 mm bo'lgan bug' quvuri diametri 1 m bo'lgan g'ishtli kanalda joylashgan. Bug' quvurining sirti harorati 467°C va qoralik darajasi 0,79 ga teng, atrofdagi havo temperaturasi 27°C . Kanal devori harorati 27°C , qoralik darajasi 0,81 ga teng. Nurli–konvektiv issiqlik almashinuv koeffisientini va quvurning uzunlik birligidagi issiqlik isroflarini aniqlang.

J: $\alpha = 29,9 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}; q_1 = 9350 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}$.

673. Diametri 1 mm.li izolyasiyalanmagan nixrom sim gorizontal joylashgan. Agar havoning harorati 30°S , $\rho = 1,2 \text{ Om} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$, $\varepsilon_{kelt} = 0,95$ ga teng bo'lsa, simning harorati 600°C dan ortib ketmasligi uchun tokning kuchi qanday bo'lishi mumkin.

J: $I = 11,5 \text{ A}$.

674. Silindr shakldagi po'latli apparat harorati 20°C bo'lgan xonada joylashgan. Apparat o'lchamlari: balandligi -2 m, diametri -1m. Hona o'lchamlari: balandligi -4 m, uzunligi -10 m, eni -6 m. Apparat devori harorati 70°C . Xona devorlari moyli bo'yoq bilan qoplangan.

Apparatdagi nurlanish va konveksiya tufayli issiqlik isroflarini aniqlang.

J: $Q = 5200 \text{ Vt}$.

675. Uzunligi 4 m va diametri 1 m bo'lgan silindirik isitkich o'lchatlari $8 \times 4 \times 3 \text{ m}$ bo'lgan xonada tupribdi. Isitgich sirti harorati 280°C , nurlanish koeffisienti $4,9 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}^4$. Xona harorati 22°C va devorning nurlanish koeffisienti $3 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{k}^4$ ga teng. Isitgich va devor o'rtasidagi issiqlikni aniqlang.

J: $Q = 51740 \text{ Vt}$.

676. Haroratlari 367 va 32°C bo'lgan ikkita parallel plastinalar orasiga ekran o'rnatilgan. Plastinalar va ekranning qoralik darajasi bir xil va 0,83 ga teng. Plastinalar o'rtasidagi issiqlik oqimini ekran o'rnatilmasdan va ekran o'rnatilgandan keyingi qiymatlarini hamda, ekran haroratini aniqlang.

J: $q_0 = 6510 \text{ Vt/m}^2; q_{\text{ek}} = 3255 \text{ Vt/m}^2; T_{\text{ek}} = 545\text{K}$

677. Garajni isitish uchun po'latli oksidlangan quvur ishlatilmoqda. Quvurning diametri 0,1 m, uzunligi 10 m va quvur sirti harorati 85°C ga teng. Garaj devori harorati 15°C ga teng bo'lsa, nuriy issiqlik oqimini aniqlang.

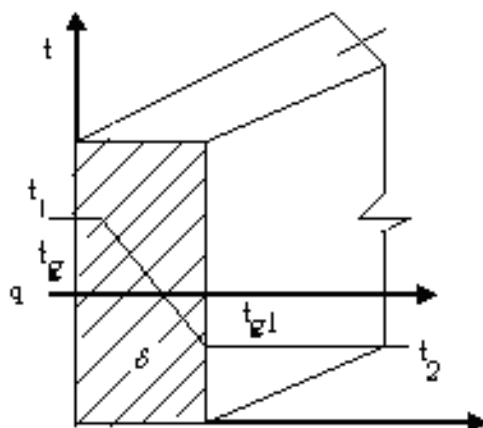
J: $Q = 1360 \text{ Vt.}$

XVII BOB.

ISSIQLIK UZATISH VA ISSIQLIK ALMASHINUV APPARATLARI

Issiqlikning issiq va sovuq muhit orasidagi ajratuvchi qattiq devor orqali uzatilishi texnikada eng muhim va ko'p foydalaniladigan jarayonlardan biridir. Bunday issiqlik almashinuv issiqlik uzatish deyiladi.

Issiqlik oqimi:



50-rasm. Yassi devor orqali issiqlik uzatish

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (353)$$

bu erda:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (354)$$

k –issiqlik uzatish koeffisienti, $\text{Wt/m}^2 \cdot \text{grad}$

$$q = k(t_1 - t_2) \quad (355)$$

Issiqlik almashinuv apparatlarining issiqlik hisobi isitish sirti yuzasini aniqlash va ishchi jismlarning keyingi haroratlarini aniqlashdan iborat. Bu masalalarni yechishda issiqlik uzatish va issiqlik balansi tenglamalaridan foydalaniladi.

$$Q = kF(t_1 - t_2) \quad (356)$$

va

$$Q = V_1 \rho_1 c_{p1}(t_1^{11} - t_1^1) = V_2 \rho_2 c_{p2}(t_2^{11} - t_2^1) \quad (357)$$

bu erda: $V_1 \rho_1$ va $V_2 \rho_2$ –issiqlik tashuvchilarning massaviy sarfi, kg/sek.

c_{p1} va c_{p2} –suyuqliklarning o'rtacha massaviy issiqlik sig'imi;

t_1^1 va t_2^1 – suyuqliklarning apparatga kirishdan oldindag harorati;

t_1^{11} va t_2^{11} – suyuqliklarning apparatdan chiqishdagi harorati.

Suv ekvivalenti:

$$V \rho c_p = W \quad (358)$$

ya'ni

$$(t_1^1 - t_1^{11}) / (t_2^{11} - t_2^1) = W_2 / W_1 \quad (359)$$

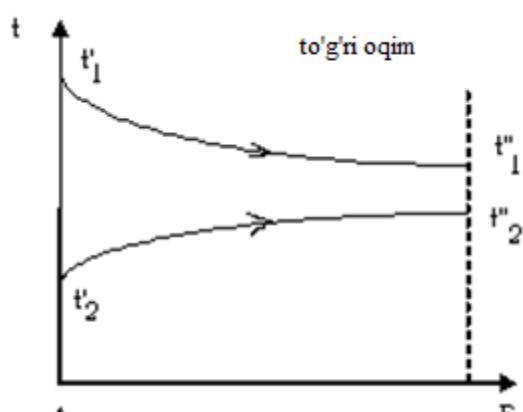
Haroratlarning o'rtacha logarifmik farqi:

to'g'ri oqim uchun:

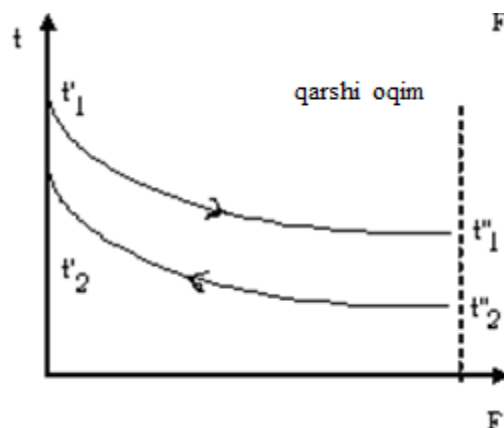
$$\Delta t_{o'rt} = \frac{(t_1^1 - t_2^1) - (t_1^{11} - t_2^{11})}{2,3 \lg(t_1^1 - t_2^1) / (t_1^{11} - t_2^{11})} \quad (360)$$

Qarshi oqim uchun:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{(t_1^1 - t_2^1) - (t_1^{11} - t_2^1)}{2,3 \lg(t_1^1 - t_2^{11}) / (t_1^{11} - t_2^1)} \quad (361)$$



51-rasm. To'g'ri oqimli IAA



52-rasm. Qarshi oqimli IAA

678. Agar isituvchi suvning harorati $t_1^1 = 97^\circ\text{C}$ va uning sarfi $m_1 = 1$ kg/sek bo'lsa, quvurning ichida quvur shaklidagi qarshi oqimli issiqlik almashinuv apparatlarining isitish sirtini aniqlang. Isituvchi suv diametri $d_2/d_1 = 40/37$ mm li ichki po'lat quvurda xarakatlanadi. Po'lat quvurning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\lambda = 50$ Vt/m·grad. Isituvchi suyuqlik quvurlar orasida xarakatlanadi va uning harorati $t_2 = 17^\circ\text{C}$ dan $t_2^{11} = 47^\circ\text{C}$ gacha ko'tariladi. Isituvchi suyuqlikning sarfi $m_2 = 1,14$ kg/sek.

Yechish:

Uzatilgan isiqlik miqdori quyidagicha:

$$Q = m_2 c_{p2} (t_2^{11} - t_2^1) = 114 \cdot 4190 (47 - 17) = 14000 \text{ Vt.}$$

Isituvchi suvning apparatdan chiqishdagi harorati:

$$t_1^{11} - t_1^1 - \frac{Q}{m_1 c_{p1}} = 97 - \frac{140000}{4190} = 63^\circ \text{C}$$

o'rtacha harorat

$$t_1 = \frac{t_1^1 + t_1^{11}}{2} = \frac{97 + 63}{2} = 80^\circ \text{C}$$

Shu haroratdagi isituvchi suvning fizik xossalari quyidagicha: zichligi $\rho = 927 \text{ kg/m}^3$; kinematik qovushqoqligi $\nu = 0,365 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sek}$; issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effisienti $\lambda = 0,674 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$; harorat o'tkazuvchanlik ko'effisienti $a = 1,66 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sek}$.

Prandtl soni: $Pr_1 = 2,2$.

Isitilayotgan suvning o'rtacha harorati va shu haroratdagi fizik xossalari:

$$t_2 = \frac{t_2^1 + t_2^{11}}{2} = \frac{17 + 47}{2} = 32^\circ \text{C}$$

$\rho_2 = 995 \text{ kg/m}^3$; $\nu_2 = 0,776 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sek}$; $\lambda = 0,62 \text{ Vt/m} \cdot \text{grad}$; $a = 1,495 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sek}$; $Pr_2 = 5,2$.

Isituvchi suvning tezligi:

$$\omega = \frac{4m_1}{\rho_1 \pi d_1^2} = \frac{4}{972 \cdot 3,14 \cdot 0,037^2} = 0,96 \text{ m/sek}$$

Isitilayotgan suvning tezligi:

$$\omega_2 = \frac{4m_2}{\rho_2 \pi (D^2 - d_2^2)} = \frac{4 \cdot 1,14}{995 \cdot 3,14 (0,054^2 - 0,04^2)} = 1,03 \text{ m/sek}$$

$$\omega_2 = \frac{4m_2}{\rho_2 \pi (D^2 - d_2^2)} = \frac{4 \cdot 1,14}{995 \cdot 3,14 \cdot (0,054^2 - 0,04^2)} = 1,03 \text{ m/sek}$$

Isituvchi suv uchun Reynolds soni:

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_1}{\nu_1} = \frac{0,96 \cdot 0,037 \cdot 10^6}{0,365} = 97300$$

Nusselt soni:

$$Nu = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} (Pr_1 / Pr_{2dev})^{0,25} \cdot \varepsilon_\ell \ell / d > 50 \varepsilon_\ell = 1$$

Devor harorati:

$$t_{u1} = 0,5 (t_1 + t_2) = 0,5 (80 + 32) = 56^\circ\text{C}.$$

Shu haroratda $Pr_{DEV} = 3,2$.

$$Nu_1 = 0,021 \cdot 973000,8 \cdot 2,20,43 (2,2 / 3,2)^{0,25} = 262$$

Isituvchi suvdan quvur sirtiga issiqlik berish koeffisienti:

$$a_1 = Nu_1 \frac{\lambda_1}{d_1} = \frac{262 \cdot 0,674}{0,037} = 4770 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$$

Isitilayotgan suv uchun Reynolds soni:

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_{EK}}{\nu} = \frac{1,03 \cdot 0,014 \cdot 10^6}{0,776} = 18000$$

bu erda: $d_{EK} = D - d_2 = 54 - 40 = 14 \text{ mm}$.

$t_{DEV2} = t_{DEV1}$ deb olatiz, shuning uchun $Pr_{DEV2} = 3,2$

U xolda

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} (Pr_2 / Pr_{DEV})^{0,25} = 0,021 \cdot 18000^{0,8} \cdot 5,2^{0,43} (5,2 / 3,2)^{0,25} = 121$$

Quvurdan isitilayotgan suvga issiqlik berish koeffisienti:

$$a_2 = Nu_2 \frac{\lambda_2}{d_{EK}} = \frac{121 \cdot 0,62}{0,014} = 5360 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$$

Apparat uchun issiqlik uzatish koeffisienti:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_m} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_{T_{AIII}}}} = \frac{1}{\frac{1}{4770 \cdot 0,037} + \frac{2,3}{2,50} \lg \frac{40}{51} + \frac{1}{5360 \cdot 0,014}} = 86,3 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$$

Haroratlarning o'rtacha logarifmik farqi:

$$\Delta t_{ort} = \frac{(t_1^{11} - t_2^{11}) - (t_1^{11} - t_2^{11})}{23 \lg \frac{t_1^{11} - t_2^{11}}{t_1^{11} - t_2^{11}}} = \frac{(97 - 47) - (63 - 17)}{23 \lg \frac{(97 - 47)}{(63 - 17)}} = 48,4^\circ\text{C}$$

1 m quvur uzunligidagi issiqlik oqimi zichligi:

$$q_1 = k \cdot \Delta t_{ort} = 86,3 \cdot 48,4 = 4170 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}$$

Issiqlik almashinuvi apparati quvuri uzunligi:

$$\ell = \frac{Q}{q_1} = \frac{140000}{4170} = 33,6 \text{ m}$$

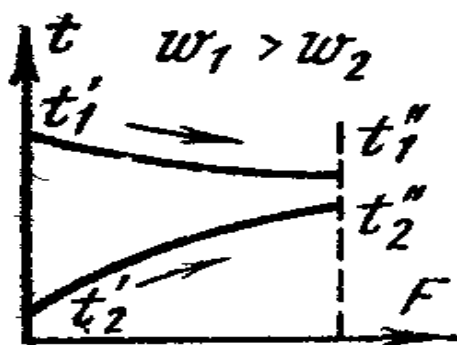
Isitish yuzasi:

$$F = \pi d_1 \cdot \ell = 3,14 \cdot 0,037 \cdot 33,6 = 3,9 \text{ m}^2.$$

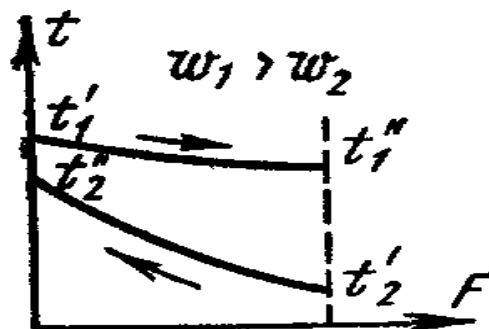
679. Yog' sovitgichda yog' harorati $t_1^1 = 59^\circ\text{C}$ dan $t_1^{11} = 50^\circ\text{C}$ gacha, suv harorati $t_2^1 = 9^\circ\text{C}$ dan $t_2^{11} = 18^\circ\text{C}$ gacha o'zgardi. To'g'ri oqim va qarshi oqimlar uchun (54 va 55-rasm) haroratlarning o'rtacha logarifmini va ular orasidagi farqni

aniqlang.

J: $\Delta t_t = 40,3^\circ\text{C}$; $\Delta t_k = 41^\circ\text{C}$; $\Delta t = 1,71\%$.



53-rasm. Issiqlik tashuvchilarning to'g'ri oqimli xarakatda haroratlarining o'zgarishi.



54-rasm. Issiqlik tashuvchilarning teskari oqimli xarakatda haroratlarining o'zgarishi.

680. Agar qarshi oqimli issiqlik almashinuv apparatining yuzasi $F=300\text{ m}^2$, issiqlik tashuvchilarning boshlang'ich haroratlari $t_1^1=80^\circ\text{C}$ va $t_2=20^\circ\text{C}$, suv ekvivalentlari $W_1=465\text{ Vt/grad}$, $W_2=13,95\cdot 105\text{ Vt/grad}$ bo'lsa, issiqlik tashuvchilarning oxirgi haroratlarini aniqlang.

J: $t_1^{11} = 27^\circ\text{C}$; $t_2^{11} = 37,7^\circ\text{C}$.

681. Issiqlik almashinuv apparatida bosimi $4,75\text{ bar}$ bo'lgan quruq to'yingan bug' quvurning tashqi sirtida kondensasiyalanadi. Quvu.rda oqayotgan suv $T_2^1=293\text{ K}$ dan $T_2^{11}=343\text{ K}$ haroratgacha isiydi. Haroratlarning o'rtacha logarifmik farqini aniqlang.

J: $\Delta t = 376,5\text{ grad}$.

682. Xavo isitgichda xavo 293 K dan 453 K gacha isiydi. Shu vaqtda issiq gazlar 673 K dan 473 K gacha soviydi. To'g'ri va qarshi oqimlar uchun haroratlarning o'rtacha logarifmik farqini aniqlang.

J: $\Delta T_T = 122\text{ grad}$; $\Delta T_q = 198\text{ grad}$.

683. Avtomobil radiatori kesimi $13,5 \times 2,4\text{ mm}$ bo'lgan oval qovurg'ali trubkalardan iborat bo'lib, u $1\text{ sekundiga } 8,0\text{ kkal}$ issiqlikni tarqatishi lozim. Agar trubkalarining uzunligi $\ell=0,45\text{ m}$ va qovurg'alanish koeffisienti $\varphi=F_2/F_1=2,18$ bo'lsa, trubkalar sonini aniqlang. Suvdan devorga issiqlik berish koeffisienti

$\alpha_1=2000$ kkal/m²·grad; devor qalinligi $\delta=0,0003$ m; devor materiali mis, $\lambda=330$ kkal/m·grad; devordan xavoga issiqlik berish koeffisienti $\alpha_2= 160$ kkal/m²·grad; suvning o'rtacha harorati $t_1 = 87,5^\circ\text{C}$; xavoniki $t_2 = 37,5^\circ\text{C}$.

J: $Z = 136,5 \approx 137$ dona.

684. Atom elektr stansiyasining bug' generatorida bosimi 13,7 bar va harorati 586 K bo'lgan 57 t/soat suv bug'i ishlab chiqarilmoqda . Bug' generatoriga harorati 613 K bo'lgan 750 t/soat issiqlik tashuvchi (CO₂) keladi. Agar bug' generatoriga kelayotgan ta'minot suvining harorati 381K bo'lsa, bug' generatoridan chiqishdagi CO₂ ning haroratini aniqlang.

J: $T_1^{11} = 417$ K.

685. Issiqlik almashinuv apparatida isituvchi suvning sarfi $W=15$ kg/sek , apparatga kirishdagi harorati $t_1^1=120^\circ\text{C}$, chiqishdagi harorati $t_1^{11}=80^\circ\text{C}$, isitilayotgan suvning apparatga kirishdagi harorati $t_2^1=10^\circ\text{C}$, $t_2^{11}=60^\circ\text{C}$, issiqlik uzatish koeffisienti $k=1,9$ kVt/m²·K va apparatdan atrof–muhitga bo'ladigan issiqlik isroflarini hisobga oluvchi koeffisient $\eta=0,8$. Isitilayotgan suvning sarfini va to'g'ri oqimli apparatning isitish yuzasini aniqlang.

J: $F = 24,5$ m².

686. Qarshi oqimli suvli issiqlik almashinuv apparatida isitilayotgan suvning sarfi $W_2=5$ kg/sek , isituvchi suvning haroratlari $t_1^1=97^\circ\text{C}$ va $t_1^{11}=63^\circ\text{C}$. Isitilayotgan suvning haroratlari $t_2^1 =17^\circ\text{C}$ va $t_2^{11}=47^\circ\text{C}$. Issiqlik uzatish koeffisienti $k = 1,1$ kVt/m²·K. Apparatning isitish yuzasini aniqlang.

J: $F = 11,8$ m².

687. Agar isitilayotgan suvning sarfi $W_2 = 5,6$ kg/sek , isitadigan bug'ning bosimi $R^\delta=0,12$ MPa, harorati $t_T=104^\circ\text{C}$, kondensat entalpiyasi $h_K^1 = 436$ kJ/kg, isitilayotgan suvning apparatga kirishdagi harorati $t_2^1=12^\circ\text{C}$, chiqishdagi harorati $t_2^1=42^\circ\text{C}$, issiqlik uzatish koeffisienti $k=1,05$ kVt/m²·K va apparatdan atrofga issiqlik isroflarini hisobga oluvchi koeffisienti $\eta=0,97$ bo'lsa, qarshi oqimli bug' – suvli issiqlik almashinuv apparatida bug' sarfini va isitish yuzasini aniqlang.

J: $D_1 = 0,32$ kg/sek ; $F = 88$ m².

XVIII BOB.

YOQILG'I VA YONISH JARAYONLARI

Yoqilg'ining kimyoviy tarkibini foyizlarda, quyidagicha yozish mumkin:

$$C^i + H^i + O^i + N^i + S^i + A^i + W^i = 100 \% \text{ ishchi massa tarkibi;}$$

$$C^q + H^q + O^q + N^q + S^q + A^q = 100 \% \text{ quruq massaning tarkibi;}$$

$$C^{y0} + H^{y0} + O^{y0} + N^{y0} + S^{y0} = 100 \% \text{ yonuvchan massaning tarkibi.}$$

Yoqilg'i tarkibini bir massadan ikkinchisiga o'tkazishda 6- jadvaldan foydalaniladi.

6-jadval.

Yoqilg'ining berilgan massasi	O'tish koeffisienti		
	Ishchi	Yonuvchan	Quruq
Ishchi	1	$\frac{100}{100 - (A^u + W^u)}$	$\frac{100}{100 - W^u}$
Yonuvchan	$\frac{100 - (A^u + W^u)}{100}$	1	$\frac{100 - A^k}{10}$
Quruq	$\frac{100 - W^u}{100}$	$\frac{100}{100 - A^u}$	1

1. Slanes uchun ishchi massadan yonuvchan massaga o'tish koeffisienti:

$$K = 100/[100 - A_x^i - W^i - (CO_2)_k^i] \quad (362)$$

Bu erda: A_x^i –ishchi massadagi xaqiqiy kul miqdori, %.

$$A_x^i = A^i - [2,5(S_a^k - S_s^k) + 0,375S_k^k] \frac{100 - W^u}{100} \quad (363)$$

$[2,5(S_a^k - S_s^k) + 0,375S_k^k]$ miqdor Leningrad va Estoniya slanesi uchun 2,0 ga, Kashpirsk slanesi uchun 4,1 ga teng.

Namlik miqdori o'zgarganda ishchi massasini qaytaxisoblash:

$$C_2^i = C_1^i \frac{100 - W_2^u}{100 - W_1^u} \quad (364)$$

$$H_2^i = H_1^i \frac{100 - W_2^u}{100 - W_1^u} \quad (365)$$

Ikki qattiq yoki suyuq yoqilg'i aralashmasining tarkibi:

$$C_{ar}^i = b_1 \cdot c_1^i + (1 - b_1)C_2^i \quad (366)$$

bu erda: b_1 –biror yoqilg'ining massaviy ulushi.

$$b_1 = B_1 / (B_1 + B_2) \quad (367)$$

bu erda: B_1 va B_2 –aralashma tarkibiga kiruvchi yoqilg'i massalari, kg.

Qattiq va suyuq yoqilg'ining qo'yi yonish issiqligi:

$$Q_q^i = 338C^i + 1025H^i - 108,5(O^i - S^i) - 25W^i, \text{ kJ/kg} \quad (368)$$

Gaz yoqilg'isining quyi yonish issiqligi, kJ/m³:

$$Q_q = 108H_2 + 126CO + 234H_2S + 358CH_4 + 591C_2H_4 + 638C_2H_6 + 860C_3H_6 + 913C_3H_8 + 1135C_4H_{10} + 1187C_4H_{10} + 1461C_5H_{12} + 1403C_6H_6 \quad (369)$$

Yuqori yonish issiqliklari:

$$Q_{yu}^i = Q_q^i + 225H^i + 25W^i \quad (370)$$

$$Q_{yu}^{yo} = Q_q^{yo} + 225H^{yo} \quad (371)$$

$$Q_{yu}^q = Q_q^q + 225H^q \quad (372)$$

Quyi yonish issiqliklari:

$$Q_q^i = Q_q^{yo} \frac{100 - (A^U + W^U)}{100} - 25W^U \quad (373)$$

$$Q_q^{yo} = \frac{Q_K^U + 25W^U}{100 - (A^U + W^U)} \cdot 100 \quad (374)$$

$$Q_q^i = Q_q^q \frac{100 - W^U}{100} - 25W^U \quad (375)$$

$$Q_q^q = \frac{Q_K^U + 25W^U}{100 - W^U} \cdot 100 \quad (376)$$

Yonuvchan slaneslar uchun:

$$Q_q^i = Q_q^{yo} \quad (377)$$

$$Q_q^{yo} = \frac{Q_K^U + 25W^U + 40(CO_2)_K^U}{100 - A_K^U - W^U - (CO_2)_K^U} \cdot 100 \frac{100 - A_K^U - W^U - (CO_2)_K^U}{100} - 25W^U - 40(CO_2)_K^U \quad (378)$$

Namlik o'zgarganda:

$$Q_{qo}^i = \frac{(Q_K^U + 25W_1^U)(100 - W_2^U)}{(100 - W_1^U)} - 25W_2^U \quad (379)$$

Ikki yonuvchan aralashmaning quyi yonish issiqligi:

$$Q_{qar}^i = b_1 Q_{q1}^i + (1 - b_1) Q_{q2}^i \quad (380)$$

Issiqlik ajratish xususiyati 29300 kJ/kg bo'lgan yoqilg'i shartli yoqilg'i deyiladi. Berilgan yoqilg'ini shartli yoqilg'iga aylantirib xisoblashda va aksincha, shartli yoqilg'ini berilgan yoqilg'iga aylantirib xisoblashda kaloriya ekvivalenti deyiladigan kattalikdan foydalaniladi:

$$E = \frac{Q_K^U}{29300} \quad (381)$$

$$B_{sh} = B \cdot E$$

bu erda: B_{sh} va B – mos ravishda shartli va berilgan yoqilg'i sarfi, kg/sek.

Yoqilg'ini keltirilgan namliqi, kg.%. 10^{-3} /kJ

$$W_{kelt} = 4199 W^i / Q_q^i \quad (382)$$

Yoqilg'ini keltirilgan kulligi, kg.%. 10^{-3} /kJ

$$A_{kelt} = 4190 \cdot A^i / Q_q^i \quad (383)$$

Yoqilg'ini keltirilgan oltingugurtligi, kg.%. 10^{-3} /kJ

$$S_{kelt} = 4190 \cdot S_u^i / Q_q^i \quad (384)$$

Havo miqdori. Yonish maxsulotlarining xajmi va miqdori.

1kg qattiq yoki suyuq yoqilg'i to'liq yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdori:

$$V^0 = 0,089C^i + 0,266H^i + 0,033(S_u^i - O^i), \text{ m}^3/\text{kg} \quad (385)$$

1 m³ quruq gaz yoqilg'isi uchun:

$$V^0 = 0,0478[0,5(CO + H_2) + 1,5H_2S + 2CH_4 \sum (m+n/4)C_mH_n - O_2] \quad (386)$$

Ikki xil yoqilg'i aralashmasi uchun:

$$V_{ar}^0 = b_1 V_1^0 + (1-b_1) V_2^0 \quad (387)$$

bu erda: b_1 – biror yoqilg'ining aralashmadagi massaviy ulushi.

O'txonaga kirayotgan xaqiqiy xavo miqdori:

$$V_x = \alpha_t \cdot V^0 \text{ m}^3/\text{kg}, \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad (388)$$

bu erda: α_t – o'txonadagi ortiqcha xavo koeffisienti.

Yonish maxsulotlarining umumiy miqdori:

$$V_{yo} = V_{K,G} + V_{H_2O} \quad (389)$$

bu erda: $V_{K,G} = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{O_2}$

$V_{go_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2}$ – uch atomli gazlar miqdori, m³/kg. Qattiq (slanesdan tashqari) va suyuq yoqilg'i uchun yonish maxsulotlarining nazariy miqdoriy ($\alpha_T =$ 1) quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi, m³/kg

Ikki atomli gazlar miqdori:

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + 0,8N^i/100; \quad (390)$$

Uch atomli gazlar miqdori:

$$V_{RO_2} = 0,0187(C^i + 0,375 \cdot S_u^i) \quad (391)$$

Quruq gazlar miqdori:

$$V_{qg}^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 = 0,0187(C^i + 0,375 \cdot S_u^i) + 0,79V^0 + 0,8N^i/100 \quad (392)$$

Suv bug'larining miqdori:

$$V_{H_2O}^0 = 0,0124(9H^i - W^i) + 0,0161V^0 \quad (392)$$

Yonish maxsulotlarining to'liq miqdori:

$$V_q^0 = V_{qg}^0 + V_{H_2O}^0 = 0,0187(C^i + 0,375 \cdot S_u^i) + 0,79V^0 + 0,8N^i/100 + \\ + 0,0124(9H^i + W^i) + 0,0161V^0 \quad (393)$$

Gaz yoqilg'isi uchun $\alpha_T = 1$ da yonish maxsulotlarining nazariy miqdorlari, m^3/m^3 .

Ikki atomli gazlar miqdori:

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + N/100 \quad (394)$$

Uch atomli gazlar miqdori:

$$V_{RO_2} = 0,01[CO_2 + CO + H_2S + \sum mC_mH_n] \quad (397)$$

Quruq gazlar miqdori:

$$V_{qg}^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 \quad (398)$$

Suv bug'larining miqdori:

$$V_{H_2O}^0 = 0,01[H_2S + H_2 + \sum (n/2)C_mH_n + 0,124d_g] + 0,0161V^0 \quad (399)$$

bu erda: d_g –gaz yoqilg'isining nam saqlami. Yonish maxsulotlarining to'liq xajmi:

$$V_{yo}^0 = V_{qg}^0 + V_{H_2O}^0 \quad (400)$$

Qattiq (slanesdan tashqari)suyuq va gaz yoqilg'isi uchun yonish maxsulotlarining to'liqmiqdori ($\alpha_T > 1$) quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi, m^3/kg .

Quruq gazlar miqdori:

$$V_{qg} = V_{qg}^0 + (\alpha_T - 1)V^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + (\alpha_T - 1)V^0; \quad (401)$$

Suv bug'larining xajmi:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha_T - 1)V^0 \quad (402)$$

Yonish maxsulotlarining to'liq xajmi:

$$V_{yo} = V_{qg} + V_{H_2O} \quad (403)$$

Yoqilg'i to'liq yonganda quruq gazlardagi CO₂; SO₂; RO₂ (%) miqdori:

$$CO_2 = (V_{CO_2} / V_{qg})100 \quad (404)$$

$$SO_2 = (V_{SO_2} / V_{qg})100 \quad (405)$$

$$RO_2 = (V_{RO_2} / V_{qg}) \quad (406)$$

Uch atomli gazlarning maksimal miqdori %/.

$$RO_2^{\max} = 21/(1+\beta) \quad (407)$$

bu erda: β -yoqilg'i xarakteristikasi.

Suyuq va qattiq yoqilg'i uchun:

$$\beta = 2,35 (H^i - 0,126O^i + 0,04N^i)(C^i + 0,375S_u^i) \quad (408)$$

Qas yoqilg'isi uchun:

$$\beta = 0,21 \frac{0,01N_2 + 0,79V^0}{V_{RO_2}} - 0,79 \quad (409)$$

Yoqilg'i to'liq yonganda quruq gazlardagi azot va kislorod miqdori, %.

$$N_2 = 100 - RO_2 - O_2; \quad (410)$$

$$O_2 = 21 - \beta RO_2 - RO_2; \quad (411)$$

Yonish maxsulotlari massasi:

qattiq (slanesdan tashqari) va suyuq yoqilg'i uchun, kg/kg:

$$M_{yo} = 1 - 0,01A^i + 1,306 \alpha_T V^0 \quad (412)$$

Gaz yoqilg'isi uchun, kg/m³.

$$M_{yo} = \rho_{qg} + 0,01d_G + 1,306 \alpha_T V^0 \quad (413)$$

bu erda: ρ_{qg} –quruq gaz zichligi, kg/m³

d_G –yoqilg'i tarkibidagi namlik miqdori, kg/m³

688. Kizelovsk ko'mirning ishchi massasi tarkibi quyidagicha: Cⁱ=48,5%;

$H^i=3,0\%$; $S_y^i=6,1\%$; $N^i=0,8\%$; $O^i=4,0\%$, quruq massadagi kul $A^k=33,0\%$ va namliqi $W^i=6,0\%$. Yonuvchan massaning tarkibini aniqlang.

J: $C^{yo}=77\%$; $H^{yo}=5,7\%$; $S_u^{yo}=9,7\%$.

689. Kuznesk ko'mirining yonuvchan massasining tarkibi quyidagicha: $C^{yo}=78,5\%$; $H^{yo}=5,6\%$; $S_u^{yo}=0,4\%$; $N^{yo}=2,5\%$; $O^{yo}=13,0\%$, quruq massadagi kul $A^k=15,0\%$ va namliqi $W^i=12,0\%$. Ishchi massa tarkibini aniqlang.

J: $A^i=13,2\%$; $C^i=58,7\%$; $H^i=4,2\%$; $S_u^i=0,3\%$.

690. Tarkibi: $C^i=37,3\%$; $H^i=2,8\%$; $S_u^i=1,0\%$; $O^i=10,5\%$; $A^i=29,5\%$ va $W^i=18,0\%$ bo'lgan B3 markali Chelyabinsk ko'mirini quyi va yuqori yonish issiqligini aniqlang.

J: $Q_k^u = 13997 \text{ kJ/kg}$; $Q_{\text{ю}}^u = 15077 \text{ kJ/kg}$

691. Qarag'anda ko'mirining tarkibi quyidagicha: $W^i=8,0\%$; $C^i=54,7\%$; $H^i=3,3\%$; $S_u^i=0,8\%$; $N^i=0,8\%$; $O^i=4,8\%$; $A^i=27,0\%$. Agar tutun gazlarida $RO_2=18\%$ bo'lsa, $2 \cdot 10^3 \text{ kg/soat}$ ko'mir yoqilganda yonish mahsulotlarining hajmini aniqlang.

J: $V_{yo}=12560 \text{ m}^3/\text{soat}$.

692. Artemovsk ko'mirining tarkibi quyidagicha: $C^i=35,7\%$; $H^i=2,9\%$; $S_u^i=0,3\%$; $N^i=0,7\%$; $O^i=12,1\%$; $A^i=24,3\%$; $W^i=24,0\%$. Agar $RO_2=18\%$ bo'lsa, yonish mahsulotlari hajmini va undagi O_2 miqdorini aniqlang.

J: $V_{yo}=4,16 \text{ m}^3/\text{soat}$; $O_2=1,3\%$.

693. Saratov xavzasi gazining tarkibi quyidagicha: $CO_2=1,2\%$; $CH_4=91,9\%$; $C_2H_6=2,1\%$; $C_3H_8=1,3\%$; $C_4H_{10}=0,4\%$; $C_5H_{12}=0,1\%$; $N_2=3,0\%$. Agar yonish mahsulotlari tarkibida $RO_2=16,0\%$ va $O_2=4\%$ bo'lsa, quruq gazlar hajmini va ortiqcha havo koeffitsientini aniqlang.

J: $V_{qg}=6,44 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $\alpha_t=1,23$.

XIX BOB

QOZON AGREGATI

Qozon agregatiga issiqlik kelishi va uning sarflanishi muvozanatlashgan, ya'ni balanslashgan bo'lishi kerak. Qozon agregatining issiqlik balansini tuzish–issiqlikning kelishi va sarflanishini alohida qismlar bo'yicha aniqlash, qozon agregatining f.i.k. ni topish va isroflarni aniqlashdan iborat.

Issiqlik balansi (kJ/kg; kJ/m³) quyidagicha:

$$Q_i^i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (414)$$

yoki foyizlarda:

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 100 \% \quad (415)$$

bu erda: $q_1 = (Q_1/Q_u^u) \cdot 100$; $q_2 = (Q_2/Q_u^u) \cdot 100$ va x.k.

Q_i^i –ixtiyoremizdagi issiqlik;

$Q_1(q_1)$ –bug' hosil bo'lishiga sarflangan issiqlik;

$Q_2(q_2)$ – chiqib ketayotgan gazlar bilan issiqlikning isrof bo'lishi;

$Q_3(q_3)$ –kimyoyaviy to'la yonmaslikdan issiqlikning isrof bo'lishi;

$Q_4(q_4)$ –mexanikaviy to'la yonmaslikdan issiqlikning isrof bo'lishi;

$Q_5(q_5)$ – issiqlikni issiqlik izolyasiyasi orqali isrof bo'lishi;

$Q_6(q_6)$ –kul bilan issiqlikning isrof bo'lishi.

1 kg qattiq (suyuq) yoki 1m³ gaz yoqilg'isi yongandagi ixtiyoremizdagi issiqlik:

$$Q_i^i = Q_q^i + Q_{yo} + Q_x + Q_b \quad (416)$$

bu erda: Q_{yo} –yoqilg'ininng fizikaviy issiqligi;

Q_x –isitilgan xavoning issiqligi;

Q_b –puflangan bug' bilan keladigan issiqlik.

Yoqilg'ining fizikaviy issiqligi:

$$Q_{yo} = c_{yo}^i \cdot t_{yo} \quad (417)$$

bu erda: c_{yo}^i –yoqilg'i ishchi massasining issiqlik sig'imi;

t_{yo} –o'txonaga kirishdan oldingi yoqilg'i harorati.

Yoqilg'i ishchi massasining issiqlik sig'imi:

$$c_{yo}^i = c_{yo}^q \frac{100 - W^u}{100} + C_{H_2O} \frac{W^u}{100} \quad (418)$$

bu yerda: c_{yo}^q , C_{H_2O} —mos ravishda yoqilg'i quruq massasining va suvning issiqlik sig'imi, kJ/(kg·K)

c_{yo}^q —antrasit uchun -0,921, toshko'mir uchun -0,962, qo'ng'ir ko'mir uchun -1,088, torf uchun -1,297 va slanes uchun -1,046.

Mazutning issiqlik sig'imi:

$$c_m^i = 1,74 + 0,0025 \cdot t_{yo} \quad (419)$$

Isitilgan xavoning issiqligi:

$$Q_x = \alpha_T V^0 \cdot C^{1px} \cdot \Delta t_x \quad (420)$$

bu erda: C^{1px} —xavoning o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi; Δt_x —isitilgan va sovuq xavo haroratlari farqi.

Bug' bilan kirayotgan issiqlik:

$$Q_b = W_b(h_b - 2510) \quad (421)$$

bu erda: W_b, h_b —mos ravishda bug'ning sarfi va entalpiyasi.

Puflashda $W_b = 0,7-0,8$ kg/kg; bug' forsunkalarida $W_b = 0,35$ kg/kg; mexanikaviy forsunkalarda $W_b = 0,03-0,035$ kg/kg. Bug' hosil bo'lishga sarflangan issiqlik:

$$Q_1 = \frac{D_{yB}}{B} \left[(h_{y.6} - h_{T.C}) + \frac{P}{100} (h_{K.C} - h_{T.C}) \right] + D_{T.B} (h_{T.B} - h_{T.C})$$

bu erda: $D_{o'qb}, D_{tb}$ —mos ravishda o'ta qizigan bug' va to'yingan bug'sarfi, kg/sek.

B —berilgan yoqilg'i sarfi, kg/sek ;

P —uzluksiz puflash miqdori %.

Suv isitish qozon agregatlarida foydalanilgan issiqlik:

$$Q_1 = \frac{M_c}{B} (h_2 - h_1) \text{ kJ/kg} \quad q_1 = (Q_1/Q_i^i) \cdot 100, \% \quad (422)$$

bu erda: h_1, h_2 —mos ravishda qozonga kelayotgan va chiqayotgan suv entalpiyasi, kJ/kg.

M_s —suv sarfi, kg/sek .

Chiqib ketayotgan gazlar bilan issiqlik isrofi:

$$Q_2 = (V_{chiq} \cdot c_{rchiq}^1 \cdot t_{chiq} - \alpha_{chiq} \cdot V^0 \cdot c_{1px} \cdot t_x) (100 - q_4) / 100 = (h_{chiq} - \alpha_{chiq} \cdot h_{cx}) (100 - q_4) / 100 \quad (423)$$

$$q_2 = (Q_2/Q_i^i) \cdot 100 = (h_{\text{chiq}} - \alpha_{\text{chiq}} \cdot h_{\text{cx}})(100 - q_4)/Q_i^i \quad (424)$$

bu erda: V_{chiq} –chiqib ketayotgan gazlar miqdori;

c_{pchiq}^1 – t_{chiq} –haroratdagi o'zgarimas bosimdagi gazlarning o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi;

t_{chiq} –chiqib ketayotgan gazlar harorati;

α_{chiq} –qozon agregatidan keyingi ortiqcha xavo koefitsienti;

t_x –qozonxonadagi xavo harorati;

h_{chiq} , h_{cx} –mos ravishda yonish mahsulotlari va sovuq xavo entalpiyasi,

Kimyoviy to'liq yonmaslikdan bo'ladigan isroflar:

$$Q_3 = 237(C^i + 0,375 S_u^i)CO/(RO_2 + CO) \quad (425)$$

$$q_3 = (Q_3/Q_i^i) \cdot 100 \quad (426)$$

Mexanikaviy to'la yonmaslikdan issiqlikning isrofi:

$$Q_4 = Q_4^{\text{shl}} + Q_4^{\text{tush}} + Q_4^{\text{chiq}} \quad (427)$$

$$q_4 = \frac{Q_4}{Q_u^u} \cdot 100 \quad (428)$$

bu erda: Q_4^{shl} –shlak bilan issiqlik isrofi, kJ/kg.

Q_4^{tush} –kolosnik panjara orqali tushib ketgan yoqilg'i tufayli issiqlik isrofi, kJ/kg.

Q_4^{chiq} –chiqib ketayotgan gazlar bilan yoqilg'i olib ketishi tufayli bo'ladigan issiqlik isroflari, kJ/kg.

Issiqlik izolyasiyasi orqali issiqlikning isrof bo'lishi:

$$Q_5 = Q_i^i - (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_6) \quad (429)$$

yoki

$$q_5 = 100 - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_6) \quad (430)$$

Bu kattalik qozon agregatining o'lchamlariga va issiqlik izolyasiyasiga bog'liqdir.

Shlakning fizikaviy issiqligi tufayli issiqlik isroflari:

$$Q_6 = Q_{\text{shl}} \cdot c_{\text{shl}} \cdot t_{\text{shl}} A^u / 100$$

yoki

$$q_6 = (Q_6/Q_i^i) \cdot 100 = Q_{\text{shl}} \cdot c_{\text{shl}} \cdot t_{\text{shl}} / A^u \quad (431)$$

Bu erda: Q_{shl} –shlakdagi yoqilg'i kuli ulushi;

c_{shl} –shlakning issiqlik sig'imi;

t_{shl} –shlakning harorati;

A^u - yoqilg'ida kul miqdori, %.

Qozon agregatining brutto va netto f.i.k:

$$\mu_{KA}^{BP} = \left(\frac{Q_1}{Q_u^u} \right) \cdot 100 \quad (432)$$

yoki

$$\eta_{KA}^{BP} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \quad (433)$$

$$\eta_{KA}^{HT} = \eta_{\frac{6p}{ka}} \cdot \frac{Q_x}{B \cdot Q_u^u} \cdot 100 \quad (434)$$

bu erda: Q_q –qozon agregatining o'zi uchun issiqlik sarflari, kJ/sek.

Berilgan yoqilg'ining sarfi: kJ/sek.

$$V = \frac{D_{y.B} [(h_{y.B} - h_{T.C}) + \left(\frac{P}{100}\right)(h_{K.C} - h_{T.C})] + D_{T.B} (h_{T.B} - h_{T.C})}{Q_n^n \cdot \tau_{KA}^{EB}} \cdot 100\% \quad (435)$$

Yoqilg'ining hisoblangan sarfi, kg/sek .

$$V_x = V(1 - q_4/100) \quad (436)$$

Cho'g'donning solishtirma issiqlik kuchlanishi, kVt/m².

$$Q/R = B \cdot Q_q^I/R \quad (437)$$

O'txona bo'shlig'ining solishtirma issiqlik kuchlanishi:

$$Q/V_T = B \cdot Q_q^I/V_T \quad (438)$$

O'txonaning f.i.k: $\eta_t = 100 - q_3 - q_4$

bu erda: R –kolosnik cho'g'don yuzasi, m²

V_T –o'txona bo'shlig'ining hajmi, m³

694. Bug' unumdorligi $D=13,4$ kg/sek bo'lgan qozon agregatida B2 markali Podmoskva ko'miri yoqilyapti. Uning tarkibi quyidagicha: $C^i=28,7\%$ $H^i=2,2\%$; $S_u^i=2,7\%$; $N^i=0,6\%$; $O^i=8,6\%$; $A^i=25,2\%$; $W^i=32,0\%$. Agar yoqilg'ining o'txonaga kirishdagi harorati $t_1=20^\circ\text{C}$; yoqilg'ining xaqiqiy sarfi $V=4\text{kg/sek}$; o'ta qizigan bug'ning bosimi $R_{ob}=4\text{MPa}$; o'ta qizigan bug' harorati $t_{ob}=450^\circ\text{C}$; ta'minot suvining harorati $t_{T.S}=150^\circ\text{C}$; muntazat puflash koeffisienti $P=4\%$; 1 kg yoqilg'ini yonishi uchun zarur bo'lgan xavoning nazariy miqdori $V^0 = 2,94 \text{ m}^3/\text{kg}$; chiqib ketayotgan gazlar miqdori $V_{CHIQ} = 4,86 \text{ m}^3/\text{kg}$; harorati $t_{CHIQ}=160^\circ\text{C}$; gazlarning

o'zgarmas bosimdagi o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi $c_{p\text{chiq}}^1=1,415 \text{ kJ/m}^3\cdot\text{K}$;
 ortiqcha xavo koefitsienti $\alpha=1,48$; qozonxonadagi xavo harorati $t_x=30^\circ\text{C}$;
 o'zgarmas bosimdagi xavoning o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi $c_p^1=1,29\text{kJ/m}^3\cdot\text{K}$;
 chiqib ketayotgan gazlarda uglerod oksidining miqdori $\text{CO}=0,2\%$ va uch atomli
 gazlar miqdori $\text{RO}_2=16,6\%$; mexanikaviy to'la yonmaslikdan issiqlikning isrof
 bo'lishi $q_4=4\%$ bo'lsa qozon agregatining issiqlik balansini aniqlang.

Yechish:

$$Q_q^i=338C^i+1025H^i(O^i-S_u^i)-25W^i=338\cdot28,7+1025\cdot2,2-108,5(8,6-2,7)-25\cdot32=$$

$$=10516 \text{ kJ}\cdot\text{kg}.$$

Yoqilg'ining issiqlik sig'imi:

$$C_{yo}^i=C_{yo}(100-W^i)/100+C_{H_2O}\cdot W^i/100=1,088(100-32)/100+4,19\cdot32/100=2,08$$

$$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$$

Yoqilg'ining fizikaviy issiqligi:

$$Q_{yo}=C_{yo}^i\cdot t_{yo}=2,08\cdot20=41,6 \text{ kJ/kg}.$$

Ixtiyorimizdagi issiqlik:

$$Q_i^i=Q_q^i+Q_{yo}=10576+41,6=10557,6 \text{ kJ/kg}.$$

Bug' hosil bo'lishiga sarflangan issiqlik:

$$Q_1=(D_{ob}/B)[(h_{ob}-h_{ts})+(P/100)(h_{vs}-h_{ts})]=(13,4/4)[(3330-$$

$$-632)+(4/100)(1087,5-632)]=9099 \text{ kJ/kg}.$$

Bu erda $D_{ob}=D$, bug'ning entalpiyasini h -s- diagrammadan olatiz: $h=3330$
 kJ/kg ; Ta'minot va qozon suvining entalpiyasini jadvallardan olamiz: $h_{ts}=h_1=632$
 kJ/kg ; $h_{qs}=1087,5 \text{ kJ/kg}$.

Chiqib ketayotgan gazlar bilan issiqlikning isrofi:

$$Q_2=(V_{\text{chiq}}\cdot C_{p\text{chiq}}^1\cdot t_{\text{CHIQ}}-\alpha_{\text{chiq}}V^0C_p^1\cdot t_x)(100-$$

$$-q_4)/100=(4,86\cdot1,415\cdot160-1,48\cdot2,94\cdot1,297\cdot30)(100-$$

$$-4)/100=891\text{kJ/kg}.$$

Kimyoviy to'la yonmaslikdan issiqlikning isrof bo'lishi:

$$Q_3=237(C^i+0,375S_u^i)\text{CO}/(\text{RO}_2+\text{CO})=237(28,7+0,375\cdot2,7)\cdot0,2\cdot(11,6+0,2)=8$$

$$3 \text{ kJ/kg}.$$

Mexanikaviy to'la yonmaslikdan issiqlikning isrof bo'lishi:

$$Q_4 = q_4 \cdot Q_i^i / 100 = 4 \cdot 10557,6 / 10 = 422,3 \text{ kJ/kg.}$$

Atrof –muhitga issiqlikning isrof bo'lishi:

$$Q_5 = Q_i^i - (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \cdot 10557,6 - (9099 + 891 + 83 + 422,3) = 62,3 \text{ kJ/kg.}$$

Demak,

$$q_1 = (Q_1 / Q_i^i) \cdot 100 = (9099 / 10557,6) \cdot 100 = 86,2\%.$$

$$q_2 = 8,4\%; \quad q_3 = 0,8\%; \quad q_4 = 0,6\%.$$

Qozon agregatining issiqlik balansini tuzamiz:

$$Q_u = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 9099 + 861 + 83 + 422,3 + 62,3 = 10557,6 \text{ kJ/kg.}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 86,2 + 8,4 + 0,8 + 0,6 = 100\%$$

695. Qozon agregatining o'txonasida kam oltingugurtli mazut yoqilmoqda.

Uning tarkibi quyidagicha: $C^i = 84,65\%$; $H^i = 11,7\%$; $S^i = 0,3\%$; $A^i = 0,05\%$; $W^i = 3,0\%$. Agar mazutning harorati $t_M = 93^\circ\text{C}$ va bug' forsunkasiga kelayotgan bug' entalpyasi $h_F = 3280 \text{ kJ/kg}$ bo'lsa, ixtiyorimizdagi issiqlikni aniqlang.

$$\text{J: } Q_i^i = 40,982 \text{ kJ/kg}$$

696. Qozon agregatining o'txonasida B3 markali Chelyabinsk ko'miri yoqilmoqda. Uning tarkibi: $C^i = 37,3\%$; $H^i = 2,8\%$; $S_y^i = 1,0\%$; $N^i = 0,9\%$; $O^i = 10,5\%$; $A^i = 29,5\%$; $W^i = 18\%$. Agar yoqilg'ini o'txonaga kirishdan oldingi harorati $t_{YO} = 20^\circ\text{C}$ bo'lsa, ixtiyorimizdagi issiqlikni aniqlang.

$$\text{J: } Q_i^i = 14030 \text{ kJ/kg.}$$

697. Agar yoqilg'ining xaqiqiy sarfi $B = 1,2 \text{ kg/sek}$, suv sarfi $M_s = 70 \text{ kg/sek}$, qozonga kelayotgan suvning harorati $t_1 = 70^\circ\text{C}$ va undan chiqayotgan suvning harorati $t_2 = 150^\circ\text{C}$ bo'lsa, qaynoq suv ishlab chiqaradigan qozon agregatida foydali issiqlikni aniqlang.

$$\text{J: } Q_1 = 19553 \text{ kJ/kg.}$$

698. Bug' unumdorligi $D = 5,45 \text{ kg/sek}$ bo'lgan qozon agregatida bug 'hosil bo'lishga sarflangan issiqlikni aniqlang. Yoqilg'ining xaqiqiy sarfi $B = 0,64 \text{ kg/sek}$, o'ta qizigan bug'ning bosimi $P = 1,3 \text{ MPa}$, harorati $t = 275^\circ\text{C}$, Ta'minot suvining harorati $t_{T,S} = 100^\circ\text{C}$ va uzluksiz puflash miqdori $P = 3\%$.

J: $Q_1 = 21996 \text{ kJ/kg}$.

699. Bug' unumdorligi $D=7,22 \text{ kg/sek}$ bo'lgan qozon agregati o'txonasida ko'p oltingugurtli mazut yoqilmoqda. Uning tarkibi quyidagicha; $C^i = 83,0\%$; $H^i = 10,4\%$; $S_y^i = 2,8\%$; $O^i = 0,7\%$; $A^i = 0,1\%$; $W^i = 30\%$.

Agar mazutni isitish harorati $t_M=90^\circ\text{C}$, yoqilg'ining xaqiqiy sarfi $B=0,527 \text{ kg/sek}$, o'ta qizigan bug'ning bosimi $P_{ob}=1,3\text{MPa}$ va harorati $t_{ob}= 250^\circ\text{C}$, ta'minot suvining harorati $t_{T.S}=100^\circ\text{C}$, uzluksiz puflash miqdori $P=4\%$ bo'lsa, ixtiyorimizdagi va foydali issiqlikni aniqlang.

J: $Q_i^i = 39044 \text{ kJ/kg}$; $q_1 = 84,5 \%$.

700. Qozon agregati o'txonasida Dashavsk xavzasidan olingan tabiiy gaz yoqilmoqda. Gazning quyi yonish issiqligi $Q_q^q=35700 \text{ kJ/m}^3$, qozonning bug' unumdorligi $D=4,2 \text{ kg/sek}$, yoqilg'ining xaqiqiy sarfi $B=0,36 \text{ m}^3/\text{sek}$, 1 m^3 yoqilg'i yonishi uchun zarur bo'lgan xavoning nazariy miqdori $V^0=9,5 \text{ m}^3/\text{m}^3$, o'ta qizigan bug'ning bosimi $P=4\text{MPa}$ va harorati $t=400^\circ\text{C}$, ta'minot suvining harorati $t_{T.S} = 130^\circ\text{C}$. Qozonxonadagi xavoning harorati $t_x=30^\circ\text{C}$, o'txonaga kelayotgan xavoning harorati $t_x^1=230^\circ\text{C}$, ortiqcha xavo koeffisienti $\alpha= 1,1$. Qozon agregatida bug' hosil bo'lishiga sarflangan foydali issiqlikni aniqlang.

J: $Q = 35568 \text{ kJ/m}^3$; $q_1 = 92,4\%$.

701. Qozon agregatida B2 markali Chelyabinsk ko'miri yoqilyapti. Uning tarkibi quyidagicha: $C^i=37,3\%$; $H^i=2,8\%$; $S_y^i=1,0\%$; $N^i = 0,9\%$; $O^i=10,5\%$; $A^i=29,5\%$; $W^i=18,0 \%$. Agar chiqib ketayotgan gazlardagi uglerod oksidi $\text{CO}=0,25\%$, uch atomli gazlar miqdori $\text{RO}_2=17,5\%$ va yoqilg'ini o'txonaga kirishdagi harorati $t_{yo}=20^\circ\text{C}$ bo'lsa, kimyoviy to'la yonmaslikdan issiqlikning isrof bo'lishini aniqlang.

J: $q_3 = 0,93\%$.

702. Qozon agregati quyi yonish issiqligi $Q_q^i=22825 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan toshko'mirda ishlaydi. Yoqilg'i tarkibida uglerod miqdori $C^i=58,7\%$ va oltingugurt miqdori $S_u^i=0,3\%$. Chiqib ketayotgan gazlar tarkibida $\text{CO} = 28\%$ va uch atomli gazlar $\text{RO}_2=19\%$. Kimiyaviy to'la yonmaslikdan issiqlikning isrof bo'lishini aniqlang.

J: $Q_3 = 202 \text{ kJ/kg}$; $q_3 = 0,89\%$.

703. Suv isituvchi qozon agregatida quyi yonish issiqligi $Q_q^i = 35799 \text{ kJ/m}^3$ bo'lgan Saratov gazi yoqilmoqda. Agar qozon agregatining f.i.k (brutto) $\eta_{qa}^{br} = 89\%$, suv sarfi $M_s = 75 \text{ kg/sek}$, qozon agregatiga kelayotgan suv harorati $t_1 = 70^\circ\text{C}$ va undan chiqayotgan suv harorati $t_2 = 150^\circ\text{C}$ bo'lsa, xaqiqiy va shartli yoqilg'i sarfini aniqlang.

J: $B = 0,79 \text{ kg/sek}$; $B_{sh} = 0,965 \text{ kg/sek}$.

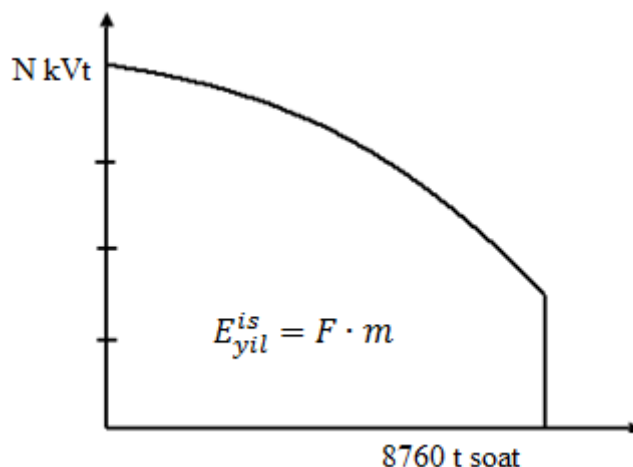
704. Bug' unumdorligi $D = 64 \text{ kg/sek}$ bo'lgan qozon agregatida quyi yonish issiqligi $Q_q^i = 15300 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan qo'ng'ir ko'mir yoqilmoqda. Agar qozon agregatining f.i.k (brutto) $\eta_{qa}^{br} = 89,3\%$, o'ta qizigan bug'ning bosimi $P_{ob} = 10 \text{ MPa}$, o'ta qizigan bug'ning harorati $t_{ob} = 510^\circ\text{C}$, ta'minot suvining harorati $t_s = 215^\circ\text{C}$, shlak bilan yoqilg'i isrofi $Q_4^{shl} = 172 \text{ kJ/kg}$, kolosnik cho'g'donning teshiklaridan to'kilib ketishi hisobiga bo'ladigan isroflar $Q_4^T = 250 \text{ kJ/kg}$ va tutun gazlari bilan birga chiqib ketadigan yoqilg'ining yonib bo'lmagan zarralari tufayli issiqlik isroflari $Q_4^i = 190 \text{ kJ/kg}$ bo'lsa, yoqilg'ining shartli va hisoblangan sarfini aniqlang.

J: $B_x = 11,4 \text{ kg/sek}$; $B_{sh} = 6,06 \text{ kg/sek}$.

XX BOB.

ISSIQLIK ELEKTR STANSIYALARI

Energiya iste'molini vaqt bo'yicha o'zgarishini ko'rsatuvchi diagramma nagruzka grafigi deyiladi. (55-rasm)



55-rasm

Stansiya 1 yilda ishlab chiqargan energiya:

$$E_{yil}^{u.ch} = F \cdot m \quad (439)$$

bu erda: F –diagramma egri chizig'i ostidagi yuza, m^2

m –grafik masshtabi, $kVt \cdot soat/m^2$

O'rnatilgan quvvatlardan foydalanish koefisienti:

$$K_f = E_{yil}^{u.ch} / (8760 \cdot N_{es}^{o'rt}) = N_{es}^{o'rt} / N_{es}^{o'} \quad (440)$$

bu erda: $N_{es}^{o'rt}$ –elektrostansiyaning o'rtacha nagruzkasi, kVt

$N_{es}^{o'}$ –elektrostansiyada o'rnatilgan quvvat, kVt

$$N_{es}^{o'rt} = E_{yil}^{u.ch} / 8760 \quad (441)$$

Nagruzka koefisienti:

$$K_n = N_{es}^{o'rt} / N_{es}^{max} \quad (442)$$

bu erda: N_{es}^{max} –elektrostansiyaning maksimal nagruzkasi.

Rezerv koefisienti:

$$K_r = N_{es}^{o'} / N_{es}^{max} \quad (443)$$

yoki

$$K_r = K_i / K_f \quad (444)$$

O'rnatilgan quvvatlardan foydalanish vaqti:

$$T_{o'} = E_{yil}^{ich} / N_{es}^{o'} \quad (445)$$

Maksimal nagruzkadan foydalanish vaqti:

$$T_m = E_{yil}^{ich} / N_{es}^{max} \quad (446)$$

705. Elektr stansiyasida xar birining quvvati $N=75 \cdot 10^3$ kVt bo'lgan 2 ta turbogenerator o'rnatilgan. Agar stansiyaning maksimal yuklamasi $N_{ES}^{max}=135 \cdot 10^3$ kVt, yillik grafik chizig'i ostidagi yuza $F=9,06 \cdot 10^{-4}$ m² va grafik masshtabi $m=8,7 \cdot 10^{11}$ kVt·soat/m² bo'lsa, stansiya ish tartibi ko'rsatgichlarini aniqlang.

Yechish:

Stansiyaning 1 yilda ishlab chiqargan elektr energiyasi:

$$E_{yil}^{ich} = F \cdot m = 9,06 \cdot 10^{-4} \cdot 8,7 \cdot 10^{11} = 788,2 \cdot 10^6 \text{ kVt} \cdot \text{soat}.$$

Elektr stansiyaning o'rtacha quvvati:

$$N_{es}^{o'rt} = E_{yil}^{ich} / 8760 = 788,2 \cdot 10^6 / 8760 = 9 \cdot 10^4 \text{ kVt}.$$

Elektrostansiyada o'rnatilgan quvvat:

$$N_{ES}^{o'} = 2N = 2 \cdot 75 \cdot 10^3 = 150 \cdot 10^3 \text{ kVt}.$$

O'rnatilgan quvvatning ishlatilish koeffisienti:

$$K_F = N_{es}^{o'rt} / N_{ES}^{o'} = 9 \cdot 10^4 / (150 \cdot 10^3) = 0,6.$$

Yuklama koeffisienti:

$$K_{yu} = N_{es}^{o'rt} / N_{es}^{max} = 9 \cdot 10^4 / (135 \cdot 10^3) = 0,666.$$

O'rnatilgan quvvatlardan foydalanish soati:

$$T_f = E_{yil}^{ich} / N_{es}^{o'} = 788,2 \cdot 10^6 / (150 \cdot 10^3) = 5255 \text{ soat}.$$

Maksimum yuklamani ishlatilish soati:

$$T_m = 788,2 \cdot 10^6 / (135 \cdot 10^3) = 5840 \text{ soat}.$$

706. Elektr stansiyasida quvvatlari $N=50 \cdot 10^3$ kVt bo'lgan 3 ta turbogenerator o'rnatilgan. Agar stansiyaning yillik yuklama grafigi chizig'i ostidagi yuza $F=9,2 \cdot 10^{-4}$ m² va grafik masshtabi $m=9,2 \cdot 10^{11}$ kVt·soat/m² bo'lsa, bir yilda ishlab chiqarilgan energiya va o'rnatilgan quvvatlardan foydalanish koeffisientini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad E_{yil}^{i.ch} = 8,28 \cdot 10^8 \text{ kVt} \cdot \text{soat}; \quad K_F = 0,63.$$

707. Elektr stansiyasida xar birining quvvati $N=25 \cdot 10^3$ kVt bo'lgan 2 ta

turbogenerator o'rnatilgan. Agar bir yilda ishlab chiqarilgan energiya $E_{yil}^{i.ch}=30 \cdot 10^7 \text{ kVt} \cdot \text{soat}$ bo'lsa, stansiyaning o'rtacha yuklamasini va o'rnatilgan quvvatlardan foydalanish koefitsientini aniqlang.

J: $N_{es}^{ort} = 34245 \text{ kVt}; K_F = 0,685.$

708. Agar elektr stansiyada o'rnatilgan quvvat $N_{ES}^{o'}=16 \cdot 10^4 \text{ kVt}$, stansiyaning maksimal yuklamasi $W_{es}^{max} = 13,6 \cdot 10^4 \text{ kVt}$, yillik yuklama grafigi chizig'i ostidagi yuza $F = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ va grafik masshtabi $m = 1 \cdot 10^{12} \text{ kVt} \cdot \text{soat} / \text{m}^2$ bo'lsa, o'rnatilgan quvvatlardan foydalanish soatini va elektr stansiyaning yuklama koefitsientini aniqlang.

J: $T_o' = 5000 \text{ soat}; K_{yu} = 0,67.$

709. Agar stansiyaning yillik yuklama grafigi chizig'i ostidagi yuza $F=8,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, grafik masshtabi $m=8,8 \cdot 10^{11} \text{ kVt} \cdot \text{soat} / \text{m}^2$, o'rnatilgan quvvatlardan foydalanish soati $T_o'=5500 \text{ soat}$ va stansiyaning maksimal nagruzkasi $N_{es}^{max} = 12,5 \cdot 10^{11} \text{ kVt}$ bo'lsa, maksimum nagruzkadan foydalanish soatini va elektr stansiyaning rezerv koefitsientini aniqlang.

J: $T_M = 5984 \text{ soat}; K_R = 1,09.$

710. Kondensasion elektr stansiya quyi yonish issiqligi $Q_k^i=20500 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan toshko'mirdan bir yilda $720 \cdot 10^6 \text{ kg}$ ishlatib, $E^{ICH}=590 \cdot 10^{10} \text{ kJ/yil}$ elektr energiyasini ishlab chiqadi va o'zi uchun 5% ni sarflaydi. Stansiyaning brutto f.i.k ni va netto f.i.k ni aniqlang.

J: $\eta^{BR} = 0,4; \eta^{NT} = 0,38$

711. Agar qozon agregatining f.i.k $\eta_{QA} = 0,89$, truboprovodlarning f.i.k $\eta_t = 0,84$, turbinaning mexanik f.i.k $\eta_M=0,98$, generatorning elektr f.i.k $\eta_G = 0,98$, bug'ning turbina oldidagi boshlang'ich parametrlari $P_1 = 9 \text{ MPa}$, $t_1 = 550^\circ\text{C}$ va bug'ning kondensatordagi bosimi $P_K = 4 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa, ta'minot nasoslarini hisobga olmagan xolda, kondensasion elektr stansiyaning brutto f.i.k ni aniqlang.

J: $\eta^{BR} = 0,3.$

712. Issiqlik elektr markazi (IEM) quyi yonish issiqligi $Q_q^i = 24700 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan toshko'mirdan $V=94 \cdot 10^6 \text{ kg/yil}$ sarflab, $E^{i.ch} = 61 \cdot 10^{10} \text{ kJ/yil}$ elektr

energiyasini ishlab chiqdi va tashqi iste'molchilarga $Q^T = 4,4 \cdot 10^{11}$ kJ/yil issiqlik berdi.

Agar qozon agregatining f.i.k $\eta_{KA} = 0,88$ bo'lsa, IEM ning elektr energiya va issiqlik ishlab chiqarish bo'yicha brutto f.i.k ni aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad \eta_{iem}^{e,br} = 0,348 \quad \eta_{iem}^{q,br} = 0,8775.$$

713. Agar 1 MJ elektr energiyasi ishlab chiqish uchun yoqilg'ining solishtirma sarfi $v_e^{sh} = 0,108$ kg/MJ va 1 MJ issiqlik ishlab chiqish uchun shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi $B_a^{sh} = 0,042$ kg/MJ bo'lsa, IEM ni elektr energiyasi va issiqlik ishlab chiqarish brutto f.i.k ni aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad \eta_{uem}^{e,br} = 0,317; \quad \eta_{iem}^{q,br} = 0,814$$

714. KESda quyi yonish issiqligi $Q_q^u = 24700$ kJ/kg bo'lgan toshko'mirdan $V = 660 \cdot 10^6$ kg/yil sarflab, $E^{ICH} = 545 \cdot 10^{10}$ kJ/kg elektr energiyasi ishlab chiqardi. 1MJ elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun shartli yoqilg'ining solishtirma sarfini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad v_{kes}^{sh} = 0,102 \text{ kg/MJ}.$$

715. IEM $B_{iem} = 78 \cdot 10^6$ kg/yil yoqilg'i sarflab, $E^{ICH} = 54 \cdot 10^{10}$ kJ elektr energiyani ishlab chiqardi va tashqi iste'molchilarga $Q^{BER} = 3,36 \cdot 10^{11}$ kJ/yil issiqlik berdi. Agar IEM da yoqilayotgan yoqilg'ining issiqlik ekvivalenti $e = 0,9$ va qozon agregatining f.i.k $\eta_{qa} = 0,89$ bo'lsa, 1 MJ elektr energiyasi va 1 MJ issiqlik ishlab chiqarish uchun shartli yoqilg'ining solishtirma sarfini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad B_e^{sh} = 0,106 \text{ kg/MJ}; \quad B_q^{sh} = 0,038 \text{ kg/MJ}.$$

XXI BOB.

KORXONALARNING ISSIQLIK TA'MINOTI

Korxonalarda issiqlik texnologik ehtiyojlar, isitish, ventilyasiya, issiq suv va boshqa ehtiyojlar uchun sarflanadi.

Texnologik ehtiyojlar uchun issiqlikning maksimal sarfi:

$$Q_{MAX} = 278 \cdot 10^3 \sum q_i P_i \quad Vt \quad (447)$$

bu erda: q_i –maxsulot ishlab chiqarish uchun issiqlikning solishtirma sarfi, GJ/tonna; P_i –korxonaning unumdorligi, tonna/soat.

Isitish uchun issiqlikning maksimal sarfi:

$$Q_{m.s} = q_0 \cdot V_H (t_u - t_m), \quad Vt \quad (448)$$

bu erda: q_0 –binoning solishtirma issiqlik xarakteristikasi, $Vt/(m^3 \cdot K)$;

V_H –isitiladigan binolar xajmi, m^3 ;

t_u –bino ichidagi xavo harorati, $^{\circ}C$;

t_m – tashqi xavoning xisoblangan harorati, $^{\circ}C$.

Ventilyasiya uchun issiqlikning maksimal sarfi:

$$Q_{vent} = q_v \cdot V_n (t_u - t_m), \quad Vt \quad (449)$$

bu erda: q_v –binoning solishtirma ventilyasiya xarakteristikasi, $Vt/(m^3 \cdot K)$

Issiq suv uchun issiqlikning o'rtacha sarfi:

$$Q_{is}^{o'rt} = G_v \cdot C_c (t_{is}^{o'rt} - t_{cc}) / \eta_s, \quad Vt \quad (450)$$

bu erda: G_v –texnologik va maishiy ehtiyojlar uchun issiq suv sarfi, kg/sek

C_c –suvning issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot K)$

t_{ss} –sovuq suv harorati, $^{\circ}C$

η_s –suv isitgichlarda issiqlikdan foydalanish koeffisienti,

$$(\eta_s = 0,94-0,97)$$

Issiqlikning maksimal sarfi:

$$Q_{is}^{max} = 2 \cdot Q_{is}^{o'rt} \quad (451)$$

716. Agar go'sht ishlab chiqarish uchun issiqlikning solishtirma sarfi $q_i=1,2$ GJ/tonna bo'lsa, unumdorligi $P_i = 12,5$ tonna/soat bo'lgan go'sht kombinatining texnologik ehtiyojlari uchun issiqlikning xisoblangan sarfini

aniqlang.

Yechish:

Texnologik extiyojlar uchun issiqlikning xisoblangan (maksimal) sarfi:

$$Q_{\max}^x = 278 \cdot 10^3 \sum g_i \cdot P_i$$
$$Q_{\max}^x = 278 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 12,5 = 4,17 \cdot 10^6 \text{ Vt}$$

717. Agar non zavodining isitiladigan binolarining hajmi $V_n = 15 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, binoning solishtirma isitish xarakteristikasi $q_0 = 0,35 \text{ Vt/m}^3 \cdot \text{K}$, xona ichidagi xavoning o'rtacha harorati $t_u = 20^\circ\text{C}$ va tashqi xavoning hisoblangan harorati $t_T = -26^\circ\text{C}$ bo'lsa, binolarni isitish uchun issiqlikning xisoblangan sarfini aniqlang.

J: $Q_i^x = 241,5 \cdot 10^3 \text{ Vt}$

718. Non zavodining isitiladigan binolarining xajmi $V_H = 30 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, ventilyasiyalangan binolarning hajmi isitiladigan hajmni 75 %ga teng, binoning solishtirma issiqlik xarakteristikasi $q_0 = 0,32 \text{ Vt/m}^3 \cdot \text{K}$, binoning solishtirma ventilyasion xarakteristikasi $q_v = 0,3 \text{ Vt/m}^3 \cdot \text{K}$, xona ichidagi xavoning o'rtacha harorati $t_i = 20^\circ\text{C}$ va tashqi xavoning hisoblangan harorati $t_m = -25^\circ\text{C}$. Non zavodini isitish va ventilyasiya uchun umumiy xisoblangan issiqlik sarfini aniqlang.

J: $Q = 737,75 \cdot 10^3 \text{ Vt}$

719. Non zavodining texnologik va maishiy xo'jalik extiyojlari uchun issiq suvning sarfi $G_C = 2,5 \text{ kg/sek}$. Issiq suvning o'rtacha harorati $t_i^{\text{so'it}} = 50^\circ\text{C}$, sovuq suvning harorati $t_{ss} = 10^\circ\text{C}$, suv isitgichlarda issiqlikdan foydalanish koeffisienti $\eta_s = 0,95$ va suvning issiqlik sig'imi $C_s = 4186 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$. Zavodni issiq suv bilan ta'minlash uchun issiqlikning hisoblangan sarfini aniqlang.

J: $Q_{is}^x = 881 \cdot 10^3 \text{ Vt}$

720. Go'sht kombinatining unumdorligi $P_i = 5 \text{ tonna/soat}$. Agar go'sht ishlab chiqarish uchun issiqlikning solishtirma sarfi $q_i = 1,3 \text{ GJ/tonna}$, isitiladigan binolar xajmi $V_H = 40 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, binolarning solishtirma isitish xarakteristikasi $q_0 = 0,25 \text{ Vt/(m}^3 \cdot \text{K)}$, xona ichidagi xavoning o'rtacha harorati $t_H = 20^\circ\text{C}$ va tashqi xavoning xisoblangan harorati $t_T = -25^\circ\text{C}$ bo'lsa, texnologik extiyojlar va isitish uchun sarf bo'lgan umumiy xisoblangan issiqlikni aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad Q = 2257 \cdot 10^3 \text{ Vt}$$

721. Qozon agregatining bug' unumdorligi $D = 5 \text{ kg /sek}$ bo'lib, u gaz yoqilg'isida ishlaydi. Agar o'ta qizigan bug'ning bosimi $P=1,4 \text{ MPa}$ va harorati $t = 280^\circ\text{C}$, ta'minot suvining harorati $t_{t.c} = 100^\circ\text{C}$, muntazat puflash miqdori $P = 3\%$, sarf xarajatlari $C_{yil} = 5,05 \cdot 10^5 \text{ so'm/yil}$ bo'lsa, 1 GJ issiqlikning tannarxini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad S_a = 1,5 \text{ so'm/GJ}.$$

722. Bug' unumdorligi $D=7,22 \text{ kg/sek}$ bo'lgan va gaz yoqilg'isida ishlaydigan qozon agregatida o'ta qizigan bug'ning bosimi $P= 4\text{MPa}$ va harorati $t=425^\circ\text{C}$. Agar ta'minot suvining harorati $t_{t.c}=130^\circ\text{C}$, muntazat puflash miqdori $P=3\%$, qozon agregatida issiqlik ishlab chiqarish uchun o'rnatilgan quvvat $Q=72 \text{ GJ/soat}$ va shtat xodimlari koeffisienti $P_{\text{SHT}}=0,39 \text{ xodim}\cdot\text{soat/GJ}$ bo'lsa, 1 GJ issiqlik uchun sarflangan mexnat miqdorini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad T_a = 6 \cdot 10^{-5} \text{ xodim}\cdot\text{yil/GJ}.$$

723. Bug' unumdorligi $D=4,16 \text{ kg/sek}$ bo'lgan va kat oltingugurtli mazutda ishlaydigan qozon agregatida o'ta qizigan bug'ning bosimi $P=1,4 \text{ MPa}$ va harorati $t= 280^\circ\text{C}$. Agar ta'minot suvining harorati $t_{T.S}=100^\circ\text{C}$, muntazat puflash miqdori $P = 3\%$, qozon agregatida issiqlik ishlab chiqarish uchun o'rnatilgan quvvat $Q=40 \text{ GJ/soat}$, shtat xodimlari koeffisienti $P_{\text{SHT}}=0,53 \text{ xodim}\cdot\text{soat/GJ}$ va sarf–xarajatlar $C_{YIL}=4,6 \cdot 10^5 \text{ so'm/yil}$ bo'lsa, 1 GJ issiqlikning tannarxini va sarflangan mexnat miqdorini aniqlang.

$$\mathbf{J:} \quad C_a = 1,8 \text{ so'm/GJ}; \quad T_a = 8 \cdot 10^{-5} \text{ xodim}\cdot\text{yil/GJ}$$

ILOVALAR
GAZLARNING ASOSIY XOSSALARI

1-jadval

Gaz	Kimyoviy formulasi	Molekulyar massasi, kg/kmol	Gaz doimiysi, J/kg·grad	Zichligi , kg/m ³
Kislorod	O ₂	32	259,8	1,429
Vodorod	H ₂	2	4124,3	0,090
Azot	N ₂	28	296,8	1,250
Uglerod oksidi	CO	28	296,8	1,250
Havo	—	28,96	287	1,293
Uglerod II oksidi	CO ₂	44	189	1,977
Suv bug'i	H ₂ O	18	481,6	0,804
Geliy	He	4	2077,2	0,178
Argon	Ar	40	208,2	1,784
Ammiak	NH ₄	17	488,2	0,771
Asitilen	C ₂ H ₂	26	320	1,171
Benzol	C ₆ H ₆	78,1	106	-
Butan	C ₄ H ₁₀	58,1	143	2,673
Azot oksidi	NO ₂	46	181	-
Oltingugurt oksidi	SO ₂	64,1	130	2,93
Metan	CH ₄	16	519	0,72
Propan	C ₃ H ₈	44,1	189	2,02
Propilen	C ₃ H ₆	42,1	198	1,91
Vodorod sulfidi	H ₂ S	34,1	244	1,54
Xlor	Cl ₂	70,9	117	3,22
Etilen	C ₂ H ₄	28,1	297	1,26
Etan	C ₂ H ₆	30,1	277	1,36

GAZLARNING 0⁰ DAN t⁰C HARORAT ORALIG'IDAGI O'RTACHA
ISSIQLIK SIG'IMI

Gazlarning o'zgarmas bosimdagi o'rtacha issiqlik sig'imi, kJ/kmol · K

2-jadval

t, °C	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Havo
0	29,274	29,019	29,123	35,86	33,499	38,85	29,073
100	29,538	29,048	29,178	38,112	33,741	40,65	29,152
200	29,931	29,132	29,303	40,059	34,118	42,33	29,299
300	30,4	29,287	29,517	41,755	34,575	43,88	29,521
400	30,878	29,5	29,789	43,25	35,09	45,22	29,789
500	31,334	29,764	30,099	44,573	35,63	46,39	30,095
600	31,761	30,044	30,425	45,453	36,195	47,35	30,405
700	32,15	30,341	30,752	46,813	36,789	48,23	30,723
800	32,502	30,635	31,07	47,763	37,392	48,94	31,028
900	32,825	30,924	31,376	48,617	38,008	49,61	31,321
1000	33,118	31,196	31,665	49,392	38,619	50,16	31,598
1100	33,386	31,455	31,937	50,099	39,226	50,66	31,862
1200	33,633	31,707	32,192	50,74	39,825	51,08	32,109
1300	33,863	31,941	32,427	51,322	40,407	-	32,343
1400	34,076	32,163	32,653	51,858	40,976	-	32,575
1500	34,282	32,372	32,858	52,348	41,525	-	32,774
1600	34,474	32,565	33,051	52,8	42,056	-	32,967
1700	34,67	32,93	33,27	53,50	42,20	-	33,17
1800	34,834	33,10	33,44	53,91	42,67	-	33,35
1900	35,02	33,26	33,69	54,29	43,12	-	33,51
2000	35,17	33,42	33,75	54,64	43,56	-	33,66
2200	35,50	33,70	34,02	55,27	44,37	-	33,95
2400	35,80	33,95	34,26	55,85	45,13	-	34,21
2600	36,09	34,18	34,48	56,35	45,81	-	34,45
2800	36,36	34,39	34,68	56,82	-	-	34,67
3000	36,61	34,58	34,86	57,23	-	-	34,87

Gazlarning o'zgarmas hajmdagi o'rtacha issiqlik sig'imi, kJ/kmol ·K

3-jadval

t, °C	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Havo
0	20,959	20,704	20,808	27,545	25,184	30,52	20,758
100	21,223	20,733	20,863	29,797	25,426	32,52	20,838
200	21,616	20,8	20,988	31,744	25,803	34	20,984
300	22,085	20,972	21,202	33,44	26,26	35,55	21,206
400	22,563	21,185	21,474	34,935	26,775	36,89	21,474
500	23,019	21,449	21,784	36,258	27,315	38,06	21,78
600	23,446	21,729	22,11	37,438	27,88	39,02	22,09
700	23,835	22,027	22,437	38,498	28,474	39,9	22,408
800	24,187	22,32	22,755	39,448	29,077	40,61	22,713
900	24,51	22,609	23,061	40,302	29,693	42,28	23,006
1000	24,803	22,881	23,35	41,077	30,304	41,83	23,283
1100	25,071	23,14	23,622	41,784	30,911	42,33	23,547
1200	25,318	23,322	23,877	42,425	31,51	42,75	23,794
1300	25,548	23,626	24,112	43,007	32,092	-	24,028
1400	25,761	23,848	24,338	43,543	32,661	-	24,25
1500	25,967	24,057	24,543	44,033	33,21	-	24,459
1600	26,159	24,25	24,736	44,485	33,741	-	24,652
1700	26,343	24,434	24,916	44,903	34,261	-	24,836
1800	26,519	24,602	25,087	45,289	34,755	-	25,004
1900	26,691	24,765	25,246	45,644	35,224	-	25,167
2000	26,854	24,916	25,393	45,975	35,68	-	25,326

Gazlarning o'zgaras bosimdagi o'rtacha massaviy issiqlik sig'imi, kJ/kg·K

4-jadval

t, °C	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Havo
0	0,9148	1,0304	1,0396	0,8148	1,8594	0,607	1,0036
100	0,9282	1,0316	1,0417	0,8658	1,8728	0,636	1,0061
200	0,9353	1,0346	1,0463	0,9102	1,8937	0,662	1,0115
300	0,95	1,04	1,0538	0,9487	1,9192	0,687	1,0191
400	0,9651	1,0475	1,0634	0,9826	1,9477	0,708	1,0283
500	0,9793	1,0567	1,0748	1,0128	1,9778	0,724	1,0387
600	0,9927	1,0668	1,0861	1,0396	2,0092	0,737	1,0496
700	1,0048	1,0777	1,0978	1,0639	2,0419	0,754	1,0605
800	1,0157	1,0881	1,1091	1,0852	2,0754	0,762	1,071
900	1,0258	1,0982	1,12	1,1045	2,1097	0,775	1,0815
1000	1,035	1,1078	1,1304	1,1225	2,1436	0,783	1,0907
1100	1,0434	1,117	1,1401	1,1384	2,1771	0,791	1,0999
1200	1,0509	1,1258	1,1493	1,153	2,2106	0,795	1,1082
1300	1,058	1,1342	1,1577	1,166	2,2429	-	1,1166
1400	1,0647	1,1422	1,1656	1,1782	2,2743	-	1,1242
1500	1,0714	1,1497	1,1731	1,1895	2,3048	-	1,1313
1600	1,0773	1,1564	1,1798	1,1995	2,3346	-	1,138
1700	1,0831	1,1631	1,1865	1,2091	2,363	-	1,1443
1800	1,0886	1,169	1,1924	1,2179	2,3907	-	1,1501
1900	1,094	1,1748	1,1983	1,2259	2,4166	-	1,156
2000	1,099	1,191	1,2033	1,2334	2,4422	-	1,161
2100	1,104	1,197	1,208	1,240	2,466	-	1,166
2200	1,109	1,201	1,213	1,247	2,490	-	1,171
2300	1,114	1,206	1,218	1,253	2,512	-	1,176
2400	1,118	1,210	1,222	1,259	2,533	-	1,180
2500	1,123	1,214	1,226	1,264	2,554	-	1,185
2600	1,127	1,216	1,231	1,271	2,574	-	1,189
2700	1,131	1,222	1,235	1,275	2,594	-	1,103
2800	1,135	1,226	1,238	1,284	2,612	-	1,197
2900	1,139	1,231	1,242	1,288	2,630	-	1,201

Gazlarning o'zgaras hajmdagi o'rtacha massaviy issiqlik sig'imi, kJ/kg·K

5-jadval

t, °C	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Havo
0	0,6548	0,7352	0,7427	0,6259	1,398	0,477	0,7164
100	0,6632	0,7365	0,7448	0,677	1,4114	0,507	0,7193
200	0,6753	0,7394	0,7494	0,7214	1,4323	0,532	0,7243
300	0,69	0,7448	0,757	0,7599	1,4574	0,557	0,7319
400	0,7051	0,7524	0,7666	0,7938	1,4863	0,578	0,7415
500	0,7193	0,7616	0,7775	0,824	1,516	0,595	0,7519
600	0,7827	0,7716	0,7892	0,8508	1,5474	0,607	0,7624
700	0,7448	0,7821	0,8009	0,8746	1,5805	0,624	0,7733
800	0,7557	0,7926	0,8122	0,8964	1,614	0,632	0,7842
900	0,7658	0,803	0,8231	0,9157	1,6483	0,645	0,7942
1000	0,775	0,8127	0,8336	0,9332	1,6823	0,653	0,8039
1100	0,7834	0,8219	0,8432	0,9496	1,7158	0,662	0,8127
1200	0,7913	0,8307	0,8566	0,9638	1,7488	0,666	0,8215
1300	0,7984	0,839	0,8608	0,9772	1,7815	-	0,8294
1400	0,8051	0,847	0,8688	0,9893	1,8129	-	0,8369
1500	0,8114	0,8541	0,8763	1,0006	1,8434	-	0,8441
1600	0,8173	0,8612	0,883	1,0107	1,8728	-	0,8508
1700	0,8231	0,8675	0,8893	1,0203	1,9016	-	0,857
1800	0,8286	0,8738	0,8956	1,0291	1,9293	-	0,8633
1900	0,834	0,8792	0,9014	1,0371	1,9552	-	0,8688
2000	0,839	0,894	0,9064	1,0446	1,9804	-	0,8742
2100	0,844	0,900	0,912	1,052	2,005	-	0,879
2200	0,849	0,905	0,916	1,058	2,028	-	0,884
2300	0,854	0,909	0,921	1,064	2,050	-	0,889
2400	0,858	0,914	0,925	1,070	2,072	-	0,893
2500	0,863	0,918	0,929	1,075	2,093	-	0,897
2600	0,868	0,920	0,931	1,080	2,113	-	0,900
2700	0,872	0,923	0,934	1,084	2,132	-	0,903
2800	0,875	0,926	0,936	1,089	2,151	-	0,906
2900	0,878	0,929	0,939	1,093	2,168	-	0,908

Gazlarning o'zgarmas bosimdagi o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi, kJ/m³·K

6-jadval

t, °C	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Havo
0	1,3059	1,2946	1,2992	1,5998	1,493	1,733	1,2971
100	1,3176	1,2958	1,3017	1,7003	1,502	1,813	1,3004
200	1,3352	1,2996	1,3071	1,7873	1,5223	1,888	1,3071
300	1,3561	1,3067	1,3167	1,8627	1,5424	1,955	1,3172
400	1,3775	1,3163	1,3289	1,9297	1,5654	2,018	1,3289
500	1,398	1,3276	1,3427	1,9887	1,5897	2,068	1,3427
600	1,4168	1,3402	1,3574	2,0411	1,6148	2,114	1,3565
700	1,4344	1,3536	1,372	2,0884	1,6412	2,152	1,3708
800	1,4499	1,367	1,3862	2,1311	1,668	2,181	1,3842
900	1,4645	1,3796	1,3396	2,1692	1,6957	2,215	1,3976
1000	1,4775	1,3917	1,4126	2,2035	1,7229	2,236	1,4097
1100	1,4892	1,4034	1,4248	2,2349	1,7501	2,261	1,4214
1200	1,5005	1,4143	1,4361	2,2638	1,7769	2,278	1,4327
1300	1,5106	1,4252	1,4465	2,2898	1,8028	-	1,4432
1400	1,5202	1,4348	1,4566	2,3136	1,828	-	1,4528
1500	1,5294	1,444	1,4658	2,3354	1,8527	-	1,462
1600	1,5378	1,4528	1,4746	2,3555	1,8761	-	1,4708
1700	1,5462	1,4612	1,4825	2,3743	1,8996	-	1,4867
1800	1,5541	1,4687	1,4901	2,3915	1,9213	-	1,4867
1900	1,5617	1,4758	1,4972	2,4074	1,9423	-	1,4939
2000	1,5692	1,4825	1,5039	2,4221	1,9628	-	1,501

Gazlarning o'zgarmas hajmdagi o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi, $\text{kJ/m}^3 \cdot \text{K}$

7-jadval

t, °C	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	Havo
0	0,9349	0,9236	0,9282	1,2288	1,1237	1,361	0,9261
100	0,9466	0,9249	0,9307	1,3293	1,1342	1,44	0,9295
200	0,9642	0,9286	0,9362	1,4164	1,1514	1,516	0,9362
300	0,9852	0,9357	0,9458	1,4918	1,1715	1,587	0,9462
400	1,0065	0,9454	0,9579	1,5587	1,1945	1,645	0,9579
500	1,027	0,9567	0,9718	1,6178	1,2188	1,7	0,9718
600	1,0459	0,9692	0,9864	1,6701	1,2439	1,742	0,9856
700	1,0634	0,9826	1,0011	1,7174	1,2703	1,779	0,9998
800	1,0789	0,996	1,0153	1,7601	1,2971	1,813	1,0132
900	1,0936	1,0086	1,0287	1,7982	1,3247	1,842	1,0262
1000	1,1066	1,0207	1,0417	1,8326	1,3519	1,867	1,0387
1100	1,1183	1,0325	1,0538	1,864	1,3791	1,888	1,0505
1200	1,1296	1,0434	1,0651	1,8929	1,4059	1,905	1,0618
1300	1,1396	1,0542	1,0756	1,9188	1,4319	-	1,0722
1400	1,1493	1,0639	1,0856	1,9427	1,457	-	1,0819
1500	1,1585	1,0731	1,0948	1,9644	1,4817	-	1,0911
1600	1,1669	1,0819	1,1036	1,9845	1,5052	-	1,0999
1700	1,1752	1,0902	1,1116	2,0034	1,5286	-	1,1078
1800	1,1832	1,0978	1,1191	2,0205	1,5504	-	1,1158
1900	1,1907	1,1049	1,1262	2,0365	1,5713	-	1,1229
2000	1,1978	1,1116	1,1329	2,0511	1,5918	-	1,1296

SUV VA SUV BUG'INING FIZIK XOSSALARI

To'yingan suv bug'i (harorat bo'yicha)

8-jadval

t, °C	P _n , MPa	v', m ³ /kg	v'', m ³ /kg	ρ, kg/m ³	h', kJ/kg	h'', kJ/kg	r, kJ/kg	s', kJ/kg.K	s'', kJ/kg.K
0	0,0006108	0,0010002	206,3	0,004847	0	2500,8	2500,8	0	9,1644
10	0,0012271	0,0010004	106,42	0,009398	42,04	2519,2	2477,3	0,1511	8,8995
20	0,002337	0,0010018	57,84	0,01729	83,9	2537,2	2453,4	0,2964	8,6663
30	0,004241	0,0010044	32,93	0,03036	125,69	2555,6	2430	0,4367	8,4523
40	0,007375	0,0010079	19,55	0,05115	167,51	2573,6	2406,1	0,5723	8,256
50	0,012335	0,0010121	12,05	0,08302	209,3	2591,6	2382,3	0,7038	8,0751
60	0,01992	0,0010171	7,678	0,1302	251,12	2609,2	2358	0,8311	7,9084
70	0,03116	0,0010228	5,045	0,1982	292,99	2626,4	2333,3	0,955	7,7544
80	0,4736	0,001029	3,409	0,2933	334,94	2643,1	2308,2	1,0752	7,6116
90	0,07011	0,0010359	2,361	0,4235	376,98	2659,5	2282,5	1,1924	7,4785
100	0,10132	0,0010435	1,673	0,5977	419,1	2675,8	2256,7	1,3071	7,3545
120	0,19854	0,0010603	0,8917	1,122	503,7	2706,3	2202,7	1,5278	7,1289
140	0,3614	0,0010798	0,5087	1,966	589,1	2734	2144,9	1,7392	6,9304

t, °C	P _n , MPa	v', m ³ /kg	v, m ³ /kg	ρ, kg/m ³	h', kJ/kg	h'', kJ/kg	r, kJ/kg	s', kJ/kg.K	s'', kJ/kg.K
160	0,618	0,0011021	0,3068	3,259	675,3	2757,8	2082,5	1,9427	6,7508
180	1,0027	0,0011275	0,1939	5,157	763,3	2778,4	2015,1	2,1395	6,5858
200	1,555	0,0011565	0,1272	7,863	852,4	2793	1940,6	2,3308	6,4318
220	2,3202	0,00119	0,08606	11,62	943,7	2801,4	1857,7	2,5179	6,2848
240	3,348	0,0012291	0,05967	16,76	1037,5	2803,1	1765,6	2,7022	6,1425
260	4,694	0,0012755	0,04215	23,72	1135	2796,4	1661,3	2,8851	6,0014
280	6,419	0,0013321	0,03013	33,19	1236,8	2779,6	1542,8	3,0685	5,8573
300	8,592	0,0014036	0,02164	46,21	1344,8	2749,1	1404,3	3,2548	5,7049
320	11,28	0,001499	0,01545	64,74	1462	2699,6	1237,6	3,4495	5,5354
330	12,864	0,001562	0,01297	77,09	1526,1	2665,7	1139,6	3,5521	5,4412
340	14,608	0,001639	0,01078	92,77	1594,8	2621,8	1027	3,6605	5,3361
350	16,537	0,001741	0,008805	113,6	1671,4	2564,6	893	3,7786	5,2117
360	18,674	0,001894	0,006943	144,1	1761,4	2481,1	719,7	3,9163	5,053
370	21,053	0,00222	0,00493	202,4	1892,4	2330,8	438,4	4,1135	4,7951
474	22,087	0,0028	0,00347	288	2031,9	2147	114,7	4,3258	4,5029

To'yingan suv bug'i (bosimlar bo'yicha)

9-jadval

P, MPa	t, °C	v',m ³ /kg	v'',m ³ /kg	ρ,kg/m ³	h', kJ/kg	h'', kJ/kg	r,kJ/kg	s',kJ/kg.K	s'',kJ/kg.K
0,002	17,486	0,001	67,24	0,0149	73,4	2533,1	2459,7	0,2603	8,7227
0,004	29,95	0,001	34,93	0,0286	121,33	2553,7	2432,3	0,4225	8,4737
0,006	36,17	0,001	23,77	0,0421	151,49	2567,1	2415,6	0,5209	8,3297
0,008	41,53	0,001	18,13	0,0552	173,89	2576,4	2402,5	0,5919	8,2273
0,010	45,82	0,001	14,7	0,0681	191,84	2583,9	2392,1	0,6496	8,1494
0,020	60,08	0,001	7,652	0,1307	251,48	2609,2	2357,7	0,8324	7,9075
0,03	69,12	0,001	5,232	0,1911	289,3	2624,6	2335,3	0,9441	7,7673
0,04	75,87	0,001	3,999	0,2501	317,62	2636,3	2318,7	1,0261	7,671
0,05	81,33	0,001	3,243	0,3083	340,53	2645,2	2304,7	1,0912	7,5923
0,06	85,94	0,001	2,734	0,3658	359,9	2653,1	2293,2	1,1453	7,5313
0,08	93,5	0,001	2,089	0,4787	391,75	2665,3	2273,5	1,2331	7,4342
0,10	99,62	0,001	1,696	0,5896	417,47	2674,9	2257,5	1,3026	7,3579
0,12	104,8	0,001	1,43	0,6992	439,34	2683	2243,6	1,361	7,2972
0,16	113,31	0,0011	1,092	0,916	475,41	2696,3	2220,8	1,455	7,2017
0,2	120,23	0,0011	0,886	1,129	504,74	2706,8	2202	1,5306	7,1279
0,3	133,54	0,0011	0,6055	1,652	561,7	2725,5	2163,8	1,6716	6,9922
0,4	143,62	0,0011	0,4623	2,163	604,3	2738,7	2134,1	1,7766	6,8969

P, MPa	t, °C	v',m ³ /kg	v'',m ³ /kg	ρ,kg/m ³	h', kJ/kg	h'', kJ/kg	r,kJ/kg	s',kJ/kg.K	s'', kJ/kg.K
1	179,88	0,0011	0,1945	5,143	762,4	2777,8	2015,3	2,1383	6,5867
2	212,36	0,0012	0,0996	10,04	908,6	2799,2	1890,7	2,4471	6,3411
3	233,83	0,0012	0,0666	15,01	1009,4	2803,1	1794,7	2,6455	6,1859
4	250,33	0,0013	0,0498	20,09	1087,5	2800,6	1713,2	2,7965	6,0689
5	263,91	0,0013	0,0394	25,39	1154,2	2793,9	1639,6	2,921	5,9739
6	275,56	0,0013	0,0324	30,84	1213,9	2784,4	1570,5	3,0276	5,8894
7	285,8	0,0014	0,0274	36,53	1267,6	2772,3	1504,7	3,1221	5,8143
8	294,98	0,0014	0,0235	42,52	1317,3	2758,6	1441,2	3,2079	5,7448
9	303,31	0,0014	0,0205	48,8	1363,9	2742,6	1378,8	3,2866	5,6783
10	310,96	0,0015	0,018	55,47	1407,9	2724,8	1316,9	3,3601	5,6147
11	318,04	0,0015	0,016	62,62	1450,2	2705,2	1255	3,4297	5,5528
12	324,64	0,0015	0,0143	70,15	1491,1	2684,6	1193,5	3,4966	5,493
13	330,81	0,0016	0,0128	78,22	1531,3	2662,3	1131,1	3,5606	5,4333
14	330,63	0,0016	0,0115	87,04	1570,8	2637,9	1067	3,6233	5,3731
16	347,32	0,0017	0,0093	107,3	1649,6	2581,7	932,1	3,7456	5,2478
18	356,96	0,0018	0,0075	133,2	1732,2	2510,6	778,4	3,8708	5,1054
20	365,71	0,002	0,0059	170,5	1826,8	2410,3	583,4	4,0147	4,928
22	373,7	0,0027	0,0037	272,5	2016	2168	152	4,303	4,591

Materiallarning qoralik darajasi

10-jadval

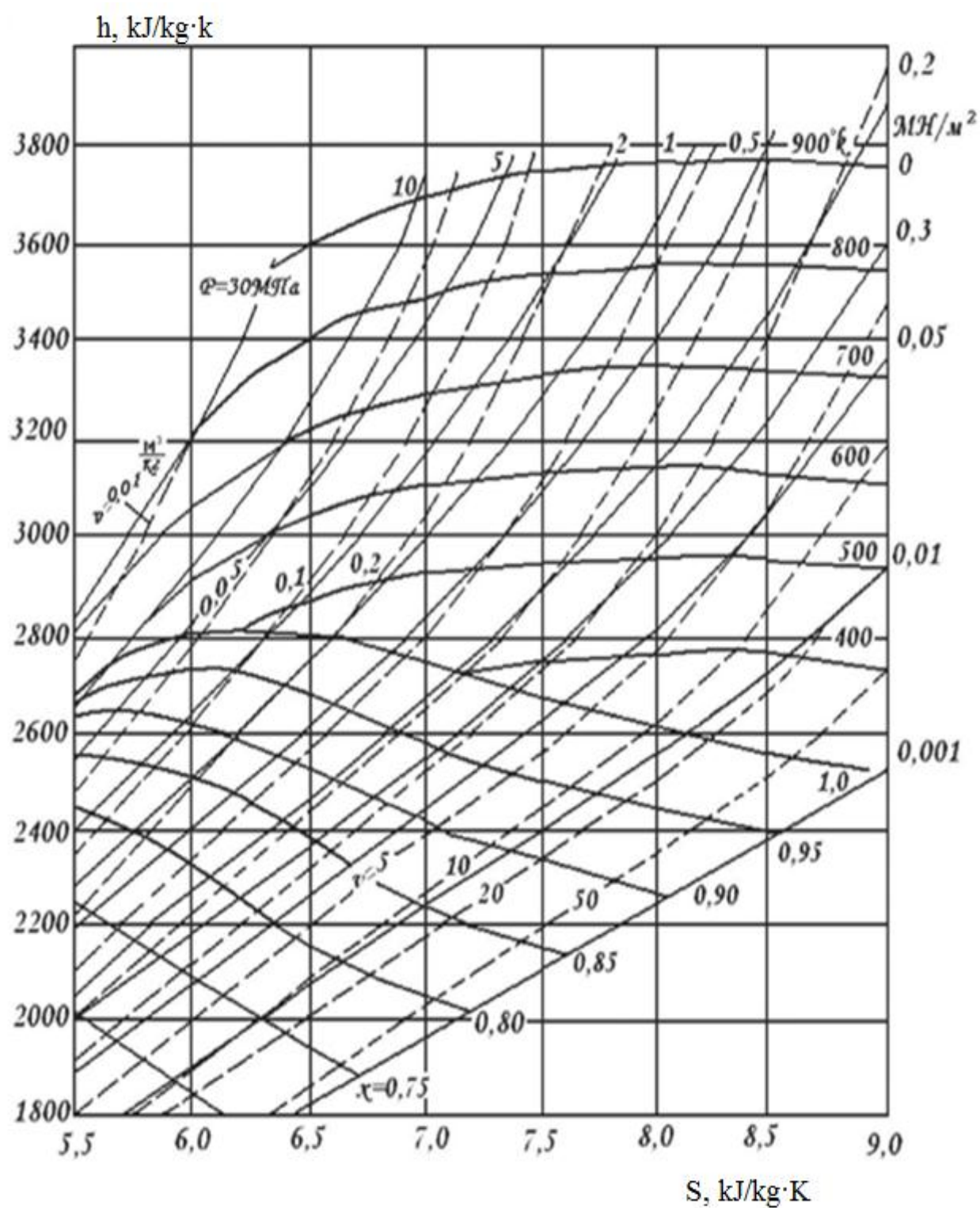
Material	t°C	Qoralik darajasi
Alyuminiy- silliqlangan	50 — 500	0,04 - 0,06
Alyuminiy- sirti g'adir-budur	20 — 50	0,06 - 0,07
Bronza- silliqlangan	50	0,1
Bronza- sirti g'adir-budur	50 — 150	0,55
Volfram	1500 — 2200	0,24 - 0,31
Temir-ruxlangan,yaltiroq	30	0,23
Tunuka-oq,eski	20	0,28
Latun- silliqlangan	200	0,03
Latun	20	0,06
Mis- silliqlangan	50 — 100	0,02
Mis-oksirlangan	500	0,88
Molibden	1500 — 2200	0,19 - 0,26
Nikel sim	200 — 1000	0,1 - 0,2
Nixrom sim	50	0,65
Platina sim	50 - 200	0,06 - 0,07
Platina sim	1400	0,18
Kumush- silliqlangan	200 - 600	0,02 - 0,03
Po'lat	950 - 1100	0,55 - 0,61
Po'lat- silliqlangan	750 - 1050	0,52 - 0,56
Po'lat - sirti g'adir-budur	50	0,56
Xrom – silliqlangan	500 - 1000	0,28 - 0,38
Rux	50	0,2
Cho'yan-suyuq	1300	0,28

Ayrim materiallarning fizik xossalari.

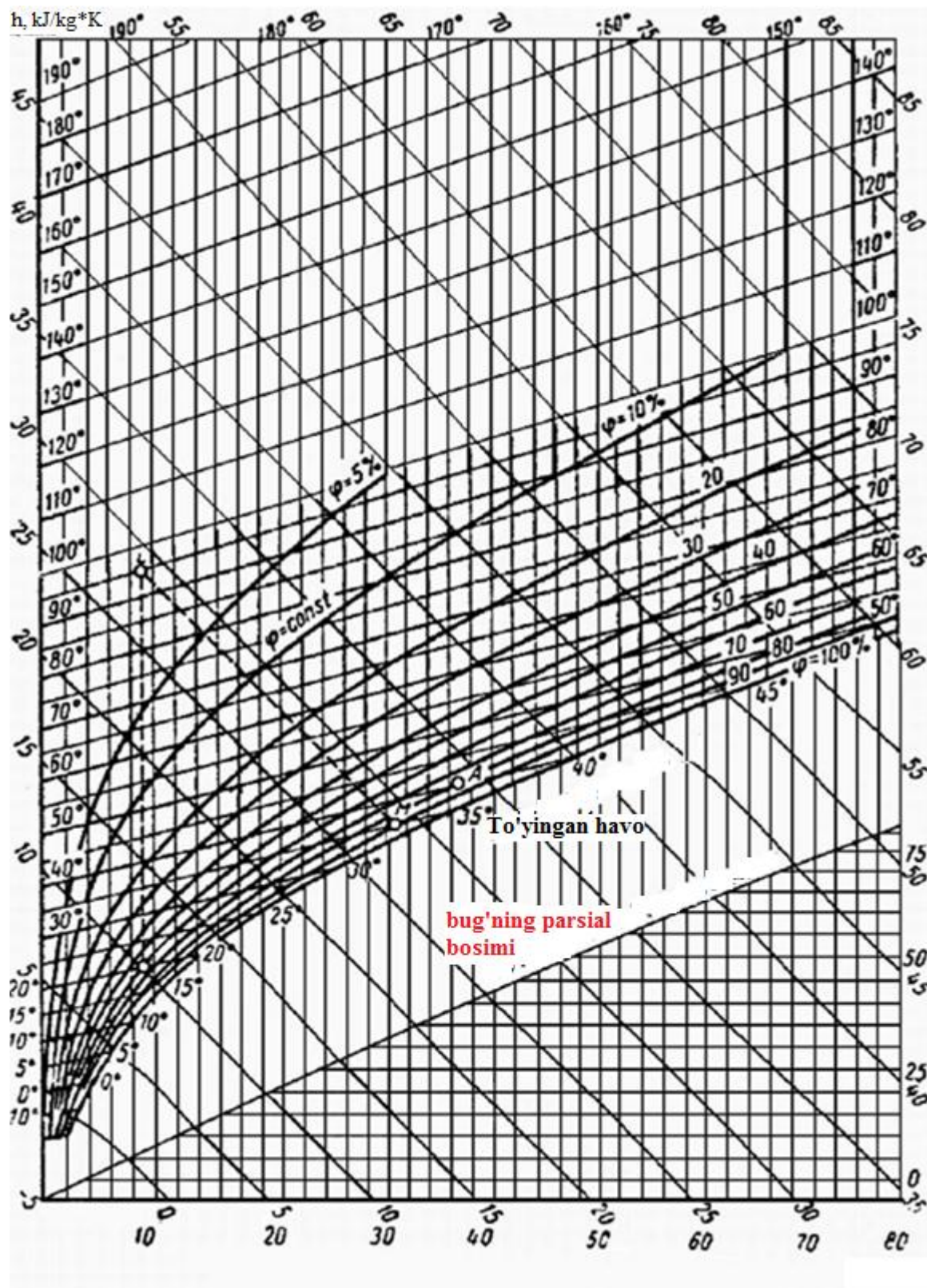
11-jadval

Materiallar nomi	ρ , kg/m ³	t, °C	λ , Vt/m·grad	c, kJ/m·grad	$a \cdot 10^6$ m ² /sek
Azbest	770	30	0,11163	0,816	0,186
Beton	2300	20	0,279	1,13	0,622
Nam tuproq	1700	17	0,657	2,01	0,192
Pishiq g'isht	1800	0	0,768	0,879	-
Muz	920	0	2,25	2,26	1,08
Quruq qum	1500	20	0,326	0,795	2,74
Shisha	2500	20	0,744	0,67	0,444
Alyuminiy	2670	0	204	0,921	86,7
Mis	8800	0	384	0,381	112,5
Nikel	9000	20	58	0,461	17,8
Kumush	10500	0	458	0,234	170
Uglerodli po'lat	7900	20	45	0,461	14,7
Suv	999,9	0	0,5513	4,212	0,131
Havo (quruq)	1,293	0	0,0244	1,005	18,8
Kislород	1,429	0	0,0247	0,915	18,8

Suv bug'ining hs-diagrammasi



Nam havoning hd-diagrammasi



Tayanch iboralar

- Holat parametrlari — ishchi jism holatining oʻzgarishi;
- Holat tenglamasi — termik parametrlarning bogʻlanish ifodasi;
- Termodinamik sistema — oʻzaro va atrof-muhit bilan issiqlik almashinadigan jismlar majmuasi;
- Issiqlik sigʻimi — jismga qancha miqdorda issiqlik berilishi;
- Issiqlik miqdori — energiyaing issiqlik usulida uzatilishi;
- Ish — energiyaing ish usulida uzatilishi;
- Termodinamikaing I-qonuni — issiqlikning bajarilgan ishga aylanishi;
- Termodinamik jarayonlar — ishchi jismning holatini izohlash;
- Termodinamikaing II-qonuni — issiqlik bir qismining ishga aylanishi va qolgan qismining sovutgichga berilishi;
- Issiqlik manbayi — issiqlikning ishchi jismga berilishi;
- Sovutgich - ishchi jismdan issiqlikni qabul qilish;
- Foydali ish koeffitsienti (FIK) — issiqlikning qanchasi ishga aylanishi;
- Suv bugʻi — termodinamik jarayonlarda ishtirok etuvchi ishchi jism;
- Issiqlik oʻtkazuvchanlik — haroratlar farqi tufayli issiqlikning bir jismdan ikkinchi jismga oʻtishi;
- Konvektiv issiqlik almashuvi — muhit zarrachalari siljishi tufayli qattiq jismdan muhitga issiqlik berilishi;
- Nurlanish — tabiatdagi jismlarning nur yoki issiqlikni qabul qilishi tufayli issiqlik tarqalishi;
- Qaynash — jism agregat holatining oʻzgarishi;
- Kondensatsiya — qaynayotgan jismdan issiqlik olib ketilishi tufayli kondensat hosil boʻlishi;
- Mezon — issiqlik uzatilishidagi kattaliklarning fizik maʼnosini ifodalaydigan oʻlchamsiz kattalik;
- Issiqlik balansi — berilgan va sarflangan issiqlikning muvozanati;
- Bugʻ turbina qurilmalari (BTQ) — ishchi jism issiqligi bajarilgan ishga aylanishida ishtirok etuvchi qurilma;
- Gaz turbina qurilmalari (GTQ) — yoqilgʻi yonishidan hosil boʻlgan gazlarni ishlatuvchi qurilma;
- Ichki yonuv dvigatellari (IYoD) — yoqilgʻi yonishida hosil boʻlgan issiqlikni ishlatishda ish bajaradigan qurilma;
- Qozonxona — bugʻ hosil qiluvchi qurilma;
- Kondensator — bugʻni suvga aylantiruvchi qurilma;
- Ekonomayzer — suvni isitib beruvchi qurilma.

Izohli soʻzlar

Parametr — kattalik;

Absolyut — mutlaq;

Ishchi jism — gaz yoki bugʻ;

Solishtirma — moddaning birligi;

Entalpiya ~ toʻliq energiya;

Entropiya — issiqlik aylanishi;

Eksergiya — maksimal ish;

Izobarik jarayon — bosimi oʻzgarmas jarayon;

Izoxorik jarayon — hajmi oʻzgarmas jarayon;

Izotermik jarayon — harorati oʻzgarmas jarayon;

Adiabatik jarayon — tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydigan jarayon;

Politropik jarayon — jarayonlarning mujassamliligi;

Sikl — aylanma jarayon;

Fazaviy oʻtish - bir fazadan ikkinchi fazaga oʻtish holati;

Bugʻlanish — jism yuzasidan suyuqlikning bugʻ holatiga oʻtishi;

Sublimatsiya — qattiq holatdan bugʻ holatga oʻtish;

Desublimatsiya — gaz holatdan qattiq holatga oʻtish;

Erish — qattiq holatdan suyuq holatga oʻtish;

Konveksiya — jism zarrachalarining oʻrin almashishi;

Kriteriy — mezon;

1.t.n.e. — 1 tonna neft ekvivalenti

Adabiyotlar

1. Зоҳидов Р. А., Алимова М. М., Мавжудова Ш. С. Техник термодинамика ва иссиқлик узатиш фанидан масалалар тўплами. -Тошкент.: ТДТУ, 2006
2. Zoxidov R.A., Alimova M.M., Mavjudova Sh.S., Issiqlik texnikasi. O'quv qo'llanma.-Toshkent.:2010
3. Андрианова Т. Н. и др. Сборник задач по технической термодинамике. М.: 2000
4. Кудинов В. А., Э. М. Карташов. Техническая термодинамика.- М.: 2005
5. S.Kleein, G. Nellis. Thermodynamics. Cambridge, 2012
6. Панкратов Г. Н. Сборник задач по теплотехнике.- М. : Ленанд, 2015. -250 с
7. Рабинович О. М. Сборник задач по технической термодинамике. М., Альянс, 2015. - 344 с
8. Красношеков Е. А., Сукомел А. С. Задачник по теплопередаче: Учеб. пособие для вузов. 4-е изд. переб.-М.: Энергия, 2011
9. Сафонов А. П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям.- М.: Энергоатомиздат, 2009.
10. Под ред. Захаровой А. А. Техническая термодинамика и теплотехника. М.: Академия, 2006
11. Дементий Л.В., Кузнецов А.А., Менафова Ю.В. Сборник задач по технической термодинамике и теплопередаче. Учебное пособие-Краматорск: ДГМА , 2002
12. Под редакций д.т.н, профессора М.Г.Шатрова Сборник задач по теплотехнике. Москва, Издательский центр «Академия», 2012.
13. Ерохин В.Г., Махонько М.Г. Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники: Учебное пособие. Изд. 4-е. – М.: Книжный дом «Либроком», 2012.
14. Tarik Al – Shemmeri. Engineering thermodynamics. Ventus Publishing Aps 2010 y. 107 p.
15. Mark W. Zemansky., Richard H. Dittman. Heat and Thermodynamics.

Seventh edition 2004 y. 536 p.

16. Max Planck. Treatise on Thermodynamics. Third edition. 2000 y. 318 p.

17. Жуховицкий Д.Л. Сборник задач по технической термодинамике: Учебное пособие. – 2-е изд.-Ульяновск: УлГТУ, 2004.-98 с

18. Синявский Ю.В. Сборник задач по курсу теплотехника: Учебное пособие. – 2-е изд.-Ульяновск: УлГТУ, 2004.-98 с

19. Галкин А.Ф. Термодинамика. Сборник задач. Учебное пособие. Изд: Лань, 2017.-80 с

20. Чухин И.М. Сборник задач по технической термодинамике: Учебное пособие. ИГЭУ, 2011.-247 с