

Włodzimierz BŁASIAK  
Józef ZAJDEL

Instytut Maszyn Ciepłych  
Politechniki Częstochowskiej

## METODYKA I PROGRAM OBLICZEŃ BILANSOWYCH INSTALACJI MLYNOWEJ

Streszczenie. W oparciu o bilans cieplny i masowy podano metodę obliczeń cieplnych instalacji przygotowania pyłu pod kątem przydatności tej metodyki do obliczeń z wykorzystaniem ETO. Program obliczeń opracowano w jęz. BASIC i przetestowano na minikomputerze NEPTUN 184. Podano przykładowo końcowe wyniki obliczeń instalacji młynowej dla młyna wentylatorowego MWK-16 dla określonych warunków pracy.

### 1. Wstęp

W instalacji młynowej realizowany jest proces rozdrabniania węgla oraz proces jego suszenia. W referacie zajęto się tylko procesem suszenia bez analizy warunków wymiany ciepła i masy.

Podstawą obliczeń cieplnych i analizy pracy instalacji przygotowania pyłu węglowego dla kotłów energetycznych jest bilans cieplny i masowy układu. Czynnikiem suszącym węgiel w instalacjach młynowych kotłów jest powszechnie stosowane podgrzane powietrze względnie mieszanina podgrzanego powietrza i gorących spalin, pobranych do tego celu z kanałów spalinowych kotła. Konieczność stosowania spalin wynika z bilansu cieplnego układu i ograniczeń temperatury podgrzanego powietrza oraz proporcji rozdziału tego powietrza na pierwotne kierowane do młyna i wtórne kierowane bezpośrednio do komory paleniskowej kotła. Podstawowymi wielkościami charakteryzującymi warunki suszenia węgla w instalacji są: wilgotność węgla i pyłu, temperatura czynnika suszącego i mieszanki pyłowo-gazowej oraz strumień czynnika suszącego. Parametry pracy powinny być tak dobrane, aby zapewnione były: pewność pracy młyna i wentylatora młynowego, bezpieczeństwo przed wybuchami i pożarami, warunki transportu pneumatycznego pyłu, poprawne warunki zapłonu i spalania węgla w komorze paleniskowej kotła.

### 2. Bilans cieplny i masowy

W opracowaniu bilans odniesiono do 1 kg węgla surowego podawanego do młyna. Jako przekroje kontrolne przyjęto:

- dla wlotu do młyna: przekrój przewodu, w którym następuje zetknięcie węgla surowego z czynnikiem suszącym,
- dla wylotu z młyna: przekrój przewodu pyłowego za separatorem młynowym.

#### 2.1. Bilans cieplny

Dla instalacji młynowej odpowiednie pozycje bilansu cieplnego wyniosą

Ciepło doprowadzone

$$QD = I1 + I2 + I3 + I4 \quad (1)$$

Równanie bilansu cieplnego

$$I1 + I2 + I3 + I4 = I5 + I6 + I7 + I8 \quad (3)$$

Ciepło odprowadzone

$$QW = I5 + I6 + I7 + I8 \quad (2)$$

## 2.2. Bilans masowy

Masa substancji doprowadzonych

$$MD = MM + M2 + M3 \quad (4)$$

Masa substancji odprowadzonych

$$MW = MM + M2 + M4 + DW \quad (5)$$

$$MM = MP + MS \quad (6)$$

Równanie bilansu masowego

$$MM + M2 + M3 = MM + M2 + M4 + DW \quad (7)$$

W podanych bilansach nie uwzględniono strumienia parytu odprowadzanego z młyna przy stosowaniu odsiarczania węgla w niektórych układach młynowych.

## 2.3. Zależności funkcyjne i dane liczbowe parametrów charakterystycznych

### 1) Entalpia czynnika suszącego na wlocie do młyna

$$I1 = MM \cdot \epsilon_1(TM - 273) \quad (8)$$

Temperatura czynnika suszącego na wlocie do młyna nie powinna przekraczać wartości:

- młyny średniobieżne  $TM = 623 \text{ K}$ ,
- młyny wolnobieżne  $TM = 673 \text{ K}$ ,
- młyny szybkoobieżne  $TM = 923 \text{ K}$ .

Ciepło właściwe czynnika suszącego /powietrze + spaliny/ można wyznaczyć z zależności:

$$C1 = [C2 \cdot UP (TP - 273) + CS \cdot US (TS - 273)] \cdot (TM - 273)^{-1} \quad (8')$$

gdzie:

$$UP = MP \cdot MM^{-1} ; \quad US = MS \cdot MM^{-1} ; \quad UP + US = 1 \quad (9)$$

Ciepło właściwe powietrza wilgotnego wyznaczono, zakładając zawilgoconie powietrza 0,01 kg/kg, z zależności

$$C2 = C4 + 0,01 \cdot C3 \quad (10)$$

Ciepło właściwe powietrza suchego wyznacza się z zależności

$$C4 = \sum_{i=1}^{i=2} C_i \cdot P_i \quad (11)$$

Dla powietrza suchego przyjęto udziały masowe: azot - 76,57% ; tlen - 23,01% ;  $CO_2 = 0,42\%$  , zaś ciepło właściwe poszczególnych składników powietrza w funkcji temperatury wyznacza się z równania (21).

Ciepło właściwe pary wodnej  $C3$  w funkcji temperatury wyznacza się również z (20). Ciepło właściwe spalin wyznacza się z zależności:

$$CS = \sum_{i=1}^{i=4} C_i \cdot \epsilon_i \quad (12)$$

W spalinach uwzględniono następujące składniki:  $N_2, H_2O, O_2, CO_2 + SO_2 = RO_2$

Do wyznaczenia ilości powietrza potrzebnego do spalania, ilości spalin oraz poszczególnych składników spalin wykorzystano wygodne w tego typu

obliczeniach zależności wynikające ze zredukowanych charakterystyk paliwa [7]. Do wyznaczenia poszczególnych wielkości potrzebna jest tylko znajomość wartości opalowej węgla, jego wilgotność całkowita oraz typ węgla (zawartość części lotnych). Dla paliwa stałego odpowiednie wielkości wynoszą:

Teoretyczna ilość powietrza

$$VP = 0,238 \cdot X_1 \cdot (WD + 0,025 \cdot WC) \quad \text{Nm}^3/\text{kg} \quad (13)$$

Teoretyczna ilość spalin

$$V_1 = 0,238 \cdot X_2 \cdot (WD + 0,025 \cdot WC) + 0,0124 \cdot WC \quad \text{Nm}^3/\text{kg} \quad (14)$$

Rzeczywista ilość spalin

$$VS = V_1 + (LL - 1) \cdot VP \quad \text{Nm}^3/\text{kg} \quad (15)$$

Objętość gazów trójatomowych

$$VR = 0,00238 \cdot X_1 \cdot X_4 (WD + 0,025 \cdot WC) \quad \text{Nm}^3/\text{kg} \quad (16)$$

Rzeczywista objętość pary wodnej (dla  $LL = 1,2$ )

$$VH = 0,238 \cdot [X_3 + 0,01 \cdot X_1 \cdot (22,9 - X_4)] (WD + 0,025 \cdot WC) + 0,0124 \cdot WC \quad \text{Nm}^3/\text{kg} \quad (17)$$

Objętość tlenu w spalinach

$$VO = 0,21 \cdot (LL - 1) \cdot VP \quad \text{Nm}^3/\text{kg} \quad (18)$$

Objętość azotu w spalinach

$$VN = VS - VR - VH - VO \quad \text{Nm}^3/\text{kg} \quad (19)$$

We wzorach (13) - (19) należy przyjąć  $WD$  [MJ/kg];  $WC$  [%]

W rozważaniach przyjęto następujące węgle, dla których odpowiednie wartości współczynników wynoszą:

Rodzaj węgla:	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
Węgiel kamienny typ 38	1,1	1,15	0,03	18,8
Węgiel kamienny typ 31 i 32	1,1	1,17	0,05	18,2
Węgiel brunatny o zaw.cz.lotnych <45%	1,1	1,18	0,06	19,4
Węgiel brunatny o zaw.cz.lotnych >45%	1,1	1,19	0,07	19,0

Dla zapewnienia poprawnych warunków spalania pyłu w komorze paleniskowej zaleca się wg [6], aby udział powietrza pierwotnego podawanego do młyna nie przekraczał wartości:

- węgle kamienne chude	$M_1 = 0,17 \cdot LL \cdot VP \cdot 1,293 \text{ kg/kg}$
- " " bogate w cz.lotne	$M_1 = 0,25 \cdot LL \cdot VP \cdot 1,293 \text{ kg/kg} \quad (20)$
- " brunatne	$M_1 = 0,40 \cdot LL \cdot VP \cdot 1,293 \text{ kg/kg}$

Ciepło właściwe poszczególnych składników spalin oraz powietrza suchego w funkcji temperatury wyznaczono z wzorów Sutherlanda [1]:

$$C_i = 4,1868 \cdot (Z_0 + Z_1 \cdot T + Z_2 \cdot T^2 + Z_3 \cdot T^3) \cdot M_i^{-1} \quad \text{kJ/kgK} \quad (21)$$

Dla składników spalin i powietrza suchego wartości współczynników w równaniu (21) wynoszą:

Nazwa składnika	$M_i$	$Z_0$	$Z_1 \cdot 10^3$	$Z_2 \cdot 10^5$	$Z_3 \cdot 10^9$
Dwutlenek węgla $\text{CO}_2$	44	5,316	14,285	-8,362	1,784
Tlen $\text{O}_2$	32	8,643	0,202	0	0
Azot $\text{N}_2$	28	6,903	-0,3753	1,93	-0,6841
Para wodna $\text{H}_2\text{O}$	18	7,7	0,4594	2,521	-0,8587

2) Entalpia powietrza dośnaganego

$$I_2 = KD \cdot MM(C_5 + 0,01 \cdot C_6) \cdot (TD - 273) \quad (22)$$

Wartość współczynnika KD zależy od rodzaju młyna i układu instalacji młynowej. Przyjęto dla częściej stosowanych układów:

- młyny średniobieżne pracujące przy podciśnieniu KD = 0,10,
- młyn wolnobieżny kulowo-bębnowy KD = 0,26,
- młyny szybkobieżne KD = 0,20.

3) Entalpia węgla surowego

$$I_3 = C_7 \cdot (TW - 273) \quad (23)$$

Ciepło właściwe węgla surowego wyznaczono z zależności

$$C_7 = (1 - WC) \cdot C_8 + 4,1868 \cdot WC \quad (24)$$

Ciepło właściwe suchej masy węgla

- węgle kamienne C<sub>8</sub> = 1,09 kJ/kg K,
- węgle brunatne C<sub>8</sub> = 1,13 kJ/kg K.

4) Ciepło wydzielone przez elementy mielące

$$I_4 = KC \cdot E \quad (25)$$

Współczynnik KC zależy głównie od rodzaju młyna i przyjęto:

- młyny średniobieżne KC = 0,6,
- młyny wolnobieżne KC = 0,7,
- młyny szybkobieżne KC = 0,8.

Jednostkowe zużycie energii na przemiał wyznaczono w oparciu o wyniki badań [3, 4, 5, 8, 9] i przyjęto średnie wartości dla instalacji pracującej w układzie bezpośrednim (energia na przemiał i transport pneumatyczny).

Typ młyna	Węgiel	E kJ/kg
średniobieżne	Węgiel kamienny typ 38; 31 i 32	94 ; 79
wolnobieżne	" " typ 38; 31 i 32	147 ; 129
szybkobieżne	" " typ 38; 31 i 32	90; 61
	Węgiel brunatny o zaw.oz.l. < 45%	29
	" " " " " > 45%	18

5) Entalpia pyłu

$$I_5 = (1 - DW) \cdot C_9 \cdot (TU - 273) \quad (26)$$

Ciepło właściwe pyłu

$$C_9 = (1 - WP) \cdot C_8 + 4,1868 \cdot WP \quad (27)$$

Wilgotność odparowana z 1 kg węgla surowego

$$DW = (WC - WP)(1 - WP)^{-1} \quad (28)$$

Wilgotność pyłu przyjmuje się w granicach:

- dla węgla kamiennych WH ≥ WP > 0,5WH
- dla węgla brunatnych WH·8 ≥ WP > WH

Dla układu bezpośredniego przyjmuje się górne wartości WP.

6) Strata ciepła do otoczenia

Wartość  $I_6$  zależy głównie od wydajności i rodzaju młyna oraz układu instalacji młynowej.

Dla układu bezpośredniego w oparciu o dane [3] opracowano korelację na wyznaczenie straty ciepła do otoczenia w zależności od rodzaju i wydajności młynów:

- dla młynów średniobieżnych

$$I_6 = 9,865 - 0,2664 \cdot B + 2,2724 \cdot 10^{-3} \cdot B^2 \quad (29)$$

- dla młynów wolnobieżnych

$$I_6 = 2(9,865 - 0,2664 \cdot B + 2,2724 \cdot 10^{-3} \cdot B^2) \quad (30)$$

- dla młynów szybkoobieżnych

$$I_6 = 0,5(9,865 - 0,2664 \cdot B + 2,2724 \cdot 10^{-3} \cdot B^2) \quad (31)$$

7) Ciepło na odparowanie wilgoci

$$I_7 = DW [R + D_5(TU - 273)] \quad (32)$$

Wartość  $D_5$  wyznacza się z równania (21) dla temperatury  $TU$ . Dla określenia ciepła parowania wody w funkcji temperatury wyznaczono równanie korelacyjne przyjmując ciśnienie 0,1 MPa i zakres temperatur 273-573 K.

$$R = 2972 - 1,212 \cdot T - 1,896 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \quad \text{kJ/kg} \quad (33)$$

gdzie:  $T = 0,5(TU + TW)$

8) Entalpia gazu na wylocie z młyną

$$I_8 = (MM \cdot D_2 + KD \cdot MM \cdot D_4)(TU - 273) \quad (34)$$

Ciepło właściwe gazu (powietrze + spaliny)

$$D_2 = US \cdot D_3 + UP \cdot D_4 \quad (35)$$

Ciepło właściwe powietrza wilgotnego

$$D_4 = D_1 + 0,01 \cdot D_5 \quad (36)$$

Wartość  $D_1$  wyznacza się z równań (11) i (21), natomiast  $D_3$  z równań (12) i (21) a  $D_5$  z równania (21) dla temperatury  $TU$ .

Temperatura mieszanki pyłowo-gazowej za młynem nie powinna przekraczać podanych wartości:

Układ instalacji młynowej	Węgiel	Czynnik suszący	TU K
Za zbiornikiem pośrednim	kamienny i brunatny	powietrze	343
" "	kamienny i brunatny	powietrze + spaliny	353
Bez zbiornika pośredniego	kamienny brunatny	powietrze	403 373
" "	kamienny brunatny	powietrze + spaliny	443 413

### 3. Program obliczeniowy

Opracowany program obliczeniowy służy do przeprowadzenia obliczeń bilansowych instalacji młynowej dla dowolnej kombinacji jej parametrów wejściowych i wyjściowych. Poniżej załączonego wydruku programu przedstawiono wydruk obliczeń obrazujący możliwości manipulacyjne programu.

W pierwszej fazie obliczeń należy dokonać wyboru typu paliwa i mlyna oraz wprowadzić wywoływane kolejno dane wejściowe. Dla przyjętych danych wejściowych zostaje obliczona zgodnie z zależnościami (20) ilość powietrza  $M_1$  oraz wybrana wartość temperatury mieszanki pyło-powietrznej  $T_U$ . Dla tak określonych danych zostaje następnie obliczona wartość różnicy pomiędzy ilością ciepła doprowadzonego oraz odprowadzonego  $DQ$ . W przypadku gdy wartość  $|DQ| > 1\theta$  ilość powietrza  $M_1$  jest stopniowo zwiększana lub zmniejszana z krokiem  $\theta, \theta 5$  kg pow. /kg paliwa aż do momentu gdy  $|DQ| \leq 1\theta$ . Dla tak spełnionego bilansu zostaje wydrukowana informacja o temperaturze,  $T_U$  i ilości powietrza,  $MP$ , jaką należy dostarczyć do mlyna. Dla przeprowadzenia ponownych obliczeń dla innej dowolnej wartości temperatury  $T_U$ , należy wprowadzić jej wartość, a następnie wymaganą przez użytkownika, dowolną ilość powietrza  $MP$ . Wprowadzenie w tym przypadku  $MP = \theta$  spowoduje przeprowadzenie obliczeń dla ilości powietrza  $MP=M_1$ . Po określeniu  $DQ$  następuje stopniowe zwiększanie ilości spalin od  $MS=0$  z krokiem  $\theta, \theta 2$  kg spal./kg.pal., w przypadku gdy  $DQ < \theta$  lub przyjęcie  $MS = \theta$  i zmniejszenie ilości powietrza z krokiem  $\theta, \theta 5$ , w przypadku gdy  $DQ > \theta$ . Po spełnieniu bilansu zostaje wydrukowana informacja o ilości, temperaturach i udziałach obu składników czynnika suszącego.

Ponowne wprowadzenie wartości  $T_U$  oraz  $MP$  powoduje przeprowadzenie ponownych obliczeń dla założonych warunków. Wprowadzenie  $T_U = \theta$  powoduje zakończenie obliczeń. Poza wymienionymi parametrami zmienianymi w dowolny sposób istnieje również możliwość zmiany wszystkich pozostałych wielkości przyjętych programowo jako stałe, jak np.  $KC$ ,  $KD$  czy  $E$ , a których zmiana bezpośrednio w programie zwiększa jego możliwości obliczeniowe.

```

10 FEM"BIŁANS MLYNA"
20 PRINT"***** Podaj typ we9la *****"
30 PRINT"We9.kam.chudy-ty9 38 * * Press 1"
40 PRINT"We9.kam.-ty9 31,32 * * Press 2"
50 PRINT"We9.brun.-zaw.cz.lot.<=45% * * Press 3"
60 PRINT"We9.brun.-zaw.cz.lot.>45% * * Press 4"
70 INPUT Q1
80 INPUT "Wartosc opalowa we9la WD= kJ/kg9";WD:WD=WD*1E-3:LL=1.2
90 INPUT "Wil9oc calk.we9la WC= %";WC
100 INPUT "Wil9oc Pyłu we9lowego WP= %";WP:WP=WP*.01
110 INPUT "Temp.we9la surowego TW= K";TW
120 INPUT "Temp. Powietrza TP= K";TP
130 INPUT "Temp. spalin TS= K";TS
140 ON Q1 GOTO 150,160,170,180
150 X1=1.1:X2=1.15:X3=.03:X4=18.8:C8=1.09:TU=403:GOTO 190
160 X1=1.1:X2=1.17:X3=.05:X4=18.2:C8=1.09:TU=403:GOTO 190
170 X1=1.1:X2=1.18:X3=.06:X4=19.4:C8=1.13:TU=373:GOTO 190
180 X1=1.1:X2=1.19:X3=.07:X4=19.0:C8=1.13:TU=373
190 VP=.238*X1*(WD+.025*WC)
200 VR=.00238*X1*X4*(WD+.025*WC)
210 VH=.238*(X3+.01*(22.9-X4))*X1*(WD+.025*WC)+.0124*WC
220 V1=.238*X2*(WD+.025*WC)+.0124*WC:WC=WC*.01
230 V0=.21*(LL-1)*VP

```

```

240 VS=V1+(LL-1)*VP:VN=VS-VR-VH-VD
250 C9=(1-WP)*C8+WP*4.1868
260 C7=(1-WC)*C8+WC*4.1868
270 I3=C7*(TW-273)
280 DW=(WC-WP)/(1-WP)
290 PRINT"*** Podaj rodzaj mlyna * * *"
300 PRINT"*** Mlyn sredniecezny-Press 1      ***"
310 PRINT"*** Mlyn wolniecezny -Press 2      ***"
320 PRINT"*** Mlyn szbkiecezny -Press 3      ***"
330 INPUT Q
340 INPUT "Wskazajnosc mlyna B= t/h";B
350 I6=2.2724E-3*B^2-.2664*B+9.865
360 ON Q GOTO 370,400,430
370 TM=623:P1=1:KD=.1:KC=.6:I6=I6:ON Q1 GOTO 380,390
380 E=94:GOTO 480
390 E=79:GOTO 480
400 TM=673:P1=1:KD=.26:KC=.7:I6=2*I6:ON Q1 GOTO 410,420
410 E=147:GOTO 480
420 E=129:GOTO 480
430 TM=923:P1=1:KD=.2:KC=.8:I6=.5*I6:ON Q1 GOTO 440,450,460,470
440 E=90:GOTO 480
450 E=61:GOTO 480
460 E=29:GOTO 480
470 E=18
480 I4=KC*E
490 RR=(P1*101325)/(8314*TS)
500 ON Q1 GOTO 510,520,520,530
510 M1=.17*LL*VP*1.293:GOTO 540
520 M1=.25*LL*VP*1.293:GOTO 540
530 M1=.4*LL*VP*1.293
540 I=1:Z0(I)=5.316:Z1(I)=14.285E-3:Z2(I)=-8.362E-6:Z3(I)=1.784E-9:M(I)=44
550 S(I)=VR*RR*M(I):P(I)=.0042
560 I=2:Z0(I)=8.643:Z1(I)=.202E-3:M(I)=32:S(I)=VO*RR*M(I)
570 P(I)=.2301
580 I=3:Z0(I)=6.903:Z1(I)=-.3753E-3:Z2(I)=1.93E-6:Z3(I)=-.6061E-9:M(I)=29
590 P(I)=.7657:S(I)=VN*RR*M(I)
600 I=4:Z0(I)=7.7:Z1(I)=.4594E-3:Z2(I)=2.521E-6:Z3(I)=-.8587E-9:M(I)=18
610 S(I)=VH*RR*M(I):SS=0
620 FOR I=1 TO 4
630 SS=S(I)+SS
640 NEXT
650 C4=0:C5=0:TD=303
660 FOR I=1 TO 4
670 C4(I)=(Z0(I)+Z1(I)*TP+Z2(I)*(TP^2)+Z3(I)*(TP^3))*(4.186/M(I))
680 C4=C4(I)*P(I)+C4
690 C5(I)=(Z0(I)+Z1(I)*TD+Z2(I)*TD^2+Z3(I)*TD^3)*(4.1868/M(I))
700 C5=C5(I)*P(I)+C5
710 RS=RR*M(I)*(S(I)/SS)+RS
720 D3(I)=(4.1868/M(I))*(Z0(I)+Z1(I)*TU+Z2(I)*TU^2+Z3(I)*TU^3)
730 CS(I)=(4.1868/M(I))*(Z0(I)+Z1(I)*TS+Z2(I)*TS^2+Z3(I)*TS^3)
740 CS=CS(I)*(S(I)/SS)+CS
750 D3=D3(I)*(S(I)/SS)+D3
760 NEXT
770 C3=(7.7+.4594E-3*TP+2.521E-6*TP^2-.8587E-9*TP^3)*.233
780 C2=C4+.01*C3
790 C6=(7.7+.459E-3*TD+2.521E-6*TD^2-.8587E-9*TD^3)*.233
800 MS=0:MP=M1
810 GOTO 880
820 MS=MS-.02:MP=MP
830 IF MS<0 GOTO 850
840 GOTO 880
850 MS=0:MP=MP-.05:GOTO 880
860 Q2=2:MP=MP:MS=MS+.02
870 IF MP<0 GOTO 890
880 MM=MP+MS:UP=MP/MM:US=1-UP:GOTO 900
890 MP=0:GOTO 880
900 I0=CS*(TS-273)*US+C2*(TP-273)*UP
910 C1=I0/(TM-273):I1=I0*MM
920 I2=KD*MM*(C5+.01*C6)*(TD-273)

```

```

930 I5=(1-DW)*C9*(TU-273)*D3=0:D1=0
940 FOR I=1 TO 4
950 D3(I)=(4.1868/M(I))*(Z0(I)+Z1(I)*TU+Z2(I)*TU^2+Z3(I)*TU^3)
960 D3=D3(I)*(S(I)/SS)+D3
970 D1(I)=(Z0(I)+Z1(I)*TU+Z2(I)*TU^2+Z3(I)*TU^3)*(4.187/M(I))
980 D1=D1(I)*P(I)+D1
990 NEXT
1000 D5=(7.7+.459E-3*TU+2.521E-6*TU^2-.8587E-9*TU^3)*.233
1010 T=.5*(TU+TW)
1020 R=-1.896E-3*T^2-1.212*T+2972
1030 I7=DW*(R+D5*(TU-273))
1040 D4=D1+.01*D5
1050 D2=D3*US+D4*UP
1060 I8=(MM*D2+K*MM*D4)*(TU-273)
1070 QD=I1+I2+I3+I4+QW=I5+I6+I7+I8
1080 DQ=QD-QW
1090 IF Q2=2 GOTO 1150
1100 IF DQ>10 GOTO 1130
1110 IF DQ<-10 GOTO 1140
1120 GOTO 1170
1130 MP=MP+.05:GOTO 880
1140 MP=MP+.05:GOTO 890
1150 IF DQ>10 GOTO 820
1160 IF DQ<-10 GOTO 860
1170 UP=UP*100:US=US*100
1180 PRINT"Ilosc sPal.dla TS=";TS;"K MS=";MS;"k9/k9.Pal.(Udzial-";US;"%)"
1190 PRINT"Ilosc Pow.dla TP=";TP;"K MP=";MP;"k9/k9.Pal.(Udzial-";UP;"%)"
1200 PRINT"Temp.miesz.Pylo-Pow. TU=";TU;"K"
1210 PRINT"*****"
1220 INPUT "Dla Ponownych obliczen daj wartosc temp. TU= K";TU
1230 IF TU<0 GOTO 1280
1240 PRINT "Daj ilosc Pow.MP= k9/k9.Pal(Jezeli wProwadzisz MP=0 obliczenia
1250 PRINT "dla MP=";M1;"k9/k9.Pal)":INPUT MP
1260 IF MP>0 GOTO 860
1270 Q2=2:MP=M1:GOTO 930
1280 END

```

RUN

\*\*\*\*\* Podaj typ we9la \*\*\*\*\*

We9.kam. -typ 38 \* \* Press 1

We9.kam. -typ 31,32 \* \* Press 2

We9.brun. -zaw.cz.lot.<=45% \* \* Press 3

We9.brun. -zaw.cz.lot.>45% \* \* Press 4

? 2

Wartosc oPalowa we9la WD= kJ/kg? 20410

Wil9oc calk.we9la WC= %? 18

Wil9oc Pylu we9lowe9o WP= %? 5

Temp.we9la surowe9o TW= K? 283

Temp. Powietrza TP= K? 557

Temp. sPalin TS= K? 1073

\* \* \* Podaj rodzaj mlyna \* \* \*

\*\*\* Mlyn sredniobiezny-Press 1 \*\*\*

\*\*\* Mlyn wolnobiazny -Press 2 \*\*\*

\*\*\* Mlyn szybkobiazny -Press 3 \*\*\*

? 3

WydaJnosc mlyna B= t/h? 16

Ilosc sPal.dla TS= 1073 K MS= 0 k9/k9.Pal.(Udzial- 0 %)

Ilosc Pow.dla TP= 557 K MP= 2.81837931 k9/k9.Pal.(Udzial- 100 %)

Temp.miesz.Pylo-Pow. TU= 403 K

\*\*\*\*\*

Dla Ponownych obliczen daj wartosc temp. TU= K? 373

Daj ilosc Pow.MP= k9/k9.Pal(Jezeli MP=0 obliczenia

dla MP= 2.11837931 k9/k9.Pal)

? 1.00

Ilosc sPal.dla TS= 1073 K MS= .22 k9/k9.Pal.(Udzial- 16.9230769 %)

Ilosc Pow.dla TP= 557 K MP= 1.06 k9/k9.Pal.(Udzial- 83.0769231 %)

Temp.miesz.Pylo-Pow. TU= 373 K



## SPIS OZNACZEŃ

B- wydajność młyna, t/h  
 C1- ciepło właściwe czynnika suszącego na wlocie do młyna w temp. TM, kJ/kgK  
 C2, C3, C4- ciepło właściwe pow. wilgotnego, pary wodnej, pow. such. w TM  
 C5, C6- ciepło właściwe powietrza suchego, pary wodnej w temp. TD, kJ/kgK  
 C7, C8- ciepło właściwe węgla surowego, suchej masy węgla w temp. TW, kJ/kgK  
 C9- ciepło właściwe pyłu węglowego w temp. TU, kJ/kgK  
 CS- ciepło właściwe spalin w temperaturze TS, kJ/kgK  
 Ci- ciepło właściwe i-tego składnika spalin lub pow. such. w temp. T, kJ/kgK  
 D1, D4, D5- ciepło właściwe pow. such., wilgotnego, pary wodnej w TU, kJ/kgK  
 D2, D3- ciepło właściwe mieszanki pow.+spaliny/, spalin w temp. TU, kJ/kgK  
 DQ- różnica bilansowa, kJ/kg  
 DW- wilgoć odparowana z 1kg węgla, kg/kg  
 E- jednostkowe zużycie energii na przemiał, kJ/kg  
 I1, I2, I3, I4- entalpia czynnika suszącego na wlocie, powietrza doszanego, węgla surowego, ciepło wydzielone w przemiale, kJ/kg  
 I5, I6, I7, I8- entalpia pyłu, strata ciepła do otoczenia, ciepło na odparowanie wilgoci, entalpia gazu na wylocie z młyna, kJ/kg  
 KD- współczynnik doszania zimnego powietrza przez nieszczelności  
 KC- współczynnik wydzielania ciepła przez elementy mielące w przemiale  
 LL- nadmiar powietrza w komorze paleniskowej kotła  
 Mi- masa częsteczkowa i-tego składnika spalin lub powietrza suchego  
 M1, MF- masa powietrza podgrzanego doprowadzonego do młyna wynikająca z rozdziału na pierwotne i wtórne, z bilansu, kg/kg  
 MM, MS- masa czynnika suszącego, spalin na wlocie do młyna, kg/kg  
 M2- masa powietrza zimnego doszanego do młyna, kg/kg  
 M3, M4- masa węgla surowego/1kg/, pyłu węglowego, kg/kg  
 MD, MW- masa substancji doprowadzonych, odprowadzonych z układu, kg/kg  
 R- ciepło parowania wody, kJ/kg  
 T- temperatura, K  
 TP, TS- temp. pow. podgrzanego, spalin na wlocie do młyna, K  
 TM, TW- temp. czynnika suszącego, węgla surowego na wlocie do młyna, K  
 TU, TD- temp. mieszanki pyłowo-gazowej, pow. doszanego, K  
 UP, US- udział masowy w czynniku suszącym powietrza, spalin  
 Pi, Si- udział masowy i-tego składnika w powietrzu suchym, w spalinach  
 VP, V1- teoretyczna ilość powietrza, spalin, Nm<sup>3</sup>/kg  
 VS- rzeczywista ilość spalin, Nm<sup>3</sup>/kg  
 VH, VN, VO, VR- ilość pary wodnej, azotu, tlenu, gazów trójatomowych, Nm<sup>3</sup>/kg  
 WD- wartość opałowa węgla w stanie roboczym, kJ/kg  
 WC, WF, WH- wilgoć całkowita węgla, pyłu, wilgoć higroskopijna węgla  
 Z0, Z1, Z2, Z3- współczynniki we wzorach Sutherlanda  
 X1, X2, X3, X4- współczynniki we wzorach na ilość powietrza i spalin  
 QD, QW- ciepło doprowadzone, odprowadzone z układu, kJ/kg

## LITERATURA

- [1] Bretsznajder S.; Własności cieczy i gazów. WNT, Warszawa 1962.
- [2] Czech Z., Nałęcki K., Wołek S.; Programowanie w języku Basic. WNT, Warszawa 1977.
- [3] Kruczek S., Sikorski W.; Przygotowanie paliwa. Skrypt Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1979.
- [4] Krupa M.; Analiza stosowanych młynów i ich układów w krajowych kotłach na węgiel kamienny. Materiały II Konferencji Kotłowej we Wrocławiu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 1967.
- [5] Lebedev A.N.; Podgotovka i razmol topliva na elektrostancijach. Izd. Energija, Moskva 1967.
- [6] Orłowski P., Dobrzański W., Szwarz E.; Kotły parowe. WNT, Warszawa 1979.
- [7] Piekier J.L.; Teplotecniczeskije rascety po priviediennym charakteristikam topliva. Izd. Energija, Moskva 1977.
- [8] Volkovinskij V.A., Roddatis K.F., Charlamov A.A., Melnicy-ventilatory. Izd. Energija, Moskva 1971.
- [9] Materiały Międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej "Przemiał węgla w elektrowniach", Warszawa 1967.
- [10] Normy rasceta i projektirovanija pyleprigotovitelnych ustanovok. GOST, '58

## МЕТОД И ПРОГРАММА БАЛАНСОВЫХ РАСЧЕТОВ ОБОРУДОВАНИЯ МЕЛЬНИЦ

### Резюме

Основой тепловых расчетов и анализа работы оборудования подготовки пыли является тепловой и массовый баланс системы.

В мельницах реализуется закон раздробления угля а также его сушка. В работе прежде всего обсуждено проблемы связанные с процессом сушки. В качестве основных параметров имеющих первостепенное влияние на сушку принято: первичную влажность угля и конечную влажность пыли, температуру сушильного агента на входе в мельницу, температуру пыле-газовой смеси на выходе, поток сушильного агента. В качестве сушильного агента принимается подогретый воздух или смесь воздуха и горячих уходящих газов взятых с топки котла. Параметры работы системы должны быть так подобраны, чтобы обеспечить надежность работы мельницы и вентилятора, безопасность перед взрывом, пневмотранспорт пыли, необходимые условия зажигания и сгорания угля в топке котла.

На основании теплового и массового баланса системы подготовки пыли и зависимостей между величинами в работе представлено программу расчетов на языке БАСИЦ проверенную на микро ЭВМ НЕПТУН 184.

Разработанная программа дает возможность определить характерные величины работы мельницы при переменных эксплуатационных условиях. В качестве примера показано результаты расчетов мельницы МК-16 при определенных условиях работы.

## METHODOLOGY AND MILL INSTALLATION BALANCE COMPUTING PROGRAM

### Summary

Heat and mass balance is a basis of heat calculations and analysis of mill installation work. Pulverization and drying process proceeds in this installation. The problems connected mainly with the drying process are presented in this paper. Initial coal moisture, pulverized coal moisture, drying gas temperature entering the mill installation, the temperature of air-pulverized coal mixture and the amount of drying gas were admitted as the basic parameters which decided about drying conditions.

As the drying gas, pre-heated air or air-hot fumes mixture were employed. The parameters of the mill installation work should be fitted to ensure mill installation reliability, operational safety in order to prevent the mill installation from exploding, pulverized coal pneumatic conveying, proper conditions of the coal ignition and combustion inside the combustion chamber of the boiler.

Taking into account the heat and mass balance of the mill installation and function dependences in this paper the computing program, made and tested by Neptun 184 microcomputer in BASIC computers language, is presented.

This program makes it possible to find characteristic parameters of the mill installation work for changing service conditions. As an example, the results of the MWK-16 mill calculations for define work conditions are shown.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Chmielnicki

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1986 r.