

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

“AVTOMATIKA VA ELEKTROTEXNOLOGIYA ”  
FAKUL'TETI

“Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi”  
kafedrası

“Qizdirish qurilmalari” fanidan

# KURS ISHI

**Mavzu:** Suruvchi pech

---

BAJARDI: Abdurahmonov Nodirbek

Qabul qildi: Z.Madaminov

Taqrizchi: C.Atajonova

Kafedra mudiri: Z.Madaminov

Andijon – 2015

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI  
ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI  
“AVTOMATIKA VA ELEKTROTEXNOLOGIYA ” FAKUL'TETI  
“Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi” kafedrası**

**“TASDIQLAYMAN”**

**Kafedra mudiri** \_\_\_\_\_  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ й

**KURS ISHINI BAJARISH UCHUN TOPSHIRIQ**

Talaba \_\_\_\_\_  
(F.I.SH)

1. Kurs ishi mavzusi \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Hisob-tushuntirish hati tarkibi:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Kerakli chizmalar ro'yxati \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Kurs ishi rahbari: \_\_\_\_\_  
(F.I.SH)

Foydalanadigan adabiyotlar ro'yhati \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Topshiriqni oldim \_\_\_\_\_  
(F.I.SH) (imzo)

“ \_\_\_\_\_ ”  
fakul'tetining \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ ” guruh talabasi  
\_\_\_\_\_ ning  
\_\_\_\_\_ mavzusida bajarilgan

Kurs ishiga  
**T A Q R I Z**

1. Ishning dolzarbligi \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Ishning ijobiy tomonlari \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Ishning salbiy tomonlari \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Tushuntirish hatini rasmiylashtirish \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Ishning grafik qismini rasmiylashtirish \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Hulosalar \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Taqriz \_\_\_\_\_

(imzo, familiyasi, ismi sharifi)

Lavozimi \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Ish joyi \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 yil

# 1. Ёнилғининг тўлиқ ёнишининг ҳисоби

Ёнилғи: Газ

## Газнинг таркиби ва ёниш иссиқлиги

Газ пайдо бўлиш жойининг номи	ёниш иссиқлиги $Q_n^p$ кЖ/м <sup>3</sup>	Газнинг кимёвий таркиби %								
		CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>	CO	Оғир углеводородлар
Сахалин	35587	90,40	1,90	1,10	0,60	4,70	-	1,1	-	0,20

Энг паст ёниш иссиқлиги:

$$Q_n^p = 358CH_4 + 590C_2H_4 + 638C_2H_6 + 913C_3H_8 + 1187C_4H_{10} + 127.7CO + 108H_2 + 1461C_5H_{12} + 712C_nH_m + 234H_2S;$$

$$Q_n^p = 358 \cdot 90,40 + 638 \cdot 1,90 + 913 \cdot 1,1 + 1187 \cdot 0,60 + 127,7 \cdot 0,20 = 35430 \text{ (кЖ/м}^3\text{)}.$$

1 бирлик ёнилғини ёқиш учун зарур бўлган кислороднинг назарий сарфи:

$$V_{O_2} = 0,01(2CH_4 + 3,5C_2H_6 + 5C_3H_8 + 6,5C_4H_{10}).$$

$$V_{O_2} = 0,01(02 \cdot 90,40 + 3,5 \cdot 1,90 + 5 \cdot 1,10 + 6,5 \cdot 0,60) = 1,969 \text{ (м}^3\text{/ м}^3\text{)}.$$

1 бирлик ёнилғини ёқиш учун зарур бўлган қуруқ хавонинг ҳақиқий сифими:

$$L_\alpha = (1+k) \alpha V_{O_2},$$

Бу ерда  $k$  – хаводаги кислород улуши;  $k = N_2/O_2$ ;  $k = 79/21 = 3,762\%$ ;

$\alpha$  - хаво сарфи ёқи ортиқчалиги коэффициентини (1,1).

$$L_\alpha = (1+3,762) \cdot 1,10 \cdot 1,969 = 10,119 \text{ (м}^3\text{/ м}^3\text{)}.$$

5.Хавонинг массовий миқдори:

$$L_M=1,293 L_{\alpha}; L_M$$
$$L_M=1,293 \cdot 10,119=13,084(\text{м}^3/\text{м}^3).$$

Ёниш маҳсулотлари сифатли таркиби:

$$V_{\text{CO}_2}=0,01(\text{CO}+\text{CO}_2+\text{CH}_4+2\text{C}_2\text{H}_4+2\text{C}_2\text{H}_6+3\text{C}_3\text{H}_8+4\text{C}_4\text{H}_{10});$$

$$V_{\text{CO}_2}=0,01(4,70+90,40+2 \cdot 1,90+3 \cdot 1,10+4 \cdot 0,60+12 \cdot 0,20)=1,046(\text{м}^3/\text{кг});$$

$$V_{\text{O}_2}=(\alpha-1)V_{\text{O}_2};$$

$$V_{\text{O}_2}=(1,10-1) \cdot 1,969=0,197(\text{м}^3/\text{кг});$$

$$V_{\text{N}_2}=0,008N^p+\alpha k V_{\text{O}_2};$$

$$V_{\text{N}_2}=0,008 \cdot 1,1+1,10 \cdot 3,762 \cdot 1,969=7,962(\text{м}^3/\text{кг});$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}=0,01(\text{H}_2\text{O}+\text{H}_2+\text{H}_2\text{S}+2\text{CH}_4+2\text{C}_2\text{H}_4+3\text{C}_2\text{H}_6+4\text{C}_3\text{H}_8+5\text{C}_4\text{H}_{10})+0,775 L_{\alpha}d;$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}=0,01(2 \cdot 90,40+3 \cdot 1,90+4 \cdot 1,1+5 \cdot 0,60)+0,775 \cdot 10,119 \cdot 0,01=2,017(\text{м}^3/\text{кг});$$

$$V_d=V_{\text{CO}_2}+V_{\text{H}_2\text{O}}+V_{\text{SO}_2}+V_{\text{N}_2}+V_{\text{O}_2}+V_{\text{CO}};$$

$$V_d=1,046+0,197+7,962+2,017=11,222(\text{м}^3/\text{кг}).$$

Нам ёниш маҳсулотларининг таркиби:

$$\text{CO}_2=V_{\text{CO}_2}/V_d \cdot 100\%; \text{CO}_2=1,046/11,222 \cdot 100=9,321\%;$$

$$\text{O}_2=V_{\text{O}_2}/V_d \cdot 100\%; \text{O}_2=0,197/11,222 \cdot 100=1,755\%;$$

$$\text{N}_2=V_{\text{N}_2}/V_d \cdot 100\%; \text{N}_2=7,962/11,222 \cdot 100=70,95\%;$$

$$\text{H}_2\text{O}=V_{\text{H}_2\text{O}}/V_d \cdot 100\%; \text{H}_2\text{O}=2,017/11,222 \cdot 100=17,974\%;$$

Қўшганда 100% га эга бўламиз.

Курук ёниш маҳсулотларининг таркиби:

$$\text{CO}_2=V_{\text{CO}_2}/(V_d-V_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot 100\%; \text{CO}_2=1,046/(11,222-2,017) \cdot 100=11,363\%;$$

$$\text{N}_2=V_{\text{N}_2}/(V_d-V_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot 100\%; \text{N}_2=7,962/(11,222-2,017) \cdot 100=86,496\%;$$

$$\text{O}_2=V_{\text{O}_2}/(V_d-V_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot 100\%; \text{O}_2=0,197/(11,222-2,017) \cdot 100=2,14\%;$$

Қўшганимизда 100% га эга бўламиз.

Ёниш маҳсулотларининг зичлиги:

$$\rho_d = (0,44CO_2 + 0,28N_2 + 0,32O_2) / 22,4;$$

$$\rho_d = (0,44 \cdot 9,321 + 0,18 \cdot 17,974 + 0,28 \cdot 70,95 + 0,32 \cdot 1,755) / 22,4 = 1,239 \text{ кг/м}^3.$$

Ёниш маҳсулотларининг иссиқлик сиғимини аниқлаб оламиз  $C_v$  кЖ/(м<sup>3</sup>·К);

$$C_v = 0,01 (C_{CO_2} \cdot CO_2 + C_{CO} \cdot CO + C_{H_2O} \cdot H_2O + C_{SO_2} \cdot SO_2 + C_{N_2} \cdot N_2 + C_{O_2} \cdot O_2),$$

$$C_v = 0,01(2,2886 \cdot 9,321 + 1,7675 \cdot 17,974 + 1,4065 \cdot 70,95 + 1,5065 \cdot 1,755) = 1,55 (\text{м}^3/\text{кг});$$

1 бирлик ёнилғини хисобидан қиздирилган ёнилғи ва хаво билан кириб келаётган физик иссиқлик:

$$Q_\phi = C_T t_T + C_B t_B,$$

$$Q_\phi = 157,09 \cdot 20 + 1,3181 \cdot 300 = 3537 \text{ кЖ};$$

$$C_m = C_{CH_4} CH_4 + C_{C_2H_6} C_2H_6 + C_{C_3H_8} C_3H_8 + C_{C_4H_{10}} C_4H_{10} + C_{C_2O} C_2O + C_{N_2} N_2;$$

$$C_m = 90,4 \cdot 1,566 + 1,9 \cdot 2,26 + 1,1 \cdot 3,142 + 0,6 \cdot 4,244 + 4,7 \cdot 0,8688 + 1,1 \cdot 1,04 = 157,09$$

$$\text{кЖ}/(\text{м}^3 \cdot \text{К});$$

Иситилган хаво ва ёнилғида калориметрик температури қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$t_k = (Q_p + Q_\phi) / (V_d C_v),$$

$$t_k = (35434 + 3537) / (11,222 \cdot 1,555) = 2233 \text{ }^\circ\text{C};$$

Ёниш маҳсулотлари энтальпияси қуйидаги тенг:

$$i_p = (Q_p + Q_\phi) / V_d;$$

$$i_{п} = (35434 + 3537) / 11,222 = 3473 \text{ кЖ/м}^3;$$

Энтальпияни аниқлаб оламиз  $i_{п}$ ;

Яқинлаштирилиган температурани танлаб олиб  $t$  унга мос келувчи энтальпияни  $i_{п}$  хисоблаб чиқамиз;

$$t_1 = 2373 \text{ K} (2100 \text{ } ^\circ\text{C}) \text{ деб қаул қиламиз};$$

$$i_{п(1)}'' = C_V \cdot t_1; i_{п(1)}'' = 1,555 \cdot 2100 = 3473 \text{ кЖ/м}^3;$$

Аниқлаб оламиз  $i_{п(2)}$ :

$$t_2 = 2573 \text{ K} (2300 \text{ } ^\circ\text{C}) \text{ деб қабул қиламиз}$$

$$i_{п(2)}'' = C_V \cdot t_2; i_{п(2)}'' = 1,555 \cdot 2300 = 3576 \text{ кЖ/м}^3$$

$$i_{п(1)} < i_{п} < i_{п(2)}$$

$$3265 < 3473 < 3576$$

Калориметрик температурани аниқлаб оламиз:

$$t_k = t_2 - (i_{п(2)} - i_{п})(t_2 - t_1) / (i_{п(2)} - i_{п(1)}).$$

$$t_k = 2300 - (3576 - 3473)(2300 - 2100) / (3576 - 3265) = 2234 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Печнинг ёниш бўшлиғидаги ёки печдаги хақиқий температурани диссоциация ва атроф мухитга сарфланаётган иссиқлик йўқотишларини хисобга олган холда аниқлаймиз

$$t_d = \eta_1 t_k;$$

$\eta_1$  – пирометрик коэффицент, печ ёки ёнилғи ёқувчи қурилмалар конструкцияларига боғлиқ холда аниқланади (0,72);

$$t_d = 0,72 \cdot 2233 = 1608 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

## 2. Печда металлни қиздирилиш ҳисоби

Заготовклар икки қатор қилиб терилганлиги сабабли, печнинг кенглиги қуйидагига тенг бўлади:

$$B = 2 \cdot (b \cdot 13 + 13 \cdot a + 14 \cdot 0.01) + 0.5 + 2 \cdot 0.25;$$

$$B = 2 \cdot (1.625 + 0.52 + 0.14) + 0.5 + 0.5 = 5.57 \text{ м.}$$

Бу ерда 0,25 – печ деворлари ва заготовклар орасидаги зазор,  $a = 0.03 \text{ м}$  – заготовклар орасидаги зазор ва  $b$  – заготовк кенглиги. Аниқ маълумотларга кўра ишчи мухит кенглигини қуйидагича деб қабул қиламиз: сварка зонасида  $h_{\text{св}} = 3,1 \text{ м}$ , методик  $h_{\text{мет}} = 2,06 \text{ м}$ , тоблаш  $h_{\text{т}} = 2,75 \text{ м}$ .

Деворнинг нур қайтариш даражасини ҳисоблаймиз (1м печ узунлигига):

$$W = F_{\text{кл}} / F_{\text{м}} = (2h + B) / l;$$

$$\text{Сварка зонасида: } W_{\text{св}} = F_{\text{кл}} / F_{\text{м}} = (2h + B) / l; W_{\text{св}} = (2 \cdot 2,06 + 5,57) / 12 = 0,81.$$

$$\text{Тоблаш зонасида: } W_{\text{т}} = F_{\text{кл}} / F_{\text{м}} = (2h + B) / l; W_{\text{т}} = (2 \cdot 2,75 + 5,57) / 12 = 0,92.$$

Газ қатламининг эффектив қалинлигини аниқлаб оламиз:

$$\text{Методик зонасида } S_{\text{эф}} = 0,9 \cdot \frac{4V}{F}; S_{\text{эф}} = 0,9 \cdot 4 \cdot \frac{2,06 \cdot 5,57}{2 \cdot 2,06 + 2 \cdot 5,57} = 2,707 \text{ м};$$

$$\text{Пишириш зонасида } S_{\text{эф}} = 0,9 \cdot \frac{4V}{F}; S_{\text{эф}} = 0,9 \cdot 4 \cdot \frac{3,1 \cdot 5,57}{2 \cdot 3,1 + 2 \cdot 5,57} = 3,585 \text{ м}.$$

$$\text{Тоблаш зонасида } S_{\text{эф}} = 0,9 \cdot \frac{4V}{F}; S_{\text{эф}} = 0,9 \cdot 4 \cdot \frac{2,75 \cdot 5,57}{2 \cdot 2,75 + 2 \cdot 5,57} = 3,314 \text{ м}$$

Методик зонасидаги металнинг қиздирилиш вақти ҳисоби

Нурлантирувчи газларининг парциал босими:

$$p_{\text{CO}_2} S_{\text{эф}} = 98,1 \cdot 0,93 = 9,123 \text{ кН} / \text{м}^2;$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} S_{\text{эф}} = 98,1 \cdot 0,179 = 17,56 \text{ кН} / \text{м}^2;$$

$$p_{CO_2} S_{эф} = 9,123 \cdot 2,707 = 24,696 \quad \text{кН} / \text{м}^2;$$

$$p_{H_2O} S_{эф} = 17,56 \cdot 2,707 = 47,535 \quad \text{кН} / \text{м}^2.$$

Номограммалардан методик зона бошидаги газнинг қоралик даражаси аниқлаб оламиз. Методик зона бошидаги газлар температурасини 1000 °С га тенг деб оламиз.

Методик зона бошидаги газларнинг қоралик даражаси:

$$\varepsilon_{CO_2} = 0,145; \varepsilon_{H_2O} = 0,251; \beta = 1,07;$$

бундан

$$\varepsilon_r = 0,13 + 1,08 \cdot 0,2 = 0,346.$$

Методик зона охирида  $T = 1250 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\varepsilon_{CO_2} = 0,115; \varepsilon_{H_2O} = 0,21; \beta = 1,07;$$

бундан

$$\varepsilon_r = 0,11 + 1,08 \cdot 0,14 = 0,261.$$

Тахламнинг ривожланиш даражаси:

сварка зонасида

$$\omega_{св} = \frac{F_o^{св}}{F_{св}} = \frac{12,2L_{св}}{8,6L_{св}} = 1,42;$$

методик зонасида

$$\omega_{мет} = \frac{F_o^{мет}}{F_{мет}} = \frac{10,2L_{мет}}{8,6L_{мет}} = 1,19.$$

методик зона бошидаги келтирилган нурланиш коэффициентини аниқлаб оламиз:

$$C_{Г.К.М.} = \left[ \varepsilon_M \cdot 5,7 \frac{(\omega + 1 - \varepsilon_\Gamma)}{\left[ \varepsilon_M + \varepsilon_\Gamma \cdot (1 - \varepsilon_M) \right] \cdot \frac{1 - \varepsilon_\Gamma}{\varepsilon_\Gamma} + \omega} \right] \cdot \frac{B_\Gamma}{M^2 \cdot K^4}$$

$$C_{Г.К.М.} = 5,7 \cdot 0,8 \frac{(0,81 + 1 - 0,414)}{\left[ 0,8 + 0,414 \cdot (1 - 0,8) \right] \cdot \frac{(1 - 0,414)}{0,414} + 0,81} = 3,091 \frac{B_\Gamma}{M^2 \cdot K^4}$$

Методик зона охиридаги:

$$C_{Г.К.М.}^{МКОЕ} = 5,7 \cdot 0,8 \frac{(0,81 + 1 - 0,342)}{\left[ 0,8 + 0,342 \cdot (1 - 0,8) \right] \cdot \frac{(1 - 0,342)}{0,342} + 0,81} = 2,698$$

Методик зона узунлиги бўйлаб ўртача нурланиш орқали узатилаётган иссиқлик узатилиш коэффициентини қуйидаги формуладан аниқлаб оламиз:

$$\left| \alpha^M \right|_{изл} = \frac{\sqrt{C_{Г.К.М.}^{мнач} \cdot C_{Г.К.М.}^{мкон} \cdot \left[ \left( \frac{T_\Gamma^{нач} + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_M^{нач} + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot \left[ \left( \frac{T_\Gamma^{кон} + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_M^{кон} + 273}{100} \right)^4 \right]}}{\sqrt{(T_\Gamma^{нач} - T_M^{нач}) \cdot (T_\Gamma^{кон} - T_M^{кон})}} =$$

$$\frac{\sqrt{3,091 \cdot 2,698 \cdot \left[ \left( \frac{1000 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{0 + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot \left[ \left( \frac{1250 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{450 + 273}{100} \right)^4 \right]}}{\sqrt{(1000 - 0) \cdot (1250 - 450)}} = 118,115$$

Методик зонасидаги металлнинг ўртача температурасини қуйидагига тенг

$$\frac{(1000 + 1250)}{2} = 1,125 \times 10^3$$

деб оламиз:

θпов Био температуравий мезонларини аниқлаб оламиз:

$$\frac{(t_{\Gamma}^M - t_{\text{М.ПОВ}}^{\text{КОН}})}{t_{\Gamma}^M - t^{\text{НАЧ}}} = \frac{(1125 - 450)}{1125 - 0} = 0.6 \frac{(\alpha_{\text{ИЗЛ}}^M \cdot S)}{\lambda}$$

Масса бўйича металлнинг ўртача температурасида камлегирилган пўлатлар

учун:  $0.5 \cdot \left[ 0.5 \cdot (t_{\text{ПОВ}}^{\text{КОН}} + t_{\text{ЦЕНТ}}^{\text{КОН}}) \right]$  справочникдан  $\lambda = 38,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  и  $\alpha = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$  ни аниқлаб оламиз

$Bi$  ва  $\theta$ нинг аниқланган қийматларидан монограммадан пластина сирти учун Фурье мезонини аниқлаб оламиз,  $Fo=2.1$

Методик зонасида металлнинг қиздирилиш вақти:  $2.1 \cdot \frac{0.07^2}{3.4 \cdot 10^{-2}} = 0.303$

методик зона охиридаги металл марказининг температурасини аниқлаб оламиз. Номограммага асосан пластина маркази учун  $Fo=2.1$  ва  $Bi=0,21$  да температуравий мезон  $\theta_{\text{мар}}=0,6$  га тенг

Блюм марказининг температураси:

$$t_{\Gamma} - \theta_{\text{ЦЕНТ}}(t_{\Gamma} - t^{\text{НАЧ}}) = 1125 - 0.6 \cdot (1125 - 0) = 450$$

сварка зонасидаги қиздирилиш вақтининг хисоби.

Газларнинг қоралик даражасини  $t_{\Gamma}=1250 \text{ }^{\circ}\text{C}$  да аниқлаб оламиз:

$$P_{\text{CO}_2} S_{\text{эф}} = 98,1 \cdot 0,093 = 9,123 \text{ кН} / \text{м}^2;$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} S_{\text{эф}} = 98,1 \cdot 0,179 = 17,56 \text{ кН} / \text{м}^2;$$

$$P_{\text{CO}_2} S_{\text{эф}} = 9,123 \cdot 3,585 = 32,706 \text{ кН} / \text{м}^2;$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} S_{\text{эф}} = 17,56 \cdot 3,585 = 62,953 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

Номограммалардан сварка зонасидаги газларнинг қоралик даражасини аниқлаб оламиз ( $t_{\Gamma}=1250 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ):

$$\epsilon_{\text{CO}_2} = 0,122; \epsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,21; \beta = 1,07;$$

бундан

$$\varepsilon_r = 0,122 + 1,07 \cdot 0,21 = 0,347.$$

Металлнинг ўртача температураси қуйидагича бўлганлиги сабабли

$$t = (450+450+1200+1000)/4=775 \text{ oC}$$

паст легирланган пўлатнинг иссиқлик сифими  $\lambda = 26,8 \text{ Вт/(м*К)}$ , температура ўтказувчанлик коэффициентини эса  $\alpha = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{ч}$  га тенг, бундан:

$$\frac{264 \cdot 0,07}{26,8} = 0,69$$

Энди номограммадан Фурье мезонини аниқлаб оламиз,  $Fo = 4.5$

Пишириш зонасидаги қиздирилиш вақти:

$$\frac{(4.5 \cdot 0.07^2)}{2.1 \cdot 10^{-2}} = 1.05$$

Пишириш зонаси охиридаги металл марказининг температурасини аниқлаб оламиз. номограммалардан  $Vi = 0.69$  ва  $Fo = 4.2$  қийматларда  $\theta_{\text{цент}} = 0,08$  ни аниқлаб оламиз.

Бундан:  $1250 - 0,08 | 1250 - 450 | = 1.186 \times 10^3$

Металлни тоблаш вақтини аниқлаш

Қиздирилиш охиридаги температураларнинг рухсат этилган тушиши  $\Delta t_{\text{кон}} = 15 \text{ oC}$

Температураларнинг тенглаштириш даражаси  $\delta_{\text{тенг}} = \Delta t_{\text{якун}} / \Delta t_{\text{бош}} = 15/14 = 1,1$   
 $\mu = 0,55$  га тенг бўлган носимметриклик коэффициентиди, тоблаш зонасидаги  $Fo$  мезони номограммаларга асосан қуйидагига тенг  $Fo = 0.4$

Тоблаш зонасида металлнинг ўртача температурасида:

$$\frac{|1200 + 1186 + 1200 + 1125|}{4} = 1.178 \times 10^3$$

$\lambda = 26,8 \text{ Вт/(м*К)}$ , температура ўтказувчанлик коэффициентлари эса  $\alpha = 2,1 \cdot 10^{-2}$

$$0.4 \cdot \frac{0.07^2}{2.1 \cdot 10^{-2}} = 0.093$$

м<sup>2</sup>/ч. Тоблаш вақти:

металлнинг печда бўладиган умумий вақти:  $0.3 + 1.05 + 0.09 = 1.44 \text{ с га тенг}$

### 5. Печнинг асосий ўлчамларининг ҳисоби

80т/с ишлаб чиқаришни таъминлаш учун бир вақтда печ ичида бўлиши керак

бўлган металл миқдори :  $80 \cdot 1.44 = 115.2$

Битта заготовканинг оғирлиги :

$$g = b \delta l \rho = 0.125 \cdot 0.125 \cdot 12 \cdot 7800 = 1.463 \text{ т.}$$

Печда бир вақтнинг ўзида қиздиридаётган заготовкалар сони:  $\frac{115.2}{1.463} = 78.742$

шт

Икки қатор терилганда печ узунлиги:

$$L = 3 \cdot 1 \cdot n + 2 \cdot 0.25 = 36,5 \text{ м.}$$

эни  $B = 5.57 \text{ м}$ , таглик юзаси майдони  $F = B L = 5.57 \cdot 36.5 = 203.3 \text{ м}^2$

Печнинг алоҳида зоналари баландлигини аввал қабул қилинган ҳисоблар бўйича қолдирамиз.

Печ узунлигини қизиш вақтларига пропорционал равиш бўлиб чиқамиз :

$$\text{Методик зона узунлиги: } 36.5 \cdot \frac{0.303}{1.44} = 7.68$$

$$\text{Пишириш зонаси узунлиги: } 36.5 \cdot \frac{1.05}{1.44} = 26.615 \text{ м}$$

$$\text{Тоблаш зонаси узунлиги: } 36.5 \cdot \frac{0.09}{1.44} = 2.281$$

$$\text{Печ таглиги кучланиши: } \frac{80000}{203.3} = 393.507 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$$

## 6. Печ ишчи бўлиғи ўлчамларини ҳисоблаш.

Печ энининг ўлчами:  $B = 5,57 \text{ м}$ .

Печ баландлиги:

Тутиш зонаси – 2,75м;

методик зонаси – 2,06м;

пишириш зонаси – 3,1м.

печ узунлиги:

методик зонаси – 12м;

пишириш зонаси – 26 м;

тутиш зонаси – 12м.

$$L_{\text{печи}} = 12 + 26 + 12 = 40 \text{ м.}$$

Печ ичида бир вақтнинг ўзида заготовклар сони:

$$n = 79 \text{ шт.}$$

Печ куббасини осма этиб бажаришда каолиндан қалинлиги 300 мм этиб тайёрлаймиз.

Печ деворлари 460 мм

Бўлиб ,ундан 345 мм шамотдан и иссиқлик изоляция ( диатомит ғишт ) 115мм.

Тутиб туриш зонаси таглигини уч қатламли: тальк ғишти 230 мм, шамот 230 мм, ва иссиқлик изоляция (диатомит ғишт ) 115мм.

## 1. Иссиқлик баланси

Иссиқликнинг келиши:

1. Кимёвий иссиқлик (ёнилғининг ёнишидан чиққан):

$$Q_{хим} = 35,43 \cdot V_T, \text{МДж/ч.}$$

2. Тепло, вносимое подогретым воздухом (физическое тепло):

$$Q_6 = 395,42 \cdot 10,119 \cdot 10^{-3} V_T = 4V_T, \text{МДж/ч.}$$

3. Экзотермик реакция иссиқлиги (металлнинг куйишишни 1% этиб қабул қиламиз):

$$Q_{экс} = 5650 \cdot 80000 \div 3600 \cdot 0,1 \cdot 0,01 = 1,255 \text{МДж/ч.}$$

Иссиқлик сарфи:

1. Металл қиздирилиши учун иссиқлик сарфи:

$$P \cdot c_{M_1} \cdot \left[ t_{\text{кон}}^M - t_{\text{нач}}^M \right] = \frac{80 \cdot 10^3}{3600} \cdot 0,591 \cdot \left( \frac{1200 + 1125}{2} - 0 \right) = 1,527 \times 10^4 \text{ кВт}$$

Температуранинг, детал массаси ва қиздириш вақти бўйича, ўртача кўрсаткичи :

$$t = 0,5 \cdot \left( \frac{1200 + 1125}{2} - 0 \right) = 581,3 \text{ оС.}$$

Металлнинг иссиқлик сифими  $C=0,591 \text{ кЖ/(кг*К)}$ .

Тутун газлари билан чиқиб кетаётган иссиқлик миқдори :

$$Q_{yx} = 11,222 \cdot 1528 \cdot V_T = 17147 V_T, \text{кВт} / \text{ч}.$$

$$i_{CO_2} = 0,093 \cdot 2226,75 = 207,088 \text{кДж} / \text{м}^3$$

$$i_{H_2O} = 0,179 \cdot 1713,3 = 306,681 \text{кДж} / \text{м}^3$$

$$i_{O_2} = 0,0175 \cdot 1480,11 = 25,902 \text{кДж} / \text{м}^3$$

$$i_{N_2} = 0,709 \cdot 1393,86 = 988,247 \text{кДж} / \text{м}^3$$

$$i_d = 1528 \text{кДж} / \text{м}^3$$

3 Девор ғиштлари орқали иссиқлик йўқотишлари . Тагликдан йўқотилаётган иссиқлигини хисобга олинмади. Иссиқлик сарфини печ деворлари ва куббаси учун хисоблаймиз. .

Печ куббаси орқали йўқотилаётган иссиқлик миқдори.

Кубба юрасининг майдонини печ таглигига тенг деб оламиз 203,3 м<sup>2</sup> кубба қалинлиги 0,3 м, материал каолин. Куббанинг ички қисмидаги температурани печ узунлиги бўйича газларнинг температурасига тенг деб оламиз.

Ёниш махсулотларининг печ узунлиги бўйича ўртача –  $t_{вн.} = t_{г.ср.} = 1150^\circ\text{C}$ , агар атроф мухит температурасини  $t_{окр} = 0^\circ\text{C}$ , унда бир қатлам кубба температурасини  $100^\circ\text{C}$  га тенг деб қабул қиламиз.

Куббанинг қалинлиги бўйича ўртача температураси :  $\frac{(1150 + 100)}{2} = 625$

Бу температурада иловага асосан каолининг иссиқлик ўтказувчанлиги:

$$1.75 + 0.86 \cdot t_k \cdot 10^{-3} = 1.75 + 0.86 \cdot 625 \cdot 10^{-3} = 2.288$$

Деворлар орқали сарф . Девор қалинлиги  $S_{ш} = 0.345$  м шамот ва диатомит қалинлиги  $S_d = 0.115$  м иборат.

Девор юзаси:

$$\text{Методик зона } F_m = 2L_m h_m = 2 \cdot 7.68 \cdot 2.06 = 32.38 \text{ м}^2;$$

$$\text{Пишириш зона } F_{св} = 2L_{св} h_{св} = 2 \cdot 26.615 \cdot 3.1 = 165 \text{ м}^2;$$

$$\text{Тутиб туриш зона } F_t = 2L_t h_t = 2 \cdot 2.81 \cdot 2.27 = 12.76 \text{ м}^2;$$

Печ ёнбошлари  $F_{торц} = 5.57 \cdot 1.0 + 5.57 \cdot 2.0 = 16.71 \text{ м}^2$ .

Умумий юза:

$F_{ст} = 32.38 + 165 + 12.76 + 16.71 = 226.85 \text{ м}^2$ .

Температура бўйича иссиқлик ўтказувчанликни ҳисоблаш учун ҳар бир қатлам учун оралиқ температурани ҳисоблаймиз.

Шамот қатламининг ўртача температураси:

$$t_{ш} = 0,5(t_{ш}^{ср} + t^{\circ}).$$

Диатомит қатламининг ўртача температураси:

$$t_{д} = 0,5(t_{д}^{ср} + t^{\circ}).$$

Бу ерда  $t^{\circ}$  - қатлам оралиғи температураси, оС

$t_{ш}^{внут}$  - ташқи қатлам температурасини 100 оС. тенг деб қабул қиламиз.

Шамотнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти:

$$\lambda_{ш} = 0,835 + 0,00058 \cdot t_{ш} \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Диатомит иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти:

$$\lambda_{д} = 0,145 + 0,000314 \cdot t_{д} \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Стационар режимда:

$$\left[ \frac{\lambda_{ш}}{S_{ш}} \cdot \left[ t_{нар}^{ш} - t^{\circ} \right] \right] = \left[ \frac{\lambda_{д}}{S_{д}} \cdot \left[ t^{\circ} - t_{нар}^{д} \right] \right]$$

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентларини ўрнига қўйиб:

$$\frac{0.835 + 0.58 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{(1150 + t')}{2}}{0.345} \cdot (1150 - t') - \left[ \frac{0.145 + 0.314 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{(t' + 100)}{2}}{0.115} \cdot (t' - 100) \right]$$

$$4034.7391304347826087 - 3.6811594202898550725 \cdot t' - 0.0022057971014492753623 \cdot t'^2$$

Тенгламани ечилиши  $t' = 755.3$  оС.

Шамотнинг якуний иссиқлик ўтказиш коэффициенти:

$$\lambda_u = 0,835 + 0,00058 \cdot 952,5 = 1,387 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Диатомитнинг якуний иссиқлик ўтказиш коэффициенти:

$$\lambda_d = 0,145 + 0,000314 \cdot 427,5 = 0,279 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Деворлар орқали иссиқлик ўтказувчанлик бўйича иссиқлик сарфи:

$$\frac{1150 - 0}{\frac{0.345}{1.387} + \frac{0.115}{0.279} + \frac{1}{11.63}} \cdot 226.85 = 3.493 \times 10^5$$

Деворлардан иссиқлик ўтказувчанлик бўйича иссиқлик сарфи :

Сув билан совутиладиган жисмларининг иссиқлик сарфи, ёнилғи ва хаводан келган иссиқликнинг 11%: тенг деб оламиз

$$0.11 \text{ В}(35430+4001) = \text{В}4338 \text{ кВт}.$$

Кўзда тутилмаган сарфларнинг миқдори шу катталиқнинг 12% га тенг деб оламиз:

$$Q_{\text{куз}} = 0.12 \text{ В}(35430+4001) = \text{В}4732 \text{ кВт} .$$

Иссиқлик баланси тенгламаси:  $15720 + 17147\text{В} + 1426 + 4338\text{В} + 4732\text{В}$

### Қилинган ҳисоблар таблицада келтирилган

Кириш	кВт	%	Сарф	кВт	%
Ёнилғи ёнишдан ҳосил бўлган иссиқлик	42520	87,5	Металл қизишига бўлган сарф	15270	31,7
Қиздирилган ҳаво иссиқлиги	4801	9,9	Тутун газлари олиб чиқиб кетаётган иссиқлик	20576	42,7
Экзотермик реакциялар иссиқлиги	1256	2,6	Иссиқлик ўтказувчанлиги билан деворлар орқали бўлган сарф	1426	3
			Сув билан совитилгандаги сарф	5206	10,8
			Кўзда тутилмаган йўқотишлар	5678	11,8
<b>Жами:</b>	<b>48577</b>	<b>100</b>	<b>Жами:</b>	<b>48156</b>	<b>100</b>

1 кг металлнинг қиздирилиши учун солиштирма иссиқлик сарфи:

$$\frac{48577 \cdot 3600}{80000} = 2.186 \times 10^3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

### 2.Горелкаларни танлаш

Кўп зонали методик печларига олиб келинган иссиқлик қуввати ва сарфи қуйдагича тақсимланади: пишириш зонасида 60 - 70% тоблаш зонасида 30-40%

Иссиқлик қувватини зоналар оара тақсимланган қуйдагича ёнилғи сарфи ҳисобланади:

$$\text{В} * 0.7 = 1.2 * 0.7 = 0.84 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Инжекцион горелка  $0,053 \text{ м}^3/\text{с}$  табиий газ учун ёниш иссиқлиги  $35,4 \text{ МДж}/\text{м}^3$ .

Горелка олдидаги газ босими  $120 \text{ кН}/\text{м}^2$

Юқори калорияли газлар учун В ва ВП типдаги инжекцион горелкалар мўжжалланган.

Печ куббасини бир маромда қизиши учун горелкалар шахмат тартибида бутун печ узунлигибўйича жойлаштирилиши керак  $S = 3.25 \text{ м}$ .

Бундан горелкалар қатори пишириш зонаси бўйича қуйидагича бўлади:

$$nL_m = L/S = 26/3.25 = 8 \text{ қатор}$$

Тутуб туриш зонаси узунлиги бўйича қадами  $3 \text{ м}$

$$n_{TL} = 12/3 = 4 \text{ қатор}$$

Пишириш зонаси эни бўйича:

$$nB = 5.57/1.4 = 4 \text{ қатор горелка}$$

Пишириш зонасида  $16$  горелка, тоблаш зонасида  $8$  горелка.

Горелка графика асосан ушбу босимда В  $100$  горелкаси берилган ёниш иссиқлик қиймати бўйича  $V_{\Gamma} = 0,014 \text{ м}^3/\text{с}$  газ сарф бўлади. Газ ўтказишнинг газ сарфига бўлган нисбат В $100$  учун  $0,053/0,014=3,79$  тенг

Таблицадан ушбу нисбатга тўғри келадиган қийматини топамиз горелка диаметри  $d_{н.г}=205\text{мм}$ , яъни горелка В $205$

Газни совуқ деб ҳисоблаб ( $273 \text{ К}$ ) унинг газ ўтказиш тезлигини ҳисоблаймиз

$$0.85 \cdot \sqrt{\frac{2p_{\Gamma}}{\rho_{0\Gamma} \cdot p_0}} \cdot \Delta p_{\Gamma}^{0.85} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (101.3 + 120)}{1.3 \cdot 101.3}} \cdot 120 = 17.07$$

Бу ерда  $p_0 = 101,3 \text{ кН}/\text{м}^2$  –атроф мухит босими.

Бундан газового сопла диаметр:

$$\sqrt{\frac{1.27 \cdot 10^6 \cdot V_r}{\omega_{0r}}} \sqrt{\frac{1.27 \cdot 10^6 \cdot 0.053}{17.07}} = 62.795$$

Инжекцион горелканинг қолган ўлчамлари:

$d_{н.г}=205\text{мм}$ ,  $L = 2130 \text{ мм}$ ,  $d_1 = 2''$ .

Газ зичлиги  $\rho=1.0 \text{ кг/м}^3$  хаво сарфи коэффиценти  $n=1.1$  бўлганда  $10.119 \text{ м}^3/\text{м}^3$  газ.

Горелоканинг хаво ўтказиш қобилияти: пишириш ва тутиб туриш зонаси  $0,053 \cdot 10.119 = 0.54 \text{ м}^3$ .

### 3. Ёшит трубаининг баландлигини аниқлаш

Газларнинг ҳаракатидаги умумий йўқотишлар  $h_{y\ddot{u}q} = 300 \text{ Н/м}^2$  тутун газларининг труба олдаги температура  $717 \text{ К}$ .

Тутун газларининг зичлиги  $\rho_r = 1,24 \text{ кг/м}^3$ . Атроф муҳит хавосининг температура  $T_{в} = 273 \text{ К}$ .

Ёниш маҳсулотларининг турба орқали ўтган миқдори:

$11,222 \text{ м}^3/\text{с}$  или  $40399 \text{ м}^3/\text{ч}$

Труба ўзанининг юза кесимини майдонини ҳисоблаймиз, тутуннинг ўзан кесимидаги тезлиги  $3 \text{ м/с}$ :

$$\frac{11.222}{3} = 3.741 \text{ м}^2$$

Трубаининг ичида ҳосил қилган сийрайлиги  $20\text{-}40\%$  га тутун газларининг ҳаракат босимидан кўпроқ бўлиши керак:  $1.3 \cdot 300 = 390$

Тутун газларининг труба ўзанидаги температурасидаги аниқлаш учун труба баландлигини  $H = 45 \text{ м}$ . қабул қиламиз.

Ғиштли труба учун хар 1 метр узунлик учун температуранинг пасайиши

1 -1,5 К :

$$\Delta T = 1,25 * 45 = 56,3 \text{ К.}$$

Бундан труба ўзанидаги температура :  $717 - 56.3 = 660.7$

Ғиштли трубалар учун ишқаланиш коэффициентини  $\lambda = 0.05$

Хосил бўлган қийматларни формулага қўйиб ҳисоблаймиз:

$$\frac{1.3 \cdot h_{\text{пот}} - \frac{|\omega_{01}|^2}{2} \cdot \rho_{\text{г0}} \cdot \frac{T_{\text{г1}}}{T_0} + \omega_{02} \cdot \rho_{\text{г0}} \cdot \frac{T_{\text{г2}}}{T_0}}{g \cdot \left( \rho_{\text{в0}} \cdot \frac{T_0}{T_{\text{в}}} - \rho_{\text{г0}} \cdot \frac{T_0}{T_{\text{г}}} \right) - \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{|\omega'_0|^2}{2} \cdot \rho_{\text{г0}} \cdot \frac{T_{\text{г}}}{T_0}} = 51.447$$

$$\frac{1.3 \cdot 300 - \frac{1.334^2}{2} \cdot 1.24 \cdot \frac{717}{273} + 3 \cdot 1.24 \cdot \frac{660.7}{273}}{9.81 \cdot \left( 1.29 \cdot \frac{273}{273} - 1.24 \cdot \frac{273}{688.85} \right) - \frac{0.05}{2.728} \cdot \frac{2.167^2}{2} \cdot 1.24 \cdot \frac{688.85}{273}}$$

## 2. Труба ўзаги кесимининг юзаси ўлчами :

$$\frac{1.4 \cdot V_{\text{д}} \cdot B}{3600 \cdot \omega_0} = \frac{1.4 \cdot 11.222 \cdot 4320}{3600 \cdot 2.3} = 8.197$$

Тутун газларининг харкат тезлиги  $\omega_0 = 2,3$

$F_6$  - Ўзагнинг юза кесими м<sup>2</sup> ,  $V_{\text{д}}$  - ёнилғи бирлигининг ёндирилгандаги хосил бўлган тутун газларининг хажми м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.В – ёнилғи сарфи м<sup>3</sup>/ч.

## 3. Футеровка турини танлаш ва ҳисоблаш

Деворлар:

Шамот 345мм, диатомит ғишт 115мм;

Кубба:

Диатомит Д-500 – 300мм.

Таглик:

Тальк ғишт – 230мм, шамот – 230мм, диатомит – 115мм.

#### 4. Печ тугуни хисоби

Сурувчи механизмлари деталларни ёки заготовкларни печ ичида харакати учун кенг қўлланилади. Бир сурувчини бошқасидан фарқи ишчи органининг харакатга келтириш усулида бўлиб улар икки тойифага бўлинади биринчиси гидравлик ёки пневматик сурувчи, иккинчи тури электр узатмали бўлади. Электр узатмали сурувчилар винтли, рейкали, фрикцион, ричагли, занжир узатмали бўлиши мумкин. Булар ичида энг кўп қўлланиладигани рейкали сургич бўлиб улар ўзининг ишоччилиги ва тежамкорлиги билан ажралиб туради. Сургичнинг қадамини печ ишчи бўшлиғига тенг равишда танлаймиз. Сургичнинг шундай жойлаштириш керакки, суриш бармоқлари печ конструкциясига қадалмасин, энг чекка чап холотида махсус ажратилган нишларга 100 мм ичкарига кириб туриши

Рейкали сургич.

Ишчи қадами – 5580мм.

Суриш кучи куйдаги формула билан аниқланади.

$$P \geq f \cdot Q$$

бу ерда  $f$  заготовкларнинг тутиб туриш зонаси йўналтирувчилари устидаги ишқаланиш коэффициенти.

$Q$  – Заготовклар массаси.

Металлнинг металл устидаги ишқаланиш коэффициенти миқдори:

$$- t = 1000-1200^{\circ}\text{C} - 0,7-0,9.$$

битта заготовканинг масса:

$$g = b \cdot \delta \cdot l \cdot \rho = 1463 \text{ кг.}$$

Сургич кучини аниқлаб оламиз

$$P \geq (0,9 \cdot 1463) \cdot 26 \cdot 9,8 = 335500 \text{ кН.}$$

Иккта штанганинг кучи 335500 кН.

Сургич узатмасининг элетродвигатели қуввати:

$$N = P\nu/1000 \cdot \eta,$$

Бу ерда  $P$  - сургич кучи, кН;  $\nu$  - суриш тезлиги, м/с;  $\eta$  - винт ва узатманинг умумий Ф.И.К.

Сургичнинг тезлигини 0,3м/с, деб қабул қиламиз умумий Ф.И.К.  $\eta = 0,7$ .

$$N = 335500 \cdot 0,3/1000 \cdot 0,7 = 144 \text{ кВт}.$$

Аниқланган қувватга асосан элетродвигателни танлаймиз:

Тип – АИР355М8;

Қуввати – 160 кВт;

Синхрон айланиш частотаси– 750 об/мин;

К.П.Д. – 93,5%;

Элетродвигателар сони – 1.

Умумий узатмалар сони  $i$  қуйидаги тенгламадан топилади:

$$i = n_d / n_u,$$

бу ерда  $n_d$  - танланган элетродвигател айланиш частотаси, айл/мин;

$n_u = 60\nu / \pi \cdot d_u$  - рейка шестерня айланиш частотаси, айл/мин;  $\nu$  - суриш

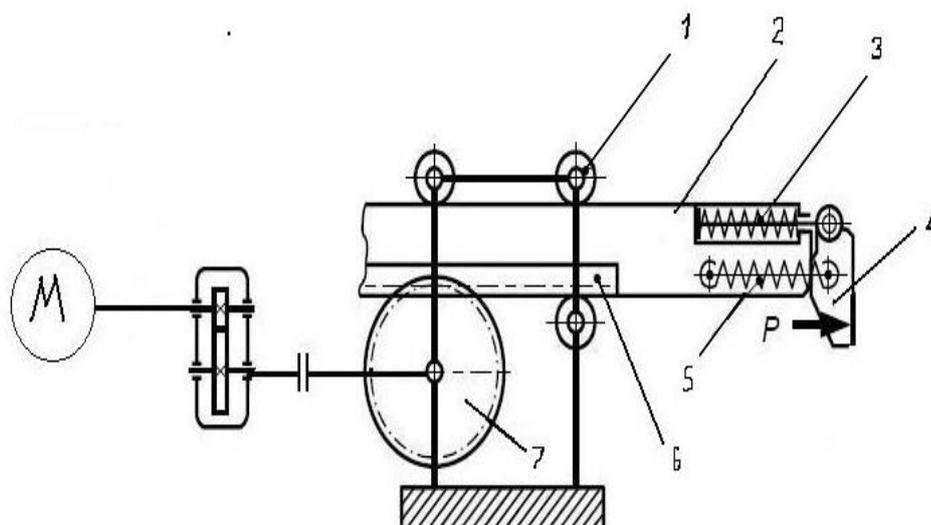
тезлиги, м/с;  $d_u$  - Шестернянинг бошланғич айланаси диаметри, м.

$$n_u = 60 \cdot 0,3 / 3,14 \cdot 0,6 = 9,55 \text{ об / мин}.$$

Редукторнинг узатмалар сонни аниқлаймиз:

$$i = 750 / 9,55 = 78,5.$$

КЦ2-750 тпидаги уч босқичли конусли-цилиндрли редукторнинг асосий техник характеристикаларидан келиб чиқиб узатма сонини 71тенг деб қабул қиламиз.



- 1 – Таянч ғилдираклар;
- 2 – сурувчи штанга;
- 3 – амортизатор;
- 4 – сурувчи бармоқ ;
- 5 – беркитувчи пружина;
- 6 - зубчатая рейка;
- 7 – узатма шестерня.

Расм 2.1 – Суручининг кинематик схемаси .

### Рекуператор

Хавони қиздириш учун металдан ишланган радиацион рекуператордан фойдаланамиз,  $t_{yx} = 1000^{\circ}C$ . Рекуператор хавонинг температурасини  $t_{nod} = 300^{\circ}C$  қиздиради

### **Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.**

1. Мaстрюков Б.С. Теория, конструкция и расчеты металлургических печей. Т.2. Расчеты металлургических печей. - М.: Металлургия, 1987г. -272с.
2. Тайц Н.Ю., Розенгарт Ю.И. Методические нагревательные печи. - Харьков: Металлургиздат, 1956г. -248с.
3. Металлургические печи: Атлас. Учеб. пособие для вузов / Миткалинский В.И., Кривандин В.А., Морозов В.А и др. - М.: Металлургия, 1987. -384с.
4. Кривандин В.А., Белоусов В.В., Сборщиков Г.С. и др. Теплотехника металлургического производства. Т.2.- М.: МИСиС, 2002г. -735с.
5. Соболев Б.М. Расчеты нагревательных печей. - Учебное пособие /Б.М. Соболев – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2006г. -66с.
6. Воителев В.В., Могилевский Е.И. Механическое оборудование печей. - М.: Металлургия, 1991г. -148с.
7. Тимошпольский В.И., Губинский В.И. и др. Металлургические печи теория и расчеты. Т.1,Т.2. –Минск: Беларуснаука, 2007г. -596с,832с.