

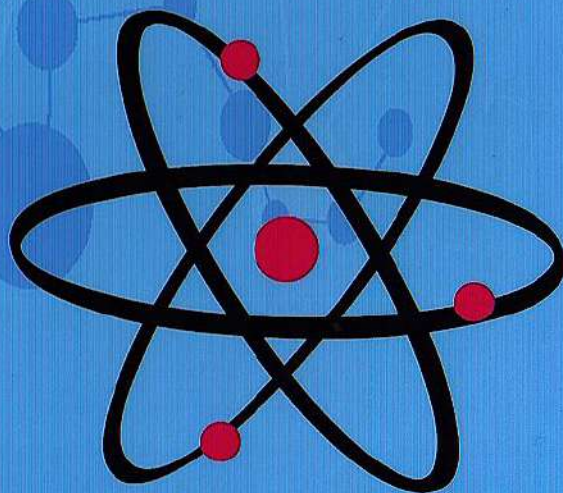
530.1

A 12

O.S. Ablyalimov

TERMODINAMIKA

II-qism



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

TOSHKENT TEMIRYO'L MUHANDISLARI INSTITUTI

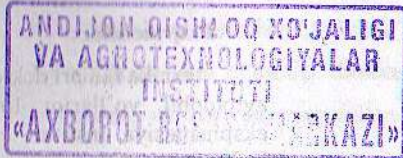
O.S. Ablyalimov

TERMODINAMIKA

II - qism

o'quv qo'llanma

220 232



Toshkent - "NIF MSH" - 2020

UDK: 536

BBK: -22.317

A 12

Ablyalimov, O.S.

Termodinamika II qism /o'quv qo'llanma/. Toshkent: "NIF MSH", 2020, 240 bet.

O'quv qo'llanma har xil turdagi yoqilg'i, qozonxona va bug 'turbinalarining nazariy asoslarini umumlashtiradi, har bir aniq mavzu uchun hisoblash formulalari, ularga tushuntirishlar va topshiriqlar berilgan. Barcha misollar yechimga ega va na'munaviy misollar yechimi bilan ko'rsatilgan. Misollarni yechish uchun kerakli materiallar berilgan, bu materiallar amaliy mashg'ulotlar jarayonida foydali bo'lishi mumkin, shuningdek oraliq va yakuniy nazorat ishi singari imtixonlarda, va talabalar tomonidan bajariladigan mustaqil loyixa xisob ishlarida qo'llanilishi mumkin.

O'quv qo'llanma oliy o'quv yurtlarida taxsil olayotgan, issiqlik energiyasiga doir bo'lmagan mutaxassislikda o'qiyotgan, shuningdek temiryo'lchilarga va issiqlik energiyasini o'rganayotganlar uchun mo'ljallangan. Bundan tashqari oliy texnik o'quv yurtlari o'qituvchilariga, muhandislarga, texnik ishchilarga va ilmiy xodimlarga, shuningdek issiqlik energiyasi mutaxassislari uchun ham foydali bo'lishi mumkin.

Taqrizchilar:**B.I. Bazarov-**

texnika fanlari doktori, professor, Toshkent avtomobil yo'llarini loyihalash, qurilish va ekspluatatsiya instituti «Ekologiya va IYOD» kafedrası mudiri

A.N. Rizaev-

texnika fanlari doctori, professor, Toshkent temiryo'l muhandislari instituti «Muhandislik kommunikatsiyasi va tizimlari» kafedrası

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI TOMONIDAN NASHRGA TAVSIYA ETILGAN.

ISBN 978-9943-6793-6-8

© Ablyalimov, O.S. 2020.

© "NIF MSH", 2020.

KIRISH

Ushbu qo'llanma "Termodinamika" fanidan darslik bo'lib, u bakalavrlarni tayyorlash uchun o'quv dasturiga binoan ToshTYMI Elektromexanika fakultetida 5310600 - «Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi (lokomotivlar va vagonlar)» va 5111000 - Касбий таълим (5310600 - «Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi (lokomotivlar va vagonlar)»)» mutaxassisligida o'rganiladigan asosiy muhandislik fanlaridan biri deb xisoblanadi. "Termodinamika" fani bitta akademik semestrda o'qiladigan fan bo'lib, murakkabligi 156 soatni tashkil etadi. O'zlashtirishni baholash uchun joriy, oraliq va yakuniy nazoratni hisobga olgan holda imtihon olinadi.

Muallif o'z oldiga issiqlik texnika fanining ilmiy asoslari sohasidagi nazariy va amaliy bilimlarni chuqurlashtirishga bog'liq bo'lgan masalalarni qamrab oladigan darslik yaratish vazifasini qo'ygan.

O'quv qo'llamada qattiq, suyuq va gazsimon yoqilg'ilar, qozon qurilmalari va bug' turbinalari nazariyalari haqida qisqacha ma'lumot berilgan. Shuningdek olingan mavzular bo'yicha formulalar va ularga doyr misollar qo'rsatilgan. Barcha misolar yechimda ega va na'munaviy misolar yechimi bilan qo'rsatilgan. Misollarini yechish uchun kerakli materiallar berilgan, bu materiallar amaliy mashg'ulotlar jarayonida foydali bo'lishi mumkin, shuningdek oraliq va yakuniy nazorat ishi singari imtixonlarda, va talabalar tomonidan bajariladigan mustaqil loyixa hisob ishlarida qo'llanilishi mumkin.

Bu masalalar to'plami noenergetik mutaxassislikda taxsil oluvchi oliy o'quv yurtlari talabalari uchun mo'ljallangan. Ushbu o'quv kursini o'zlashtirish orqali bakalavriat talabalari muhandislik sohasidagi tayanch bilimlar va ularni keyinchalik - ichki yonuv dvigatellari, lokomotivlarning energetik qurilmalari va boshqa fanlarni o'rganishda ularning qo'llanilishi to'g'risida ma'lumotga ega bo'ladi.

Bundan tashkari oliy texnik o'quv yurt talabalariga, muhandislarga, texnik ishchilarga va ilmiy xodimlarga, shuningdek issiqlik energiyasi mutaxassislari

uchun ham foydali bo'lishi mumkin. Ushbu o'quv qullamani yaratishda Toshkent temir yol muhandislari instituti (ToshIIT) «Lokomotivlar va lokomotiv xo'jaligi» kafedrası o'qituvchi professor v.b. Ablyalimov O.S. va issiqlik energiyasi sohasidagi tajribali mutaxassislarning darsliklari va materiallaridan, shuningdek o'zlarining ma'ruza va amaliy mashg'ulotlaridan foydalanishgan.

Texnika fanlari doktori, professor B. I. Bazarov (TAYLQvaEl), texnika fanlari doktori, professor A. N. Rizaev (TTYMI), PhD, dotsent, ToshDTU «Termodinamika va issiqlik texnikasi» kafedra mudiri A. S. Isaxodjaev, ToshDTU «Termodinamika va issiqlik texnikasi» kafedrası katta o'qituvchi L. O. Alimova qo'l yozmani diqqat bilan o'qiganligi, foydali maslahatlar va qo'l yozmani ko'rib chiqishda ular tomonidan tuzilgan o'quv qullamaning tarkibi va mazmunini yaxshilash bo'yicha qimmatli izohlari va o'quv ustasi V. V. Agapovga ushbu jarayonda ko'rsatgan yordami uchun muallif chuqur minnatdorchilik bildiradilar.

ASOSIY SHARTLI BELGILAR

- T** – absolyut harorat, (K) °K;
t – muzning erish nuqtasidan hisoblanadigan harorat, °C
Δt – haroratlar farqi, °C;
ρ – zichlik, kg/m³;
v – solishtirma hajm, m³/kg;
V – hajm, m³;
m – massa, kg;
p – bosim, Pa (N/m²), kPa, MPa; bar;
Δp – bosimlar farqi, Pa (N/m²), kPa, MPa;
R – gaz doimiysi, J/(kg·°K);
μ – molekulyar massa, kg/kmol;
c – solishtirma issiqlik sig'imi, kJ/(kg·°K);
c¹ – solishtirma hajmiy issiqlik sig'imi, kDj/(m³·°K);
μc – molyar issiqlik sig'imi, kJ/(kmol·°K);
q – solishtirma issiqlik miqdori, J/kg;
Q – issiqlik miqdori, J;
l – ish, J/kg;
u – ichki energiya, J/kg;
Δu – ichki energiyaning o'zgarishi, J/kg;
i – solishtirma entalpiya, J/kg;
Δi – entalpiyaning o'zgarishi, J/kg;
s – entropiya, J/(kg·°K);
Δs – entropiyaning o'zgarishi, J/(kg·°K);
r – bug' hosil qilish issiqligi, kJ/kg;
d – namlik miqdori, g/kg quruq havo;
φ – nisbiy namlik, %;
B – yoqilg'i sarfi, kg/s (kg/ik);
b – yoqilg'ining solishtirma sarfi, kg/(kVt·s);
D – bug' unumdorligi, kg/s (kg/ik);
Q_q, Q_{yu} – yoqilg'ining quyi va yuqori yonish issiqligi, kJ/kg;
e – sovutish koeffitsienti, siqilish darajasi;
η_t – termik f.i.k.;
χ – issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Vt/(m·°K);
α – issiqlik berish koeffitsienti, Vt/(m²·°K);
k – issiqlik uzatish koeffitsienti, Vt/(m²·°K); **N** – quvvat, kVt.

3-BOB. QATTIQ, SUYUQ VA GAZSIMON YOQILG'ILAR

3.1. Yoqilg'i tarkibi

Qattiq va suyuq yoqilg'i yonuvchi (uglerod – C, vodorod – H, uchuvchan olingugurt – S_L = S_{op} + S_K) va yonmaydigan (azot – N va kislorod – O) elementlar va ballast (kul A, namlik – W) dan tashkil topgan.

Gazsimon yoqilg'i yonuvchi (SO, N₂, SN₄, C_mH_n) va yonmaydigan (N₂, O₂, SO₂) gazlar va kam miqdorda suv bug'idan (N₂O) tashkil topgan.

Qattiq, suyuq va gazsimon yoqilg'i tavsifini o'rganishda ishchi, yonuvchi va quruq massa bo'linadi. Ishchi, yonuvchi va quruq massa tarkibi mos ravishda "i", "yo" va "q" indeksleri bilan belgilanadi va quyidagi tengliklar bilan ifodalanadi:

$$C^i + N^i + S_{uch}^i + N^i + O^i + A^i + W^i = 100 \% ; \quad (3.1)$$

$$C^{yo} + N^{yo} + S_{uch}^{yo} + N^{yo} + O^{yo} = 100 \% ; \quad (3.2)$$

$$C^q + N^q + S_{uch}^q + N^q + O^q + A^q = 100 \% . \quad (3.3)$$

(3.1), (3.2), (3.3) ifodalarda elementlar tarkibi 1 kg yoqilg'iga nisbatan foizlarda olingan. Bir massadan ikkinchisiga o'tish hisob koeffitsientlari 3.1-jadvalda keltirilgan

Slanets tarkibi uchun (Cⁱ, Nⁱ, S_{uch}ⁱ, Nⁱ Oⁱ, Aⁱ, W) ishchi massadan yonuvchi massaga o'tkazish koeffitsient:

$$K = 100 / [100 - A_v^q - W^i - (CO_2)_r] \quad (3.4)$$

yordamida amalga oshiriladi.

bu yerda A'_x - ishchi massaning haqiqiy kulliligi, %;

W^x - ishchi massaning namligi, %;

$(CO_2)'_x$ - karbonat-(II)-oksidi tarkibi, %.

3.1-jadval

Yoqilg'ining berilgan massasi	Bir massadan ikkinchisiga o'tish koeffitsientlari		
	Ishchi	yonuvchi	Quruq
ishchi	1	$\frac{100}{100 - (A' + W^i)}$	$\frac{100}{100 - W^i}$
yonuvchi	$\frac{100 - (A' + W^i)}{100}$	1	$\frac{100 - A^q}{100}$
quruq	$\frac{100 - W^i}{100}$	$\frac{100}{100 - A^q}$	1

Ishchi massaning haqiqiy kulliligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$A'_i = A' - \left[2,5(S_a^e - S_c^e) + 0,375S_c^e \right] \left(\frac{100 - W^i}{100} \right)$$

(3.5)

bu yerda S_a^i - laboratoriya kulining yoqilg'i massasiga nisbatan foizlardagi oltingugurt tarkibi;

S_c^i - yoqilg'idagi oltingugurt sulfati tarkibi, %

12,5 kattaligi ($S_a^i - S_c^i$) 4- 0,3758 S_c^e Sankt Peterburg va eston slanetslari uchun 2,0 ga teng bo'lishi mumkin, kashpir slanetsi uchun - 4,1.

Yoqilg'i ishchi massa tarkibini o'tish-hisobi namlik o'zgarishida quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} C_2' &= C_1' \frac{100 - W_2'}{100 - W_1'} \\ H_2' &= H_1' \frac{100 - W_2'}{100 - W_1'} \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

bu yerda W_1' - yoqilg'ining boshlang'ich namligi, %;

W_2' - yoqilg'ining oxirgi namligi, %

Massaviy ulushda berilgan ikki qattiq va suyuq yoqilg'i aralashmasining o'rtacha tarkibi (%) – birinchisi (C_1' , %, H_1' , %, ...) va ikkinchisi (C_2' , %, H_2' , %, ...) quyidagi tenglamalardan aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} C_{ar}' &= b_1 C_1' + (1 - b_1) C_2' \\ H_{ar}' &= b_1 H_1' + (1 - b_1) H_2' \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

bu yerda massaviy ulush b_1 – aralashmadagi bir yoqilg'ining massaviy ulushi quyidagi ifodadan topiladi:

$$b_1 = V_1 / (V_1 + V_2) \quad (3.8)$$

bu yerda V_1 va V_2 – aralashmaga kirgan yoqilg'ining massasi, kg.

3.1.-masala. Yonuvchi massa tarkibi $C^{yo} = 71,1$ %; $N^{yo} = 5,3$ %; $S_{uch}^{yo} = (S_{op}^{yo} + S_k^{yo}) = 1,9$ %; $O^{yo} = 1,7$ %; $O^{yo} = 20,0$ %; quruq massaning kulliligi, $A^q = 38$ % va namligi $W^i = 20,0$ % bo'lgan BZ markali Chelyabinsk ko'mirining ishchi massasini aniqlang.

Yechish: 3.1-jadvaldagi bir massadan ikkinchisiga o'tish koeffitsientlaridan foydalanib, yoqilg'i ishchi massasi kulliligini aniqlaymiz:

$$A' = A' \frac{100 - W'}{100} = 38 \frac{100 - 20}{100} = 30,4\%$$

va yoqilg'i ishchi massasini topamiz:

$$C^i = C^{yo} \frac{100 - (A' + W')}{100} = 71,1 \frac{100 - (30,4 + 20,0)}{100} = 35,27\%;$$

$$H^i = H^{yo} \frac{100 - (A' + W')}{100} = 5,3 \frac{100 - (30,4 + 20,0)}{100} = 2,63\%;$$

$$S'_{uch} = S'_{uch} \frac{100 - (A' + W')}{100} = 1,9 \frac{100 - (30,4 + 20,0)}{100} = 0,94\%;$$

$$N^i = N^{yo} \frac{100 - (A' + W')}{100} = 1,7 \frac{100 - (30,4 + 20,0)}{100} = 0,84\%;$$

$$O^i = O^{yo} \frac{100 - (A' + W')}{100} = 20,0 \frac{100 - (30,4 + 20,0)}{100} = 9,92\%.$$

Yechimni to'g'riligini tekshirish uchun yoqilg'i ishchi massasi elementlari tarkibiy qiymatlarini yig'indisini topamiz:

$$C^i + H^i + S'_{uch} + N^i + O^i + A' + W' = 35,27 + 2,63 + 0,94 + 0,84 + 9,92 + 30,4 + 20,0 = 100 \%$$

Javob: $C^i = 35,27\%$; $H^i = 2,63\%$; $S'_{uch} = 0,94\%$; $N^i = 0,84\%$; $O^i = 9,92\%$.

3.2.-masala. Ishchi massasi tarkibi $C^i = 48,5\%$; $H^i = 3,6\%$; $S'_{uch} = 6,1\%$; $N^i = 0,8\%$; $O^i = 4,0\%$; quruq massaning kullilgi $A^q = 33,0\%$ va ishchi namligi $W^i = 6,0\%$ bo'lgan G markali Kizelov ko'mirining yonuvchi massasi tarkibini aniqlang.

Javob: $C^{yo} = 77\%$; $N^{yo} = 5,7\%$; $S'_{uch} = 9,7\%$; $N^{yo} = 1,3\%$; $O^{yo} = 6,3\%$.

3.3.-masala. Yonuvchi massasi tarkibi $S^{yo} = 78,5\%$; $N^{yo} = 5,6\%$; $S''_n = 0,4$; $N^{yo} = 2,5\%$; $O^{yo} = 13,0\%$; quruq massaning kullilgi $A^q = 15,0\%$ va ishchi namligi $W^i = 12,0\%$ bo'lgan D markali Kuznetssk ko'mirining ishchi massasini aniqlang.

Javob: $A^i = 13,2\%$; $S^i = 58,7\%$; $H^i = 4,2\%$; $S'_{uch} = 0,3\%$; $N^i = 1,9\%$; $O^i =$

9,7 %.

3.4.-masala. Yonuvchi massasi tarkibi $C = 74,0 \%$; $H^o = 9,5 \%$; $S_{uch}^i = 6,1 \%$; $N^o = 0,4 \%$; $O^o = 10,0 \%$; $A^i = 48,0 \%$; $W^i = 11,9 \%$ va $(CO_2)_t^i = 16,8 \%$ bo'lgan Sankt Peterburg slanetsining ishchi massasini aniqlang.

Yechish: Yoqilg'i ishchi massasining haqiqiy kulliligini (3.5) ifodadan aniqlaymiz:

$$A_x^i = A^i - [2,5(S_a^i - S_c^i) + 0,375S_x^i] \frac{100 - W^i}{100} = A^i - 2 \frac{100 - W^i}{100} = 48 - 2 \frac{100 - 11,9}{100} = 46,2\%$$

(3.4) ifodadan yoqilg'i tarkibining yonuvchi massadan ishchi massaga o'tish koeffitsientini topamiz:

$$K = \frac{100 - A_x^i = W^i - (CO_2)_t^i}{100} = \frac{100 - 46,2 - 11,9 - 16,8}{100} = 0,251$$

Bunda

$$C^i = S^o K = 74,0 \cdot 0,251 = 18,6 \%$$

$$N^i = N^o K = 9,5 \cdot 0,251 = 2,4 \%$$

$$S_{uch}^i = S_{uch}^i K = 6,1 \cdot 0,251 = 1,5 \%$$

$$N^i = N^i K = 0,4 \cdot 0,251 = 0,1 \%$$

$$O^i = O^o K = 10,0 \cdot 0,251 = 2,5 \%$$

Hisobni to'g'riligini tekshiramiz:

$$\begin{aligned} C^i + H^i + S_{uch}^i + N^i + O^i + A^i + W^i + (CO_2)_t^i &= \\ &= 18,6 + 2,4 + 1,5 + 0,1 + 2,5 + 46,2 + 11,9 + 16,8 = 100\%. \end{aligned}$$

Javob: $C^i = 18,6\%$; $H^i = 2,4\%$; $S_{uch}^i = 1,5\%$; $N^i = 0,1\%$; $O^i = 2,5\%$.

3.5.-masala. Ishchi massasi tarkibi $C^i = 24,1 \%$; $H^i = 3,1 \%$; $S_{uch}^i = 1,6 \%$; $N^i = 0,1 \%$; $O^i = 3,7 \%$; $A^i = 40,0 \%$; $W^i = 13,0 \%$ i $(SO_2)_k^i = 14,4 \%$ bo'lgan eston slanetsining yonuvchi massasi tarkibini aniqlan.

Javob: $C^{yo} = 74,0 \%$; $H^{yo} = 9,5 \%$; $S_{uch}^{yo} = 4,9 \%$; $N^{yo} = 0,3 \%$; $O^{yo} = 11,3 \%$.

3.6.-masala. Tegirmon-ventilyatorda $C_1^i = 28,7 \%$; $H_1^i = 2,2 \%$; $(S_{uch,1}^i) = 2,7 \%$; $N_1^i = 0,6 \%$; $O_1^i = 8,6 \%$; $A_1^i = 25,2 \%$; $W_1^i = 32 \%$ tarkibli B2 markali Podmoskov ko'miri quritilyapti. Yoqilg'ining quritilgandan keyingi namligi $W_1^i = 15 \%$ ni tashkil etgandagi quritilgan yoqilg'ining ishchi massasi tarkibini aniqlang.

Javob: $C_2^i = 35,9 \%$; $H_2^i = 2,7 \%$; $(S_{uch,2}^i) = 3,4 \%$; $N_2^i = 0,7 \%$; $O_2^i = 10,8 \%$; $A_2^i = 31,5 \%$.

3.7.-masala. $C_1^i = 49,3 \%$; $H_1^i = 3,6 \%$; $(S_{uch,1}^i) = 3,0 \%$; $N_1^i = 1,0 \%$; $O_1^i = 8,3 \%$; $A_1^i = 21,8 \%$; $W_1^i = 13,0 \%$ tarkibli $4,5 \cdot 10^3$ kg D markali Donetsk ko'miri va $C_2^i = 55,2 \%$; $H_2^i = 3,8 \%$; $(S_{uch,2}^i) = 3,2 \%$; $N_2^i = 1,0 \%$; $O_2^i = 5,8 \%$; $A_2^i = 23,0 \%$; $W_2^i = 8,0 \%$ tarkibli $5,5 \cdot 10^3$ kg G markali Donetsk ko'miridan tashkil topgan aralashma qozonxonada yoqilyapti. Aralashmaning ishchi tarkibini aniqlang.

Yechish: (3.8) ifodadan aralashmadagi yoqilg'ining massaviy ulushini topamiz:

$$b_1 = B_1 / (V_1 + B_2) = 4500 / (4500 + 5500) = 0,45.$$

$$B_2 = 1,0 - 0,45 = 0,55$$

Aralashmaning ishchi tarkibini (3.7) tenglamadan foydalanib topmiz:

$$C'_{ar} = b_1 C'_1 + (1 - b_1) C'_2 = 0,45 \cdot 49,3 + 0,55 \cdot 55,2 = 52,54\%;$$

$$H'_{ar} = b_1 H'_1 + (1 - b_1) H'_2 = 0,45 \cdot 3,6 + 0,55 \cdot 3,8 = 3,71\%;$$

$$(S'_{uch})_{ar} = b_1 (S'_{uch})_1 + (1 - b_1) (S'_{uch})_2 = 0,45 \cdot 3,0 + 0,55 \cdot 3,2 = 3,12\%;$$

$$N'_{ar} = b_1 N'_1 + (1 - b_1) N'_2 = 0,45 \cdot 1,0 + 0,55 \cdot 1,0 = 1,0\%;$$

$$O'_{ar} = b_1 O'_1 + (1 - b_1) O'_2 = 0,45 \cdot 8,3 + 0,55 \cdot 5,8 = 6,92\%;$$

$$A'_{ar} = b_1 A'_1 + (1 - b_1) A'_2 = 0,45 \cdot 21,8 + 0,55 \cdot 23 = 22,46\%;$$

$$W'_{ar} = b_1 W'_1 + (1 - b_1) W'_2 = 0,45 \cdot 13,0 + 0,55 \cdot 8,0 = 10,25\%.$$

Hisobni to'g'riligini tekshiramiz:

$$C'_{ar} + H'_{ar} + (S'_{uch})_{ar} + N'_{ar} + O'_{ar} + A'_{ar} + W'_{ar} = 52,54 + 3,71 + 3,12 + 1,0 + 6,92 + 22,46 + 10,25 = 100\%.$$

Javob: $C'_2 = 52,54\%$; $H'_2 = 3,71\%$; $(S'_{uch})_{ar} = 3,12\%$; $N'_{ar} = 1,0\%$; $O'_{ar} = 6,92\%$; $A'_{ar} = 22,46\%$.

3.8.-masala. $C'_1 = 58,7\%$; $H'_1 = 4,2\%$; $(S'_{uch})_1 = 0,3\%$; $N'_1 = 1,9\%$; $O'_1 = 9,7\%$; $A'_1 = 13,2\%$; $W'_1 = 12,0\%$ tarkibli D markali 800 kg Kuznetsk ko'miri va $C'_2 = 66,0\%$; $H'_2 = 4,7\%$; $(S'_{uch})_2 = 0,5\%$; $N'_2 = 1,8\%$; $O'_2 = 7,5\%$; $A'_2 = 11,0\%$; $W'_2 = 8,5\%$ tarkibli G markali 800 kg Kuznetsk ko'miridan tashkil topgan aralashma qozonxonada yoqilyapti. Aralashmaning ishchi tarkibini aniqlang.

Javob: $C'_2 = 63,1\%$; $H'_{ar} = 15\%$; $(S'_{uch})_{ar} = 0,4\%$; $N'_{ar} = 1,8\%$; $O'_{ar} = 8,4\%$; $A'_{ar} = 11,9\%$; $W'_{ar} = 9,9\%$.

3.2. Yoqilg'i tavsifi

Yoqilg'ining yonish issiqligi. 1 kg qattiq (suyuq) yoqilg'i yoki 1 m³ gazsimon yoqilg'ining to'liq yonishida ajraladigan issiqlikga (kJ) aytiladi.

Qattiq va suyuq yoqilg'i uchun yuqori Q_{yu} (kJ/kg) va Q_q (kJ/kg) quyi yonish

issiqligi ishlatiladi.

Qattiq va suyuq yoqilg'ining yuqori va quyi yonish issiqliklari kattaliklari ishchi, yonuvchi va quruq massalari quyidagi ifodalar bilan bog'lanadi:

$$Q'_{yu} = Q'_{uch} + 225H' + 25W'; \quad (3.9)$$

$$Q''_{yu} = Q''_{uch} + 225H''; \quad (3.10)$$

$$Q^x_{yu} = Q^x_q + 225H^x. \quad (3.11)$$

Qozonxonalarning issiqlik hisoblari yoqilg'ining ishchi massasi quyi yonish issiqliklaridan foydalanib bajariladi:

qattiq va suyuq yoqilg'i ishchi massasining quyi yonish issiqliklari (kJ/kg)

$$Q'_q = 338C' + 1025H' - 108,5(O' - S'_{uch}) - 25W', \quad (3.12)$$

bu yerda C' , H' , O' , S'_i , W' – yoqilg'i ishchi massasidagi elementlar tarkibi, %;

Gazsimon yoqilg'ining quyi yonish issiqliklari (kJ/m³)

$$Q''_q = 108H_2 + 126SO + 234H_2S + 358SN_4 + 591S_4N_4 + 638S_2N_6 + 860S_3N_6 + 913S_3N_6 + 1135S_4N_8 + 1187S_4N_{10} + 1461S_5N_{12} + 1403C_6H_6, \quad (3.13)$$

bu yerda N_2 , SO , H_2S , SN_4 , S_2N_4 va v.k. – gazsimon yoqilg'i tarkibiga kiruvchi gazlarning hajmiy tarkibi, %.

Quyi yonish issiqligini hisoblashlarda quyidagi ifodalardan foydalaniladi: yonuvchi massadan ishchiga massaga va teskarisi

$$Q'_x = Q''_x \frac{100 - (A' + W')}{100} - 25W'; \quad (3.14)$$

$$Q''_q = \frac{Q'_q + 25W'}{100 - (A' + W')} 100; \quad (3.15)$$

quruq massadan ishchiga massaga va teskarisi

$$Q'_q = Q''_q \frac{100 - W'}{100} - 25W'; \quad (3.16)$$

$$Q''_q = \frac{Q'_q + 25W'}{100 - W'} 100; \quad (3.17)$$

yonuvchi slanetslar uchun - yonuvchi massadan ishchiga massaga va teskarisi

$$Q'_q = Q''_q \frac{100 - A'_x - W' - (CO_2)'_q}{100} - 25W' - 40(CO_2)'_q; \quad (3.18)$$

$$Q''_q = \frac{Q'_q + 25W' + 40(CO_2)'_q}{100 - A'_x - W' - (CO_2)'_q} 100; \quad (3.19)$$

Namlik o'zgarganda:

$$Q'_{q2} = \frac{(Q'_{q1} + 25W'_1)(100 - W'_2)}{(100 - W'_1)} - 25W'_2. \quad (3.20)$$

Ikkita qattiq, suyuq yoki gazsimon yoqilg'i aralashmasi uchun quyi yonish issiqligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q_{q\,ar}^i = b_1 Q_{q1}^i + (1 - b_1) Q_{q2}^i, \quad (3.21)$$

bu yerda b_1 – aralashmadagi bitta yoqilg'ining massaviy ulushi;

Q_{q1}^i - aralashmadagi bitta yoqilg'ining quyi yonish issiqligi, kJ/kg (kJ/ m³);

Q_{q2}^i - aralashmadagi ikkinchi yoqilg'ining quyi yonish issiqligi, kJ/kg (kJ/ m³).

Turli yoqilg'ilarning issiqlik qiymatini taqqoslash uchun shartli yoqilg'i tushunchasi kirilgan. Shartli yoqilg'i deb, 29300 kJ/kg yonish issiqligiga ega bo'lgan yoqilg'iga aytiladi.

Tabiiy yoqilg'i sarfini shartli yoqilg'iga o'tkazish quyidagi ifodalar orqali amalga oshiriladi

$$V_{sh} = VE, \quad (3.22)$$

bu yerda V_{sh} va V – mos ravishda shartli va tabiiy yoqilg'i sarfi, kg;

E – yoqilg'ining issiqlik ekvivalenti.

yoqilg'ining issiqlik ekvivalenti ifoda orqali aniqlanadi:

$$E = Q_{*}^i / 29\,300. \quad (3.23)$$

Yoqilg'ining kulliligi, namligi va oltingugrtligi. Turli yoqilg'ilarda ishlaydigan qozonlarning ish sharoitlarini ko'rib chiqishda keltirilgan kullilik A_{kel} , namlik W_{kel} va oltingugrtlilik S_{kel} kattaliklaridan foydalaniladi:

yoqilg'ining keltirilgan kulliligi, kg · % · 10⁻³/kJ,

$$A_{kel} = 4190 A^i / Q_{*}^i; \quad (3.24)$$

yoqilg'ining keltirilgan namlik, kg · % · 10⁻³/kJ,

$$W_{\text{kel}} = 4190 W^i / Q_g^i; \quad (3.25)$$

yoqilg'ining keltirilgan oltingugurtligi, $\text{kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}$,

$$S_{\text{kol}} = 4190 S_{\text{uch}}^i / Q_g^i; \quad (3.26)$$

3.9.-masala. $C^i = 37,3 \%$; $H^i = 2,8 \%$; $S_{\text{uch}}^i = 1,0 \%$; $N^i = 0,9 \%$; $O^i = 10,5 \%$; $A^i = 29,5 \%$; $W^i = 18,0 \%$ tarkibli B3 markali Chelyabinsk ko'miri ishchi massasining quyi va yuqori yonish issiqligini aniqlang.

Javob: $Q_x^i = 13\,997 \text{ kJ/kg}$; $Q_y^i = 15\,077 \text{ kJ/kg}$.

3.10.-masala. Yonuvchi massasi $C^{yo} = 78,5 \%$; $N^{yo} = 5,6 \%$; $S_{\text{uch}}^{yo} = 0,4 \%$; $N^{yo} = 2,5 \%$; $O^{yo} = 13,0 \%$ tarkibli D markali Kuznetsk ko'mirining ishchi massasining quyi va yuqori yonish issiqligini aniqlang. Quruq massaning kulliligi $A^k = 18,0 \%$ va ishchi namligi $W^i = 14,0 \%$.

Yechish: 3.1-jadvaldagi o'tish koeffitsientlaridan foydalanib, ishchi massaning kulliligi:

$$A^i = A^k \frac{100 - W^i}{100} = 18 \frac{100 - 14,0}{100} = 15,5\%$$

va ishchi massa tarkibini aniqlaymiz:

$$C' = C^{yo} \frac{100 - (A' + W')}{100} = 78,5 \frac{100 - (15,5 + 14,0)}{100} = 55,34\%$$

$$H' = H^{yo} \frac{100 - (A' + W')}{100} = 5,6 \frac{100 - (15,5 + 14,0)}{100} = 3,95\%$$

$$S'_{neh} = S^{yo}_{neh} \frac{100 - (A' + W')}{100} = 0,4 \frac{100 - (15,5 + 14,0)}{100} = 0,28\%$$

$$N' = N^{yo} \frac{100 - (A' + W')}{100} = 2,5 \frac{100 - (15,5 + 14,0)}{100} = 1,76\%$$

$$O' = O^{yo} \frac{100 - (A' + W')}{100} = 13,0 \frac{100 - (15,5 + 14,0)}{100} = 9,16\%$$

ishchi massasining quyi yonish issiqligini (3.12) ifodadan:

$$Q'_x = 338C' + 1025N' - 108,5(O' - S'_{neh}) - 25W' = 338 \cdot 55,34 + 1025 \cdot 3,95 - 108,5(9,16 - 0,28) - 25 \cdot 14 = 21440 \text{ kJ/kg.}$$

va yuqori yonish issiqligini (3.9) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q'_{yu} = Q'_x + 225H' + 25W' = 21440 + 225 \cdot 3,95 + 25 \cdot 14,0 = 22679 \text{ kJ/kg.}$$

Javob: $Q'_x = 21440 \text{ kJ/kg}$; $Q'_{yu} = 22679 \text{ kJ/kg}$.

3.11.-masala. Yonuvchi massaning quyi yonish issiqligi $Q'^o = 33170 \text{ kJ/kg}$, quruq massaning kulliligi $A^q = 25,0 \%$ va ishchi namligi $W' = 8,0 \%$ bo'lgan G markali Donetsk ko'miri uchun ishchi va quruq massaning quyi yonish issiqligini aniqlang.

Javob: $Q'_x = 22024 \text{ kJ/kg}$; $Q'_q = 24157 \text{ kJ/kg}$.

3.12.-masala. Ishchi massaning quyi yonish issiqligi $Q'_x = 26180 \text{ kJ/kg}$, quruq massaning kulliligi $A^q = 18,0 \%$ va ishchi namligi $W' = 6,5 \%$ bo'lgan T markali Kuznetsk ko'mirining yonuvchi va quruq massasining quyi yonish issiqligini aniqlang.

Javob: $Q_y^{yo} = 34\,345 \text{ kJ/kg}$; $Q_y^i = 28\,174 \text{ kJ/kg}$.

3.13.-masala. $Q_y^i = 19680 \text{ kJ/kg}$; $H^i = 3,6\%$; $A^i = 31,0\%$; $W^i = 6,0\%$ kattalikka ega G markali Kizelov ko'mirining yonuvchi va quruq massasining yuqori yonish issiqligini aniqlang.

Javob: $Q_{yu}^x = 21\,961 \text{ kDj/kg}$; $Q_{yu}^{yo} = 32\,635 \text{ kJ/kg}$.

3.14.-masala. $Q_y^{yo} = 36\,848 \text{ kJ/kg}$; $N^i = 2,7\%$; $A^i = 46,0\%$; $W^i = 11,5\%$ va $(SO_2)_i = 16,4\%$ kattalikka ega Sankt Peterburg slanetsi ishchi massasining quyi va yuqori yonish issiqligini aniqlang.

Javob: $Q_x^i = 9337 \text{ kDj/kg}$; $Q_{yu}^i = 10232 \text{ kJ/kg}$.

3.15.-masala. $Q_x^i = 39272 \text{ kJ/kg}$; $N^i = 12,4\%$; $A^i = 0,3\%$; $W^i = 5,0\%$ kattalikka ega yuqori oltingugurtli mazutning yonuvchi massasini quyi va yuqori yonish issiqligini aniqlang.

Yechish: Yonuvchi massadagi vodorodning tarkibi 3.1-jadvaldagi o'tish koeffitsientlaridan foydalanib topiladi:

$$H^{yo} = H^i \frac{100}{100 - (A^i + W^i)} = 12,4 \frac{100}{100 - (0,3 + 5,0)} = 13,1\%.$$

(3.15) ifodadan yoqilg'ining yonuvchi massasining quyi yonish issiqligini:

$$Q_y^{yo} = \frac{Q_y^i + 25W^i}{100 - (A^i + W^i)} 100 = \frac{39272 + 25 \cdot 5,0}{100 - (0,3 + 5,0)} 100 = 41602 \text{ kJ/kg}.$$

(3.10) ifodadan yuqori yonish issiqligini aniqlaymiz:

$$Q_{yu}^{yo} = Q_y^{yo} + 225N^{yo} = 41602 + 225 \cdot 13,1 = 44549 \text{ kJ/kg}.$$

Javob: $Q_{yu}^k = 41602 \text{ kJ/kg}$; $Q_{yu}^{xo} = 44549 \text{ kJ/kg}$.

3.16.-masala. $\text{CO}_2 = 0,8 \%$; $\text{CN}_4 = 84,5 \%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 3,8 \%$; $\text{S}_3\text{N}_8 = 1,9\%$; $\text{S}_4\text{N}_{10} = 0,9 \%$; $\text{S}_5\text{N}_{12} = 0,3 \%$; $\text{N}_2 = 7,8 \%$ tarkibli Saratov konining quruq tabiiy gazining quyi yonish issiqligini aniqlang.

Javob: $Q_x^i = 35799 \text{ kJ/m}^3$.

3.17.-masala. $\text{C}^i = 37,3 \%$; $\text{H}^i = 2,8 \%$; $\text{S}_{uch}^i = 1,0 \%$; $\text{N}^i = 0,9 \%$; $\text{O}^i = 10,5 \%$; $\text{A}^i = 29,5 \%$; $\text{W}^i = 18 \%$, namlikni $\text{W}^i = 20 \%$ gacha oshirganda, B3 markali Chelyabinsk ko'mirining ishchi massasining quyi yonish issiqligini aniqlang.

Javob: $Q_q^i = 13542 \text{ kJ/kg}$.

3.18.-masala. Qozonda $3 \cdot 10^3 \text{ kg}$ D markali kuznetsk ko'miri va $7 \cdot 10^3 \text{ kg}$ T markali Kuznetsk ko'miri aralashmasi yoqiladi. D markali ko'mirning quyi yonish issiqligi $Q_{xi}^i = 22\,825 \text{ kJ/kg}$ va T markali ko'mirniki $Q_{xi}^i = 26\,180 \text{ kJ/kg}$ ga teng bo'lganda aralashmaning quyi yonish issiqligini aniqlang.

Javob: $Q_{qar}^i = 25174 \text{ kJ/kg}$.

3.19.-masala. $Q_x^i = 26865 \text{ kJ/kg}$; $\text{N}^i = 3,3 \%$; $\text{S}_{uch}^i = 3,2 \%$; $\text{A}^i = 25,8 \%$ va $\text{W}^i = 8,0 \%$ tarkibli T markali Donetsk ko'mirining yuqori yonish issiqligi, keltirilgan namlik, keltirilgan kullilik, keltirilgan oltingugurtlik va issiqlik ekvivalentini aniqlang.

Yechish: (3.9) ifodadan yoqilg'i ishchi massaning yuqori yonish issiqligini aniqlaymiz:

$$Q_{yu}^k = 21\,961 \text{ kJ/kg}; Q_{yu}^{xo} = 32\,635 \text{ kJ/kg}. = Q_q^i + 225\text{N}^i + 25\text{W}^i = 2685 + 225 \cdot 3,3 + 25 \cdot 8 = 27807 \text{ kJ/kg}.$$

Yoqilg'ining keltirilgan namligini (3.25) ifodasidan topamiz:

$$W_{\text{kel}} = 4190 \frac{W'}{Q'_q} = 4190 \frac{8}{26865} = 1,248 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}$$

Yoqilg'ining keltirilgan kulligini (3.24) ifodasidan topamiz:

$$A_{\text{kel}} = 4190 \frac{A'}{Q'_q} = 4190 \frac{25,8}{26865} = 4,02 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}$$

Yoqilg'ining keltirilgan oltingugurtligini (3.26) ifodasidan topamiz:

$$S_{\text{kel}} = 4190 \frac{S'_{\text{uch}}}{Q'_q} = 4190 \frac{3,2}{26865} = 0,489 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}$$

Yoqilg'ining issiqlik ekvivalenti (3.23) ifodasidan topamiz:

$$E = Q'_q / 29\,300 = 26865 / 29300 = 0,917$$

Javob: $Q'_{\text{yu}} = 27807 \text{ kJ/kg}$; $W_{\text{kel}} = 1,248 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}$;

$A_{\text{kel}} = 4,02 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}$; $S_{\text{kel}} = 0,489 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}$; $E = 0,917$.

3.20.-masala. $C^i = 54,7 \%$; $H^i = 3,3 \%$; $S^i_{\text{uch}} = 0,8 \%$; $N^i = 0,8 \%$; $O^i = 4,8 \%$; $A^i = 27,6 \%$ va $W^i = 8,0 \%$ tarkibli K markali Karag'anda ko'mirining ishchi massasining yuqori yonish issiqligi, ko'mirning keltirilgan namlik va kulliligini aniqlang.

Javob: $Q'_{\text{yu}} = 22270 \text{ kJ/kg}$; $W_{\text{kel}} = 1,57 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}$;

$A_{\text{kel}} = 5,4 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}$.

3.21.-masala. Yonuvchi massasi tarkibi $C^{\text{yo}} = 71,0 \%$; $H^{\text{yo}} = 4,3 \%$; $S^{\text{yo}}_{\text{uch}} = 0,6 \%$; $N^{\text{yo}} = 1,1 \%$; $O^{\text{yo}} = 23,0 \%$, quruq massaning kulliligi $A^q = 15,0 \%$ va ishchi namligi $W^i = 37,5 \%$ bo'lgan B2 markali Raychinxinsk ko'mirining keltirilgan

namlik, olingugurtlik va kulliligini, issiqlik evkivalentini aniqlang.

Javob: $W_{kel} = 12,8 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3}/\text{kJ}$; $A_{kel} = 3,1 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3}/\text{kJ}$;

$S_{kel} = 0,1 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3}/\text{kJ}$; $E = 0,43$.

3.22.-masala. Qozonxona omborxonasida yonuvchi massasi tarkibi $S^{yo} = 76,0 \%$; $N^{yo} = 3,8 \%$; $S_i^{yo} = 2,5 \%$; $N^{yo} = 0,4 \%$; $O^{yo} = 17,3 \%$; quruq massaning kulliligi $A^q = 20,0 \%$ va ishchi namligi $W^i = 34,5 \%$ bo'lgan B2 markali $60 \cdot 10^3 \text{ kg}$ Angren ko'miri bor. Ko'mir zahirasini kg shartli yoqilg'ida toping

Javob: $V_{sh} = 28315 \text{ kg}$.

3.23.-masala. $3 \cdot 10^6 \text{ kg}$ B2 markali Podmoskovniy ko'mirini transportirovkasida namligi $W_1^i = 32 \%$ dan $W_2^i = 35 \%$ gacha ortdi. $W_1^i = 32 \%$ da ishchi massaning quyi yonish issiqligi $Q_q^i = 10\,435 \text{ kJ/kg}$ ga teng bo'lganda namlik ortishida shartli yoqilg'ini yo'qolishini aniqlang.

Javob: $V_{sh} = 58\,460 \text{ kg}$.

3.24.-masala. Turli o'txonalar o'matilgan qozonxonaga T markali $80 \cdot 10^3 \text{ kg}$ Donetsk ko'miri $C^i = 62,7\%$; $H^i = 3,1 \%$; $S_{uch}^i = 2,8 \%$; $N^i = 0,9 \%$; $O^i = 1,7 \%$; $A^i = 23,8 \%$; $W^i = 5,0 \%$ tarkibida va A markali $90 \cdot 10^3 \text{ kg}$ Donetsk ko'miri $C^i = 63,8 \%$; $H^i = 1,2 \%$; $S_{uch}^i = 1,7 \%$; $N^i = 0,6 \%$; $O^i = 1,3 \%$; $A^i = 22,9 \%$; $W^i = 8,5 \%$ tarkibida keltirildi. Agar T markali ko'mirda ishlaydigan o'txonalar $2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/s}$, A markali ko'mirda ishlaydigan o'txonalar $2,8 \cdot 10^3 \text{ kg/s}$ shartli yoqilg'i sarflasa, o'txonalarning ish vaqtini aniqlang.

Yehish: T markali Donetsk ko'mirining ishchi massasi quyi yonish issiqligini (3.12) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q_{k1}^i = 338S^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S_{uch}^i) - 25W^i = 338 \cdot 62,7 + 1025 \cdot 3,1 - 108,5(1,7 - 2,8) - 25 \cdot 5,0 = 24365 \text{ kJ/kg}$$

T markali $50 \cdot 10^3 \text{ kg}$ Donetsk ko'mirining shartli yoqilg'i massasini (3.22) ifodadan aniqlaymiz:

$$V_{sh1} = V_1 E = V_1 Q_{k1}^i / 29300 = 80 \cdot 10^3 \cdot 24\,365 / 29\,300 = 66,52 \cdot 10^3 \text{ kg.}$$

T markali Donetsk ko'mirida ishlaydigan o'txonaning ish vaqtini aniqlaymiz:

$$\tau_1 = V_{sh1} / (2 \cdot 10^3) = 66,52 \cdot 10^3 / (2,5 \cdot 10^3) = 26,61 \text{ s.}$$

A markali Donetsk ko'mirining ishchi massasi quyidagicha yonish issiqligini (3.12) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q_{k2}^i = 338S^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S_{uch}^i) - 25W^i = 338 \cdot 63,8 + \\ + 1025 \cdot 1,2 - 108,5(1,3 - 1,7) - 25 \cdot 8,5 = 22\,625 \text{ kJ/kg.}$$

A markali $60 \cdot 10^3$ kg Donetsk ko'mirining shartli yoqilg'i massasini (3.22) ifodadan aniqlaymiz:

$$V_{sh2} = V_2 Q_{k1}^i / 29300 = 90 \cdot 10^3 \cdot 22\,625 / 29\,300 = 69,5 \cdot 10^3 \text{ kg.}$$

A markali Donetsk ko'mirini o'txonalarning ish vaqtini aniqlaymiz:

$$\tau_2 = V_{sh2} / (2,3 \cdot 10^3) = 69,5 \cdot 10^3 / (2,3 \cdot 10^3) = 24,82 \text{ s.}$$

Javob: $\tau_2 = 24,82 \text{ s.}$

3.25.-masala. Ikkita qozonxona turli xil yoqilg'ilarda bir xil ishlaydi.

Birinchisi $C^i = 68,6\%$; $H^i = 3,1\%$; $S_{uch}^i = 0,4\%$; $N^i = 1,5\%$; $O^i = 3,1\%$; $A^i = 16,8\%$; $W^i = 6,5\%$ tarkibli T markali $10 \cdot 10^3$ kg/s Kuznetsk ko'miri va ikkinchisi $C^i = 58,7\%$; $H^i = 4,2\%$; $S_{uch}^i = 0,3\%$; $N^i = 1,9\%$; $O^i = 9,7\%$; $A^i = 13,2\%$; $W^i = 12,0\%$ tarkibli D markali $6 \cdot 10^3$ kg/s Kuznetsk ko'mirini yoqadi. Qurilmalarda shartli yoqilg'i miqdoriga sarf ekvivalent bo'lishini aniqlang.

Javob: $B_{sh1} = 9000 \text{ kg/s}$; $V_{sh2} = 4674 \text{ kg/s}$.

3.26.-masala. Qozonxonada $C^i = 55,2 \%$; $H^i = 3,8 \%$; $S^i_{uch} = 3,2 \%$; $N^i = 1,0 \%$; $O^i = 5,8 \%$; $A^i = 23,0 \%$; $W^i = 8,0 \%$ tarkibli G markali 10^6 kg donetsk ko'miri 10 soatda yoqiladi. Qozonxona soatbay iste'molini shartli yoqilg'ida aniqlang.

Javob: $V_{sh} = 75170 \text{ kg/s}$.

3.3. Havoning hajmi. Yonish mahsulotlarining hajmi va massasi

Havoning hajmi, yonish mahsulotlarining hajmi va massasi normal sharoitda 1 kg qattiq, suyuq yoki 1 m³ quruq gazsimon yoqilg'iga nisbatan aniqlanadi.

Yoqilg'ini yonishi uchun kerak bo'lgan havoning hajmi. 1 kg qattiq yoki suyuq yoqilg'ini to'liq yonishi uchun quruq havoning (m³/kg) nazariy hajmi (O'txonada havoning ortiqcha koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1$ bo'lganda) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$V^0 = 0,089C^i + 0,226N^i + 0,033 (S^i - O^i). \quad (3.27)$$

1 m³ gazsimon yoqilg'ini to'liq yonishi uchun quruq havoning (m³/m³) nazariy hajmi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$V^0 = 0,0478 [0,5 (SO + N_2) + 1,5H_2S + 2SN_4 + \Sigma \times (m + n/4) C_mH_n - O_2]. \quad (3.28)$$

(3.27) ifodada yoqilg'i elementlari tarkibi 1 kg yoqilg'i massasiga nisbatan foizlarda, (3.28) da esa SO, N₂, H₂S, SN₄ va b. yonuvchi gazlarning tarkibi hajmga nisbatan foizlarda ifodalanadi.

Ikki qattiq, suyuq yoki gazsimon yoqilg'i aralashmalari yonishi uchun quruq havoning nazariy hajmi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$V_{ar}^o = b_1 V_1^o + (1 - b_1) V_2^o. \quad (3.29)$$

bu yerda b_1 – aralashmadagi bir yoqilg'ining massaviy ulushi.

O'txonaqa kirayotgan havoning haqiqiy hajmi (m^3/kg , m^3/m^3) quyidagi ifodadan aniqlaymi

$$V_h = \alpha_{y0} V^o, \quad (3.30)$$

bu yerda α_{y0} – o'txonadagi ortiqcha havo koeffitsienti.

Yoqilg'i yonish mahsuloti tarkibi va hajmi. Yoqilg'i to'liq yonishida yonish mahsulotlari tarkibi SO_2 , SO_2 , N_2 , O_2 gazlari va suv bug'i N_2O va boshqalardan iborat bo'ladi, masalan quyidigilardan:

$$SO_2 + SO_2 + N_2 + O_2 + N_2O = 100 \ %.$$

Yonish mahsulotlarining to'liq hajmi V_t (m^3/kg) quruq gazlarni V_{qg} bilan suv bug'lari V_{n20} hajmlari yig'indisidan kelib chiqadi:

$$V_{y0} = V_{qg} + V_{n20}, \quad (3.31)$$

bunda

$$V_{qg} = V_{RO2} + V_{N2} + V_{O2},$$

bu yerda $V_{RO2} = V_{CO2} + V_{SO2}$ – uch atomli gazlarning hajmi, m^3/kg ;

$V_{N2} + V_{O2}$ – ikki atomli gazlarning hajmi, m^2/kg .

Qattiq (slanetslardan tashqari) va suyuq yoqilg'ilarning $\alpha_t = 1$ bo'lganda yoqilg'i to'liq yonishidagi nazariy hajmi (m^3/kg) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

ikki atomli gazlarning hajmi

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + 0,8N' / 100; \quad (3.32)$$

uch atomli gazlarning hajmi

$$V_{RO_2} = 0,0187(C^i + 0,375S_i^i) \quad (3.33)$$

quruq gazlarning hajmi

$$V_{q.g}^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 = 0,0187(C^i + 0,375S_i^0) + 0,79V^0 + 0,8N' / 100; \quad (3.34)$$

Suv bug'larining hajmi

$$V_{N_2O}^0 = 0,0124(9H^i + W^i) + 0,0161V^i; \quad (3.35)$$

Yonish mahsulotlarining to'liq hajmi

$$V_g^0 = V_{q.g}^0 + V_{H_2O}^0 = 0,0187(C^i + 0,375S_i^0) + 0,79V^0 + 0,8N' / 100 + 0,0124(9H^p + W^p) + 0,0161V^0; \quad (3.36)$$

Slanetslar uchun uch atomli gazlarning hajmi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$V_{RO_{2x}} = V_{RO_2} + [0,509(CO_2)_x / 100]K = 0,0187(C^i + 0,375S_i^i) + [0,509(CO_2)_x / 100]K, \quad (3.37)$$

bu yerda K – karbonatlarni parchalanish koeffitsienti: [15] ga muvofiq qatlamli yoqishda $K = 0,7$, kameralida - 1,0.

Gazsimon yoqilg'ilar uchun $\alpha_i = 1$ da yonish mahsulotlarining to'liq hajmi (m^3/m^3) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

ikki atomli gazlarning hajmi

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + N_2/100; \quad (3.38)$$

uch atomli gazlarning hajmi

$$V_{RO_2} = 0,01 [SO_2 + SO + H_2S + \Sigma m C_m H_n]; \quad (3.39)$$

quruq gazlarning hajmi

$$V_{q,g}^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0; \quad (3.40)$$

Suv bug'larining hajmi

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 [H_2S + N_2 + \Sigma (n/2) C_m H_n + 0,124 d_g] + 0,0161 V^0. \quad (3.41)$$

bu yerda $d_g - 1 \text{ m}^3$ quruq gazga nisbatan olingan gazsimon yoqilg'ining namligi, g/m^3 ;

Yonish mahsulotlarining to'liq hajmi

$$V_g^0 = V_{q,g}^0 + V_{H_2O}^0. \quad (3.42)$$

Qattiq (slanetslardan tashqari) va suyuq yoqilg'ilarning $\alpha_t > 1$ bo'lganda yoqilg'i to'liq yonishidagi nazariy hajmi (m^3/kg) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

quruq gazlar hajmi

$$V_{q,g} = V_{q,g}^0 + (\alpha_t - 1) V^0 = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + (\alpha_{y0} - 1) V^0; \quad (3.43)$$

Suv bug'lari hajmi

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 (\alpha_{yo} - 1) V^0; \quad (3.44)$$

(3.31) ifoda bilan yonish mahsulotlarining to'liq hajmi aniqlanadi.

$\alpha_i > 1$ da slanetslar uchun yonish mahsulotlarining to'liq hajmi (m^3/kg):

$$V_{g^k} + V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + 0,0124 (9H^i + W^i) + 0,0161 \alpha_T V^0 \quad (3.45)$$

Qurug gazlarda CO_2 , SO_2 va RO_2 larning tarkibi (%) yoqilg'i to'liq yonishida quyidagicha aniqlanadi:

$$CO_2 = (V_{CO_2} / V_{q.g}) 100; \quad (3.46)$$

$$SO_2 = (V_{SO_2} / V_{q.g}) 100; \quad (3.47)$$

$$RO_2 = (V_{RO_2} / V_{q.g}) 100. \quad (3.48)$$

Yoqilg'i to'liq yonishida RO_2^{max} uch atomli gazlarning maksimal tarkibi (%) quyidagicha aniqlanadi:

$$RO_2^{max} = 21 / (1 + \beta), \quad (3.49)$$

bu yerda β – yoqilg'i xarakteristikasi;

qattiq va suyuq uchun

$$\beta = 2,35 (H^i - 0,1260 \pm 0,04N^i) / (C^i + 0,375 S_{uch}^i); \quad (3.50)$$

gazsimon uchun

$$\beta = 0,21 \frac{0,0N_2 + 0,79V^0}{V_{RO_2}} - 0,79. \quad (3.51)$$

Yoqilg'i to'liq yonishida quruq gazlarda azot N_2 va kislorod O_2 ning tarkibi (%):

$$N_2 = 100 - RO_2 - O_2; \quad (3.52)$$

$$O_2 = 21 - \beta RO_2 - RO_2. \quad (3.53)$$

Yonish mahsulotlari massasi:

qattiq (slanetslardan tashqari) va suyuq yoqilg'ilar uchun (kg/kg)

$$M_g = 1 - 0,01A^i + 1,306\alpha_r V^0; \quad (3.54)$$

gazsimon uchun yoqilg'ilar uchun (kg/m³)

$$M_l = \rho_{g,r}^a + 0,001d_{g,t} + 1,306\alpha_i V^0, \quad (3.55)$$

bu yerda $\rho_{g,r}^a$ - quruq gaz zichligi, kg/m³;

$d_{g,t}$ - yoqilg'i da namlikning tarkibi, kg/m³;

slanetslar uchun (kg/kg)

$$M_{g,k} = 1 - 0,01 A_x^r + 1,306\alpha_r V^0 + 0,01 (SO_2)_i^r K, \quad (3.56)$$

bu yerda A_x^i - parchalanmagan karbonatlarni hisobga olgan holda yoqilg'i da kulning

hisob tarkibi, %;

K - karbonatlarni parchalanish koeffitsienti: [10,15] ga muvofiq qatlamli yoqishda $K = 0,7$, kameralida – 1,0 ga teng.

Parchalanmagan karbonatlarni hisobga olgan holda yoqilg'ida kulning hisob tarkibi (%):

$$A_K^i = A^i + (1 - K) (SO_2)_q^i. \quad (3.57)$$

Yonish mahsulotlaridagi kulning konsentratsiyasi qattiq yoqilg'ilar uchun quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\mu_{31} = A^i a_{ol, ket} / (100 / M_g), \quad (3.58)$$

bu yerda $a_{ol, ket}$ – yonish mahsulotlari olib ketadigan yoqilg'i kulining ulushi.

O'choqdagi ortiqcha havo koeffitsienti. Yoqilg'ining to'liq yonishidagi o'txonadagi ortiqcha havo koeffitsienti quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\alpha_{o_1} = 21 / \left(21 - 79 \frac{O_2}{N_2} \right). \quad (3.59)$$

bu yerda O_2 va N_2 – gazlardagi kislorod va azotning tarkibi, %.

3.27-masala. $SO_2 = 0,3\%$; $SN_4 = 97,2\%$; $S_2N_6 = 0,5\%$; $S_3N_8 = 0,5\%$; $C_4H_{10} = 0,5\%$; $N_2 = 1,0\%$ tarkibli 1 m^3 Stavropolsk tabiiy gazining to'liq yonishida o'txonadan chiqishdagi to'liq yonishdagi mahsulotlarning hajmi, havoning nazariy va haqiqiy hajmini aniqlang. O'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{o_1} = 1,4$.

Yechish: 1 m^3 yoqilg'ini to'liq yonishida zarur bo'lgan havoning nazariy hajmini (3.28) ifodadan aniqlaymiz:

$$V^o = 0,0478[0,5SO + 0,5N_2 + 1,5H_2S + 2SN_4 + \Sigma \times (t + n/4) S_m N_n - O_2] = \\ = 0,0478 (2 \cdot 97,2 + 3,5 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,5 + 6,5 \cdot 0,5) = 9,65 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

Havoning haqiqiy hajmini (3.30) ifodadan aniqlaymiz:

$$V_h = \alpha_o \cdot V^o = 1,4 \cdot 9,55 = 13,51 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

$\alpha_{o1} = 1,4$ da quruq gazlarning hajmi (3.43) ifodadan topamiz:

$$V_{q,g} = V_{RO_2} + V_{N_2}^o + (\alpha_{yo} - 1) V^o - 0,01 (SO_2 + SO + H_2S + SN_4 + 2S_2N_6 + \\ + 3S_3N_8 + 4S_4N_{10}) + 0,79V^o + N_2/100 + (\alpha_{yo} - 1) V^o = 0,01 (0,3 + 97,2 + \\ + 2 \cdot 0,5 + 3 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,5) + 0,79 \cdot 9,65 + 1,0/100 + (1,4 - 1)9,65 = \\ = 10,51 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

$\alpha_o = 1,4$ da suv bug'larining hajmi (3.44) ifodadan topamiz:

$$V_{H_2O} = 0,01 (H_2S + N_2 + 2SN_4 + 3S_2N_6 + 4S_3N_8 + 5C_4H_{10} + 0,124d_t) + \\ + 0,0161\alpha_T V^o = 0,01 (2 \cdot 97,2 + 3 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,5) + \\ + 0,0161 \cdot 1,4 \cdot 9,65 = 2,16 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

To'liq yonishda maxsulotlarning hajmi (3.31) ifodadan aniqlanadi:

$$V_g = V_{q,g} + V_{H_2O} = 10,51 + 2,16 = 12,67 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

Javob: $V_g = 12,67 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $V^o = 9,65 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $V_h = 13,51 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

3.28-masala. $C^i = 55,2\%$; $H^i = 3,6\%$; $S_{neb}^i = 1,0\%$; $N^i = 1,0\%$; $O^i = 5,2\%$; $A^i = 25,6\%$; $W^i = 8,4\%$ tarkibli 1 kg K markali Qarag'anda ko'mirining to'liq yonishida o'txonadan chiqishdagi mahsulotlarning hajmini aniqlang. O'txonadagi havoning

ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,2$.

Yechish: 1 kg yoqilg'ini to'liq yonishida zarur bo'lgan havoning nazariy hajmini (3.27) ifodadan aniqlaymiz:

$$V^o = 0,089C^i + 0,266N^i + 0,033 (S_{uch}^i - O^i) = 0,089 \cdot 55,2 + 0,266 \cdot 3,6 + 0,033 (1,0 - 5,2) = 5,73 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

$\alpha_o = 1,2$ da quruq gazlarning hajmi (3.43) ifodadan topamiz:

$$\begin{aligned} V_{c.g} &= V_{RO_2} + V_{N_2}^o + (\alpha_{yo} - 1) V^o = 0,0187 H(C^i + 0,375 S_1^i) + 0,79 V^o + \\ &+ 0,8 N^i / 100 + (\alpha_{yo} - 1) V^o = 0,0187 (55,2 + 0,375 \cdot 1,0) + 0,79 \cdot 5,73 + \\ &+ 0,8 \cdot 1,0 / 100 + (1,2 - 1) 5,73 = 6,72 \text{ m}^3/\text{kg}. \end{aligned}$$

$\alpha_o = 1,2$ da suv bug'larining hajmi (3.44) ifodadan topamiz:

$$\begin{aligned} V_{H_2O} &= 0,0124 (9N^i + W^i) + 0,0161 \alpha_{yo} V^o = 0,0124 \times (9 \cdot 3,6 + 8,4) + \\ &+ 0,0161 \cdot 1,2 \cdot 5,73 \approx 0,62 \text{ m}^3/\text{kg}. \end{aligned}$$

To'liq yonishda maxsulotlarning hajmi (3.31) ifodadan aniqlanadi:

$$V_g = V_{c.g} + V_{H_2O} = 6,72 + 0,62 = 7,34 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Javob: $V_g = 7,34 \text{ m}^3/\text{kg}$.

3.29.-masala. $C^i = 55,2 \%$; $H^i = 3,8 \%$; $S_{uch}^i = 3,2 \%$; $N^i = 1,0 \%$; $O^i = 5,8 \%$; $A^i = 23,0 \%$; $W^i = 8,0 \%$ tarkibli 1000 kg G markali Donetsk ko'mirini qatlamli yoqish uchun havoning nazariy va haqiqiy hajmini aniqlang. O'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,3$.

Javob: $V^o = 5830 \text{ m}^3$; $V_d = 7579 \text{ m}^3$.

3.30.-masala. $C^i = 45,0\%$; $H^i = 2,6\%$; $S_{uch}^i = 1,7\%$; $N^i = 0,4\%$; $O^i = 9,9\%$; $A^i = 11,4\%$; $W^i = 29,0\%$ tarkibli 800 kg/soat BZ markali lenger ko'miri: $C^i = 43,4\%$; $H^i = 2,9\%$; $S_{uch}^i = 0,8\%$; $N^i = 0,8\%$; $O^i = 7,0\%$; $A^i = 38,1\%$; $W^i = 7,0\%$ tarkibli 500 kg/s B3 markali ekibastuzsk ko'mirini yoqish uchun zarur bo'lgan havo hajmini aniqlang. O'txona kamerasida havoning ortiqchalik ko'effitsienti $\alpha_o = 1,4$ va $1,3$.

Javob: $V_d = 7823 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.31.-masala. $SO_2 = 0,5\%$; $SN_4 = 92,8\%$; $S_2N_6 = 2,8\%$; $S_3N_8 = 0,9\%$; $S_4N_{10} = 0,4\%$; $C_5H_{12} = 0,1\%$; $N_2 = 2,5\%$ tarkibli 2000 m^3/s Stavropol tabiiy gaz va 1000 m^3/s Sankt Peterburg tabiiy gazining tarkibidagi: $SO_2 = 0,1\%$; $SN_4 = 89,7\%$; $S_2N_6 = 5,2\%$; $S_3N_8 = 1,7\%$; $S_4N_{10} = 0,5\%$; $S_5H_{12} = 0,1\%$; $N_2 = 2,7\%$ tarkibli 1000 m^3/s Sankt Peterburg tabiiy gazini yoqish uchun zarur havoning nazariy va haqiqiy hajmini aniqlang.

O'txonadagi havoning ortiqchalik ko'effitsienti $\alpha_{o1} = 1,15$ va $1,1$.

Javob: $V^o = 29\,360 \text{ m}^3/\text{s}$; $V_d = 33\,264 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.32.-masala. $S^g = 78,5\%$; $N^g = 5,6\%$; $S_{uch}^g = 0,4\%$; $N^g = 2,5\%$; $O^g = 13,0\%$, quruq massa kulliligi $A^i = 15,0\%$ va ishchi namligi $W^i = 12,0\%$ tarkibli 2000 kg D markali Kuznetsk ko'mirini qatlamli yoqish uchun zarur havoning nazariy va haqiqiy hajmini aniqlang. O'txonadagi havoning ortiqchalik ko'effitsienti $\alpha_o = 1,3$.

Javob: $V^o = 12\,040 \text{ m}^3$; $V_d = 15\,652 \text{ m}^3$.

3.33.-masala. $C^g = 74,0\%$; $N^g = 9,5\%$; $S_{uch}^g = 6,1\%$; $N^g = 0,4\%$; $O^g = 10,0\%$; $A^i = 46,0\%$; $W^i = 11,5\%$ i (SO_2) $i = 16,4\%$ tarkibli 1500 kg Sankt Peterburg slanetsini qatlamli yoqish uchun zarur havoning nazariy va haqiqiy hajmini aniqlang.

Javob: $V^o = 3765 \text{ m}^3$

3.34.-masala. Qozon o'chog'ida $C_1^i = 58,7\%$; $H_1^i = 4,2\%$; $(S_{uch}^i)_1 = 6,3\%$; $N_1^i = 1,9\%$; $O^i = 9,7\%$; $A_1^i = 13,2\%$; $W_1^i = 12,0\%$ tarkibli $2 \cdot 10^3$ kg D markali Kuznetsk ko'miri va $Q_2^i = 66,0\%$; $H_2^i = 4,7\%$; $(S_{uch}^i)_2 = 0,5\%$; $N_2^i = 1,8\%$; $O_2^i = 7,5\%$; $A_2^i =$

11,0%; $W_2^i = 8,5\%$ tarkibli $3 \cdot 10^3$ kg G markali Kuznetsk ko'mirini aralashmasini yoqish uchun quruq havoning nazariy hajmi aniqlansin.

Javob: $V_{cv}^0 = 32700 \text{ m}^3$.

3.35.-masala. Qozon o'chog'ida $C^i = 59,6\%$; $H^i = 3,8\%$; $S_{uch}^i = 0,8\%$; $N^i = 1,3\%$; $O^i = 5,4\%$; $A^i = 23,6\%$; $W^i = 5,5\%$ tarkibli J markali Vorkuta ko'miri yoqiladi. Yoqilg'ini to'liq yoqilishida quruq havoning hajmi aniqlansin. O'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,3$.

Javob: $V_{s.g} = 7,84 \text{ m}^3/\text{kg}$.

3.36.-masala. $C^i = 24,7\%$; $H^i = 2,6\%$; $S_{uch}^i = 0,1\%$; $N^i = 1,1\%$; $O^i = 15,2\%$; $A^i = 6,3\%$; $W^i = 50,0\%$ tarkibli 10^3 kg/s frezer torfi qatlamlarida to'liq yonishida suv bug'larining hajmi aniqlansin. O'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,35$ va $1,4$.

Javob: $V_{H_2O} = 963 \text{ m}^3/\text{s}$; $V_{H_2O} = 965 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.37.-masala. Qozon o'chog'ida $SO_2 = 0,2\%$; $SN_4 = 983\%$; $C_2H_6 = 0,2\%$; $S_3N_8 = 0,1\%$; $N_2 = 1,0\%$ tarkibli 600 m^3 Uger tabiiy gazi yoqiladi. O'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{o,t} = 1,15$ da yonish mahsulotlarining hajmi aniqlansin.

Javob: $V_g = 7210 \text{ m}^3$.

3.38.-masala. $C^g = 78,5\%$; $N^g = 5,6\%$; $S_{uch}^g = 0,4\%$; $N^g = 2,5\%$; $O^g = 13,0\%$; quruq massa kulliligi $A^g = 15,0\%$ va ishchi namligi $W^i = 12,0\%$ tarkibli 800 kg D markali Kuznetsk ko'miri qatlamida to'liq yonishda hosil bo'ladigan quruq gazlarning hajmi aniqlansin. O'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,3$.

Javob: $V_{g.g} = 6141 \text{ m}^3$.

3.39.-masala. $C^i = 62,9\%$; $H^i = 3,6\%$; $S_{uch}^i = 3,2\%$; $N^i = 1,3\%$; $O^i = 1,9\%$; $A^i = 21,8\%$; $W^i = 5,3\%$ tarkibli 1 lp T markali Donetsk ko'mirini to'liq yonishida ajraladigan 2 va 3 atomli gazlar va SO_2 va SO_2 quruq gazlarning hajmini aniqlang. Tutun gazlari to'liq yonishida $RO_2^{max} = 16,8\%$ ni tashkil etadi.

Yechish: 3 atomli gazlarning hajmini (3.33) ifodadan aniqlaymiz:

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = 0,0187 (C^i + 0,375 S_{uch}^i) = 0,0187 \times \\ \times (62,9 + 0,375 \cdot 3,2) \approx 1,20 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Quruq gazning hajmini (3.48) ifodadan aniqlaymiz:

$$C_{q.g} = \frac{V_{RO_2}}{RO_2^{max}} 100 = \frac{1,20}{16,8} 100 = 7,14 \text{ m}^3/\text{kg}$$

2 atomli gazlarning hajmi

$$V_{R_2} = V_{q.g} - V_{RO_2} = 7,14 - 1,20 = 5,94 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Quruq gazdagi SO_2 tarkibi (3.46)dan aniqlanadi:

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_{q.g}} 100 = \frac{0,0187 C^i}{V_{q.g}} 100 = \frac{0,0187 \cdot 62,9}{7,14} 100 \approx 16,5\%$$

Quruq gazdagi SO_2 tarkibi (3.47)dan aniqlanadi:

$$SO_2 = \frac{V_{SO_2}}{V_{q.g}} 100 = \frac{0,0187 \cdot 0,375 S_{uch}^i}{V_{q.g}} 100 = \frac{0,0187 \cdot 0,375 \cdot 3,2}{7,14} 100 = 0,315\%.$$

Javob: $CO_2 = 16,5\%$; $SO_2 = 0,315\%$.

3.40.-masala. $C^i = 45,4\%$; $H^i = 3,5\%$; $S_{uch}^i = 1,3\%$; $N^i = 0,9\%$; $O^i = 8,9\%$; $A^i = 27,0\%$; $W^i = 13,0\%$ tarkibli 1 kg G markali Tikbul ko'mirini to'liq yonishida 3 atomli gaz va ulardagi SO_2 va SO_2 ning tarkibini aniqlang. Tutun gazlari uchun

$RO_2^{\text{max}} = 18,7\%$ ni tashkil etadi.

Javob: $V_{RO_2} = 0,86 \text{ m}^3/\text{kg}$; $SO_2 = 18,5\%$, $SO_2 = 0,2\%$.

3.41.-masala. $C^i = 24,7\%$; $N^i = 2,6\%$; $S_{\text{uch}}^i = 0,1\%$; $N^i = 1,1\%$; $O^i = 15,2\%$; $A^i = 6,3\%$; $W^i = 50,0\%$ tarkibli 1000 kg frezer torfi yonishida ajralgan quruq tutun gazlarining hajmini aniqlang. Tutun gazlarining to'liq yonishida $RO_2 = 15,0\%$ va o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,3$ ni tashkil etadi.

Javob: $V_{o.g} = 3066 \text{ m}^3$.

3.42.-masala. O'txonada $C^i = 55,2\%$; $H^i = 3,8\%$; $S_{\text{uch}}^i = 3,2\%$; $N^i = 1,0\%$; $O^i = 5,8\%$; $A^i = 23,0\%$; $W^i = 8,0\%$ tarkibli $5 \cdot 10^3 \text{ kg/s}$ Donetsk ko'miri yoqiladi. Yoqilg'ini to'liq yonishida tutun gazlarida RO_2 16 dan 14% ga kamayishi ma'lum bo'lsa, o'choqqa beriladigan havo hajmi qanchaga ortadi.

Javob: $V_B = 5949 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.43.-masala. Qozon o'chog'ida $C^i = 84,65\%$; $H^i = 11,7\%$; $S_{\text{uch}}^i = 0,3\%$; $O^i = 0,3\%$; $A^i = 0,05\%$; $W^i = 3,0\%$ tarkibli $2 \cdot 10^3 \text{ kg/s}$ kam oltingugurtli mazut yoqiladi. Yoqilg'ini to'liq yonishida tutun gazlarida RO_2 15 % dan 12 % ga kamayishi ma'lum bo'lsa, o'choqqa beriladigan havo hajmi qanchaga ortadi.

Javob: $V_h = 6666 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.44.-masala. Qozon o'chog'ida sinov vaqtida $C^i = 58,7\%$; $H^i = 4,2\%$; $S_{\text{uch}}^i = 0,3\%$; $N^i = 1,9\%$; $O^i = 9,7\%$; $A^i = 13,2\%$; $W^i = 12,0\%$ tarkibli $3 \cdot 10^3 \text{ kg/s}$ D markali Kuznetsk ko'miri yoqilgan. Sinovning birinchi yarmida yoqilg'ini to'liq yonishida mahsulotlarning $RO_2 = 18\%$ va va ikkinchi yarmida 15 % ga kamaydi. Sinovning birinchi va ikkinchi yarmida oralig'ida O'txonaqa qancha havo hajmi berilganini aniqlang.

Javob: $V_h = 4650 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.45.-masala. $C^i = 20,6\%$; $H^i = 2,7\%$; $S_{\text{uch}}^i = 1,7\%$; $N^i = 0,1\%$; $O^i = 2,8\%$; $A^i = 46,0\%$; $W^i = 11,5\%$, $(SO_2) S^i = 16,4\%$ tarkibli 1 kg Sankt Peterburg slanetsini to'liq yonishida ajralgan mahsulotlarning hajmi aniqlansin. O'txonadagi havoning

ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,3$.

Javob: $V_g = 2,96 \text{ m}^3/\text{kg}$.

3.46.-masala. Tutun gazlari $\text{RO}_2 = 18\%$ ni tashkil etganda $\text{C}=54,7\%$; $\text{H}^i=3,3\%$; $\text{S}_{\text{uch}}^i=0,8\%$; $\text{N}^i=0,8\%$; $\text{O}^i=4,8\%$; $\text{A}^i=27,6\%$; $\text{W}^i=8,0\%$ tarkibli $2 \cdot 10^3 \text{ kg/s}$ K markali Qarag'anda ko'mirini to'liq yonishida ajralgan mahsulotlarning hajmi aniqlansin.

Javob: $V_g = 12 560 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.47.-masala. $\text{C}^i=63,8\%$; $\text{H}^i=1,2\%$; $\text{S}_{\text{uch}}^i=1,7\%$; $\text{N}^i=0,6\%$; $\text{O}^i=1,3\%$; $\text{A}^i=22,9\%$; $\text{W}^i=8,5\%$ tarkibli A markali Donetsk ko'mirini to'liq yonishida mahsulotlardagi 3 atomli gazlarning maksimal tarkibi aniqlansin.

Javob: $\text{RO}_2^{\text{max}} = 20,2 \%$.

3.48.-masala. Qozon o'chog'ida $\text{C}_1^i = 49,3\%$; $\text{H}_1^i = 3,6\%$; $(\text{S}_{\text{uch}}^i)_1 = 3,0\%$; $\text{N}_1^i = 1,0\%$; $\text{O}_1^i = 8,3\%$; $\text{A}_1^i = 21,8\%$; $\text{W}_1^i = 13,0\%$ tarkibli $2 \cdot 10^3 \text{ kg/s}$ Donetsk ko'miri va Donetsk G markali ko'mirning tarkibidagi: $\text{C}_2^i = 55,2\%$; $\text{H}_2^i = 3,8\%$; $(\text{S}_{\text{uch}}^i)_2 = 3,2\%$; $\text{N}_2^i = 1,0\%$; $\text{O}_2^i = 5,8\%$; $\text{A}_2^i = 23\%$; $\text{W}_2^i = 8\%$ tarkibli $3 \cdot 10^3 \text{ kg/s}$ D markali Donetsk ko'mirlari aralashmasi yoqiladi. Agar O'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,3$ bo'lsa, aralashmani to'liq yonishida ajralgan gaz hajmini aniqlang.

Javob: $V_g = 37 480 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.49.-masala. $\text{SO}_2 = 0,1\%$; $\text{SN}_4 = 85,8\%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 0,2\%$; $\text{S}_3\text{N}_8 = 0,1\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,1\%$; $\text{N}_2 = 13,7\%$ tarkibli $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ Radchenkovsk tabiiy gazini to'liq yonishida ajralgan gaz hajmi aniqlansin. O'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,1$.

Javob: $V_g = 10230 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.50.-masala. Qozon o'chog'ida $\text{C}^i=35,7\%$; $\text{H}^i=2,9\%$; $\text{S}_{\text{uch}}^i=0,3\%$; $\text{N}^i=0,7\%$; $\text{O}^i=12,1\%$; $\text{A}^i=24,3\%$; $\text{W}^i=24,0\%$ tarkibli 1 kg BZ markali Artemov ko'miri yoqiladi. $\text{RO}_2 = 18 \%$ bo'lsa, yonish mahsulotlari hajmi va ulardagi kislorod O_2 miqdorini aniqlang.

Javob: $V_g = 4,16 \text{ m}^3/\text{kg}$; $O_2 = 1,3 \%$.

3.51.-masala. Qozon o'chog'ida $C^i=50,1\%$; $H^i=4,0\%$; $S_{uch}^i=0,1\%$; $N^i=0,7\%$; $O^i=12,2\%$; $A^i=11,9\%$; $W^i=21,0\%$ tarkibli BZ markali 1 kg Anadir ko'miri yoqiladi. Agar $RO_2 = 16\%$ bo'lsa, yoqilg'i to'liq yonishida havoning ortiqchalik koeffitsientini aniqlang.

Javob: $\alpha_{o_2} = 1,2$.

3.52.-masala. Qozon o'chog'ida $C^i=62,7\%$; $H^i=3,1\%$; $S_{uch}^i=2,8\%$; $N^i=0,9\%$; $O^i=1,7\%$; $A^i=23,8\%$; $W^i=5,0\%$ tarkibli T markali Donetsk ko'miri yoqiladi. Agar $RO_2 = 15\%$ bo'lsa, azot N_2 ning miqdori va yoqilg'i to'liq yonishida havoning ortiqchalik koeffitsientini aniqlang.

Javob: $V_{N_2} = 5,09 \text{ m}^3/\text{kg}$; $\alpha_o = 1,26$.

3.53.-masala. Agar yonish mahsulotlari uchun $RO_2 = 16,0\%$ va $\alpha_2 = 4,0\%$ bo'lsa, $SO_2 = 1,2\%$; $SN_4 = 91,9\%$; $S_2N_6 = 2,1\%$; $S_3N_8 = 1,3\%$; $S_4N_{10} = 0,4\%$; $S_5N_{12} = 0,1\%$; $N_2 = 3,0\%$ tarkibli Saratov tabiiy gazini to'liq yonishida quruq gazlarning hajmi va havoning ortiqchalik koeffitsientini aniqlang.

Javob: $V_{s.g} = 6,44 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $\alpha_o = 1,23$.

3.54.-masala. Qozon o'chog'ida $C^i=30,4\%$; $H^i=1,7\%$; $S_{uch}^i=0,3\%$; $N^i=0,5\%$; $O^i=12,2\%$; $A^i=7,9\%$; $W^i=47,0\%$ tarkibli 1 kg B1 markali Raychixin ko'miri yoqiladi. Agar $RO_2 = 16,0\%$ bo'lsa, kislorod O_2 miqdorini va havoning ortiqchalik koeffitsientini aniqlang.

Javob: $O_2 = 4,8\%$; $\alpha_o = 1,3$.

3.55.-masala. $C^i=20,6\%$; $H^i=2,7\%$; $S_{uch}^i=1,7\%$; $N^i=0,1\%$; $O^i=2,8\%$; $A^i=46,0\%$; $W^i=11,5\%$; $(CO_2)_k$ tarkibli 1 kg Sankt Peterburg slanetsini to'liq yonishida ajraladigan yonish mahsulotlarining massasi va kul konsentratsiyasini aniqlang. O'txonada havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{o_2}=1,2$.

Yechish: parchalanmagan karbonatlarni hisobga olgan holda yoqilg'idagi kulning hisobiy miqdorini (3.57) ifodadan aniqlaymiz;

$$A_k^i = A^i + (1 - K) (SO_2)_k^i = 46,0 + (1 - 0,7) 16,4 = 50,9\%.$$

1 kg yoqilg'ini to'liq yonishi uchun havoning zarur nazariy hajmi (3.27) ifodadan topamiz:

$$V^o = 0,089C^i + 0,266N^i + 0,033 (S_{uch}^i - O^i) = 0,089 \cdot 20,6 + 0,266 \cdot 2,7 + 0,033 (1,7 - 2,8) = 2,52 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Yonish mahsulotlari massasini (3.56) ifodadan aniqlaymiz:

$$M_{g,k} = 1 - 0,01 A_k^i + 1,306 \alpha_{yo} V^o + 0,01 ((SO_2)_k^i) = 1 - 0,01 \cdot 50,9 + 1,306 \cdot 1,2 \cdot 2,52 + 0,01 \cdot 16,4 \cdot 0,7 = 4,55 \text{ kg/kg}.$$

(3.58) ifodadan yonish mahsulotlarida kulining kontsentratsiyasini aniqlaymiz:

$$\mu_{ak} = \frac{A^i \alpha_{yr}}{M_{g,k}} = \frac{46 \cdot 0,98}{4,55 \cdot 100} = 0,0991$$

Javob: $M_{g,k} = 55 \text{ kg/kg}$; $\mu_{ak} = 0,0991$.

3.56.-masala. Agar yonish mahsulotlari olib ketadigan yoqilg'i kulining ulushi $a_{un} = 0,85$ bo'lsa, $C^i = 54,7\%$; $H^i = 3,3\%$; $S_{uch}^i = 0,8\%$; $N^i = 0,8\%$; $O^i = 4,8\%$; $A^i = 27,6\%$; $W^i = 8,0\%$ tarkibli 1 kg K markali Qarag'anda ko'mirini to'liq yonishida ajraladigan yonish mahsulotlarining massasi va kul kontsentratsiyasini aniqlang. O'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,3$.

Javob: $M_g = 9,25 \text{ kg/kg}$; $\mu_{kul} = 0,0253$.

3.57.-masala. Agar quruq gazning zichligi $\rho_{gr}^k = 0,728 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, $SO_2 =$

0,2%; $SN_4 = 98,2\%$; $S_2N_6 = 0,4\%$; $S_3N_8 = 0,1\%$; $S_4N_{10} = 0,1\%$; $N_2 = 1,0\%$ tarkibli Stavropol tabiiy gazini to'liq yonishida ajraladigan yonish mahsulotlari massasini aniqlang. O'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,15$.

Javob: $M_g = 15 \text{ kg/m}^3$.

3.4. Yonish mahsulotlari va havo entalpiyasi

1 kg qattiq, suyuq yoki 1 m^3 gazsimon yoqilg'ining yonish mahsulotlari entalpiyasi (kJ/kg , kJ/m^3) $\alpha_o = 1$ dagi yonish mahsulotlari I_g^0 , $(\alpha_{yo} - 1)$ da ortiqcha havo I_h^0 va $A_{pr \text{ ol.ket}} > 1,43 \text{ kg}\cdot\% \cdot 10^{-3}/\text{kJ}$ da kul I_k entalpiyalari yig'indisidan aniqlanadi.

$$I_g = I_g^0 + (\alpha_{yo} - 1)I_h + I_k. \quad (3.60)$$

$\alpha_o = 1$ va gaz haroratida ϑ , $^{\circ}\text{C}$ yonish mahsulotlari entalpiyasi (kJ/kg , kJ/m^3) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$I_g^0 = V_{RO_2}(c\vartheta)_{CO_2} + V_{N_2}^0(c\vartheta)_{N_2} + V_{H_2O}^0(c\vartheta)_{H_2O}, \quad (3.61)$$

bu yerda V_{RO_2} , $V_{N_2}^0$, $V_{H_2O}^0$ - yoqilg'i yonish mahsulotlarining nazariy hajmlari, m^3/kg (m^3/m^3);

$(s\vartheta)_{SO_2}$, $(c\vartheta)_{N_2}$, $(s\vartheta)_{N_2O}$ - uglekislota, azot va suv bug'larining mos ravishda entalpiyalari, kJ/m^3 .

$\alpha_o = 1$ va gaz haroratida ϑ , $^{\circ}\text{C}$ havoning entalpiyasi (kJ/kg , kJ/m^3) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$I_h^0 = V^0 (c\vartheta)_v, \quad (3.62)$$

bu yerda V^0 havoning nazariy hajmi, m^3/kg (m^3/m^3);

$(s\vartheta)_h$ - havoning entalpiyasi, kJ/m^3 .

Kulning entalpiyasi (kJ/kg):

$$I_{kul} = \frac{A' a_{ul}}{100} (c\vartheta)_k, \quad (3.63)$$

bu yerda a_{ul} yonish mahsulotlari olib ketadigan yoqilg'i kulining ulushi;

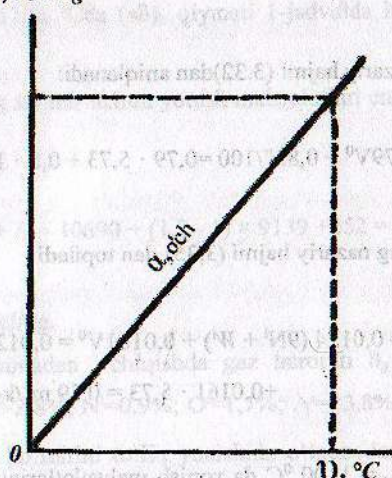
$(s\vartheta)_{kul}$ - kulning entalpiyasi, kJ/kg ,

1-jadvalda yoqilg'ini to'liq yonish mahsulotlari, havo va kulning entalpiyalari keltirilgan (Ilovaga qarasin).

Yonish mahsulotlari uchun $I\vartheta$ - diagramma. $I\vartheta$ - diagramma quyidagi tartibda quriladi: yoqilg'ining yonish haroratining bir necha qiymatlari ϑ va ular uchun yonish mahsulotlari entalpiyalari hisoblanadi. Keyin harorat va entalpiya uchun koordinata to'g'ri burchak tizimida masshtablar tanlanadi, $I = f(\vartheta)$ nuqtalar bo'yicha to'g'ri chiziq o'tkaziladi (3.1. - rasm).

$I\vartheta$ - diagramma bo'yicha qozon o'txonasidagi nazariy harorati topiladi.

$I, \text{kJ/kg}$



3.1. - rasm. Yonish mahsulotlari uchun $I\theta$ - diagrammasi

3.58.-masala. Agar o'txonadan chiqishda gaz harorati $\theta_g = 1100^\circ\text{C}$, yonish mahsulotlari olib ketadigan yoqilg'i kulining ulushi $a_{ul} = 0,9$, yonayotgan yoqilg'ining kulni olib ketish keltirilgan kattaligi $A_{pr-un} = 4,6 \text{ kg} \cdot \% \times 10^{-3} \text{ kJ}$ bo'lsa, $C^i = 55,2\%$; $H^i = 3,6\%$; $S^i_{uch} = 1,0\%$; $N^i = 1,0\%$; $O^i = 5,2\%$; $A^i = 25,6\%$; $W^i = 8,4\%$ tarkibli 1 kg T markali Qarag'anda ko'mirini to'liq yonishida ajraladigan yonish mahsulotlarini o'txonadan chiqishdagi entalpiyasini aniqlang, o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,2$.

Yechish: Xavoning zarur nazariy hajmi (3.27) ifodadan aniqlanadi:

$$V^o = 0,089C^i + 0,266 + N^i + 0,033 \times (S^i_{uch} - O^i) = 0,089 \cdot 55,2 + 0,266 \cdot 3,6 + 0,033 (1,0 - 5,2) = 5,73 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

3 atomli gazlarning hajmi (3.33)dan topiladi:

$$V_{RO_2} = 0,0187 (C^i + 0,375 S_{uch}^i) = 0,0187 (55,2 + 0,375 \cdot 1,0) = 1,04 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Azotning nazariy hajmi (3.32)dan aniqlanadi:

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + 0,8N^0/100 = 0,79 \cdot 5,73 + 0,8 \cdot 1,0 / 100 = 4,53 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Suv bug'ining nazariy hajmi (3.35) dan topiladi:

$$V_{N_2O}^0 = 0,0124 (9N^i + W^i) + 0,0161V^0 = 0,0124 \times (9 \cdot 3,6 + 8,4) + \\ + 0,0161 \cdot 5,73 = 0,59 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

$\alpha_{O_2} = 1$ va $\vartheta_g = 1100^\circ\text{C}$ da yonish mahsulotlarining entalpiyasi (3.61) dan aniqlaymiz:

$$I_g^0 = V_{RO_2} (s\vartheta)_{SO_2} + V_{N_2}^0 (s\vartheta)_{N_2} + V_{N_2O}^0 (s\vartheta)_{N_2O} = \\ = 1,04 \cdot 2457 + 4,53 \cdot 1545 + 0,59 \cdot 1926 = 10690 \text{ kJ/kg}.$$

$\vartheta_g = 1100^\circ\text{C}$ da $(s\vartheta)_{SO_2}$, $(s\vartheta)_{N_2}$ va $(s\vartheta)_{N_2O}$ qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan (Ilovaga qaralsin).

$\vartheta_g = 1100^\circ\text{C}$ da 1 kg ko'mir uchun kul entalpiyasi (3.63)dan topiladi:

$$I_k = \frac{A' a_w}{100} (c\vartheta)_k = \frac{25,6 \cdot 0,9}{100} 1096 = 252 \text{ kJ/kg}.$$

Gaz harorati $\vartheta_g = 1100^\circ\text{C}$ da $(s\vartheta)_k$ qiymati 1-jadvalda keltirilgan (Ilovaga qaralsin).

$\alpha_{O_2} = 1$ va gaz harorati $\vartheta_g = 1100^\circ\text{C}$ da havo entalpiyasi (3.62) ifodadan aniqlanadi:

$$I_n^0 = V^0(c\theta)_n = 5,73 \cdot 1595 = 9139 \text{ kJ/kg.}$$

Gaz harorati $\theta_g = 1100^\circ\text{Cda}$ ($s\theta$)_n qiymati 1-jadvalda keltirilgan (Ilovaga qaralsin).

$\theta_g = 1100^\circ\text{Cda}$ 1 kg ko'mir uchun yonish mahsulotlari entalpiyasi (3.60)dan topiladi:

$$I_g = I_g^0 + (\alpha_{yo} - 1) I_n^0 + I_k = 10690 + (1,2 - 1) \times 9139 + 252 = 12770 \text{ kJ/kg.}$$

Javob: $I_g = 12770 \text{ kJ/kg.}$

3.59.-masala. O'txonadan chiqishda gaz harorati $\theta_g = 1100^\circ\text{C}$ bo'lsa, $C^i=62,7\%$; $H^i=3,1\%$; $S^i_{uch}=2,8\%$; $N^i=0,9\%$; $O^i=1,7\%$; $A^i=23,8\%$; $W^i=5,0\%$ tarkibli 1 kg T markali Donetsk ko'mirini to'liq yonishida o'txonadan chiqishda yonish mahsulotlari entalpiyasi aniqlansin.

Javob: $I_g^0 = 11\,774 \text{ kJ/kg.}$

3.60.-masala. Qozon o'txonasida $C^i=63,8\%$; $H^i=1,2\%$; $S^i=1,7\%$; $N^i=0,6\%; $O^i=1,3\%$; $A^i=22,9\%$; $W^i=8,5\%$ tarkibli 1 kg A markali Donetsk ko'miri yoqiladi. O'txonadan chiqishda gaz harorati $\theta_g = 1000^\circ\text{C}$ va o'txonada havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,3$ bulganda ko'mirning to'liq yonishida o'txonadan chiqishda ortiqcha havoning entalpiyasini aniqlang.$

Javob: $I_h = 2604 \text{ kJ/kg.}$

3.61.-masala. Agar o'txonadan chiqishda gaz harorati $\theta_g = 1000^\circ\text{C}$ bo'lsa, $\text{SO}_2 = 0,4\%$; $\text{SN}_4 = 94,0\%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 2,8\%$; $\text{S}_3\text{N}_8 = 0,4\%$; $\text{S}_4\text{N}_{10} = 0,3\%$; $\text{S}_5\text{N}_{12} = 0,1\%$; $\text{N}_2 = 2,0\%$ tarkibli 1 m^3 Gazli tabiiy gazining to'liq yonishida ajraladigan yonish mahsulotlarining o'txonadan chiqishdagi entalpiyasini aniqlang. O'txonada havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,1$.

Javob: $I_g = 18\,034 \text{ kJ/m}^3.$

3.62.-masala. Agar o'txonadan chiqishda gaz harorati $\theta_g = 1000 \text{ C}$ bo'lsa, $\text{SO}_2 = 0,1 \text{ \%}$; $\text{SN}_4 = 92,8 \text{ \%}$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 3,9 \text{ \%}$; $\text{S}_3\text{N}_8 = 1,0 \text{ \%}$; $\text{S}_4\text{N}_{10} = 0,4 \text{ \%}$; $\text{S}_5\text{N}_{12} = 0,3 \text{ \%}$; $\text{N}_2 = 1,5 \text{ \%}$ tarkibli 1 m^3 shebelin tabiiy gazining to'liq yonishida o'txonadan chiqishda ortiqcha havoning entalpiyasini aniqlang. O'txonada havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,1$.

Javob: $I_v = 1431 \text{ kJ/m}^3$.

3.63.-masala. Agar o'txonadan chiqishda gaz harorati $\theta_g = 1000 \text{ C}$ bo'lsa, $\text{C}^i = 8,3 \text{ \%}$; $\text{H}^i = 10,4 \text{ \%}$; $\text{S}^i = 2,8 \text{ \%}$; $\text{O}^i = 0,7 \text{ \%}$; $\text{A}^i = 0,1 \text{ \%}$; $\text{W}^i = 3,0 \text{ \%}$ tarkibli 1 kg yuqori oltingugurtli mazutni to'liq yonishida ajralgan yonish mahsulotlarining o'txonadan chiqishdagi entalpiyasini aniqlang. O'txonada havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,15$.

Javob: $I_g = 21\,377 \text{ kJ/m}^3$.

3.64.-masala. Agar o'txonadan chiqishda gaz harorati $\theta_g = 1100 \text{ }^\circ\text{C}$, yonish mahsulotlari olib ketadigan yoqilg'i kulining ulushi $\alpha_{km} = 0,85$ va yoqilayotgan yoqilg'i kulining olib ketishini keltirilgan kattaligi $A_{pr.un} = 3,72 \text{ kg} \cdot \% \times 10^{-3}/\text{kJ}$ bo'lsa, $\text{C}^i = 55,2 \text{ \%}$; $\text{H}^i = 3,8 \text{ \%}$; $\text{S}_{uch}^i = 3,2 \text{ \%}$; $\text{N}^i = 1,0 \text{ \%}$; $\text{O}^i = 5,8 \text{ \%}$; $\text{A}^i = 23,0 \text{ \%}$; $\text{W}^i = 8,0 \text{ \%}$ tarkibli 1 kg G markali Donetsk ko'mirini to'liq yonishida o'txonadan chiqishda ortiqcha havo va kulning entalpiyasini aniqlang. O'txonada havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,3$.

Javob: $I_h = 2790 \text{ kJ/kg}$; $I_z = 214 \text{ kJ/kg}$.

3.65.-masala. Qozon o'txonasida $\text{C}^i = 55,2 \text{ \%}$; $\text{H}^i = 3,6 \text{ \%}$; $\text{S}_{uch}^i = 1,0 \text{ \%}$; $\text{N}^i = 1,0 \text{ \%}$; $\text{O}^i = 5,2 \text{ \%}$; $\text{A}^i = 25,6 \text{ \%}$; $\text{W}^i = 8,4 \text{ \%}$ tarkibli 1 kg K markali Qarag'anda ko'miri yoqiladi. Yoqilg'ini yonish issiqligi $600 \dots 2000 \text{ }^\circ\text{C}$ oralig'ida yonish mahsulotlari uchun $I\theta$ -diagrammasi chizilsin. O'txonada havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_o = 1,35$.

Yechish: Nazariy zarur havoning hajmini (3.27) ifodadan aniqlaymiz:

$$V^o = 0,089\text{C}^i + 0,266\text{N}^i + 0,033(\text{S}_{uch}^i - \text{O}^i) = 0,089 \times 55,2 + 0,266 \cdot 3,6 +$$

$$+ 0,033 (0,1 - 5,2) = 5,73 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

3 atomli gazlarning hajmini (3.33) ifodadan topamiz:

$$V_{RO_2} = 0,0187 (C^I + 0,375 S^I) = 0,0187 (55,2 + 0,375 \cdot 1,0) = 1,04 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Azotning nazariy hajmini (3.32)dan aniqlaymiz:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 V^0 + 0,8 N^I / 100 = 0,79 \cdot 5,73 + 0,8 \cdot 1,0 / 100 = 4,53 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Suv bug'larining nazariy hajmini (3.35)dan topamiz:

$$V_{H_2O}^0 = 0,0124 (N^I + W^I) + 0,0161 V^0 = 0,0124 \times (9 \cdot 3,6 + 8,4) + 0,0161 \cdot 5,73 = 0,59 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

$\vartheta_g = 600^\circ\text{C}$ da 1 kg ko'mir uchun yonish mahsulotlarining entalpiyasini (3.60) ifodadan aniqlaymiz:

$$I_g = I_g^0 + (\alpha_{y0} - 1) I_h^0 = V_{RO_2} (s\vartheta)SO_2 + V_{N_2}^0 (s\vartheta)N_2 + V_{H_2O}^0 (s\vartheta)N_2O + (\alpha_{y0} - 1) V^0 (s\vartheta)_h = 1,04 \cdot 1222 + 4,53 \times 804 + 0,59 \cdot 967 + (1,35 - 1) \cdot 5,73 \cdot 830 = 7148 \text{ kJ/kg}.$$

$(s\vartheta)SO_2$, $(s\vartheta)N_2$, $(s\vartheta)N_2O$ va $(s\vartheta)_h$ qiymatlarni $\vartheta_g = 600^\circ\text{C}$ xaroratda 1-jadvaldan olinadi (Ilovaga qarang).

$$\vartheta_g = 1000^\circ\text{C} \text{ da}$$

$$I_g = I_g^0 + (\alpha_t - 1) I_h^0 = V_{RO_2} (s\vartheta)SO_2 + V_{N_2}^0 (s\vartheta)N_2 + V_{N_2O}^0 (s\vartheta)N_2O + (\alpha_t - 1) V^0 (s\vartheta)_v = 1,04 \cdot 3240 + 4,53 \times 2009 + 0,59 \cdot 2558 +$$

$$(1,35 - 1) 5,73 \cdot 2076 = 18\,143 \text{ kJ/kg.}$$

$(\text{c9})\text{SO}_2, (\text{c9})\text{N}_2, (\text{s9})\text{N}_2\text{O}$ i $(\text{s9})_h$ qiymatda $\theta_g = 1000^\circ\text{C}$ haroratda I-jadvaldan olinadi (Ilovaga qarang).

$$\theta_g = 2000^\circ\text{Cda}$$

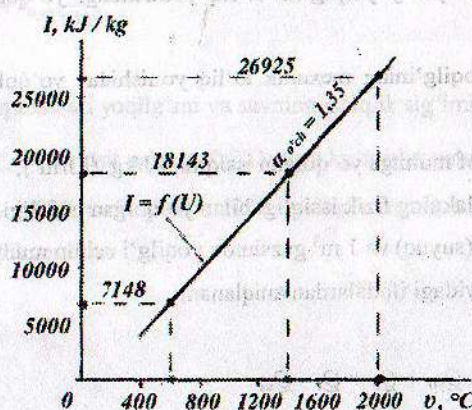
$$\begin{aligned} I_g &= I_g^o + (\alpha_t - 1) I_h^o = V_{\text{RO}_2} (\text{s9})\text{SO}_2 + V_{\text{N}_2}^o (\text{s9})\text{N}_2 + \\ &+ V_{\text{N}_2\text{O}}^o (\text{s9})\text{N}_2\text{O} + (\alpha_t - 1) V^o \times (\text{s9})_h = 1,04 \cdot 4843 + \\ &+ 4,53 \cdot 2964 + 0,59 \cdot 3926 + (1,35 - 1) 5,73 \cdot 3064 = 26\,925 \text{ kJ/kg.} \end{aligned}$$

Topilgan yonish mahsulotlari entalpiyalari qiymatlaridan I_9 – diagrammani quramiz (3.2. - rasm).

4-BOB. QOZON QURILMALARI

4.1 Issiqlik balansi. Qozon agregatining foydali ish koeffitsienti va yoqilg'i sarfi

Qozon agregatining issiqlik balansi deb, agregatga yoqilg'ini yokishda kiradigan issiqlikga tasirlanishi, foydali ishlatiladigan issiqlik va issiqlikni yo'qolishlariga aytiladi. 1 kg qattiq (suyuq) va 1 m³ gazsimon yoqilg'iga tuziladigan issiqlik balansi, qozon agregatining barqaror issiqlik holatida qo'llanadi.



3.2. - rasm. Yoqilg'ini yonish issiqligi 600 ... 2000 °C oralig'ida yonish mahsulotlari uchun I -diagrammasi

Issiqlik balansining tenglamasi (kJ/kg, kJ/m³) quyidagi ko'rinishga ega;

$$Q_m^t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (4.1)$$

yoki mumkin bo'lgan issiqlik yoqilg'idagi foizi

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 100\% \quad (4.2)$$

bunda $q_1 = (Q_1 / Q_m^i) 100\%$;

$q_2 = (Q_2 / Q_m^i) 100$ va boshqalar.

(4.1) va (4.2) ifodalarda:

Q_m^i - mumkin bo'lgan issiqlik miqdori, kJ/kg, (kJ/m³);

$Q_1(q_1)$ - qozon qurilmasida bug' olish uchun foydali ishlatiladigan issiqlik, kJ/kg, (kJ/m³);

$Q_2(q_2)$ - chiqib ketayotgan tutun gazlari bilan yo'qoladigan issiqlik, kJ/kg, (kJ/m³);

$Q_3(q_3)$ - kimyoviy yoqilg'ini to'liq yonishidagi yo'qolgan issiqlik, kJ/kg, (kJ/m³);

$Q_4(q_4)$ - yoqilg'ining mexanik to'liq yonishida yo'qolgan issiqlik, kJ/kg, (kJ/m³);

$Q_5(q_5)$ - atrof muhitga yo'qolgan issiqlik, kJ/kg, (kJ/m³);

$Q_6(q_6)$ - shlakning fizik issiqligi bilan yo'qolgan issiqligi, kJ/kg, (kJ/m³);

1 kg qattiq (suyuq) va 1 m³ gazsimon yoqilg'i uchun mumkin bo'lgan issiqlik (kJ/kg, kJ/m³) quyidagi ifodalardan aniqlanadi;

$$Q_m^i = Q_q^i + Q_{yo} + Q_n + Q_f - Q_k; \quad (4.3)$$

$$Q_m^i = Q_{q_{yuv}}^q + Q_{yo} + Q_{kir,h} + Q_f. \quad (4.4)$$

bunda $Q_{q_{yuv}}^i$ va Q_q^q - qattiq, suyuq ishni massaning yonishdagi va gazsimon yoqilg'ini quruq massasini yonishdagi va gazsimon pastki yonish issiqligi, kJ/kg, (kJ/m³);

Q_{yo} - yoqilg'ini fizik issiqligi, kJ/kg, (kJ/m³);

$Q_{kir,h}$ - o'choqqa havo bilan kiradigan issiqlik, kJ/kg, (kJ/m³);

Q_f - bug'li purkashi bilan o'choqqa kiritiladigan issiqlik, kJ/kg, (kJ/m³);

Q_k - slanelarlarni yonishida ajraladigan karbonatlarga sarflangan issiqlik, kJ/kg.

Yoqilg'ining fizik issiqligi:

$$Q_{yo} = c_{yo}^i t_{yo}. \quad (4.4)$$

bunda c_{yo}^i - yoqilg'i ishchi massasini issiqlik sig'imi, kJ/kg $^{\circ}$ K;

t_{yo} - yoqilg'ini o'choqqa kirishdagi harorati, $^{\circ}$ C.

Yoqilg'i ishchi massasining issiqlik sig'imi

$$c_{yo}^i = c_{to}^e \frac{100 - W^i}{100} + c_{H_2O} \frac{W^i}{100}, \quad (4.5)$$

bunda c_{yo}^e , c_{H_2O} - quruq massali yoqilg'ini va suvning issiqlik sig'imi, kJ/kg $^{\circ}$ K.

[1] ga asosan: c_{yo}^e - antratsit uchun - 0,921; tosh ko'mirlar uchun - 0,962;

qo'ngir ko'mir uchun - 1,088; torf uchun - 1,297 va slanetslar uchun - 1,046.

Mazutning issiqlik sig'imi:

$$c_{yo}^e = 1,74 + 0,0025 t_{yo}. \quad (4.6)$$

Yoqilg'ining fizik issiqligi, agar yoqilg'i qozon agregatidan avval isitilgan bo'lsa, hisobga olinadi (mazutni isitilishi, yoqilg'ini ochiq sistemaga quritilishi va boshqalar)

Havo bilan o'choqqa kiradigan issiqlik;

$$Q_{kir,h} = \alpha_{yo} V^0 c'_{is} \Delta t_h \quad (4.7)$$

bunda α_{yo} - o'choqdagi havoning ortiqchalik koeffitsienti;

V^0 - 1 kg yoqilg'ini yonishi uchun kerak bo'lgan nazariy hajm, m 3 /kg;

c'_{ts} - bosim o'zgarmagandagi havoning o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi, $\text{kJ/m}^3 \cdot ^\circ\text{K}$;

c'_{ph} - havoning harorati 300°C , $c'_{ph} = 1,33 \text{ kJ/m}^3 \cdot ^\circ\text{K}$;

Δt_h - qizitilgan va sovuq havo haroratini farqi, $^\circ\text{C}$.

Bug'ning purkash bilan o'choqqa kiradigan issiqlik:

$$Q_f = W_f (i_f - 2510), \quad (4.8)$$

bunda W_f va i_f - yoqilg'ini maydaligi ketayotgan bug'ning sarfi va entalpiyasi, kg/kg va kJ/kg .

Purkash uchun $V_f = 0,7 \div 0,8 \text{ kg/kg}$, bug'ni forsunkalarda maydalanganida $W = 0,35$; bug'li mexanikda $V_f = 0,03 \div 0,035$.

Yoqilg'ini yonishida karbonatlar hosil bo'lishiga sarflangan issiqlik:

$$Q_k = 40,6^\circ\text{K} (CO_2)_k, \quad (4.8')$$

bunda K - karbonatlarhosil bo'lish koeffitsienti.

Qozon agregatiga foydali ishlatilgan issiqlik (kJ/kg):

$$Q_i = \frac{D_{\text{bug'g}}}{B} \left[(i_{\text{onq.b}} - i_{\text{uz.s}}) + \frac{P}{100} (i_{\text{qoz.s}} - i_{\text{uz.s}}) \right] + D_{\text{to'y.b}} (i_{\text{to'y.b}} - i_{\text{uz.s}}) \quad (4.9)$$

bunda $D_{\text{to'y.b}}$, $D_{\text{onq.b}}$ - o'ta qizigan va to'yingan bug'li sarfi, kg/s ;

B - natural yoqilg'ini sarfi, kg/s ;

$i_{\text{onq.b}}$, $i_{\text{to'y.b}}$, $i_{\text{uz.s}}$, $i_{\text{qoz.s}}$ - o'ta qizigan, to'yingan bug'ni, uzatiluvchi va qozon suvining entalpiyasi, kJ/kg ;

P - uzluksiz purkash kattaligi, %.

Suvni isitib beruvchi qozonlarda foydali ishlatilgan issiqlik (kJ/kg):

$$Q_1 = \frac{M_n}{B} (i_2 - i_1) \quad (4.10)$$

bunda: i_1, i_2 - qozonga tushuvchi va undan chiquvchi suvning entalpiyasi, kJ/kg;

M_n - suvning sarfi, kg/s.

Qozon agregatiga foydali ishlatilgan issiqlik, %:

$$q_1 = (Q_1 / Q_m^i) 100. \quad (4.11)$$

Chiqib ketayotgan gazlar bilan yo'qolgan issiqlik:

$$Q_2 = (V_{ket} c'_{p, ket} \theta_{ket} - \alpha_{ket} V S'_{is, t_h}) \cdot (100 - q_4) / 100 = (I_{ket} \alpha_{ket} I_{s, s}^0) \cdot (100 - q_4) / 100 \quad (4.12)$$

bunda V_{ket} - qozon agregatining oxirgi gaz quvurlaridan chiqib ketayotgan gazlarning hajmi, m^3/kg

$c'_{p, ket}$ - chiqib ketayotgan gazlarning bosim o'zgarmagandagi issiqlik sig'imi, $kJ/m^3 \cdot ^\circ K$;

θ_{ket} - oxirgi gaz quvurlaridan chiqib ketayotgan gazlarning harorati, $^\circ C$.

α_{yo} - havoning ortiqchalik koeffitsienti;

V^0 - 1kg yoqilg'ining yonishida kerak bo'ladigan havoning nazariy xajmi, m^3/kg ;

t_h - qozondagi havoning harorati, $^\circ C$;

q_4 - mexanik to'lik yonib bo'lmagandagi issiqlikni yo'qolishi, %;

$I_{ket}, I_{s, s}^0$ - ketayotgan gazlarni va sovuq havoning entalpiyasi, kJ/kg.

Ketayotgan gazlar bilan yo'qolgan issiqlik (%):

$$q_2 = (Q_1 / Q_m^i) 100 = (I_{ket} - \alpha_{ket} I_{s, s}^0) (100 - q_4) / Q_m^i. \quad (4.13)$$

Yoqilg'ini kimyoviy to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi, u yonilg'i maxsulotlaridagi SO gazini miqdori bilan aniqlanadi:

$$Q_3 = 237 (C^i + 0,375 S_{uch}^i) CO / (RO_2 + SO), \quad (4.14)$$

bunda C^i va S^i - yoqilg'idagi uglerod va oltingugurtin miqdori, %;

RO_2 - uglerod oksidini ketayotgan gazlardagi miqdori, %;

$RO_2 = SO_2 + SO_2 - CO_2$ va SO_2 larning ketayotgan gazlardagi miqdori, %.

Yoqilg'ini kimyoviy to'liq bo'lmagandagi issiqlik (%) yo'qolishi:

$$q_3 = (Q_3 / Q_m^i) 100. \quad (4.15)$$

Yoqilg'ining mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi uchta tarkibni yig'indisidan topiladi:

- yoqilg'ini shlak bilan Q_4^{un} yo'qolgan issiqligi, kJ/kg;

- kolosnikli reshlyotkaga tushib ketayotgandagi yoqilg'ini yo'qotgan issiqligi Q_4^{kel} , kJ/kg;

- ketayotgan gazlardagi olib ketilayotgan yoqilg'i zarrachalarining yo'qotgan issiqligi Q_4^{un} , kJ/kg.

Shunday qilib:

$$Q_4 = Q_4^{shl} + Q_4^{kel} + Q_4^{un}. \quad (4.16)$$

Yoqilg'ini mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi (%):

$$q_4 = \frac{Q_4}{Q_k^i} 100 = \frac{327 A^i}{Q_p^i} \left(a_{shl+kel} \frac{C_{shl+kel}}{100 - C_{shl+kel}} + a_{un} \frac{C_{un}}{100 - C_{un}} \right), \quad (4.17)$$

bu yyerda A^{kul} - yoqilg'idagi kullilikning miqdori, %;

α_{shl-pr} , α_{un} - o'choqqa kiritilgan yoqilg'idagi shlakdagi kukuni, tushumdagi miqdori, %;

$S_{shl-ke1}$, S_{un} - shlakdagi yonuvchilarni, ketayotgandagi tushuvchilarning miqdori, %.

Tashqi muhitga yo'qolgan issiqlik (kJ/kg) qozon agregati yuzasining o'lchamlariga qoplama sifatiga va issiqlik izolyatsiyasiga bog'liqdir.

Hisoblashlarda ushbu yo'qolish qozon agregatini ishlashidagi normativ kattaliklar bilan aniqlanadi va balans tenglamasi bo'yicha aniqlanadi:

$$Q_5 = Q_m^i - (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_6), \quad (4.18)$$

yoki foizda

$$q_5 = 100 - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_6), \quad (4.19)$$

Shlakning fizik issiqligidan yo'qolgan issiqligi (kJ/kg):

$$Q_6 = \alpha_{shl} S_{shl} t_{shl} A^{kul} / 100 \quad (4.20)$$

bunda α_{shl} - shlakdagi yoqilg'i kukunining ulushi.

Kamerali o'choqlar uchun $\alpha_{shl} = 1 - \alpha_{un}$ qatlamli o'choqlarda α_{shl} ga tushishdagi α_{pr} yoqilg'ini ulushini qo'shish kerak bo'ladi:

S_{shl} - shlakning issiqlik sig'imi, kJ/kg $^{\circ}$ K;

t_{shl} - shlakning harorati, $^{\circ}$ C;

A^{kul} - yoqilg'idagi kullilik miqdori, %.

Issiqlikning fizik issiqligidan yo'qolgan issiqlik (%):

$$q_6 = (Q_6 / Q_m^i) 100 = a_{\text{shl}} s_{\text{shl}} t_{\text{shl}} A^i / Q_p^p \quad (4.21)$$

Qozon agregatining (brutto) va (netto) ning foydali ish koeffitsienti. Qozon agregatining (brutto) ning f.i.k. uchun ishlash iqtisodiyligini darajasini xarakterlaydi va ishlatilgan issiqlikni mumkin bo'lgan issiqlikga bo'lgan nisbati bilan xarakterlanadi, ya'ni:

$$\eta_{\kappa s}^{\text{br}} = (Q_1 / Q_m^i) 100, \quad (4.22)$$

yoki

$$\eta_{\kappa s}^{\text{br}} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6). \quad (4.23)$$

Qozon qurilmasining (netto) f.i.k. qozon agregatining f.i.k. dan stansiyaning o'ziga kerak bo'lgan issiqlik sarfini ayirmasiga tengdir:

$$\eta_{\kappa y}^{\text{irr}} = \eta_{\kappa s}^{\text{br}} \frac{Q_{\text{o'z.sarf}}}{B Q_k^i} 100, \quad (4.24)$$

bunda $Q_{\text{o'z.sarf}}$ - o'ziga sarflangan yoqilg'ining sarfi, kJ/kg.

Yoqilg'i sarfi qozon agregatlarini issiqlik hisobida natural sarf V va hisoblangan sarf V_r etiborga olinadi.

Yoqilg'ining natural sarfi quydagi ifodadan aniqlanadi:

$$B = \frac{D_{\text{bugq}} [(i_{\text{to'y.b}} - i_{\text{uz.s}}) + (p/100)(i_{\text{qoz.s}} - i_{\text{uz.s}})] + D_{\text{to'y.b}} (i_{\text{to'y.b}} - i_{\text{uz.s}})}{Q_k^i \eta_{\kappa s}^{\text{br}}} \times 100 \quad (4.25)$$

bu yerda $\eta_{\kappa s}^{\text{br}}$ - qozon agregatining (brutto) f.i.k,%;

Hisoblangan sarfi (kg/s) mexanik to'liq yonib bo'lmasligini hisobga olgan holda aniqlanadi:

$$V_{sarf} = V \cdot (1 - q_4 / 100), \quad (4.26)$$

bu yerda q_4 - mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlikni yo'qolishi, %.

4.1.-masala. Bug ishlab chiqarish unumdorligi $D = 16,2$ kg/s teng bo'lgan qozon agregatining o'chog'ida markasi B2 va tarkibi $C^i = 28,7\%$; $H^i = 2,2\%$; $S_{uch}^i = 2,7\%$; $N^i = 0,6\%$; $O^i = 8,6\%$; $N^i = 25,2\%$; $W^i = 32,0\%$.

Tashkil etgan Moskva viloyatidagi ko'mir yonadi. Agar o'choqqa kirib kelayotgan yoqilg'i harorati $t_{y0} = 30$ °C, yoqilg'ining sof sarfi $V = 5$ kg/s, o'ta qizigan bug' bosimi $p_{o'ta q.b} = 5$ MPa harorati $t_{o'ta q.b} = 500$ °C, ta'minlovchi suv harorati $t_{uz.s} = 170$ °C, uzluksiz purkash kattaligi $R = 5\%$, 1kg yoqilg'ini yo'qolishidagi havoning nazariy hajmi $V^0 = 2,94$ m³/kg oxirgi gaz quvuridan chiqayotgan ketayotgan gazning xajmi $V_{ket} = 4,96$ m³/kg, ketayotgan gazlarning harorati $\theta_{ket} = 180$ °C bosim o'zgarmagandagi gazlarning o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi $c'_{p ket} = 1,415$ kJ/m³·°K havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{ket} = 1,52$ qozondagi havoning harorati $t_a = 40$ °C havoning bosim o'zgarmagandagi issiqlik sig'imi $c_{is} = 1,297$ kJ/m³·°K, ketayotgan gazlarda isgazi (SO) ni miqdori $SO = 0,2\%$ va uch atomli gazlar $RO_2 = 18,6\%$ va yoqilg'i mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 5\%$ ni tashkil etsa qozon agregatining issiqlik balansini tuzish.

Yechish: (3.12) ifoda yordamida yoqilg'ini quyi yonish issiqligini aniqlaymiz:

$$Q_d' = 338C^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S^i) - 25W^i = 338 \cdot 28,7 + 1025 \cdot 2,2 - 108,5(8,6 - 2,7) - 25 \cdot 32 = 10\,516 \text{ kJ/kg.}$$

(4.5) ifoda yordamida yoqilg'ini ishchi massasining issiqlik sig'imini aniqlaymiz:

$$c_{yo}^i = c_{yo}^q \cdot (100 - W^i)/100 + Sn_{2o} W^i/100 = 1,088 (100 - 32)/100 + 4,19 \cdot 32/100 = 2,08 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ K.$$

(4.4) ifodadan yoqilg'ini fizik issiqlig'ini aniqlaymiz:

$$Q_{yo} = c_{yo}^q t_{yo} = 2,08 \cdot 30 = 62,4 \text{ kJ/kg.}$$

Mumkin bo'lishi bo'lgan issiqlikni (4.3) ifodadan:

$$Q_m^i = Q_q^i + Q_{yo} = 10\,516 + 62,4 = 10578,4 \text{ kJ/kg.}$$

(4.9) ifoda yordamida qozon agregatidagi foydali ishlatilgan issiqlikni aniqlaymiz:

$$Q_1 = (D_{bug'q}/B) [(i_{o'ta\,q,b} - i_{uz,s}) + (R/100)(i_{qoz,s} - i_{uz,s})] = (16,2/5)[(3438 - 719,3) + (5/100)(1154,2 - 719,3)] = 8879 \text{ kJ/kg.}$$

$D_{bug'q} = D$ - to'yingan bug'lar olinmaganligi uchun.

Bug'ning entalpiyasi $i_{o'ta\,q,b} = 3438 \text{ kJ/kg}$ ni is - diagrammadan topamiz, ta'minlovchi suvning entalpiyasi 2,3-jadvaldan (ilovaga qarang) $i_{uz,s} = i = 719,3 \text{ kJ/kg}$ (3-jadval $t_{uz,s} = 170^\circ C$); $i_{k,v} = i' = 1154,2$ (2-jadval, $p_{o'ta\,q,b} = 5 \text{ MPa}$) kJ/kg .

Ketayotgan gazlar bilan yo'qolgan issiqlik (4.12) dan topamiz:

$$Q_2 = (V_{ket} s'_{iket} \vartheta_{ket} - \alpha_{ket} V^o c'_{ts} t_p) (100 - q_4)/100 =$$

$$= (4,96 \cdot 1,415 \cdot 160 - 1,52 \cdot 2,94 \cdot 1,297 \cdot 40) (100 - 5)/100 = 980 \text{ kJ/kg.}$$

(4.14) ifoda yordamida yoqilg'ini kimyoviy to'liq yonib bo'lmashligida yo'qolgan issiqlikni aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} Q_3 &= 237 (C' + 0,375 S') \text{ CO}/(\text{RO}_2 + \text{SO}) = \\ &= 237 (28,7 + 0,375 \cdot 2,7) 0,2/(18,6 + 0,2) = 75 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Yoqilg'ining mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi yo'qolgan issiqlikni (4.17) dan topamiz:

$$Q_4 = q_4 Q_m' / 100 = 5 \cdot 10578,4 / 100 = 529 \text{ kJ/kg.}$$

Tashqi muxitga yo'qolgan issiqlikni (4.18) dan aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} Q_5 &= Q_m' - (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) = 10\,578,4 - (8879 + 980 + 75 + 529) = \\ &= 115,4 \text{ kJ/kg.} \end{aligned}$$

Issiqlikni balansini tashkil etuvchilar:

$$q_1 = (Q_1 / Q_m') 100 = (8879 / 10578,4) 100 = 83,2 \%;$$

$$q_2 = (Q_2 / Q_m') 100 = (980 / 10578,4) 100 = 9,26 \%;$$

$$q_3 = (Q_3 / Q_m') 100 = (75 / 10578,4) 100 = 0,71 \%;$$

$$q_5 = (Q_5 / Q_m') 100 = (115,4 / 10578,4) 100 = 1,09 \%.$$

Qozon agregatining issiqlik balansini (4.11) ifodadan:

$$Q_p' = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 8879 + 980 + 75 + 529 + 115,4 = 10578,4 \text{ kJ/kg.}$$

Yoqilg'ini mumkin bo'lgan issiqligi foiz-% hisobida (4.2) ifodadan:

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 83,94 + 9,26 + 0,71 + 5,0 + 1,09 = 100 \text{ \%}.$$

Javob: $Q_m' = 10578,4 \text{ kDj/kg}$; $q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 100 \text{ \%}$.

4.2.-masala. Qozonning o'chog'idagi tarkibi $C^i=84,65\%$; $H^i=11,7\%$; $S^i_{uch}=0,3\%$; $O^i=0,3\%$; $A^i=0,05\%$; $W^i=3,0\%$; ega bo'lgan oltingugurti kam bo'lgan mazut yoqiladi. Agar mazutning isitilishi harorati $t_i = 93 \text{ }^\circ\text{C}$ va bug'li forsunkalar orqali purkash entalpiyasi $i_f = 3280 \text{ kJ/kg}$ bo'lsa, mumkin bo'lgan issiqlikni aniqlang.

Javob: $Q_m' = 40982 \text{ kJ/kg}$.

4.3.-masala. Markasi B3 bo'lgan tarkibi: $C^i=37,3\%$; $H^i=2,8\%$; $S^i_f=1,0\%$; $N^i=0,9\%$; $O^i=10,5\%$; $A^i=29,5\%$; $W^i=18\%$ ga ega bo'lgan Chelyabinsk ko'miri yoqiladi. Agar qozonga kirib keladigan yoqilg'ini harorati $t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ga teng bo'lsa, mumkin bo'lgan issiqlikni aniqlang:

Javob: $Q_m' = 14030 \text{ kJ/kg}$.

4.4.-masala. Agar yoqilg'ining sof sarfi $V = 1,2 \text{ kg/s}$, suvning sarfi $M_h = 70 \text{ kg/s}$, qozonga kirayotgan suvning harorati $t_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, va chiqishdagi harorati $t_2 = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ bo'lsa, suvni isitib beruvchi qozonlarning foydali ishini toping.

Javob: $Q_1 = 19553 \text{ kJ/kg}$.

4.5.-masala. Agar yoqilg'ining sof sarfi $V = 0,64 \text{ kg/s}$, o'ta qizigan bug'ning bosimi $p_{o'ta q.b} = 1,3 \text{ MPa}$, $t_i = 275 \text{ }^\circ\text{C}$, ta'minlovchi suvning harorati $t_{t.s}=100 \text{ }^\circ\text{C}$ uzluksiz purkash kattaligi $R = 3\%$ ni tashkil etsa, bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D = 5,45 \text{ kg/s}$ qozon agregatining foydali ishlatilgan issiqlikni aniqlang.

Javob: $Q = 21996 \text{ kJ/kg}$.

4.6.-masala. Qozon agregatida bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D=5,6$ kg/s ga teng bo'lgan tarkibi $C^i=41,5\%$; $H^i=2,9\%$; $S^i_{uch}=0,4\%$; $N^i=0,6\%$; $O^i=13,1\%$; $A^i=8,0\%$; $W^i=33,5\%$ tashkil etgan B2 markali aban ko'miri yoqiladi. Agar yoqilg'ining sof sarfi $V=1,12$ kg/s, o'ta qizigan bug'ning bosimi $r_{o'ta q.b}=4$ MPa, harorati $t_{o'ta q.b}=400$ °C, ta'minlovchi suvning harorati $t_{uz.s}=130$ °C uzluksiz purkash kattaligi $R=3\%$ va o'choqqa kirayotgandagi yoqilg'i harorati $t_t=20$ °C, bo'lsa qozon agregataning foydali ishlatilgan issiqlik foiz hisobidagichini aniqlang.

Javob: $q_1=91\%$.

4.7.-masala. Qozon qurilmasida tarkibi $C^i=83,0\%$; $H^i=10,4\%$; $S^i_{uch}=2,8\%$; $O^i=0,7\%$; $A^i=0,1\%$; $W^i=3,0\%$ ni tashkil etgan, bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D=7,22$ kg/s bo'lgan yuqori oltingugurtli mazut yoqiladi. Agar mazutni isitish haroratini $t_t=90$ °C, yoqilg'ini sof sarfi $V=0,527$ kg/s, o'ta qizigan bug' bosimi $r_{o'ta q.b}=1,3$ MPa, harorati $t_{p.n}=250$ °C, ta'minlovchi suvning harorati $t_{uz.s}=100$ °C va uzluksiz purkash kattaligi $R=4\%$ ni tashkil etsa, mumkin bo'lgan issiqlikni va qozon agregatida ishlatiladigan foydali issiqlikni foizini aniqlaydi.

Javob: $Q_m=39044$ kJ/kg; $q_1=89,5\%$.

4.8.-masala. Qozon agregatida bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D=4,2$ kg/s va quyi yonish issiqligi $Q_n^c=35700$ kJ/m³ ga teng bo'lgan Dashavsk ko'miri yoqiladi. Agar yoqilg'ining sof sarfi $B=0,32$ m³/s, 1 m³ yoqilg'ini yonib bo'lishidagi havoning nazariy hajmi $V^0=9,5$ m³/m³, o'ta qizigan bug'ning bosimi $r_{o'ta q.b}=4$ MPa, harorati $t_{o'ta q.b}=400$ °C ta'minlovchi suvning harorati $t_{uz.s}=130$ °C, havoni harorati $t_h=30$ °C, qozonga kirayotgan havoning harorati $t'_h=230$ °C va o'choqdagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_t=1,1$ bo'lsa, qozonga ishlatilgan foydali issiqlikni kJ/m³ va foiz hisobida aniqlang.

Javob: $Q_1=35568$ kJ/m³; $q_1=92,4\%$.

4.9.-masala. Qozon o'chog'ida tarkibi: $C^i=84,65\%$; $H^i=11,7\%$; $S^i_{uch}=0,3\%$; $O^i=0,3\%$; $A^i=0,05\%$; $W^i=3,0\%$ tashkil etgan oltingugurti bo'lgan mazuti yoqiladi. Agar qozon agregatini havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{ket}=1,25$ ketayotgan

gazlarning harorati $\theta_{ket} = 180^\circ\text{C}$ qozondagi havoning harorati $t_h = 40^\circ\text{C}$, havoning bosim o'zgarmaganda o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi $c'_{ts,h} = 1,297 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{K})$, mazutni isish harorati $t_i = 95^\circ\text{C}$ ni tashkil etsa, qozon qurilmasidan ketayotgan gazlar bilan yo'qolgan issiqlikni kJ/kg da va foizda aniqlang.

Yechish: Yoqilg'ini ishchi massasining quyi issiqligi (3.12) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q'_q = 338C^i + 1025 - N^i - 108,5 (O^i - S^i_{uch}) - 25W^i = 338 \cdot 84,65 + \\ + 1025 \cdot 11,7 - 108,5 (0,3 - 0,3) - 25 \cdot 3,0 = 40529 \text{ kJ/kg.}$$

Issiqlikning sig'imini (4.6) ifodadan aniqlaymiz:

$$c'_{yo} = 1,74 + 0,0025t_i = 1,74 + 0,0025 \cdot 95 = 1,98 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K.}$$

Yoqilg'ining fizik issiqligini (4.4) ifoda yordamida aniqlaymiz:

$$Q_u = c'_p t_i = 1,98 \cdot 95 = 188 \text{ kJ/kg.}$$

(4.3) ifoda yordamida mumkin bo'lgan issiqlikni aniqlaymiz:

$$Q'_m = Q'_q + Q_u = 40529 + 188 = 40717 \text{ kJ/kg.}$$

1 kg qattiq yoki suyuq yoqilg'ining to'liq yonishi uchun quruq havoning nazariy hajmini quyidagi (3.27) ifodadan aniqlaymiz:

$$V^0 = 0,089C^i + 0,266N^i + 0,033 (S^i_{uch} - O^i) = 0,089 \times 84,65 + \\ + 0,266 \cdot 11,7 + 0,033 (0,3 - 0,3) = 10,62 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

(3.33) ifodadan uch atomli gazlarning hajmini topamiz:

$$V_{RO_2} = 0,0187 (C^i + 0,375 S^i) = 0,0187 (84,65 + 0,375 \times 0,3) = 1,58 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Azot gazlarning nazariy hajmini (3.32) ifodadan aniqlaymiz:

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + 0,8N^i/100 = 0,79 \cdot 10,62 = 8,39 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(3.35) ifodadan suv bug'larining nazariy hajmi topamiz:

$$V_{N_2O}^0 = 0,0124 (9N^i + W^i) + 0,0161 V^0 = 0,0124 \times (9 \cdot 11,7 + 3,0) + 0,0161 \cdot 10,62 = 1,51 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

$\alpha_{yo} = 1$ va $\vartheta_{ket} = 180^\circ \text{C}$ bo'lgandagi yonish maxsulotlarining entalpiyasini (3.61) ifoda yordamida aniqlaymiz:

$$I_y^0 = V_{RO_2} (s\vartheta) SO_2 + V_{N_2}^0 (c\vartheta) N_2 + V_{N_2O}^0 (s\vartheta) N_2O = 1,58 \cdot 319,4 + 8,39 \cdot 234 + 1,51 \cdot 273,4 = 2881 \text{ kJ/kg}.$$

$(s\vartheta)SO_2$, $(c\vartheta)N_2$ va $(s\vartheta)N_2O$ larning qiymatini 1-jadvaldan aniqlaymiz (ilovaga qarang).

$\alpha_{yo} = 1$ va $\vartheta_{ket} = 180^\circ \text{C}$ bo'lganda havoning entalpiyasi (3.62) ifodadan aniqlaymiz:

$$I_h^0 = V^0 (s\vartheta)_h = 10,62 \cdot 239,2 = 2540 \text{ kJ/kg}.$$

$(s\vartheta)_h$ ni qiymatini 1-jadvaldan topamiz (ilovaga qarang).

$(s\vartheta)SO_2$, $(c\vartheta)N_2$ va $(s\vartheta)N_2O$ larning qiymatini 1-jadvaldan aniqlaymiz (ilovaga qarang).

$\theta_{ket} = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ bo'lganda (3.60) ifodadan yoqilg'i maxsulotlarining entalpiyasini aniqlaymiz:

$$I_{ket} = I_r^{\circ} + (\alpha_{kir} - 1) I_u^{\circ} = 2881 + (1,25 - 1) 2540 = 3516 \text{ kJ/kg.}$$

Sovuq havoning entalpiyasi:

$$I_{s,h}^{\circ} = V^0 s'_{s,h} t_h = 10,62 \cdot 1,297 \cdot 40 = 551 \text{ kJ/kg.}$$

(4.12) ifodadan ketayotgan gazlar bilan yo'qolgan issiqlikni aniqlaymiz:

$$Q_2 = (I_{ket} - \alpha_{ket} I_{s,h}^{\circ}) \frac{100 - q_4}{100} = (3516 - 1,25 \cdot 551) \frac{100 - 0}{100} = 2827 \text{ kJ/kg.}$$

(4.13) ifodadan foizdagi hisobini topamiz:

$$q_2 = (Q_2 / Q_p^p) 100 = (2827 / 40717) 100 = 6,94\%.$$

Javob: $Q_2 = 2827 \text{ kJ/kg}$, $q_2 = 6,94\%$.

4.10.- masala. Qozon agregatida tarkibi $C^i = 54,7\%$; $H^i = 3,3\%$; $S_{uch}^i = 0,8\%$; $N^i = 0,8\%$; $O^i = 4,8\%$; $A^i = 27,6\%$; $W^i = 8,0\%$ bo'lgan Karaganda ko'miri yoqiladi. Agar havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{ket} = 1,43$, oxirgi gaz xarakatlanuvchi quvurdan chiqayotgan gazlarning hajmi $V_{ket} = 8,62 \text{ m}^3/\text{kg}$, ketayotgan gazlarning harorati $\theta_{ket} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ bosim o'zgarmagandagi gazlarning hajmiy issiqlik sig'imi $c'_{rv} = 1,4 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{K}$, qozondagi havoning harorati $t_h = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, havoning bosim o'zgarmagandagi issiqlik sig'imi $c'_{rv} = 1,297 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{K}$ va yoqilg'ining mexanik to'liq yonib bo'lmaganda issiqlik yo'qolishi $q_4 = 3\%$ ni tashkil etsa, qozon agregatining ketayotgan gazlar bilan yo'qolgan issiqlikni aniqlang Q_2 .

Javob: $Q_2 = 1454 \text{ kJ/kg}$.

4.11.-masala. Qozon qurilmasida quyi issiqligi $Q_1 = 27600 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan ko'mir yoqiladi qozon agregatining va ketayotgan gazlar bilan % (protsent) hisobiga yo'qolgan issiqlikni aniqlang, agar havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{ket} = 1,4$, ketayotgan gazlarning hajmi $V_{ket} = 10,5 \text{ m}^3/\text{kg}$ ketayotgan gazlarning harorati $\vartheta_{ux} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$ gazlarning $p = \text{const}$ bo'lgandagi issiqlik sig'imi $c'_{p, ket} = 1,415 \text{ kJ/(m}^3 \cdot \text{K)}$, 1kg yoqilg'ini yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy hajmi $V^0 = 7,2 \text{ m}^3/\text{kg}$, qozondagi havoning harorati $t_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ o'choqqa kirib ketayotgan havoning harorati $t'_h = 180 \text{ }^\circ\text{C}$, o'choqdagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,2$; xavoning bosim o'zgarmagandagi hajmiy issiqlik sig'imi $c'_{p, h} = 1,297 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{K}$ va yoqilg'ini mexanik to'liq yonib bo'lmasligi tufayli yo'qolgan issiqlik $q_4 = 4\%$ ni tashkil etsa.

Javob: $q_2 = 6,5 \%$.

4.12.-masala. Ketayotgan gazlarning harorati V_k $160 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $180 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha ortsa, ketayotgan gazlar bilan yo'qolish, va qozon agregatining issiqlik yo'qolishi kancha ko'tariladi, agar havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_k = 1,48$, oxirgi gaz harakatlanuvchi quvurdan chiqib ketayotgan gazlarning hajmi $V_k = 4,6 \text{ m}^3/\text{kg}$, gazlarning bosim o'zgarmagandagi hajmiy issiqlik sig'imi $c_p^1 = 1415 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{K}$ 1 kg yoqilg'ini yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy hajmi $V^0 = 2,5 \text{ m}^3/\text{kg}$, qozondagi havoning harorati $t_h < 30 \text{ }^\circ\text{C}$ havoning bosim o'zgarmagandagi hajmiy issiqlik sig'imi $c_p^1 = 1,297 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{K}$ issiqlik yo'qolishi $Q_4 = 340 \text{ kJ/kg}$ bo'lsa qozon agregati quyi issiqligi $Q_k^1 = 8500 \text{ kJ/kg}$ teng bo'lgan tarafda ishlaydi.

Javob: $\Delta q_2 = 1,5\%$

4.13.-masala. Ketayotgan gazlarning va qozon agregatining foiz hisobidagi issiqlik yo'qolishini aniqlang, agar havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{ket} = 1,5$, ketayotgan gazlarning harorati $\vartheta_{ket} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ qozonxonadagi havoning harorati $t_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$; havoning bosim o'zgarmagandagi issiqlik sig'imi $c'_{p, h} = 1,297 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{K}$, 1kg yoqilg'ini yonish uchun zarur bo'lgan havoning nazariy hajmi $V^0 = 5,815 \text{ m}^3/\text{kg}$, qozondagi havoning harorati $t_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, havoning o'rtacha bosimi o'zgarmagandagi

issiqlik sig'imi $c'_{p\ h}=1,297 \text{ kJ/m}^3 \cdot ^\circ\text{K}$, yoqilg'ini mexanik to'liq yonib bo'lmasligida issiqlik yo'qolishi $q_4 = 3,5\%$ tashkil etsa qozon agregati markasi B2 bo'lgan : $C^i=41,5\%$; $H^i=2,9\%$; $S^i_{uch}=0,4\%$; $N^i=0,6\%$; $O^i=13,1\%$; $A^i=8,0\%$; $W^i=33,5\%$ tashkil etgan aban ko'mirida ishlaydi.

Javob: $q_2=8,0\%$.

4.14.-masala. Ketayotgan gazlar bilan yo'qolgan issiqlik va qozon qurilmasining issiqligi qanchaga kamayadi, agarda ketayotgan gazlarning harorati 145°C dan 130°C gacha pasaysa. Havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{ket} - 1,43$, gazlarni hajmi $V_{ket} = 8,62 \text{ m}^3/\text{kg}$, gazlarning bosim o'zgarmagandagi issiqlik sig'imi $c'_{p\ ket} = 1,415 \text{ kJ/m}^3 \cdot ^\circ\text{K}$, 1kg yoqilg'ini yonishi uchun zarur bo'lgan yoqilg'ining nazariy hajmi $V^0 = 5,815 \text{ m}^3/\text{kg}$, qozondagi havoning harorati $t_h = 30^\circ\text{C}$ bosim o'zgarmagandagi havoning issiqlik sig'imi $c'_{p\ h} = 1,297 \text{ kJ/m}^3 \cdot ^\circ\text{K}$ yoqilg'ining mexanik to'liq yonib bo'lmasligida issiqlik yo'qolishi $q_4=3\%$ tashkil etadi. Qozon agregati quyi issiqligi $Q'_y = 22\ 290 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan tosh ko'mirida ishlaydi.

Javob: $\Delta q = 0,8\%$.

4.15.-masala. Tarkibi $C^i = 37,3\%$; $H^i = 2,8\%$, $S^i_{uch} = 1,0\%$, $N^i = 0,9\%$, $O^i = 10,5\%$; $A^i = 29,5\%$; $W^i = 18,0\%$ bo'lgan B2 markali Chelyabinsk ko'mirida ishlaydi. Agar ketayotgan gazlarda $SO = 0,35\%$ ni uch atomli gazlar $RO_2 = 18,5\%$ va o'choqqa kirayotgan yoqilg'ini harorati $t_{yo} = 30^\circ\text{C}$ bo'lsa, kimyoviy to'liq yonib bo'lmagandagi yo'qolgan issiqlik kJ/kg da va foiz hisobidagisini aniqlang.

Yechish: (3.12) ifoda yordamida quyi yonish issiqlig'ini aniqlaymiz:

$$Q'_y = 338C^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S^i_{uch}) - 25W^i = 338 \cdot 37,3 + 1025 \cdot 2,8 - 108,5(10,5 - 1,0) = 25 \cdot 18,0 = 13\ 542 \text{ kJ/kg}.$$

Yoqilg'i ishchi massasini issiqlik sig'imini aniqlaymiz (4.5) ifodadan:

$$c_{y0}^i = c_{y0}^q \frac{100 - W^i}{100} + c_{H_2O} \frac{W^i}{100} = 1,088 \frac{100 - 18}{100} + 4,19 \frac{18}{100} = 1,65 \text{ kDj}/(\text{kg} \cdot \text{K}).$$

Yoqilg'ini fizik issiqligini (4.4) ifodadan:

$$Q_{y0} = c_{y0}^i t_{y0} = 1,65 \cdot 30 = 49,5 \text{ kJ/kg},$$

(4.3) ifodadan mumkin bo'lgan issiqlikni aniqlaymiz:

$$Q_m^i = Q_q^i + Q_{y0} = 13\,542 + 49,5 = 13591,5 \text{ kJ/kg}.$$

(4.14) ifoda yordamida yoqilg'ini kimyoviy to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishini aniqlaymiz:

$$Q_3 = 237 (C^i + 0,375 S^i) \cdot CO / (RO_2 + SO) = 237 (37,3 + 0,375 \cdot 1,0) 0,35 / \\ / (18,5 + 0,35) = 165,8 \text{ kJ/kg}.$$

Yoki (4.15) ifodadan foiz hisobidagisini aniqlaymiz:

$$q_3 = (Q_3 / Q_m^i) \cdot 100 = (165,8 / 13591,5) \cdot 100 = 1,22 \, \%.$$

Javob: $\Delta q = 1,22\%$.

4.16.- masala. Kimyoviy yoqilg'ini to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishini kJ/kg va foiz hisobidagisini aniqlang, agar ketayotgan gazlar tarkibida $SO = 0,28\%$ va uch atomli gazlar miqdori $RO_2 = 19\%$ tashkil etsa. Qozon agregati tarkibi $C^i = 58,7\%$, oltingugurt $S_{uch}^i = 0,3 \%$ ni tashkil qilgan, quyi yonish issiqligi $Q_q^i = 22825 \text{ kJ/kg}$ ni tashkil etgan tosh ko'mirda ishlaydi.

Javob: $Q_3 = 202 \text{ kDj/kg}$; $q_3 = 0,89\%$.

4.17.-masala. Qozon agregatida tarkibi $C^i = 58,7\%$; $H^i = 4,2\%$; $S_{uch}^i = 0,3\%$; $N^i = 1,9\%$; $O^i = 9,7\%$; $A^i = 13,2\%$; $W^i = 12,0\%$ bo'lgan D markali Kuznetsk ko'mirida ishlaydi. Yoqilg'ini mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishini kJ/kg va foiz hisobidagisini aniqlang, agar o'choqqa kirishdagi gazlarning harorati $t_i = 30^\circ\text{C}$, yoqilg'ini tarkibidagi kukun va shlakning ulushi $\alpha_{shl+pr} = 70\%$, olib ketilayotgandagi kukunning ulushi $\alpha_{ul} = 30\%$ shlakdagi va tulib ketishdagi yonuvchilarni miqdori $S_{shl+pr} = 35\%$, ketayotganda yonuvchilarni miqdori $S_{un} = 40\%$ ega bo'lsa.

Yechish: Yoqilg'ini ishchi massasini quyi yonish issiqligini (3.12) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q'_q = 338C^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S^i) - 25W^i = 338 \cdot 58,7 + 1025 \cdot 4,2 - 108,5(9,7 - 0,3) - 25 \cdot 12,0 = 22\,825 \text{ kJ/kg.}$$

(4.5) ifodadan yoqilg'i ishchi massasini issiqlikning sig'imini aniqlaymiz:

$$c_{yo}^i = c_{yo}^a \frac{100 - W^i}{100} + c_{H_2O} \frac{W^i}{100} = 0,962 \frac{100 - 12,0}{100} + 4,19 \frac{12,0}{100} = 1,349 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K.}$$

Yoqilg'ini fizik issiqligini (4.4) ifodadan:

$$Q_{yo} = c_{yo}^i t_{yo} = 1,349 \cdot 30 = 40,5 \text{ kJ/kg.}$$

Mumkin bo'lgan issiqlikni (4.3) ifodadan:

$$Q_m^i = Q'_q + Q_{yo} = 22\,825 + 40,5 = 22\,865,5 \text{ kJ/kg.}$$

Yoqilg'ini mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqligini yo'qolishini (4.17) ifodadan (foiz hisobi):

$$q = \frac{327 A'}{Q_m^i} \left(a_{shlep} \frac{c_{shlep}}{100 - c_{shlep}} + a_{yn} \frac{c_{yn}}{100 - c_{yn}} \right) =$$

$$= \frac{327 \cdot 13,2}{22865,5} \left(70 \frac{35}{100 - 35} + 30 \frac{40}{100 - 40} \right) = 10,9\%.$$

kJ/kg hisobida:

$$Q_4 = q_4 Q_m^i / 100 = 10,9 \cdot 22\,865,5 / 100 = 2492,3 \text{ kJ/kg}.$$

Javob: $Q_4 = 2492,3 \text{ kJ/kg}$; $q_4 = 10,9\%$.

4.18.-masala. Mexanik to'liq yonib bo'lmashligidan issiqlik yo'qolishini kDj/kg va foiz hisobidagisini aniqlang, agar shlak bilan yo'qolgan issiqlik $Q_4^{shl} = 600 \text{ kDj/kg}$, tushib ketishida yo'qolgan issiqlik $Q_4^{np} = 100 \text{ kDj/kg}$, yoqilg'i zarrachalari bilan yo'qolgan issiqlik $Q_4^{zn} = 760 \text{ kDj/kg}$ tashkil etsa. Qozon agregati tarkibi : $C^i = 62,7\%$; $H^i = 3,1\%$; $S_{ach}^i = 2,8\%$; $N^i = 0,9\%$; $O^i = 1,7\%$; $A^i = 23,8\%$; $W^i = 5,0\%$ bo'lga T markali Dopetsk ko'mirida ishlaydi.

Javob: $Q_4 = 1460 \text{ kJ/kg}$; $q_4 = 6\%$.

4.19.-masala. Tashqi muxitda yo'qolgan issiqlikni kJ/kg va foiz hisobidagisini aniqlang, agar o'qilg'ini o'choqqa kirishdagi harorati $t_c = 20^\circ\text{C}$ qozon agregatidagi foydali ishlatilgach issiqlik $q_1 = 84\%$, yoqilg'ining kimyoviy to'liq yonib bo'lmashligida yo'qolgan issiqlik $q_3 = 0,5\%$, yoqilg'ini mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolish $q_4 = 4\%$ ni tashkil etsa qozon agregati Moskva viloyatidagi namligi $W^i = 32\%$ va quyi yonish issiqlik $Q^p = 10514 \text{ kJ/kg}$ ga teng bo'lgan B2 markali ko'mirida ishlaydi.

Javob: $q_3 = 0,5\%$; $Q_3 = 52,8 \text{ kJ/kg}$.

4.20.- masala. Qozon agregatining o'chog'ida tarkibi $C^i = 63,8 \%$; $H^i = 1,2 \%$; $S_{uch}^i = 1,7 \%$; $N^i = 0,6 \%$; $O^i = 1,3 \%$; $A^i = 22,9 \%$; $W^i = 8,5 \%$ bo'lgan A markali Donetsk ko'mirida ishlaydi. Agar shlakdagi kukunni ulushi $a_{shl} = 0,8$, shlakning issiqlik sig'imi $s_{shl} = 0,934 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K}$ va shlakning harorati $t_{shl} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ aniq bo'lsa, shlakning fizik yemirilishidagi yo'qolgan issiqlikni kJ/kg va foiz hisobida yo'qolgan issiqlikni aniqlang.

Javob: $Q_v = 102,6 \text{ kJ/kg}$; $q_h = 0,5 \%$.

4.21.- masala. Agar qozon agregatidagi foydali ishlatilgan issiqlik $q_1 = 86\%$, ketayotgan gazlar bilan yo'qolgan issiqlik $q_2 = 8,5\%$, o'qilg'ini kimyoviy to'liq yonib bo'lganidagi yo'qolgan issiqlik $q_3 = 0,7 \%$, shlakdagi yoqilg'i ulushi $a_{shl} = 0,9$, qozondagi havoning harorati $t_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, o'choqqa kirib kelayotgan havoning harorati $t_h = 189 \text{ }^\circ\text{C}$ va o'choqdagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,3$ aniq bo'lsa, tashqi muhitga yo'qolgan issiqlikning foiz hisobidagisini aniqlang. Qozon agregati tarkibi: $C^i = 62,7 \%$; $H^i = 3,1 \%$; $S_{uch}^i = 2,8 \%$; $N^i = 0,9 \%$; $O^i = 1,7 \%$; $A^i = 23,8 \%$; $W^i = 5,0 \%$ ni tashkil etgan T markali Donetsk ko'mirida ishlaydi. Yoqilg'ini mexanik to'liq yonib bo'lmaganida bo'lgan issiqligi $q_4 = 4,0\%$, shlakning issiqlik sig'imi $s_{shl} = 0,934 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{K)}$, shlakning harorati $t_{shl} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ ni tashkil etadi.

Yechish: Yoqilg'ini ishchi massasini quyi yonish issiqligini (3.12) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q_v = 338C^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S_{uch}^i) - 25W^i = 338 \cdot 62,7 + 1025 \cdot 3,1 - 108,5(1,7 - 2,8) - 25 \cdot 5,0 = 24\,365 \text{ kJ/kg.}$$

(3.27) ifoda yordamida havoning normal hajmini aniqlaymiz:

$$V^0 = 0,089C^i + 0,266N^i + 0,033(S_{uch}^i - O^i) = 0,089 \cdot 62,7 + 0,266 \cdot 3,1 + 0,033(2,8 - 1,7) = 6,44 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

(4.7) ifoda yordamida havo bilan o'choqqa kirib keluvchi issiqlikni aniqlaymiz:

$$Q_{\text{kir.h}} = \alpha_{\text{yo}} V^0 c'_{p.h} \Delta t_h = 1,3 \cdot 6,44 \cdot 1,33 \cdot 149 = 1659 \text{ kJ/kg.}$$

Mumkin bo'lgan issiqlikni (4.3) ifodadan topamiz:

$$Q'_m = Q'_q + Q_{\text{kir.h}} = 24365 + 1659 = 26024 \text{ kJ/kg.}$$

Shlakning fizik issiqligida yo'qolgan issiqlikning (4.21) ifodadan aniqlaymiz:

$$q_e = \frac{q_{\text{sh}} c_{\text{sh}} t_{\text{sh}} A^i}{Q_p^p} = \frac{0,9 \cdot 0,934 \cdot 700 \cdot 23,8}{26024} = 0,48\%$$

Atrof muxitga yo'qolgan issiqlikni (4.19) ifodadan aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} q_5 &= 100 - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_6) = \\ &= 100 - (86 + 8,5 + 0,7 + 4,0 + 0,48) = 0,32\% \end{aligned}$$

Javob: $q_5 = 0,32\%$.

4.22.—masala. Ko'mir kukunli qozon qurilmasining o'chog'ida quyi yonish issiqligi $Q'_q = 16000 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan bug' ishlab chiqarilish unumdorligi $D = 8,86 \text{ kg/s}$ ga teng bo'lgan qo'ng'ir ko'mir yoqiladi. Qozon agregatining (brutto) f.i.k. ini, shartli yoqilg'idagi yoqilg'ining sof sarfini aniqlang, agar o'ta qizigan bug' bosimi $p_{o'm.q.b} = 5 \text{ MPa}$ harorati $t_{o'm.q.b} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$, ta'minlovchi suv harorati $t_{\text{uz.s}} = 170 \text{ }^\circ\text{C}$, uzluksiz purkash kattaligi $P = 5\%$, ketayotgan taklif bilan tarqalgan issiqlik $q_2 = 8\%$, yoqilg'ini kimyoviy to'liq yonib bo'lganidagi yo'qolgan issiqlik $q_3 = 0,7\%$, mexanik

to'liq yonib bo'lmagandagi yo'qolgan issiqlik $q_4 = 1,2\%$, tashqi muhitga yo'qolgan issiqlik $q_5 = 1,6\%$ va shlakdagi yo'qolgan issiqlik $q_6 = 0,4\%$ ni tashkil etsa.

Yechish: Qozon agregatining (brutto) F.I.K.ni (4.23) ifodadan aniqlaymiz:

$$\eta_{\text{br}} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) = \\ = 100 - (8 + 0,7 + 1,2 + 1,6 + 0,45) = 88,05\%$$

Yoqilg'ini sof sarfini (4.25) ifodadan:

$$B = \frac{D_{\text{bug'q}} [(i_{\text{otaq,b}} - i_{\text{uz,s}}) + (P/100)(i_{\text{qoz,s}} - i_{\text{uz,s}})]}{Q_p \eta_{\text{br}}} 100 = \\ = \frac{8,86[(3438 \cdot 719,3) + (5/100)(1154,2 - 719,9)]}{16000 \cdot 88,05} 100 = 1,72 \text{ kg/s.}$$

$D_{\text{bug'q}} = D$, chunki to'yingan bug' olinmaydi.

Mumkin bo'lgan issiqlik $Q_p = Q_s = 16000 \text{ kJ/kg}$ bug'ning entalpiyasini is diagrammadan aniqlaymiz $i_{\text{otaq,b}} = 3438 \text{ kJ/kg}$, ta'minlovchi va qozon suvining entalpiyasini 2.3 jadvaldan (ilovaga qarang) aniqlaymiz: $i_{\text{uz,s}} = 719,3 \text{ kJ/kg}$; $i_{\text{qoz,s}} = 1154,2 \text{ kJ/kg}$.

Shartli yoqilg'i sarfi (3.22) ifodadan:

$$V_{\text{shart}} = VE = V Q_p / 29\,300 = 1,72 \cdot 16\,000 / 29\,300 = 0,94 \text{ kg/s.}$$

Javob: $\eta_{\text{br}} = 88,05\%$; $V = 1,72 \text{ kg/s}$; $V_u = 0,94 \text{ kg/s}$.

4.23.-masala. Tarkibi: $C^i = 58,7\%$; $H^i = 4,2\%$; $S_{\text{uch}}^i = 0,3\%$; $N^i = 1,9\%$; $O^i = 9,7\%$; $A^i = 13,2\%$; $W^i = 12,0\%$ ni tashkil etgan D markali kuznetsk ko'mirida ishlaydigan qozon qurilmasining brutto va netto f.i.k. ini aniqlang, agar yoqilg'ining sof sarfi $V = 0,26 \text{ kg/s}$, bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D = 2,0 \text{ kg/s}$, o'ta qizigan

bug' bosimi $r_{o'ta q.b} = 5 \text{ MPa}$, harorati $t_{o'ta q.b} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ta'minlovchi suv harorati $t_{uz.s} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$, uzluksiz nurlash kattaligi $P = 4\%$, qozonxonaning o'zi uchun sarflangan bug'ni sarfi $D_{c.n} = 0,02 \text{ kg/s}$, o'zi uchun sarflangan bug'ni bosimi $p_{o'z.sarf} = 0,6 \text{ MPa}$ ni tashkil etsa.

Yechish: Yoqilg'i ishchi massasi quyi yonish issiqligini (3.12) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q'_q = Q'_n = 338C^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S^i_{uch}) - 25W^i = 338 \cdot 58,7 + 1025 \cdot 4,2 - 108,5(9,7 - 0,3) - 25 \cdot 12,0 = 22825 \text{ kJ/kg.}$$

Qozon agregatining foydali ishlatilgan issiqligi (4.9):

$$Q_t = \frac{D_{bug'g}}{B} \left[(i_{o'ta q.b} - i_{uz.s}) + \frac{P}{100} (i_{qoz.s} - i_{uz.s}) \right] = \frac{2,0}{0,26} \left[(3438 - 632,2) + \frac{4}{100} (1154,2 - 632,2) \right] = 21744 \text{ kJ/kg}$$

$D_K = D$, chunki to'yingan bug' olinmaydi (brutto) f.i.k. (4.22) ifodadan:

$$\eta_{ka}^{op} = (Q_t / Q'_n) 100 = (21744 / 22825) 100 = 95,26 \%$$

O'ziga sarflangan yoqilg'ining sarfi:

$$Q_{c.n} = \frac{D_{c.n}}{B} (i_{c.n} - i_{n.n}) = \frac{0,02}{0,26} (2756,9 - 632,2) = 163,4 \text{ kJ/kg}$$

(netto) f.i.k. (4.24) ifodadan:

$$\eta_{ky}^{nr} = \eta_{ka}^{op} - \frac{Q_{c.n}}{BQ'_n} 100 = 95,26 - \frac{163,4}{22825 \cdot 0,26} 100 = 92,51 \%$$

Javob: $\eta_{k.a.}^{br} = 95,26\%$; $\eta_{k.a.}^n = 92,51\%$.

4.24. masala. Qozon agregatida tarkibi $C^i = 88,5\%$; $H^i = 43\%$; $S_{uch}^i = 0,5\%$; $N^i = 1,8\%$; $O_i = 4,7\%$; $A^i = 13\%$; $W^i = 7,0\%$ tashkil etgan toshko'mir yoqiladi. Qozonxonadagi havo harorati $t_h = 25\text{ }^\circ\text{C}$, o'choqqa kirib kelayotgan havoning harorati $t'_h = 175\text{ }^\circ\text{C}$, o'choqdagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha = 1,3$, ketayotgan gazlar bilan yo'qolgan issiqlik $Q_2 = 2360\text{ kJ/kg}$, yoqilg'ini kimyoviy yonib bo'lmaganida yo'qolgan issiqlik $Q_3 = 147,5\text{ kJ/kg}$; yoqilg'ini mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi yo'qolgan issiqlik $Q_4 = 1180\text{ kJ/kg}$, tashqi muhitga yo'qolgan issiqlik $Q_5 = 1473\text{ kJ/kg}$ va ilok bilan yo'qolgan issiqlik $Q_6 = 88,5\text{ kJ/kg}$, ni tashkil etganida qozon agregatining (brutto) f.i.k. ini aniqlang.

Javob: $\eta_{k.a.}^{br} = 86,7\%$.

4.25.-masala. Qozon agregatining (brutto) f.i.k. $\eta_{q.a.}^{br} = 89,6\%$, yoqilg'i sarfi $V = 0,334\text{ kg/s}$, qozonxona uchun zarur bo'lgan bug' sarfi $D_{o'z.sarf} = 0,012\text{ kg/s}$, o'zi uchun zarur bo'lgan bug' bosimi $r_{o'z} = 0,5\text{ MPa}$, ta'minlovchi suv harorati $t_{uz.s} = 120\text{ }^\circ\text{C}$, teng bo'lganida qozon agregatining (netto) f.i.k. ini aniqlang. Qozonxona kukuni $A^i = 0,1\%$, namligi $W^i = 3\%$, va quyi yonish issiqligi $Q_u^r = 40090\text{ kJ/kg}$ ni tashkil etsa yuqori oltingugurtli mazutda ishlaydi. Mazutning isitish harorati $t_c = 90\text{ }^\circ\text{C}$

Javob: $\eta_{k.a.}^{br} = 89,0\%$.

4.26.-masala. Suv isitib beruvchi qozonda yonish issiqligi $Q_q^q = 35799\text{ kJ/m}^3$ tashkil qilgan Saratov tab gazi yoqiladi. Agar qozon agregatining (brutto) f.i.k. $\eta_q^{br} = 89\%$ ni, suvning sarfi $M_s = 75\text{ kg/s}$, qozonga kirishdagi suvning harorati $t_1 = 70\text{ }^\circ\text{C}$, qozondan chiqayotgan suvning harorati $t_2 = 150\text{ }^\circ\text{C}$, bo'lsa, yoqilg'ining sof sarfini va o'artli yoqilg'i sarfini aniqlang.

Javob: $V = 0,79\text{ kg/s}$; $V_u = 0,965\text{ kg/s}$.

4.27.-masala. Bug' qozonining o'chog'ida bug' ishlab chiqarish qobiliyati teng bo'lgan $D = 6,6\text{ kg/s}$, past yonish issiqligi $Q_u^r = 13997\text{ kJ/kg}$ bo'lgan B3 markali Chelyabinsk ko'miri yonadi. Agar qozonga yoqilg'ining harorati kirayotgandagi

malum bo'lsa, $t_i = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, yoqilg'i ishchi massasining issiqlik sig'imi $c_{yo}^i = 2,2$ kJ/(kg $\cdot^{\circ}\text{K}$). Qozon agregatining f.i.k. brutto) $\eta_{k.a}^{br} = 92,5\%$, to'yingan bug'ning bosimi $r_{o'.t.b} = 5\text{ MPa}$, o'ta to'yingan bug'ning harorati $t_{o'.t.b} = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$, kondensatning harorati $t_k = 36\text{ }^{\circ}\text{C}$, regenerativ isitgichdan keyingi ichimlik suvining harorati $t_{ich.s} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ va uzluksiz purkash $P = 5\%$ bo'lsa, yoqilg'ining foiz hisobidagi iqtisodiyligini aniqlang.

Yechish: Yoqilg'ining fizik issiqligini 4.4 ifoda bilan aniqlaymiz:

$$Q_{yo} = c_{yo}^i t_{yo} = 2,2 \cdot 30 = 66\text{ kJ/kg.}$$

Mumkin bo'lgan issiqlikni 4.3 ifodadan aniqlaymiz:

$$Q_m' = Q_q' + Q_{yo} = 13\,997 + 66 = 14063\text{ kJ/kg.}$$

Regenerativ isitishsiz bo'lgan holatda yoqilg'ining sarfi 4.25 ifoda bilan aniqlaymiz:

$$B_1 = \frac{D_{bug'q} [(i_{o'ta q.b} - i_k) + (P/100)(i_{qoz.s} - i_k)]}{Q_m' \eta_{k.a}^{6p}} 100 = \frac{5,6[(3318 - 150,8) + (5/100)(1154,2 - 150,8)]}{14063 \cdot 92,5} 100 = 1,63\text{ kg/s}$$

$D_1 = D$, to'yingan bug'ning olinishi bo'lmagani uchun.

Regenerativ isitilgandagi yoqilg'ining sarfi:

$$B_2 = \frac{D_{bug'q} [(i_{o'ta q.b} - i_{iz.s}) + (P/100)(i_{qoz.s} - i_{uz.s})]}{Q_m' \eta_{k.a}^{6p}} 100 = \frac{5,6[(3318 - 632,2) + (5/100)(1154,2 - 632,2)]}{14063 \cdot 92,5} 100 = 1,37\text{ kg/s}$$

Yoqilg'ining iqtisodiyligi:

$$\Delta B = \frac{B_1 - B_2}{B_1} 100 = \frac{1,63 - 1,37}{1,63} 100 = 15,95\%.$$

Javob: $\Delta B = 15,95\%$.

4.28.-masala. Qozon agregatining qozondagi ishlab chiqarish qobiliyati $D = 64$ kg/s bo'lgan rost yoqish issiqligi $Q_p = 15\,300$ kJ/kg bo'lgan qo'ng'ir ko'mir yonadi. Yoqilg'ining hisoblangan va shartli sarfini aniqlang, agar bug' agregatining f.i.k. (brutto) aniq bo'lsa, $\eta_{bu}^{br} = 89,3\%$; o'ta qiz'igan bug'ning bosimi $p_{o.q.b.} = 10$ MPa, o'ta qizigan bug'ning harorati $t_{o.q.b.} = 510$ °C, ichimlik suvini harorati $t_{ich.s.} = 215$ °C, shlakli yoqilg'ining issiqlik yo'qotishi $Q_4^{shl} = 172$ kJ/kg, yoqilg'i tushishdagi issiqlik yo'qolishi $Q_4^{op} = 250$ kJ/kg, va yoqilg'i zarrachalarining ketayotgan gazlar bilan olib ketiladigan issiqlik yo'qolishi $Q_4^{zn} = 190$ kJ/kg, teng bo'lsa.

Javob: $V_{xis} = 11,4$ kg/s; $V_{shart} = 6,06$ kg/s.

4.29.-masala. Qozon qurilmasining o'chog'ida bug' ishlab chiqarish qobiliyati $D = 3,9$ kg/s bo'lgan past yonish issiqligi $Q_p = 35675$ kJ/m³ bo'lgan Stavropol tabiiy gazi yonadi. Agar qozon agregatining (brutto) f.i.k. $\eta_q^{br} = 91\%$, o'ta qizigan bug'ning harorati $t_{o.ta.q.b.} = 280$ °C, kondensatning harorati $t_k = 32$ °C, regenerativ isitgichdan keyingi ta'minlovchi suvning harorati $t_{t.s.} = 100$ °C, uzluksiz purkash kattaligi $p_{o.ta.q.b.} = 3\%$, tashkil qilgandagi regenerativ isitgichlardan keyingi bug' qozonni to'ldirish uchun ketayotgan kondensatni isitish uchun olingan shartli yoqilg'ining foiz hisobidagi iqtisodiyligini aniqlang.

Javob: $\Delta V_{shart} = 10\%$.

4.2. O'choq qurilmalarining xarakteristikalar

Qatlamli o'choqlar uchun asosiy issiqlik xarakteristikalar bo'lib, Kolosnikli reshyotkalar (yonish oynasi) yuzasi o'choqning hajmi va o'choqning f.i.k. issiqlik kuchlanishi kamerasi o'choqlar uchun issiqlik kuchlanishi hisoblanadi.

Kolosnikli reshyotkalar yuzasi (kVt/m^2) ning issiqlik kuchlanishi:

$$Q/R = VQ_q^i/R, \quad (4.27)$$

bu yerda B – yoqilg'ining natural sarfi, kg/s ;

Q_q^i – pastki yonish issiqligi, kJ/kg ;

R – Kolosnikli reshyotkalar yuzasi, m^2 ;

O'choq hajmining issiqlik kuchlanishi (kVt/m^3):

$$Q/V_{yo} = VQ_q^i/V_{yo}, \quad (4.28)$$

bu yerda V_{yo} – o'choq hajmi, m^3 .

O'choqning foydali ish koeffitsienti:

$$\eta = 100 - q_3 - q_4, \quad (4.29)$$

bunda q_3 – yoqilg'ini kimyoviy to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yoqolishi, %;

q_4 – yoqilg'ini to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qotilishi, %.

4.30.-masala. Moskva viloyatidagi markasi B2 va tarkibi: $C^i = 28,7\%$; $H^i = 2,2\%$; $S_{uch}^i = 2,7\%$; $N^i = 0,6\%$; $O^i = 8,6\%$; $A^i = 25,2\%$; $W^i = 32,0\%$ ni tashkil etgan bilan ishlaydigan va bug' ishlab chiqarish samaradorligi $D = 6,1\ kg/s$ bo'lgan vertikal suv quvuri qozonlar uchun zarur bo'lgan kolosnikli reshyotkalar yuzasini aniqlang, agar qozonga kirayotgan yoqilg'ining harorati $t_4 = 20\ ^\circ C$, o'ta

qizigan bug'ning harorati $t_{o'ta q, b} = 420^\circ\text{C}$, bosimi $r_{p, p} = 4\text{ MPa}$, ta'minlovchi suvning harorati $t_{uz, s} = 180^\circ\text{C}$, qozon agregatining brutto f.i.k. $\eta_{ka}^{br} = 87\%$, uzluksiz nurlanish kattaligi $P = 4\%$, kolosnikli reshlyotka yuzasining issiqlik kuchlanishi $Q/R = 1170\text{ kVt/m}^2$ bo'lsa.

Javob: $R = 14,8\text{ m}^2$.

4.31.-masala. Bug' ishlab chiqarish samaradorligi $D = 13,8\text{ kg/s}$, kam oltingugurtli mazutning tarkibi $C^i = 84,65\%$; $H^i = 11,7\%$; $S_{uch}^i = 0,3\%$; $O^i = 0,3\%$; $A^i = 0,05\%$; $W^i = 3,0\%$, bo'lgan o'choqning yuzasini aniqlang, agar mazutning isish harorati $t_{yo} = 90^\circ\text{C}$, o'ta qizigan bug'ning bosimi $r_{o'ta q, b} = 1,4\text{ MPa}$, O'ta qizigan bug'ning harorati $t_{o'ta q, b} = 100^\circ\text{C}$, qozon agregatining brutto f.i.k. $\eta_{ka}^{br} = 88\%$, o'choq hajmining issiqlik kuchlanishi $Q/V_1 = 490\text{ kVt/m}^3$ ga teng bo'lsa.

Javob: $V_{yo} = 86\text{ m}^3$.

4.32.-masala. Agarda o'ta qizigan bug'ning bosimi $p_{o'ta q, b} = 1,6\text{ MPa}$, o'ta qizigan bug' harorati $t_{o'ta q, b} = 300^\circ\text{C}$, ta'minlovchi suv harorati $t_{uz, s} = 120^\circ\text{C}$, qozon agregatining brutto f.i.k. $\eta_{ka}^{br} = 88\%$, uzluksiz purkash kattaligi $P = 5\%$, Kolosnikli reshlyotkaning yuzasining issiqlik kuchlanishi $Q/R = 1045\text{ kVt/m}^2$ va o'choqning yuzasining hajmi issiqlik kuchlanishi $Q/V_{yo} = 400\text{ kVt/m}^3$ larga teng bo'lsa. Bug'ning ishlab chiqarish unumdorligi $D = 8,45\text{ kg/s}$ bo'lgan qozon agregatining f.i.k. ini, o'choqning yuzasining hajmini va Kolosnikli reshlyotkaning yuzasini aniqlang. Shunda kimyoviy to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi $q_3 = 0,8\%$ va mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 6,5\%$ larga teng. Qozon qurilmasida quyi yonish issiqligi $Q_q^i = 34345\text{ kDj/kg}$ ga teng bo'lgan T markali Kuznetsk ko'mirida ishlaydi. Yoqilg'i tarkibi $A^i = 18,8\%$ va namligi $W^i = 8,5\%$ teng bo'lsa.

Yechish: Yoqilg'ining ishchi massasini quyi yonish issiqligining quyidagi (3.14) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q'_q = Q'_m = Q'_q \frac{100 - (A' + W')}{100} - 25W' = 34345 \frac{100 - (18,8 + 8,5)}{100} - 25 \cdot 8,5 = 24756 \text{ kDj/kg}$$

Yoqilg'ini sarfini (4.25) ifodadan aniqlanadi:

$$B = \frac{D[(i_{o'ta q, b} - i_{uz, s}) + (P/100)(i_{qoz, s} - i_{uz, s})]}{Q'_m \eta_{k.a}^{6p}} \cdot 100 = \frac{8,45[(3040 - 503,7) + (5/100)(857,3 - 503,7)]}{24756 \cdot 88} \cdot 100 = 0,99 \text{ kg/s}$$

$D_{bug' q.} = D$, chunki to'yingan bug'ning olinishi yo'q bo'lganligi uchun,

Kolosnikli reshyotkaning yuzasini (4.27) ifodadan aniqlaymiz:

$$R = \frac{BQ'_q}{Q/R} = \frac{0,99 \cdot 24756}{1045} = 23,45 \text{ m}^2.$$

O'choq yuzasining hajmini (4.28) ifodadan aniqlanadi:

$$V_{yo} = \frac{BQ'_q}{Q/V_{yo}} = \frac{0,99 \cdot 24756}{400} = 61,27 \text{ m}^3.$$

O'choqning f.i.k. ini (4.29) ifodadan aniqlanadi:

$$\eta_t = 100 - q_3 - q_4 = 100 - 0,8 - 6,5 = 92,7 \, \%.$$

Javob: $R = 23,45 \text{ m}^2$; $V_{yo} = 61,27 \text{ m}^3$; $\eta_t = 92,7 \, \%$.

4.33.-masala. Bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D = 7,05 \text{ kg/s}$ bo'lgan qozon agregatida tarkibi $\text{SO}_2 = 0,8 \, \%$; $\text{SN}_4 = 84,5 \, \%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 3,8 \, \%$; $\text{S}_3\text{N}_8 = 1,9 \, \%$; $\text{S}_4\text{N}_{10} = 0,9 \, \%$; $\text{S}_5\text{H}_{12} = 0,3 \, \%$; $\text{N}_2 = 7,8 \, \%$ ni tashkil qilgan Saratov tabiiy gazi yoqiladi. Agar

o'ta qizigan bug'ning bosimi $p_{o'ta\ q.b} = 1,4$ MPa, harorati $t_{o'ta\ q.b} = 110$ °C qozon agregatining (brutto) $\eta_{ka}^{br} = 91$ %, uzluksiz purkash kattaligi $P = 4\%$, o'choq hajmining issiqlik kuchlanishi $Q/V_1 = 310$ kVt/m³, yoqilg'ining kimyoviy to'liq yonib bo'lmagandagi yo'qolgan issiqligi $q_3 = 1,2\%$ va yoqilg'ining mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 1\%$ ni tashkil etganda o'choq yuzasining hajmini va o'choqning f.i.k. ini aniqlang.

Javob: $V_{yo} = 63,6$ m³; $\eta_t = 97,8$ %.

4.34.- masala. Bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D = 5,9$ kg/s bo'lgan qozon agregati o'choqning f.i.k. ini va Kolosnikli reshyotkasi yuzasini aniqlang. Agar o'ta qizigan bug'ning bosimi $p_{o'ta\ q.b} = 1,4$ MPa, harorati $t_{o'ta\ q.b} = 250$ °C, ta'minlovchi suvning harorati $t_{uz.s} = 120$ °C, qozon agregatining brutto f.i.k. $\eta_{ka}^{br} = 86,5$ %, Kolosnikli reshotka yuzasini issiqlik kuchlanishi $Q/R = 1260$ kVt/m² yoqilg'ini kimyoviy yonuv bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi $Q_3 = 107,5$ kJ/kg, yoqilg'ini mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi yo'qolgan issiqlik $Q_4 = 1290$ kJ/kg ga ega bo'lsa. Qozon agregati quyi yonish issiqligi $Q_q^i = 31\,346$ kJ/kg bo'lgan yoqilg'ini tarkibi $A^i = 31$ % va namligi $W^i = 6$ % ga teng bo'lgan G markali Kizel ko'miri yoqiladi.

Javob: $R = 12,1$ m²; $\eta_t = 93$ %.

4.35.- masala. Bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D = 2,5$ kg/s bo'lgan qozon agregatining kamerali o'chog'ining hajmini aniqlang, agar o'ta qizigan bug'ning bosimi $p_{o'ta\ q.b} = 1,4$ MPa, harorati $t_{o'y.b.} = 250$ °C, ta'minlovchi suvning harorati $t_{uz.s} = 100$ °C, qozon agregatining brutto f.i.k. $\eta_{ka}^{br} = 90$ %, uzluksiz purkash kattaligi $P = 4\%$, o'choq yuzasining hajmi $V_{yo} - 24$ m³ ni tashkil etsa.

Qozon qurilmasi quyi yonish issiqligi $Q_{it}^g = 40090$ kJ/kg, tarkibi $A^i = 0,1$ % va namligi $W^i = 3$ %, bo'lgan yuqori oltingugurtli mazutda ishlaydi. Mazutning isitish harorati $t_{yo} = 90$ °C ga teng.

Javob: $Q/V_{yo} = 292$ kVt/m³.

4.36.–masala. Suv isituvchi qozonda yonish issiqligi $Q = 13997 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan B3 markali Chelyabinsk ko'miri yonadi. Boshqoli panjara maydonining issiqlik arlanishini toping. Agar qozon agregati f.i.k. ma'lum bo'lsa $\eta_{ka}^{br} = 85 \%$; suvning sarfi $M_h = 65 \text{ kg/s}$ qozonga kirayotgan suvning harorati $t_1 = 70^\circ\text{C}$ va qozondan chiqayotgan suvning harorati $t_2 = 150^\circ\text{C}$ va boshqoli panjara maydoni $R = 15 \text{ m}^2$.

Javob: $Q/R = 1596 \text{ kVt/m}^2$.

4.37.–masala. Shaxta tegirmon o'txonasida past yonish issiqligi $Q_g^i = 22024 \text{ kJ/kg}$ ga teng bo'lgan G markali Donetsk ko'miri yonadi. Boshqoli panjara maydoninig yuzasini o'txona yuzasining hajmini va o'txona f.i.k. ini aniqlang. Agar boshqoli panjara maydonining issiqlik kuchlanishi $Q/R = 1270 \text{ kVt/m}^2$, o'txona hajmining issiqlik kuchlanishi $Q/V_{yo} = 280 \text{ kVt/m}^3$ va yonilg'ining sarfi $V = 0,665 \text{ kg/s}$ yoqilg'ining kimyoviy chala yonishdagi issiqlik yo'qotilishi $q_3 = 0,6\%$, va yoqilg'ining mexanikaviy chala yonishidagi issiqlik yo'qotilishi $q_4 = 4,4 \%$.

Javob: $R = 11,5 \text{ m}^2$; $V_{yo} = 52,3 \text{ m}^3$; $\eta = 95 \%$.

4.3. O'txona qurilmalaridagi issiqlik almashinuvning hisobi

O'choqning nur qabul qilish yuzasidagi berimon issiqlik o'choqning nur qabul qilish yuzasidagi issiqlik miqdori ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$Q_1 = \phi(Q_{yo} - I_{yo}'') \quad (4.30)$$

bu yerda Q_{yo} - o'txonadagi foydali issiqlik tarqalishi, kJ/kg ;

I_{yo}'' - o'txonadan chiqayotgan haroratda yonish mahsulotlari entalpiyasi, kJ/kg ;

ϕ - issiqlik saqlanish koeffitsienti.

O'txonadagi foydali issiqlik ajralishi (kJ/kg), (kJ/m^3) 1 kg qattiq suyuq yoki 1 m^3 gazsimon yoqilg'i uchun:

$$Q_{yo} = Q_n' \frac{100 - q_3 - q_4 - q_6}{100 - q_4} + Q_n' + Q_{pn} - Q_{6,qn}, \quad (4.31)$$

bu yerda Q_n' - yoqilg'ining mumkin bo'lgan issiqligi, kJ/kg;

Q_n' - o'txonaga kirayotgan issiq yoki sovuq havoning issiqligi, kJ/kg;

Q_{ts} - tsirkulyatsiyaga ega bo'lmagan issiqlik, kJ/kg;

$Q_{sir,h}$ - qozon agregatidan tashqarida isitilgan havo bilan o'txona qarshisidagi issiqlik, kJ/kg;

q_3 - yoqilg'i yonishidagi kimyoviy to'liq yonmagan issiqlikni yo'qotilishi, %;

q_4 - yoqilg'i yonishidagi to'liq mexanik yonmagandagi issiqlik yo'qotilishi, %;

q_6 - shlakning fizik issiqlikdagi issiqlik yo'qotilishi.

Qozonxonaga issiq va sovuq havo bilan kiradigan issiqlik:

$$Q_h' = (\alpha_{yo} - \Delta\alpha_{yo} - \Delta\alpha_{h,so'r}) V^0 (s\theta)_{is,h} + (\Delta\alpha_{yo} + \Delta\alpha_{h,so'r}) \times V^0 (s\theta)_{s,h}, \quad (4.32)$$

bu yerda α_{yo} - o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti;

$\Delta\alpha_{yo}$ - havoning o'txonaga so'rilishi;

$\Delta\alpha_{h,so'r}$ - kukun tayyorlash qurilmasiga havoni so'rilishi;

V^0 - havoning kerakli nazariy hajmi, m³/kg;

$(s\theta)_{is,h}$ va $(s\theta)_{s,h}$ - issiq va sovuq havoning entalpiyasi, kJ/kg.

Tsirkulyatsiyaga ega bo'lmagan gaz issiqligi:

$$Q_{ts} = V_{ts} c_{ts} \theta_{ts}, \quad (4.33)$$

bu yerda V_{ts} - tsirkulyatsiyaga ega bo'lmagan gazlar, m³/kg;

c'_{ts} - tsirkulyatsiyaga ega bo'lmagan gazlarning o'rtacha issiqlik sig'imi, $\text{kJ/m}^3 \cdot ^\circ\text{K}$;

ϑ_{ts} - tsirkulyatsiyaga ega bo'lmagan gazlarning olinayotgandagi harorati, $^\circ\text{C}$.

O'txonaga havo bilan kirgan, qozon agregatidan tashqari isitimon Q_{v-vn} issiqlik ushbu (4.7) ifodadan topiladi.

Issiqlikni saqlash koeffitsienti:

$$\varphi = 1 - q_s/100, \quad (4.34)$$

bu yerda q_s g' atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik, %.

O'txonada yonayotgan yonilg'ining nazariy harorati (ϑ_i) shunday haroratki agar o'txonaga keltirilgan issiqlikning hammasi yonilg'i mahsulotlariga keltirilganda ularning hammasi qizirdi. Yoqilg'ini kimyoviy chala yonishidan va shlakning fizikaviy issiklik yo'qotishini hisobga olmaganda.

O'txonadagi foydali issiq aylanishi Q_{yo} , o'qishning nazariy harorat ($^\circ\text{C}$) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\vartheta_{yo} = Q_r / [V_{RO_2} c'_{CO_2} + V_{N_2}^0 c'_{N_2} + V_{H_2O} c'_{H_2O} + (\alpha_r - 1) V^0 c'_{ps}] \quad (4.35)$$

bu yerda V_{RO_2} , $V_{N_2}^0$, $V_{H_2O}^0$ - yoqilg'i yonish mahsulotlarining nazariy hajmi, m^3/kg ;

c'_{CO_2} , c'_{N_2} , c'_{H_2O} , c'_{ps} - havoning, karbonad angidridning, azot va suvning o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi, $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{K})$.

4.35 ifodadan c'_{CO_2} , c'_{N_2} , c'_{H_2O} , c'_{ps} ning qiymatlari noma'lum. Shuning uchun ϑ_i ni ϑ_9 - diagrammadan topamiz. 3.1 rasmda yoqish mahsulotlari uchun ϑ_i - haroratni topiladi. Shunda yonish mahsulotlarini entalpiyasi I_i , foydali issiqlik ajralishi Q_i ga teng bo'ladi.

O'txonadan chiqayotgan gazlarning harorati ($^\circ\text{C}$):

$$\theta_{yo}'' = \frac{T_{yo}}{M \left(\frac{5,7 \cdot 10^{-11} \zeta H_{nur} a_{yo} T_{yo}^3}{\phi B_{sis} V c_p} \right)^{0,6} + 1} - 273, \quad (4.36)$$

bu yerda T_{yo} - o'txonada yoqilg'ini yonishdagi nazariy absolyut harorat, °K.

M - qattiq yoqilg'ilarni qatlamli yoqilishida nisbatan eng yuqori harorat joylashishini ifodalaydigan hisobiy koeffitsienti $M = 0,3 - 0,5$, alangali yonishda suyuq va gazlarni yoqilg'ilar $M = 0,05$;

ζ - nur qabul qilish yuzasidagi shartli koeffitsienti (I ga asosan) tekis quvurli ekranlar uchun 0,6 - qattiq yoqilg'ilarni yoqilishida; 0,55 - mazutni yoqilishida; 0,65 - gazsimon yoqilg'ini yoqilishida;

$a_{yo} = 0,2/0,9$ - o'txonaning harorat darajasi;

N_1 - nur qabul qiluvchi yuza, m²;

ϕ - issiqlikni saqlash koeffitsienti;

$V_{sis.sarf}$ - yoqilg'ini hisobiy sarfi, kg/s;

V_{c_p} - 1kg (1m³) yoqilg'ining haroratlar oralig'idagi θ , - θ'' yonish mahsulotlarining issiqlik sig'imi, kJ/kg.°K.

O'txonani isitilishidagi nur qabul qilish yuzasi (m²):

$$H_1 = \frac{B_p Q_{nur}}{5,7 \cdot 10^{-11} M \zeta a_1 T_1'' T_2''} \sqrt{\frac{1}{M^2} \left(\frac{T_1}{T_2} - 1 \right)^2}, \quad (4.37)$$

bunda: T_{yo}'' - o'txonadan chiqishdagi gazlarning absolyut harorati, °K.

4.38.-masala. Tarkibi $C^i = 28,7\%$; $H^i = 2,2\%$; $S_{uch}^i = 2,7\%$; $N^i = 0,6\%$; $O^i = 8,6\%$; $A^i = 25,2\%$; $W^i = 32,0\%$ ni tashkil etgan B2 markali Moskva viloyatidagi ko'mirda ishlaydigan qozon agregati o'txonasidagi kerakli issiqlik ajralishini aniqlang, agar yoqilg'isini o'txonaga kirishdagi harorati $t_{yo} = 20$ °C, qozonxonadagi havoning harorati $t_h = 30$ °C, issiq havoning harorati $t_{is.h} = 300$ °C, o'txonadagi havoning

ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,3$, o'txona kamerasiga havoning so'rilishi $\Delta\alpha_t = 0,05$ va yoqilg'ini kimyoviy to'liq yonmaganida issiqlik yoqolishi $q_3 = 0,5\%$, mexanik yonib bo'lmagandagi yo'qolgan issiqlik $q_4 = 3\%$, tsirkulyatsiyaga ega bo'lmagan gazlarning hajmi $V_{ts} = 1,1 \text{ m}^3/\text{kg}$, tsirkulyatsiyaga ega bo'lmagan gazlarning harorati $\vartheta_{rts} = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$, tsirkulyatsiyaga ega bo'lmagan gazlarning o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi $c'_{rts} = 1,415 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{K})$.

Javob: $Q_{yo} = 13551 \text{ kJ/kg}$.

4.39.-masala. Qozon agregatining gorelkalariga avvaldan isitilgan havoni yuborilsa, qozon qurilmasining o'txonasida foydali issiqlik ajralishi qanchaga o'zgaradi, agar qozonxonadagi havoning harorati $t_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, issiq havoning harorati $t_{is,h} = 250 \text{ }^\circ\text{C}$, qozonxonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,15$, o'txona kamerasiga havoning so'rilishi $\Delta\alpha_{yo} = 0,05$, yoqilg'ining kimyoviy to'liq yonib bo'lmaganida issiqlik yo'qolishi $q_3 = 1\%$, tashkil etsa va berilgan bo'lsa. Qozonxona tarkibi $\text{SO}_2 = 0,8\%$; $\text{SN}_4 = 84,5\%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 3,8\%$; $\text{S}_3\text{N}_8 = 1,9\%$; $\text{S}_4\text{N}_{10} = 0,9\%$; $\text{S}_5\text{N}_{12} = 0,3\%$; $\text{N}_2 = 7,8\%$ Saratov tabiiy gazida ishlaydi.

Javob: $\Delta Q_t = 3027 \text{ kJ/m}^3$.

4.40.-masala. Tarkibi $\text{C}^i = 49,3\%$; $\text{H}^i = 3,6\%$; $\text{S}^i_{uch} = 3,0\%$; $\text{N}^i = 1,0\%$; $\text{O}^i = 8,3\%$; $\text{A}^i = 21,8\%$; $\text{W}^i = 13,0\%$ da ishlaydigan qozon qurilmasida yoqilg'ining nazariy yonish haroratini aniqlang. Agar korxonadagi havoning harorati $t_h = 25^\circ\text{C}$ issiq havoning harorati $t_{is,h} = 300 \text{ }^\circ\text{C}$, o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,35$, o'txona kamerasiga havoning so'rilishi $\Delta\alpha_t = 0,05$. Yoqilg'ining kimyoviy chala yongandagi issiqlik yo'qolishi $g_3 = 0,7\%$, mexanik chala yongandagi issiqlik yo'qolishi $g_4 = 4\%$, shlakni fizik isitilgandagi yo'qolgan issiqlik $q_6 = 0,8\%$ ni tashkil etsa.

Yechish: Yoqilg'i ishchi massasini quyi yonish issiqligi (3.12) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q'_q = 338 C^i + 1025 - N^i - 108,5 (O^i - S'_{uch}) - 25W^i = 338 \cdot 49,3 + 1025 \cdot 3,6 - 108,5 (8,3 - 3,0) - 25 \cdot 13,0 = 19453 \text{ kJ/kg.}$$

(3.27) ifodadan havoning kerakli nazariy hajmini aniqlaymiz:

$$V^o = 0,089C^i + 0,266N^i + 0,033 (S'_{uch} - O^i) = 0,089 \times 49,3 + 0,266 \cdot 3,6 + 0,033 (3,0 - 8,3) = 5,17 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

Qozon qurilmasida qizitilmagan o'rtasiga kiradigan havo issiqligini (4.7) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q_{kir,h} = \alpha_{yo} V^o s'_{is,h} \Delta t_h = 1,2 \cdot 5,17 \cdot 1,33 \cdot 275 = 2553 \text{ kJ/kg.}$$

Mumkin bo'lgan issiqlikni (4.3) ifodadan topamiz:

$$Q'_m = Q'_q + Q_{kir,h} = 19453 + 2553 = 22006 \text{ kJ/kg.}$$

O'txonaga havo bilan kiradigan issiqlikni (4.32) ifodadan topamiz:

$$Q'_h = (\alpha_{yo} - \Delta \alpha_{yo}) V^o (c9)_{is,h} + \Delta \alpha_{yo} V^o (c9)_{s,h} = (1,35 - 0,05) \cdot 5,17 \cdot 403 + 0,05 \cdot 5,17 \cdot 33 = 2717 \text{ kJ/kg.}$$

$(s9)_{is}$ i $(c9)_{s,h}$ entalpiyalarni qiymatini 1-javaldan topamiz. (Ilovaga qarang).

(4.31) ifodadan qozondagi foydali issiqlik ajralishini topamiz:

$$Q_{yo} = Q'_m \left(\frac{100 - q_3 - q_4 - q_6}{100 - q_4} \right) + Q'_m - Q_{kir,h} = 22006 \left(\frac{100 - 0,7 - 4 - 0,8}{100 - 4} \right) + 2717 - 2553 = 21826 \text{ kJ/kg.}$$

Foydali issiqlik ajralishini bilgandan so'ng I_9 -diagramma yordamida yonishning nazariy haroratini aniqlaymiz. Buning uchun gazlarga 2 ta harorat beramiz (1500°C va 2000°C) va ular uchun yonish maxsulotlarining entalpiyasini hisoblaymiz.

(3.33) ifodadan uch atomlik gazlar hajmini aniqlaymiz:

$$V_{\text{RO}_2} = 0,0187(C^i + 0,375 S_i^i) = 0,0187 (49,3 + 0,375 \times 3,0) = 0,94 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Azotning nazariy hajmini (3.32) ifodasi:

$$V_{\text{N}_2}^0 = 0,79V^0 + 0,8N^i/100 = 0,79 \cdot 5,17 + 0,8 \cdot 1,0/100 = 4,09 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Suv bug'ining nazariy hajmini (3.35) ifodadan:

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,0124 (9N^i + W^i) + 0,0161V^0 = 0,0124 \times (9 \cdot 3,6 + 13,0) + 0,0161 \cdot 5,17 = 0,64 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

$\alpha_{y_0} = 1$ va $\vartheta_g = 1500^\circ\text{C}$ da (3.61) ifodadan yonish maxsulotlarining entalpiyasini aniqlaymiz:

$$I_g^0 = V_{\text{RO}_2} (c\vartheta)_{\text{SO}_2} + V_{\text{N}_2}^0 (c\vartheta)_{\text{N}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}}^0 (c\vartheta)_{\text{H}_2\text{O}} = 0,94 \cdot 3504 + 4,09 \cdot 2164 + 0,64 \cdot 2779 = 13823 \text{ kJ/kg}$$

$\vartheta_g = 1500^\circ\text{C}$ da $(s\vartheta)_{\text{SO}_2}$, $(s\vartheta)_{\text{N}_2}$ va $(s\vartheta)_{\text{N}_2\text{O}}$ entalpiyalarni qiymatini 1-jadvalda topamiz (ilovoga qaralsin).

$A_{y_0} = 1$ va $\vartheta_g = 1500^\circ\text{C}$ da (3.62) ifodadan havo entalpiyasi aniqlaymiz:

$$I_h^0 = V^0 (c\vartheta)_h = 17 \times 2239 = 11\,576 \text{ kJ/kg}.$$

(c9)_v entalpiyani qiymatini 1-jadvalda (ilovaga qarang) topamiz.

Yoqilg'i maxsulotlarining entalpiyasi (3.60) ifodadan topamiz:

$$g_g = 1500^\circ\text{C da}$$

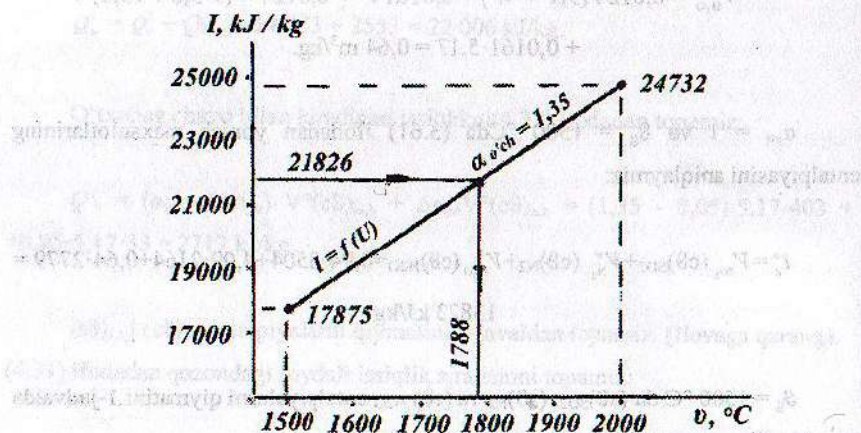
$$I_{y0} = I_g^0 + (\alpha_g - 1) I_h^0 = 13823 + (1,3 - 1) 11\,576 = 17\,875 \text{ kJ/kg;}$$

$$g_g = 2000^\circ\text{C da}$$

$$I_{y0} = I_g^0 + (\alpha_t - 1) I_h^0 = V_{H_2O} (c9)_{SO_2} + V_{N_2}^0 (c9)_{N_2} + V_{H_2O}^0 (c9)_{H_2O} + (\alpha_t - 1) V^0 (c9)_h =$$

$$= 0,94 \cdot 4843 + 4,09 \cdot 2964 + 0,64 \cdot 3926 + (1,35 - 1) \cdot 5,17 \cdot 3064 = 24732 \text{ kJ/kg}$$

Yonish maxsulotlarini topilgan qiymat bo'yicha /9 - diagrammani (4.1-rasm) ko'ramiz.



4.1. - rasm

O'txonadagi foydali issiqlik ajralishi bo'yicha $Q_t = I_t = 21826 \text{ kJ/kg}$

yonishning nazariy haroratini topamiz: $\vartheta_1 = 1788^\circ\text{C}$.

Javob: $\vartheta_{y0} = 1788^\circ\text{C}$.

4.41.-masala. Tarkibi $\text{SN}_4 = 92,2\%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 0,8\%$; $\text{S}_4\text{N}_{10} = 0,1\%$; $\text{N}_2 = 6,9\%$ tashkil etgan tabiiy gazda ishlaydigan qozon agregatining nazariy yonish issiqligini aniqlash kerak bo'ladi, agar qozonlardagi havoning harorati $t_h = 30^\circ\text{C}$, issiq havoning harorati $t_{is,h} = 250^\circ\text{C}$, o'choqdagi havoning ortiqcha koeffitsienti $\alpha_1 = 1,1$, o'choqda havoning so'rilishi $\Delta\alpha_1 = 0,04$ va yoqilg'ining mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi $q_5 = 1\%$ ga teng bo'lsa.

Javob: $\vartheta_1 = 2020^\circ\text{C}$.

4.42.-masala. Qozon agregati $\text{SO}_2 = 0,2\%$; $\text{SN}_4 = 98,2\%$; $\text{S}_2\text{N}_4 = 0,4\%$; $\text{S}_3\text{N}_8 = 0,1\%$; $\text{S}_4\text{N}_{10} = 0,1\%$; $\text{N}_2 = 1,0\%$ ni tashkil etgan Stavropol tabiiy gazida ishlaydi. Agar qozondagi havoni harorati $t_h = 25^\circ\text{C}$, issiq havoning harorati $t_{is,h} = 280^\circ\text{C}$, o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_1 = 1,25$, o'choqdan havoni so'rilishi $\Delta\alpha_1 = 0,08$ va yoqilg'ining kimyoviy to'liq yonib bo'lmaganda issiqlik yo'qolishi $q_3 = 1,2\%$ bo'lsa, qozon agregatida avvaldan isitilgan havoni berilishi tufayli nazariy yonish harorati qacha o'zgaradi.

Yechish: (3.13) ifoda yordamida yoqilg'ining ishchi massasini quyi yonish issiqligini aniqlaymiz:

$$Q_q' = 358\text{SN}_4 + 638\text{S}_2\text{N}_6 + 913\text{S}_3\text{N}_8 + 1187\text{S}_4\text{N}_{10} = 358 \cdot 98,2 + 638 \cdot 0,4 + 913 \cdot 0,1 + 1187 \cdot 0,1 = 35621 \text{ kJ/m}^3.$$

(3.28) ifodadan nazariy kerak bo'lgan havo hajmini aniqlaymiz:

$$V^0 = 0,0478 [0,5 (\text{SO} + \text{N}_2) + 1,5\text{H}_2\text{S} + 2\text{SN}_4 + \sum (m + n/4)\text{S}_m\text{N}_n - \text{O}_2] = 0,0478(2 \cdot 98,2 + 3,5 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,1 + 6,5 \cdot 0,1) = 9,51 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

Qozon agregatida isitilmagan havoni o'txonaga kirishdagi issiqligini (4.7)

ifodadan:

$$Q_{\text{kir,h}} = \alpha_t V^0 s_{\text{is,h}} \Delta t_h = 1,25 \cdot 9,51 \cdot 1,33 \cdot 255 = 4032 \text{ kJ/m}^3.$$

(4.3) ifodadan mumkin bo'lgan issiqlikni aniqlaymiz:

$$Q'_m = Q'_q + Q_{\text{kir,h}} = 35\,621 + 4032 = 39\,653 \text{ kJ/m}^3.$$

(4.32) ifodadan o'txonaga havo bilan kiradigan issiqlikni aniqlaymiz:

$$Q'_h = (\alpha_{y_0} - \Delta \alpha_{y_0}) V^0 (s_9)_{\text{is,h}} + \Delta \alpha_t V^0 (s_9)_{\text{s,h}} = (1,25 - 0,08) \cdot 9,51 \cdot 376 + 0,08 \cdot 9,51 \cdot 33 = 4209 \text{ kJ/m}^3.$$

$(s_9)_{\text{is,h}}$ va $(s_9)_{\text{s,h}}$ entalpiyalarni qiymatini 1-jadvaldan (ilovaga qarang) topamiz.

(4.31) ifoda yordamida avvaldagi isitilmagan havoni gorelkalarga berilishidagi, o'txonadan foydali ajralgan issiqlikni aniqlaymiz:

$$Q_{q1} = Q'_m \cdot \left(\frac{100 - q_3}{100} \right) + Q'_h - Q_{\text{kir,h}} = 39\,653 \cdot \left(\frac{100 - 1,2}{100} \right) + 4209 - 4032 = 39\,354 \text{ kJ/m}^3.$$

O'txonadagi foydali issiqlik ajralishini bilgan holda, $\bar{T}_9$ - diagrammadan yonishning nazariy issiqligini bilgan holda topamiz. Buning uchun ikki hil haroratni beramiz (1500 °C va 2000 °C) va shular uchun yoqilg'i maxsulotlarining entalpiyasini aniqlaymiz.

(3.39) ifoda yordamida uch atomli gazlarning hajmini aniqlaymiz:

$$V_{RO_2} = 0,01 (SO_2 + SO + H_2S + \sum C_m H_n) = 0,01 \times (0,2 + 98,2 +$$

$$+ 2 \cdot 0,4 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1) = 1,0 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

Azotning nazariy hajmini (3.38) ifodadan aniqlaymiz:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 V^0 + N_2/100 = 0,79 \cdot 9,51 + 1/100 = 7,52 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Suv bug'ining nazariy hajmini (3.41) ifodadan:

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 [H_2S + H_2 + \sum \frac{n}{2} C_m H_n + 0,124 d_g] + 0,0161 V^0 =$$

$$= 0,01 (2 \cdot 98,2 + 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1) + 0,0161 \cdot 9,51 = 2,13 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

(3.61) ifodadan $\alpha_t = 1$ va $\vartheta_g = 1500^\circ\text{C}$ bo'lganida yoqilg'i maxsulotlarining entalpiyasini aniqlaymiz:

$$I_g^0 = V_{H_2O}^0 (s\vartheta)_{SO_2} + V_{N_2}^0 (s\vartheta)_{N_2} + V_{H_2O}^0 (s\vartheta)_{H_2O} = 1,0 \cdot 3504 + 7,52 \cdot 2164 +$$

$$+ 2,13 \cdot 2779 = 25696 \text{ kJ/m}^3.$$

$\alpha_t = 1$ va $\vartheta_g = 1500^\circ\text{Cda}$ (3.62) ifodadan havoning entalpiyasini aniqlaymiz:

$$I_h^0 = V^0 (c\vartheta) = 9,51 \cdot 2239 = 21293 \text{ kJ/m}^3.$$

Yoqilg'i maxsulotlarining entalpiyasi (3.60) ifodadan topamiz:

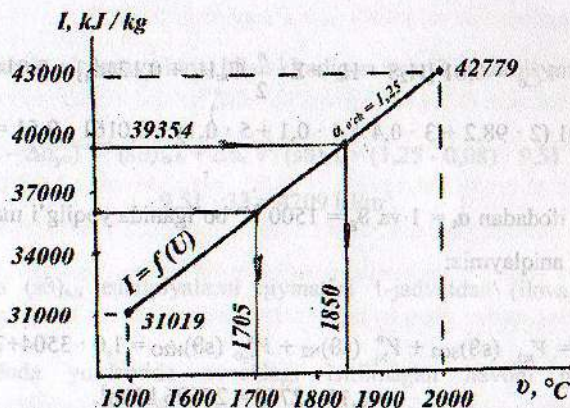
$$\vartheta_g = 1500^\circ\text{Cda}$$

$$I_{yo} = I_g^0 + (\alpha_t - 1) I_h^0 = 25696 + (1,25 - 1) 21293 = 31019 \text{ kJ/m}^3;$$

$$\vartheta_g = 2000^\circ\text{Cda}$$

$$\begin{aligned}
 I_{y0} &= I_g^0 + (\alpha_{y0} - 1) I_h^0 = V_{RO_2} (s\theta)_{SO_2} + V_{N_2}^0 (s\theta)_{N_2} + V_{H_2O}^0 (s\theta)_{H_2O} + \\
 &+ (\alpha_{y0} - 1) V^0 (s\theta)_s = 1,0 \cdot 4843 + 7,52 \times 2964 + 2,13 \cdot 3926 + \\
 &+ (1,25 - 1) \cdot 9,51 \cdot 3064 = 42779 \text{ kJ/m}^3.
 \end{aligned}$$

Yonish maxsulotlarini topilgan qiymat bo'yicha $I\theta$ - diagrammani (4.2-rasm) ko'ramiz.



4.2. - rasm.

O'txonadagi foydali issiqlik ajralishi bo'yicha $Q_{y01} = I_{y01} = 39354 \text{ kJ/m}^3$ va $Q_{y02} = I_{y02} = 36028 \text{ kJ/m}^3$ yonishning nazariy haroratini topamiz: $\theta_{y01} = 1850 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\theta_{y02} = 1705 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Garelkalar isitilgan havoni berilishi tufayli qozon agregatlarining nazariy harorati $\Delta\theta_{y0}$ qiymatga o'zgaradi:

$$\Delta\theta_{y0} = \theta_{y01} - \theta_{y02} = 1850 - 1705 = 145 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Javob: $\Delta\theta_{y0} = 145 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.43.-masala. Bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D = 13,9$ kg/s teng bo'lgan, tarkibi $C^i = 28,7\%$; $H^i = 2,2\%$; $S^i_{uch} = 2,7\%$; $N^i = 0,6\%$; $O^i = 8,6\%$; $A^i = 25,2\%$; $W^p = 32,0\%$ ega bo'lgan B2 markali Moskva viloyatidagi ko'mirda ishlaydigan qozon qurilmasining o'txonasidagi chiqayotgan gazlarning haroratini aniqlang. O'txonaga kirishdagi yoqilg'i harorati $t_i = 30$ Co'ta qizigan bug'ning bosimi $p_{o'ta q, b} = 5$ MPa, harorati $t_{o'ta q, b} = 500$ °C, uzluksiz nurlanish kattaligi $P = 5\%$, ta'minlovchi suv harorati $t_{uz.s} = 170$ °C, yoqilg'ini ishchi massasi issiqlik sig'imi $c^i_{y_0} = 2,1$ kJ/(kg·°K), qozon agregatining (brutto) f.i.k. $\eta^b_{x.a} = 88,2\%$, o'txonadagi yoqilg'ining yonish harorati $\vartheta_{y_0} = 1681$ °C, ifloslanishning shartli koeffitsienti $\zeta = 0,7$ o'txonadagi qoralik darajasi $a_i = 0,712$, nur qabul qilish yuzasi $N_{nur} = 247$ m², yonish maxsulotlarining $\vartheta_{y_0} - \vartheta'_{y_0}$, haroratlar oralig'ida sig'imi $V_{c_p} = 8,26$ kJ/(kg·°K), o'txonadagi eng yuqori haroratni belgilaydigan hisobiy koeffitsienti $M = 0,55$, yoqilg'i mexanik to'liq yonib bo'lmaganidagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 2,2\%$, atrof muxitga yo'qolgan issiqlik $q_6 = 1,1\%$ aniq bo'lsa, qozon agregatining o'txonasidan chiqayotgan gazlarning haroratini aniqlaymiz.

Yechish: (3.12) ifoda yordamida yoqilg'i ishchi massasini quyi yonish issiqligini aniqlaymiz:

$$Q'_y = 338C^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S^i_{uch}) - 25W^i = 338 \cdot 28,7 + 1025 \cdot 2,2 - 108,5(8,6 - 2,7) - 25 \cdot 32,0 = 10516 \text{ kJ/kg.}$$

(4.4) ifodadan yoqilg'ini fizik issiqligini aniqlaymiz:

$$Q_{yol} = c^i_{y_0} t_{y_0} = 2,1 \cdot 30 = 63 \text{ kJ/kg.}$$

Mumkin bo'lgan issiqlikni (4.3) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q'_m = Q'_y + Q_{yol} = 10516 + 63 = 10579 \text{ kJ/kg.}$$

(4.25) ifodadan yoqilg'ini natural sarfini aniqlaymiz:

$$B = \frac{D_{\text{bug' q.}} \left[(i_{0\text{ta q.b.}} - i_{\text{uz.s}}) + (p/100)(i_{\text{q.uz.s}} - i_{\text{uz.s}}) \right]}{Q_p \eta_{\text{e.a}}^{\text{ep}}} + \frac{15,9[(3438 \cdot 719,3) + 0,05(1154,2 - 719,3)]}{10579 \cdot 88,2} 100 = 4,67 \text{ kg/s.}$$

$D_{\text{bug' q.}} = D$, chunki to'yingan bug' olinmaydi (4.26) ifodadan yoqilg'ining hisoblangan sarfini aniqlaymiz:

$$V_{\text{xis.sarf}} = V(1 - q_4/100) = 4,12(1 - 2,2/100) = 4,03 \text{ kg/s.}$$

(4.34) ifodadan issiqlikni saqlanish koeffitsientini aniqlaymiz:

$$\varphi = 1 - q_5/100 = 1 - 1,1/100 = 0,989.$$

(4.36) ifodadan qozonxonadan chiqayotgan gazlarni haroratini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} g''_{\text{yo}} &= \frac{T_{\text{yo}}}{M \left(\frac{5,7 \cdot 10^{-11} \zeta H_{\text{nuc}} a_{\text{yo}} T_{\text{yo}}^3}{\varphi B_b V c_p} \right)^{0,6} + 1} - 273 = \\ &+ \frac{1954}{0,55 \left(\frac{5,7 \cdot 10^{-11} \cdot 0,7 \cdot 247 \cdot 0,712 \cdot 1954^3}{0,989 \cdot 4,03 \cdot 8,26} \right)^{0,6} + 1} - 273 = 859^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

Javob: $g''_{\text{yo}} = 859^\circ\text{C.}$

4.44.-masala. Unumdorligi $D = 13,5 \text{ kg/s}$ bo'lgan, PA markasi Donetsk ko'miri bo'lgan quyi yonish issiqligi $Q'_q = 25265 \text{ kJ/kg}$ ga teng bo'lgan agregati keltirilgan. Agar o'ta qizigan bug'ning bosimi $p_{0\text{ta q.b}} = 4 \text{ MPa}$, harorati $t_{\text{uz.h}} = 450$

$^{\circ}\text{C}$, ta'minlovchi suv harorati $t_{\text{uz.s}} = 100^{\circ}\text{C}$, uzluksiz nurlash kattaligi $P = 3\%$, o'txonada yoqilg'ini yonishining nazariy harorati $\vartheta_{\text{yo}} = 2035^{\circ}\text{C}$, ifloslanishning shartli koeffitsienti $\zeta = 0,06$, o'txonaning qoralik darajasi $a_{\text{yo}} = 0,546$, nur qabul qiluvchi issiqlik yuzasi $N_1 = 230 \text{ m}^2$, yonish maxsulotlarining o'rtacha issiqlik sig'imi $V_{\text{cp}} = 15,4 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{K})$, o'txonadagi nisbiy eng yuqori haroratiga bog'liq bo'lgan hisobiy kaiffitsienti $M = 0,45$, yoqilg'ini mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 4\%$ va atrof muxitga yo'qolgan issiqlik $q_4 = 0,9\%$ tashkil etsa, qozonagregatining o'txonasidek chiqayotgan gazlarning haroratini aniqlang.

Javob: $\vartheta''_{\text{yo}} = 1082^{\circ}\text{C}$.

4.45.-masala. Unumdirligi $D = 12,6 \text{ kg/s}$ quyi yonish issiqligi $Q'_i = 7725 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan frezer tarafida ishlaydigan qozon agregatining o'txonasidan chiqayotgan gazlarni haroratini aniqlang, agar yoqilg'ini o'txonaga kirishdagi harorati $t_{\text{yo}} = 20^{\circ}\text{C}$, o'ta qizigan bug' bosimi $p_{\text{o'la.q.b}} = 4 \text{ MPa}$, harorati $t_{\text{o'la.q.b}} = 450^{\circ}\text{C}$, yoqilg'i ishohi massasining issiqlik sig'imi $c_{\text{yo}}^i = 2,64 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{K})$, qozon agregatining brutto f.i.k. $\eta_{\text{ka}}^{\text{br}} = 85\%$, o'txonada yoqilg'ini nazariy harorati $\vartheta_{\text{yo}} = 1487^{\circ}\text{C}$, ifloslanishni shartli koeffitsienti $\zeta = 0,6$, o'txona qoralik darajasi $a_{\text{yo}} = 0,729$, nur qabul qiluvchi yuzasi $N_1 = 240 \text{ m}^2$ yoqilg'i yonish maxsulotlarini o'rtacha issiqlik sig'imi $V_{\text{cp}} = 7,37 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{K})$, o'txonadagi eng yuqori haroratni nisbiy joylashishini ifodalaydigan hisobiy kaiffitsient $M = 0,45$, yoqilg'ini mexanik yo'liq yonib bo'lmaganida issiqlik yo'qolishi $q_4 = 2\%$, atrof muhitga yo'qolgan issiqlik $q_5 = 0,9\%$ ni tashkil etsa.

Javob: $\vartheta''_{\text{yo}} = 974^{\circ}\text{C}$.

4.46.-masala. Tarkibi : $\text{C}^i = 62,7\%$; $\text{H}^i = 3,1\%$; $\text{S}^i = 2,8\%$; $\text{N}^i = 0,9\%$; $\text{O}^i = 1,7\%$; $\text{A}^i = 23,8\%$; $\text{W}^i = 5,0\%$ tashkil etgan T markali Donetsk tosh ko'miri ishlaydigan qozon agregatining o'txonasidagi nur qabul qilish yuzasidan berilgan issiqlik miqdorini aniqlash, agar qozonxonadagi havoning harorati $t_h = 25^{\circ}\text{C}$, issiqlik havoning harorati $t_{\text{i.h}} = 315^{\circ}\text{C}$, o'txonadagi ortiqchalik koeffitsienti $a_{\text{yo}} =$

1,3, o'txona kamerasiga havoni so'rilishi $\Delta\alpha_{yo} = 0,06$, o'txonadan chiqayotgan gazlarning harorati $\theta'_r = 1200$ °C, yoqilg'ini kimyoviy to'liq yonib bo'maganidagi issiqlik yo'qolishi $q_3 = 0,8$ %, mexanik yonib bo'lmaganidagi yo'qolgan issiqlik $q_4 = 5$ %, atrof muhitga yo'qolgan issiqlik $q_5 = 0,8$ %, fizik issiqlikdagi yo'qolgan issiqlik $q_6 = 0,6$ % ni tashkil etsa.

Yechish: (3.12) ifodadan yoqilg'i ishchi massasini quyi yonish issiqligini aniqlaymiz:

$$Q'_r = 338C^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S^i_{uch}) - 25W^i = 338 \cdot 62,7 + 1025 \cdot 3,1 - 108,5(1,7 - 2,8) - 25 \cdot 5,0 = 24\,365 \text{ kJ/kg.}$$

(3.27) ifodadan havoning nazariy kerak bo'lgan hajmini aniqlaymiz:

$$V^0 = 0,0890 C^i + 266N^i + 0,033(S^i - O^i) = 0,089 \times 62,7 + 0,266 \cdot 3,1 + 0,033(2,8 - 1,7) = 6,44 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

(4.7) ifodadan qozon agregatining isitilmagan havo bilan o'txonaga kiruvchi issiqlikni aniqlaymiz:

$$Q_{kir,h} = \alpha_{yo} V^0 c'_{p,h} \Delta t_h = 1,3 \cdot 6,44 \cdot 1,33 \cdot 290 = 3229 \text{ kJ/kg.}$$

(4.3) ifodadan mumkin bo'lgan issiqlik aniqlaymiz:

$$Q'_m = Q'_r + Q_{kir,h} = 24\,365 + 3229 = 27\,594 \text{ kJ/kg.}$$

(4.32) ifoda yordamida havo bilan o'txonaga kiradigan issiqlik ni aniqlaymiz:

$$Q_h = (\alpha_{yo} - \Delta\alpha_{yo}) V^0 (s\theta)_{is,h} + \Delta\alpha_{yo} V^0 (s\theta)_{x,h} =$$

$$= (1,3 - 0,06) \cdot 6,44 \cdot 424 + 0,06 \cdot 6,44 \cdot 33 = 3399 \text{ kJ/kg.}$$

Entalpiyaning qiymatini 1-jadvaldan (ilovaga qarang).

O'txonada foydali issiqlik ajralishini (4.31) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q_{yo} = Q_m' \left(\frac{100 - q_3 - q_4 - q_6}{100 - q_4} \right) + Q_h' - Q_{hr,h} = 27594 \left(\frac{100 - 0,8 - 5 - 0,6}{100 - 5} \right) + 3399 - 3229 = 27357 \text{ kJ/kg.}$$

(3.33) ifodadan uch atomli gazlarning hajmini aniqlaymiz:

$$V_{RO_2} = 0,0187 (C^i + 0,375 S_{sch}^i) = 0,0187 (62,7 + 0,375 \times 2,8) = 1,19 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

Azotning nazariy hajmini (3.32) ifodadan topamiz:

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + 0,8N^i/100 = 0,79 \cdot 6,44 + 0,8 \cdot 0,9/100 = 5,09 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

Suv bug'larining nazariy hajmini (3.35) ifodadan:

$$V_{H_2O}^0 = 0,0124 (9N^i + W^i) + 0,0161V^0 = 0,0124 \times (9 \cdot 3,1 + 5,0) + 0,0161 \cdot 6,44 = 0,51 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

$\alpha_{yo} = 1$ va gazlar harorati $\vartheta_{yo}^0 = 1200^\circ\text{C}$ bo'lganda yonish maxsulotlarining entalpiyasi (3.61) ifodadan topamiz:

$$I_g^0 = V_{RO_2}^0 (c\vartheta)_{CO_2} + V_{N_2}^0 (c\vartheta)_{N_2} + V_{H_2O}^0 (c\vartheta)_{H_2O} = 1,19 \cdot 2717 + 5,09 \cdot 1695 + 0,51 \cdot 2131 = 12\,948 \text{ kJ/kg,}$$

$(c\vartheta)_{CO_2}$, $(c\vartheta)_{N_2}$ va $(c\vartheta)_{H_2O}$ larni qiymatlarini 1-jadvaldan topamiz (ilovaga qarang).

$\alpha_{yo} = 1$ va gazlar harorati $\vartheta_{yo}^* = 1200^\circ\text{C}$ bo'lganida (3.62) ifodadan havoning entalpiyasini aniqlaymiz:

$$I_h^* = V^0 (s\vartheta)_h = 6,44 \cdot 1754 = 11\,296 \text{ kJ/kg.}$$

$\vartheta_{yo}^* = 1200^\circ\text{C}$ da (3.60) ifodadan yonish maxsulotlarini entalpiyasini aniqlaymiz:

$$I_{yo}^* = I_g^* + (\alpha_{yo} - 1) I_h^* = 12948 + (1,3 - 1) 11\,296 = 16337 \text{ kJ/kg.}$$

Issiqlikni saqlanish koeffitsientini (4.34) ifodadan aniqlaymiz:

$$\varphi = 1 - q_s/100 = 1 - 0,8/100 = 0,992.$$

O'txonaning nur qabul qilish yuzasiga berilgan issiqlik miqdorini (4.30) ifodadan topamiz:

$$Q_1 = \varphi (Q_{yo} - I_{yo}^*) = 0,992 (27\,357 - 16\,337) = 10932 \text{ kJ/kg.}$$

Javob: $\vartheta_{yo}^* = 10932 \text{ kJ/kg.}$

4.47.-masala. Tarkibi: $C^i = 54,7\%$; $H^i = 3,3\%$; $S_{uch}^i, S_l^i = 0,8\%$; $N^i = 0,8\%$; $O^p = 4,8\%$; $A^i = 27,6\%$; $W^i = 8,0\%$, K markali Karaganda ko'mirida ishlaydigan qozon qurilmasining o'txonasining nur qabul qiluvchi yuzasiga berilgan issiqlik miqdorini aniqlash zarur, agar qozonxonadagi havoning harorati $t_h = 30^\circ\text{C}$, issiq havoning harorati $t_{is,h} = 350^\circ\text{C}$, o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_t =$

1,3, o'txona kamerasida havoni so'rilishi $\Delta\alpha_{yo} = 0,05$; o'txonadan chiqayotgan gazlarning harorati $\vartheta''_{yo} = 1000$ °C, kimyoviy to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi $q_3 = 0,6$ %, mexanik to'liq yonib bo'lmaganda issiqlik yo'qolishi $q_4 = 3,0$ %, tashqi muxitga yo'qolgan issiqlik $q_5 = 0,5$ %, chilakning fizik issiqligida yo'qolgan issiqlik $q_6 = 0,4$ % ni tashkil etsa.

Javob: $Q_1 = 12467$ kJ/kg.

4.48.-masala. Tarkibi $SO_2 = 0,2$ %; $SN_4 = 97,9$ %; $S_2N_4 = 0,1$ %; $N_2 = 1,8$ % tashlik etgan tabiiy gazda ishlaydigan qozon agregati o'txonasini nur qabul qiluvchi yuzasiga berilgan issiqlik miqdorining aniqlash zarur, agar qozonxonadagi havoni harorati $t_h = 30$ °C, issiq havoning harorati $t_{i,h} = 230$ °C, o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_i = 1,1$ havoni o'txona kamerasiga surish $\Delta\alpha_{yo} = 0,05$, o'txonadan chiqayotgan gazning harorati $\vartheta''_{yo} = 1000$ °C, kimyoviy to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi $q_3 = 1$ %, tashqi muhitga yo'qolgan issiqlik $q_5 = 1$ % tashlik etsa:

Javob: $Q_1 = 20673$ kJ/kg.

4.49.-masala. Tarkibi : $C^i = 83,0$ %; $H^i = 10,4$ %; $S^i_{uch} = 2,8$ %; $O^i = 0,7$ %; $A^i = 0,1$ %; $W^i = 3,0$ %, tashlik etgan yuqori oltingugurtli mazutda ishlaydigan qozon agregati o'txonasini nur qabul qiluvchi yuzasiga berilayotgan issiqlik miqdorini aniqlang, agar o'txonada-gi foydali issiqlik ajralishi $Q_{yo} = 39\,300$ kJ/kg o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,15$, o'txonadan chiqayotgan gazlar harorati $\vartheta''_{yo} = 1100$ °C, atrof muxitga yo'qolgan issiqlik $q_5 = 1,0$ % tashkil etsa.

Javob: $Q_1 = 17546$ kJ/kg.

4.50.-masala. Quyi yonish issiqligi $Q_g^i = 19453$ kJ/kg D markali Donetsk ko'mirida ishlaydigan qozon agregati o'txonasini nur qabul qiluvchi yuzasiga berilgan issiqlik miqdorini aniqlang, agar qozonxonadagi havo harorati $t_h = 30$ °C, issiq havo harorati $t_{i,h} = 295$ °C, o'txonadagi havoning ortiqchalilik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,3$, havoni o'txona kamerasiga so'rilishi $\Delta\alpha_{yo} = 0,05$, havoning kerakli nazariy

hajmi $V^0 = 5,17 \text{ m}^3/\text{kg}$, yonish maxsulotlarining entalpiyasi $I''_{y_0} = 12160 \text{ kJ/kg}$, kimyoviy to'liq yonib bo'lmaganda issiqlik $q_3 = 0,7 \%$, mexanik to'liq yonib bo'lmagandagi yo'qolgan issiqlik $q_4 = 3 \%$, tashqi muxitga yo'qolgan issiqlik $q_5 = 0,5 \%$ va shlakni fizik issiqligida yo'qolgan issiqlik $q_6 = 0,3 \%$ ni tashkil qilsa.

Javob: $Q_1 = 9394 \text{ kJ/kg}$.

4.51.-masala. Bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D = 5,49 \text{ kg/s}$ teng bo'lgan, quyi yonish issiqligi $Q_u'' = 35621 \text{ kJ/m}^3$ ni tashlik etgan Stovropol tabiiy gazida ishlaydigan qozon agregatining o'txonasi nur qabul qiluvchi yuzasiga berilgan issiqlikni aniqlash zarur, agar o'ta qizigan bug'ning bosimi $r_{1,p} = 5 \text{ MPa}$ harorati $t_{o'ta,q,b} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$, uzluksiz nurlash kattaligi $P = 5\%$, havoning kerakli nazariy hajmi $V^0 = 9,51 \text{ m}^3/\text{m}^3$, qozon qurilma siming brutto f.i.k. $\eta_{ku}'' = 92 \%$, o'txonadagi havoning harorati $t_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, issiq havoning harorati $t_{1,h} = 275 \text{ }^\circ\text{C}$, o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{y_0} = 1,25$, o'txona kamerasiga havoning so'rinishi $\Delta\alpha = 0,06$, o'txonadagi yoqilg'ining nazariy harorati $\vartheta_{y_0} = 2080 \text{ }^\circ\text{C}$, gazlarni o'txonadagi chiqishdagi harorati $\vartheta_{y_0}'' = 1100 \text{ }^\circ\text{C}$, ϑ_{y_0}'' haroratda yonish maxsulotlarini entalpiyasi $I''_{y_0} = 18500 \text{ kJ/m}^3$, ifloslanishning shartli koeffitsienti $\zeta = 0,75$ o'txonaning qoralik koeffitsienti $\alpha_{y_0} = 0,664$ o'txonaning haroratni eng yuqorisi $M = 0,52$ kimyoviy to'liq yonib bo'lmagandagi yo'qolgan issiqlik $q_3 = 1,2 \%$, tashqi muxitga yo'qolgan issiqlik $q_5 = 1,5 \%$.

Yechish: Qozon qurilmasidan isitilmagan o'txonaga kiritilgan havoni harorati (4.7) ifodadan aniqlanadi:

$$Q_{chkh} = \alpha_{y_0} V^0 c'_{p,h} \Delta t_h = 1,25 \cdot 9,51 \cdot 1,33 \cdot 250 = 3952 \text{ kJ/m}^3.$$

Mumkin bo'lgan issiqlikni (4.3) ifodadan aniqlanadi:

$$Q_m^i = Q_t^i + Q_{chkh} = 35\,621 + 3952 = 39573 \text{ kJ/m}^3.$$

(4.25) ifodadan yoqilg'ini hisobiy sarfini aniqlanadi:

$$B_{\text{cis}} = B = \frac{D_{\text{hugq}} [(i_{\text{o'z q.b.}} - i_{\text{uz.s}}) + (p/100)(i_{\text{qoz.s}} - i_{\text{uz/s}})]}{Q_m' / \eta_{\text{ka}}^{\text{br}}} 100 = \\ = \frac{5,49[(3320 - 632,2) + (5/100)(1154,2 - 632,2)]}{39573 \cdot 92} 100 = 0,41 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Havo bilan o'txonaga kirish issiqligi (4.32) ifoda bilan aniqlanadi:

$$Q_h' = (\alpha_{\text{yo}} - \Delta\alpha_{\text{yo}}) V^{\circ} (c9)_{\text{is.h}} + \Delta\alpha_{\text{yo}} V^{\circ} (c9)_{\text{s.h}} = (1,25 - 0,05) \cdot 9,51 \cdot 369 + \\ + 0,06 \cdot 9,51 \cdot 33 = 4195 \text{ kJ/m}^3.$$

$(s9)_{\text{is.h}}$ va $(s9)_{\text{s.h}}$ entalpiyalarni qiymatini 1-jadvaldan (ilovaga qarang) topamiz.

(4.31) ifodadan o'txonadagi foydali issiqlik ajralishi:

$$Q_{\text{yo}} = Q_m' = \frac{100 - q_3 - q_4 - q_6}{100 - q_4} + Q_h' - Q_{\text{kir.h}} = \\ = 39573 \cdot \frac{(100 - 1,2)}{100} + 4195 - 3952 = 3934 \text{ kJ/m}^3.$$

Issiqlikni saqlanish koeffitsienti(4.31) dan aniqlanadi:

$$\varphi = 1 - q_5/100 = 1 - 1,5/100 = 0,985.$$

O'txona nur qabul qiluvchi yuzasiga berilgan issiqlik miqdori (4.30) ifodadan aniqlanadi:

$$Q_1 = \varphi (Q_{\text{yo}} - I_{\text{yo}}^{\text{r}}) = 0,985 (39341 - 18500) = 20528 \text{ kJ/m}^3.$$

Nur qabul qiluvchi yuzani (4.37) ifodadan:

$$H_{\text{nur}} = \frac{B_{\text{xit}} Q_{\text{aur}}}{5,7 \cdot 10^{-11} M \zeta_a T_{\text{r}}^3} \sqrt{\frac{1}{M^2} \left(\frac{T_{\text{r}}}{T_{\text{r}}''} - 1 \right)^2} =$$

$$= \frac{0,41 \cdot 20528}{5,7 \cdot 10^{-11} \cdot 0,52 \cdot 0,75 \cdot 0,664 \cdot 1373 \cdot 2353^3} \sqrt{\frac{1}{0,52^2} \left(\frac{2353}{1373} - 1 \right)^2} = 39,4 \text{ m}^2.$$

Javob: $H_1 = 39,4 \text{ m}^2$.

4.52.-masala. Bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D = 13,9 \text{ kg/s}$, quyi yonish issiqligi $Q_k^i = 25070 \text{ kJ/kg}$ ga teng bo'lgan tosh ko'mirda ishlaydigan qozon agregati o'txonasining nur qabul qiluvchi yuzasini aniqlang, agar o'ta qizigan bug'ning bosimi $p_{\text{o'ta q.b.}} = 4 \text{ MPa}$, harorati $t_{\text{o'ta q.b.}} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$, ta'minlovchi suv harorati $t_{\text{v.s.}} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$, uzluksiz nurlanish kattaligi $D=4\%$, havoning kerakli nazariy hajmi $V^0 = 6,64 \text{ m}^3/\text{m}^3$, qozon agregatining brutto f.i.k. $\eta_{\text{ra}}^{\text{br}} = 87 \%$; qozonxonadagi havo harorati $t_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, issiq havo harorati $t_{\text{h.h}} = 390 \text{ }^\circ\text{C}$, o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{\text{yo}} = 1,25$ o'txonaga havoni so'riliishi $\Delta\alpha_{\text{yo}} = 0,05$, nazariy yonish harorati $\vartheta_{\text{yo}} = 2035 \text{ }^\circ\text{C}$, o'txonadan chiqayotgan gazlar harorati $\vartheta_{\text{yo}}'' = 1080 \text{ }^\circ\text{C}$ ifloslanishning shartli koeffitsienti $\zeta = 0,6$, qoralik koeffitsienti $\alpha_{\text{yo}} = 0,546$, haroratni eng yuqori nisbiy hisobiy koeffitsienti $M = 0,45$, kimyoviy yonib bo'lmaganda yo'qolgan issiqlik $q_4 = 3 \%$ va tashqi muxitga yo'qolgan issiqlik $q_5 = 1 \%$ ni tashkil qilsa.

Javob: $N_1 = 200 \text{ m}^2$.

4.53.-masala. Bug' ishlab chiqarish unumdorligi $D = 13,8 \text{ kg/s}$, bo'lgan tarkibi $C^i = 83,0 \%$; $H^i = 10,4 \%$; $S_{\text{uch}}^i = 2,8 \%$; $O^i = 0,7 \%$; $A^i = 0,1 \%$; $W^i = 3 \%$ ni tashkil qilgan yuqori oltin gugurtli mazutda ishlaydiga qozon agregati o'txonasiga nur qabul qiluvchi yuzasini aniqlang, agar mazutni isitish harorati $t_{\text{yo}} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$, brutto f.i.k. $\eta_{\text{ra}}^{\text{br}} = 86,7 \%$, o'ta qizigan bug' bosimi $p_{\text{o'ta q.b.}} = 1,4 \text{ MPa}$, harorati $t_{\text{o'ta q.b.}}$.

$= 250\text{ }^{\circ}\text{C}$, ta'minlovchi suv harorati $t_{uz.s} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, uzluksiznurlash kattaligi $P = 3\%$, nur qabul qiluvchi issiqlik miqdori $Q_1 = 17400\text{ kJ/kg}$, o'txonadagi yoqilg'ini nazariy yonish harorati $\vartheta_{yo} = 2100\text{ }^{\circ}\text{C}$, o'txona-dan chiqayotgan gazlarning harorati $\vartheta''_{yo} = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, ifloslanishning shartli koeffitsienti $\zeta = 0,55$ qoralik koeffitsienti $\alpha_t = 0,529$, eng nazariy haroratni nisbiy joylashishi hisobiy koeffitsienti $M = 0,44$ ni tashkil etsa.

Javob: $N_1 = 187,5\text{ m}^2$.

4.4. Qozon agregatining konvektiv qizish yuzasining hisobi

Bug' qizdirgichlar. Bug' qizdirgichlar bug' qabul qilgan issiqlik miqdori (kJ/kg) uyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q_{\text{bug'q.}} = \varphi [I'_{\text{bug'q.}} - I''_{\text{bug'q.}} + \Delta\alpha_{\text{bug'q.}} V^0 (c\vartheta)_{s.s}] = \frac{D_{\text{bug'q.}}}{B_{\text{xis}}} (i_{o'ta q.} - i_{o'y.h}) \quad (4.38)$$

bunda φ - issiqlik saqlanish koeffitsienti

$I'_{\text{bug'q.}}$ va $I''_{\text{bug'q.}}$ - bug' qizdirgichga yonish maxsulotlarini kirishdan va undan

chiqishdagi entalpiyasi, kJ/kg ;

$\Delta\alpha_{\text{bug'q.}}$ - bug' qizdirgichni gaz harakatlanuvchi qismiga so'rishi;

V^0 - havoni kerakli bo'lgan nazariy hajmi, m^3/kg ;

$s\vartheta_{s.h}$ - sovuq havoning entalpiyasi, kJ/kg ;

$D_{\text{bug'q.}}$ - bug' qizdirgichdan o'tayotgan bug' sarfi, kg/s ;

V_{xis} - yoqilg'ining hisobiy sarfi, kg/s ;

$i_{o'ta q.b}$ va $i_{n.p.}$ - o'ta qizdirilgan bug'ni va bug' qizdirgichdan chiqqan bug'ni

bug' qizdirgichga kirishdagi entalpiyasi, kJ/kg .

Bug' qizdirgichni konvektiv qizitishni yuzasi quyidagi ifodadan aniqlaymiz:

$$H_{\text{bug'q}} = \frac{Q_{\text{bug'q}} B_b}{K_{\text{bug'q}} \Delta t_{\text{bug'q}}} \quad (4.39)$$

bunda $k_{\text{bug'q}}$ - bug' qizdirgich uchun issiqlik uzatish koeffitsienti, $\text{kW/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$;

$\Delta t_{\text{bug'q}}$ - bug' qizdirgichdagi haroratlar farqi, $^\circ\text{C}$.

To'g'ri va teskari oqimlar uchun haroratlar farqini o'rtacha arifmetik harorati aniqlanadi:

$$\Delta t_{\text{bug'q}} = \frac{\Delta t_{\text{kat}} - \Delta t_{\text{kich}}}{2,3 \lg(\Delta t_{\text{kat}} / \Delta t_{\text{kich}})}, \quad (4.40)$$

bunda Δt_{kat} - eng katta qismdagi bug'lanish yonish maxsulotlari haroratlari farqi, $^\circ\text{C}$;

Δt_{kich} - eng kichik qismdagi yonish maxsulotlari bilan bug' haroratlari farqi.

Agar $\Delta t_{\text{kat}} / \Delta t_{\text{kich}} \leq 1,7$ haroratlar farqini quyidagi ifodadan aniqlaymiz;

$$\Delta t_{\text{bug'q}} = (\Delta t_{\text{kat}} + \Delta t_{\text{kich}}) / 2. \quad (4.41)$$

Ekonomayzerlar. Suv qabul qilgan issiqlik miqdori quyidagi ifodadan aniqlaymiz:

$$Q_e = \phi [I_e'' - I_e' + \Delta \alpha_e V^0 (c \vartheta)_{a,b}] = \frac{D_e}{B_{\text{xis}}} (i_{\text{uxs}}' - i_{\text{uxs}}), \quad (4.42)$$

bunda I_e' va I_e'' - yonish maxsulotlarining ekonomayzerga kirishdan va undan chiqishdagi entalpiyasi, kJ/kg ;

$\Delta \alpha_e$ - ekonomayzerning gaz harakatlanuvchi qismidagi havoni surilishi;

D_e - ekonomayzerdagi suv sarfi, kg/s ;

i_{uxs}' i i_{uxs} - suv (bug' suv aralashmasining) ekonomayzerdan chiqishdagi entalpiyasi, kJ/kg .

Ekonomayzerdagi suvning sarfi:

$$D_e = D(1 + R/100), \quad (4.43)$$

bunda P - uzluksiz purkash kattaligi, %.

Ekonomayzerdan chiqishdagi suvning entalpiyasi:

$$i'_{uz.s} = i'_{uz.s} + \frac{B_p Q_s}{D_s}. \quad (4.44)$$

Ekonomayzerning kanvektiv qizitilishi yuzasi:

$$H_s = \frac{Q_s B_s}{k_c \Delta t_e}. \quad (4.45)$$

bunda k_c - ekonomayzer uchun issiqlik uzatilishi koeffitsienti, $kVt/m^2 \cdot ^\circ K$;

Δt_e - (4.40) va (4.41) ifodalar yordamida aniqlanadigan ekonomayzerdagi haroratlar farqi, $^\circ C$.

Havo qizdirgichlar. Havo qizdirgichga havo bilan qabul qilingan issiqlik miqdori quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q_{h \text{ qiz.}} = \varphi [I'_{h,q} - I''_{h,q} + \Delta \alpha_{h,q} V^0 (c\theta)_{is.s}] = (\beta_{h,q} + \beta_{h,is.} + \Delta \alpha_{h,is.}/2)(I''_{s.} - I'_{s.}), \quad (4.46)$$

bunda: $I'_{h,q}$ va $I''_{h,q}$ - yonish maxsulotlarning havo qizdirgichga kirishdagi va chiqishdagi entalpiyasi, kJ/kg ;

$\Delta \alpha_{h,q}$ - havo qizdirgichdagi havoni so'rilishi;

$(s\theta)_{o'rt.h}$ - o'rta haroratdagi havoning entalpiyasi, kJ/kg ;

$B_{h,q}$ - havo qizdirgichdan chiqishdagi havo qolishini kerak bo'lgan nazariy hajmga nisbati;

β_{ts} - retsirkulyatsiyaga ega bo'lgan havoni ulishi;

I''_h i I'_h - kerak bo'gan havoni nazariy sarfini havo qizdirgichdan chiqishdagi va kirishdagi entalpiyasi, kJ/kg.

Havoning o'rtacha harorati:

$$t_{o'n} = (t'_h + t''_h), \quad (4.47)$$

bunda t'_h va t''_h - havoni havo qizdirgichga kirish va chiqish haroratlari, °C.

Havo qizdirgichdan chiqishdagi havoni hajmini, havoni nazariy hajmiga nisbatan quyidagicha aniqlanadi:

$$B_{h,q} = \alpha_{yo} - \Delta\alpha_{yo} - \Delta\alpha_{dl}, \quad (4.48)$$

bunda α_{yo} - havodagi havoning ortiqchasi kaiffitsienti;

$\Delta\alpha_{yo}$ - havoni so'rish;

$\Delta\alpha_{pl}$ - kukun tayyorlash qurilmasiga qayta havoni so'rilishi;

Sirkulyatsiyaga ega bo'magan havo ulushi:

$$\beta_{ts} (\alpha_{yo} - \Delta\alpha_{yo} + \Delta\alpha_{mi}) \frac{t'_{nom} - t_{s,s}}{t_{s,s} - t'_{nom}}, \quad (4.48')$$

bunda t'_{mi} , $t_{s,h}$, $t_{s,b}$ - qayta sirkulyatsiyaga ega bo'lgan havo harorati, sovuq havo bilan issiq havoni havo qizdirgichga yuborishdagi harorati, °C.

Havo qizdirgichning konvektiv qizish yuzasi (m^2):

$$N_{h,q} = Q_{h,q} V_{xis} / (k_{h,q} \Delta t_{h,q}), \quad (4.49)$$

bunda: $k_{h,q}$ - havo qizdirgichning issiqlik uzatish kaiffitsienti, $kWt/m^2 \cdot ^\circ K$;

$\Delta t_{h,q}$ - havo qizdirgichdagi haroratlari farqi, °C- (4.41) va (4.42) ifoda orqali

aniqlangan.

4.54.-masala. Bug' ishlab chiqarish umumdorligi $D = 13,5$ kg/s, quyi yonish issiqligi $Q_k' = 10\,516$ kJ/kg bo'lgan Moskva viloyatidagi B2 markali ko'mirda ishlaydigan qozon agregati bug' qabul qiluvchi issiqlik miqdorini aniqlang, agar o'txonaga kirishdagi yoqilg'i harorati $t_{y0} = 20$ °C, yoqilg'ini yonish massai issiqlik sig'imi $c_{y0}^i = 2,1$ kJ/kg·°K, to'yingan bug'ning bosimi $r_{to'y.b.} = 4,5$ MPa, o'ta qizigan bug'ning bosimi $r_{n.n} = 4,5$ MPa, harorati $t_{n.n} = 450$ °C, uzluksiz nurlash kattaligi $P = 3\%$, qozon agregatining brutto f.i.k. $\eta_{ka}^{br} = 88\%$, yoqilg'ining to'liq mexanik yonib bo'lgandagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 4\%$.

Javob: $Q_{n.q.} = 1906$ kJ/kg.

4.55.-masala. $C^i = 49,3\%$; $H^i = 3,6\%$; $S^i = 3,0\%$; $N^i = 1,0\%$; $O^i = 8,3\%$; $A^i = 21,8\%$; $W^i = 13,0\%$, tarkibli D markali Donetsk ko'mirda ishlaydigan bug' qizdirgichning qozon agregati bug' qabul qilgan issiqlik miqdorini aniqlang. Yonish maxsulotlarining bug' qizdirgichga kirishdagi entalpiyasi $I'_{bug' q} = 9318$ kDj/kg, bug' qizdirgichdan chiqishdagi harorati $\theta_{bug' q}^* = 600$ °C, bug' qizdirgichdan keyin ortiqcha havo kaeffitsienti $\alpha_{bug' q} = 1,3$, bug' qizdirgich gaz yo'lida havoni so'rish $\Delta\alpha_{bug' q} = 0,05$, qozondagi havo harorati $t_h = 30$ °C va atrof muhitga issiqlik yo'qolishi $q_5 = 0,5\%$.

Javob: $Q_{bug' q.} = 2855$ kJ/kg.

4.56.-masala. Bug' ishlab chiqarishi $D = 9,73$ kg/s bo'lgan qozon agregatining bug' qizdirgichi qabul qilgan bug' issiqligini aniqlang. To'yingan bug' bosimi $p_{to'y.b.} = 1,4$ MPa, o'ta qizigan bug' bosimi $p_{o'ta q.b.} = 1,3$ MPa, o'ta qizigan bug'ning harorati $t_{is.v} = 250$ °C, to'xtovsiz havo purkash kattaligi $P = 4\%$, qozon agregati f.i.k. (brutto) $\eta_{ka}^{br} = 90\%$, yoqilg'ini to'liq yonib bo'lmagandagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 3,5\%$, qozon qurilmasi yonuvchi massasi quyi yonish issiqligi $Q_k^{yo} = 34\,345$ kJ/kg, yoqilg'ida $A^i = 16,8\%$ va namligi $W^i = 6,5\%$ T markali Kuznetsk ko'mirida ishlaydi.

Javob: $Q_{\text{bug'q.}} = 1474 \text{ kJ/kg.}$

4.57.-masala. Bug' ishlab chiqarishi $D = 8,89 \text{ kg/s}$ ga teng bo'lgan qozon agregatining, quyi yonish issiqligi $Q_q^o = 36799 \text{ kJ/nm}^3$, bo'lgan Saratov tabiiy gazida ishlaydigan qozon agregati bug' qig'dirgichidan chiqishda yonish mahsulotlarining entalpiyasini aniqlang. To'yingan bug' bosimi $r_{n,n} = 1,7 \text{ MPa}$, o'ta qizigan bug' bosimi $p_{o'ta q.b.} = 1,5 \text{ MPa}$, o'ta qizigan bug' harorati $t_{o'ta q.b.} = 400 \text{ }^\circ\text{C}$, dastlabki suv harorati $t_{ts,s} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$, to'xtovsiz havo purkash kattaligi $P = 5\%$, qozon agregatining f.i.k. (brutto) $\eta_{zs}^{6p} = 93,0 \%$, bug' qig'dirgichga kirishda yonish mahsulotlarining entalpiyasi $I'_{\text{bug' q.}} = 18220 \text{ kJ/m}^3$, yoqilg'ini yonishi uchun kerak bo'lgan havoning nazariy hajmi $V^o = 9,82 \text{ m}^3/\text{m}^3$, bug' qizdirgich gaz yo'lida havoni so'rish $\Delta\alpha_{\text{bug' q.}} = 0,06$, qozonxonadagi havoning harorati $t_s = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, atrof - muhitga issiqlikni yo'qolishi $q_s = 1,5\%$.

Yechish: (4.25) ifoda bilan yoqilg'ining sarfini aniqlaymiz:

$$B_{\text{sarf}} = B = \frac{D_{\text{bug'q.}} [(i_{o'ta q.b.} - i_{uz,s}) + (p - 100)(i_{uz,s} - i_{uz,s})]}{Q_p^o \eta_{zs}^{6p}} \cdot 100 =$$

$$= \frac{8,89[(3258 - 377) + (5/100)(844 - 377)]}{36799 \cdot 0,93} \cdot 100 = 0,754 \text{ kg/s}$$

(4.38) ifodadan bug' qizdirgich bug'ni qabul qilgan issiqlik miqdorini topamiz:

$$Q_{\text{bug'q.}} = \frac{D_{\text{bug'q.}}}{B_{\text{sarf}}} = (i_{o'ta q.b.} - i_{to'y.b.}) = \frac{8,89}{0,754} (3258 - 2795) = 5459 \text{ kJ/m}^3.$$

$p_{o'ta q.b.} = 1,7 \text{ MPa}$ da 2-jadvaldan to'yingan bug' entalpiyasini topamiz: $i_{to'y.b.} = i'' = 2795,0 \text{ kJ/kg.}$

Bug' qizdirgichdagi bug' sarfi $D_{\text{bug'q.}}$ qozon qurilmasi bug' ishlab chiqarishiga D teng.

(4.31) ifodadan issiqlikni saqlanish koeffitsientini aniqlaymiz:

$$\varphi = 1 - q_s/100 = 1 - 1,5/100 = 0,985.$$

(4.38) dan bug' qizdirgichdan chiqishda yonish mahsulotlarining entalpiyasini topamiz.

$$I_{bug'q}'' = I_{bug'q}' - \frac{Q_{bug'q}}{\varphi} + \Delta\alpha_{bug'q} V^0 (c\vartheta)_{s,s} = 18220 - \frac{5459}{0,985} + 0,06 \cdot 9,82 \cdot 33 = 12697 \text{ kJ/m}^3.$$

Javob: $I_{ps}'' = 12697 \text{ kJ/m}^3$.

4.58.-masala. Bug'ning ishlab chiqarishi $D = 5,6 \text{ kg/s}$ bo'lgan qozon agregatining, quyi yonish issiqligi $Q'_q = 13\,997 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan B3 markali Chelyabinsk ko'mirida ishlaydigan qozon qurilmasi bug' qizdirgichidan chiqishda yonish mahsulotlarining entalpiyasini aniqlang. To'yingan bug' bosimi $p_{o'yb} = 4 \text{ MPa}$, o'ta qizigan bug' bosimi $p_{o'taqb} = 4 \text{ MPa}$, o'ta qizigan bug' harorati $t_{o'taqb} = 430 \text{ }^\circ\text{C}$, dastlabki suv harorati $t_{uz,s} = 130 \text{ }^\circ\text{C}$, qozon agregatining f.i.k. (brutto) $\eta_{k,s}^{br} = 89 \%$, bug' qizdirgichga kirishda yonish mahsulotlarining entalpiyasi $I'_{bug'q} = 7800 \text{ kJ/kg}$, yoqilg'i yonishi uchun kerak bo'lgan havoning nazariy hajmi $V^0 = 3,74 \text{ m}^3/\text{kg}$, bug' qizdirgich gaz yo'lida havoni so'rish $\Delta\alpha_{bug'q} = 0,04$, qozonxonada havo harorati $t_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ va atrof - muhitga issiqlik yo'qolishi $q_5 = 1\%$, yoqilg'ini to'liq mexanik yonmasligidagi $q_4 = 3\%$.

Javob: $I_{bugq}'' = 5487 \text{ kJ/kg}$.

4.59.-masala. $C^i = 24,7 \%$; $H^i = 2,6 \%$; $S_{uch}^i = 0,1 \%$; $N^i = 1,1 \%$; $O^i = 15,2 \%$; $A^i = 6,3 \%$; $W^i = 50,0 \%$ tarkibli frezer torfida ishlaydigan qozon agregati bug' qizdirgichidan chiqishda yonish mahsulotlari entalpiyasini aniqlang. Bug' qizdirgichga kirishda gaz harorati $t'_{bug'q} = 900 \text{ }^\circ\text{C}$, bug' qizdirgich (BQ) bug'i qabul qilgan issiqlik miqdori $Q_{bug'q} = 1200 \text{ kJ/kg}$, BQ dan tashqarida ortiqcha havo

koeffitsienti $\alpha_{\text{bug},q} = 1,3$, BQ gaz yo'lida havoni so'rish $\Delta\alpha_{\text{bug},q} = 0,05$, qozonxonada havo harorati $t_h = 30^\circ\text{C}$, atrof – muhitga issiqlik yo'qolishi $q_5 = 0,5\%$.

Javob: $l''_{\text{bug},q} = 4404 \text{ kJ/kg}$.

4.60.-masala. T markali Donetsk ko'mirida ishlaydigan bug' ishlab chiqarishi $D = 24 \text{ kg/s}$ qozon agregati BQ bug'i qabul qilgan issiqlik miqdori va konvektiv isitish yuzasini aniqlang. O'choqqa kirishda yoqilg'ining harorati $t_{y_0} = 50^\circ\text{C}$, yoqilg'ining ishchi massasi isilik sig'imi $c_{y_0}^i = 2,1 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, to'yingan bug' (TB) bosimi $r_{n,p} = 5 \text{ MPa}$, o'ta qizigan bug' bosimi $p_{o'ta q.b.} = 4 \text{ MPa}$, o'ta qizigan bug' (O'QB) harorati $t_{o'ta q.b.} = 440^\circ\text{C}$, dastlabki suv harorati $t_{uz.s.} = 120^\circ\text{C}$, to'xtovsiz purkash kattaligi $P = 5\%$, qozon agregati (QA) f.i.k. (brutto) $\eta_{k.s.}^{6p} = 90\%$, BQdagi issiqlik uzatish koeffitsienti $k_{\text{bug},q} = 0,054 \text{ kW/m}^2\cdot\text{K}$, BQ ga kirishda gazning harorati $\theta'_{\text{bug},q} = 980^\circ\text{C}$, BQdan chiqishda gazning harorati $\theta''_{\text{bug},q} = 640^\circ\text{C}$, BQga kirishda bug'ning harorati $t_{o'ta q.b.} = 295^\circ\text{C}$, yoqilg'ini to'liq mexanik yonmasligidagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 5,0\%$.

Yechish: (4.4) ifodadan yoqilg'ini fizik issiqligini aniqlaymiz:

$$Q_d = c_{y_0}^i t_{y_0} = 2,1 \cdot 30 = 63 \text{ kJ/kg}.$$

(4.3) ifodadan issiqlikni:

$$Q'_m = Q'_q + Q_{L.I} = 22\,325 + 63 = 22888 \text{ kJ/kg}.$$

(4.25) ifodadan yoqilg'ining tabiiy sarfini aniqlaymiz:

$$B = \frac{D_{\text{bug},q} [(i_{o'ta q.b.} - i_{uz.s.}) + (P/100)(i_{ts.s.} - i_{uz.s.})]}{Q_p^p \eta_{k.s.}^{6p}} \cdot 100 =$$

$$= \frac{24 [(3310 - 503,7) + (5/100)(1120,8 - 503,7)]}{22888 \cdot 90} \cdot 100 = 3,31 \text{ kg/s}$$

$D_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}} = D$, to'yingan bug' tanlab olish mavjud bo'lmaganda.

Yoqilg'ining hisobiy sarfi (4.26) ifodadan aniqlanadi:

$$B_{\text{xis.sarf}} = V(1 - q_4/100) = 3,31(1 - 5/100) = 3,14 \text{ kg/s.}$$

(4.38) ifodadan BQ bug'i qabul qilgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz:

$$Q_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}} = \frac{D_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}}}{B_p} (t_{\text{o'ta q.b.}} - t_{\text{uzet}}) = \frac{24}{3,14} (3310 - 2793,9) = 3693 \text{ kJ/kg. - jadvaldan}$$

(ilovoga qarang) $p_{\text{to'y b.}} = 5 \text{ MPa}$ uchun to'yingan bug' entalpiyasini topamiz:

$I_{\text{to'y b.}} = 2793,9 \text{ kJ/kg}$, to'yingan bug' tanlab olish mavjud bo'lmaganda $D_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}} = D$, bo'ladi.

(4.41) ifodadan BQda haroratlar farqi:

$$C \Delta t_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}} = \frac{\Delta t_{\text{kat}} + \Delta t_{\text{kich}}}{2} = \frac{(980 - 440) + (640 - 295)}{2} = 442,5^{\circ}\text{C.}$$

(4.39) ifodadan BQ konvektiv isitish yuzasini aniqlaymiz:

$$H_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}} = \frac{Q_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}} B_p}{\kappa_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}} \Delta t_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}}} = \frac{3945 \cdot 314}{0,054 \cdot 442,5} = 518,4 \text{ m}^2$$

Javob: $Q_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}} = 3693 \text{ kJ/kg}$; $H_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}} = 518,4 \text{ m}^2$.

4.61.-masala. Qarag'anda toshko'mirida ishlaydigan bug' ishlab chiqarish $D = 13,6 \text{ kg/s}$ qozon agregatining BQning konvektiv isitish yuzasini aniqlang. TB bosimi $p_{\text{to'y b.}} = 4,5 \text{ MPa}$, O'QB bosimi $p_{\text{o'ta q.b.}} = 4 \text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{\text{o'ta q.b.}} = 450^{\circ}\text{C}$, BQ da issiqlik uzatish koeffitsienti $k_{\text{bug}^{\cdot}\text{q}} = 0,045 \text{ kVt/(m}^2 \cdot \text{K)}$, BQ chiqishda

gaz harorati $\vartheta_{\text{bug'q.}}'' = 1052^\circ\text{C}$ va BQ kirishda gaz harorati $\vartheta_{\text{bug'q.}}'' = 686^\circ\text{C}$, kirishda bug' harorati $t_{\text{o'ta q.b.}} = 256^\circ\text{C}$.

Javob: $N_{\text{bug'q.}} = 312,1\text{m}^2$.

4.62.-masala. $\text{SO}_2 = 0,8\%$, $\text{SN}_4 = 84,5\%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 3,8\%$; $\text{S}_3\text{N}_8 = 1,9\%$; $\text{S}_4\text{H}_{10} = 0,9\%$; $\text{S}_5\text{H}_{12} = 0,3\%$; $\text{N}_2 = 7,8\%$ tartibli Saratov tabiiy gazida ishlaydigan bug' ishlab chiqarish $D = 7,05\text{ kg/s}$ bo'lgan QA BQning konvektiv isitish yuzasini aniqlang. O'QB bosimi $p_{\text{o'ta q.b.}} = 1,4\text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{\text{o'ta q.b.}} = 280^\circ\text{C}$, dastlabki suv harorati $t_{\text{uz.s}} = 110^\circ\text{C}$, to'xtovsiz purkash kattaligi $P = 4\%$, QA f.i.k. (brutto) $\eta_{\text{kr}}^{\text{br}} = 91\%$, BQ kirishda yonish mahsulotlari entalpiyasi $I'_{\text{ic}} = 17320\text{ kDj/kg}$, BQ chiqishda yonish mahsulotlari entalpiyasi $I''_{\text{bug'q.}} = 12070\text{ kJ/kg}$, BQ gaz yo'lida havoni so'rish $\Delta\alpha_{\text{pe}} = 0,05$, qozonxona havo harorati $t_h = 30^\circ\text{C}$, atrof – muhitga issiqlik yo'qolishi $q_s = 1\%$, BQ issiqlik uzatish koeffitsienti $k_{\text{bug'q.}} = 0,05\text{ kVt/m}^2\cdot\text{K}$ va BQ da haroratlar farqi $\Delta t_{\text{bug'q.}} = 390^\circ\text{C}$.

Javob: $N_{\text{bug'q.}} = 147\text{ m}^2$.

4.63.-masala. $\text{C}^i = 63,8\%$; $\text{H}^i = 1,2\%$; $\text{S}_{\text{uch}}^i = 1,7\%$; $\text{N}^i = 0,6\%$; $\text{O}^i = 1,3\%$; $\text{A}^i = 22,9\%$; $\text{W}^i = 8,5\%$ tartibli A marka, Donetsk ko'mirida ishlaydigan QA BQ konvektiv isitish yuzasini aniqlang. Yoqilg'ini hisobiy sarfi $V_{\text{xi.sarf}} = 1,1\text{ kg/s}$, BQ kirishda bug' harorati $t_{\text{to'y b.}} = 316^\circ\text{C}$, O'QB harorati $t_{\text{o'ta q.b.}} = 510^\circ\text{C}$, BQ kirishda gaz harorati $\vartheta_{\text{bug'q.}}' = 1000^\circ\text{C}$, BQ chiqishda gaz harorati $\vartheta_{\text{bug'q.}}'' = 700^\circ\text{C}$, BQ dan tashqarida ortiqcha havo koeffitsienti $\alpha_{\text{pe}} = 1,25$, BQ yo'lida havoni so'rish $\Delta\alpha_{\text{bug'q.}} = 0,05$, qozonxonada xato harorati $t_h = 30^\circ\text{C}$, BQ issiqlik uzatish koeffitsienti $k_{\text{pe}} = 0,055\text{ kVt/m}^2\cdot\text{K}$, atrof – muhitda issiqlik yo'qolishi $q_s = 1\%$.

Javob: $N_{\text{bug'q.}} = 178\text{ m}^2$.

4.64.-masala. $\text{C}^i = 84,65\%$; $\text{H}^i = 11,7\%$; $\text{S}_{\text{uch}}^i = 0,3\%$; $\text{O}^i = 0,3\%$; $\text{A}^i = 0,05\%$; $\text{W}^i = 3,0\%$ tarkibli kam oltingugurtli mazutda ishlaydigan qozon agregati ekonomayzeridagi suv qabul qilgan issiqlik miqdorini aniqlang. Ekonomayzerga kirishdagi gaz harorati $\vartheta_c'' = 350^\circ\text{C}$ va chiqishdagi gaz harorati $\vartheta_{\text{bug'q.}}'' = 200^\circ\text{C}$,

ekonomayzerdan tashqarida ortiqcha havo koeffitsienti $\alpha_e = 1,2$, ekonomayzer gaz yo'lida havoni so'rish $\Delta\alpha_e = 0,2$, qozonxonadagi havo harorati $t_s = 25^\circ\text{C}$, atrof-muhitga issiqlik yo'qolishi $q_s = 1,3\%$.

Yechish: (3.27) ifodadan kerak bo'lgan nazariy havo hajmini aniqlaymiz:

$$V^0 = 0,089C^i + 0,266N^i + 0,033 (S_{act}^i - O^i) = 0,089 \times 84,65 + \\ + 0,266 \cdot 11,7 + 0,033 (0,3 - 0,3) = 10,62 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(3.33) ifodadan 3 atomli gazlarning hajmini topamiz:

$$V_{NO_2} = 0,0187 (C^i + 0,375 S_{act}^i) = 0,0187 (84,65 + 0,375 \times 0,3) = 1,58 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(3.32) ifodadan azotning nazariy hajmini aniqlaymiz:

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + 0,8N^i/100 = 0,79 \cdot 10,62 = 8,39 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(3.35) ifodadan suv bug'larining nazariy hajmini topamiz:

$$V_{H_2O}^0 = 0,0124 (9N^i + W^i) + 0,0161 V^0 = \\ = 0,0124 \times (9 \cdot 11,7 + 3,0) + 0,0161 \cdot 10,62 = 1,51 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(3.60) ifodadan ekonomayzerga kirishda yonish mahsulotlarining entalpiyasini aniqlaymiz:

$$I_e' = I_g^0 + (\alpha_e - 1) I_h^0 = V_{RO_2} (c g_h')_{CO_2} + V_{N_2}^0 (c g_h')_{N_2} + V_{H_2O}^0 (c g_h')_{H_2O} + (\alpha_e - 1) V^0 (c g_h')_h \\ = 1,58 \cdot 665,5 + 8,39 \cdot 459,5 + 1,51 \cdot 544,5 + (1,2 - 1) \cdot 10,62 \cdot 472,5 = \\ = 6732 \text{ kJ/kg}.$$

1-jadvaldan (ilovaga qaralsin) $(c'g'_h)_{CO_2}$, $(c'g'_h)_{N_2}$, $(c'g'_h)_{H_2O}$ va $(c'g'_h)_{h, \lambda 0}$ entalpiyalari qiymatlarini topamiz.

(3.60) ifodadan ekonomayzerdan chiqishda yonish mahsulotlarining entalpiyalarini topamiz:

$$I_c'' = I_g'' + (\alpha_e - 1) I_b'' = V_{RO_2} (c'g'_h)_{CO_2} + V_{N_2} (c'g'_h)_{N_2} + V_{H_2O} (c'g'_h)_{H_2O} + (\alpha_e - 1) V^0 (c'g'_h)_{h, \lambda 0} =$$

$$1,58 \cdot 357 + 8,39 \cdot 260 + 1,51 \cdot 304 + (1,2 - 1) 10,62 \cdot 266 = 3769 \text{ kJ/kg.}$$

(4.31) ifodadan issiqlikni saqlanish koeffitsientini aniqlaymiz:

$$\varphi = 1 - q_5/100 = 1 - 1,3/100 = 0,987.$$

(4.42) ifodadan ekonomayzerda suv qabul qilgan issiqlik miqdorini topamiz:

$$Q_c = \varphi [I_c' - I_c'' + \Delta \alpha_e V^0 (s\theta)_{h, \lambda}] - 0,987 [6732 - 3769 + 0,2 \cdot 10,62 \cdot 33] =$$

$$= 2994 \text{ kJ/kg.}$$

Javob: $Q_c = 2994 \text{ kJ/kg.}$

4.65.-masala. Quyi yonish issiqligi $Q_u'' = 26180 \text{ kJ/kg}$, markali Kuznetsk ko'mirida ishlaydigan bug' ishlab chiqarishi $D = 5,45 \text{ kg/s}$ qozon agregati ekonomayzerida suv qabul qilgan issiqlik miqdorini aniqlang, O'QB bosimi $r_{o'qb, b.} = 1,4 \text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{o'qb, b.} = 280 \text{ }^\circ\text{C}$, dastlabki suv harorati $t_{uz, s} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, qozon agregati f.i.k. (brutto) $\eta_{k, s}^{br} = 86 \%$, to'xtovsiz purkash kattaligi $P = 3\%$, ekonomayzerdan chiqishdagi suv harorati $t_{uz, s} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$, yoqilg'ini mexanik to'liq yonmasligidagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 4\%$.

Javob: $Q_c = 2002 \text{ kJ/kg.}$

4.66.-masala. Quyi yonish issiqligi $Q_q^* = 35621$ kJ/kg Stavropol tabiiy gazida ishlaydigan bug' ishlab chiqarishi $D = 7,66$ kg/s qozon agregati ekonomayzerida suv qabul qilgan issiqlikning miqdorini aniqlang, O'QB bosimi $p_{o'la q.b.} = 4$ MPa, O'QB harorati harorati $t_{o'la q.b.} = 425$ °C, dastlabki suv harorati $t_{uz.s} = 100$ °C, QA f.i.k. (brutto) $\eta_{ka}^{br} = 90$ %, to'xtovsiz purkash kattaligi $R=3\%$, ekonomayzerdan chiqishda suvning harorati $t_{uz.s}^* = 168$ °C.

Javob: $Q_e = 3313$ kDj/m³.

4.67.-masala. Quyi yonish issiqligi $Q_q^* = 10516$ kJ/kg B2 markali Podmoskovyi ko'mirida ishlaydigan bug' ishlab chiqarishi $D = 5,6$ kg/s ekonomayzeridan chiqishda suvning entalpiyasini aniqlang. O'choqqa kirishda yoqilg'ining harorati $c_{o'ch}^i = 2,1$ kJ/kg K, O'QB bosimi $p_{o'la q.b.} = 1,4$ MPa, O'QB harorati $t_{o'la q.b.} = 350$ °C, dastlabki suv harorati $t_{uz.s} = 100$ °C, QA f.i.k. (brutto) $\eta_{ka}^{br} = 88$ %, to'xtovsiz purkash kattaligi $P = 4\%$, ekonomayzerga kirishda yonish mahsulotlarining entalpiyasi $I_e^* = 3860$ kJ/kg, ekonomayzerdan chiqishda yonish mahsulotlarining entalpiyasi $I_e^* = 2050$ kJ/kg, yoqilg'ini yonishi uchun zarur havoning nazariy hajmi $V^o = 2,94$ m³/kg, ekonomayzer gaz yo'lida havoni so'rish $\Delta\alpha_e = 0,1$, qozonxonadagi havoning harorati $t_s = 30$ °C, yoqilg'ining mexanik to'liq yonmasligida issiqlikni yo'qolishi $q_4 = 4\%$, atrof – muhitga issiqlik yo'qolishi $q_4 = 1\%$.

Javob: $i_{uz.s}^* = 896$ kJ/kg.

4.68.-masala. : $C^i = 68,6$ %; $H^i = 3,1$ %; $S_{uch}^i = 0,4$ %; $N^i = 1,5$ %; $O^i = 3,1$ %; $A^i = 16,8$ %; $W^i = 6,5$ % tarkibli T markali Kuznetsk ko'mirida ishlaydigan bug' ishlab chiqarishi $D = 9,73$ kg/s QA ekonomayzeridan chiqishdagi suv entalpiyasini aniqlang. Bunda yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{his.sarf} = 1,1$ kg/s, dastlabki suv harorati $t_{h,q} = 100$ °C, to'xtovsiz purkash kattaligi $P = 4$ %, ekonomayzerga kirishda gazning harorati $\vartheta_e^* = 330$ °C, ekonomayzerdan chiqishda gazning harorati $\vartheta_e^* = 150$ °C, ekonomayzerdan tashqari ortiqcha koeffitsienti $\alpha_e = 1,45$, ekonomayzer gaz yo'lida

havoni soʻrishi $\Delta\alpha_e = 0,1$, qozonxonadagi havonining harorati $t_h = 30^\circ\text{C}$ va issiqlikni saqlanish koeffitsienti $\phi = 0,99$ ga teng.

Javob: $i_{uzs}^* = 697 \text{ kJ/kg}$.

4.69.-masala. $C^i = 83\%$; $H^i = 10,4\%$; $S_{uch}^i = 2,8\%$; $O^i = 0,7\%$; $A^i = 0,1\%$; $W^i = 3,0\%$ tarkibli yuqori oltingugurtli mazutda ishlaydigan bugʻ ishlab chiqarishi $D = 13,8 \text{ kg/s}$ QA ekonomayzeridan chiqishdagi suv entalpiyasini aniqlang. Bunda mazutni qizdirish harorati $t_{yo} = 90^\circ\text{C}$, OʻQB bosimi $p_{o'ub} = 1,4 \text{ MPa}$, OʻQB harorati $t_{o'ub} = 280^\circ\text{C}$, dastlabki suv harorati $t_{uzs} = 100^\circ\text{C}$, QA f.i.k. (brutto) $\eta_{kp} = 88\%$, toʻxtovsiz purkash kattaligi $P = 3\%$, ekonomayzerda suv qabul qilgan issiqlik miqdori $Q_e = 3100 \text{ kJ/kg}$ ga teng.

Javob: $i_{uzs}^* = 641 \text{ kJ/kg}$.

4.70.-masala. $\text{SO}_2 = 0,8\%$; $\text{SN}_4 = 84,5\%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 3,8\%$; $\text{S}_3\text{N}_7 = 0,9\%$; $\text{S}_4\text{H}_{10} = 0,9\%$; $\text{S}_5\text{H}_{12} = 0,3\%$; $\text{N}_2 = 7,8\%$ tarkibli Saratov gazida ishlaydigan QA ekonomayzeridan chiqishdagi yonish mahsulotlari entalpiyasini aniqlang. Bunda ekonomayzerga kirishda gaz harorati $\theta'_g = 300^\circ\text{C}$, ekonomayzerdan tashqarida havoning ortiqcha koeffitsienti $\alpha_e = 1,35$, ekonomayzer gaz yoʻlida havoni soʻrishi $\Delta\alpha_e = 0,1$, qozonxonadagi havo harorati $t_h = 30^\circ\text{C}$, ekonomayzerda suv qabul qilingan issiqlik miqdori $Q_e = 2600 \text{ kJ/kg}$, atrof-muhitga issiqlik yoʻqolishi $q_5 = 1\%$ ga teng.

Javob: $I_g^* = 3291 \text{ kJ/kg}$.

4.71.-masala. $C^i = 84,65\%$; $H^i = 11,7\%$; $S_{uch}^i = 3\%$; $O^i = 0,3\%$; $A^i = 0,05\%$; $W^i = 3,0\%$ tarkibli kam oltingugurtli mazutda ishlaydigan bugʻ ishlab chiqarishi $D = 13,8 \text{ kg/s}$ boʻlgan QA ekonomayzerdan chiqishda yonish mahsulotlari entalpiyasini aniqlang. Bunda ekonomayzerdan chiqishdagi harorat $t_{q,b}^* = 150^\circ\text{C}$, hisobiy sarfi $V_{xib.sarf} = 1,06 \text{ kg/s}$, dastlabki suv harorati $t_{uzs} = 100^\circ\text{C}$, toʻxtovsiz purkash $P = 4\%$, ekonomayzerdan kirishda gazning harorati $\theta'_g = 330^\circ\text{C}$, ekonomayzerdan tashqarida ortiqcha havo koeffitsienti $\alpha_e = 1,3$, ekonomayzer gaz

yo'lida havoni so'rish $\Delta\alpha_e = 0,1$, qozonxonada haqo harorati $t_s = 30^\circ\text{C}$ va atrof - muhitga issiqlik yo'qolishi $t_h = 1\%$ ga teng.

Javob: $I_e'' = 3868 \text{ kJ/kg}$.

4.72.-masala. Tabiiy gazda ishlaydigan, bug' ishlab chiqarishi $D=4,0 \text{ kg/s}$ QA 2-ta tarmog'i ekonomayzeri konvektiv yuzasini aniqlang. Bunda ekonomayzerga kirishda suvning harorati $t'_s = 100^\circ\text{C}$, ekonomayzardan chiqishda suvning harorati $t''_s = 152^\circ\text{C}$, ekonomayzerda issiqlik uzatish koeffitsienti $k_e = 0,02 \text{ kVt/(m}^2\cdot^\circ\text{K)}$, ekonomayzerga kirishda gazlar harorati $\vartheta'_e = 280^\circ\text{C}$ va ekonomayzardan chiqishda gazlar harorati $\vartheta''_e = 150^\circ\text{C}$.

Javob: $N_e = 541 \text{ m}^2$.

4.73.-masala. Quyi yonish issiqligi $Q_u'' = 24\,365 \text{ kJ/kg}$ bo'lgan T markali Donetsk tosh ko'mirida ishlaydigan, bug' ishlab chiqarishi $D = 8,45 \text{ kg/s}$ QA ekonomayzer suvi qabul qilgan issiqlik miqdori va konvektiv isitish yuzasini aniqlang. O'QB bosimi $p_{o'ta\,q.b} = 1,6 \text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{o'ta\,q.b} = 280^\circ\text{C}$, dastlabki suv harorati $t_{uz.s} = 110^\circ\text{C}$, QA f.i.k. (brutto) $\eta_{ks}^{br} = 90\%$, to'xtovsiz purkash kattaligi $R=5\%$, ekonomayzardan chiqishda suv harorati $t''_s = 178^\circ\text{C}$, ekonomayzer issiqlik uzatish koeffitsienti $k_e = 0,024 \text{ kVt/m}^2\cdot^\circ\text{K}$, ekonomayzerga kirishda gaz harorati $\vartheta'_e = 300^\circ\text{C}$, ekonomayzardan chiqishda gaz harorati $\vartheta''_e = 180^\circ\text{C}$ va yoqilg'ini to'liq mexanik yonmasligida issiqlik yo'qolishi $q_4 = 6\%$ ga teng.

Yechish: (4.25) ifodadan yoqilg'ining tabiiy sarfi aniqlanadi:

$$B = \frac{D_q [(t_{o'ta\,q.b} - i_{uz.s}) + (P/100)(i_{qo\,z.s} - i_{o\,z.s})]}{Q_m \eta_{ks}^{br}} \cdot 100 =$$

$$= \frac{8,45[(2995 - 461,3) + (5/100)(857,3 - 461,3)]}{24365 \cdot 90} \cdot 100 = 0,98 \text{ kg/s}$$

To'yingan bug' tanlab olish mavjud bo'lmaganda $D_{bug',q} = D$, ga teng

(4.26) ifodadan yoqilg'ining hisobiy sarfini topamiz:

$$V_{\text{xis.sarf}} = V(1 - q_4/100) = 0,98(1 - 6/100) = 0,921 \text{ kg/s.}$$

(4.43) ifodadan ekonomayzerdan o'tgan suv sarfini aniqlaymiz:

$$D_0 = D(1 + R/100) = 8,45(1 + 6/100) = 8,87 \text{ kg/s.}$$

(4.42) dan ekonomayzer suvi qabul qilgan issiqlik miqdorini topamiz:

$$Q_e = \frac{D_e}{B_0}(i''_{\text{uz.s}} - i'_{\text{uz.s}}) = \frac{8,87}{0,921}(754,4 - 461,3) = 2823 \text{ kJ/kg.}$$

(4.40) dan ekonomayzerdagi haroratlar farqini aniqlaymiz:

$$\Delta t_e = \frac{\Delta t_{\text{kur}} - \Delta t_{\text{kich}}}{2,31 \lg(\Delta t_{\text{kur}} / \Delta t_{\text{kich}})} = \frac{(300 - 178) - (180 - 110)}{2,31 \lg[(300 - 178) - (180 - 110)]} = 94^\circ \text{C}$$

(4.45) dan ekonomayzerning konvektiv isitish yuzasini topamiz:

$$H_e = \frac{Q_e B_p}{\kappa_p \Delta t_e} = \frac{2823 \cdot 0,921}{0,024 \cdot 94} = 1152,5 \text{ m}^2.$$

Javob: $N_e = 1152,5 \text{ m}^2$.

4.74.-masala. A markali Donetsk ko'mirida ishlaydigan, bug' ishlab chiqarishi $D = 5,9 \text{ kg/s}$ QA ekonomayzeridan chiqishdagi suvning entalpiyasini va konvektiv isitish yuzasini aniqlang. Bunda yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{\text{xis.sarf}} = 0,62 \text{ kg/s}$, ekonomayzerdagi suv qabul qilgan issiqlik miqdori $Q_e = 2520 \text{ kDj/kg}$, dastlabki suv harorati $t_{\text{h.1}} = 100^\circ \text{C}$, ekonomayzer issiqlik uzatish koeffitsienti $k_e = 0,021 \text{ kWt/m}^2 \cdot ^\circ \text{K}$, to'xtovsiz purkash kattligi $P = 4\%$, ekonomayzerga kirishda gaz harorati $\vartheta'_e = 320^\circ \text{C}$ va ekonomayzerdan chiqishda gaz harorati $\vartheta''_e = 170^\circ \text{C}$.

Javob: $i''_{wz.s} = 672 \text{ kJ/kg}$; $N_o = 644 \text{ m}^2$.

4.75.-masala. $C^i = 62,7 \%$; $H^i = 3,1 \%$; $S^i = 2,8 \%$; $N^i = 0,9 \%$; $O^i = 1,7 \%$; $A^i = 23,8 \%$; $W^i = 5,0 \%$ tarkibli T markali Donetsk ko'mirida ishlaydigan QA havo isitgichi havoni qabul qilgan issiqlik miqdorini aniqlang. Bu shartda havo qizdirgichga kirishda gazning harorati $t'_{h,q} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, havo qizdirgichdan chiqishda gazning harorati $t''_{h,q} = 300 \text{ }^\circ\text{C}$, havo qizdirgichdan tashqarida ortiqcha havo koefitsienti $\alpha_{h,q} = 1,4$, havo qizdirgichda havoni so'rish $\Delta\alpha_{h,q} = 0,05$, havo qizdirgichga kirishda havoning harorati $t'_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ va chiqishda $t''_h = 174 \text{ }^\circ\text{C}$, issiqlikni atrof-muhitga yo'qolishi $q_s = 1\%$ ga teng.

Javob: $Q_{v,p} = 1412 \text{ kJ/kg}$.

4.76.-masala. K markali Qarag'anda ko'mirida ishlaydigan qozon agregatining havo qizdirgichidagi havo qabul qilgan issiqlik miqdorini aniqlang. Havo qizdirgichga kirishda havoning harorati $t'_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ va chiqishda $t''_h = 170 \text{ }^\circ\text{C}$, havoning zarur bo'lgan nazariy hajmi $V^o = 5,61 \text{ m}^3/\text{kg}$, o'choqdagi ortiqcha havo koefitsienti $\alpha_t = 1,3$, o'choq kamerasidagi havoni so'rish $\Delta\alpha_v = 0,05$ va havo qizdirgichdagi havoni so'rish $\Delta\alpha_{h,q} = 0,05$ ga teng.

Javob: $Q_{h,q} = 1331 \text{ kJ/kg}$.

4.77.-masala. Agar havo qizdirgichga kirishda va chiqishda havo harorati $t'_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ va $t''_h = 180 \text{ }^\circ\text{C}$, o'choqda havoning ortiqcha koefitsienti $\alpha_{yo} = 1,15$, o'choq kamerasida havoni so'rish $\Delta\alpha_t = 0,05$ va havoqizdirgichda havoni so'rish $\Delta\alpha_{v,p} = 0,06$ bo'lsa, $\text{SO}_2 = 0,2 \%$; $\text{SN}_4 = 98,2 \%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 0,4 \%$; $\text{S}_3\text{N}_8 = 0,1 \%$; $\text{S}_4\text{H}_{10} = 0,1 \%$; $\text{N}_2 = 1,0 \%$ tarkibli Stavropol tabiiy gazida ishlaydigan qozon agregati havo to'ldirgichi havosi qabul qilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

Javob: $Q_{h,q} = 2139 \text{ kJ/kg}$.

4.78.-masala. Agar havo qizdirgichga kirishda va chiqishda havoning haroratlari $t'_h = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ va $t''_h = 170 \text{ }^\circ\text{C}$, havoning zarur nazariy hajmi $V^o = 9,52 \text{ m}^3/\text{m}^3$, o'choqda havoning ortiqchalik koefitsienti $\alpha_{yo} = 1,15$, o'choq kamerasida havoni

so'rish $\Delta\alpha_i = 0,05$, havo qizdirgichda havoni so'rish $\Delta\alpha_{h,q} = 0,06$, havoni qizdirgichga kirishda yonish mahsulotlarining entalpiyasi $I'_{\text{nam}} = 7670 \text{ kJ/m}^3$ va atrof-muhitga issiqlik yo'qolishi $q_5 = 1\%$ bo'lsa, tabiiy Saratov gazida ishlaydigan havo qizdirgichdan chiqishda yonish mahsulotlarini entalpiyasini aniqlang.

Javob: $I'_{\text{ni}} = 5724 \text{ kJ/m}^3$.

4.79.-masala. Agar havo to'ldirgichga kirishda va chiqishda havo haroratlari $t'_h = 30^\circ\text{C}$ va $t''_h = 177^\circ\text{C}$ o'choqda havoning ortiqcha koeffitsienti $\alpha_i = 1,30$, o'choq kamerasida havoni so'rish $\Delta\alpha_i = 0,05$, havo qizdirgichdan tashqarida havoning ortiqcha koeffitsienti $\alpha_{h,q} = 1,45$, havo qizdirgichda havoni so'rish $\Delta\alpha_{v,p} = 0,05$, havo qizdirgichga kirishda gazning harorati $\theta'_{h,q} = 450^\circ\text{C}$ va atrof-muhitga issiqlik yo'qotilishi bo'lsa, $\text{C}^i = 54,5\%$; $\text{H}^i = 3,3\%$; $\text{S}^i = 0,8\%$; $\text{N}^i = 0,8\%$; $\text{O}^i = 4,8\%$; $\text{A}^i = 27,6\%$; $\text{W}^i = 8,0\%$ tarkibli K markali Qarag'anda ko'mirida ishlaydigan qozon agregatidan chiqishda yonish mahsulotlarining entalpiyasini aniqlang.

Javob: $I'_{h,q} = 4123 \text{ kJ/kg}$.

4.80.-masala. Agar havo qizdirgichga kirishda va chiqishda havo haroratlari $t'_h = 30^\circ\text{C}$ va $t''_h = 75^\circ\text{C}$, o'choqda havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,3$, o'choq kamerasida havoni so'rish $\Delta\alpha_{yo} = 0,05$, havo qizdirgichda havoni so'rish $\Delta\alpha_{h,q} = 0,05$ yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{\text{xis.sarf}} = 0,64 \text{ kg/s}$, havoning zarur nazariy hajmi $V^o = 6,44 \text{ m}^3/\text{kg}$, havo qizdirgichda issiqlik uzatish koeffitsienti $k_{h,q} = 0,0182 \text{ kVt/(m}^2 \cdot ^\circ\text{K)}$, havo qizdirgichga kirishda qachiqishdagi gazlarning harorati $\theta'_{\text{ni}} = 112^\circ\text{C}$ va $\theta'_{h,q} = 310^\circ\text{C}$ bo'lsa, T markali Donetsk ko'mirida ishlaydigan qozon agregati havo qizdirgichi konvektiv isitish yuzasini aniqlang.

Javob: $N_{h,q} = 262 \text{ m}^2$.

4.81.-masala. Agar o'ta qizigan bug' bosimi $p_{o'ta,q,b} = 1,6 \text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{o'ta,q,b} = 300^\circ\text{C}$, dastlabki suv harorati $t_{uz,s} = 110^\circ\text{C}$, qozon agregatining f.i.k. (brutto) $\eta_{\text{v.a}}^{\text{br}} = 90\%$, to'xtovsiz purkash kattaligi $P = 5\%$, havo qizdirgichga kirishda va chiqishda havo haroratlari $t'_h = 40^\circ\text{C}$ va $t''_h = 190^\circ\text{C}$, o'choqda

havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,3$, o'choq kamerasi havoni so'rish $\Delta\alpha_{yo} = 0,06$ havo qizdirgichida havoni so'rish $\alpha_{h,q} = 0,08$; havo qizdirgichida issiqlik uzatish koeffitsienti $k_{v,p} = 0,0188 \text{ kVt/(m}^2 \cdot ^\circ\text{K)}$, havo qizdirgichga kirishda va undan chiqishda gazlarning haroratlari $\vartheta'_{h,q} = 422^\circ\text{C}$ va $\vartheta''_{h,q} = 310^\circ\text{C}$ va yoqilg'ini to'liq mexanik yonmasligidagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 6\%$ bo'lsa, $O^i = 62,7\%$; $H^i = 3,1\%$; $S^i = 2,8\%$; $N^i = 0,9\%$; $O^i = 1,7\%$; $A^i = 23,8\%$; $W^i = 5,0\%$ tarkibli T markali Donetsk ko'mirida ishlaydigan bug' ishlab chiqarishi $D = 5,9 \text{ kg/s}$ ga teng qozon agregati havo qizdirgichining konvektiv isitish yuzasini aniqlang.

Yechish: (3.12) ifodadan yoqilg'i ishchi massasining quyi yonish issiqligini aniqlaymiz:

$$Q_q' = 338C^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S_{uch}^i) - 25W^i - 338 \cdot 62,7 + \\ + 1025 \cdot 3,1 - 108,5(1,7 - 2,8) - 25 \cdot 5,0 = 24365 \text{ kJ/kg.}$$

(4.25) ifodadan yoqilg'ining natural sarfini topamiz:

$$B = \frac{D_{bug'h} [(i_{o'la q, b} - i_{uz, s}) + (P/100)(i_{qoz, s} - i_{uz, s})]}{Q_p^p \eta_{s, a}^{6p}} 100 = \\ = \frac{8,9[(3044 - 461,3) + (5/100)(857,3 - 461,3)]}{24365 \cdot 90} 100 = 1,056 \text{ kg/s}$$

To'yingan bug' tanlab olinmagani uchun $D_{bug' q} = D$, (4.26) ifodadan yoqilg'ining hisobiy sarfini aniqlaymiz:

$$V_{xls, sarf} = V(1 - q_4/100) = 1,056(1 - 6/100) = 0,993 \text{ kg/s.}$$

(3.27) ifodadan zarur nazariy havo hajmini topamiz:

$$V^0 = 0,089C^r + 0,266N^r + 0,033 (S_{vch}^i - O^r) - 0,089 \times 62,7 + \\ + 0,266 \cdot 3,1 + 0,033 (2,8 - 1,7) = 6,44 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(3.62) ifodadan havo qizdirgichga kirishda zarur nazariy havo hajmining entalpiyasini topamiz:

$$I'_h = V^0 (c t'_h) = 6,44 \cdot 52,8 = 340 \text{ kJ/kg}.$$

Havo qizdirgichda chiqishda zarur nazariy havo hajmining entalpiyasini (3.62) ifodadan aniqlaymiz:

$$I''_h = V^0 (c t''_h) = 6,44 \cdot 252,6 = 1627 \text{ kJ/kg}.$$

(4.48) ifodadan havo qizdirgichdan chiqishidagi havo hajmini nazariy havo hajmga nisbatini topamiz:

$$\beta_{h,q} = \alpha_{y,o} - \Delta \alpha_{y,o} = 1,2 - 0,08 = 1,12.$$

(4.46) ifodadan havo qizdirgichida havo qabul qilgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz:

$$Q_{h,q} = (\beta_{h,q} + \Delta \alpha_{h,q} / 2) (I''_h - I'_h) = (1,12 + 0,08/2) \times (1627 - 340) = 1493 \\ \text{kJ/kg}.$$

Havo qizdirgichdagi haroratlar farqini (4.41) ifodadan topamiz:

$$\Delta t_{h,q} = \frac{\Delta t_{kat} - \Delta t_{kich}}{2} = \frac{(422 - 190) + (310 - 40)}{2} = 251^\circ \text{C}.$$

Havo qizdirgichnig konvektiv isitish yuzasini (4.49) ifodadan aniqlaymiz:

$$H_{h,q} = \frac{Q_{h,q} - B_{xis.}}{k_{h,q} \Delta t_{h,q}} = \frac{1493 \cdot 0,993}{0,0188 \cdot 251} = 314 \text{ m}^2.$$

Javob: $H_{k,p} = 314 \text{ m}^2$.

4.82.-masala. $C^i = 28,7 \%$; $H^i = 2,2 \%$; $S_{sch}^i = 2,7 \%$; $N^i = 0,6 \%$; $O^i = 8,6 \%$,
 $A^i = 25,2 \%$; $W^i = 32,0 \%$ tarkibli B2 markali Podmoskovnyi ko'mirida ishlaydigan
 bug' ishlab chiqarishi $D = 13,5 \text{ kg/s}$ ga teng qozon agregati havo qizdirgichining
 konvektiv isitish yuzasini aniqlang. Agar o'choqqa kirishda yoqilg'ining harorati
 $t_{yo} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, O'QB bosimi $p_{o'ta q,b} = 1,8 \text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{o'ta q,b} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$,
 dastlabki suv harorati $t_{uz,s} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$, qozon agregatining f.i.k. (brutto) $\eta_{xi}^{br} = 88 \%$,
 to'xtovsiz purkash kataligi $P = 4\%$, havo qizdirgichga kirishda va undan chiqishda
 yonish mahsulotlarining entalpiyalari $I'_{su} = 3780 \text{ kJ/kg}$ va $I''_{su} = 2770 \text{ kJ/kg}$,
 havoning o'rta harorati $t_{o't} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$, havo qizdirgichda havoni so'rish $\alpha_{vp} =$
 $0,05$, havo qizdirgich issiqlik uzatish koeffitsienti $k_{h,q} = 0,0174 \text{ kVt/(m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{K)}$ havo
 qizdirgichdagi haroratlar farqi $\Delta t_{uz,s} = 230 \text{ }^\circ\text{C}$, yoqilg'ini to'liq mexanik
 yonmasligidagi issiqlik yo'qolishi $q_4 = 4\%$ va atrof-muhitga issiqlik yo'qolishi q_5
 $= 1\%$

Javob: $N_{h,q} = 967 \text{ m}^2$.

4.5. Kuldan zararlanish va past haroratli korroziya

Kuldan zararlanish. Quvur devorining xavfli kesimida maksimal mumkin
 bo'lgan kuldan zararlanish $h_{max}(\text{m})$ quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$h_{max} = a \cdot m \cdot \eta \cdot \beta k \cdot \mu_{zi} (\beta \omega \cdot \omega)^3 \tau, \quad (4.50)$$

bu yerda: α - kulning abraziv xossalarini hisobga oluvchi koeffitsient, $\text{m} \cdot \text{ik}^3/(\text{kg} \cdot \text{s})$;
 m - zararlanishga metallning qarshiligini hisobga oluvchi koeffitsient,
 uglerodli quvurlar uchun $m=1$, xrom - molibdenli quvurlar uchun $m = 0,7$;

h - quvur yuzasiga zarrachalarning urinish ehtimolini hisobga oluvchi koeffitsient;

β_k - kulning kontsentratsiyasining bir maromda bo'lmagan koeffitsienti;

μ_{zi} - yonish mahsulotlaridagi kulning kontsentratsiyasi, kg/m^3 ;

β_{ω} - gaz tezlikning bir maromda bo'lmagan koeffitsienti;

ω - quvurlar orasidagi qisqa oraliqdagi gazning o'rtacha tezlik, m/s ;

τ - isitish yuzasining ish davomiyligi, s ;

Yonish mahsulotda kulning kontsentratsiyasi:

$$\mu_{\text{kul}} = \frac{A^i - a_{\text{yn}}}{100V_g} = \frac{273}{\theta' + 273}, \quad (4.51)$$

bu yerda A^i - yoqilg'idagi kulning tarkibi, %;

a_{un} - yonish mahsulotlari bilan olib ketiladigan yoqilg'i kulining ulushi;

V_g - yonish mahsulotlari hajmi, m^3/kg ;

θ' - to'plamga kirishda gazning harorati, $^{\circ}\text{C}$.

Past haroratli korroziya. Havo qizdirgichning quvurlaridagi korroziyani oldini olish uchun quvur devorining haroratini yonish mahsulotlari shudring nuqtasi haroratida yuqori bo'lishi kerak.

Yonish mahsulotlari shudring nuqtasi ($^{\circ}\text{C}$) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$t_{\text{shud}} = \frac{125\sqrt{S_{\text{kel}}^i}}{1,05a_{\text{un}}A_{\text{kel}}^i} + t_k, \quad (4.52)$$

bu yerda S_{kel}^i - yoqilg'ining keltirilgan oltingugurtligi, $\text{kg} \cdot \% \cdot 10^{-3}/\text{kJ}$;

a_{un} - o'choqdan yonish mahsulotlari olib ketadigan yoqilg'i kuli ulushi, qatlamli o'choqlar uchun 0,2 - 0,3, kameralilar uchun 0,85;

A_{kd}^i - yoqilg'ining keltirilgan kulliligi, $kg \cdot \% \cdot 10^{-3}/kJ$;

t_k - suv bug'i kondensatsiyasi harorati, $^{\circ}C$.

4.83.-masala. Agar kulning abraziv hossalari hisobga oluvchi koeffitsient $a = 10 \cdot 10^{-9} m \cdot ik^3/kg \cdot s$, quvur yuzasini zarrachalarning urilish ehtimolini hisobga oluvchi koeffitsienti $\eta = 0,334$, kul kontsentratsiyasi bir maromda bo'lmagan koeffitsienti $\beta_k = 1,2$, gaz tezlikning bir maromda bo'lmagan koeffitsienti $\beta_{\omega} = 1,25$, quvurlar orasidagi qisqaoralidagi gazning o'rtacha tezlik $\omega = 10 m/s$, isitish yuzasi ishini davomiyligi $\tau = 8160 s$, o'choqdan yonish mahsulotlari olib ketadigan yoqilg'i kulining ulushi $a_{un} = 0,85$, to'plamga kirishda gazning harorati $\theta' = 407^{\circ}C$, o'choqda havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,3$ bo'lganda, qozon agregati havo qizdirgichi xrommolibdenli quvur devorini kuldan maksimal mumkin bo'lgan zararlanishini aniqlang. Qozon agregati: $C^i = 54,7\%$; $H^i = 3,3\%$; $S_{uch}^i = 0,8\%$; $N^i = 0,8\%$; $O^i = 4,8\%$; $A^i = 27,6\%$; $W^i = 8,0\%$ tarkibli k markali Qarag'anda ko'mirida ishlaydi.

Javob: $h_{max} = 0,52 \cdot 10^{-3} m$.

4.84.-masala. Agar kulning abraziv xossalari $a = 14 \cdot 10^{-9} m \cdot ik^3/kg \cdot s$, quvur yuzasiga zarrachalarning urilish ehtimolini hisobga oluvchi koeffitsient $\eta = 0,334$, kul kontsentratsiyasining bir maromda bo'lmagan koeffitsienti $\beta_k = 1,2$, gaz tezlikning bir maromda bo'lmagan koeffitsienti $\beta_{\omega} = 1,25$, quvurlar orasidagi qisqaoralidagi gazning o'rtacha tezlik $\omega = 12 m/s$, isitish yuzasining ish davomiyligi $\tau = 8160 s$, o'choqdan yonish mahsulotlari olib ketadigan yoqilg'i kulining ulushi $a_{un} = 0,85$, o'choqdagi havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_k = 1,3$, yonish mahsulotlari hajmi $V_u = 7,24 m^3/kg$, to'plamga kirishda gaz harorati $\theta' = 412^{\circ}C$ bo'lsa, qozon agregati havoqizdirgichi uglerodli quvurli devorlarining maksimal mumkin bo'lgan zararlanishini aniqlang. Qozon agregati $A^r = 21,8\%$ kul tarkibli D markali Donetsk ko'mirida ishlaydi.

Javob: $h_{\max} = 1,54 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.

4.85.-masala. Qozon agregati o'choq'ida $C^i = 62,7 \%$; $H^i = 3,1 \%$; $S_{uch}^i = 2,8 \%$; $N^i = 0,9 \%$; $O^i = 1,7 \%$; $A^i = 23,8 \%$; $W^i = 5,0 \%$ tarkibli T markali Donetsk ko'miri yoqiladi. Agar yonish mahsulotlari olib ketiladigan yoqilg'i kulinig ulushi $a_{un} = 0,85$ va suv bug'i kondensatsiyasi harorati $t_k = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ bo'lsa, yonish mahsulotlari shudring nuqtasi haroratini aniqlang.

Javob: $t_r = 132 \text{ }^\circ\text{C}$.

4.86.-masala. Agar kulning obraziv xossalarini hisobga oluvchi koeffitsient $\alpha = 16 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{ik}^3/\text{kg} \cdot \text{s}$, quvur yuzasiga urilish ehtimolini hisobga oluvchi koeffitsienti $\eta = 0,338$, kul kontsentratsiyasini bir maromda bo'lmagan koeffitsienti $\beta_k = 1,3$, gaz tezlikning bir maromda bo'lmagan koeffitsienti $\beta_\omega = 1,35$, quvurlar orasidagi tor oraliqlarda gazning o'rtacha tezlik $\omega = 10 \text{ m/s}$, isitish yuzasi ish davomiyligini $\tau = 8160 \text{ s}$, o'choqdan yonish mahsulotlari olib ketadigan yoqilg'ining kul ulushi $a_{un} = 0,95$, to'plamga kirishda gaz harorati $\vartheta' = 447 \text{ }^\circ\text{C}$, o'choqda havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_t = 1,5$ va suv bug'i kondensatsiya harorati $t_k = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ bo'sa, qozon agregati havo qizdirgichi uglerodli quvuri devorining kuldand maksimal mumkin bo'lgan zararlanishini aniqlang. Qozon agregati $C^i = 28,7 \%$; $H^i = 2,2 \%$; $S_{uch}^i = 2,7 \%$; $N^i = 0,6 \%$; $O^i = 8,6 \%$; $A^i = 25,2 \%$, $W^i = 32,0 \%$ tarkibli B2 markali Podmoskove ko'mirida ishlaydi.

Yechish: Ishchi massaning quyi yonish issiqligini (3.12) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q_u^i = 338C^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S_{uch}^i) - 25W^i = 338 \cdot 28,7 + 1025 \cdot 2,2 - 108,5(8,6 - 2,7) - 25 \cdot 32,0 = 10\,516 \text{ kJ/kg}.$$

1 kg yoqig'ini to'liq yonishi uchun kerak bo'lgan havoning nazariy hajmini (3.27) ifodadan aniqlaymiz:

$$V^0 = 0,089C^i + 0,266N^i + 0,033 (S_{uch}^i - O^i) = 0,089 \times 28,7 +$$

$$+ 0,266 \cdot 2,2 + 0,033 (2,7 - 8,6) = 2,94 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(3.43) ifodadan $\alpha_t = 1,5$ da quruq gaz hajmini topamiz:

$$V_{s,g} = V_{NO_2} + V_{N_2}^0 + (\alpha_{yo} - 1) V^0 = 0,0187 (C^i + 0,375 S_{uch}^i) + 0,79 V^0 =$$

$$= 0,8 \text{ N}^i/100 + (\alpha_t - 1) V^0 - 0,0187 \times (28,7 + 0,375 \cdot 2,7) + 0,79 \cdot 2,94 +$$

$$+ 0,8 \cdot 0,6/100 + (1,5 - 1) 2,94 = 4,35 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(3.44) ifodadan $\alpha_{yo} = 1,5$ da suv bug'i hajmini aniqlaymiz:

$$V_{H_2O} = 0,0124 (9N^i + W^i) + 0,0161 \alpha_{yo} V^0 = 0,0124 \times (9 \cdot 2,2 + 32,0) +$$

$$+ 0,0161 \cdot 1,5 \cdot 2,94 = 0,71 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(3.31) ifodadan to'liq yonishdagi mahsulotlar hajmini topamiz:

$$V_{sarf} = V_{s,g} + V_{H_2O} = 4,35 + 0,71 = 5,06 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(4.51) dan yonish mahsulotlari kul konsentratsiyasini topamiz:

$$\mu_{kul} = \frac{A^i a_{un}}{100 V_g} \cdot \frac{273}{9' + 273} = \frac{25,2 \cdot 0,95}{100 \cdot 5,06} \cdot \frac{273}{447 + 273} = 0,0179 \text{ kg/m}^3.$$

(3.24) dan yoqilg'ining keltirilgan kulliligini topamiz:

$$A_{kuli} = 4190 \frac{A^i}{Q_q} = 4190 \frac{25,2}{10516} = 10 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}.$$

(3.26) dan yoqilg'ining keltirilgan oltingugurtligini aniqlaymiz:

$$S_{\text{kelt}} = 4190 \frac{S_{\text{uch}}^i}{Q_q^i} = 4190 \frac{2,7}{10516} = 1,07 \text{ kg} \cdot \% \cdot 10^{-3} / \text{kJ}.$$

Quvur devorining maksimal mumkin bo'lgan kuldand zararlantirishini (4.50) dan topamiz:

$$h_{\text{max}} = a \cdot m \cdot \eta \cdot \beta_k \cdot \mu_{\text{dl}} \cdot (\beta_w \cdot \omega)^3 \cdot \tau = 16 \cdot 10^{-9} \cdot 1,0 \cdot 0,338 \cdot 1,3 \times \\ \times 0,0179 (1,35 \cdot 10)^3 \cdot 8160 \approx 2,53 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

bu yerda $m = 1,0$ – uglerodli quvurlar uchun.

Yonish mahsulotlarining shudring nuqtasi haroratini (4.52) ifodadan aniqlaymiz:

$$t_p = \frac{1253 \cdot S_{\text{np}}^p}{1,05 a_{\text{yH}} A_{\text{np}}^p} + t_k = \frac{1253 \cdot 1,07}{1,05 \cdot 95 \cdot 10} + 60 = 140^\circ \text{C}.$$

Javob: $h_{\text{max}} = 2,53 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $t_f = 140^\circ \text{C}$.

4.87.-masala. Qozon agregati o'choq'ida $C^i = 37,3 \%$; $H^i = 2,8 \%$; $S_{\text{uch}}^i = 1,0 \%$; $N^i = 0,9 \%$; $O^i = 10,5 \%$; $A^i = 29,5 \%$; $W^i = 18,0 \%$ tarkibli B3 markali Chelyabinsk ko'miri yoqiladi. Agar o'choqdan yonish mahsulotlari olib ketadigan yoqilg'i kuli uiushi $\alpha_{\text{ul}} = 0,85$ va suv bug'i kondensatsiya harorati $t_k = 50^\circ \text{C}$ bo'lsa, yonish mahsulotlari shudring nuqtasi haroratini aniqlang:

Javob: $t_{\text{shud}} = 112^\circ \text{C}$.

4.6. Puflovchi va tortuvchi qurilmalar

Puflovchi qurilmalar yoqilg'ini yoqish uchun qozon o'tinxonasiga havo berishga mo'ljallangan. Tortuvchi qurilmalar qozonxona agregatlari gaz

quvurlarida tutun gazlarini aniqlangan aralashish tezlikni va quvurdan chiqib atmosferaga tarqalishini ta'minlaydi. Tortuvchi qurilmalar gaz va tutun quvurlari va tutun so'rgichlardan tashkil topgan.

Puflovchi ventilyatorlar. Ventilyatorlarning hisobiy havo berishi (m^3/s) (4.53) ifodadan aniqlanadi:

$$Q_h = \beta_1 B_{\text{xis}} V^0 (\alpha_{y_0} - \Delta\alpha_{y_0} + \Delta\alpha'_{h,q} - \Delta\alpha_{p,l}) [(t_{s,h} + 273)/273] 1,01 \cdot 10^5 / h_b, \quad (4.53)$$

bu yerda β_1 - zahira havo berish koeffitsienti (Qozon agregatining: $D > 5,6 \text{ kg/s}$ bug' ishlab chiqarishda $\beta_1 = 1,05$ va $D < 5,6 \text{ kg/s}$ - $\beta_1 = 1,1$);

$\Delta\alpha'_{h,q}$ - havo qizdirgichda havoning chiqib kelishi;

α_{y_0} - o'qochdagi havoning ortiqchalik koeffitsienti;

$\Delta\alpha_{y_0}$ va $\Delta\alpha_{p,l}$ - o'choq va rang tayyorlash qurimlaridagi havoni so'rish;

$t_{s,h}$ - ventilyatorga keluvchi sovuq havo harorati, °C;

h_b - havoning barometrik bosimi, Pa.

Ventilyatorni ishga tushurish uchun elektr dvigatelni quvvati N (kVt);

$$N_e^* = (\beta_2 Q_v H_v / \eta_e^*) 100, \quad (4.54)$$

bu yerda β_2 - elektr dvigateli quvvati zahira, $\beta_2 = 1,1$;

N_v - ventilyatorning to'liq hisob nabori, kPa;

η_e^* - ventilyatorning ekspluatatsion foydali ish koeffitsiyenti.

Tutun so'rgich. Tutun so'rgichning xisobiy havo berilishi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q_{L,sof} = \beta_1 B_{\text{xis}} \left[V_g^0 + (\alpha_{L,sof} - 1) V^0 \right] \frac{t_{L,sof} + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{h_b}, \quad (4.55)$$

bu yyerda V_g^0 - to'liq yonish mahsulotlarning nazariy hajmi, m^3/kg (m^3/m^3);

α_d - tutun so'rgichdan oldingi havoning ortiqchalik koeffitsiyenti;

θ_d - tutun so'rgichdan oldingi gaz harorati $^{\circ}C$.

Tutun sorgichni ishga tushirish uchun elektr dvigatel quvvati (kVt):

$$N_e^{t.sor} = (\beta_2 Q_{t.sor} H_{t.sor} / \eta_e^{t.sor}) 100, \quad (4.56)$$

bu yerda $N_{t.sor}$ - tutun so'rgichning to'liq hisob nabori, kPa;

$\eta_e^{t.sor}$ - tutun so'rgichning eksplutatsion f.i.k., %.

Tutun quvuri. Tutun quvuridan o'tadigan tutun gazlarining xajmi (m^3/s):

$$V_g^{t.q} = n B_p [V_g^0 + (\alpha_{t.q} - 1) V^0] \frac{\theta_{t.q} + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{h_b}. \quad (4.57)$$

bu yerda n - quvurga biriktirilgan qozon agregatlari soni;

$\alpha_{t.q}$ - tutun quvuridan oldingi havoning ortiqchalik koeffitsiyenti;

$\theta_{t.q}$ - tutun quvuridan oldingi gaz harorati, $^{\circ}C$.

Tutun quvuri og'zi diametri:

$$d_{r,q} = 1.13 \sqrt{V_g^T / \omega_{r,q}}, \quad (4.58)$$

bu yerda $\omega_{r,q}$ - quvurdan chiqishdan gazning tazligi, m/s.

Tabiiy tortishuvda tutun quvuri balandligi (m):

$$H = S \left/ \left[273 \left(\frac{\rho_h}{273 + t_h} - \frac{\rho_g}{273 + \theta_{cp}} \right) \frac{9,8 h_b}{1,01 \cdot 10^5} \right] \right., \quad (4.59)$$

bu yerda S - quvur hosil qilgan tortishish, Pa;

ρ_g, ρ_h - gaz va havoning normal sharoitga keltirilgan zichliklari, (kg/m^3);

$\vartheta_{o'rt.har}$ - tutum quvurida gazning o'rtacha harorati, $^{\circ}\text{C}$;

t_h - atrof muxit harorati, $^{\circ}\text{C}$.

Gazning normal sharoitga keltirilgan zichligi (kg/m^3):

$$\rho_g = (1 - 0,01A^i + 1,3\alpha_{t,q}V^o) \cdot V_g^{t,q} \quad (4.60)$$

4.88.-masala. Agar o'q buzning bosimi $p_{o'ta q. b} = 4 \text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{o'ta q. b} = 430^{\circ}\text{C}$, dastlabki suv harorati $t_{uz.s} = 130^{\circ}\text{C}$, qozon agregatining f.i.k. $\eta_{sa}^{br} = 91\%$; havoning nazariy zarur hajmi $V^0 = 948 \text{ m}^3$, zahira havo berish koeffitsienti $\beta_1 = 1,05$, o'choqda havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,15$, o'choq kamerasida havo so'rish $\Delta\alpha_i = 0,05$, havo qizdirgichda havoning chiqib ketishi $\Delta\alpha'_{h. q} = 0,04$, ventilyatorga kiruvchi sovuq havoning harorati, $t_{s.h} = 25^{\circ}\text{C}$ havoning barometrik bosimi $h_b = 98 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa quyi yonish issiqligi $Q_q^q = 35700 \text{ kJ/m}^3$ tabiiy gazga ishlaydigan bug' ishlab chiqarishi $D = 13,8 \text{ kg/s}$ qozon agregati ventilyatorning xisobiy havo berishini aniqlang.

Javob: $Q_h = 14,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.89.-masala. Agar yoqilg'ining xisobiy sarfi $B_{xis} = 3,1 \text{ kg/s}$ zaxira havo berish koeffitsienti $\beta_1 = 1,05$, o'choqda havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{yo} = 1,2$, o'choq kamerasida havoni so'rish $\Delta\alpha_{yo} = 0,05$, havo qizdirgichda havoning chiqib ketishi $\Delta\alpha'_{h. q} = 0,035$, ventilyatorga kiruvchi sovuq havo harorati $t_{s.h} = 25^{\circ}\text{C}$ havoning barometrik bosimi $h_b = 97 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa, $C^i = 62,7\%$; $H^i = 3,1\%$; $S^i = 2,8\%$; $N^i = 0,9\%$; $O^i = 1,7\%$; $A^i = 23,8\%$; $W^i = 5,0\%$ tarkibli T markam Donetsk tosh ko'mirida ishlatilgan ventilyatorning xisobiy havo berishini aniqlang.

Javob: $Q_h = 28,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.90.-masala. Agar O'QB bosimi $r_{o'ta q. b} = 1,6 \text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{o'ta q. b} = 300^{\circ}\text{C}$ daslabki suv harorati $t_{uz.s} = 180^{\circ}\text{C}$, to'xtovsiz purkash kattaligi $P = 3\%$

qozon agregati f.i.k. $\eta_{\text{z.s.}}^{\text{br}} = 90\%$, zahira havo berish koeffitsienti $\beta_1 = 1,2$, o'choqda xavoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{\text{yo}} = 1,2$, o'choq kamerasida havo so'rish $\Delta\alpha_{\text{yo}} = 0,06$, havo qizdirgichda xavoning chiqib ketishi $\Delta\alpha'_{\text{h.q}} = 0,08$, ventilyatorga kiruvchi sovuq havo haorati $t_{\text{h.h}} = 25^\circ\text{C}$ ventilyatorning to'liq xisobiy bosimlari farqi $N_{\text{h}} = 2,4\text{ kPa}$, elektrodvigatelning zahira quvvati koeffitsienti $\beta_2 = 1,2$, ventilyatorning ekspluatasion f.i.k. $\eta_{\text{e}}^* = 66\%$ va havoning barometrik bosimi $h_{\text{b}} = 98 \cdot 10^3\text{ Pa}$ bo'lsa, $\text{SO}_2 = 0,2\%$; $\text{SN}_4 = 98,9\%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 0,3\%$; $\text{S}_3\text{N}_6 = 0,1\%$; $\text{S}_4\text{N}_{10} = 0,1\%$; $\text{N}_2 = 0,4\%$ tarkibli Dashavsk tabiiy gazida ishlaydigan bug' ishlab chiqarishi $D = 8,18\text{ kg/s}$ qozon agregati ventilyatorini ishga tushirish uchun elektr dvigatel quvvatini aniqlang.

Yechish: Yoqilg'ining ishchi massasi quyi yonish issiqligini (3.13) dan aniqlaymiz:

$$Q_{\text{y}}^{\text{e}} = 358\text{SN}_4 + 638\text{S}_2\text{N}_6 + 913\text{S}_3\text{N}_6 + 1187\text{S}_4\text{N}_{10} = 358 \cdot 98,9 + \\ + 638 \cdot 0,3 + 913 \cdot 0,1 + 1187 \cdot 0,1 = 35807\text{ kJ/m}^3.$$

(4.25) ifodadan yoqilg'ining xisobiy sarfini topamiz:

$$B_{\text{xis.sarf}} = B = \frac{D_{\text{bug'q}} [(i_{\text{o'tuq.b}} - i_{\text{uz.s}}) + (P/100)(i_{\text{qoz.s}} - i_{\text{uz.s}})]}{Q_{\text{p}}^{\text{e}} \eta_{\text{e.a}}^{\text{ep}}} \cdot 100 = \\ = \frac{8,18 [(3044 - 763,3) + (5/100)(857,3 - 763,3)]}{35807 \cdot 92} \cdot 100 = 0,567\text{ m}^3/\text{s}$$

Havoning nazariy zarur bo'lgan hajmini (3.28) dan aniqlaymiz:

$$V^0 = 0,0478 [0,5(\text{SO} + \text{N}_2) + 1,5\text{H}_2\text{S} + 2\text{SN}_4 + \Sigma \times (m + n/4) \text{S}_m\text{N}_n - \text{O}_2] = \\ = 0,0478 \cdot (2 \cdot 98,9 + 3,5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 6,5 \cdot 0,1) = 9,56\text{ m}^3/\text{m}^3.$$

Ventilyatorning xisobiy havo berishini (4.53) dan topamiz:

$$Q_v = \beta_1 B_{xib} V^0 (\alpha_{y_0} - \Delta \alpha_{y_0} + \Delta \alpha'_{h,q}) \frac{t_{s,sv} + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{h_g} =$$

$$= 1,2 \cdot 0,567 \cdot 9,56 (1,2 - 0,05 + 0,08) \frac{25 + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^3}{98 \cdot 10^3} = 8,93 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Ventilyatorni ishga tushirish uchun elektrdvigatelning quvvatini (4.54) ifodadan aniqlaymiz:

$$N_e^v = (\beta_2 Q_v H_v / \eta_e^v) \cdot 100 = (1,2 \cdot 8,93 \cdot 2,4 / 66) \cdot 100 = 38,97 \text{ kVt}.$$

Javob: $N_e^v = 38,97 \text{ kVt}.$

4.91.-masala. Agar zahira havo berish koeffitsienti $\beta_1 = 1,1$, yoqilg'inig hisobiy sarfi $V_{xis,sarf} = 21 \text{ kg/s}$ o'choqda havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{y_0} = 1,25$, o'choq kamerasida havoni so'rish $\Delta \alpha_{y_0} = 0,06$, havo qizdirgichda havoni chiqib ketishi $\Delta \alpha_{h,q} = 0,04$, ventilyatorga kiruvchi sovuq havo harorati $t_{s,h} = 20^\circ \text{C}$ ventilyatorning to'liq hisobiy bosimlari farqi $N_v = 1,9 \text{ kPa}$, elektrdvigatelning zahira quvvati koeffitsienti $\beta_2 = 1,1$, ventilyatorning ekspluatatsion f.i.k. $\eta_e^v = 62\%$. Havoning barometrik bosimi $h_b = 97 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa, $C^i = 41,6\%$; $H^i = 2,8\%$; $S'_{uch} = 0,2\%$, $N^i = 0,7\%$; $O^i = 11,7\%$; $A^i = 10,0\%$; $W^i = 33,0\%$ tarkibli qo'ng'ir ko'mirda ishlaydigan qozon agregati ventilyatorni ishga tushirish uchun elektrdvigatelning quvvatini aniqlang.

Javob: $N_e^v = 43,8 \text{ kVt}.$

4.92.-masala. Agar o'choqqa kirishda yoqilg'i harorati $t_{y_0} = 20^\circ \text{C}$ yoqilg'i ishchi massasinig issiqlik sig'imi $c_{y_0}^i = 2,1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ \text{K})$, O'QB bosimi $r_{o'ta,qb} = 4 \text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{o'ta,qb} = 450^\circ \text{C}$, uzatilayotgan suv harorati $t_{uz,s} = 150^\circ \text{C}$ qozon agregati f.i.k. $\eta_{ka}^{br} = 86\%$, havonig nazariy zarur hajmi $V^0 = 2,98 \text{ m}^3/\text{kg}$ zahira havo berish koeffitsienti $\beta_1 = 1,05$, o'choqda havonig havonig ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_1 = 1,25$, o'choq kamerasida havoni so'rish $\Delta \alpha_{y_0} = 0,05$, havo qizdirgichda havoni

havo qizdirgichda chiqib ketishi $\Delta\alpha'_{h,q} = 0,04$, ventilyatorga kiruvchi sovuq havo harorati $t_{s,h} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ventilyatorning to'liq hisobiy bosimi farqi $N_v = 1,95\text{ kPa}$, elektrodvigatel zahira quvvati koefitsienti $\beta_2 = 1,1$, ventilyatorning ekspluatatsion f.i.k. $\eta_e^* = 61\%$, havonig barometrik bosimi $h_6 = 98 \cdot 10^3\text{ Pa}$ va yoqilg'ini mexanik to'liq yonmasligida issiqlik yo'qolishin $q_4 = 4\%$ bo'lsa, quyi yonish issiqligi $Q_u^* = 10636\text{ kJ/kg}$ bo'lgan podmoskva ko'mirida ishlaydigan bug' ishlab chiqishi $D = 13,9\text{ kg/s}$ qozon agregati ventilyatorni ishga tushirish uchun elektr dvigatel quvvatini aniqlang.

Javob: $N_e^v = 60,3\text{ kVt}$.

4.93.-masala. Agar yoqilg'ining xisobiy sarfi $V_{xib,sarf} = 4,6\text{ kg/s}$ zahira havo berish koefitsienti $\beta_1 = 1,05$, o'choqda havoning ortiqchalik koefitsienti $\alpha_t = 1,25$, o'choq kamerasida havo so'rish $\Delta\alpha_t = 0,05$, havo qizdirgichda havoning chiqib ketishi $\Delta\alpha'_{vp} = 0,045$, ventilyatorga kiruvchi sovuq havo harorati $t_{s,h} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ventilyatorni ishga tushirish uchun elektr dvigatelning quvvati $N_e^v = 60\text{ kVt}$, elektr dvigatelning zahira quvvati koefitsienti $\beta_2 = 1,1$, ventilyatorning ekspluatatsion f.i.k. $\eta_e^* = 60\%$ va havonig barometrik bosimi $h_6 = 97 \cdot 10^3\text{ Pa}$ bo'lsa, $C^i = 24,7\%$; $H^i = 2,6\%$; $S^i_{oca} = 0,1\%$; $N^i = 1,1\%$; $O^i = 15,2\%$; $A^i = 6,3\%$; $W^i = 50,0\%$ tarkibli frezer tarafida ishlaydigan qozon agregati ventilyatorini to'liq hisobiy bosimi farqini aniqlang.

Javob: $H_v = 1,96\text{ kPa}$.

4.94.-masala. Agar zahira havo berish koefitsienti $\beta_1 = 1,05$, yoqilg'ining shartli sarfi $V_{shartli} = 1,45\text{ kg/s}$ o'choqda havoning ortiqchalik koefitsienti $\alpha_t = 1,25$, o'choq kamerasida havo so'rish $\Delta\alpha_{yo} = 0,05$, havoning zarur nazariy hajmi $V^0 = 4\text{ m}^3/\text{kg}$ havo qizdirgichda havonig chiqib ketishi $\Delta\alpha'_{h,q} = 0,04$, ventilyatorga kiruvchi sovuq havo harorati $t_{s,h} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ventilyatorni ishga tushirish uchun elektrdvigatelning quvvati $N_e^v = 4\text{ kVt}$, elektrdvigatelning zahira quvvati koefitsienti $\beta_2 = 1$, ventilyatorning ekspluatatsion f.i.k. $\eta_e^* = 61\%$, havoning barometrik bosimi $h_6 = 98 \cdot 10^3\text{ Pa}$ va yoqilg'ining to'liq mexanik yonmasligidan

issiqligi yoqolishi $q_4 = 5\%$ bo'lsa, quyi yonish issiqligi $Q_q' = 15800 \text{ kJ/kg}$ qo'ng'ir ko'mirida ishlaydigan qozon agregati ventilyatorning to'liq xisobiy bosimi farqini toping.

Javob: $N_v = 2,06 \text{ kPa}$.

4.95.-masala. Agar zahira havo berish ko'effitsienti $\beta_x = 1,1$, yoqilg'ining xisobiy sarfi $B_{\text{sarf}} = 0,32 \text{ kg/s}$ tutun so'rgichdan olingan havoning ortiqchalik ko'effitsienti $\alpha_{\text{so'rg'ich}} = 1,45$, tutun so'rgichdan olingan gaz harorati $\vartheta_{\text{so'rg'ich}} = 188^\circ\text{C}$ va havoning barometrik bosimi $h_6 = 97 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa, : $\text{SO}_2 = 0,2\%$; $\text{SN}_4 = 97,9\%$; $\text{S}_2\text{N}_4 = 0,1\%$; $\text{N}_2 = 1,8\%$ tarkibli tabiiy gazga ishlaydigan qozon agregati tutun so'rgichning xisobiy havo berishini aniqlang.

Javob: $Q_d = 9 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.96.-masala. Agar yoqilg'ining o'choqqa kirishidagi harorati $t_{y_0} = 20^\circ\text{C}$ qozon agregati f.i.k. $\eta_{\text{ka}}^{\text{br}} = 88\%$, O'QB bosimi $p_{\text{o'ta q.b}} = 4 \text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{\text{o'ta q.b}} = 450^\circ\text{C}$ dastlabki suv harorati $t_{\text{is.v}} = 140^\circ\text{C}$ tox'tovsiz purkash kattaligi $P = 3\%$ zahira havo berish ko'effitsienti $\beta_1 = 1,05$, tutun so'rgichga kirishda havoning ortiqchalik ko'effitsienti $\alpha_{\text{so'rg'ich}} = 1,55$, tutun so'rgichga kirishdan oldin gaz harorati $\vartheta_{\text{so'rg'ich}} = 180^\circ\text{C}$ yoqilg'ini mexanik to'liq yonmasligida issiqlikning yo'qloishi $q_4 = 4,5\%$ va barmetrik bosimi $h_b = 98 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa, $\text{C}^i = 28,7\%$, $\text{H}^i = 2,2\%$; $\text{S}^i = 2,7\%$; $\text{N}^i = 0,6\%$; $\text{O}^i = 8,6\%$; $\text{A}^i = 25,2\%$; $\text{W}^i = 32,0\%$ tarkibli Podmoskov ko'mirida ishlaydigan bug' ishlab chiqarishi $D = 13,9 \text{ kg/s}$ qozon agregati tutun so'rgichning xisobiy havo berishini aniqlang.

Javob: $Q_d = 41,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.97.-masala. Agar yoqilg'ining o'choqqa kirishdagi harorati $t_{y_0} = 25^\circ\text{C}$, O'QB bosimi $p_{\text{o'ta q.b}} = 1,6 \text{ MPa}$, O'QB harorati $t_{\text{o'ta q.b}} = 300^\circ\text{C}$ uzatilayotgan suv harorati $t_{\text{uz.s}} = 120^\circ\text{C}$ qozon agregati f.i.k. $\eta_{\text{ka}}^{\text{br}} = 88\%$, to'xtovsiz purkash kattaligi $P = 5\%$ zahira havo berish ko'effitsienti $\beta_1 = 1,06$, tutun so'rgichga kirishdan oldin havoning ortiqchalik ko'effitsienti $\alpha_{\text{t.so'rg'ich}} = 1,8$, tutun so'rgichga kirishdan oldin gaz haroorati $\vartheta_{\text{t.so'rg'ich}} = 192^\circ\text{C}$, tutun so'rgichning hisobiy to'liq bosimlar farqi

$N_{1,80} \text{ 'rg' ich} = 2,8 \text{ kPa}$, elektrdvigatelning zahira quvvat koeffitsienti $\beta_2 = 1,2$, tutum so'rgichning ekspluatatsion f.i.k. $\eta_e^* = 75 \%$, havoning barometrik bosimi $h_6 = 98 \cdot 10^3$ Pa va yoqilg'ini mexanik to'liq yonmasligida issiqlikning yo'qolishi $q_4 = 6 \%$ bo'lsa, $C^i = 37,3 \%$; $H^i = 2,8 \%$; $S^i = 1,0 \%$; $N^i = 0,9 \%$; $O^i = 10,5 \%$; $A^i = 29,5 \%$; $W^i = 18,0 \%$ tarkibli ko'ng'ir ko'mirida ishlaydigan bug' ishlab chiqarishi $D = 12,73 \text{ kg/s}$ qozon agragati tutum so'rgichni ishga tushirish uchun elektr dvigatel quvvatini aniqlang.

Yechish: (3.12) ifodadan yoqilg'ining ishchi massasi quyidagicha yonish issiqligini aniqlaymiz:

$$Q_v^i = 338C^i + 1025N^i - 108,5(O^i - S_{uch}^i) - 25W^i = 338 \cdot 37,3 + 1025 \cdot 2,8 - 108,5(10,5 - 1,0) - 25 \cdot 18,0 = 13542 \text{ kJ/kg.}$$

(4.5) ifodadan yoqilg'ining ishchi massasi issiqlik sig'imini topamiz:

$$c_{yo}^i = c_{yo}^i \frac{(100 - W^i)}{100} + c_{H_2O} \frac{W^i}{100} = 1,088 \frac{100 - 18,0}{100} + 4,19 \frac{18,0}{100} = 1,65 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{°K)}.$$

Yoqilg'ining fizik issiqligini (4.4) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q_{t1} = c_{yo}^i t_{yo} = 1,65 \cdot 25 = 41,25 \text{ kJ/kg.}$$

Issiqligini (4.3) ifodadan topamiz:

$$Q_p^i = Q_v^i + Q_{t1} = 13\,542 + 41,25 \approx 13583 \text{ kJ/kg.}$$

Yoqilg'ining natural sarfini (4.25) dan topamiz:

$$B = \frac{D_{\text{bug'q}} (i_{\text{uz.s}} - i_{\text{uz.s}}) + (P/100)(i_{\text{qozs}} - i_{\text{uz.s}})}{Q_p \eta_{\text{ka}}} \cdot 100 =$$

$$= \frac{12,73[(13044 - 503,7) + (5/100)(857,3 - 503,3)]}{13583 \cdot 88} \cdot 100 = 2,72 \text{ kg/s.}$$

To'yiingan bug' tanlab olingani uchun $D_{\text{bug'q}} = D$ bo'ladi.

Yoqilg'ining hisobiy sarfi (4.26) ifodadan aniqlanadi:

$$V_{\text{xisarf}} = V(1 - q/100) = 2,72(1 - 6/100) = 2,56 \text{ kg/s.}$$

(3.27) ifodadan havoning zarur nazariy hajmini topamiz:

$$V^0 = 0,089C^I + 0,266N^I + 0,033(S^I - O^I) = 0,089 \times 37,3 +$$

$$0,266 \cdot 2,8 + 0,033(1,0 - 10,5) = 3,75 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

To'liq yonish mahsulotlarining nazariy hajmi (3.36) dan topiladi:

$$V_g^0 = 0,0187(C_{\text{uch}}^I + 0,375S_{\text{uch}}^I) + 0,79V^0 + 0,8N^I/100 + 0,0124(9H^I + W^I) +$$

$$+ 0,0161V^0 = 0,0187(37,3 + 0,375 \times 1,0) + 0,79 \cdot 3,75 + 0,8 \cdot 0,9/100 +$$

$$+ 0,0124(9 \cdot 2,8 + 18) + 0,0161 \cdot 3,75 = 4,26 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

Tutun so'rgich hisobiy havo berishi (4.56) dan aniqlanadi:

$$Q_{\text{Tso'rg}} = \beta B_{\text{xis}} [V_g^0 + (\alpha_{\text{Tso'rg}} - 1)V^0] \frac{Q_{\text{Tso'rg}} + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{h_0} =$$

$$= 1,06 \cdot 2,56[4,26 + (1,8 - 1)3,75] \frac{192 + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{98 \cdot 10^3} = 34,6 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Tutun so'rgichini ishga tushirish uchun elektr dvigatelning quvvatini (4.56) dan aniqlaymiz:

$$N_e^D = (\beta_2 \cdot Q_d \cdot N_d / \eta_e^A) 100 = (1,2 \cdot 34,5 \cdot 2,8/75) 100 = 155 \text{ kVt.}$$

Javob: $N_e^D = 155 \text{ kVt.}$

4.98.-masala. Agar zahira havo berish koeffitsienti $\beta_1 = 1,05$, yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{\text{sarf}} = 1,05 \text{ kg/s}$, tutun so'rgichga kirishdan oldin havoning ortiqcha koeffitsienti $\alpha_{\text{so'rg'ich}} = 1,5$, tutun so'rgichga kirishdan oldin gazning harorati $\theta_{\text{Tso'rg'ich}} = 195 \text{ }^\circ\text{C}$, tutun so'rgichning to'liq hisobiy bosimlar farqi $N_{\text{Tso'rg'ich}} = 2,14 \text{ kPa}$, elektrdvigatelning zahira quvvati koeffitsienti $\beta_2 = 1,1$, tutun sorgichning ekspluatatsion f.i.k. $\eta_e^A = 63 \%$ va barometrik bosimi $h_b = 97 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa, $C^i = 84,65 \%$; $H^i = 11,7 \%$; $S^i = 0,3 \%$; $O^i = 0,3 \%$; $A^i = 0,05 \%$; $W^i = 3,0 \%$ tarkibli oltin gugurt kam mazutda ishlaydigan qozon agregati tutun so'rgichni ishga tushirish uchuin elektrdvigatel quvvatini aniqlang

Javob: $N_e^D = 122 \text{ kVt.}$

4.99.-masala. Agar zahira havo berish koeffitsienti $\beta_1 = 1,1$, yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{\text{xis}} = 1,0 \text{ kg/s}$, tutun so'rgichga kirishdan oldin havoning ortiqcha koeffitsienti $\alpha_{\text{so'rg'ich}} = 1,45$, tutun so'rgichga kirishdan oldin gazning harorati $\theta_{\text{Tso'rg'ich}} = 177 \text{ }^\circ\text{C}$, tutun sorgichni ishga tushirish uchun elektrdvigatelning quvvati $N_e^D = 80 \text{ kVt}$, elektrdvigatelning zahira quvvat koeffitsienti $\beta_2 = 1,1$, tutun so'rgichning ekspluatatsion f.i.k. $\eta_e^D = 62 \%$ va barometrik bosimi $h_b = 98 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa, $\text{SO}_2 = 0,1 \%$; $\text{SN}_4 = 98 \%$; $\text{S}_2\text{N}_6 = 0,4 \%$; $\text{S}_3\text{N}_6 = 0,2 \%$; $\text{N}_2 = 1,3 \%$ tarkibli tabiiy gazga ishlaydigan qozon agregati tutun so'rgichning hisobiy to'liq bosimlar farqini aniqlang.

Javob: $N_{\text{Tso'rg'ich}} = 1,62 \text{ kPa.}$

4.100.-masala. Agar zahira havo berish ko'effitsienti $\beta_1 = 1,05$, yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{\text{xis.sarf}} = 1,36 \text{ kg/s}$, tutun so'rgichga kirishdan oldin havoning ortiqcha ko'effitsienti $\alpha_d = 1,5$, tutun so'rgichga kirishdan oldin gazning harorati $\vartheta_{\text{Tso'rg}} = 192^\circ\text{C}$, tutun sorgichni ishga tushirish uchun elektrdvigatelning quvvati $N_e = 102 \text{ kVt}$, elektrdvigatelning zahira quvvat ko'effitsienti $\beta_2 = 1,1$, tutun so'rgichning ekspluatasion f.i.k. $\eta_n = 66\%$ va barometrik bosimi $h_b = 97 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa, $C^i = 83,0\%$; $H^i = 10,4\%$; $S_{\text{uch}}^i = 2,8\%$; $O^i = 0,7\%$; $A^i = 0,1\%$; $W^i = 3,0\%$ tarkibli D markali doneik ko'mirida ishlaydigan qozon agregati tutun so'rgichning hisobiy to'liq bosimlar farqini aniqlang.

Javob: $N_{\text{Tso'rg}} = 2 \text{ kPa}$.

4.101.-masala. Agar yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{\text{sarf}} = 1,12 \text{ kg/s}$, tutun quvurida kirishdan oldingi gaz harorati $\vartheta_{\text{t,q}} = 185^\circ\text{C}$ quvurga kirishdan oldingi havoning ortiqcha ko'effitsienti $\alpha_{\text{t,q}} = 1,5$ va barometrik bosimi $h_b = 98 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bolsa, $C^i = 49,3\%$; $H^i = 3,6\%$; $S_{\text{uch}}^i = 3,0\%$; $N^i = 1,0\%$; $O^i = 8,3\%$; $A^i = 21,8\%$; $W^i = 13,0\%$ tarkibli D markali Donetsk ko'mirida ishlaydigan 2-ta bir xil qozon agregati o'rnatilgan qozonxona tutun quvuridan o'tayotgan tutun gazlari hajmini aniqlang.

Javob: $V_{\text{g}}^{\text{T,q}} = 32,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.102.-masala. Agar yoqilg'i hisobiy sarfi $V_{\text{sarf}} = 2,1 \text{ kg/s}$, tutun quvuriga kirishdan oldin gaz harorati $\vartheta_{\text{t,q}} = 187^\circ\text{C}$, tutun quvuriga kirishdan oldin ortiqcha havo ko'effitsienti $\alpha_{\text{t,q}} = 1,5$, quvurdan chiqishda gazning tezlik $\omega_{\text{t,q}} = 8,8 \text{ m/s}$ va barometrik bosim $h_b = 97 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa, $C^i = 54,7\%$; $H^i = 3,3\%$; $S_{\text{uch}}^i = 0,8\%$; $N^i = 0,8\%$; $O^i = 4,8\%$; $A^i = 27,6\%$; $W^i = 8,0\%$ tarkibli K markali Qaraganda ko'mirida ishlaydigan 3-ta bir xil qozon agregati o'rnatilgan qozonxona, tutun quvuridan o'tadigan gazning hajmi va tutun quvuri og'zining diametrini aniqlang.

Javob: $d_{\text{t,q}} = 3,8 \text{ m}$; $V_{\text{g}}^{\text{T,q}} = 98,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.103.-masala. Agar quvurning tortishi $S = 286 \text{ Pa}$, yoqilning xisobiy sarfi $V_{\text{xis.sarf}} = 1,08 \text{ kg/s}$, tutun quvuriga kirishdan oldin gaz harorati $\vartheta_{\text{t,q}} = 192^\circ\text{C}$, tutun

quvuriga kirishdan oldin havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{d,q} = 1,8$ quvurdagi gazning ortacha harorati $\vartheta_{0,n} = 197^\circ\text{C}$, atrof muxit harorati $t_h = 25^\circ\text{C}$ quvurdan chiqishda gazning tezlik $\omega_{t,q} = 12 \text{ m/s}$ barometrik bosim $h_b = 98 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ va havoning normal sharoitga keltirilgan zichligi $\rho_v = 1,205 \text{ kg/m}^3$ teng bo'lsa. $C^i = 84,65\%$; $H^i = 11,7\%$; $S_{uch}^i = 0,3\%$; $O^i = 0,3\%$; $A^i = 0,05\%$; $W^i = 3,0\%$, 2-ta bir xil qozon agregatining tarkibida kam mazutda ishlaydigan oltin gugurti bor qozonxonanig tutun quvuri balandligini va tutun quvurining diametrini aniqlang.

Yechish: Havoning nazariy zarur hajmini (3.27) dan aniqlaymiz:

$$V^0 = 0,089C^i + 0,266H^i + 0,033(S_{uch}^i - O^i) = 0,089 \times 84,65 + \\ + 0,266 \cdot 11,7 + 0,033(0,3 - 0,3) = 10,62 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

To'liq yonish maxsulotlarining nazariy hajmini (3.36) dan topiladi:

$$V_g^0 = 0,0187(C^i + 0,375S_{uch}^i) + 0,79V^0 + 0,8N^i/100 + 0,0124(9N^i + W^i) + \\ + 0,0161V^0 = 0,0187(84,65 + 0,375 \cdot 0,3) + 0,79 \cdot 10,62 + 0,8/100 + \\ + 0,0124(9 \cdot 11,7 + 3,0) + 0,0161 \cdot 10,62 = 11,48 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Tutun quvuridan o'tayotgan gazning hajmi (4.57) dan aniqlanadi:

$$V_g^{r,q} = nB_{vis} \left[V_g^0 + (\alpha_{T,q} - 1)V^0 \right] \frac{\vartheta_{r,q} + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{h_b} = \\ = 2 \cdot 1,08 [11,48 + (1,8 - 1)10,62] \frac{192 + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{98 \cdot 10^3} = 75,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Gazning normal sharoitda keltirilgan zichligini (4.60) dan aniqlaymiz:

$$\rho_g = (1 - 0,01 A^i + 1,3\alpha_{d,i} V^0) / V_g^{r,q} = (1 - 0,01 \times 0,05 +$$

$$+ 1,3 \cdot 1,8 \cdot 10,62) / 75,7 = 0,34 \text{ kg/m}^3.$$

Tutun quvuri balandligi (4.59) dan topiladi:

$$H = S \left/ \left[273 \left(\frac{\rho_h}{273 + t_h} - \frac{\rho_g}{273 + \vartheta_{\text{or}}} \right) \frac{9,8 h_g}{1,01 \cdot 10^5} \right] \right. =$$

$$= 286 \left/ \left[273 \left(\frac{1,205}{273 + 25} - \frac{0,34}{273 + 197} \right) \frac{9,81 \cdot 98 \cdot 10^3}{1,01 \cdot 10^5} \right] \right. = 23,09 \text{ m}.$$

Quvur og'zining diametrini (4.58) dan aniqlaymiz:

$$d_{\text{q.kestir}} = 1,13 \sqrt{\nu_{\text{g}}^{\text{raq}} / \omega_{\text{raq}}} = 1,13 \sqrt{75,7 / 12} = 2,84 \text{ m}.$$

Javob: $H = 23,09 \text{ m}$; $d_{\text{T.q}} = 2,84 \text{ m}$.

4.104.-masala. Agar quvur tortishi $S = 192 \text{ Pa}$, tutun quvuriga kirishda gaz harorati $\vartheta_{\text{T.q}} = 180^\circ \text{C}$, tutun quvuridan chiqishga gaz harorati $\vartheta'_{\text{T.q}} = 186^\circ \text{C}$, atrof muxit harorati $t_h = 20^\circ \text{C}$, gazning normal sharoitiga keltirilgan zichligi $\rho_g = 0,52 \text{ kg/m}^3$, havoning normal sharoitga keltirilgan zichligi $\rho_g = 1,205 \text{ kg/m}^3$ va havoning barometrik bosimi $h_b = 98 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lsa, qozonxona tutun quvuri balandligini aniqlang.

Javob: $H = 25 \text{ m}$.

4.7. Atmosferani ifloslantiradigan moddalar tarqalishida tutun quvuri hisobi

Atmosferani ifloslantiradigan moddalar tarqalishida tutun quvirining hisobi kul azot oksidlari va SO_2 (IV) oltingugurt (II) oksidini atmosferaga tarqalishida tutun quvuri balandligini tekshirishdan iborat. Tutun quvurining balandligi yer yuzasidagi

ifloslantiradigan moddalar konsentratsiyasi ruxsat etilgan sanitar me'yorlaridan kichik bo'lishini ta'minlashi kerak.

Kul va oltinugurt (II) oksidi uchun ko'rsatilgan konsentratsiyasi (u.r.k.) qiymati $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$.

Yer yuzasidagi ifloslantiruvchi moddalarning konsentratsiyasi (kg/m^3) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$C = 0,001 \frac{AMFm}{H^2 \sqrt{V_g \Delta t}} + 2 C_{\phi} \quad (4.61)$$

bu yerda A - atmosferani stratifikatsiya koeffitsienti, $S^{2/3} \cdot \text{grad}^{1/3}$;

M - tutun quvuridan atmosferaga chiqadigan ifloslantiradigan moddalarning massasi, kg/s ;

F - atmosferada ifloslantiruvchi moddalarni hisobga oluvchi koeffitsienti;

m - tutun quvuri og'zidan yonish mahsulotlarini hisobga oluvchi koeffitsient;

H - tutun quvuri balandligi, m ;

V_g - tutun quvuridan o'tayotgan yonish mahsulotlari hajmi, m^3/s ;

$\Delta t = \theta'_{T,q} - t_h$ - tutun quvuridan chiqishdagi $\theta'_{T,q}$ gaz harorati va atrof muhit t_h havosining haroratlari farqi, $^{\circ}\text{C}$;

S_f - atmosferadagi ifloslantiruvchi moddalarning fonli konsentratsiyasini, kg/m^3 .

Tutun quvuridan atmosferaga chiqariladigan kul massasi (kg/s):

$$M = 0,01 p V_{\text{sarf}} \alpha_{\text{ul}} A^i \quad (4.62)$$

bu yyerda p - quvuri birlashtirilgan qozon agregatlarini soni;

$V_{\text{xis, sarf}}$ - yoqilg'ining hisobiy sarfi, kg/s ;

$\alpha_{ket,ul}$ - tutun gazlari olib ketadigan yoqilg'i kulining ulushi.

Tutun quvuridan atmosferaga chiqariladigan oltingugurt (II) oksidning massasi (kg/s):

$$M = 0,01 \cdot n \cdot B_{sa} \cdot S_i^i \cdot \frac{M_{SO_2}}{M_s}, \quad (4.63)$$

bu yerda $M_{SO_2} = 64$, $M_s = 32$ - oltingugurt va oltingugurt (II) oksidning nisbiy molekulyar massalari.

4.105.-masala. $C^i = 83\%$; $H^i = 10,4\%$; $S_i^i = 2,8\%$; $O^i = 0,7\%$; $A^i = 0,1\%$; $W^i = 3,0\%$ tarkibli oltin gugurt yuqori mazutda ishlaydigan 2-ta bir xil qozon agregati, qozonxonaning yer yuzasidagi oltingugurt oksidi konsentratsiyasi aniqlang. Agar tutun quvurining balandligi $H=36$ m, yoqilgining hisobiy sarfi $V_{sarf} = 0,535$ kg/s, tutun quvuriga kirishda gaz harorati $\theta_{T,q} = 190^\circ C$, tutun quvuridan chiqishda gaz harorati $\theta_{T,q} = 196^\circ C$, quvurga kiritishdan oldin havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{T,q} = 1,6$, atrof muhit harorati $t_h = 25^\circ C$, havoning barometrik bosimi $h_b = 98 \cdot 10^3$ Pa, atmosferada oltingugurt oksidining cho'kish tezlikni hisobga oluvchi koeffitsienti $F = 1,0$, tutun quvuri og'zidan gaz yonish mahsulotlarini chiqish sharoitlarini hisobga oluvchi koeffitsienti $m = 0,9$, atmosferani stratifikatsiyasi koeffitsienti $A = 140 C^{2/3} \cdot grad^{1/3}$ va oltingugurt oksidining bilan atmosferani ifloslantirish fonli konsentratsiyasi $S_f = 0,04 \cdot 10^{-6}$ kg/m³.

Yechish: Havoning nazariy zarur hajmini (3.27) ifodadan aniqlaymiz:

$$V^o = 0,089C^i + 0,266N^i + 0,033(S_{uch}^i - O^i) = 0,089 \cdot 83 +$$

$$0,266 \cdot 10,4 + 0,033(2,8 - 0,7) = 10,2 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

To'liq yonish mahsulotlarining nazariy hajmi (3.36) ni topamiz:

$$V_s^0 = 0,0187 (C^i + 0,375 S_{uch}^i) + 0,79 V^0 + 0,8 N / 100 + 0,0124 (9 N^i + W^i) + \\ + 0,0161 V^0 = 0,0187 (83 + 0,375 \times 2,8) + 0,79 \cdot 10,2 + \\ + 0,0124 (9 \cdot 10,4 + 3,0) + 0,0161 \times 10,2 = 10,99 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Tutun quvuridan o'tayotgan tutun gazlarning hajmi (4.57) ifodadan aniqlaymiz:

$$V_g^{T,q} = n B_p [V_g + (\alpha_{q,kesim} - 1) V^0] \frac{\theta_{q,kesim} + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{h_b} = \\ = 2 \cdot 0,535 [10,99 + (1,6 - 1) 0,2] \frac{190 + 273}{273} \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5}{h_b} = 32 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tutun quvuridan atmosferga chiqariladigan SO_2 ni masasini (4.63) dan topamiz:

$$M = 0,01 n B_{st} S_i' \frac{M_{SO_2}}{M_s} = 0,01 \cdot 2 \cdot 0,535 \times 2,8 \frac{64}{32} = 0,06 \text{ kg/s}.$$

Yer yuzasidagi oltingugurt oksidi kontsentratsiyasi (4.61) dan aniqlaymiz:

$$C = 0,001 \frac{AMFm}{H^2 \sqrt{V_g^{T,q} \Delta t}} + 2 C_\phi = 0,001 \frac{140 \cdot 0,06 \cdot 1 \cdot 0,9}{36^2 \sqrt{32 \cdot 171}} + 2 \cdot 0,04 \cdot 10^{-6} = 0,41 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$$

bu yerda $\Delta t = 9'_{T,q} - t_h = 196 - 25 = 171^\circ\text{C}$.

Javob: $C = 0,41 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$.

4.106.-masala. $C^i = 62,7\%$; $H^i = 3,1\%$; $S_{uch}^i = 2,8\%$; $N^i = 0,9\%$; $O^i = 1,7\%$; $A^i = 23,8\%$; $W^i = 5,0\%$ tarkibli T markali Donetsk ko'mirida ishlaydigan 3-ta bir xil qozon agregati, qozonxonaning yer yuzasidagi oltingugurt oksidi kontsentratsiyasini aniqlang. Agar tutun quvirining balandligi $H = 32 \text{ m}$,

yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{\text{sarf}} = 0,35 \text{ kg/s}$, tutun quvuriga kirishda gaz harorati $\vartheta_{\text{t.q}} = 180^\circ\text{C}$, tutun quvurdan chiqishda gaz harorati $\vartheta'_{\text{T.q}} = 185^\circ\text{C}$, quvurga kirishdan oldin havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{\text{t.q}} = 1,7$, atrof muhit harorati $t_h = 20^\circ\text{C}$, havoning barometrik bosimi $h_b = 97 \cdot 10^3 \text{ Pa}$, atmosferada oltingugurt oksidining cho'kish tezlikni hisobga oluvchi koeffitsienti $F = 1,0$, tutun quvuri og'zidan yoqilg'i mahsulotlarining chiqish sharoitlarni hisobga oluvchi koeffitsienti $m = 0,9$, atmosferani stratifikatsiyasi koeffitsienti $A = 120 \text{ C}^{2/3} \cdot \text{grad}^{1/3} \text{ SO}_2$ bilan atmosferani ifloslantirish fonli konsentratsiyasi $S_f = 0,03 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$

Javob: $S = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$.

4.107.-masala. Agar tutun quvuri balandligi $H = 32 \text{ m}$, yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{\text{sarf}} = 0,225 \text{ kg/s}$, tutun quvuriga kirishda gaz harorati $\vartheta_{\text{t.q}} = 182^\circ\text{C}$, tutun quvuridan chiqishda gaz harorati $\vartheta'_{\text{t.q}} = 188^\circ\text{C}$ quvurga kirishdan oldin ortiqcha havo koeffitsienti $\alpha_{\text{t.q}} = 1,75$, havo harorati $t_h = 20^\circ\text{C}$, barometrik bosim $h_b = 97 \cdot 10^3 \text{ Pa}$, tutun gazlari olib ketadigan yoqilg'i kulining ulushi $a_{\text{ul}} = 0,85$, atmosferada kulni cho'kish tezlikni hisobga oluvchi koeffitsienti $F = 1,0$, tutun quvuri og'zidan yonish mahsulotlarini chiqish shartlarini hisobga oluvchi koeffitsienti $m = 0,9$, atmosferani stratifikatsiyasi koeffitsienti $A = 120 \text{ C}^{2/3} \cdot \text{grad}^{1/3}$ va atmosferani kul bilan ifloslantirish fonli konsentratsiyasi $S_f = 0,02 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, $C^i = 58,7\%$; $H^i = 4,2\%$; $S_{\text{uch}}^i = 0,3\%$; $N^i = 1,9\%$; $O^i = 9,7\%$; $A^i = 13,2\%$; $W^i = 12,0\%$ tarkibli D markali Kuznetsk ko'mirida ishlaydigan 2- ta bir xil qozon agregati o'rnatilgan qozonxona uchun yer yuzasidagi kul konsentratsiyasini aniqlang.

Javob: $S = 0,49 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$.

4.108.-masala. Agar yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{\text{xis.sarf}} = 0,63 \text{ kg/s}$, tutun quvuriga kirishda gaz harorati $\vartheta_{\text{T.q}} = 178^\circ\text{C}$, tutun quvuridan chiqishda gaz harorati $\vartheta'_{\text{T.q}} = 184^\circ\text{C}$, quvurga kirishdan oldin havoning ortiqchalik koeffitsienti $\alpha_{\text{d.1}} = 1,7$, atrof muhit harorati $t_h = 20^\circ\text{C}$, havoning barometrik bosimi $h_b = 97 \cdot 10^3 \text{ Pa}$, atmosferada oltingugurtning cho'kish tezlikni hisobga oluvchi koeffitsienti $F = 1,0$, tutun quvuri og'zidan yonish mahsulotlari chiqish shartlarini hisobga oluvchi

koeffitsienti $m = 0,9$, atmosferani strafikatsiyasi koeffitsienti $A = 120 \text{ C}^{2/3} \cdot \text{grad}^{1/3}$, oltingugurt (II) oksidi bilan atmosferani ifloslantirish fonli kontsentratsiyasi $S_f = 0,03 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ va yer yuzasida SO_2 ning mumkin bo'lgan kontsentratsiyasi $S = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, $C^i = 63,8 \%$; $N^i = 1,2 \%$; $S^i_{uch} = 1,7 \%$; $N^i = 0,6 \%$; $O^i = 1,3 \%$; $A^i = 22,9 \%$; $W^i = 8,5 \%$ tarkibli A markali Donetsk ko'mirida ishlaydigan 3-ta bir xil qozon agregati o'rnatilgan qozonxona tutun quvuri balandligini aniqlang.

Javob: $N = 30 \text{ m}$.

4.109.-masala. Agar yoqilg'ining hisobiy sarfi $V_{xib} = 0,21 \text{ kg/s}$, tutun quvuriga kirishda va chiqishda gaz harorati $\theta_{t,q} = 179 \text{ }^\circ\text{C}$ va $\theta'_{t,q} = 183 \text{ }^\circ\text{C}$, quvurga kirishdan oldin ortiqchi havo koeffitsienti $\alpha_{t,q} = 1,75$, atrof muhit havosi harorati $t_v = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, havoning barometrik bosimi $h_0 = 97 \cdot 10^3 \text{ Pa}$, tutun gazlari olib ketadigan yoqilg'i kuli ulushi $a_{ul} = 0,85$, atmosferada kulni cho'kish tezlikni hisobga oluvchi koeffitsient $F = 1,0$, tutun quvuri og'izdan yonish mahsulotlari chiqish shartlarini hisobga oluvchi koeffitsienti $m = 0,9$, atmosferani strafikatsiyasi koeffitsienti $A = 120 \text{ C}^{2/3} \cdot \text{grad}^{1/3}$, atmosferani kul bilan ifloslanish fonli kontsentratsiyasi oltingugurt 2 oksidi bilan atmosferani ifloslantirish fonli kontsentratsiyasi $S_f = 0,02 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ va yer yuzasida kulning mumkin bo'lgan kontsentratsiyasi $S = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, $C^i = 39,8 \%$; $H^i = 2,0 \%$; $S^i_{uch} = 1,3 \%$; $N^i = 0,2 \%$; $O^i = 9,1 \%$; $A^i = 13,1 \%$; $W^i = 34,5 \%$ tarkibli B2 markali Angren ko'mirida ishlaydigan 2-ta bir xil qozon agregati o'rnatilgan qozonxona tutun quvuri balandligini aniqlang.

Javob: $H = 34 \text{ m}$.

4.8 Issiqlik almashuv uskunolari

Qozonxonalarda tarmoq, xom va kimyoviy tozalangan suvni isitish uchun suv isitish qozonlari bilan suv-suvli issiqlik almashuv uskunolari va bug' qozon qozonxonalarda bug'-suvli issiqlik almashuv uskunolari qo'llaniladi.

Suv-suvli issiqlik almashuv uskunalari (IAU). Issiqlik almashuv uskunalari isitilayotgan suv qabul qilgan issiqlik miqdori (kJ/s):

$$Q = W_1 \cdot c_{p1} (t_1' - t_1'') \eta = W_2 \cdot c_{p2} (t_2'' - t_2'), \quad (4.64)$$

bu yerda W_1 - suv sarfi, kg/s;

W_2 - isitilayotgan suv sarfi, kg/s;

c_{p1} va c_{p2} - o'zgarmas bosimda isitiladigan va isitilayotgan suvning o'rtacha issiqlik sig'implari, kJ/(kg·°K);

t_1' va t_1'' - isitadigan suvning kirish va chiqishdagi haroratlari, °C;

$t_2' - t_2''$ - isitadigan suvning kirish va chiqishdagi haroratlari, °C;

η - issiqlik almashuv uskunalaridan atrof-muhitga issiqlik yo'qollishini hisobga oluvchi koeffitsient.

Issiqlik almashuv uskunalaridan isitish yuzasi (m^2) issiqlik uzatish tenglamasidan aniqlanadi:

$$F = Q / (k \cdot \Delta t_{ts}), \quad (4.65)$$

bu yerda k - issiqlik uzatish koeffitsienti, kVt/ $m^2 \cdot ^\circ K$;

Δt - issiqlik almashuv uskunalaridagi o'rtacha haroratlar farqi, °C.

To'g'ri oqimli issiqlik almashuv uskunalaridagi o'rtacha haroratlar (°C) farqi:

$$\Delta t_{oq} = \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{2,3 \lg [(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')]}.$$

(4.66)

Qarama-qarshi yo'nalishli issiqlik almashuv uskunalarida o'rtacha haroratlar (°C) farqi:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{(t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2)}{2,3 \lg[(t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2)]}. \quad (4.67)$$

Agar $(t'_1 - t'_2)/(t''_1 - t''_2) \leq 1,7$ bo'lsa issiqlik almashuv uskunalaridagi o'rtacha haroratlar farqi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{t'_1 + t''_1}{2} - \frac{t'_2 + t''_2}{2}. \quad (4.68)$$

Bug'-suvli issiqlik almashuv uskunolari. Isitilayotgan suv qabul qilgan issiqlik miqdori (kJ/s) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q' = D_1 (i'' - i'_k) \eta = W_2 c_{p2} (t'_2 - t'_1) \quad (4.69)$$

bu yerda D_1 – isitadigan bug' sarfi, kg/s;

i'' – isitadigan bug' entalpiyasi, kJ/kg;

i'_k – kondensat entalpiyasi, kJ/kg;

Isitish yuzasi issiqlik (m^2) uzatish tenglamasidan:

$$F = Q' / (k \Delta t_{o'n}). \quad (4.70)$$

To'g'ri va qarama-qarshi oqimli bug'-suvli issiqlik almashuv uskunalarida o'rtacha harorat farqi:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{t''_2 - t'_2}{2,3 \lg[(t''_2 - t'_2)/(t''_1 - t'_1)]}. \quad (4.71)$$

bu yerda t_p - isitadigan bug' harorati, °C.

4.110.-masala. Agar isituvchi suv sarfi $W_1 = 25$ kg/s issiqlik almashuv uskunalariga kirishda istuvchi suv harorati $t'_1 = 140$ °C issiqlik almashuv uskunalariga chiqishda isituvchi suv harorati $t''_1 = 90$ °C issiqlik almashuv uskunalariga kirishda va chiqishda isitilayotgan suvning haroratlari $t'_2 = 15$ °C va $t''_2 = 65$ °C, issiqlik uzatish koeffitsienti $k = 2,1$ kVt/m²·°K va issiqlik almashuv uskunalaridan atrof muhitga issiqlik yo'qolishini hisobga oluvchi koeffitsienti $\eta = 0,97$ bo'lsa, to'g'ri oqimli suv-suvli issiqlik almashuv uskunalarisining isitish yuzasi va isitilayotgan suv sarfini aniqlang.

Yechish: Issiqlik almashuv uskunalarida isitilayotgan suv qabul qilgan issiqlik miqdorini (4.64) ifodadan aniqlaymiz:

$$Q = W_1 c_{p1} (t'_1 - t''_1) \eta = 25 \cdot 4,19(140 - 90) 0,97 = 5080,4 \text{ kJ/s.}$$

Issiqlik almashuv uskunalarida isitilayotgan suvning sarfini (4.64) dan topiladi:

$$W_2 = \frac{Q}{c_{p2}(t'_2 - t''_2)} = \frac{5080,4}{4,19(65 - 15)} = 24,25 \text{ kg/s.}$$

To'g'ri oqimli issiqlik almashuv uskunalarida o'rtacha haroratlari farqini (4.66) dan topamiz:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)}{2,3 \lg \frac{t'_1 - t'_2}{t''_1 - t''_2}} = \frac{(140 - 15) - (90 - 65)}{2,3 \lg \frac{140 - 15}{90 - 65}} = \frac{100}{2,3 \lg \frac{125}{25}} = 62^\circ\text{C.}$$

Issiqlik almashuv uskunalarining isitish yuzasi (4.65) dan topiladi:

$$F = Q / (k \cdot \Delta t_{0, \pi}) = 5080,4 / (2,1 \cdot 52) = 39,02 \text{ m}^2.$$

Javob: $W_2 = 24,25 \text{ kg/s}$; $F = 39,02 \text{ m}^2$.

4.111.-masala. Agar isitilayotgan suvning sarfi $W_2 = 5 \text{ kg/s}$ issiqlik almashuv uskunalariga kirishda va chiqishda isituvchi suvning harorati $t'_1 = 97^\circ\text{C}$ va $t''_1 = 63^\circ\text{C}$, issiqlik almashuv uskunalariga kirishda va chiqishda isitilayotgan suvning harorati $t'_2 = 17^\circ\text{C}$ va $t''_2 = 47^\circ\text{C}$, issiqlik uzatish koeffitsienti $k = 1,1 \text{ kVt/(m}^2 \cdot \text{K)}$ bo'lsa, qarama qarshi oqimli suv-suvli issiqlik almashuv uskunalarini isitish yuzasini aniqlang.

Javob: $F = 11,8 \text{ m}^2$

4.112.-masala. Agar isitilayotgan suvni sarfi $W_2 = 5,6 \text{ kg/s}$, isituvchi bug'ning bosimi $r_p = 0,12 \text{ MPa}$, isituvchi bug'ning harorati $t_b = 104^\circ\text{C}$, kondensat entalpiyasi $i'_x = 436 \text{ kJ/kg}$, isitilayotgan suvni issiqlik almashuv uskunalariga kirishdagi va chiqishdagi haroratlari $t'_2 = 42^\circ\text{C}$ va $t''_2 = 12^\circ\text{C}$, issiqlik uzatish koeffitsienti $k = 1,05 \text{ kVt/m}^2 \cdot \text{K}$, atrof muhitga issiqlik almashuv uskunalaridan issiqlik yo'qolishini hisobga oluvchi koeffitsienti $\eta = 0,97$ bo'lsa, qarama-qarshi oqimli bug'-suvli issiqlik almashuv uskunalarining isitish yuzasi va isituvchi suvning sarfini aniqlang.

Javob: $D_1 = 0,32 \text{ kg/s}$; $F = 20,3 \text{ m}^2$

4.113.-masala. Agar isitilayotgan suvni sarfi $D_1 = 1,0 \text{ kg/s}$, isituvchi bug'ning bosimi $r_p = 0,118 \text{ MPa}$, isituvchi bug'ning harorati $t_p = 104^\circ\text{C}$ kondensat entalpiyasi $i'_x = 436 \text{ kJ/kg}$, issiqlik almashuv uskunalaridagi isitilayotgan suvni kirishdagi va chiqishdagi haroratlari $t'_2 = 10^\circ\text{C}$ va $t''_2 = 36^\circ\text{C}$ atrof muxitga issiqlik almashuv uskunalaridan issiqlik yoqolishini hisobga oluvchi koeffitsienti $\eta = 0,98$ bo'lsa, to'g'ri oqimli bug' suvli issiqlik almashuv uskunalaridagi o'rtacha haroratlar farqi va isitilayotgan suvning sarfini aniqlang.

Javob: $W_2 = 20,2 \text{ kg/s}$; $\Delta t = 80^\circ\text{C}$.

4.114.-masala. Agar isituvchi suvning sarfi $W_1 = 2,0 \text{ kg/s}$, isitilayotgan suvning sarfi $W_2 = 2,28 \text{ kg/s}$, issiqlik almashuv uskunalariga kirishda isituvchi

suvning sarfi $t'_1 = 97\text{ }^{\circ}\text{C}$, issiqlik almashuv uskunalariga kirishda va chiqishda isitilayotgan suvning haroratlari $t'_2 = 17\text{ }^{\circ}\text{C}$ va $t''_2 = 47\text{ }^{\circ}\text{C}$, issiqlik uzatish koeffitsienti $k = 0,95\text{ kVt/m}^2\cdot^{\circ}\text{K}$ va atrof muhitga issiqlik almashuv uskunalarisidan issiqlik yo'qolishini hisobga oluvchi koeffitsienti $\eta = 0,97$ bo'lsa, to'g'ri oqimli suv-suvli issiqlik almashuv uskunalari isitish yuzasini aniqlang.

Javob: $F = 7,6\text{ m}^2$

4.9. To'yintiruvchi qurilmalar

To'yintiruvchi qurilmalar qozonga suv berish uchun va quvurlardagi suv bilan aralashishga mo'ljallangan. To'yintiruvchi qurilmalar nasos, to'yintiruvchi va kondensat baklari, quurularidan tashkil topgan.

To'yintiruvchi nasoslar. To'yintiruvchi nasosning hisobiy ishlab chiqarish (m^3/s) qu'yidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q_{\text{tn}} = \beta_1 \cdot D_{\text{max}} / \rho, \quad (4.72)$$

bu yerda D_{max} — qozonxonaning maksimal bug' ishlab chiqarish, kg/s ;

ρ — suvning zigligi, kg/m^3 ;

β_1 — ishlab chiqarish zahira koeffitsienti.

To'yintiruvchi nasosning hisobiy bosim (Pa):

$$N_{\text{tn}} = \beta_2 (r_k + N_{\text{set}}), \quad (4.73)$$

bu yerda r_k — ehtiyot klapani rostlagan bosimga teng bo'lgan qozon barabanidagi bosim, Pa;

N_{gar} — so'ruvchi va havo haydaydigan quvurlarning qarshiligi, Pa;

r_2 — bosim bo'yicha zahira koeffitsienti.

To'yintiruvchi nasosni ishga tushirish uchun elektrdvigatelning quvvati (kVt):

$$H_o^{t.n} = (Q_o^{t.n} \cdot g \cdot h \cdot N_{p.n} / \eta_{t.n}) \cdot 10^{-3}, \quad (4.74)$$

bu yerda $\eta_{t.n}$ - to'yintiruvchi nasosning f.i.k..

4.115.-masala. Agar qozon barabanida bosim $r_k = 1,4$ MPa, suv zichligi $\rho = 958$ kg/m³, havoni hayydovchi va so'ruvchi quvurlarni qarshiligi $N_{qarsh} = 0,2$ MPa, qozonxona bug ishlab chiqarishi bo'yicha zahira koeffitsienti $\beta_1 = 1,2$ va bosim bo'yicha zahira koeffitsienti $\beta_1 = 1,1$ bo'lsa, maksimal bug' ishlab chiqarishi $D_{max} = 5,56$ kg/s qozonxona uchun to'yintiruvchi nasosning hisobiy bosimi va ishlab chiqarishini aniqlang.

Javob: $Q_{t.n} = 7 \cdot 10^{-3}$ m³/s; $N_{t.n} = 1,76$ MPa.

4.116.-masala. Agar qozon barabanidagi bosim $r_k = 2,8$ MPa, uzatilayotgan suvning harorati $t_{uz.s} = 120$ °C, havoni so'ruvchi va haydaydigan quvurlarning qarshiligi $N_{qarsh} = 0,4$ MPa, qozonxona bug' ishlab chiqarishi bo'yicha zahira koeffitsienti $\beta_1 = 1,3$, bosim bo'yicha zahira koeffitsienti $\beta_2 = 1,2$ va to'yintiruvchi nasosning f.i.k. $\eta_{t.n} = 0,84$ bo'lsa, maksimal bug' ishlab chiqarishi $D_{max} = 10,84$ kg/s qozonxona uchun to'yintiruvchi nasosni ishga tushirish uchun elektrdvigatelni quvvatini aniqlang.

Yechish: To'yintiruvchi nasosning hisobiy ishlab chiqarishi (4.72) ifodadan aniqlanadi:

$$Q_{t.n} = \beta_1 D_{max} / \rho = 1,3 \cdot 10,84 / 958 = 14,71 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}.$$

To'yintiruvchi nasosning hisobiy bosim (4.73) dan topamiz:

$$N_{t.n} = \beta_2 (p_k + N_{qar}) = 1,2 (2,8 + 0,4) = 3,84 \text{ MPa}.$$

To'yintiruvchi nasosni ishga tushirish uchun elektrdvigatelning quvvatini (4.74) ifodadan aniqlaymiz:

$$N_e^{t,n} = \frac{Q_{t,n} H_{t,n}}{\eta_{t,n}} 10^{-3} = \frac{14,71 \cdot 10^{-3} \cdot 3,84 \cdot 10^6}{0,84} 10^{-3} = 67,24 \text{ kVt.}$$

Javob: $N_e^{p,k} = 67,24 \text{ kVt.}$

4.117.-masala. Agar qozon barabanida bosim $r_k = 3,6 \text{ MPa}$, havoni haydovchi va so'ruvchi quvurlarni qarshiligi $N_{qur} = 0,2 \text{ MPa}$, bosim bo'yicha zahira koeffitsienti $\beta_2 = 1,1$, to'yintiruvchi nasosni ishga tushirish uchun elektrdvigatelning quvvati $N_e^{t,n} = 100 \text{ kVt}$ va to'yintiruvchi nasosning f.i.k. $\eta_{t,n} = 0,75$ bo'lsa, qozonxona to'yintiruvchi nasosning hisobiy bosimi va ishlab chiqarishini aniqlang

Javob: $Q_{t,n} = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}; N_{t,n} = 4,2 \text{ MPa.}$

4.118.-masala. Agar qozon barabanidagi bosim $r_k = 2,4 \text{ MPa}$, suv zichligi $\rho = 958 \text{ kg/m}^3$, havoni so'ruvchi va haydovchi quvur qarshiligi $N_{qarsh} = 0,15 \text{ MPa}$, qozonxona bug' ishlab chiqarishi bo'yicha zahira koeffitsienti $\beta_1 = 1,2$, bosim bo'yicha zahira koeffitsienti $\beta_2 = 1,1$ va to'yintiruvchi nasosning f.i.k. $\eta_{t,n} = 0,74$ bo'lsa, maksimal bug' ishlab chiqarishi $D_{max} = 1,8 \text{ kg/s}$ qozonxona uchun to'yintiruvchi nasosni ishga tushirish uchun elektrdvigatel quvvatini aniqlang.

Javob: $N_e^{t,n} = 8,5 \text{ kVt.}$

4.10. Havo bilan tozalashni aniqlash

va to'xtovsiz tozalash kengaytirgichning (separator) hisobi

Bug' qozonxona agregatlarini havo bilan tozalash qozon suviga tuz konsentratsiyasini mumkin bo'lgan oraliqda ushlab turish uchun amalga oshiriladi.

Havo bilan tozalash kattaligi qozon agregati bug' ishlab chiqarishiga nisbatan fasumda ifodalanadi:

$$R = (W_{t,n}/D) 100, \quad (4.75)$$

bu yerda D – qozon agregati bug' ishlab chiqarishi, kg/s (kg/ik);

W_{ta} – tozalangan suvni miqdori, kg/s (kg/ik).

Tozalangan suvni miqdori qozon agregati tuz balansi tenglamasidan aniqlanadi:

$$W_{\text{kelt}} = D \frac{S_{\text{uz,x}}}{S_{\text{t,n}} - S_{\text{uz,n}}}, \quad (4.76)$$

bu yerda $S_{\text{uz,s}}$, S_{kelt} – to'yintiruvchi va tozalovchi suvning tuz saqlami mos ravishda, kg/kg.

Tozalangan suvdan ajralgan bug' miqdori (kg/s) kengaytirgichning issiqlik balansi tenglamasidan aniqlanadi:

$$D_{\text{xis}} = \frac{W_{\text{kelt}}(i_1' - i_2')}{x(i_1'' - i_2'')}, \quad (4.77)$$

bu yerda i_1' – qozon bosimidagitozalash suvining entalpiyasi, kJ/kg;

i_2' – kengaytirgich bosimidagi suvning entalpiyasi, kJ/kg;

i_1'' – kengaytirgich bosimidagi bug'ning entalpiyasi, kJ/kg;

x – kengaytirgichdan chiqayotgan bug'ning quruqlik darajasi.

Kengaytirgichdan chiqishda suvning sarfi (kg/s):

$$W_{\text{sarf}} = W_{\text{kelt}} - D_{\text{sarf}}. \quad (4.78)$$

4.119.-masala. Bug' ishlab chiqarishi $D = 8,86$ kg/s qozon agregati to'xtovsiz tozalash kattaligini va to'xtovsiz suv bilan tozalanishi kengaytirgichdan chiqishda suv sarfi aniqlang. Agar qozon bosimi $r_1 = 1,87$ MPa, kengaytirilgan bosim $r_2 = 0,138$ MPa, kengaytirilgan bug'ning quruqlik darajasi $x = 0,97$, to'yintiruvchi

suvning tuz saqlashi $S_{uz,s} = 8,85 \cdot 10^{-3}$ kg/kg va tozalovchi suvning tuz saqlashi $S_{kelt} = 3 \cdot 10^{-3}$ kg/kg.

Yechish: Tozalovchi suvning miqdori (4.76) ifodadan aniqlaymiz:

$$W_{kelt} = D \frac{S_{t,s}}{S_{kelt} - S_{r,s}} = 8,86 \frac{8,25 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-3} - 8,85 \cdot 10^{-5}} = 0,269 \text{ kg/s.}$$

To'xtovsiz tozalash kattaligini (4.75) ifodadan topiladi:

$$R = (W_{kelt}/D) 100 = (0,269/8,86) 100 = 3 \text{ \%}.$$

2-chi jadvaldan (ilovoga qarang) tozalash suvining $i'_1 = 892$ kJ/kg, suvning $i'_2 = 451$ kJ/kg va bug'ning $i''_b = 2687$ kJ/kg entalpiyalarni topamiz.

Tozalangan suvdan ajralgan bug' miqdorini (4.77) ifodasidan aniqlaymiz:

$$D_b = \frac{W_{kelt} (i'_1 - i'_2)}{x(i''_b - i'_2)} = \frac{0,269(892 - 451)}{0,97(2687 - 451)} = 0,105 \text{ kg/s.}$$

Kengaytirgichdan chiqishda suv sarfini (4.78) ifodadan topamiz:

$$W_{sarf s} = W_{kelt} - D_{sarf} = 0,269 - 0,105 = 0,154 \text{ kg/s.}$$

Javob: $R = 3 \text{ \%}$; $W_{sarf s} = 0,154 \text{ kg/s.}$

4.120.-masala. Agar qozonga bosim $r_1 = 1,37$ MPa, kengaytirgichda bosim $r_2 = 0,12$ MPa, kengaytirgichdan chiqayotgan bugning qurish darajasi $x = 0,98$, to'yintiruvchi suvning tuz saqlashi $S_{uz,s} = 9 \cdot 10^{-5}$ kg/kg va tozalovchi suvning tuz saqlashi $S_{kelt} = 3,1 \cdot 10^{-3}$ kg/kg bo'lsa, bug' ishlab chiqarishi $D = 4,16$ kg/s qozon agregati to'xtovsiz suv bilan tozalanishi kengaytirgichida tozalovchi suvdan ajratgan bug'ni miqdorini va to'xtovsiz tozalash kattaligini aniqlang.

Javob: $P = 3\%$; $D_r = 0,02 \text{ kg/s}$.

4.121.-masala. To'xtovsiz suv bilan tozalanishi $P = 4\%$ tozalovchi suv entalpiyasi $i'_1 = 836 \text{ kJ/kg}$, kengaytirgich bosimi $r_2 = 0,12 \text{ MPa}$ va kengaytirgichdan ajralgan bug' quruqlik darajasi $x = 0,98$ bo'lsa, bug' ishlab chiqarishi $D = 6,9 \text{ kg/s}$ qozon agregati to'xtovsiz suv bilan tozalanishi kengaytirgichdan chiqishda suv sarfi va tozalash suvi miqdorini aniqlang.

Javob: $W_{\text{kel}} = 0,276 \text{ kg/s}$; $W_{\text{sarf}} = 0,226 \text{ kg/s}$.

5-BOB. BUG' TURBINALARI

5.1. Turbina pog'onasidagi ishchi jarayon

Bug' turbinasida bug'ning potentsial energiyasi kinetik energiyasiga, o'z navbatida kinetik energiya turbina valining aylanishi xisobiga mexanik energiyaga aylanadi. Ana shunday dvigatelga bug' turbinasi deyiladi.

Turbina pog'onasida bug'ning ishchi parraklarining ta'siriga asoslanganiga qarab aktiv va reaktiv pog'onalarga bo'linadi.

Bug'ning kengayishi faqat kuzg'almas soploda sodir bo'ladigan pog'onalarga aktiv, bug'ning kengayishi xam ko'zg'almas soploda, ham xarakatlanuvchi ishchi parraklarda sodir bo'ladigan pog'onalarga reaktiv pog'onalar deyiladi.

Bug'ning soplodan oqibchiqadigan xaqiqiy tezlik (m/s) quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$c_1 = 4,47\varphi\sqrt{(i_0 - i_1)(1 - \rho) + c_0^2/2000}, \quad (5.1)$$

bu yerda: φ –soplong tezlik koeffitsienti, $\varphi = 0,93 \dots 0,98$ [15];

i_0 va i_1 - soploga kiruvchi va undan chiquvchi entalpiyasi, kJ/kg;

ρ –pog'onasining reaktivlik darajasi;

s_0 - soplodan avvalgi bug'ning boshlang'ich tezlik, m/s (m/ik).

Agar soploga kirayotgan bug'ning bosimi s_0 uncha katta bo'lmasa, u xolda uni xisobga olinmaganda, soplodan oqib chiqadigan bug'ning bosimi (m/s) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$c_1 = 4,47\varphi\sqrt{(i_0 - i_1)(1 - \rho)}, \quad (5.2)$$

Pog'onaning reaktivlik darajasi deb ichki parraklardan mumkin bo'lgach issiqlikni keskin o'zgarishi - ini joylashgan pog'onaning issiqlikning keskin o'zgarishi - i_0 ga ($i_0 = i_1 + i_2$, bu yerda h_1 - soplolarda bir martalik issiqlikning keskin o'zgarishiga) bo'lgan nisbatiga aytiladi:

$$\rho = i_1 / (i_1 + i_2). \quad (5.3)$$

Parrakning o'rtasidagi aylanma tezlik (m/s) quydagicha aniqlanadi bunda:

$$i = \pi d n / 60, \quad (5.4)$$

bu yerda: d - pog'onaning o'rtacha diametri, m.

n - valning aylanish chastotasi, ayl/bir daq.

Parrakga kiruvchi bug'ning nisbiy tezlik (m/s)

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1 u \cos \alpha_1}, \quad (5.5)$$

bunda α_1 - disk yuzasiga soploneg egilanligini bildiradigan burchak yoki disk bilan S_1 .

Kanaldigi aktiv pog'onadagi ishchi parraklar orasidan chiqayotgan bug'ning nisbiy tezlik orasidagi burchak $\rho = 0$ bo'lganida (m/s) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\omega_2 = \psi \omega_1, \quad (5.6)$$

bunda: ψ - lopatka tezlik koeffitsienti, $\psi = 0,86 - 0,95$.

$\rho > 0$ bo'lganidagi reaktiv va aktiv pog'onalar bilan ishchi parraklar orasida bug'ning chiqishidagi nisbiy tezlik (m/s) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\omega_2 = 44,7\psi\sqrt{\rho h_0 + (\omega_1/44,7)^2} = 44,7\psi\sqrt{\rho(i_0 - i_1) + (\omega_1/44,7)^2}. \quad (5.7)$$

Ishchi parraklardan bug'ning chiqishidagi mutloq tezlik (m/s) quyidagidan aniqlanadi

$$c_1 = \sqrt{\omega_2^2 + u^2 - 2\omega_2 u \cos \beta_2}, \quad (5.8)$$

bunda: β_2 - ishchi parraklardan bug'ning chiqishdagi burchagi, $\beta_2 = \beta_1 - (2-10^\circ)$ nisbiyligidan aniqlanadi.

Bug'ning ishchi parraklarga kirishdagi burchak β_1 ni tezliklar uchburchagidan kelib chiqqan kattalik bilan aniqlanadi:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = s_1 \sin \alpha_1 / (s_1 \cos \alpha_1 - u). \quad (5.9)$$

Bug'ning ishchi parraklar kanali orasidan chiziqdagi mutloq tezlik ekanligini bildiradigan burchak α_2 , tezliklar uchburchagidan kelib chiqqan kattalik bilan aniqlanadi:

$$\cos \alpha_2 = (\omega_2 \cos \beta_2 - u) / s_2. \quad (5.10)$$

Pog'ona parraklarida 1kg bug'ning ishchi (kJ/kg)

$$L = u (s_1 \cos \alpha_1 + c_2 \cos \alpha_2) = u (\omega_1 \cos \beta_1 + \omega_2 \cos \beta_2). \quad (5.11)$$

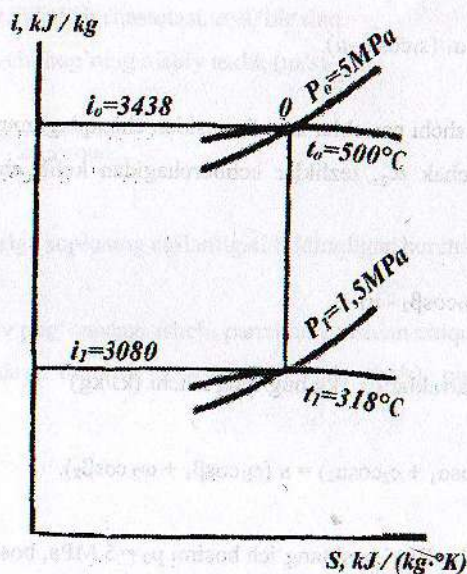
5.1.-masala. Bug' boshlang'ich bosimi $p_0 = 5$ MPa, boshlang'ich harorati $t_0 = 500^\circ\text{C}$ bilan aktiv pog'onada kengayadi. Agar soplning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, bug'ning soplodan chiqishidagi entalpiyasi $i_1 = 3800$ kJ/kg bo'lsa, bug'ning soplodan chiqishdagi tezlikni aniqlang.

Yechish: i_s – diagrammada (5.1. - rasm), bug'ning boshlang'ich xolatini xarakterlaydigan parametrlar bo'yicha bug'larning entalpiyasi $i_0 = 3438$ kJ/kg ga teng bo'ldi. Ushbu nuqtadan $i_1 = 3800$ kJ/kg, bo'lgan chiziqli perpendikulyar chiziq ya'ni adiabat chizig'ini o'tkazsak, bosimi $p_1 = 1,5$ MPa va harorati $t_0 = 500$ °C ga teng bo'lgan nuqta topiladi.

Entalpiyalar mal'um bo'lgandan keyin bug'ning soplodan chiqishdagi xaqiqiy tezlikni aniqlaymiz:

$$s_1 = 44,74 \varphi \sqrt{i_0 - i_1} = 44,7 \cdot 0,96 \sqrt{3438 - 3080} = 811,9 \text{ m/s}$$

Javob: $s_1 = 811,9$ m/s.



5.1. - rasm.

5.2.-masala. Boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1,9$ MPa va harorati $t_0 = 380$ °C ega bo'lgan bug' bosimi $p_2 = 1,3$ MPa bo'lguncha qadar reaktiv pog'onada kengayadi agar ishchi parraklardagi issiqlikning keskin o'zgarish $i_2 = 48$ kJ/kg pog'onaning reaktivlik darajasini toping.

Javob: $\rho = 0,48$.

5.3.-masala. Agar pog'onadagi bo'lishi mumkin bo'lgan issiqlikni keskin o'zgarishi $i_0 = 120$ kJ/kg, soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, bug'ning soplodan oqib chiqishidagi haqiqiy tezlik $s_1 = 335$ m/s bo'lganida pog'onaning reaktivlik darajasini aniqlang.

Javob: $\rho = 0,49$.

5.4.-masala. Bug'ning boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2,8$ MPa va harorati $t_0 = 400$ °C bo'lganida $p_1 = 1,7$ MPa bo'lguncha aktiv pog'onada kengayadi. Agar soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,97$ teng bo'lsa, bug'ning soplodan oqib chiqishidagi haqiqiy tezlikni aniqlang.

Javob: $c_1 = 522$ m/s.

5.5.-masala. Bug'ning boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1,2$ MPa va $t_0 = 300$ °C bilan aktiv pog'onada kengayadi. Agar soploning soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, bug'ning soplodan avvalgi boshlang'ich tezlik $s_0 = 150$ m/s bo'lsa bug'ning soplodan oqib chiqishidagi haqiqiy tezlikni aniqlang.

Javob: $s_1 = 515$ m/s.

5.6.-masala. Bug'ning boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2,0$ MPa va $t_0 = 350$ °C bilan $p_1 = 1,5$ MPa bo'lguncha aktiv pog'onada kengayadi. Agar soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,95$ soplo avvalgi boshlang'ich tezlik $s_0 = 140$ m/s r pog'onaning reaktivlik darajasi $\rho = 0,15$ bo'lsa bug'ning soplodan oqib chiqishidagi haqiqiy tezlikni aniqlang.

Javob: $s_1 = 375$ m/s.

5.7.-masala. Bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1,6$ MPa va $t_0 = 460$ °C bilan $p_0 = 1,0$ MPa bosimgacha reaktiv pog'onada kengayadi agar soploning tezlik

koeffitsienti $\varphi = 0,95$ va pog'onanig reaktivlik darajasi $\rho = 0,5$ bo'lsa, bug'ning soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlikni aniqlang.

Javob: $c_1 = 368$ m/s.

5.8.-masala. Bug' boshlang'ich parametri $p_0 = 2,4$ MPa va $t_0 = 400$ °C bilan $p_0 = 1,7$ MPa bo'lguncha aktiv tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,965$, parrakning o'rtasidagi aylanma tezlikni, bug'ning soplodan oqib chiqishidagi xaqiqiy tezlikga nisbati $u/c_1 = 0,445$ bo'lsa, parrakni o'rtasidagi aylanma tezlikni aniqlang.

Javob: $u = 192$ m/s.

5.9.-masala. Bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2,8$ MPa va $t_0 = 380$ °C bilan $p_0 = 1,6$ MPa bo'lguncha aktiv pog'onada kengayadi. Agar soplarning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$ pog'onaning diametri $d = 1,0$ m va valning aylanish chastotasi $n = 50$ ayl/s bo'lsa bug'ning soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlik va parrakning orasidagi aylanma tezlikni aniqlang.

Javob: $c_1 = 532$ m/s, $u = 157$ m/s.

5.10.-masala. Bug'ning boshlang'ich parametri $p_0 = 3$ MPa va $t_0 = 390$ °C bilan $p_0 = 1,7$ MPa bo'lguncha kengayadi. Agar soplarning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,965$ pog'onaning reaktivlik darajasi $\rho = 0,5$ va parakning o'rtasidagi aylanma tezlikni, bug'ning soplodan oqib chiqishidagi haqiqiy tezlikga bo'lgan nisbati $u/c_1 = 0,45$ bo'lsa bug'ning soplodagi oqib chiqishidagi haqiqiy tezlikni va parrakning orasidagi aylanma tezlikni aniqlang.

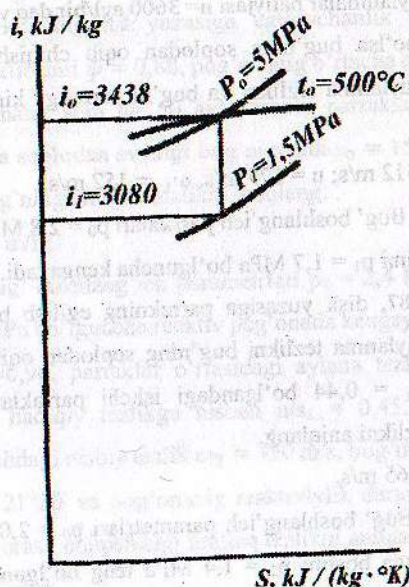
Javob: $c_1 = 371$ m/s, $u = 167$ m/s.

5.11.-masala. Bug'ning boshlang'ich parametrlari $r_0 = 5$ MPa va $t_0 = 500$ °C bilan aktiv pog'onada $p_1 = 1,5$ MPa bo'lguncha kengayadi. Agar soplarning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,98$ soplarning disk yuzasiga egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18$, pog'onaning o'rtacha diametri $d = 0,95$ m turbina valining aylanishlar chastotasi $n = 3500$ ob/min, bug'ning soplodan avvalgi boshlang'ich tezlik $s_0 = 180$ m/s va pog'onaning reaktivlik darajasi $\rho = 0,14$ bo'lsa bug'ning soplodan oqib chiqishidagi haqiqiy tezlikni bug'ning parakga kirishidagi nisbiy tezlikni aniqlang.

Yechish: $i-s$ — diagrammadan (5.2. - rasm) bug'ning boshlang'ich parametri bo'yicha, entalpiyasi i_1 va adiabatga kengayishi natijasidagi i_0 entalpiyasini kJ/kg. Berilgan boshlang'ich parametrlari r_0 va t_0 bo'yicha bo'g'ning entalpiyasi $i_1=3080$ kJ/kg ga teng.

Bug'ning soplodan oqib chiqishidan haqiqiy tezlikni 5.1 - iffodadan aniqlaymiz.

$$c_1 = 44,7 \varphi \sqrt{(i_0 - i_1) \cdot (1 - \rho) + c_0^2 / 2000} = \\ = 44,7 \cdot 0,98 \sqrt{(3438 - 3080) \cdot (1 - 0,14) + 180^2 / 2000} = 788,6 \text{ m/s}$$



5.2. - rasm.

Parraklar orasidagi aylanma tezlikni 5.4 - iffodadan aniqlaymiz:

$$u = \pi d n / 60 = 3,14 \cdot 0,95 \cdot 3500 / 60 = 174 \text{ m/s},$$

Parraklardan chiquvchi bug'ning nisbiy tezlikni 5.5 ifodadan aniqlaymiz:

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1 u \cos \alpha_1} = \sqrt{788,6^2 + 174^2 - 2 \cdot 788,6 \cdot 174 \cdot 4951} = 625 \text{ m/s}.$$

Javob: $c_1 = 788,6 \text{ m/s}$, $u = 174 \text{ m/s}$, $\omega_1 = 625 \text{ m/s}$.

5.12.-masala. Boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1,6 \text{ MPa}$ va $t_0 = 300^\circ\text{C}$ bilan $p_2 = 1,0 \text{ MPa}$ bosimgacha kengayadi. Agar soponing tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,94$, disk yuzasiga egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$, pog'onaning o'rtacha diametri $d = 0,95 \text{ m}$ turbina valining aylanmalar natijasi $n = 3600 \text{ ayl/bir daq}$ va pog'onanig reaktivlik darajasi $\rho = 0,5$ bo'lsa bug'ning soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikni, parraklar orasidagi aylanma tezlikni va bug'ni parrakga kirishdagi nisbiy tezlikni aniqlang.

Javob: $c_1 = 312 \text{ m/s}$; $u = 179 \text{ m/s}$, $\omega_1 = 152 \text{ m/s}$.

5.13.-masala. Bug' boshlang'ich parraklari $p_0 = 2,8 \text{ MPa}$ va $t_0 = 400^\circ\text{C}$ bilan aktiv pog'onada bosimi $p_1 = 1,7 \text{ MPa}$ bo'lguncha kengayadi. Agar soploning tezlik koeffitsienti $\psi = 0,87$, disk yuzasiga parrakning egilish burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$ va parraklar orasidagi aylanma tezlikni bug'ning soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikga nisbati $u/c_1 = 0,44$ bo'lgandagi ishchi parraklar orasidagi bug'ning chiqishdagi nisbiy tezlikni aniqlang.

Javob: $\omega_2 = 265 \text{ m/s}$.

5.14.-masala. Bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2,0 \text{ MPa}$ va $t_0 = 350^\circ\text{C}$ bilan reaktiv pog'onada bosimi $p_2 = 1,4 \text{ MPa}$ teng bo'lguncha kengayadi. Agar soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlik $u = 170 \text{ m/s}$, soploning disk yuzasiga egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 17^\circ$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\psi = 0,88$ va pog'onanig reaktivlik darajasi $\rho = 0,45$ bo'lsa, ishchi parraklar orasidagi kanaldagi bug'ning chiqishdagi nisbiy tezlikni aniqlang.

Javob: $\omega_2 = 294$ m/s.

5.15.-masala. Bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1,6$ MPa va $t_0 = 450$ °C bilan bosimi $p_1 = 1,0$ MPa bo'lguncha aktiv pog'onada kengayadi. Agar soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,945$, parrakning tezlik koeffitsienti $\psi = 0,87$, soploning disk yuzasiga egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$, ishchi parraklar bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = 23^\circ$ va parraklar orasidagi aylanma tezlikni bug'ning soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikga nisbati $u/c_1 = 0,45$ bo'lgandagi ishchi parrakdan bug'ning chiqishdagi mutloq tezligini aniqlang.

Javob: $c_2 = 104,5$ m/ik.

5.16.-masala. Bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3$ MPa va $t_0 = 450$ °C bilan bosimi $p_1 = 1,6$ MPa bo'lguncha aktiv pog'onada kengayadi. Agar soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,95$ soploning disk yuzasiga egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 17^\circ$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\psi = 0,88$, pog'onanig o'rtacha diametri $d = 0,95$ m, turbina valining aylanmalar soni $n = 50$ ayl/s ishchi parraklar bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = \beta_1 = 3^\circ$ va soplodan avvalgi bug'ni tezlik $s_0 = 150$ m/s bo'lsa ishchi parraklar o'rtasidagi bug'ning chiqish tezlikni aniqlang.

Javob: $c_2 = 235$ m/ik.

5.17.-masala. Bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2,4$ MPa va $t_0 = 360$ °C bilan bosimi $p_2 = 1,6$ MPa bo'lguncha reaktiv pog'onada kengayadi. Agar soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, parraklar o'rtasidagi aylana tezlikni soplodan oqib chiqishdagi bug'ning haqiqiy tezlikga nisbati $u/s_1 = 0,45$, parraklar orasidan kanalidagi bug'ni chiqishdagi nisbiy tezlik $\omega_2 = 350$ m/s, bug'ni ishchi parraklardan chiqish burchagi $\beta_2 = 21^\circ 30'$ va pog'onanig reaktivlik darajasi $\rho = 0,48$ bo'lsa ishchi parraklar kanali orasi chiqishdagi mutloq tezlikni aniqlang.

Javob: $c_2 = 221$ m/ik.

5.18.-masala. Boshling'ich parametrlari $p_0 = 3$ MPa va $t_0 = 400$ °C bo'lgan bug' bosimi $p_1 = 1,7$ MPa bo'lguncha aktiv pog'onada kengayadi. Agar soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,94$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\psi = 0,91$, disk

yuzasiga soplning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$, pog'onanig o'rtacha diametri $d = 1,2$ m, turbina valining aylanmalar soni $n = 3600$ ayl/bir daq, ishchi parraklardan bug'ning chiqish burchagi ishchi parrakga kirish burchagiga teng $\beta_2 = \beta_1$ bug'ning soplodan avvalgi boshlang'ich tezlik $s_0 = 185$ m/s ga teng bo'lsa ishchi parraklar orasidan bug'ning chiqishdagi nisbiy va mutloq tezlikni aniqlang.

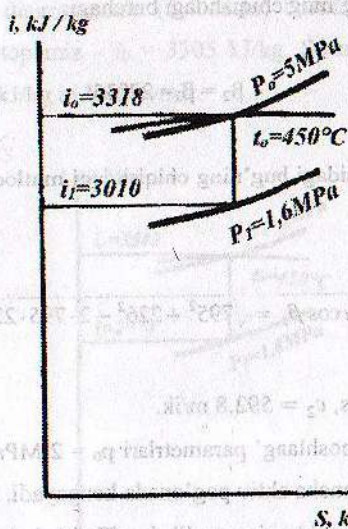
Yechish: is - diagramadan (5.3. – rasm) berilgan parametrlari yordamida $i_0 = 3318$ kJ/kg so'ngra adiabatik kengayshidan keyingi entalpiya i_1 ni aniqlaymiz $i_1 = 3010$ kJ/kg.

Bug'ning soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikni kuydagi (5.1) ifodadan aniqlaymiz:

$$c_1 = 44,7 \sqrt{(i_0 - i_1) + c_0^2 / 2000} = 44,7 \cdot 0,98 \sqrt{(3318 - 3010) + 185^2 / 2000} = 1086 \text{ m/s}$$

Parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni (5.4) ifodadan aniqlaymiz:

$$i = \pi d n / 60 = 3,14 \cdot 1,2 \cdot 3600 / 60 = 226 \text{ m/s.}$$



5.3. – rasm.

Bug'ni parraklardan chiqishdagi nisbiy tezlik (5.5) ifodadan aniqlaymiz:

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1 u \cos \alpha_1} = \sqrt{1086^2 + 226^2 - 2 \cdot 1086 \cdot 226 \cdot 0.951} = 874 \text{ m/ik}$$

Bug'ni parraklarga kirishdagi nisbiy tezlikni (5.6) ifodadan aniqlaymiz:

$$\omega_2 = \psi \omega_1 = 0.91 \cdot 874 = 795 \text{ m/s}$$

Ishchi parrakdan bug'ning chiqish burchagini (5.9) ifodadan aniqlaymiz:

$$\lg \beta_1 = c_1 \sin \alpha_1 / (c_1 \cos \alpha_1 - u) = 1086 \cdot 0.309 / (1086 \cdot 0.951 - 226) = 0.416,$$

$$\beta_1 = 22^\circ 35'$$

Ishchi parrakdan bug'ning chiqishdagi burchagi:

$$\beta_2 = \beta_1 = 22^\circ 35'$$

Ishchi parraklar orasidagi bug'ning chiqishdagi mutloq tezlik (5.8) ifodadan aniqlaymiz:

$$c_2 = \sqrt{\omega_2^2 + u^2 - 2\omega_2 u \cos \beta_2} = \sqrt{795^2 + 226^2 - 2 \cdot 795 \cdot 226 \cdot 0,923} = 592,8 \text{ m/ik}$$

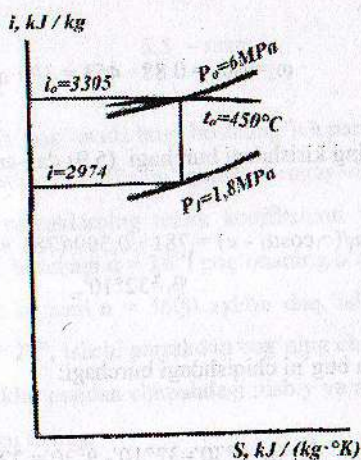
Javob: $\omega_2 = 795 \text{ m/s}$, $c_2 = 592,8 \text{ m/ik}$.

5.19.-masala. Bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2 \text{ MPa}$ va $t_0 = 350^\circ\text{C}$ bilan bosimi $p_1 = 1,5 \text{ MPa}$ bo'lguncha aktiv pog'onada kengayadi. Agar soplning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,945$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\psi = 0,91$, disk yuzasiga soplone egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 16^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikka nisbati $u/c = 0,45$, bug'ni ishchi parrakga kirishdagi burchagi $\beta_2 = 23^\circ$ va parrakdan bug'ni chiqish burchagi $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$ bo'lsa, ishchi parraklar orasidagi bug'ni chiqishdagi nisbiy va mutloq tezlikni aniqlang.

Javob: $\omega_2 = 188 \text{ m/s}$, $s_2 = 66,5 \text{ m/s}$

5.20.-masala. Bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 6 \text{ MPa}$ va $t_0 = 450^\circ\text{C}$ bilan bosimi $p_1 = 1,8 \text{ MPa}$ bo'lguncha aktiv pog'onada kengayadi. Agar soplning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\psi = 0,88$, disk yuzasiga soplone egilchanligi burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$, parraklar orasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikka nisbati $u/s_1 = 0,46$ va ishchi parrakdan bug'ni chiqish burchagi $\beta_2 = \beta_1 - 9^\circ 30'$ bo'lsa tezliklar uchburchagini tuzing.

Yechish: is - diagrammada (5.4.-rasm) boshlang'ich parametrlarga mos keluvchi entalpiyani topamiz - $i_0 = 3305$ kJ/kg. So'ngra kengaygandan so'nggi entalpiyani $i_1 = 2974$ kJ/kg ni aniqlaymiz.



5.4. - rasm.

Bug'ni soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikni (5.2) ifodadan aniqlaymiz:

$$c_1 = 44,7 \varphi \sqrt{(i_0 - i_1) + c_0^2 / 2000} = 44,7 \cdot 0,96 \sqrt{3305 - 2974} = 781 \text{ m/ik.}$$

Parrakning o'rtasidagi aylanma tezlikni $i/s_1 = 0,46$ quyidagi ifodadan aniqlaymiz:

$$u = 0,46 \cdot c_1 = 0,46 \cdot 781 = 359 \text{ m/ik.}$$

Parrakga bug'ni kirishidagi nisbiy tezlikni (5.5) ifoda orqali aniqlaymiz:

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1 u \cos \alpha_1} = \sqrt{781^2 + 359^2 - 2 \cdot 781 \cdot 359 \cdot 0,951} = 453 \text{ m/ik}$$

Ishchi parraklar kanalidan bug'ning chiqishidagi nisbiy tezlik (5.6) ifoda orqali aniqlaymiz:

$$\omega_2 = \psi \omega_1 = 0,88 \cdot 453 = 399 \text{ m/ik.}$$

Parrakga bug'ning kirishdagi burchagi (5.9) dan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta_1 &= s_1 \sin \alpha_1 / (c_1 \cos \alpha_1 - u) = 781 \cdot 0,309 / (781 \times 0,951 - 359) = 0,629, \\ \beta_1 &= 32^\circ 10'. \end{aligned}$$

Ishchi parrakdan bug'ni chiqishdagi burchagi:

$$\beta_2 = \beta_1 - 9^\circ 30' = 32^\circ 10' - 9^\circ 30' = 22^\circ 40'.$$

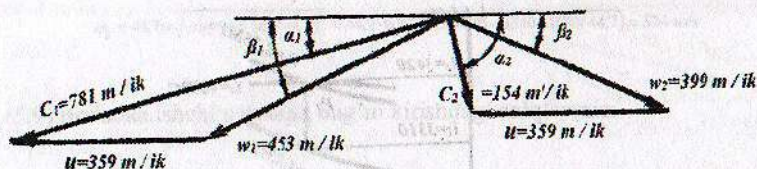
Ishchi parraklar orasidagi bug'ni chiqishdagi mutloq tezlik (5.8) ifoda orqali aniqlanadi:

$$c_2 = \sqrt{\omega_2^2 + u^2 - 2\omega_2 u \cos \beta_2} = \sqrt{399^2 + 359^2 - 2 \cdot 399 \cdot 359 \cdot 0,923} = 154 \text{ m/ik.}$$

Ishchi parraklar kanali orasidagi mutloq tezlikni egiluvchanlik burchagi – nisbati (5.10)

$$\begin{aligned} \cos \alpha_2 &= (\omega_2 \cos \beta_2 - i) / s_2 = (399 \cdot 0,923 - 359) / 154 = 0,0602, \\ \alpha_2 &= 86^\circ 33'. \end{aligned}$$

Javob: Qurilgan tezliklar uchburchagi 5.5.- rasmda ko'rsatilgan.



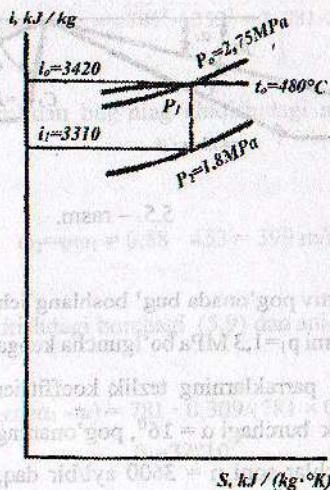
5.5. – rasm.

5.21.-masala. Aktiv pog'onada bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2,4$ MPa va $t_0 = 390^\circ\text{C}$ bilan bosimi $p_1 = 1,3$ MPa bo'lguncha kengayadi. Agar soplning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,88$, disk yuzasiga soplning egiluvchanlik burchagi $\alpha = 16^\circ$, pog'onaning o'rtacha diametri $d = 1$ m, turbina valining aylanishlar soni $n = 3600$ ayl/bir daq, ishchi parrakka bug'ning kirishidagi burchagi $\beta_2 = 22^\circ$, ishchi parrakdan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ$ bug'ning ishchi parraklar orsidan chiqishdagi nisbiy va mutloq tezlikni aniqlang va tezliklar uchburchagini tuzing.

Javob: $w_2 = 352$ m/s, $s_2 = 186$ m/s.

5.22.- masala. Reaktiv pog'onada bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2,75$ MPa va $t_0 = 480^\circ\text{C}$ bilan bosimi $p_1 = 1,8$ MPa bo'lguncha kengayadi. Agar soplning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,975$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,87$, disk yuzasiga soplning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlikgi nisbati $i/s_1 = 0,45$, ishchi parrakdan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ 30'$ va pog'onani reaktivlik darajasi $\rho = 0,6$ bo'lsa, tezliklar uchburchagini tuzing.

Yechish: is - diagrammadan (5.6.-rasm) boshlang'ich entalpiyani topamiz $i_0 = 3420$ kJ/kg, adiabatik kengayishdan keyingi entalpiyasi $i_1 = 3310$ kJ/kg ni ham aniqlaymiz.



5.6. – rasm.

Bug'ni soplodan olib chiqishdagi haqiqiy tezlik (5.2) ifodadan aniqlanadi:

$$c_1 = 44,7 \varphi \sqrt{(t_0 - t_1) \cdot (1 - \rho)} = 44,7 \cdot 0,975 \sqrt{(3420 - 3310) \cdot (1 - 0,6)} = 289 \text{ m/s}$$

Parraklar orasidagi aylanma tezlikni $i/s_1 = 0,45$ ifodadan aniqlanadi:

$$u = 0,44 c_1 = 0,45 \cdot 289 = 130 \text{ m/s.}$$

Parrakga bug'ni kirishidagi nisbiy tezlikni (5.5) ifoda orqali aniqlaymiz:

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2 c_1 u \cos \alpha_1} = \sqrt{289^2 + 130^2 - 2 \cdot 289 \cdot 130 \cdot 0,951} = 170 \text{ m/s}$$

Bug'ni parraklar orasidan chiqishidagi nisbiy tezlik (5.7) ifodadan aniqlanadi:

$$\omega_2 = 44,7 \sqrt{\rho(i_0 - i_1) \cdot (a_1/44,7)} = 44,7 \cdot 0,87 \sqrt{0,5(3420 - 3310) \cdot (170/44,7)} = 324 \text{ m/s}$$

(5.9) ifodadan ishchi parrakka bug'ni kirishdagi aniqlaymiz:

$$\operatorname{rg} \beta_1 = s_1 \sin \alpha_1 / (c_1 \cos \alpha_1 - u) = 289 \cdot 0,309 / (289 \times 0,951 - 130) = 0,616, \\ \beta_1 = 31^\circ 38'.$$

Ishchi parrakka bug'ni kirish burchagi:

$$\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ 30' = 31^\circ 38' - 2^\circ 30' = 29^\circ 08'.$$

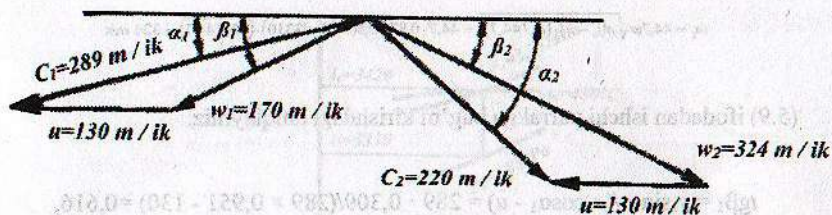
Ishchi parraklardan chiqishdagi bug'ning mutloq tezlik (5.8) ifodadan aniqlanadi:

$$c_2 = \sqrt{\omega_2^2 + u^2 - 2\omega_2 u \cos \beta_2} = \sqrt{324^2 + 130^2 - 2 \cdot 324 \cdot 130 \cdot 0,8735} = 220 \text{ m/s}.$$

Parraklar orasidan bug'ning chiqishdagi mutloq tezlikning egiluvchanlik burchagi (5.10) ifodadan aniqlanadi:

$$\cos \alpha_2 = (\omega_2 \cos \beta_2 - u) / s_1 = (324 \cdot 0,8735 - 130) / 220 = 0,6955, \\ \alpha_2 = 45^\circ 56'.$$

Javob: Tezliklar uchburchagidan olingan qiymatlar bo'yicha tuziladi, 5.7.-rasmda ko'rsatilgan.



5.7. – rasm.

5.23.-masala. Agar disk yuzasiga soplarning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 14^\circ$, pog'onaning o'rta diametri $d = 0,9$ m, turbinaning aylanishlar soni $n = 3600$ ayl/bir daq, lopatkalar orasidagi aylanma tezlikni soplodan bug'ni oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikga nisbati $i/s_1 = 0,44$, bug'ning oqib chiqishdagi nisbiy tezlik $\omega_2 = 210$ m/s, ishchi parrakdan bug'ni chiqish burchagi $\beta_2 = 21^\circ$, bug'ni ishchi $\alpha_2 = 72^\circ$ bo'lsa, aktiv pog'onadagi parraklarda bug'ni bajargan ishini aniqlang.

Javob: $l = 68$ kJ/kg.

5.24.-masala. Bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1,6$ MPa va $t_0 = 450$ °C bilan bosimi $p_1 = 1,0$ MPa bo'lguncha aktiv pog'onada kengayadi. Agar tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,955$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,9$, disk yuzasiga soplarning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 17^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlikni nisbati $i/s_1 = 0,435$, bug'ni ishchi parrakga kirish burchagi $\beta_1 = 24^\circ$ va undan chiqishdagi burchagi $\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ 30'$ bo'lsa, 1 kg bug'ni parrakdagi bajarilgan ishini toping.

Javob: $l = 122,3$ kJ/kg.

5.25.- masala. Pog'onaning bajarishi mumkin bo'lgan issiqlikning keskin o'zgarishi $h_0 = 256$ kJ/kg, soplarning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,95$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,88$, disk yuzasiga soplarning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 16^\circ$ pog'onaning o'rta diametri $d = 1,0$ m, turbina valining aylanishlar soni $n = 3600$ ayl/bir daq, ishchi parrakdan bug'ning chiqish burchagi $\beta_1 = 20^\circ$, pog'onani

reaktivlik darajasi $\rho = 0,5$ bo'lgandagi 1 kg bug'ni reaktiv pog'onadagi bajargan ishini aniqlang.

Javob: $l = 128,4 \text{ kJ/kg}$.

5.26.-masala. Agar pog'onadagi issiqlikning keskin o'zgarishi $h_0 = 280 \text{ kDj/kg}$, soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,98$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,92$, disk yuzasiga soploning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlik nisbati $i/s_1 = 0,45$, bug'ni parrakga kirishdagi nisbiy tezlik $\omega_1 = 280 \text{ m/s}$, ishchi parrakkadan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ 30'$ va pog'onani reaktivlik darajasi $\rho = 0,58$ bo'lganda, 1 kg bug'ni reaktiv pog'onadagi bajargan ishini aniqlang.

Yechish: Bug'ni soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikni (5.2) ifodadan aniqlaymiz:

$$c_1 = 44,7\varphi\sqrt{h_0(1-\rho)} = 44,7 \cdot 0,98\sqrt{280(1-0,58)} = 475 \text{ m/s}.$$

Parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni $i/s_1 = 0,45$ ifodadan aniqlaymiz:

$$i = 0,45s_1 = 0,45 \cdot 475 = 214 \text{ m/s}.$$

Parraklar o'rtasidagi kanaldan bug'ni chiqishdagi nisbiy tezlikni (5.7) ifodadan aniqlaymiz:

$$\omega_2 = 44,7\Psi\sqrt{\rho h_0 \cdot (\omega_1/44,7)^2} = 44,7 \cdot 0,92\sqrt{0,58 \cdot 280 \cdot (280/44,7)^2} = 769 \text{ m/s}$$

Bug'ni ishchi parrakga kirishdagi burchagini (5.9) ifodadan aniqlaymiz:

$$\operatorname{tg}\beta_1 = s_1 \sin\alpha_1 (c_1 \cos\alpha_1 - u) = 475 \cdot 0,309 / (475 \times 0,951 - 214) = 0,6174;$$

$$\beta_1 = 31^\circ 42'.$$

Bug'ning ishchi parrakdan chiqishdagi burchagini

$$\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ 30' = 31^\circ 42' - 2^\circ 30' = 29^\circ 12'$$

1 kg bug'ni parraklarda bajargan ishi (5.11) ifodadan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} l &= l(\omega_1 \cos \beta_1 + \omega_2 + \cos \beta_2) = 214(280 \cdot 0,8508 + 769 \cdot 0,8729) = \\ &= 194,63 \text{ kJ/kg.} \end{aligned}$$

Javob: $l = 194,63 \text{ kDj/kg.}$

5.2. Turbina pog'onalaridagi yo'qolishlar.

Turbina pog'onalaridagi foydali ish koeffitsientlari

Turbina pog'onasidagi yo'qolishlar. Turbina pog'onasidagi ishchi jarayon bug'ning issiqlik energiyasini yo'qolishlari bilan sodir bo'ladi.

Ularga quyidagilar kiradi:

bug'ni tartibsiz xarakati tufayli va ishqalanishi natijasida kelgan soplodagi issiqlik (kJ/kg) energiyasini yo'qolishi

$$h_c = (1/\varphi^2 - 1) c_1^2 / 2000, \quad (5.12)$$

aktiv pog'onadagi ishchi parraklarda issiqlik (kJ/kg) energiyasini yo'qolishi

$$h_{par} = (1 - \psi^2) \omega_1^2 / 2000, \quad (5.13)$$

reaktiv pog'onada parraklardagi issiqlik (kJ/kg) energiyasini yo'qolishi

$$h_{\text{par}} = (1/\psi^2 - 1) \omega_2^2 / 2000. \quad (5.14)$$

chiqayotgan mutloq tezliklar bilan issiqlik (kJ/kg) energiyasini yo'qolishi:

$$h_{\text{chiq}} = c_2^2 / 2000, \quad (5.15)$$

bug' bilan turbina diskining aylanishida ventilyatsiyasidagi va ishqalanishda issiqlik (kJ/kg) energiyasini yo'qolishi (A. Stodol tenglamasidan aniqlanadi):

$$h_{v, \text{ish}} = \lambda [1,07d^2 + 0,61z(1 - \varepsilon) dl_2^{1,3}] (1/v) (u^3/10^6) \times (1/M), \quad (5.16)$$

Bunda: λ - o'ta qizigan bug' uchun 1,1 - 1,2, to'yingan bug' uchun 1,3 ga teng bo'lgan koeffitsienti;

d - pog'onaning o'rtacha diametri, m;

z - tezlik pog'onolari soni;

ε - bug'ni chiqarib yuborishdagi partsiallik darajasi;

l_2 - ishchi parraklarni chiqishdagi balandligi, sm;

v - pog'ona kamerasidagi bo'g'inning solishtirma xajmi, m³/kg;

M - pog'onadagi bug'inning sarfi, kg/s (kg/ik);

Soplo va parraklarni o'ralgan joyidagi teshiklardan oqib chiqayotgan issiqlik (kJ/kg) energiyasini yo'qolishi:

$$h_{o, \text{chiq}} = M_{o, \text{chiq}} \cdot h_0 / M, \quad (5.17)$$

Bunda: $M_{o, \text{chiq}}$ - oqib chiqishdagi bug'ning sarfi, kg/s (kg/ik).

Turbina pog'onasining foydali ish koeffitsienti (f.i.k.). Soplodagi, parraklardagi va turbina pog'onalaridagi mutloq tezliklar bilan chiqishdagi yo'qolishlar, parraklardagi nisbiy f.i.k. $\eta_{n, p}$ bilan baxolanadi, u pog'ona parraklarida

1 kg bug'ni mexanik bajargan ishini (l), mumkin bo'lgan issiqlikning keskin o'zgarishi (h_0) ga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi:

$$\eta_{n,p} = (h_0 - h_c - h_p - h_v) / h_0 = l / h_0, \quad (5.18)$$

Parrakdan nisbiy f.i.k., parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni, bug'ni soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikga bulgan nisbatiga bog'liqdir, ya'ni i/s_1 , shuning uchun aktiv pog'onalar uchun nisbiy f.i.k.

$$\eta_{n,p} = 2\varphi^2 (i/s_1) (1 + \psi \cos \beta_2 / \cos \beta_1) (\cos \alpha_1 - u/c_1), \quad (5.19)$$

Reaktivlik darajasi $\rho = 0,5$ bo'lgan reaktiv pog'onalar uchun nisbiy f.i.k.

$$\eta_{n,p} = (i/s_1) (2 \cos \alpha_1 - i/s_1) / [(1/\varphi^2 - 1) + (i/s_1) (2 \cos \alpha_1 - i/s_1)] \quad (5.20)$$

Pog'onadagi issiqlik yo'qolishlari ichki nisbiy f.i.k. - $\eta_{o,i}$ bilan baxolanadi, u ishlatilgan issiqlikni keskin o'zgarishini - h_1 ni, mumkin bo'lgan issiqlikning keskin o'zgarishi - h_0 ga bo'lgan nisbatiga teng.

$$\eta_{o,i} = h_1 / h_0 = (h_0 - h_c - h_p - h_{chiq} - h_{ish.v} - h_{o,chiq}) / h_0, \quad (5.21)$$

Aktiv pog'onaning nisbiy ichki f.i.k.

$$\eta_{o,i} = \eta_{o,l} - \zeta_{ish.v} - \zeta_{o,chiq} = 2\varphi^2 (i/s_1) \cdot (1 + \psi \cos \beta_2 / \cos \beta_1) \cdot (\cos \alpha_1 - i/s_1) - \zeta_{ish.v} - \zeta_{o,chiq}, \quad (5.22)$$

bunda: $\zeta_{ish.v}$ - ishqalanishda va ventilyatsiyadagi turbina diskining aylanishidagi issiqlik energiyani nisbiy yo'qolishi, $\zeta_{ish.v} = h_{ish.v} / h_0$;

$\zeta_{o,chiq}$ - soplo va parraklarni o'ralgan teshiklaridan issiqlik energiyasining nisbiy yo'qolishi, $\zeta_{o,chiq} = h_{o,chiq} / h_0$.

Reaktivlik darajasi $\rho = 0.5$ ga teng bo'lgan reaktiv pog'onaning nisbiy f.i.k.

$$\eta_{oi}^n = \frac{u/c_1(2\cos\alpha_1 - u/c_1)}{(1/\varphi_2 - 1) + (u/c_1)(2\cos\alpha_1 - u/c_1)} - \zeta_{ishq} - \zeta_{o.chiq} \quad (5.23)$$

Agar pog'onada avvalgi pog'onaning chiqish tezlik ishtirok etgan bo'lsa, u holda pog'onaning nisbiy f.i.k. quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\eta_{oi}^n = [\mu h_{chiq}^{av} + h_0 - (h_c + h_{par} + h_v + h_{ish.v} + h_{o.chiq})] / (\mu h_{chiq}^{av} + h_0), \quad (5.24)$$

bunda: h_{chiq}^{av} - avvalgi pog'onadan chiqish tezlikdagi issiqlik energiyasi, kDj/kg -

$$h_{chiq}^{av} = S_{av}^2 / 2000;$$

μ - ishchi parraklardan chiqish tezlikda sarflangan energiyani bildiruvchi koeffitsienti, $\mu = 0.8 - 1.0$.

5.27.-masala. Aktiv pog'onada bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3.5$ MPa va $t_0 = 400$ °C bilan bosimi $p_1 = 2.2$ MPa bo'lguncha kengayadi. Agar tezlik koeffitsienti $\varphi = 0.95$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0.87$, disk yuzasiga soploneg egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 15^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlik nisbati $i/s_1 = 0.43$ bo'lsa soplodagi va parraklardagi yo'qolishlarni toping.

Javob: $h_c = 13.1$ kJ/kg; $h_{par} = 10.4$ kJ/kg.

5.28.-masala. Bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1.6$ MPa va $t_0 = 300$ °C bilan bosimi $p_2 = 1.0$ MPa bo'lguncha reaktiv pog'onada kengayadi. Agar soploneg tezlik koeffitsienti $\varphi = 0.94$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0.89$, disk yuzasiga soploneg egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 16^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikning bug'ini soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlik nisbati $i/s_1 = 0.44$ va pog'onaning reaktivlik darajasi $\rho = 0.5$ bo'lsa soplodagi va parraklardagi yo'qolishlarni toping.

Javob: $h_c = 6.4$ kJ/kg; $h_{par} = 4.4$ kJ/kg.

5.29.—masala. Agar soploning soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlik $s_1 = 375$ m/s, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,87$, disk yuzasiga soploning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 13^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlik nisbati $i/s_1 = 0,45$ va parrakkadan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = 23^\circ 15'$ bo'lsa, aktiv pog'onadan mutloq tezlik bilan chiqishdagi issiqlik energiyasini yo'qolishini aniqlang.

Javob: $h_{\text{chiq}} = 2,6$ kJ/kg.

5.30.—masala. Agar soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,98$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,88$, disk yuzasiga soploning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 16^\circ$, pog'onaning o'rtacha diametri $d = 0,9$ m, turbina valining aylanishlar soni $n = 3800$ ayl/bir daq, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlik nisbati $i/s_1 = 0,45$ va ishchi parrakkalardan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = 24^\circ$ bo'lsa aktiv pog'onadan mutloq tezlik bilan chiqishdagi issiqlik energiyasini yo'qolishini aniqlang.

Yechish: Parraklar o'rtasidagi aylanma tezlik (5.4) ifoda bilan aniqlanadi:

$$u = \pi d n / 60 = 3,14 \cdot 0,9 \cdot 3800 / 60 = 179 \text{ m/s.}$$

Bug'ni soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlik quyidagicha $i/s_1 = 0,45$ aniqlanadi:

$$c_1 = u / 0,45 = 179 / 0,45 = 398 \text{ m/s.}$$

Soplodagi energiya yo'qolishi (5.12) ifodadan aniqlanadi:

$$h_c = (1/\varphi^2 - 1)c_1^2 / 2000 = (1/0,98^2 - 1)398^2 / 2000 = 3,26 \text{ kJ/kg.}$$

Parraklarga bug'ni kirishdagi nisbiy tezlikni (5.5) ifodadan aniqlaymiz:

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1 u \cos \alpha_1} = \sqrt{398^2 + 179^2 - 2 \cdot 298 \cdot 179 \cdot 0,961} = 231 \text{ m/s}$$

Parraklardagi issiqlik energiyasini yo'qolishit (5.13) ifodadan:

$$h_{\text{par}} = (1 - \psi^2) \omega_1^2 / 2000 = (1 - 0,88^2) \cdot 231^2 / 2000 = 6,02 \text{ kJ/kg.}$$

Bug'ni parraklar orasidan chiqishidagi nisbiy tezlik (5.6) ifodadan aniqlanadi:

$$\omega_2 = \psi \omega_1 = 0,86 \cdot 231 = 203,3 \text{ m/s.}$$

Ishchi parraklar kanali orasidan bug'ni chiqishdagi mutloq tezlik (5.8) ifodadan:

$$c_2 = \sqrt{\omega_2^2 + u^2 - 2\omega_2 u \cos \beta_2} = \sqrt{203,3^2 + 179^2 - 2 \cdot 203,3 \cdot 179 \cdot 0,935} \approx 83 \text{ m/s}$$

Mutloq tezlik bilan chiqishdagi issiqlik energiyasining yo'qolishini (5.15) ifodadan aniqlanadi:

$$h_{\text{chiq}} = c_2^2 / 2000 = 83^2 / 2000 = 3,44 \text{ kJ/kg.}$$

Javob $h_c = 3,26 \text{ kJ/kg}$; $h_{\text{par}} = 6,02 \text{ kJ/kg}$; $h_{\text{chiq}} = 3,44 \text{ kJ/kg}$.

5.31.—masala. Agar soploga kirishda bug'ni entalpiyasi $i_0 = 3400 \text{ kJ/kg}$, bug'ni soplodan chiqishdagi entalpiyasi $i_1 = 3250 \text{ kJ/kg}$, soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,9$, disk yuzasiga soploning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 15^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlik nisbati $i/s_1 = 0,49$, ishchi parrakkalardan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = 24^\circ$ va pog'onaning reaktivlik

darajasi $\rho = 0,48$ bo'lsa, soplodagi, parraklardagi va reaktiv pog'onadagi chiquvchi mutloq tezlik bilan issiqlik energiyasini yo'qolishini aniqlang.

Javob: $h_c = 6,1$ kJ/kg; $h_{par} = 4,2$ kJ/kg; $h_{chiq} = 27,6$ kJ/kg.

5.32.-masala. Agar pog'onadagi issiqlik tushumi $h_0 = 160$ kJ/kg, soplarning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,88$, disk yuzasiga soplarning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 16^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlik $u = 188$ m/s va ishchi parrakkadan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = \beta_1 - 1^\circ 20'$ bo'lsa, aktiv pog'onadagi parraklarning nisbiy f.i.k. ini aniqlang.

Javob: $\eta_{0,i}$ ishchi = 0,746.

5.33.-masala. Agar pog'onadagi mumkin bo'lgan issiqlik tushumi $h_0 = 180$ kJ/kg, soplarning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,98$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,99$, disk yuzasiga soplarning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 16^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikni nisbati $i/s_1 = 0,6$, ishchi parrakkadan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = 22^\circ$ va pog'onani reaktivlik darajasi $\rho = 0,48$ bo'lsa, reaktiv pog'onaning parraklaridagi nisbiy f.i.k. ni aniqlang.

Yechish: Bug'ni soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlikni (5.2) ifodadan aniqlaymiz:

$$c_1 = 44,7\varphi\sqrt{h_0(1-\rho)} = 44,7 \cdot 0,98 \cdot \sqrt{180(1-0,48)} = 424 \text{ m/s.}$$

Soplodagi energiyani (kJ/kg) yo'qolishi (5.12) ifodadan aniqlanadi:

$$h_c = (1/\varphi^2 - 1)c_1^2/2000 = (1/0,98^2 - 1) \cdot 424^2/2000 = 3,7 \text{ kJ/kg.}$$

Parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni $i/s_1 = 0,6$, ifodadan aniqlaymiz:

$$u = 0,5 \cdot c_1 = 0,6 \cdot 424 = 254,4 \text{ m/s.}$$

Parraklarga bug'ni kirishdagi nisbiy tezlikni (5.5) ifodadan aniqlaymiz:

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1 u \cos \alpha_1} = \sqrt{424^2 + 254,4^2 - 2 \cdot 424 \cdot 254,4 \cdot 0,97} = 198 \text{ m/s}$$

Parraklar o'rtasidagi kanaldan bug'ni chiqishdagi nisbiy tezlikni (5.7) ifodadan aniqlaymiz:

$$\omega_2 = 44,7 \psi \sqrt{\rho h_0 + (\omega_1 / 44,7)^2} = 44,7 \cdot 0,93 \sqrt{0,48 \cdot 180 + (198 / 44,7)^2} = 527 \text{ m/s}$$

Parraklardagi issiqlik energiyasini yo'qolishi (5.14) ifodadan aniqlanadi:

$$h_{\text{par}} = (1/\psi^2 - 1)\omega_2^2/2000 = (1/0,93^2 - 1) \cdot 527^2/2000 = 21,7 \text{ kJ/kg.}$$

Mutloq tezlik bilan chiqishdagi issiqlik energiyani yo'qolishi (5.15) ifodadan:

$$h_{\text{chiq}} = c_2^2 / 2000 = 306^2 / 2000 = 46,8 \text{ kJ/kg.}$$

Parrakdagi nisbiy f.i.k. (5.18) ifodadan:

$$\eta_{0, \text{i par}} = (h_0 - h_c - h_{\text{par}} - h_{\text{chiq}})/h_0 = (180 - 3,7 - 21,7 - 46,8) / 180 = 0,599.$$

Javob: $\eta_{0, \text{i par}} = 0,599$.

5.34.-masala. Aktiv pog'onada boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3,5 \text{ MPa}$ va $t_0 = 450 \text{ }^\circ\text{C}$, bo'lgan bug'ning bosimi $p_1 = 2 \text{ MPa}$ kengayadi. Agar soplning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,95$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,9$, disk yuzasiga soplning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 14^\circ$. Bug'ning parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlik nisbati $i/s_1 = 0,44$ va ishchi

parrakkadan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ$ teng bo'lganda parraklaridagi nisbiy f.i.k. ini aniqlang.

Javob: $\eta_{0.1 \text{ par}} = 0,803$.

5.35.--masala. Agar soplning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,98$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,88$, disk yuzasiga soplning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$ va ishchi parrakdan bug'ning kirish burchagi $\beta_2 = \beta_1 + 2^\circ$ ma'lum bo'lsa, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni, bug'ni soplodan oqib chiqishdagi bug'ning haqiqiy tezlik nisbati i/s_1 ga nisbatan 0,46 dan 0,41 gacha pasayishidagi aktiv pog'ona parraklardagi nisbiy f.i.k qanchaga kamayishini aniqlang.

Yechish: $u/s_1 = 0,46$ da ishchi parrakdan bug'ni chiqish burchagini (5.9) ifodadan aniqlaymiz:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \sin \alpha_1 / (\cos \alpha_1 - u/s_1) = 0,309 / (0,951 - 0,46) = 0,1517;$$

$$\beta_1 = 8^\circ 38'.$$

$u/s_1 = 0,46$ da ishchi parrakdan bug'ning chiqishdagi burchak:

$$\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ = 8^\circ 38' - 2^\circ = 6^\circ 38'.$$

$u/s_1 = 0,41$ da ishchi parrakdan bug'ni chiqish burchagini (5.9) ifodadan aniqlaymiz:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \sin \alpha_1 / (\cos \alpha_1 - u/s_1) = 0,309 / (0,951 - 0,41) = 0,16717;$$

$$\beta_1 = 9^\circ 29'.$$

$u/s_1 = 0,41$ da ishchi parrakdan bug'ning chiqishdagi burchak:

$$\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ = 9^\circ 29' - 2^\circ = 7^\circ 29'.$$

Parrakdagi nisbiy f.i.k. (5.19) ifodadan aniqlaymiz:

$$u/s_1 = 0,46 \text{ da}$$

$$\eta_{0,1} = 2\varphi^2 (u/s_1) (1 + \psi \cos \beta_2 / \cos \beta_1) (\cos \alpha_1 - u/s_1) =$$

$$= 2 \cdot 0,98^2 \cdot 0,46 (1 + 0,88 \cdot 0,9859/0,9887) (0,951 - 0,46) = 0,814;$$

$$u/s_1 = 0,41 \text{ da}$$

$$\eta_{0,2} = 2\varphi^2 (u/s_1) (1 + \psi \cos \beta_2 / \cos \beta_1) (\cos \alpha_1 - u/s_1) =$$

$$= 2 \cdot 0,98^2 \cdot 0,41 \cdot (1 + 0,88 \cdot 0,9915/0,9863) (0,951 - 0,41) = 0,803.$$

Parrakdagi nisbiy f.i.k. yo'qolishini (5.19) ifodadan aniqlaymiz:

$$[(\eta_{0,1} - \eta_{0,2}) / \eta_{0,1}] 100 = [(0,814 - 0,803) / 0,814] \times 100 = 1,35 \, \%.$$

Javob: $\eta_{0,1 \text{ per}}$ kattaligi 1,35 foizga kamayadi.

5.36.—masala. Agar pog'onadagi mumkin bo'lgan issiqlik keskin o'zgarishi $h_0 = 100 \text{ kJ/kg}$, bosimi $p = 1,0 \text{ MPa}$ va harorati $t = 300^\circ \text{C}$ pog'onaning o'rtacha diametri $d = 1,1 \text{ m}$, turbina valining aylanishlar soni $n = 50 \text{ ayl/s}$ ishchi parraklarning chiqish balandligi $l_2 = 0,03 \text{ m}$, bug'ni kirishdagi partsiallik darajasi $\varepsilon = 0,4$, koeffitsienti $\lambda = 1,1$, bug'ning sarfi $M = 25 \text{ kg/s}$, bug'ni oqishdagi sarfi $M_{o, \text{chiq}} = 0,8 \text{ kg/s}$ bo'lsa, aktiv pog'onadagi ishqalanishga, ventilyatsiyaga va bug'ni oqishdagi issiqlik energiyani yo'qolishini aniqlang.

Javob: $h_{\text{ish.v}} = 2,8 \text{ kJ/kg}$; $h_{o, \text{chiq}} = 3,2 \text{ kJ/kg}$.

5.37.—masala. Agar pog'onadagi mumkin bo'lgan issiqlik tushumi $h_0 = 100 \text{ kJ/kg}$, soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,94$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,88$, disk yuzasiga soploning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$, pog'onaning o'rtacha diametri $d = 0,95 \text{ m}$, turbina valining aylanishlar soni $n = 3600 \text{ ayl/bir daq}$, ishchi parrakdan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = 22^\circ 20'$, pog'onani reaktivlik

darajasi $\rho = 0,45$, bug'ning sarfi $M = 22$ kg/s, bugni oqishidagi sarfi $M_{o.chiq} = 0,4$ kg/s bo'lsa, ishqalanishga va ventilyatsiyaga ketgan yo'qolishlarni xisobga olgan xolda, reaktiv pog'onaning nisbiy ichki f.i.k. ni aniqlang.

Javob: $\eta_{oi}^n = 0,7$.

5.38.—masala. Agar pog'onadagi mumkin bo'lgan issiqlik tushumi $h_0 = 90$ kJ/kg, soploneg tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,89$, disk yuzasiga soploneg egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 16^\circ$, pog'onaning o'rtacha diametri $d = 1,3$ m, valining aylanishlar soni $n = 3600$ ayl/bir daq, ishchi parrakkadan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = 20^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlik nisbati $i/s_1 = 0,465$, ishchi parraklarning chiqish balandligi $l_2 = 0,04$ m, bug'ni kirishdagi partsiiallik darajasi $\varepsilon = 0,5$, koeffitsienti $\lambda = 1,1$, bug'ning sarfi $M = 80$ kg/s, bugni oqishidagi sarfi $M_{o.chiq} = 1,2$ kg/s, kameradagi ishchi g'ildirakni aylanishidagi bug'ning parametrlari $p = 1,2$ MPa va $t = 330$ °C bo'lsa, aktiv pog'onaning ichki nisbiy f.i.k. ni aniqlang.

Yechish: Parraklar o'rtasidagi aylanma tezlik (5.4) ifoda bilan aniqlaymiz:

$$u = \pi d n / 60 = 3,14 \cdot 1,3 \cdot 3600 / 60 = 245 \text{ m/s.}$$

Bug'ni soplodan oqib chiqishdagi haqiqiy tezlik $i/s_1 = 0,465$ nisbati orqali quyidagicha aniqlanadi

$$s_1 = u / 0,465 = 245 / 0,465 = 527 \text{ m/s.}$$

Soplodagi issiqlik energiyani (kJ/kg) yo'qolishi (5.12) ifodadan:

$$h_0 = (1/\varphi^2 - 1)c^2/2000 = (1/0,96^2 - 1) \cdot 527^2/2000 = 11,8 \text{ kJ/kg.}$$

Parraklarga bug'ni kirishdagi nisbiy tezlikni (5.5) ifodadan aniqlaymiz:

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1 u \cos \alpha_1} = \sqrt{527^2 + 245^2 - 2 \cdot 527 \cdot 245 \cdot 0,961} = 299 \text{ m/s}$$

Parraklardagi issiqlik energiyasini yo'qolishi (5.13) ifodadan:

$$h_{pur} = (1 - \psi^2) \omega_1^2 / 2000 = (1 - 0,89^2) 299^2 / 2000 = 9,3 \text{ kJ/kg.}$$

Ishchi parraklar orasidagi kanaldan chiqayotgan bug'ning nisbiy tezlik quyidagi (5.6) ifodadan aniqlanadi:

$$\omega_2 = \psi \omega_1 = 0,89 \cdot 299 = 266 \text{ m/s.}$$

Ishchi parraklar orasidagi kanaldan chiqayotgan mutloq tezlik quyidagi (5.8) ifodadan aniqlanadi:

$$c_2 = \sqrt{\omega_2^2 + u^2 - 2\omega_2 u \cos \beta_2} = \sqrt{266^2 + 245^2 - 2 \cdot 266 \cdot 245 \cdot 0,9397} = 91 \text{ m/s}$$

Mutloq tezlik bilan chiqishdagi issiqlik energiyani yo'qolishi (5.15) ifodadan aniqlanadi:

$$h_{chiq} = c_2^2 / 2000 = 91^2 / 2000 = 4,14 \text{ kJ/kg.}$$

Bosimi $p_0 = 1,2 \text{ MPa}$ va harorati $t_0 = 330^\circ \text{C}$ bo'lgan pog'onalar kamerasidagi bug'ning solishtirma xajmi is - diagramma orqali aniqlanadi ; $v = 0,23 \text{ m}^3/\text{kg}$.

Bug' orqali aylanayotgan turbina diskining ishqalanishda va ventilyatsiyadagi issiqlik energiyasi yo'qotilishini (5.16) ifodadan toping:

$$h_{ish,v} = \lambda [1,07d^2 + 0,61z(1 - \epsilon)dl^{1,5}] (1/v) (u^3/10^6) \times (1/M) = 1,1 [1,07 \cdot 1,3^2 +$$

$$+ 0,61 \cdot 1 \cdot (1-0,5)1,3 \cdot 0,04^{1,5} [(1/0,23) \times (245^3/10^6) (1/80) = 1,19 \text{ kJ/kg.}$$

Soplo va parraklarni o'ralgan joyidagi teshiklardan oqib chiqayotgan issiqlik energiyasini yo'qolishini (5.16) ifodadan toping:

$$h_{o,chiq} = M_{o,chiq} \cdot h_0 / M = 1,2 \cdot 90/80 = 1,35 \text{ kJ/kg.}$$

Pog'onalaridagi nisbiy ichki f.i.k. ni (5.21) ifoda orqali topamiz:

$$\eta_{o,i}^n = (h_0 - h_s - h_{par} - h_{chiq} - h_{ish,v} - h_{o,chiq}) / h_0 = (90 - 11,8 - 9,3 - 4,14 - 1,19 - 1,35) / 90 = 0,691.$$

Javob: $\eta_{o,i}^n = 0,691$.

5.39.-masala. Aktiv pog'onadagi nisbiy ichki f.i.k. ni toping, agar pog'onalaridagi ko'zda tutilgan issiqlik tushumi $h_0 = 120 \text{ kJ/kg}$, soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,89$, disk yuzasiga soploning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18^\circ \text{C}$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezligi nisbati $i/s_1 = 0,6$, ishchi parrakkadan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ$, ishqalanishga va ventilyatsiyaga sarflangan issiqlik energiyasining yo'qolishi $h_{ish,v} = 1,4 \text{ kJ/kg}$, bug' sarfi $M = 60 \text{ kg/s}$, bugning xarakatlanishidagi sarfi $M_{o,chiq} = 0,32 \text{ kg/s}$,

Yechish: Bug'ning ishchi parraklarga kirayotgan burchagini (5.9) ifodadan aniqlaymiz:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \sin \alpha_1 / (\cos \alpha_1 - u/s_1) = 0,309 / (0,951 - 0,6) = 0,8803;$$

$$\beta_1 = 41^\circ 22'.$$

Bug'ning ishchi parrakdan chiqishdagi burchagini:

$$\beta_2 = \beta_1 - 2^\circ = 41^\circ 22' - 2^\circ = 39^\circ 22'$$

Ishqalanish va ventilyatsiyadagi nisbiy issiqlik energiyasining yo'qolganligi:

$$\zeta_{ish.v} = h_{ish.v} / h_0 = 1,4 / 120 = 0,012.$$

Bug'ning xarakatlanishidagi teshiklardagi issiqlik energiyani yo'qolishi

(5.17) ifodadan aniqlaymiz:

$$h_{o.chiq.} = M_{o.chiq.} \cdot h_0 / M = 0,32 \cdot 120 / 60 = 0,64 \text{ kJ/kg.}$$

Bug' xarakatlangandagi nisbiy issiqlik energiyasining yo'qolishi:

$$\zeta_{o.chiq} = h_{o.chiq.} / h_0 = 0,64 / 120 = 0,005.$$

Nisbiy ichki f.i.k. ni (5.22) ifodadan aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \eta_{o.i}^n &= 2\varphi^2 (u/s_1) (1 + \psi \cos \beta_2 / \cos \beta_1) (\cos \alpha_1 - u/s_1) - \zeta_{ish.v} - \zeta_{o.chiq} = \\ &= 2 \cdot 0,96^2 \cdot 0,6 (1 + 0,89 \cdot 0,7731 / 0,7505) \times (0,951 - 0,6) - 0,012 - \\ &\quad 0,005 = 0,73. \end{aligned}$$

Javob: $\eta_{o.i}^n = 0,73$.

5.40.—masala. Reaktiv pog'onadagi nisbiy ichki f.i.k. ni toping. Reaktiv pog'ona $p = 0,5$, agar soplarning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,94$, disk yuzasiga soplarning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 14^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlik nisbati $i/s_1 = 0,43$, ishqalanishga va ventilyatsiyaga sarflangan issiqlik energiyasining yo'qolishi $\zeta_{ish.v} = 0,03$ va bug'ni xarakatlangandagi issiqlik energiyasining yo'qolganligi $\zeta_{o.chiq} = 0,025$.

Javob: $\eta_{o.i}^n = 0,776$.

5.41.-masala. Boshlang'ich bosimi $p_0 = 2,75$ MPa va harorati $t_0 = 380$ °C aktiv oraliq pog'onadagi bug' $p_1 = 1,2$ MPa bo'lguncha kengayadi. Pog'onaning ichki nisbiy f.i.k. ni toping. Agar soplning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,98$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,9$, disk yuzasiga soplning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlik $u = 255$ m/s, parrakkadan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = 20^\circ 48'$, avvalgi pog'ona chiqish tezlikning issiqlik energiyasi $h_{av}^{chiq} = 9,0$ kJ/kg, ishlatilgan energiyaning chiqish tezlik koeffitsienti $\mu = 0,9$, ishqalanish va ventilyatsiyadagi issiqlik energiyasini yo'qolishi $h_{ish.v} = 2,8$ kJ/kg va bug'ni xarakatlanishidagi issiqlik energiyasining yo'qolishi $h_{o.chiq} = 2,6$ kJ/kg.

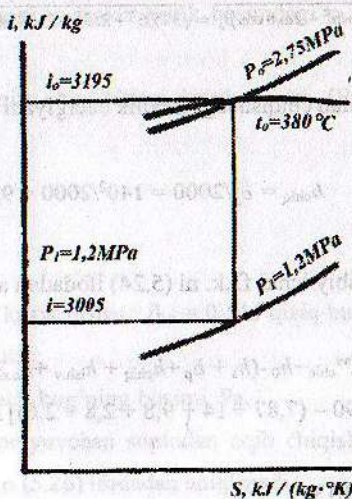
Yechish: 5.8.-rasmdan is-diagrammadan bug'ning boshlang'ich entalpiyasi $i_0 = 3195$ kJ/kg va bug'ning adiabatik kengaygandagi oxirgi energiyasi $i_1 = 3005$ kJ/kg.

Soplodan oqib chiqayotgan bug'ning xaqiqiy tezlikni (5.2) ifodadan aniqlaymiz:

$$c_1 = 44,7\varphi\sqrt{(i_0 - i_1) + h_o^{op}} = 44,7 \cdot 0,98\sqrt{(3195 - 3005) + 9} = 618 \text{ m/s.}$$

Soplodagi issiqlik energiyasini yo'qolishi (5.12) ifodadan aniqlanadi:

$$h_c = (1/\varphi - 1) \cdot c_1^2 / 2000 = (1/0,98 - 1)618^2 / 2000 = 7,87 \text{ kJ/kg.}$$



5.8. — rasm.

Parrakchalarga kirayotgan bug'ning nisbiy tezlik (5.5) ifodadan aniqlanadi:

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1 u \cos \alpha_1} = \sqrt{618^2 + 255^2 - 2 \cdot 618 \cdot 255 \cdot 0.951} = 384 \text{ m/s}$$

Parraklardagi issiqlik energiyasini yo'qolishi (5.13) ifodadan aniqlanadi:

$$h_{\text{par}} = (1 - \psi^2) \omega_1^2 / 2000 = (1 - 0.9^2) 384^2 / 2000 = 14.0 \text{ kJ/kg.}$$

Ishchi parraklar orasidan bug'ni chiqishdagi nisbiy tezlik (5.6) ifodadan:

$$\omega_2 = \psi \omega_1 = 0.9 \cdot 384 = 345.6 \text{ m/s.}$$

Ishchi parraklar kanalidan bug'ni chiqishdagi mutloq tezlik (5.7) ifodadan aniqlanadi:

$$c_2 = \sqrt{\omega_2^2 + \mu^2 - 2\omega_2 \mu \cos \beta_2} = \sqrt{345,6^2 + 255^2 - 2 \cdot 345,6 \cdot 255 \cdot 0,9348} = 140 \text{ m/sd}$$

Mutloq tezlik bilan chiqishdagi issiqlik energiyani yo'qolishi (5.15) ifodadan:

$$h_{\text{chiq}} = c_2^2 / 2000 = 140^2 / 2000 = 9,8 \text{ kJ/kg.}$$

Pog'onadagi nisbiy ichki f.i.k. ni (5.24) ifodadan aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \eta_{\text{o.i}}^n &= [\mu \cdot h_{\text{chiq}}^{\text{av}} + h_0 - (h_s + h_p + h_{\text{chiq}} + h_{\text{ish.v}} + h_{\text{o.chiq}})] / (\mu \cdot h_{\text{chiq}}^{\text{av}} + h_0) = \\ &= [0,9 \cdot 9 + 190 - (7,87 + 14 + 9,8 + 2,8 + 2,6)] / (0,9 \cdot 9 + 190) = 0,813. \end{aligned}$$

Javob: $\eta_{\text{o.i}}^n = 0,813$.

5.3. Ishchi parraklar va soplolarning o'lchamlarini aniqlash

Soplolar o'lchami. Kengayuvchi soplolarning chiqishidagi kesimi yuzasi (m^2) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$f_1 = M v_1 / (\mu_1 c_1), \quad (5.25)$$

bunda: M - soplodan o'tuvchi bug'ni sarfi, kg/s (kg/ik);

v_1 - xisoblanayotgan kesim yuzasidagi bug'ning solishtirma xajmi, m^3/kg ;

μ_1 - soploning sarf koeffitsienti, $\mu_1 = 0,92 - 0,97$.

Minimal kesim yuzasidagi kengayuvchan soploning yuzasi (m^2):

$$f_{\text{min}} = M v_{\text{kr}} / (\mu_1 c_{\text{kr}}), \quad (5.26)$$

bunda: c_{kr} - (5.1) va (5.2) ifodalarda i_1 ni o'rniga i_{kr} ni qo'yish natijasida aniqlanadigan soplodan bug'ni oqib chiqishidagi kiritik tezlik;

v_{kr} – soplarning kesim yuzasida kritik bosimdagi p_{kr} bug'ning solishtirma xajmi.

Bug'ni soplodan oqib chiqishidagi kritik bosim (R_a) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$r_{kr} = \beta_{kr}/r_0, \quad (5.27)$$

bunda: β_{kr} – bosimlarning kritik nisbati, $\beta_{kr} = 0,546$ qiziq bug' uchun, $\beta_{kr} = 0,577$ quruq to'yingan bug' uchun;

p_0 – soplodan avvalgi bug'ning bosimi, Pa.

Kritik rejimgacha torayuvchan soplodan oqib chiqish kesim yuzasi (5.25) ifodadan, kritik rejim uchun (5.26) ifodadan aniqlanadi.

Ishchi parraklarning o'lchamlari. Ishchi parraklarning chiqishdagi kesim yuzasi (m^2) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$f_2 = Mv_2/(\mu_2\omega_2), \quad (5.28)$$

bunda v_2 – bug'ning ishchi parrakdan chiqishdagi solishtirma xajmi, m^3/kg ;

μ_2 – ishchi parrak uchun sarf koeffitsienti, $\mu_2 = 0,92 - 0,97$.

Ishchi parrakning chiqishdagi balandligi (m):

$$l_2 = f_2 / (\pi d \sin \beta_2). \quad (5.29)$$

5.42.–masala. Aktiv pog'onada o'ta qizigan bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1,2$ MPa va harorati $t_0 = 300$ °C bilan bosimi $p_1 = 0,7$ MPa bo'lguncha kengayadi. Agar soplarning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, soplodagi bug'ning sarfi $M = 2$ kg/s va soplarning sarf koeffitsienti $\mu_1 = 0,95$ bo'lsa, torayuvchan soplarning chiqish yuzasini aniqlang.

Javob: $f_1 = 1,38 \cdot 10^{-3} m^2$.

5.43.–masala. Reaktiv pog'onada o'ta qizigan bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2 \text{ MPa}$ va harorati $t_0 = 350^\circ\text{C}$ bilan bosimi $p_2 = 1,4 \text{ MPa}$ bo'lguncha kengayadi. Agar soploneg tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,95$, soplodan o'tayotgan bug'ning sarfi $M = 1,2 \text{ kg/ik}$, soploneg sarfiy koeffitsienti $\mu_1 = 0,95$ va pog'onaning reaktivlik darajasi $\rho = 0,5$ bo'lsa, torayuvchan soploneg chiqish yuzasini aniqlang.

Javob: $f_1 = 0,73 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

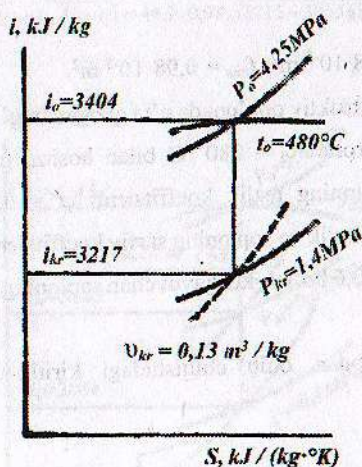
5.44.–masala. Aktiv pog'onada o'ta qizigan bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 4,25 \text{ MPa}$ va harorati $t_0 = 480^\circ\text{C}$ bilan bosimi $p_1 = 1,4 \text{ MPa}$ bo'lguncha kengayadi. Agar soploneg tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, soplodagi bug'ning sarfi $M = 2,4 \text{ kg/ik}$ va soploneg sarfiy koeffitsienti $\mu_1 = 0,98$ bo'lsa, torayuvchan soploneg chiqish yuzasini aniqlang.

Yechish: Soplodan oqib chiqishidagi kritik bosim (5.27) ifodadan:

$$r_{kr} = \beta_{kr} r_0 = 0,546 \cdot 4,25 = 2,32 \text{ MPa.}$$

p_1 bosim R_{kr} bosimdan kichik bo'lgani uchun, unda soploneg chiqish yuzasida kiritik bosim bo'lib qoladi, u xolda soploda kengayish jarayoni p_0 bosimdan p_{kr} bosimgacha davom etadi.

is-diagrammadan (5.9. – rasm) boshlang'ich entalpiya $i_0 = 3404 \text{ kJ/kg}$ va adiabatik kengayishdan keyingi entalpiya $i_{kr} = 3217 \text{ kJ/kg}$ ni aniqlaymiz.



5.9. – rasm

Soplodan oqib chiqishdagi bug'ning kritik tezlikni (5.2) ifodadan aniqlaymiz:

$$c_1 = 44,7 \varphi \sqrt{i_0 - i_w} = 44,7 \cdot 0,96 \sqrt{3404 - 3217} = 587 \text{ m/ik.}$$

Kritik bosimda bug'ning chiqishdagi solishtirma xajmi is - diagrammadan (5.9. – rasm) aniqlanadi: $v_{kr} = 0,13 \text{ m}^3/\text{kg}$.

Torayuvchan soplo chiqishdagi kesimi (5.26) ifodadan aniqlanadi:

$$f_1 = M v_{kr} / (\mu_1 s_{kr}) = 2,4 \cdot 0,13 / (0,98 \cdot 587) = 0,542 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2.$$

Javob: $f_1 = 0,542 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

5.45. – masala. Aktiv pog'onada bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1,0 \text{ MPa}$ va harorati $t_0 = 320 \text{ }^\circ\text{C}$ bilan bosimi $p_1 = 0,3 \text{ MPa}$ bo'lguncha kengayadi. Agar soplarning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,97$, soplodagi bug'ning sarfi $M = 1,2 \text{ kg/ik}$ va

soploning sarf koeffitsienti $\mu_1 = 0,97$ bo'lsa, kengaygan soploning chiqish va kesim yuzasini aniqlang.

Javob: $f_1 = 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$; $f_{\min} = 0,98 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

5.46. –masala. Reaktiv pog'onada o'ta qizigan bug' boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1,6 \text{ MPa}$ va harorati $t_0 = 380 \text{ }^\circ\text{C}$ bilan bosimi $p_2 = 0,4 \text{ MPa}$ bo'lguncha kengayadi. Agar soploning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,98$, soplodan o'tayotgan bug'ning sarfi $M = 2,1 \text{ kg/ik}$ va soploning sarfiy koeffitsienti $\mu_1 = 0,98$, pog'onaning reaktivlik darajasi $\rho = 0,6$ bo'lsa, kengayuvchan soploning chiqish va kesim yuzasini aniqlang.

Yechish: Soplodan oqib chiqishidagi kiritik bosim (5.14) ifodadan aniqlanadi:

$$r_{kr} = \beta_{kr} \cdot r_0 = 0,546 \cdot 1,6 = 0,87 \text{ MPa.}$$

i-s diagrammadan (5.10. – rasm) bug'ning entalpiyasini aniqlaymiz $i_0 = 3215 \text{ kJ/kg}$, $i_{kr} = 3065 \text{ kJ/kg}$, $i_1 = 2864 \text{ kJ/kg}$ va bug'ning solishtirma xajmini $v_{kr} = 0,287 \text{ m}^3/\text{kg}$; $v_1 = 0,562 \text{ m}^3/\text{kg}$ ni aniqlaymiz.

Soplodan oqib chiqishdagi bug'ning xaqiqiy tezlikni (5.2) ifodadan aniqlaymiz:

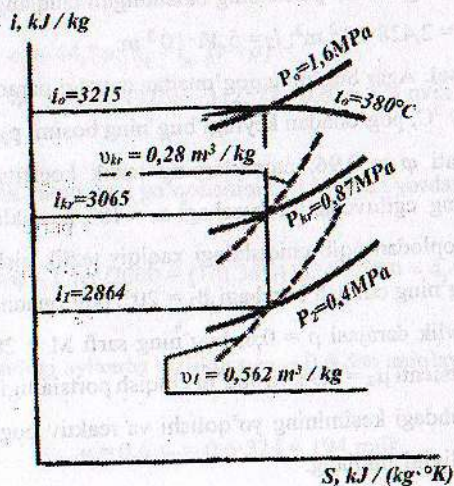
$$c_1 = 44,7 \varphi \sqrt{(i_0 - i_1)(1 - \rho)} = 44,7 \cdot 0,98 \sqrt{(3215 - 2864)(1 - 0,6)} = 519 \text{ m/ik}$$

Kengayuvchi soploning chiqishdagi kesimi (5.23) ifodadan aniqlanadi:

$$f_1 = M v_1 / (\mu_1 c_1) = 2,1 \cdot 0,562 / (0,98 \cdot 519) = 2,32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Bug'ning soplodan oqib chiqishidagi kritik tezlik:

$$c_1 = 44,7\varphi \sqrt{(t_0 - t_{\text{kr}})(1 - \rho)} = 44,7 \cdot 0,98 \sqrt{(3215 - 3065)(1 - 0,6)} = 339 \text{ m/s}.$$



5.10. – rasm.

Kengayuvchan soplarning minimal kesim yuzasi (5.26) ifodadan:

$$f_{\min} = Mv_{kr}/(\mu_1 s_{kr}) = 2,1 \cdot 0,287/(0,98 \cdot 339) = 1,81 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2.$$

Javob: $f_1 = 2,32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$; $f_{\min} = 1,81 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

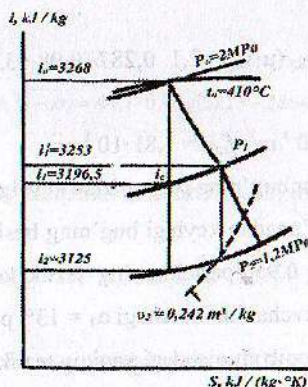
5.47.–masala. Agar bug'ning pog'onadan avvalgi parametrlari $p_0 = 2 \text{ MPa}$ va harorati $t_0 = 350^\circ\text{C}$, pog'onadan keyingi bug'ning bosimi $p_2 = 1,5 \text{ MPa}$, soplarning tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,95$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,87$, disk yuzasiga soplarning egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 13^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlikni nisbati $u/c_1 = 0,45$, ishchi parrakdan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = 22^\circ$, bug'ni ishchi parrakdan chiqishdagi solishtirma xajmi $v_2 = 0,143 \text{ m}^3/\text{kg}$, pog'onaning o'rtacha diametri $d = 1,0 \text{ m}$,

bug'ning sarfi $M = 30$ kg/ik, ishchi parrak uchun sarf koeffitsienti $\mu_2 = 0,95$ va bug'ni chiqish partsialligi $\varepsilon = 0,4$ bulsa, aktiv pog'onaning chiqish ko'ndalang kesimi va chiqishdagi ishchi parrakning balandligini aniqlang.

Javob: $f_2 = 2,428 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$; $l_2 = 5,11 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

5.48.—masal. Agar bug'ning pog'onadan avvalgi parametrlari $p_0 = 2$ MPa va harorati $t_0 = 410^\circ\text{C}$, pog'onadan keyingi bug'ning bosimi $p_2 = 1,5$ MPa, soploneg tezlik koeffitsienti $\varphi = 0,96$, parraklarning tezlik koeffitsienti $\Psi = 0,88$, disk yuzasiga soploneg egiluvchanlik burchagi $\alpha_1 = 18^\circ$, parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlik nisbati $u/c_1 = 0,6$, ishchi parraklardan bug'ning chiqish burchagi $\beta_2 = 20^\circ$, pog'onaning o'rtacha diametri $d = 0,96$ m, reaktivlik darajasi $\rho = 0,6$, bug'ning sarfi $M = 28$ kg/ik, ishchi parrak uchun sarf koeffitsienti $\mu_2 = 0,98$ va bug'ni chiqish portsialligi $\varepsilon = 0,5$ bo'lsa, ishchi parrakning chiqishdagi kesimining yo'qolishi va reaktiv pog'onadagi parrakning chiquvchi balandligini aniqlang.

Yechish: i-s diagramma (5.11. — rasm) dan pog'onadan avvalgi bug'ning entalpiyasi $i_0 = 3268$ kJ/kg aniqlaymiz, so'ngra bug'ni adiabatik kengayishidan keyingi entalpiyasi $i_2 = 3125$ kJ/kg ni aniqlaymiz.



5.11. — rasm.

(5.2) ifoda yordamida bug'ni soplodan oqib chiqishdagi xaqiqiy tezlikni aniqlaymiz:

$$c_1 = 44,7 \varphi \sqrt{(i_0 - i_{sp})(1 - \rho)} = \\ 44,7 \cdot 0,96 \sqrt{(3268 - 3125)(1 - 0,6)} = 324 \text{ m/ik.}$$

Soplodan issiqlik energiyani yo'qolishini (5.12) ifoda yordamida aniqlaymiz:

$$h_c = (1/\varphi^2 - 1) c_1^2 / 2000 = (1/0,96^2 - 1) 324^2 / 2000 = 4,46 \text{ kJ/kg.}$$

Parraklar o'rtasidagi aylanma tezlikni $u/c_1 = 0,6$ dan aniqlaymiz:

$$u = 0,6 \cdot c_1 = 0,6 \cdot 324 = 194 \text{ m/ik.}$$

(5.5) ifodadan bug'ni parrakga kirishdagi nisbiy tezlikni aniqlaymiz:

$$\omega_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1 u \cos \alpha_1} = \sqrt{324^2 + 194^2 - 2 \cdot 324 \cdot 194 \cdot 0,951} = 152 \text{ m/ik}$$

Ishchi parraklar orasidan bug'ni chiqishdagi nisbiy tezlik (5.7) ifodadan:

$$\omega_2 = 44,7 \sqrt{\rho h_0 + (\omega_1 / 44,7)^2} = 44 \sqrt{324^2 + 194^2 - 2 \cdot 324 \cdot 194 \cdot 0,951} = 152 \text{ m/ik}$$

Bug'ning parraklardan chiqayotgan $v_2 = 0,242 \text{ m}^3/\text{kg}$ solishtirma xajmini aniqlab, is-diagrammada jarayonni tuzamiz (5.11 rasm)/

Ishchi parraklarning chiqishdagi kesim yuzasi quyidagi (5.28) ifodadan aniqlanadi:

$$f_2 = M \mu_2 / (\mu_2 \omega_2) = 28 \cdot 0,242 / (0,98 \cdot 474) = 1,459 \times 10^{-2} \text{ m}^2.$$

Ishchi parrakning chiqishdagi balandligi (5.29) ifodadan aniqlanadi:

$$l_2 = f_2 / (\pi d \sin \beta_2) = 1,459 \cdot 10^{-2} / (3,14 \cdot 0,96 \cdot 0,5 \times 0,342) = 2,83 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

Javob: $f_2 = 1,459 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$; $l_2 = 2,83 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$

5.4. Foydali ish koeffitsienti, quvvati va bug'ni turbinadagi sarfi

Turbinaning foydali ish koeffitsienti. Turbinadagi issiqlik energiyani yo'qolishini nisbiy ichki f.i.k. bilan baxolaydi. Nisbiy ichki f.i.k. ishlatilgan issiqlik tushumini (H_1) bo'lishi mumkin bo'lgan issiqlik tushumiga (H_0) nisbati bilan aniqlanadi.

$$\eta_{oi} = H_i/H_0 = (i_0 - i_k) / (i_0 - i_{k,a}), \quad (5.30)$$

bunda: i_0 – bug'ning boshlang'ich parametrlaridagi entalpiyasi, kJ/kg;

$i_{k,a}$ – boshlang'ich xolatdan to oxirgi xolatgacha bug'ning adiabatik kengayishidagi entalpiyasi, kJ/kg;

i_k – bug'ning oxirgi parametrlaridagi entalpiyasi, kJ/kg.

Bug' turbinalarining nisbiy ichki f.i.k. 0,7 – 0,88 oralig'ida bo'ladi.

Podshipniklarda ishqalanishdagi va qo'shimcha mexanizmlarni ishga tushirishdagi issiqlikni yo'qolishi mexanik f.i.k. η_m bilan baxolanadi:

$$\eta_m = N_e/N_i. \quad (5.31)$$

bunda: N_{ef} – effektiv quvvati, kVt;

N_i – indikator (ichki) quvvati, kVt;

Mexanik f.i.k. $\eta_m = 0,97 - 0,99$ oraliqda bo'ladi.

Turbina ichidagi issiqlik yo'qolishi va mexanik yo'qolishlar nisbiy effektiv f.i.k. $\eta_{o.e}$ bilan baxolanadi, u turbinaning ichki nisbiy f.i.k. η_{oi} bilan mexanik f.i.k. η_m ko'paytmasiga teng, ya'ni qiymati $\eta_{o.e}$ turbinalarning quvvatiga qarab 0.68 – 0.87 oralig'ida buladi.

$$\eta_{o.e} = \eta_{oi} \cdot \eta_m \quad (5.32)$$

Agar bug' turbinasi o'z navbatida elektr generatorga ulangan bo'lsa, u xolda elektrik quvvat effektiv quvvatdan kichik bo'ladi, bu generatoridagi yo'qolishlarni xisobga olinganligi tufayli, generatorning f.i.k. η_g bilan baxolanadi.

Generatorning f.i.k. η_g elektrik quvvatni N_e effektiv quvvatga N_{ef} nisbati aniqlanadi, ya'ni

$$\eta_g = N_e / N_{ef} \quad (5.33)$$

Bu f.i.k. $\eta_g = 0.96 - 0.99$ oralig'ida bo'ladi.

Turbogeneratorning nisbiy elektrik f.i.k. $\eta_{o.e}$:

$$\eta_{o.e} = \eta_{o.e} \cdot \eta_g = \eta_{oi} \cdot \eta_m \cdot \eta_g \quad (5.34)$$

Turbinaning issiqlik qaytarish koeffitsienti. Ushbu koeffitsient qisman issiqlik yo'qolishlar xisobiga mumkin bo'lgan issiqlik o'zgarishini ortishini xarakterlaydi va quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\alpha = (\Sigma h_0 / H_0) - 1. \quad (5.35)$$

bunda: Σh_0 – turbinaning xamma pog'onalaridagi mumkin bo'lgan issiqlik o'zgarishini, kJ/kg.

Alohidagi rog'onalarining nisbiy ichki f.i.k. i teng bo'lganda ushbu koeffitsient quyidagi ifoda dan aniqlanadi:

$$\alpha = (\eta_{oi} / \eta_{ot}^w) - 1. \quad (5.36)$$

Turbinadan issiqlikni qaytish koeffitsiyenti pog'onalar soniga qarab quyidagi oraliqda aniqlanadi: [0,04 ... 0,06].

Turbinaning xarakteristik koeffitsienti Y [$\text{kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{kJ} \cdot \text{ik}^2)$] ni, xuddi pog'onalar nisbatlari u/c_1 orqali aniqlanishi mumkin, bu nisbat koeffitsiyenti turbinaning umumiy tejamkorligini xarakterlaydi va quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Y = \Sigma u^2 / [(1 + \alpha) \cdot N_0] = z u_{on}^2 / [(1 + \alpha) \cdot H_0], \quad (5.37)$$

bunda: z - turbina pog'onalarining soni;

u_{on} - parrak o'rtasidagi aylanma tezlik. m/s.

Turbinaning quvvati. Turbinaning effektiv quvvati deb N_e (kVt), turbina validan yoki tutashtiruvchi muftadan olinadigan quvvatga aytiladi:

$$N_{ef} = D \cdot N_0 \cdot \eta_{oe}. \quad (5.38)$$

bunda: D - bug'ning bir sekundlik sarfi, kg/ik.

Effektiv quvvati N_e ichki (indikator) quvvati N_i mexanik yo'qolishlar N_m quvvatini ayirmasiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$N_{ef} = N_i - N_m. \quad (5.39)$$

Ichki (indikator) quvvat N_i (5.31), elektririk quvvat N_e (5.33) ifodadan aniqlanadi.

Bug'ning turbinadagi sarfi. Bug' turbinasining iqtisodiyiligini xam f.i.k. va xam bug'ning solishtirma sarfi bilan baholanadi.

Bug'ning solishtirma effektiv sarfi d_{ef} (kg/kVt·soat), bug'ning sekundlik sarfini D effektiv quvvatga N_{ef} nisbati ifodalaydi:

$$d_{ef} = D/N_e = 3600/(\eta_o \cdot N_o). \quad (5.40)$$

Ushbu sarf yuqori quvvatli kondensatsion turbinalarda to'liq yuklamada 3 — 4 kg/kVt·s ni tashkil etadi.

Turbinadan bug'ni olinadigan xolatdagi (otbor) bug'ning sarfi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$D = N_{ef}/[(i_o - i_k)\eta_m\eta_g] + D_p (i_n - i_k)/(i_o - i_k), \quad (5.41)$$

bunda: $D_{bug' ol. ket.}$ — bug'ni (otbor) olinishi, kg/s;

i_o — boshlang'ich parametrlardagi bug'ning entalpiyasi, kJ/kg;

$i_{bug' ol. ket.}$ — olib ketilayotgan bug'ning entalpiyasi, kJ/kg;

i_k — kondensatordagi entalpiyasi, kJ/kg.

Olib ketilayotgan bug'ning entalpiyasi:

$$i_{bug' ol. ket.} = i_o - (i_o - i_{p.a})\eta'_{oi}. \quad (5.42)$$

bunda: $i_{p.a}$ — bug'ni boshlang'ich xolatidan, to bug' olib ketishgacha bo'lgan bosimigacha adiabatik kengayishidagi entalpiyasi, kJ/kg;

η'_{oi} — yuqori bosimli qismidagi nisbiy ichki f.i.k. bug'ni olib ketgunga qadar

Kondensatordagi entalpiya:

$$i_k = i_{bug' ol. ket.} - (i_{bug' ol. ket.} - i_{k.a})\eta''_{oi}, \quad (5.43)$$

bunda: i_{ka} – bug'ning entalpiyasi bug'ning adiabatik kengayishining boshlang'ich holatidan oxirgi bosimga qadar olib ketilayotganga qadar entalpiyasi, kJ/kg;

η_{oi} – olib ketilgan bug'dan keyingi qismidagi ichki nisbiy f.i.k.

O'zgaruvchan rejimdagi turbina pog'onalaridagi bug'ning sarfi va bosimi. Turbinadagi bug'ning sarfini o'zgarishi bosimni taqsimlanishini va pog'onadagi issiqlik tushumini keltirib chiqaradi.

Turbina pog'onasida bug'ning sarfi va bosimi orasidagi bog'lanish, bug'ning soplodagi tezlik kritik tezlikdan kichik xolatida quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$D/D_0 = \sqrt{p_{01}^2 - p_{02}^2 / (p_0^2 - p_2^2)}, \quad (5.44)$$

bunda: D_0 va D – ko'rilayotgan xisoblanadigan rejimlarda turbinadagi bug'ning sarfi, kg/s;

p_0 va p_{01} – soplodan avvalgi birinchi yoki istalgan pog'onadagi bug'ning bosimi, Pa;

p_2 va p_{02} – ishchi parraklardan keyingi oxirgi yoki istalgan pog'onadagi bug'ning bosimi, Pa.

Bug'ning sarfiga bog'liq bo'lgan kondensatsion turbinalarning pog'onalaridagi bosimini o'zgarishi:

$$r_{01} = r_0 D / D_0. \quad (5.45)$$

Bug'ning sarfiga bog'liq bo'lgan faqat ma'lum atmosferaga ega bo'lgan bug'ni tayyorlab beruvchi turbina pog'onalaridagi bosimni o'zgarishi:

$$p_{01} = \sqrt{(D/D_0)^2 (p_0^2 - p_2^2) + p_2^2}. \quad (5.46)$$

5.49.–masala. Agar bug'ning turbinadan avvalgi parametrlari $p_0 = 3,4$ MPa va harorati $t_0 = 440$ °C turbinadan keyingi parametrlari $p_2 = 0,4$ MPa, $t_2 = 220$ °C va turbinaning mexanik f.i.k. i $\eta_m = 0,98$ bo'lsa, turbinaning ichki effektiv nisbiy f.i.k. ni aniqlang.

Javob: $\eta_{oi} = 0,77$; $\eta_{o.e} = 0,75$.

5.50.–masala. Agar bug'ning turbinadan avvalgi parametrlari $p_0 = 4$ MPa va harorati $t_0 = 390$ °C turbinadan keyingi parametrlari $p_2 = 1$ MPa, $t_2 = 240$ °C, turbinaning mexanik f.i.k. va $\eta_m = 0,97$ df elektr generatorining f.i.k. i $\eta_g = 0,95$ bo'lsa, turbogeneratorning mexanik f.i.k. ni aniqlang.

Javob: $\eta_{o.e} = 0,71$.

5.51.–masala. Turbinani ishlatishda bug'ning turbinadan avvalgi parametrlari $p_0 = 3,5$ MPa va harorati $t_0 = 400$ °C turbinadan keyingi parametrlari $p_2 = 1,2$ MPa va $t_2 = 290$ °C bo'lgan parametrlari o'Ichandi. Agar turbina bir xil $0,73$ ga teng bo'lgan nisbiy ichki f.i.k. iga ega bo'lsa, turbina issiqlik qaytarish koeffitsientini aniqlang.

Javob: $\alpha = 0,057$.

5.52.–masala. Boshlang'ich parametrlari $p_0 = 9$ MPa va harorati $t_0 = 500$ °C bo'lgan turbina va $p_2 = 1,5$ MPa, ega bo'lgan bug' ishlab beruvchi turbinaning qaytarish koeffitsientini aniqlang, agar rostlovchi pog'onaning ishlatilgan issiqlik tushumi $h'_1 = 102$ kJ/kg rostlovchi pog'onaning nisbiy ichki f.i.k. $\eta_{oi}^{pog'} = 0,68$ ga teng bo'lsa, issiqlik qaytarish koeffitsientini aniqlang. Turbina oltita pog'onaga ega bo'lib, ularning mumkin bo'lgan issiqlik tushumi bir xil $h_0 = 62$ kJ/kg ga teng.

Javob: $\alpha = 0,053$.

5.53.– masala. Boshlang'ich parametrlari $p_0 = 9$ MPa, harorati $t_0 = 500$ °C va kondensatordagi $p_k = 4 \cdot 10^3$ Pa, bo'lgan kondensatsion turbina berilgan. Agar issiqlik qaytarish koeffitsientini $\alpha = 0,05$, parraklar o'rtaidagi aylanma tezlik $u_{o'rt} = 220$ m/s bo'lsa, turbinaning xarakterlovchi koeffitsientini aniqlang. Turbina o'nta pog'onaga ega.

Javob: $Y = 334$ kg·m²/kJ·s.

5.54.-masala. Turbina boshlang'ich parametrlari $p_0 = 4 \text{ MPa}$, harorati $t_0 = 440^\circ\text{C}$ va kondensatordagi bosim $p_k = 4 \cdot 10^3 \text{ Pa}$, 'ga ega bo'lgan parametrlar bilan ishlaydi. Agar bug'ning sarfi $D = 5,2 \text{ kg/s}$ va turbinaning nisbiy ichki f.i.k. $i \eta_{oe} = 0,71$ bo'lsa, turbinaning effektiv quvvatini aniqlang.

Javob: $N_e = 4560 \text{ kVt}$.

5.55.-masala. Turbina boshlang'ich parametrlari $p_0 = 8 \text{ MPa}$, harorati $t_0 = 480^\circ\text{C}$ va kondensatordagi bosimi $p_k = 3,5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$, bo'lgan parametrlar bilan ishlaydi. Agar bug'ning sarfi $D = 5,4 \text{ kg/s}$ va turbinaning ichki effektiv f.i.k. $i \eta_{oc} = 0,73$ va turbinaning mexanik f.i.k. $i \eta_m = 0,97$ bo'lsa, turbinaning ichki (indikator) quvvatini aniqlang.

Javob: $N_i = 5527 \text{ kVt}$, $N_m = 166 \text{ kVt}$.

5.56.-masala. Bug'ning boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3,5 \text{ MPa}$, harorati $t_0 = 485^\circ\text{C}$ va kondensatordagi bosimi $p_k = 5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ ga ega bo'lgan turbinaning effektiv quvvatini va bug'ning solishtirma effektiv sarfini aniqlang. Agar bug'ning sarfi $D = 8 \text{ kg/s}$ va turbinaning nisbiy effektiv f.i.k. $i \eta_{oe} = 0,75$ ga teng bo'lsa.

Yechish: Mumkin bo'lgan issiqlik tushumi $H_0 = i_0 - i_{k.a}$ is - diagrammadan (5.12. - rasm) foydalanib berilgan parametrlar bo'yicha entalpiyasi $i_0 = 3428 \text{ kJ/kg}$ va kondensatordagi entalpiyasi $i_k = 2195 \text{ kJ/kg}$.

Shunda

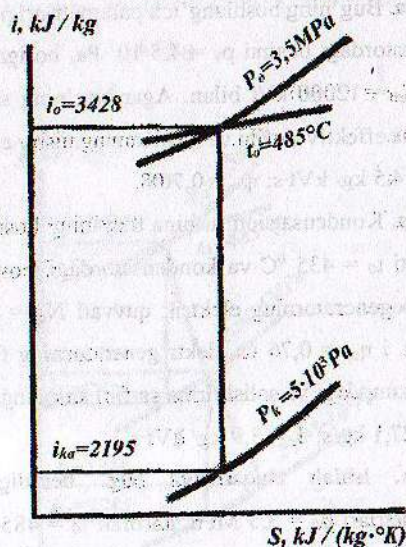
$$H_0 = 3428 - 2195 = 1233 \text{ kJ/kg.}$$

(5.40) ifoda yordamida turbinaning effektiv quvvatini aniqlang:

$$N_e = D H_0 i \eta_{oe} = 8 \cdot 1233 \cdot 0,75 = 7398 \text{ kVt.}$$

(5.40) ifoda yordamida bug'ning solishtirma effektiv sarfini aniqlang

$$d_0 = 3600 / (\eta_{oe} H_0) = 3600 / (0,75 \cdot 1233) = 3,89 \text{ kg/kVt.s.}$$



5.12. – rasm.

Javob: $N_e = 7392 \text{ kVt}$, $d_e = 3,89 \text{ kg/kVt·s}$.

5.57.–masala. Turbina boshlang'ich parametrlari $p_0 = 1,6 \text{ MPa}$, harorati $t_0 = 350 \text{ °C}$ va kondensatordagi bosimi $p_k = 5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ ga teng bo'lgan kondensatordagi bosimi $p'_k = 9 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bug' bilan ishlaydi. Agar bug'ning sarfi $D = 5,5 \text{ kg/s}$ va ichki effektiv f.i.k. $i \eta_{oe} = 0,66$ dan $\eta'_{oe} = 0,61$ ga kamaysa, turbinaning effektiv quvvati qanchaga kamayadi.

Javob: $\Delta N_e = 489 \text{ kVt}$.

5.58.–masala. Turbina boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2,6 \text{ MPa}$, harorati $t_0 = 360 \text{ °C}$ va kondensatordagi bosimi $p_k = 4,5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ ga teng bo'lgan bug' bilan ishlaydi. Nisbiy effektiv f.i.k. $i \eta_{oe} = 0,68$ ga teng. Agar kondensatordagi bosimi $p_k = 8 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ ga o'rtada, nisbiy effektiv f.i.k. $i \eta_{oe} = 0,63$ ga kamaysa, bug'ning solishtirma effektiv sarfini qanchaga ortadi.

Javob: $\Delta d_e = 0,74 \text{ kg/kVt·s}$.

5.59.-masala. Bug'ning boshlang'ich parametrlari $p_0 = 2,8$ MPa, harorati $t_0 = 400$ °C va kondensatordagi bosimi $p_k = 4,5 \cdot 10^3$ Pa, bo'lgan kondensatsion turbina effektiv quvvati $N_{ef} = 12000$ kVt bilan. Agar bug'ning sarfi $D = 15$ kg/s bo'lsa, bug'ning solishtirma effektiv sarfini va turbinaning nisbiy effektiv f.i.k. ini aniqlang.

Javob: $d_{ef} = 4,5$ kg/kVt·s; $\eta_{oe} = 0,708$.

5.60.-masala. Kondensatsion turbina bug'ning boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3,5$ MPa, harorati $t_0 = 435$ °C va kondensatordagi bosimi $p_k = 4 \cdot 10^3$ Pa bilan ishlaydi. Agar turbogeneratoring elektrik quvvati $N_{ef} = 24000$ kVt, turbinaning nisbiy effektiv f.i.k. $\eta_{oe} = 0,76$ va elektr generatoring f.i.k. $\eta_g = 0,96$ ga teng bo'lsa, bug'ning sekunddagi va solishtirma sarfini aniqlang.

Javob: $D = 27,1$ kg/s; $d_e = 3,9$ kg/kVt·s.

5.61.-masala. Ishlab chiqarishga bug' beradigan turbina, bug'ning boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3,5$ MPa, harorati $t_0 = 485$ °C va kondensatordagi bosimi $p_k = 5 \cdot 10^3$ Pa, parametrlar bilan ishlaydi. Bunda bug'ning olinishidagi sarfi $D_{sarf} = 6$ kg/s, bosimi $p_{sarf} = 0,3$ MPa ga teng. Agar turbogeneratoring elektrik quvvati $N_e = 5000$ kVt, yuqori bosimli qismidagi nisbiy ichki f.i.k. $\eta_{oe} = 0,75$, past bosimli qismidagi nisbiy ichki f.i.k. $\eta_{oe} = 0,78$, mexanik f.i.k. $\eta_m = 0,97$, elektr generatoring f.i.k. $\eta_g = 0,98$ ga teng bo'lsa, turbinaga sarflanayotgan bug'ning sarfini aniqlang.

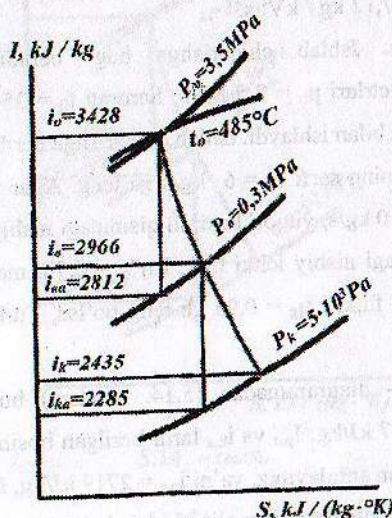
Yechish: Berilgan boshlang'ich parametrlari bo'yicha is - diagrammadan (5.13. - rasm) $i_0 = 3428$ kJ/kg ni topamiz. $i_{p,a}$ va $i_{k,a}$ larni p_0, t_0 xolatdan p_p xolatgacha, p_p, i_p xolatdan p_k xolatdagi bosimlar orqali adiabatik kengayish jarayonini qo'rish bilan aniqlaymiz, (5.13 - rasm), ya'ni $i_{p,a} = 2812$ kJ/kg, $i_{k,a} = 2285$ kJ/kg.

(5.42) ifoda orqali bug'ning olinishidan kelayotgan bug'ning entalpiyasini aniqlaymiz:

$$i_{bug' ol. ket.} = i_0 - (i_0 - i_{p,a})\eta'_{oi} = 3428 - (3428 - 2812) \times 0,75 = 2966 \text{ kJ/kg.}$$

(5.43) ifoda orqali kondensatordagi entalpiyani aniqlaymiz:

$$i_k = i_{\text{bug' ol. ket.}} - (i_{\text{bug' ol. ket.}} - i_{k.a}) \eta_{oi}'' = 2966 - (2966 - 2285) \times 0,78 = 2435 \text{ kJ/kg.}$$



5.13. – rasm.

(5.41) ifoda orqali turbinada sarflanadigan bug'ni sarfini aniqlaymiz:

$$D = N_c / [(i_0 - i_k) \eta_m \eta_g] + D_p (i_p - i_k) / (i_0 - i_k) = 5000 / [(3428 - 2435) 0,97 \cdot 0,98] + 6 \times (2966 - 2435) / (3428 - 2435) = 8,5 \text{ kg/s.}$$

Javob: $D = 8,5 \text{ kg/s.}$

5.62.–masala. Ishlab chiqarishga bug' beradigan turbina bug'ining boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3,5 \text{ MPa}$, harorati $t_0 = 435 \text{ }^\circ\text{C}$ va kondensatordagi bosimi $p_k = 5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bilan ishlaydi. Ishlab chiqarishga berilayotgan bug'ning bosimi $p_p = 0,5 \text{ MPa}$ bug'ning sarfi $D = 11,1 \text{ kg/s}$ ga teng. Agar turbogeneratoring quvvati $N_c = 6000 \text{ kVt}$, yuqori bosimli qismidagi nisbiy ichki f.i.k. $\eta_{oc} = 0,78$, past bosimli

qismidagi nisbiy ichki f.i.k. i $\eta_{oe} = 0,6$, mexanik f.i.k. i $\eta_m = 0,98$, elektr generatorning f.i.k. i $\eta_g = 0,95$ ga teng bo'lsa, bug'ning solishtirma effektiv sarfini aniqlang.

Javob: $d_{ef} = 7,12 \text{ kg/kVt}\cdot\text{s}$.

5.63.-masala. Ishlab chiqarishga bug' beradigan turbina bug'ining boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3,5 \text{ MPa}$, harorati $t_0 = 350^\circ\text{C}$ va kondensatordagi bosimi $p_k = 5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bilan ishlaydi. Ishlab chiqarishga berilayotgan bug'ning bosimi $p_p = 0,5 \text{ MPa}$, bug'ning sarfi $D = 6 \text{ kg/s}$ ga teng. Agar turbinaga sarflanayotgan bug'ning sarfi $D = 10 \text{ kg/s}$, yuqori bosimli qismidagi nisbiy ichki f.i.k. i $\eta'_{oi} = 0,78$, past bosimli qismidagi nisbiy ichki f.i.k. i $\eta''_{oi} = 0,78$, mexanik f.i.k. i $\eta_m = 0,98$, elektr generatorning f.i.k. i $\eta_g = 0,98$ ga teng bo'lsa, Turbogeneratorning elektrik quvvatini aniqlang.

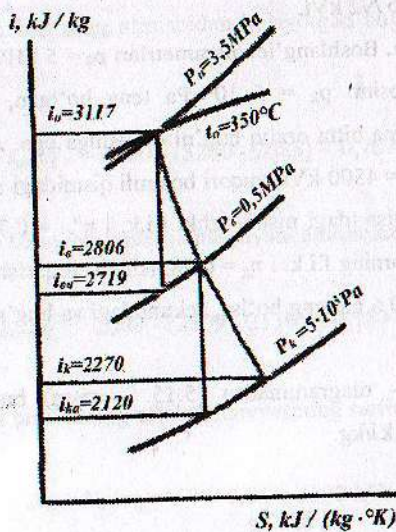
Yechish: i_s - diagrammadan (5.14. - rasm) bug'ning entalpiyasini i_0 aniqlaymiz: $i_0 = 3117 \text{ kJ/kg}$. $i_{p,a}$ va $i_{k,a}$ larni berilgan bosimlar bo'yicha kengayish jarayonini qurish bilan aniqlaymiz, ya'ni $i_{p,a} = 2719 \text{ kJ/kg}$, $i_{k,a} = 2120 \text{ kJ/kg}$,

(5.42) ifoda orqali bug'ning olinishidan kelayotgan bug'ning entolpiyasini aniqlaymiz:

$$i_{\text{bug' ol. ket.}} = i_0 - (i_0 - i_{p,a}) \cdot \eta'_{oi} = 3117 - (3117 - 2719) \times 0,78 = 2806 \text{ kJ/kg.}$$

(5.43) ifoda orqali kondensatordagi entalpiyani aniqlaymiz:

$$i_k = i_{\text{bug' ol. ket.}} - (i_{\text{bug' ol. ket.}} - i_{k,a}) \cdot \eta''_{oi} = 2806 - (2806 - 2120) \times 0,78 = 2270 \text{ kJ/kg.}$$



5.14. – rasm.

(5.41) ifoda orqali turbinaning elektririk quvvatini aniqlaymiz:

$$N_e = [D(i_0 - i_k) - D_p(i_{\text{bug' ol. ket.}} - i_k)] \cdot \eta_m \cdot \eta_g = [10 \cdot (3117 - 2270) - 6 \cdot (2860 - 2270)] \cdot 0,98 \cdot 0,98 = 5046 \text{ kVt.}$$

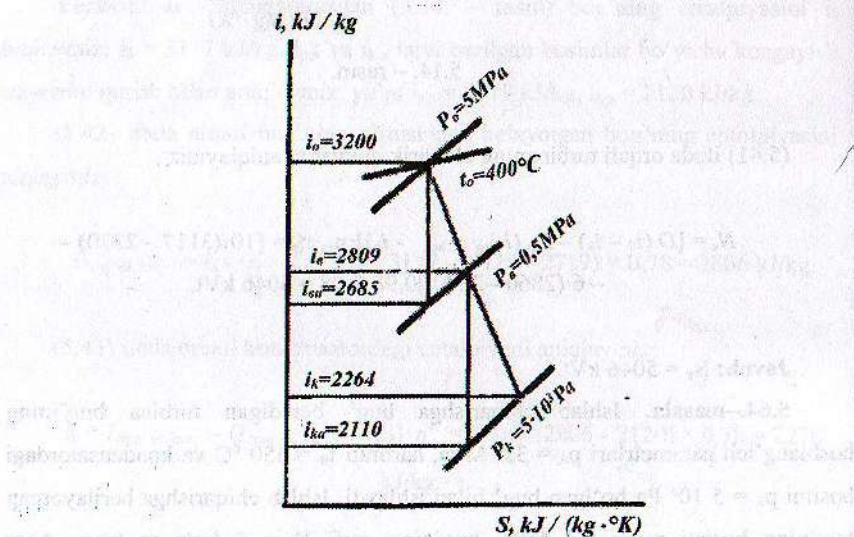
Javob: $N_e = 5046 \text{ kVt.}$

5.64.–masala. Ishlab chiqarishga bug' beradigan turbina bug'ining boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3,5 \text{ MPa}$, harorati $t_0 = 350 \text{ °C}$ va kondensatordagi bosimi $p_k = 5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lgan bug' bilan ishlaydi. Ishlab chiqarishga berilayotgan bug'ning bosimi $p_p = 0,4 \text{ MPa}$, bug'ning sarfi $D = 5 \text{ kg/s}$ ga teng. Agar turbogenerator bug'ining sarfi $D = 10 \text{ kg/s}$, yuqori bosimli qismidagi nisbiy ichki f.i.k. $i \eta'_{oi} = 0,75$, past bosimli qismidagi nisbiy ichki f.i.k. $i \eta''_{oi} = 0,78$ va mexanik f.i.k. $i \eta_m = 0,98$ bo'lsa, turbinaning effektiv quvvatini aniqlang.

Javob: $N_e = 5792$ kVt.

5.65.—masala. Boshlang'ich parametrlari $p_0 = 5$ MPa, harorati $t_0 = 400$ °C va kondensatordagi bosimi $p_k = 5 \cdot 10^3$ Pa teng bo'lgan, bug' bilan ishlaydigan kondensatsion turbina bitta oraliq bug'ni olinishiga ega. Agar turbogeneratorning elektrik quvvati $N_e = 4500$ kVt, yuqori bosimli qismidagi nisbiy ichki f.i.k. $i \eta'_{oi} = 0,76$, past bosimli qismidagi nisbiy ichki f.i.k. $i \eta''_{oi} = 0,78$, mexanik f.i.k. $i \eta_m = 0,98$, elektr generatorning f.i.k. $i \eta_g = 0,98$, ishlab chiqarishga olinayotgan bug'ning ulushi $\alpha_p = D_p / D = 0,6$ ga teng bo'lsa, sekunddagi va bug'ning solishtirma effektiv sarfini aniqlang.

Yechish: is - diagrammadan (5.15. — rasm) bug'ning entalpiyasini i_0 aniqlaymiz: $i_0 = 3200$ kJ/kg.



5.15. — rasm.

Bug'ning entalpiyalarni $i_{p,a}$ va $i_{k,a}$ adiabatik kengayish jarayonini $i-s$ - diagrammasini qurib aniqlaymiz, ya'ni $i_{p,a} = 2685$ kJ/kg, $i_{k,a} = 2110$ kJ/kg.

(5.42) ifoda orqali bug'ning olinishidan kelayotgan bug'ning entalpiyasini aniqlaymiz:

$$i_p = i_0 - (i_0 - i_{p,a})\eta'_{oi} = 3200 - (3200 - 2685) \times 0,76 = 2809 \text{ kJ/kg.}$$

(5.43) ifoda orqali kondensatordagi entalpiyani aniqlaymiz:

$$i_k = i_p - (i_p - i_{k,a})\eta''_{oi} = 2809 - (2809 - 2110) \times 0,78 = 2264 \text{ kJ/kg.}$$

(5.33) ifoda orqali turbinaning effektiv quvvatining sarfini aniqlaymiz:

$$N_e = N_c / \eta_g = 4500 / 0,98 = 4592 \text{ kVt.}$$

(5.41) ifoda orqali turbinada sarflanadigan bug'ni sarfini aniqlaymiz:

$$D = N_e / [(i_0 - i_k) - \alpha_p (i_p - i_k) \cdot \eta_m \cdot \eta_g = 4500 / [(3200 - 2264) - 0,6 (2809 - 2264)] 0,98 \times 0,98 = 7,69 \text{ kg/s.}$$

(5.40) ifoda yordamida bug'ning solishtirma sarfini aniqlang:

$$d_e = D / N_e = 7,69 \cdot 3600 / 4592 = 6,03 \text{ kg/(kVt}\cdot\text{s).}$$

Javob: $D = 7,69 \text{ kg/s; } d_e = 6,03 \text{ kg / kVt}\cdot\text{s.}$

5.66.-masala. Boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3 \text{ MPa}$, harorati $t_0 = 380^\circ\text{C}$ va kondensatordagi bosim $p_k = 3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ bo'lgach bug'ni ega bo'lgach kondensatsion turbina, bitta oralik bug'ni olishga ega, uning bosimi $p_p = 0,5 \text{ MPa}$ ga teng. Agar bug'ning sarfi $D = 4,65 \text{ kg/s}$, yuqori bosimli kismidagi nisbiy f.i.k. $i\eta'_{oi} = 0,73$, past bosimli kismdagi nisbiy f.i.k. $i\eta''_{oi} = 0,75$, turbinaning mexanik f.i.k. $i\eta_m = 0,96$,

elektr generatorining f.i.k. va $\eta_g = 0,97$ va ishlabchiqarishdagi oraliqta olinadigan bug'ning ulushi $\alpha_p = 0,5$ ga teng bo'lsa, turbinaning effektiv kuvvatini aniqlang.

Javob: $N_e = 2700$ kVt.

5.67.-masala. Bosimi $p_p = 0,14$ MPa teng bo'lgan iste'molchiga bug' yetkazib beruvchi turbinaning yukori bosimli qismida, boshlang'ich parametrlari $p_0 = 8$ MPa, $t_0 = 500$ °C bo'lgan bug' yukori bosimli qismida ichki nisbiy f.i.k. $\eta_{oi} = 0,8$ teng. Bug'ni o'zgarmas bosimda olinishida bug'ni butun turbinadan o'tishida, nisbiy ichki f.i.k. yuqori bosimli qismida $\eta_{oi} = 0,74$ gacha xolos. Agar bug'ning kondensatordagi bosimi $p_k = 6 \cdot 10^3$ Pa o'zgarmasdan qolganda, past bosimli qismidagi issiqlikning birdaniga o'zgarishini aniqlang.

Javob: $\Delta N = 10$ kJ/kg.

5.68.-masala. Agar bug'ning soplodan avvalgi birinchi pog'adan o'tishidagi bosimi $p_0 = 1,5$ MPa, va bug' tayyorlab berishdagi bosimi $p_2 = 0,3$ MPa bo'lsa, drosseli bug' taqsimlovchiga ega bo'lgan kichik quvvatli bug'ni tayyorlab beruvchi turbinaning birinchi pog'onasidaki bug'ni oraliqni o'tkazgandagi xolatda bug'ning soplodan avvalgi bosimini aniqlang.

Javob: $r_{01} = 0,794$ MPa.

6.69.-masala. Bug' etkazib beruvchi turbinada bug'ning sarfi $D = 82$ kg/s teng. Agar bug'ning sarfi $D_0 = 102$ kg/s, rostlovchi pog'ananing soplodan avvalgi bug'ning bosimi $p_0 = 7$ MPa va bug'ni etkazib berishdagi bosimi $p_2 = 3$ MPa, va bug' bo'lsa, rostlovchi pog'onadagi bug'ning soplodan avvalgi bosimini aniqlang.

Javob: $r_{01} = 6,45$ MPa.

5.70.-masala. Drosseli bug' taksimlovchiga ega bo'lgan kondensatsion turbinaning boshlang'ich bosimi $p_0 = 4,9$ MPa, va bug'ning xisoblangan sarfi $D_0 = 18$ kg/s teng. Agar klapani ochilishidagi bug'ning ulushiy sarfi $D_1 = 30,2$ kg/s ga oshsa, yuklangan klapaning ochishdagi bosimi $p_1 = 2,5$ MPa bo'lsa, yuklangan klapanidan bug'ning o'tishdagi sarfini xisoblang.

Yechish: (5.45) ifoda yordamida turbinaning yuklangan kamerasidagi bug'ning bosimini aniqlaymiz:

$$p_1 = p_1 D_1 / D_0 = 2,5 \cdot 30,2 / 18 = 4,19 \text{ MPa.}$$

Ma'lumki belgilangan pog'onalar guruxining o'tish yuzasi o'zgarmaganligi uchun, ushbu bosimlarda kritik tezlik xosil bo'lmaydi, unda pog'onalar guruxidan o'tayotgan bo'g'ning sarfi (5.44) ifodadan aniqlanadi:

$$D = D_0 \sqrt{(p_0^2 - p_1^2) / (p_0^2 - p_1^2)} = 18 \sqrt{(4,9^2 - 4,19^2) / (4,9^2 - 2,5^2)} = 10,85 \text{ kg/s}$$

Yuklangan klapanidan o'tayotgan bug'ning sarfi:

$$D_p = D_1 - D = 30,2 - 10,85 = 19,35 \text{ kg/s.}$$

Javob: $D_{\text{sarf}} = 19,35 \text{ kg/s.}$

5.5. Bug' turbinalarining kondensatorlari

Kondensatorning issiqlik balansi tenglamasidan kondensatorga yuborilayotgan sovutuvchi suvning sarfi (kg/s):

$$W = D_k (i_k - i'_k) / [(t''_s - t'_s) \cdot c_s], \quad (5.47)$$

bunda D_k - kondensatsiyalanyotgan bug'ning sarfi, kg/s;

i_k - kondensatordagi bug'ning entalpiyasi, kJ/kg;

i'_k - kondensatning entalpiyasi, kJ/kg;

c_s - sovutuvchi issiqlik sig'imi, kJ/kg $\cdot$ $^{\circ}$ K;

t''_s va t'_s - kondensatorga kirayotgan va chiqayotgan sovuq suvning harorati, °C.

Kondensator uchun sovutish (kg/kg) oralig'i:

$$m = W/D_k = (i_k - i'_k) / [(t''_v - t'_v) \cdot c_v]. \quad (5.48)$$

Bir sekund ichida kondensatorda kondensatlanayotgan bug'ga berilayotgan issiqlik (kJ/s) miqdori:

$$Q = D_k (i_k - i'_k). \quad (5.49)$$

Bir sekundda kondensatorda qabul qilingan sovutilayotgan suvning issiqlik (kJ/s) miqdori:

$$Q = W \cdot (t''_s - t'_s) \cdot c_s. \quad (5.50)$$

Kondensatorning sovush yuzasi (m^2) issiqlik uzatish ifodasidan topiladi:

$$F_k = Q / (k \cdot \Delta t_{sr}), \quad (5.51)$$

bu yerda: k - issiqlik uzatish koeffitsienti, $kVt/m^2 \cdot K$;

Δt_{cp} - kondensatordagi o'rtacha haroratlar °C ushbu ifodadan aniklanadi:

$$\Delta t_{sr} = t_{to'y b.} - (t''_s + t'_s)/2, \quad (5.52)$$

bu yerda: $t_{n.p.}$ - tuyingan bug'ning harorati, °C.

5.71.-masala. Bug' turbinasi kondensatordagi sovutilayotgan suvning sarfini aniqlang, agar kondensatlanayotgan bug'ning sarfi $D_k = 16,8$ kg/s, kondensatordagi

bug'ning entalpiyasi $i_k = 2300$ kJ/kg, kondensatordagi bug'ning bosimi $p_k = 3 \cdot 10^3$ Pa, kondensatorga kirayotgan sovutilayotgan suvning harorati $t'_s = 10$ °C, kondensatordan chiqayotgan suvning harorati to'yingan bug'ni haroratidan 5 °C ga past.

Javob: $W = 1010$ kg/s.

5.72.-masala. Bug' turbinasi kondensatordagi sovutish karraligini va sovutilgan suvning savarini aniqlang, agar kondensatsillanayotgan bug'ning sarfi $D_k = 10$ kg/s. Kondensatordagi bug'ning entalpiyasi $i_k = 2360$ kJ/kg, kondensatordagi bug'ning bosimi $p_k = 3,5 \cdot 10^3$ Pa, kondensatorga kirayotgan sovutilayotgan suvning harorati $t'_s = 13$ °C, chikayotgan suvning harorati kondensatordagi to'yilgan bug'ning haroratidan 4 °C ga past.

Yechish: To'yingan bug'ning haroratini 2-jadvaldan topamiz (ilovaga qarang). Bosimi $p_k = 3,5 \cdot 10^3$ Pa – harorat $t_{n,p} = 26,7$ °C.

Kondensatordan chiqayotgan sovutilyotgan suvning harorati:

$$t''_s = t_{n,p} - 4 = 26,7 - 4 = 22,7 \text{ °C.}$$

Bosimi $p_k = 3,5 \cdot 10^3$ Pa bo'lgan to'yingan bug'ning haroratini 2-jadvaldan aniqlaymiz: $t'_k = 111,8$.

Kondensatordan sovutilgan suvning safarini (5.47) ifodadan aniqlaymiz:

$$W = D_k \cdot (i_k - i'_k) / [t'_s - t'_s] c_s = 10 \cdot (2360 - 111,8) / [(22,7 - 13) \cdot 4,191] = 553 \text{ kg/s.}$$

Kondensatordagi sovutish oralig'ini (5.48) ifodadan aniqlanadi:

$$t = W / D_k = 553 / 10 = 55,3 \text{ kg/kg.}$$

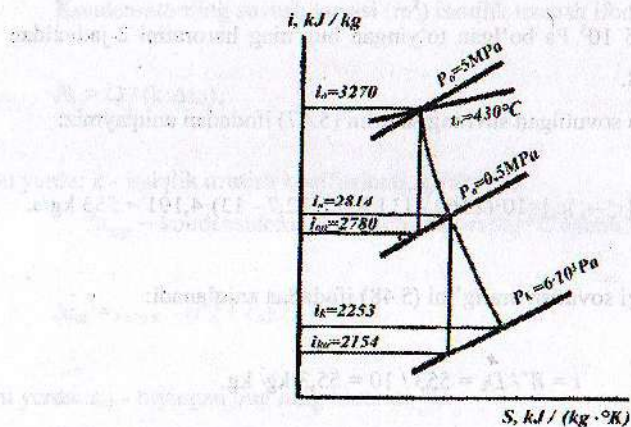
Javob: $W = 553$ kg/s; $m = 55,3$ kg/kg.

5.73.-masala. Bug' turbinasi kondensatordagi sovutish oraliq'ini toping; agar bug' kondensatorga bosimi $p_k = 3,5 \cdot 10^3$ Pa bosim bilan kirs va quruqlik darajasi $x = 0,91$ bo'lsa. Kondensatorga kirayotgan sovutilayotgan suvning harorati $t'_s = 13$ °C, chiqayotgan suvning harorati kondensatordagi to'yilgan bug'ning haroratidan 5 °C ga kam.

Javob: $m = 49,6$ kg/kg.

5.74.-masala. Bosimi $p_p = 0,5$ MPa bo'lgan oraliq bug'li kondensatsion turbina, boshlang'ich parametrlari $r_0 = 5$ MPa, $t_0 = 430$ °C va kondensatordagi bug'ning bosimi $p_k = 6 \cdot 10^3$ Pa da ishlaydi. Bug' turbinasi kondensatordagi sovutilayotgan suvning sarfini va sovutish oraliq'ini aniqlang, agar kondensatsiyalanayotgan bug'ning sarfi $D_k = 8,5$ kg/s, kondensatorga kirayotgan sovutilayotgan suvning harorati $t'_s = 12$ °C, chiqayotgan suvning harorati kondensatordagi to'yinishi bug'ning haroratidan 5 °C ga past. Ichki nisbiy f.i.k. lari yuqori bosim qismi va past bosimli qismida $\eta'_{oi} = \eta''_{oi} = 0,85$.

Yechish: Bug'ning entalpiyasini i_0 ni diagramadan (5.16.-rasm) aniqlaymiz: $i_0 = 3270$ kJ/kg.



5.16. – rasm.

Bug'ning entalpiyalari $i_{p,a}$ va $i_{k,a}$ larni is – diagramadagi bug'ning adiabatik kengayishi jarayonidan boshlang'ich jarayonidan to oxiri xolatigacha aniqlaymiz:

$$i_{p,a} = 2734 \text{ kJ/kg}; i_{k,a} = 2154 \text{ kJ/kg}.$$

Otbordan tushayotgan bug'ning entilpiyasini (5.42) ifodadan aniqlaymiz:

$$i_p = i_0 - (i_0 - i_{p,a}) \eta_{oi} = 3280 - (3270 - 2734) \times 0,85 = 2814 \text{ kJ/kg}.$$

Kondensatordagi bug'ning entalpiyasi (5.43) ifodadan aniqlanadi:

$$i_k = i_p - (i_p - i_{k,a}) \eta_{oi} = 2814 - (2814 - 2154) \times 0,85 = 2253 \text{ kJ/kg}.$$

Kondensatorning entalpiyasini va bosimi $p_k = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ butun to'yingan bug'ning haroratini 2-jadvaldan aniqlaymiz:

$$i'_k = 355,9 \text{ kJ/kg}; t_{n,p} = 85^\circ\text{C}.$$

Kondensatordan chiqayotgan sovutilayotgan suvning harorati:

$$t''_s = t_{n,p} - 6 = 85 - 6 = 79^\circ\text{C}.$$

Kondensator uchun sovutilyotgan suvning sarfini (5.47) ifodadan aniqlaymiz:

$$W = D_k(i_k - i'_k) / [(t'_s - t'_s)s_v] = 8,5 (2253 - 355,9) / [(79 - 12) \cdot 4,19] = 57,44 \text{ kg/s}.$$

Kondensator uchun sovutilyotgan oralg'ini (5.48) ifodadan aniqlanadi:

$$t = W / D_k = 57,44 / 8,5 = 6,76 \text{ kg/kg}.$$

Javob: $W = 57,44 \text{ kg/s}$; $m = 6,76 \text{ kg/kg}$.

5.75.—masala. Bosimi $p_n = 0,4 \text{ MPa}$ ga ega bo'lgan olinishini birinchi oralig'ini kondensatsion turbina boshlang'ich parametrlari bosimi $p_0 = 3 \text{ MPa}$, $t_0 = 380^\circ\text{C}$ va kondensatordagi bug'ning bosimi $p_k = 4 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ da ishlaydi. Agar kondensatsiyalanayotgan bug'ning sarfi $D_k = 8,5 \text{ kg/s}$, kondensatorga kiruvchi sovutuvchi suvning harorati $t'_s = 11^\circ\text{C}$, kondensatordan chiquvi suvning harorati $t''_s = 12^\circ\text{C}$, yuqori bosimli jisimning ichki nisbiy f.i.k. $i \eta_{oi} = 0,74$ va past bosimli jisimning ichki nisbiy f.i.k. $i \eta_{oi} = 0,76$ bo'lsa, bug' turbinasi kondensatori uchun sovutilayotgan suvning qisqarishi va sovutilayotgan suvning sarfini aniqlang.

Javob: $W = 444,5 \text{ kg/s}$; $m = 52,3 \text{ kg/kg}$.

5.76.—masala. Kondensatsion turbina boshlang'ich parametrlari $p_0 = 3,5 \text{ MPa}$, $t_0 = 435^\circ\text{C}$ va bug'ning kondensatordan bosimi $p_k = 4 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ da ishlaydi. Turbina kondensatori berilayotgan kondensatsiyalanayotgan bug'ning issiqlik miqdorini toping. Agar kondensatlanganayotgan bug'ning sarfi $D_k = 12 \text{ kg/s}$ va turbinaning ichki nisbiy f.i.k. $i \eta_{oi} = 0,76$ bo'lsa.

Javob: $Q = 27348 \text{ kJ/s}$.

5.77.—masala. Bug' turbinasi kondensatordagi qabul qilingan sovuq suvning issiqlik miqdorini aniqlang. Agar kondensatsiyalanayotgan bug'ning sarfi $D_k = 8,5 \text{ kg/s}$, sovutish darajasi $m = 54 \text{ kg/s}$, kondensatordagi bug'ning bosimi $p_k = 3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$, sovutilayotgan suvning kondensatorga kirishdagi harorati $t'_s = 12^\circ\text{C}$ va kondensatorga kirishdagi harorat kondensatordagi to'yingan bug'ning harorati 4°C past.

Javob: $Q = 15386 \text{ kJ/s}$.

5.78.—masala. Effektiv kuvvati $N_e = 2600 \text{ kVt}$ ga va bug'ning solishtirma sarfi $d_e = 6,5 \text{ kg/kVt}\cdot\text{s}$ bo'lgan bug' turbinasi uchun kondensatordagi qabul qilingan sovutilgan suvning issiqlik miqdorini aniqlang. Agar sovutish darajasi $m = 55 \text{ kg/s}$, kondensatorga kirayotgan sovutilayotgan suvning harorati $t'_v = 10,5^\circ\text{C}$ va kondensatordan chiqayotgan suvning harorati $t''_s = 21^\circ\text{C}$.

Javob: $Q = 11374 \text{ kJ/s}$.

5.79.-masala. Effektiv quvvati $N_e = 2000$ kVt va bug'ning solishtirma sarfi $d_e = 5,5$ kg/kVt-ik bo'lgan bug' turbinasi uchun turbina kondensatori sovutilish yuzasini toping. Agar kondensatordagi bug'ning entalpiyasi $i_k = 2350$ kJ/kg, kondensatordagi bug'ning bosimi $p_k = 5 \cdot 10^3$ Pa, issiqlik uzatish koeffitsienti $k = 3,9$ kVt/m²·°K va kondensatordagi o'rtacha harorati farki $\Delta t_{o,r} = 10$ °C.

Javob: $F_k = 173,3$ m².

5.80.-masala. Effektiv quvvati ega bo'lgan kondensatsion turbina $N_e = 6000$ kVt, solishtirma sarfi $d_e = 8,8$ kg/kVt-ik bo'lgan turbina, boshlang'ich parametrlari $p_0 = 5$ MPa, $t_0 = 430$ °C va bug'ning kondensatordagi bosimi $p_k = 8 \cdot 10^3$ Pa da ishlaydi. Agar kondensatordagi kirishdagi sovutilayotgan suvning harorati $t'_v = 15$ °C, kondensatordan chiqadigan suvning harorati $t''_s = 25$ °C, issiqlik uzatish koeffitsienti $k = 6$ kVt/m²·°K, turbinaning ichki nisbiy f.i.k. va $\eta'_{oi} = 0,76$ bo'lsa, turbina kondensatorini sovutilish yuzasini toping.

Yechish: Kondensatsiolanyotgan bug'ning sarfini (5.40) ifodadan aniqlaymiz:

$$D = D_k = d_e \cdot N_e / 3600 = 8,8 \cdot 6000 / 3600 = 14,67 \text{ kg/s.}$$

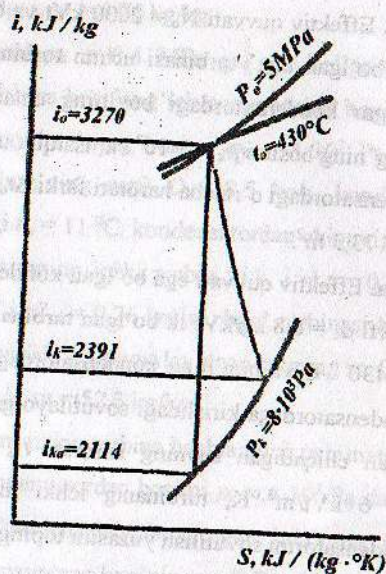
Bug'ning entalpiyasini i_0 ni i-s - diagramadan aniqlaymiz (5.17.- rasm) $i_0 = 3270$ kJ/kg.

Bug'ning entalpiyasi i_{ka} ni is - diagramadagi bug'ning adiabatik kengayish jarayoniga kirishi orqali topamiz: $i_{ka} = 2114$ kJ/kg.

Kondensatordagi bug'ning entalpiyasi:

$$i_k = i_0 - (i_0 - i_{ka})\eta_{oi} = 3270 - (3270 - 2114) \times 0,76 = 2391 \text{ kJ/kg.}$$

Kondensatorning entalpiyasi bosimi $p_k = 8 \cdot 10^3$ Pa ni 2-jadvaldan topamiz: $t'_k = 170$ kJ/kg.



5.17. - rasm.

Bir sekundagi kondensatorga berilyotgan kondensatsiyolonayotgan bug'ning issiqlik miqdorini (5.49) ifodadan aniqlanadi:

$$Q = D_k (i_k - i'_k) = 14,67 (2391 - 170) = 32582 \text{ kJ/ik.}$$

To'yingan bug'ning haroratini 2-jadvaldan topamiz (ilovoga qarang). Bosimi $p_k = 8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ – harorat $t_{n,p} = 40,6^\circ \text{C}$.

Kondensatordagi o'rtacha haroratlar farqi (5.52) ifodadan aniqlanadi:

$$\Delta t_{o,r} = t_{n,p} - (t'_s + t''_s)/2 = 40,6 - (15 + 25)/2 = 20,6^\circ \text{C.}$$

Kondensatorning sovutish yuzasi (5.51) ifodadan aniqlanadi:

$$F_k = Q / (k \cdot \Delta t_{0r}) = 32582 / (6 \cdot 20,6) = 263,6 \text{ m}^2.$$

Javob: $F_k = 263,6 \text{ m}^2$.

5.81.—masala. Agar kondensator uchun sovutilyotgan suvning sarfi $W = 450$ kg/s, sovutilish darajasi $m = 55$ kg/kg, kondensatordagi bug'ning entalpiyasi $i_k = 2400$ kJ / kg, kondensatordagi bug'ning bosimi $p_k = 4 \cdot 10^3$ Pa, kondensatorga kirishdagi sovutilayotgan suvning harorati $t'_s = 12$ °C, kondensatordagi chiqishdagi suvning harorati $t''_s = 22$ °C va issiqlik uzatish koeffitsienti $k = 3,7$ kVt/m²·°K bo'lsa, turbina kondensatorinig sovutish yuzasini toping.

Javob: $F_k = 420,9 \text{ m}^2$.

5.82.—masala. Turbina kondensatordagi o'rtacha xaroratlari farqini toping. Agar kondensatsiyalanyotgan bug'ning sarfi $D_k = 7,6$ kg/s, kondensatordagi bug'ning entalpiyasi $i_k = 2300$ kJ/kg, kondensatordagi bug'ning bosimi $p_k = 3,5 \cdot 10^3$ Pa, kondensatorning sovutish yuzasi $F_k = 410 \text{ m}^2$ va issiqlik uzatish koeffitsienti $k = 3,65$ kVt/m²·°K.

Javob: $\Delta t_{0r} = 11,3$ °C.

5.83.—masala. Turbina kondensatorinig o'rtacha haroratlari farqini toping. Agar kondensatsiyalanyotgan bug'ning sarfi $D_k = 7,8$ kg/s sovutish karraligi $m = 55$ kg/kg, kondensatordagi sovytilyotgan suvning harorati $t'_s = 12$ °C, chiqayotgan suvning harorati kondensatordagi to'yinish bug'idan 6 °C ga past. Kondensatorning sovutilish yuzasi $F_k = 430 \text{ m}^2$ va issiqlik uzatish koeffitsienti $k = 4$ kVt/m²·°K.

Javob: $\Delta t_{0r} = 11,5$ °C.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. Mirziyoyev SH. M. Erkin va farovon demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. Toshkent, "O'zbekiston" NMIU, 2017. – 29 bet.
2. Mirziyoyev SH. M. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. "O'zbekiston" NMIU, 2017. – 47 bet.
3. Mirziyoyev SH. M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. "O'zbekiston" NMIU, 2017. – 485 bet.
4. Tarik Al-Shemmeri. Engineering Thermodynamics. Tarik Al-Shemmeri & Ventus Publishing APS, 2010, ISBN 978-87-7681-670-4.
5. Nag P. K., Engineering Thermodynamics. Tata McGraw-Hill Education, India, 2005.
6. Zoxidov R. A., Avezov R. R. «Issiqlik texnikasining nazoriy asoslari». O'quv qo'llanma. Toshkent: TDTU, 2006. – 200 bet.
7. Панкратов Г. П. Сборник задач по теплотехнике. Учебное пособие для неэнергетических специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1986. – 248 с.
8. Бухмиров В. В., Щербакова Г. П., Пекунова А. В. Теоретические основы теплотехники в примерах и задачах. Учебное пособие. – Иваново, ИГЭУ, 2013. – 128 с.
9. Александров А. А., Григорьев Б. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник. Рек. Гос. службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98 - М.: Издательство МЭИ. 1999.-168 с.
10. Коновалов В. И. Техническая термодинамика. Учебник для вузов. - 2005. - 620 с.
11. Рабинович О. М. Сборник задач по технической термодинамике. - М.: Машиностроение, 1969. - 376 с.

12. Tadjiev Yu. D., Ablyalimov O. S. «Termodinamika va issiqlik texnikasi».
«To'g'ri termodinamik gaz tsiklini yechish» amaliy mashg'ulotlar o'tkazish uchun
uslubiy ko'rsatma. Toshkent: TTYMI, 2008. – 17 bet.

13. Tadiyev Yu. D., Ablyalimov O. S., Agapov N. V. Termodinamika va
issiqlik texnikasi. Laboratoriya bajarish uchun uslubiy ko'rsatma. Toshkent:
TTYMI, 2008. – 68 bet.

14. Tadjiev Yu. D., Termodinamika va issiqlik texnikasi. O'quv qo'llanma.
Toshkent: ToshTYMI, 2011. – 97 bet.

15. Ablyalimov O. S., Xismatulin M. I. Termodinamika. O'zbekiston
Respublikasi Oliy va o'rta ta'lim vazirligi tomonidan Oliy o'quv yurtlari noissiklik-
energetika bakalavriat ta'lim yo'nalishi talabalari uchun darslik sifatida tavsiya
etilgan. - Toshkent. «Ijod-Press» nashriyoti, 2019. 416 bet.

16. Ablyalimov O. S. Termodinamika [Matn]: o'quv qo'llanma / O. S.
Ablyalimov. – Toshkent : «O'zbekiston xalqaro islom akademiyasi» nashriyot-
matbaa birlashmasi, 2020. – 192 bet.

Suv va suv bug'i teplofizik ko'rsatkichlari bo'yicha ma'lumotlari

1-jadval

1 m³ Gaz va nam havoning (kJ/m³) entalpiyalarinig 1 kg kulga(kJ/kg) bo'lgan nisbati

$t, ^\circ\text{C}$	$(c_p)_{\text{CO}_2}$	$(c_p)_{\text{N}_2}$	$(c_p)_{\text{O}_2}$	$(c_p)_{\text{H}_2\text{O}}$	$(s_g)_v$	$(s_g)_v$
1	2	3	4	5	6	7
100	169	130	132	151	132	80,8
200	357	260	267	304	266	169,1
300	559	392	407	463	403	263,7
400	772	527	552	626	542	360,0
500	996	664	699	794	684	458,5
600	1222	804	850	967	830	560,6
700	1461	946	1005	1147	979	662,9
800	1704	1093	1160	1335	1130	767,6
900	1951	1243	1319	1524	1281	874,0
1000	2202	1394	1478	1725	1436	984,0
1100	2457	1545	1637	1926	1595	1096,0
1200	2717	1695	1800	2131	1754	1206,0
1300	2976	1850	1963	2344	1913	
1400	3240	2009	2127	2558	2076	
1500	3504	2164	2294	2779	2239	
1600	3767	2323	2461	3001	2403	
1700	4035	2482	2629	3227	2566	
1800	4303	2642	2796	3458	2729	
1900	4571	2805	2968	3688	2897	
2000	4843	2964	3139	3926	3064	
2100	5115	3127	3307	4161	3232	
2200	5387	3290	3483	4399	3399	

Eslatma. Nam havoning $(s_g)_h$ entalpiyasi nam saqlanishi $d_g = 10 \text{ g/m}^3$ teng bo'lganida olinadi.

Quruq to'yingan bug'ning va suvning to'yinish chizig'idagi xolatlari

(bosim bo'yicha)

r , MPa	t_b , °C	v' , m ³ /kg	v'' , m ³ /kg	i' , kJ/kg	i'' , kJ/kg	s' , kJ/(kg·°K)	s'' , kJ/(kg·°K)
1	2	3	4	5	6	7	8
0,0010	6,936	0,0010001	130,04	29,18	2513,4	0,1053	8,9749
0,0015	13,001	0,0010007	88,38	54,61	2524,7	0,1952	8,8268
0,0020	17,486	0,0010014	67,24	73,40	2533,1	0,2603	8,7227
0,0025	21,071	0,0010021	54,42	88,36	2539,5	0,3119	8,6424
0,0030	24,078	0,0010028	45,77	100,93	2545,3	0,3547	8,5784
0,0035	26,674	0,0010035	39,56	111,8	2549,9	0,3912	8,5222
0,0040	28,95	0,0010042	34,93	121,33	2553,7	0,4225	8,4737
0,005	32,89	0,0010054	28,24	137,79	2560,9	0,4764	8,3943
0,010	45,82	0,0010102	14,70	191,84	2583,9	0,6496	8,1494
0,020	60,08	0,0010171	7,652	251,48	2609,2	0,8324	7,9075
0,025	64,99	0,0010198	6,201	272,03	2617,6	0,8934	7,8300
0,030	69,12	0,0010223	5,232	289,30	2624,6	0,9441	7,7673
0,04	75,87	0,0010264	3,999	317,02	2636,3	1,0261	7,6710
0,05	81,33	0,0010299	3,243	340,53	2645,2	1,0912	7,5923
0,10	99,62	0,0010432	1,696	417,47	2674,9	1,3026	7,3579
0,20	120,23	0,0010606	0,8860	504,74	2706,8	1,5306	7,1279
0,30	133,54	0,0010733	0,6055	561,7	2725,5	1,6716	6,9922
0,5	151,84	0,0010927	0,3749	640,1	2748,8	1,8605	6,8221
0,6	158,84	0,0011009	0,3156	670,6	2756,9	1,9311	6,7609
0,7	164,96	0,0011081	0,2728	697,2	2763,7	1,9923	6,7090

0,8	170,41	0,0011149	0,2403	720,9	2769,0	2,0461	6,6630
0,9	175,36	0,0011213	0,2149	742,7	2773,7	2,0945	6,6223
1,0	179,88	0,0011273	0,1945	762,4	2777,8	2,1383	6,5867
1,5	198,28	0,0011538	0,1317	844,5	2791,8	2,3148	6,4458
2,0	212,37	0,0011768	0,09961	908,6	2799,2	2,4471	6,3411
3,0	233,83	0,0012164	0,06663	1008,4	2803,1	2,6455	6,1859
4,0	250,33	0,0012520	0,04977	1087,5	2800,6	2,7965	6,0689
5,0	263,91	0,0012858	0,03943	1154,2	2793,9	2,9210	5,9739
6,0	275,56	0,0013185	0,03243	12(3,9	2784,4	3,0276	5,8894
7,0	285,80	0,0013510	0,02738	1267,6	2772,3	3,1221	5,8143
8,0	294,98	0,0013838	0,02352	1317,3	2758,6	3,2079	5,7448
9,0	303,31	0,0014174	0,02049	1363,9	2742,6	3,2866	5,6783
10,0	310,96	0,0014522	0,01803	1407,9	2724,8	3,3601	5,6147
12,0	32, 64	0,001527	0,01426	1491,1	2684,6	3,4966	5,4930
14,0	336,63	0,001611	0,01149	1570,8	2637,9	3,6233	5,3731
16,0	347,32	0,001710	0,009319	1649,6	2581,7	3,7456	5,2478
16,0	356,96	0,001839	0,007505	1732,2	2510,6	3,8708	5,1054
20,0	365,72	0,00203	0,00586	1826,8	2410,3	4,0147	4,9280
22,0	373,71	0,00269	0,00378	2009,7	2195,6	4,2943	4,5815

0,8	170,41	0,0011149	0,2403	720,9	2769,0	2,0461	6,6630
0,9	175,36	0,0011213	0,2149	742,7	2773,7	2,0945	6,6223
1,0	179,88	0,0011273	0,1945	762,4	2777,8	2,1383	6,5867
1,5	198,28	0,0011538	0,1317	844,5	2791,8	2,3148	6,4458
2,0	212,37	0,0011768	0,09961	908,6	2799,2	2,4471	6,3411
3,0	233,83	0,0012164	0,06663	1008,4	2803,1	2,6455	6,1859
4,0	250,33	0,0012520	0,04977	1087,5	2800,6	2,7965	6,0689
5,0	263,91	0,0012858	0,03943	1154,2	2793,9	2,9210	5,9739
6,0	275,56	0,0013185	0,03243	12(3,9	2784,4	3,0276	5,8894
7,0	285,80	0,0013510	0,02738	1267,6	2772,3	3,1221	5,8143
8,0	294,98	0,0013838	0,02352	1317,3	2758,6	3,2079	5,7448
9,0	303,31	0,0014174	0,02049	1363,9	2742,6	3,2866	5,6783
10,0	310,96	0,0014522	0,01803	1407,9	2724,8	3,3601	5,6147
12,0	32, 64	0,001527	0,01426	1491,1	2684,6	3,4966	5,4930
14,0	336,63	0,001611	0,01149	1570,8	2637,9	3,6233	5,3731
16,0	347,32	0,001710	0,009319	1649,6	2581,7	3,7456	5,2478
16,0	356,96	0,001839	0,007505	1732,2	2510,6	3,8708	5,1054
20,0	365,72	0,00203	0,00586	1826,8	2410,3	4,0147	4,9280
22,0	373,71	0,00269	0,00378	2009,7	2195,6	4,2943	4,5815

Qurug' to'yingan bug'ning va suvning to'yinish chizig'idagi xolatlar
(harorat bo'yicha)

$t, ^\circ\text{C}$	r, MPa	$v, \text{m}^3/\text{kg}$	$v'', \text{m}^3/\text{kg}$	$i', \text{kJ/kg}$	$i'', \text{kJ/kg}$	$s', \text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{K})$	$s'', \text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{K})$
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,0006108	0,0010002	206,3	0,000	2500,8	0	9,1544
5	0,0008718	0,0010001	147,2	21,06	2510,0	0,0762	9,0242
10	0,0012271	0,0010004	106,42	42,04	2519,2	0,1511	8,8995
15	0,001704	0,0010010	77,97	62,97	2528,4	0,2244	8,7806
20	0,002337	0,0010018	57,84	83,90	2537,2	0,2964	8,6663
25	0,003167	0,0010030	43,40	104,80	2546,4	0,3672	8,5570
30	0,004241	0,0010044	32,93	125,69	2555,6	0,4367	8,4523
35	0,005622	0,0010060	25,25	146,58	2564,8	0,5049	8,3518
40	0,007375	0,0010079	19,55	167,51	2573,6	0,5723	8,2560
45	0,009582	0,0010099	15,28	188,41	2582,4	0,6385	8,1638
50	0,012335	0,0010124	12,05	209,30	2591,6	0,7038	8,0751
55	0,015741	0,0010145	9,578	230,19	2600,4	0,7679	7,9901
60	0,01992	0,0010171	7,678	251,12	2609,2	0,8311	7,9084
65	0,02501	0,0010199	6,201	272,06	2617,6	0,8935	7,8297
70	0,03116	0,0010228	5,045	292,99	2626,4	0,9550	7,7544
75	0,03855	0,0010258	4,133	313,97	2034,8	1,0157	7,6819

80	0,04736	0,0010290	3,409	334,94	2643,1	1,0752	7,6116
85	0,05780	0,0010324	2,828	355,96	2651,5	1,1342	7,5438
90	0,07011	0,0010359	2,361	376,98	2659,5	1,1924	7,4785
95	0,08452	0,0010396	1,982	398,04	2667,8	1,2502	7,4157
100	0,10132	0,0010435	1,673	419,10	2675,8	1,3071	7,3545
105	0,12080	0,0010474	1,419	440,20	2683,3	1,3632	7,2959
110	0,14327	0,0010515	1,210	461,34	2691,3	1,4185	7,2386
115	0,16906	0,0010558	1,037	482,53	2698,8	1,4725	7,1833
120	0,19854	0,0010603	0,8917	503,7	2706,3	1,5278	7,1289
125	0,23208	0,0010649	0,7704	525,0	2713,5	1,5814	7,0778
130	0,27011	0,0010697	0,6683	546,4	2720,6	1,6345	7,0271
135	0,3130	0,0010747	0,5820	567,7	2727,3	1,6869	6,9781
140	0,3614	0,0010798	0,5087	589,1	2734,0	1,7392	6,9304
145	0,4155	0,0010851	0,4461	610,4	2740,3	1,7907	6,8839
150	0,4760	0,0010906	0,3926	632,2	2746,5	1,8418	6,8383
155	0,5433	0,0010962	0,3465	653,6	2752,4	1,8924	6,7939
160	0,6180	0,0011021	0,3068	675,3	2757,8	1,9427	6,7508
165	0,7008	0,0011081	0,2725	697,5	2763,7	1,9925	6,7081
170	0,7920	0,0011144	0,2426	719,3	2768,7	2,0419	6,6666
175	0,8925	0,0011208	0,2166	741,1	2773,3	2,0909	6,6256
180	1,0027	0,0011275	0,1939	763,3	2778,4	2,1395	6,5858

185	1,1234	0,0011344	0,1739	785,4	2782,5	2,1876	6,5465
190	1,2553	0,0011415	0,1564	807,6	2786,3	2,2358	6,5075
195	1,3989	0,0011489	0,1409	829,8	2789,7	2,2835	6,4699
200	1,5550	0,0011565	0,1272	852,4	2793,0	2,3308	6,4318
205	1,7245	0,0011644	0,1150	875,0	2795,5	2,3777	6,3945
210	1,9080	0,0011726	0,1044	897,6	2798,0	2,4246	6,3577
215	2,1052	0,0011812	0,09465	920,7	2800,1	2,4715	6,3212
220	2,3202	0,0011900	0,08606	943,7	2801,4	2,5179	6,2848
225	2,5504	0,0011992	0,07837	967,2	2802,6	2,5640	6,2488
230	2,7979	0,0012087	0,07147	990,2	2803,1	2,6101	6,2132
235	3,0635	0,0012187	0,06527	1014,0	2803,4	2,6561	6,1780
240	3,3480	0,0012291	0,05967	1037,5	2803,1	2,7022	6,1425
245	3,6524	0,0012399	0,05462	1061,8	2802,6	2,7478	6,1073
250	3,978	0,0012512	0,05005	1086,1	2801,0	2,7934	6,0721
255	4,325	0,0012631	0,04591	1110,3	2788,9	2,8395	6,0365
260	4,694	0,0012755	0,04215	1135,0	2796,4	2,8851	6,0014
265	5,088	0,0012886	0,03872	1160,2	2783,4	2,9308	5,9658
270	5,505	0,0013023	0,03560	1185,3	2789,7	2,9764	5,9298
275	5,949	0,0013168	0,03275	1210,8	2785,1	3,0225	5,8938
280	6,419	0,0013321	0,03013	1236,8	2779,6	3,0685	5,8573
285	6,918	0,0013483	0,02774	1263,2	2773,3	3,1146	5,8201

290	7,445	0,0013655	0,02553	1290,0	2766,2	3,1610	5,7824
295	8,002	0,0013839	0,02351	1317,2	2758,3	3,2079	5,7443
300	8,592	0,0014036	0,02164	1344,8	2749,1	3,2548	5,7049
305	9,213	0,001425	0,01992	1373,3	2739,0	3,3025	5,6647
310	9,809	0,001447	0,01831	1402,2	2727,3	3,3507	5,6233
315	10,561	0,001472	0,01683	1431,9	2714,3	3,3997	5,5802
320	11,290	0,001499	0,01545	1462,0	2699,6	3,4495	5,5354
325	12,057	0,001529	0,01417	1493,4	2683,3	3,5002	5,4893
330	12,864	0,001562	0,01297	1526,1	2665,7	3,5521	5,4412
335	13,715	0,001599	0,01184	1559,6	2645,2	3,6057	5,3905
340	14,608	0,001639	0,01078	1594,8	2621,8	3,6605	5,3361
345	15,547	0,001686	0,09771	1632,0	2595,4	3,7183	5,2770
350	16,537	0,001741	0,08805	1671,4	2564,4	3,7786	5,2117
355	17,577	0,001807	0,007869	1714,1	2527,2	3,8439	5,1385
360	18,674	0,001894	0,006943	1761,4	2481,1	3,9163	5,0530
365	19,830	0,00202	0,00600	1817,5	2420,8	4,0009	4,9463
370	21,053	0,00222	0,00493	1892,4	2330,8	4,1135	4,7951
375	22,087	0,00280	0,00301	2031,9	2171,7	4,3258	4,5418

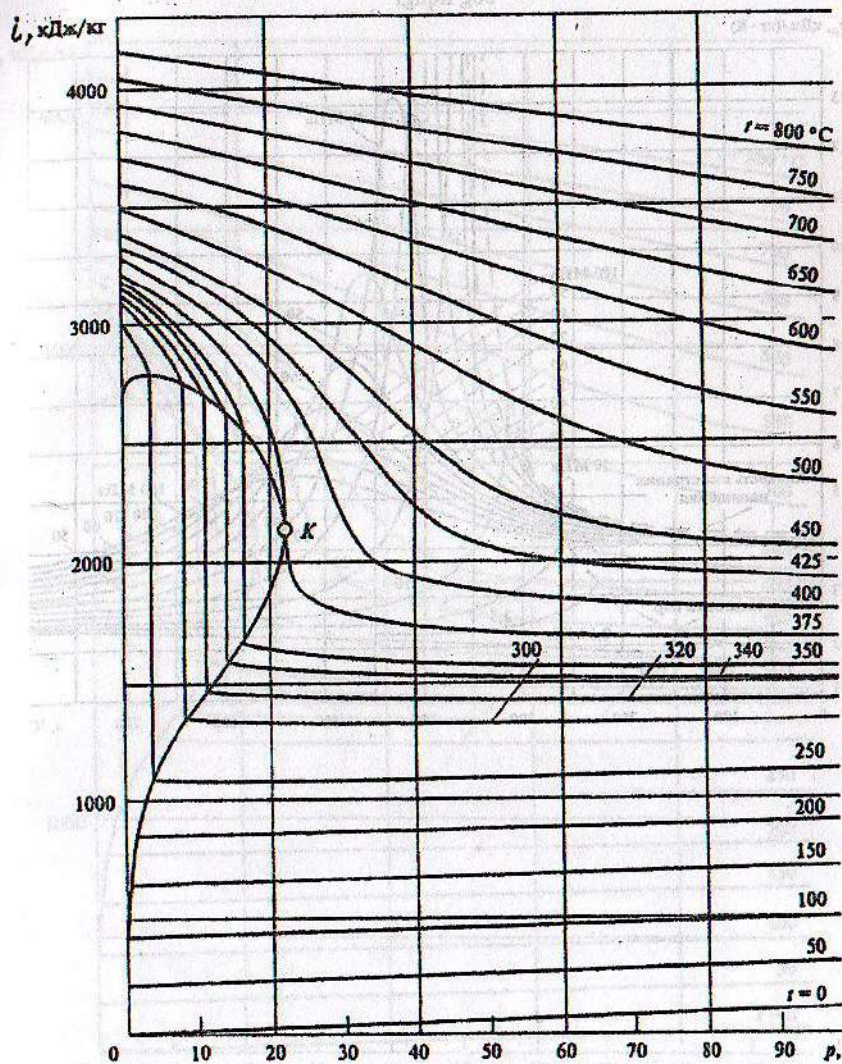
To'yinish chizig'ida Freon - 12 ning termodinamik xususiyatlari

$t, ^\circ\text{C}$	p, MPa	$v_g, \text{m}^3/\text{kg}$	$v_l, \text{m}^3/\text{kg}$	$i_g, \text{kJ/kg}$	$i_l, \text{kJ/kg}$	$s_g, \text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{K})$	$s_l, \text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{K})$
-39	0,06730	0,0006605	0,2337	384,06	554,63	4,0513	4,7797
-35	0,08070	0,0006658	0,1973	387,46	556,59	4,0655	4,7759
-30	0,10044	0,0006725	0,1613	391,73	559,06	4,0832	4,7716
-25	0,12369	0,0006793	0,1331	396,07	561,54	4,1007	4,7675
-20	0,15094	0,0006868	0,1107	400,44	563,96	4,1180	4,7642
-15	0,18257	0,0006940	0,09268	404,92	566,39	4,1353	4,7610
-10	0,21904	0,0007018	0,08713	409,44	568,82	4,1525	4,7583
-5	0,16080	0,0007092	0,06635	414,00	571,16	4,1695	4,7558
0	0,30848	0,0007173	0,05667	418,65	573,51	4,1865	4,7536
+5	0,36234	0,0007257	0,04863	423,34	578,81	4,2033	4,7515
+10	0,42289	0,0007342	0,04204	428,11	578,07	4,2201	4,7498
+15	0,49094	0,0007435	0,03648	432,97	580,29	4,2368	4,7481
+20	0,56653	0,0007524	0,03175	437,87	582,42	4,2534	4,7406
+25	0,65062	0,0007628	0,02773	442,81	584,48	4,2699	4,7451
+30	0,74324	0,0007734	0,02433	447,83	586,44	4,2864	4,7437

To'yinish chizig'ida ammiakning (NH_3) termodinamik xususiyatlari

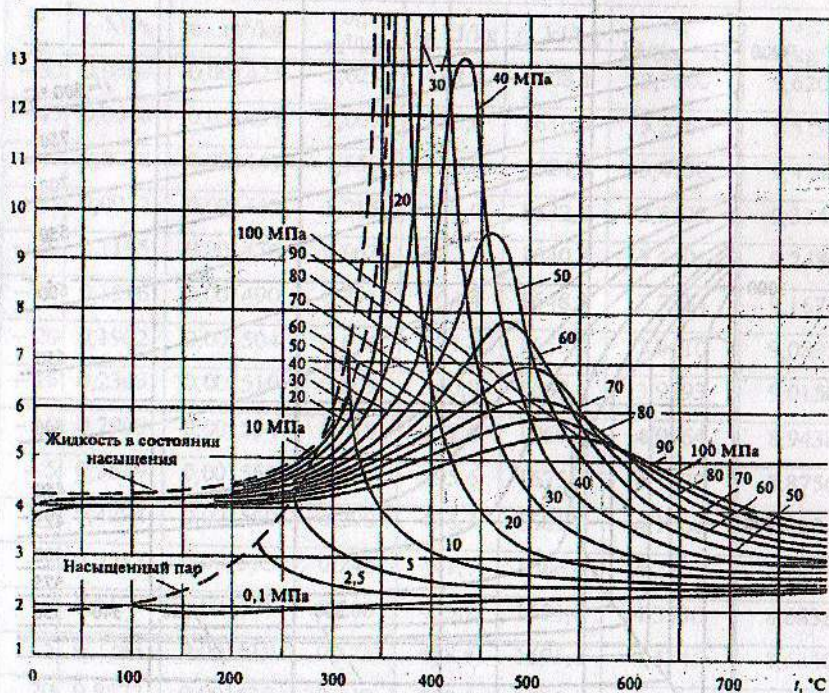
$t, ^\circ\text{C}$	r, MPa	$v_u, \text{m}^3/\text{kg}$	$v_l, \text{m}^3/\text{kg}$	$i_u, \text{kJ/kg}$	$i_l, \text{kJ/kg}$	$s_u, \text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{K})$	$s_l, \text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{K})$
-50	0,0409	0,001425	2,623	193,4	1608,1	3,3000	9,6204
-45	0,0546	0,001437	2,007	215,6	1616,5	3,3767	9,5199
-40	0,0718	0,001449	1,550	237,8	1624,9	3,4730	9,4245
-35	0,0932	0,001462	1,215	260,0	1632,8	3,5672	9,3341
-30	0,1195	0,001476	0,963	282,2	1640,8	3,6601	9,2486
-25	0,1516	0,001490	0,771	304,4	1648,3	3,7514	9,1674
-20	0,1902	0,001504	0,624	327,4	1655,4	3,8410	9,0895
-15	0,2363	0,001519	0,509	350,0	1662,6	3,9293	9,0150
-10	0,2909	0,001534	0,418	372,6	1069,3	4,0164	8,9438
-5	0,3549	0,001550	0,347	395,6	1675,1	4,1022	8,8756
0	0,4294	0,001560	0,290	418,7	1681,0	4,1868	8,8094
5	0,5517	0,001583	0,244	441,7	1686,4	4,2705	8,7458
10	0,6150	0,001601	0,206	465,2	1691,0	4,3530	8,6838
15	0,7283	0,001619	0,175	488,6	1695,6	4,4346	8,6240
20	0,8572	0,001639	0,149	512,5	1699,4	4,5155	8,5658
25	1,0027	0,001659	0,128	536,3	1703,2	4,5954	8,5092
30	1,1665	0,001680	0,111	581,1	1705,7	4,6746	8,4536
35	1,3499	0,001702	0,096	584,9	1708,2	4,7528	8,3991
40	1,5544	0,001726	0,083	609,2	1709,9	4,8307	8,3455
45	1,7814	0,001750	0,073	633,9	1710,7	4,9078	8,2928
50	2,0326	0,001777	0,064	659,0	1711,1	4,9840	8,2400

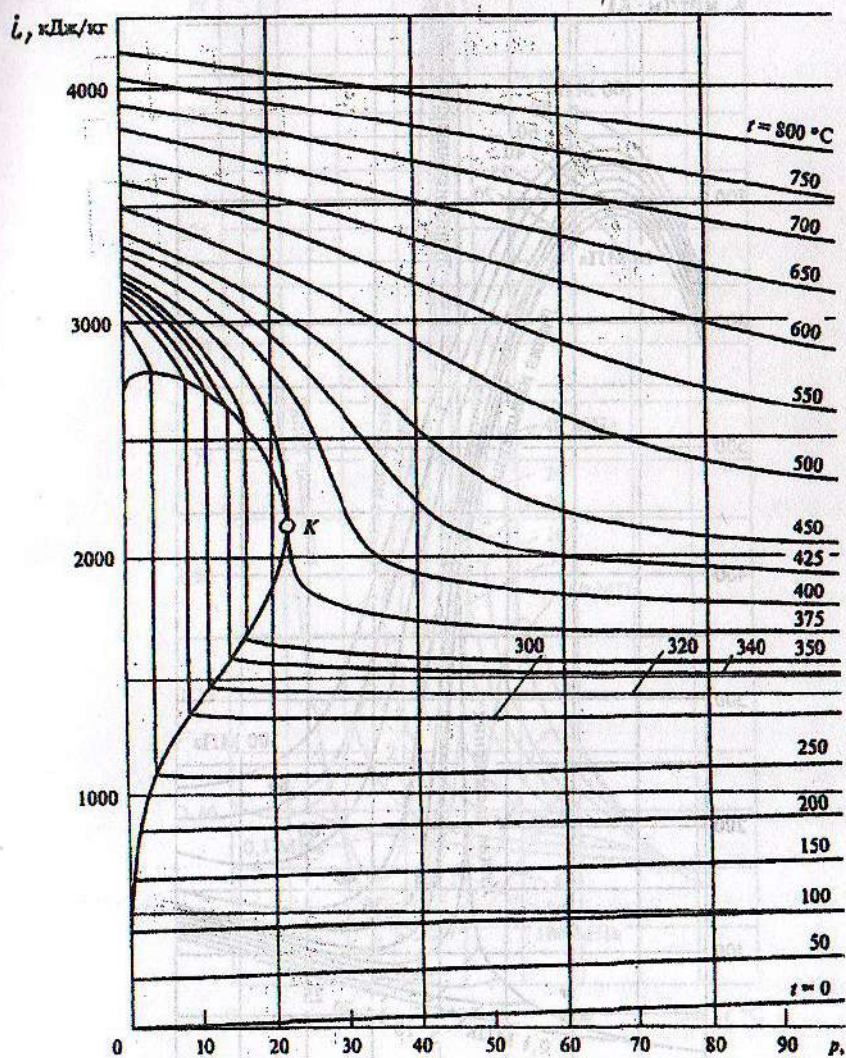
1-rasm. Suv va suv bug'larining solishtirma entalpiya harorat va bosimga bog'liqligi



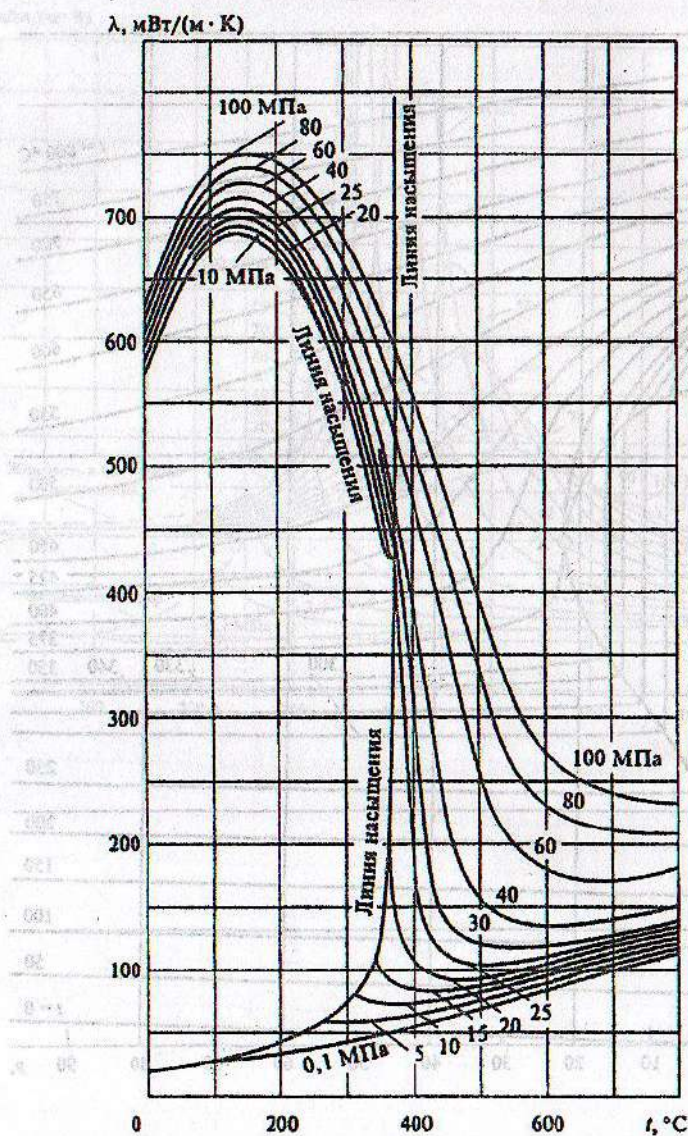
2-rasm. Suv va suv bug'larining isobarik issiqlik sig'imining harorat va bosimga bog'liqligi

$c_p, \text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

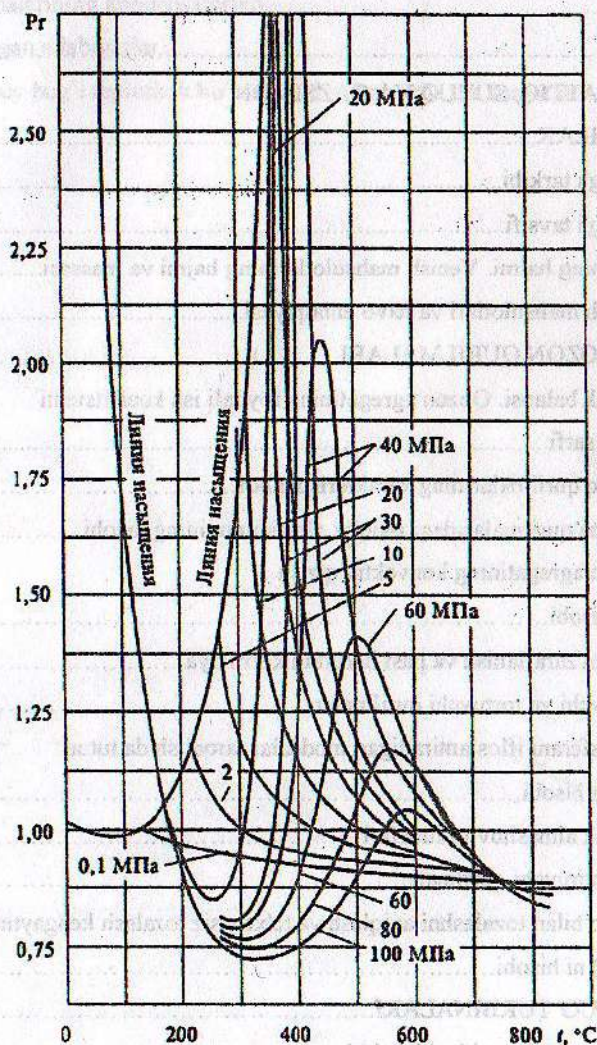




4-rasm. Suv va suv bug' issiqlik va bosimning issiqlik o'tkazuvchanligiga bog'liqligi



5-rasm. Prandtl suv va suv bug' miqdorini harorat va bosimga bog'liqligi



MUNDARIJA

KIRISH.....	4
3-BOB. QATTIQ, SUYUQ VA GAZSIMON	
YOQILG'ILAR.....	6
3.1. Yoqilg'i tarkibi.....	6
3.2. Yoqilg'i tavsifi.....	13
3.3. Havoning hajmi. Yenish mahsulotlarining hajmi va massasi.....	23
3.4. Yonish mahsulotlari va havo entalpiyasi.....	39
4-BOB. QOZON QURILMALARI.....	47
4.1. Issiqlik balansi. Qozon agregatining foydali ish koeffitsienti va yoqilgi sarfi.....	47
4.2. O'choq qurilmalarining xarakteristikalar.....	75
4.3. O'txona qurilmalaridagi issiqlik almashinuvining hisobi.....	79
4.4. Qozon agregatining konvektiv qizish yuzasini hisobi.....	101
4.5. Kuldan zararlanish va past haroratli korroziya.....	121
4.6. Puflovchi va tortuvchi qurilmalar.....	127
4.7. Atmosferani ifloslantiradigan moddalar tarqalishida tutun quvurining hisobi.....	139
4.8. Issiqlik almashuv uskunalar.....	144
4.9. To'yintiruvchi qurilmalar.....	149
4.10. Havo bilan tozalashni aniqlash va to'xtovsiz tozalash kengaytirgichi (separator) ni hisobi.....	151
5-BOB. BUG' TURBINALARI.....	155
5.1. Turbina pog'onasidagi ishchi jarayon.....	155
5.2. Turbina pog'onalaridagi yo'qolishlar. Turbina pog'onalaridagi foydali ish koeffitsientlari.....	173
5.3. Ishchi parraklar va soplolarning o'lchashlarini aniqlash.....	189

TERMODINAMIKA

II - qism

o'quv qo'llanma

Toshkent - "NIF MSH" - 2020

Muharrir

Bakirov N. F.

Texnik muharrir

Yoqubov A.F.

Hoshimbekova U.Sh.

Bosishga 30.11.2020. da ruxsat etildi. Bichimi 60x84.

"Times New Roman" garriturasi.

Ofset bosma usulida bosildi.

Shartli bosma tabog'i 15. Nashr bosma tabog'i 15.

Adadi 300 nusxa.

"NIF MSH" MCHJ matbaa bo'limida chop etildi.

Manzil: Toshkent shahri, Farhod ko'chasi, 6-uy.

ISBN 978-9943-6793-6-8



9 789943 679368