

## ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АНАЛИЗА ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Многочисленные модификации тепловых схем лесопромышленных предприятий имеют структуру, базовые блоки которой изменяются незначительно. Можно указать на следующие базовые блоки: парогенератор (котлоагрегат); редукционно-охладительная установка (РОУ); система непрерывной продувки котлоагрегата; подогреватель низкого давления (ПНД) и эжекторный подогрев; система двухступенчатого подогрева сырой воды (ПСВ-3, ПСВ-4); подогреватель высокого давления (ПВД); узел деаэрации питательной воды; система химводоочистки (ХВО); главная паровая турбина с отборами пара и электрогенератором; разветвленная система первого регулируемого отбора пара; система конденсационного обеспечения теплоэнергетической установки (ТЭУ).

При анализе и расчете такой сложной тепловой схемы может быть различной постановка задачи. Например, для предприятия по производству древесностружечных плит (ДСП) необходимо определить следующее.

I. Расходы пара  $D_3$  и воды  $D_2$  на РОУ, через которую потребителям отпускается пар с энтальпией  $I_1$  на базе свежего пара (энтальпия пара равна  $1 \phi$ ); при этом учитываются теплоемкость  $C$  и температура  $T$  питательной воды, кпд РОУ —  $K_1$ , заданные количества отпускаемого пара  $D_1$  и 30 % возвращаемого на ТЭУ конденсата.

II. Расходы пара из отборов турбины: 1) первого регулируемого  $M_1$  с заданным давлением, используемого для отпуска пара в количестве  $G_1$  (значение неизвестно) тепловому потребителю для технологии и отопления; расход пара  $G_2$  (значение неизвестно) для подогрева сырой воды во второй ступени; то же —  $G_3$  для подогрева питательной воды в ПВД; 2) второго нерегулируемого  $M_2$  с давлением 0,18 МПа для использования в деаэраторе; 3) третьего нерегулируемого  $M_3$  с давлением 0,05 МПа для подогрева конденсата после ступени эжекторного подогрева; 4) четвертого нерегулируемого на конденсатор для обеспечения графика электрической нагрузки и заданной суммарной мощности  $N$  ТЭУ.

III. Общий расход  $D$  на главную турбину.

IV. Расход питательной воды  $D_9$  на выходе из деаэратора с температурой питательной воды  $T_1 = 146^\circ\text{C}$ .

V. Расход добавочной химически очищенной воды  $C$  с температурой  $T_5 = 45^\circ\text{C}$  после второй ступени подогрева (ПСВ-4).

VI. Общий расход сырой воды  $W_1$  с температурой  $T_3$  после ПСВ-3, которую надо найти (это один из главных критериев правильности составления тепловых и материальных балансов тепловой схемы деревообрабатывающего предприятия).

VII. Потоки тепловой мощности главной турбины  $N_1, N_2, N_3, N_4$ .

VIII. Количество теплоты  $Q_2$  на обеспечение технологического процесса, на отопление и вентиляцию  $Q_1$ , а также кпд ТЭУ деревообрабатывающего

предприятия Е9 (при известном кпд парогенератора  $K7 = 78\%$ ).

Все обозначения названных параметров точно соответствуют обозначениям нижеприведенной программы ЭВМ. Значения расходов даны в кг/с, энтальпии — кДж/кг, температуры — °С, давления — кН/м<sup>2</sup>, плотности — кг/м<sup>3</sup>, кпд — в долях от единицы.

Приведенное ниже программное средство анализа тепловой схемы предприятия по производству ДСП в основном копирует последовательность расчета, что исключает необходимость подробного описания. В программе предусматривается неоднократная проверка правильности расчета по расходу пара на главную турбину  $D$ , по суммарной мощности  $N5$  потоков турбины и тепло-энергетической установки (см. операторы 162φ, 171φ, 194φ). В случае существенного расхождения соответствующие значения пересчитываются (см. операторы 172φ–182φ). В операторах программы 196φ–2φ5φ на печать выводятся все интересующие инженера-технолога данные.

```
10 PRINT "ПРОЗ1 - РАСЧЕТ СХЕМЫ ТЭУ ЛЕСПРОМА"
20 PRINT "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РОУ":PRINT
30 DATA .833,3306,748,98,2916,24,4,19,146
40 READ D1,I0,K1,I1,C,T
50 PRINT:PRINT
60 PRINT "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЭУ":PRINT
70 DATA 611,7,1081,9
80 READ I4,I3
90 PRINT:PRINT
100 PRINT "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА":PRINT
110 DATA 5000,120,1000,6,469,3,5,96
120 READ P1,P2,R,K9,H,E1,E2
130 PRINT:PRINT
140 PRINT "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОДУВКИ КОТЛОВ":PRINT
150 DATA 1081,9,487,4224,2701,3,98,98
160 READ I3,V3,V4,E3,X
170 PRINT:PRINT
180 PRINT "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ТЕПЛОИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУВКИ":PRINT
190 DATA .0125,116,60,20,97,2982,861,636,25,98,45,2701,3
200 READ D6,T1,T2,T4,K2,I8,I9,K3,T5,K8
210 PRINT:PRINT
220 PRINT "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПВД":PRINT
230 DATA 146,104,151,85,97
240 READ T7,T8,T9,K4
250 PRINT:PRINT
260 PRINT "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПНД":PRINT
270 DATA .194444,2646,81,35,98,75,32
280 READ G5,H3,H4,K5,H5,H6
290 PRINT:PRINT
300 PRINT "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОВЕРКИ МОЩНОСТИ ТЭУ":PRINT
310 DATA .98,98,2701,3,2555,9,60,60,251,4,78,750
320 READ L,V,K8,S4,U1,U2,U3,K7,N
330 PRINT:PRINT
340 PRINT "РАСЧЕТ РАСХОДОВ ПАРА И ВОДЫ НА РОУ":PRINT
350 PRINT "РАСХОД ВОДЫ НА РОУ"
360 D2=D1*(I0-I1/K1)/(I0-C*T)
370 PRINT "РАСХОД ПАРА НА РОУ":PRINT
380 D3=D1-D2
390 PRINT "ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ ТУРБОПРИВОДА И ПРОДУВКИ КОТЛОВ":PRINT
400 PRINT "ОТНОШЕНИЕ РАСХОДОВ ПАРА НА ТУРБОПРИВОД"
410 PRINT "И ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ, A1"
420 A1=(P1-P2)/(R*K9*H*E1*E2)
430 PRINT "ДОЛЯ ОТСЕПАРИРОВАННОГО ПАРА, B1"
440 PRINT "В РАШИРИТЕЛЕ ПРОДУВКИ":PRINT
450 B1=(I3-V3)*E3/((V4-V3)*X)
460 PRINT "РАСХОД ПАРА ДЛЯ ПОДОГРЕВА В П Н Д, G4"
470 G4=((G5+D6)*C*(H5-H6))/((H3-C*H4)*K5-C*(H5-H6))
480 PRINT "КОЛИЧЕСТВО КОНДЕНСАТА НА ВЫХОДЕ ИЗ ПНД, G6"
490 G6=G4+G5+D6
500 PRINT "РАСЧЕТ ВСП.ПАРАМЕТРОВ ИЗ ТЕПЛОБАЛАНСА ПСВ-3"
510 A=.1*D3+D6+D1
520 B=1-1.1*A1
530 LPRINT "A1=";A1;"B1=";B1;"A=";A;"B=";B;"G4=";G4;"G6=";G6
540 X5=(A1+A/B)+D3
550 X6=1+1.1*A1/B
560 P3=(1-B1)*.05*X5
570 P4=(1-B1)*.05*X6
580 P5=K2*C*(T1-T2)
590 N6=P3*P5
```

```

600 N8=P4*P5
610 N7=.05*X5*(2-B1)+.7*D1
620 LPRINT "P3=";P3;"P4=";P4;"P5=";P5;"N6=";N6;"N7=";N7;"N8=";N8
630 N9=.05*X6*(2-B1)
640 PRINT "ВСПОМОГ.ПАРАМЕТРЫ ИЗ ТЕПЛОБАЛАНСА ПСВ-4"
650 B9=(I8-I9)*K3
660 Z1=C*(T5-T4)
670 LPRINT "Z1=";Z1;"B9=";B9;"N7=";N7;"N9=";N9
680 C1=(1.4*N7*Z1-N6)/B9
690 C2=(1.4*N9*Z1-N8)/B9
700 C3=.21*Z1/B9
710 PRINT "ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИЗ ТЕПЛОБАЛАНСА П В Д"
720 X7=C*(T7-T8)
730 X8=A*X7/(B*B9)
740 X9=1.1*X7/(B*B9)
750 PRINT "МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ДЕАЭРАТОРА"
760 L7=.05*B1*X5
770 L8=.05*B1*X6
780 P7=G6+.3*D1+L7+X8+C1+N7
790 S7=L8+X9+C2+N9
800 S9=1+C3
810 A7=1.1/B-S7
820 B8=S9/A7
830 B6=1/A7
840 S8=P7-A/B
850 B7=S8/A7
860 PRINT "УРАВНЕНИЕ ИЗ МАТЕР.БАЛАНСА ДЕАЭРАТОРА"
870 PRINT "D=B7+B8*G1+B6*M2";PRINT
880 LPRINT "B7=";B7;"B8=";B8;"B6=";B6
890 PRINT "ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОБАЛАНСА ДЕАЭРАТОРА"
900 Z6=K8/(C*T8)
910 P8=G6+B5/T8+.3*D1+U2/T8+L7+Z6
920 P9=(X8+C1)+T9/T8+N7*T5/T8-A/B
930 Z7=P8+P9
940 LPRINT "Z6=";Z6;"P9=";P9;"P8=";P8;"Z7=";Z7
950 Z8=L8+Z6+(X9+C2)*T9/T8+N9*T5/T8
960 Z9=C3*T9/T8+U1/T8
970 C7=1.1/B-Z8
980 LPRINT "C7=";C7
990 R5=Z7/C7
1000 R6=Z9/C7
1010 R7=Z6/C7
1020 PRINT "УРАВНЕНИЕ ИЗ ТЕПЛОБАЛАНСА ДЕАЭРАТОРА"
1030 PRINT "D = R5 + R6*G1 + R7*M2"
1040 LPRINT "R5=";R5;"R6=";R6;"R7=";R7
1050 PRINT "СОВМЕЩЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОГО"
1060 PRINT "И ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ДЕАЭРАТОРА";PRINT
1070 H7=1-R7/B6
1080 H8=(R5-R7*B7/B6)/H7
1090 H9=(R6-R7*B8/B6)/H7
1100 LPRINT "H7=";H7;"H8=";H8;"H9=";H9
1110 W2=1-B8/H9
1120 W3=B7-B8*H8/H9
1130 W4=W3/W2
1140 W5=B6/W2
1150 W6=(W4-H8)/H9
1160 W7=W5/H9
1170 LPRINT "W2=";W2;"W3=";W3;"W4=";W4;"W5=";W5;"W6=";W6;"W7=";W7
1180 W8=C2+(1+C3)/H9+X9
1190 W9=C1+S9*(W6-W4/H9)+X8-W4/W5+G4+G5
1200 LPRINT "W8=";W8;"W9=";W9
1210 PRINT "РАСХОД ПАРА НА ГЛАВНУЮ ТУРБИНУ, D":PRINT
1220 D=W9/(1-W8)
1230 D9=(A+1.1*D)/B
1240 LPRINT "W8=";W8;"W9=";W9;"D=";D;"D9=";D9
1250 R3=A1+D9
1260 PRINT "R3=";R3
1270 PRINT "НАР ИЗ РАСШИРИТЕЛЯ ПРОДУВКИ, R1":PRINT
1280 R1=.05*B1*(X5+X6*D)
1290 LPRINT "B1=";B1;"X5=";X5;"X6=";X6;"D=";D
1300 PRINT "ВОДА ИЗ РАСШИРИТЕЛЯ ПРОДУВКИ, R2":PRINT
1310 R2=.05*(1-B1)*(X5+X6*D)
1320 PRINT "ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ПРОДУВочНОЙ ВОДЫ, D7":PRINT
1330 D7=R1+R2
1340 PRINT "РАСХОД ПАРА ИЗ 1-ГО ОТБОРА НА ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ"
1350 G1=(D-H8)/H9
1360 PRINT "РАСХОД ДОБАВКИ ПИТАТ.ВОДЫ НА Х В О, G"
1370 G=N7+N9*D+.15*G1
1380 PRINT "РАСХОД С Ы Р О И ВОДЫ, W1":PRINT
1390 W1=1.4*G
1400 PRINT "РАСХОД ПАРА G2 ДЛЯ ПОДОГРЕВА В П С В - 3"
1410 G2=C1+C2*D+C3*G1
1420 LPRINT "C1=";C1;"C2=";C2;"C3=";C3
1430 PRINT "РАСХОД ПАРА ДЛЯ ПОДОГРЕВА СЫРОЙ ВОДЫ В П В Д, G3"
1440 G3=X8+X9*D
1450 LPRINT "X8=";X8;"X9=";X9

```



```

1460 PRINT "ТЕМПЕРАТУРА СЫРОЙ ВОДЫ ТЗ ПОСЛЕ П С В - 3"
1470 U3=R2*(T1-T2)*K2/W1+T4
1480 PRINT "U3=";U3
1490 PRINT:PRINT
1500 PRINT "ПОТОКИ ОТБОРОВ ПАРА ИЗ ГЛАВНОЙ ТУРБИНЫ"
1510 M1=G1+G2+G3
1520 M2=(D-W4)/W5
1530 M3=G4
1540 M4=G5
1550 PRINT "ПРОВЕРКА ПО УРАВНЕНИЮ МОЩНОСТИ ГЛАВНОЙ ТУРБИНЫ"
1560 A2=I0-S4
1570 Y1=(I8-S4)/A2
1580 Y2=(K8-S4)/A2
1590 Y3=(H3-S4)/A2
1600 L3=N/((I0-S4)*L*V)+Y1*M1+Y2*M2+Y3*M3
1610 PRINT "L3=";L3,"D=";D
1620 IF ABS(L3-D)<=.1 THEN 1640
1630 STOP
1640 PRINT "ПОТОКИ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ ИЗ ГЛАВНОЙ ТУРБИНЫ"
1650 N1=(I0-I8)*L*V*M1
1660 N2=(I0-K8)*L*V*M2
1670 N3=(I0-H3)*L*V*M3
1680 N4=(I0-S4)*L*V*M4
1690 N5=N1+N2+N3+N4
1700 PRINT "N5=";N5, "N=";N
1710 IF ABS(N-N5)>.01 AND ABS(N-N5)<.04 THEN 1830
1720 M6=M1/(N5/N)
1730 G9=M6-(G2+G3)
1740 R9=N-(N2+N3+N4)
1750 G0=N7+N9*D+.15*G9
1760 W0=1.4*G0
1770 G20=C1+C2*D+C3*G0
1780 M10=G9+G20+G3
1790 L30=N/((I0-I8)*L*V)+Y1*M10+Y2*M2+Y3*M3
1800 N10=(I0-I8)*L*V*M10
1810 N50=N10+N2+N3+N4
1820 R7=N10+N2+N3+N4
1830 PRINT "ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ Т С У ЛЕСПРОМА":PRINT
1840 PRINT "КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ,Q1, И ТЕХНОЛОГИЮ,Q2"
1850 Q1=G9*I8-.85*G9*C*U1
1860 Q2=D1*(I1-.3*C*U2)
1870 PRINT "СУММА РАСХОДОВ ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЮ,Q3"
1880 Q3=Q1+Q2
1890 PRINT "ДАННЫЕ О К П Д ТЭУ ЛЕСПРОМА,E9":PRINT
1900 Q4=N+Q3
1910 D0=D+A1*D9+D3
1920 D5=1.1*D0
1930 Q5=D5*(I0-U3)/K7
1940 IF ABS(Q4-Q5)<=.01 THEN 1950
1950 E9=Q4*K7/Q5
1960 LPRINT "E9=";E9;"Q5=";Q5;"Q1=";Q1;"Q2=";Q2;"Q3=";Q3;"Q4=";Q4
1970 LPRINT "N=";N;"N1=";N1;"N2=";N2;"N3=";N3;"N4=";N4;"N5=";N5
1980 LPRINT "M1=";M1;"M2=";M2;"M3=";M3;"M4=";M4;"M10=";M10
1990 LPRINT "G3=";G3;"G4=";G4;"G6=";G6;"G2=";G2
2000 LPRINT "G1=";G1;"W1=";W1;"G=";G;"G9=";G9
2010 LPRINT "R3=";R3;"R2=";R2;"R1=";R1;"D7=";D7
2020 LPRINT "D2=";D2;"D3=";D3;"D5=";D5;"D=";D;"D9=";D9
2030 LPRINT "U3=";U3;"R9=";R9;"R7=";R7;"M10=";M10
2040 LPRINT "G0=";G0;"W0=";W0;"G20=";G20
2050 LPRINT "L30=";L30;"N10=";N10;"N50=";N50;"R9=";R9;"R7=";R7
2060 END

```

Обращаем особое внимание инженерно-технического персонала на главные преимущества при использовании предложенного программного обеспечения: 1) возможность широкого изменения исходных данных для анализа действующих или вновь проектируемых тепловых схем деревообрабатывающих предприятий; 2) быстрое реагирование на включение в тепловую схему нового технологического оборудования, влияющего на изменение входных параметров связанных с ним тепловых аппаратов; 3) выполнение расчетов модифицированных схем для утилизации теплоты при поиске и оценке вариантов с применением вторичных тепловых энергетических ресурсов; 4) использование значений ожидаемых параметров вновь вводимого в схему оборудования для улучшения эксергетического КПД всей теплоэнергетической установки.