

В.М. ШЕСТАКОВ, канд.техн.наук (БТИ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В комплексных процессах заготовки и переработки древесины большое значение имеет рациональное использование теплоэнергетического оборудования. Тепловая подготовка лесных машин, работающих в условиях низких зимних температур, и теплоснабжение лесозаготовительного промышленного участка, оттаивание древесины, работа kleеварочных котлов, сети горячего водоснабжения, столярно-механические цеха неизбежно связаны с различным теплоэнергетическим оборудованием. Важным элементом этого оборудования являются теплообменные аппараты.

Теплообменные аппараты работают в разных эксплуатационных условиях. Задача инженерно-технического персонала — оценить эффективность работы теплообменников. Лучше всего это сделать по информации, полученной непосредственно в эксплуатационных условиях. При этом подобные испытания следует проводить по определенным правилам, обеспечивающим получение доброкачественной информации. К таким методам можно отнести математические модели на основе планирования эксперимента [1]. Из большого количества методов мы отдаем предпочтение униформ-ротатабельному плану второго порядка [2]. Этот метод дает достаточно надежные результаты на практике, хотя по сравнению с другими, возможно, требует большего числа опытов.

В данной работе рассмотрено применение униформ-ротатабельного плана второго порядка при изучении интенсивности процессов теплообмена в рекуперативных аппаратах. Для получения математической модели, связывающей, например, значение коэффициента теплопередачи с расходами теплоносителей, выполнялись следующие этапы.

Первый этап предназначался для расчета прямо- и противоточных теплообменников, работающих при различных эксплуатационных значениях расходов теплоносителей. Их теплофизические свойства были аппроксимированы в зависимости от температуры. Для этой цели предназначалась программа 1, учитывавшая и различие режимов движения теплоносителей. Как и все остальные, программа 1 написана на языке БЕЙСИК. Входные данные включают натуральные значения расходов, входных и выходных температур теплоносителей, выходные — значения расходов теплоносителей, среднелогарифмического температурного напора, чисел Рейнольдса, коэффициентов теплообмена. Как видно из текста программы 1, для двух переменных (например, расходов теплоносителей) и при двукратном дублировании экспериментов расчет выполнялся для 26 вариантов.

Для оценки достоверности экспериментальных данных, полученных по программе 1, использовался критерий Кохрена и применялась программа 2. Здесь уже входными данными являлись кодированные значения расходов теплоносителей, массивы значений параметров теплообмена, кратность повторений экспериментов и число Кохрена.

Значимость коэффициентов предполагаемой математической модели, по-

полученной на основании экспериментальных данных, оценивалась по критерию Стьюдента. Этой процедуре отводилась программа 3. Входные данные — кодированные значения расходов, кратность дублирования опытов, дисперсия воспроизводимости всего однородного массива, табличное значение числа Стьюдента; выходные — коэффициенты модели и их дисперсии, установленное число значимых коэффициентов предполагаемой математической модели конкретной связи в теплообменном аппарате.

После определения значимых коэффициентов необходимо удостовериться в пригодности модели, описывающей экспериментальные данные изучаемого теплообменника. С этой целью применяется программа 4. Теперь уже во входные данные включают не только кодированные значения расходов, но и количество и численные значения (с учетом знака) коэффициентов уравнения, значимость которых доказана. Кроме того, сюда входят средние построчные значения изучаемого параметра, а также предсказанного математической моделью, величина дисперсии всего однородного массива, табличное значение числа Фишера. Выходные данные — заданное и расчетное значение чисел Фишера, информация об адекватности (или неадекватности) модели и ее вывод на печать. Из-за экономии места в статье программы приведены в следующем порядке: 2, 4, 1, 3, 5.

Программа 2

```
10 PRINT " ПРОГРАММА 2 - ОДНОРОДНОСТЬ ДИСПЕРСИЙ "
20 DIM X(13,2).Y(13,4).T(13).L(13).S(13)
40 DATA 1,1,-1,1,1,-1,-1,-1
41 DATA -1.414,0,1,414,0,0
42 DATA -1.414,0,1,414,0,0,0,0
44 DATA 0,0,0,0,0,0
60 FOR J=1 TO 13
62 FOR I=1 TO 2
65 READ X(J,I)
70 NEXT I
75 NEXT J
90 DATA 73.45,73.69,74.47,74.85,47.8,47.99,47.07,48.06
92 DATA 62.08,62.19,63.45,63.68,42.84,43.19,42.42,42.91
94 DATA 36.47,36.68,35.38,35.32,71.95,72.59,72.99,73.88
96 DATA 49.34,49.49,50.56,50.92,64.4,64.37,67.86,65.18
98 DATA 60.67,60.9,61.42,61.86,60.7,60.91,61.79,61.61
100 DATA 60.78,60.94,61.53,61.68,60.53,60.9,61.63,61.81
110 DATA 61.4,61.9,61.53,61.81
140 FOR J=1 TO 13
142 FOR I=1 TO 4
145 READ Y(J,I)
155 NEXT I
160 NEXT J
165 DATA 13.2,4.5,.393
170 READ N,K,M,O,R2
180 FOR J=1 TO N
190 W=0
200 FOR I=1 TO M
210 W=W+Y(J,I)
220 NEXT I
230 W=W/M
232 T(J)=W
240 NEXT J
245 S2=0
247 K2=0
250 FOR J=1 TO N
```

```

252 S=0
255 S1=0
280 FOR I=1 TO M
290 L(J)=(I(J)-Y(J,1))^2
295 S=S+L(J)
296 NEXT I
297 S1=S/(M-1)
300 S2=S1+S1
301 IF S1>K2 THEN 303
302 GOTO 315
303 K2=S1
315 NEXT J
317 PRINT S2,K2
355 R1=K2/S2
360 PRINT R1,R2
370 IF R1<=R2 GOTO 390
380 GOTO 410
390 PRINT "ДИСПЕРСИИ ОДНОРОДНЫ"
400 GOTO 415
410 PRINT "ДИСПЕРСИИ НЕОДНОРОДНЫ"
415 END

```

Программа 4

```

5 PRINT "ПРОГРАММА 4 -- АДЕКАВАТНОСТЬ УРАВНЕНИЯ РЕГРЕССИИ"
10 DIM X(13,2),V(13),P(13),T(13)
30 DATA 13,2,3.508
40 READ N,K,F3
70 DATA 1.1,-1.1,1,-1,-1,-1,414,0,1,414,0,0,-1.414,0,1,414
90 DATA 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0,0
100 FOR I=1 TO N
110 FOR J=1 TO K
120 READ X(I,J)
140 NEXT J
150 NEXT I
165 PRINT "ВЕКСТИ КОЭФФИЦИЕНТЫ РЕГРЕССИИ"
170 DATA 61.28,12.32,4.607,1.5999,-3.1968,-1.7067
190 READ H(1),H(2),H(3),H(4),H(5),H(6)
202 PRINT "СУММА ЗНАЧИМЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ - D4"
205 INPUT D4
210 P2=0
220 FOR I=1 TO N
230 V1=H(1)+H(2)*X(I,1)
231 V2=H(3)*X(I,2)
232 V3=H(4)*X(I,1)*X(I,2)
233 V4=H(5)*X(I,1)^2
234 V5=H(6)*X(I,2)^2
235 V=V1+V2+V3+V4+V5
250 INPUT T(I)
260 P1=(T(I)-V)^2
270 P2=P2+P1
280 NEXT I
285 PRINT "СУММА НЕВЯЗКИ - НАДЕКАВАТНОСТИ"
290 P=P2
300 PRINT "P=";P
310 PRINT "W = БОЛЬШАЯ И K3 МАЛЫЯ ДИСПЕРСИИ"
323 PRINT "СУММА НЕВЯЗКИ ПО ИСХОДНЫМ ДАННЫМ - L3"
325 PRINT "СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ - K1"
327 PRINT "ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ - D1"
330 W=P/(N-D4)
340 PRINT "W=";W
345 K1=SDR(W)

```

```

347 D1=1.96*K1/(SOR(N))
350 INPUT L3
360 K3=L3/N
370 PRINT "K3=";K3
380 F=W/K3
390 IF F<F3 THEN 470
400 IF F>=F3 THEN 490
430 IF W<K3 THEN 450
440 GOTO 380
450 F=K3/W
460 GOTO 390
470 PRINT "МОДЕЛЬ АДЕКВАТНА"
475 PRINT "K1=";K1;"D1=";D1;"F=";F
476 PRINT "УРАВНЕНИЕ РЕГРЕССИИ"
477 PRINT "НАПИШИТЕ АДЕКВАТНОЕ УРАВНЕНИЕ РЕГРЕССИИ"
480 GOTO 500
490 PRINT "МОДЕЛЬ НЕ АДЕКВАТНА"
495 PRINT "K1=";K1;"D1=";D1;"F=";F;"F3=";F3
500 END

```

Программа 1

```

1 PRINT "ПРОГРАММА 1 - РАСЧЕТ СХЕМ ТЕПЛОВЕМЕННИКОВ"
2 DIM D(52),K(52),Q(52),U(52)
3 DIM M(52),N(52),S(52),R(52),F(52)
4 DIM T(52),A(52),B(52),R1(52),R2(52)
5 FOR I=1 TO 52
6 READ M(I)
7 NEXT I
8 FOR I=1 TO 52
9 READ N(I)
10 NEXT I
11 DATA 14,14,4,4,14,14,4,4,2,2,16,16,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9
13 DATA 9,9,9,9,9,9,14,14,4,4,14,14,4,4,2,2,16,16,9,9,9,9,9
15 DATA 9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,14,14,14,14,4,4,4,4,9,9,9,9
17 DATA 2,2,16,16,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,14,14,14,14,4,4,4,4
19 DATA 4,9,9,9,9,2,2,16,16,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,57,58
22 DATA 50,52,58,58,51,52,48,51,56,58,55,56,55,56,54
23 DATA 56,55,56,55,56,54,56,56,55,57,58,48,52,59,57,50
25 DATA 50,35,29,57,58,56,56,55,57,55,57,56,57,55,56,56
27 DATA 57,56,57,41,42,24,24,42,44,27,30,19,19,42,43,39
29 DATA 40,35,35,36,37,36,36,37,36,37,40,38,45,44,16
31 DATA 24,47,48,21,26,11,13,44,48,42,45,37,38,39,41,41
33 DATA 40,40,40,40,41,39,40,16,17,14,12,25,27,19,20,12
35 DATA 12,17,20,29,29,14,14,18,19,16,19,19,19,16,18,16
37 DATA 18,28,29,16,19,44,47,30,34,13,14,34,37,49,50,22
39 DATA 24,31,33,32,33,32,33,31,32,29,30,11,11,10,11,13
41 DATA 12,12,12,10,12,11,12,12,10,10,12,13,12,14,13,12
43 DATA 11,12,14,12,10,11,10,15,16,14,16,10,11,11,12
45 DATA 18,19,10,10,13,10,12,13,13,13,11,13,13,12,11
47 FOR I=1 TO 52
48 READ T(I)
49 NEXT I
50 FOR J=1 TO 52
51 READ F(J)
52 NEXT J
53 FOR J=1 TO 52
54 READ R(J)
55 NEXT J
56 FOR J=1 TO 52
57 READ S(J)
58 NEXT J
60 DATA .034,.016,.011,.018,1.2

```

```

65 READ D1,D2,D4,D5,L
70 FOR I=1 TO 26
80 D8=T(I)-S(I)
85 D9=F(I)-R(I)
90 D(I)=(D8-D9)/(LOG(D8/D9))
95 Q(I)=1.16*N(I)*(R(I)-S(I))
105 U(I)=1.16*M(I)*(T(I)-F(I))
115 T8=(T(I)+F(I))*5
120 R4=1000.37-.0537786*T8-.0037809*(T8)^2
125 H1=1.6881E-06-3.46538E-08*T8+2.24884E-10*(T8)^2
130 P4=13.303-.409461*(T8)+5.65713E-03*((T8)^2)-2.80562E-05*((T8)^3)
135 L1=.560428+.96497E-03*T8-.5618E-06*(T8)^2
140 T9=(R(I)+S(I))*5
145 R5=1000.37-.0537786*T9-.0037809*(T9)^2
150 H2=1.6881E-06-3.46538E-08*T9+2.24884E-10*(T9)^2
155 P5=13.303-.409461*(T9)+5.65713E-03*((T9)^2)-2.80562E-05*((T9)^3)
160 L2=.560428+.96497E-03*T9-.5618E-06*(T9)^2
165 T7=(T8+T9)*5
170 P6=13.303-.409461*((T7))+5.65713E-03*((T7)^2)-2.80562E-05*((T7)^3)
175 E1(I)=M(I)*D5/(2826*(D1^2-D2^2)*R4*H1)
180 IF R1(I)<2320 GOTO 185
182 G=1-EXP(1-R1(I)/2320)
183 IF G=0 GOTO 192
184 IF G=1 GOTO 190
185 N1=1.4*(R1(T)*D5/L)^.4*(P4^.33)*(P4/P6)^.25
187 GOTO 200
188 IF G<1 GOTO 195
190 N1=.021*(P1(T)^.9)*(P4^.8)*(P4/P6)^.25
191 GOTO 200
192 N1=4
194 GOTO 200
195 N1=G*N1+(1-G)*4
197 GOTO 200
200 A(T)=N1*L1/D5
205 R2(T)=N1(T)/(2826*D4*R5*H2)
210 IF F2(T)<2320 GOTO 215
212 G=1-EXP(1-R2(T)/2320)
213 IF G=0 GOTO 222
214 IF G=1 GOTO 220
215 N2=1.4*(R2(T)*D4/L1)^.4*(P5^.43)*(P5/P6)^.25
217 GOTO 230
218 IF G<1 GOTO 225
220 N2=.021*(R2(T)^.8)*(P4^.43)*(P4/P6)^.25
221 GOTO 230
222 N2=4
224 GOTO 230
225 N2=G*N2+(1-G)*4
227 GOTO 230
230 R(T)=N2*L2/D4
235 K(T)=A(T)*R(T)/(A(T)+R(T))
240 NEXT I
245 FOR T=27 TO 52
250 IF (T(T)-R(T))>(F(T)-S(T)) GOTO 250
252 IF (T(T)-R(T))<(F(T)-S(T)) GOTO 280
260 DR=T(T)-R(T)
270 DS=F(T)-S(T)
271 GOTO 291
280 DR=F(T)-S(T)
290 DS=T(T)-R(T)
291 D(T)=(DR-DS)/(L05*(DR/DS))
292 IF (T(T)-R(T))=(F(T)-S(T)) GOTO 294
293 GOTO 295
294 D(T)=T(T)-R(T)

```

```

295 O(I)=1.16*N(I)*(R(I)-S(I))
305 U(I)=1.16*M(I)*(T(I)-F(I))
315 C=(T(I)+F(I))*5
320 P4=1000.37-.0537786*C-.0037809*C^2
325 H1=1.6881E-06-3.16538E-08*C+2.24884E-10*(C)^2
330 P4=13.303-.409461*C+5.65713E-03*(C)^2-2.80562E-05*(C)^3
335 L1=.560428+1.96497E-03*C-7.5618E-06*(C)^2
340 V=(R(I)+S(I))*5
345 P5=1000.37-.0537786*V-.0037809*(V)^2
350 H2=1.6881E-06-3.15638E-08*V+2.24884E-10*(V)^2
355 P5=13.303-.409461*V+5.65713E-03*(V)^2-2.24884E-05*(V)^3
360 L2=.560428+1.96497E-03*V-7.5618E-06*(V)^2
365 Z=(C+V)*5
370 P6=13.303-.409461*Z+5.65713E-03*(Z)^2-2.80562E-05*(Z)^3
375 R1(T)=M(T)*D5/(2826*(D1^2-D2^2)*R4*H1)
380 IF R1(T)<2320 GOTO 385
382 G=1-EXP(1-R1(T)/2320)
383 IF G=0 GOTO 392
384 IF G=1 GOTO 390
385 N1=1.4*(R1(T)*D5/L)^.4*(P4)^.33*(P4/P6)^.25
387 GOTO 400
388 IF G<1 GOTO 395
390 N1=.021*R1(T)^.8*(P4)^.43*(P4/P6)^.25
391 GOTO 400
392 N1=4
394 GOTO 400
395 N1=6*N1+(1-G)*4
397 GOTO 400
400 A(T)=N1*L/D5
405 R2(T)=N(T)/(2826*D4*R5*H2)
410 IF R2(T)<2320 GOTO 415
412 G=1-EXP(1-R2(T)/2320)
413 IF G=0 GOTO 422
414 IF G=1 GOTO 420
415 N2=1.4*(R2(T)*D4/L)^.4*(P4)^.33*(P4/P6)^.25
417 GOTO 430
418 IF G<1 GOTO 425
420 N2=.021*R2(T)^.8*(P4)^.43*(P4/P6)^.25
421 GOTO 430
422 N2=4
424 GOTO 430
425 N2=G*N2+(1-G)*4
427 GOTO 430
430 B(T)=N2*L2/D4
435 K(T)=A(T)*B(T)/(A(T)+B(T))
440 NEXT T
530 FOR J=1 TO 52
538 PRINT J;M(J);N(J);K(J);A(J);B(J);R1(J);R2(J)
550 NEWT J
565 END

```

Программа 3

```

10 PRINT "ПРОГРАММА 3 - ЗНАЧИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕГРЕССИИ"
20 DIM Y(13,2),Y(13,4),T(13),L(13),E(2),D(2)
40 DIM Z(13),G(13),F(2),S(6),U(6),H(6)
46 DATA 13,2,4,5,2,02
48 READ N,K,M,O,E2
50 DATA 1,1,-1,1,1,-1,-1,-1.414,0,1.414,0,0,-1.414,0,1.414
75 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
80 FOR I=1 TO N
85 FOR J=1 TO K

```

```

90 READ X(I,J)
95 NEXT J
100 NEYT I
155 B=N/(N-0)
160 L1=K*B/(K+2)
165 G1=(2*L1*((K+2)*L1-K))^(1)
170 PRINT "ВВЕСТИ СРЕДНИЕ ПО СТРОКАМ Т(I)"
175 FOR I=1 TO N
180 INPUT T(I)
185 NEXT I
215 N1=0
220 FOR I=1 TO N
225 N1=N1+T(I)
230 Z=N1
235 NEXT I
240 S2=0
250 FOR I=1 TO N
255 S2=S2+X(I,1)*T(I)
257 D(1)=S2
260 NEXT I
262 S4=0
265 FOR I=1 TO N
267 S4=S4+X(I,2)*T(I)
268 D(2)=S4
270 NEXT I
290 S3=0
292 FOR I=1 TO N
295 S3=S3+(X(I-1)^2)*T(I)
300 E(1)=S3
305 NEXT I
307 S5=0
308 FOR I=1 TO N
310 S5=S5+(X(I,2)^2)*T(I)
315 E(2)=S5
320 NEXT I
335 F=0
340 FOR J=1 TO K
345 S7=0
350 FOR I=1 TO N
355 S7=S7+(X(I,J)^2)*T(I)
360 NEXT I
365 F1=S7
370 F=F+F1
375 NEXT J
380 S8=0
385 FOR I=1 TO N
390 S8=S8+X(I,1)*X(I,2)*T(I)
395 G=S8
400 NEXT I
403 FOR J=1 TO 6
405 H(1)=2*G1*L1*(L1*(K+2)*Z-B*F)/N
410 H(2)=B*D(1)/N
415 H(3)=B*D(2)/N
420 H(4)=(B^2)*G1/(N*L1)
422 F4=G1*((B^2)/N)
424 F5=((K+2)*L1-K)
425 H(5)=F4*((F5*E(1)+(1-L1)*F)-2*(L1/B)*Z)
430 H(6)=F4*((F5*E(2)+(1-L1)*F)-2*(L1/B)*Z)
433 PRINT H(J)
434 NEXT J
435 INPUT L3
440 S9=L3/(N*M)
443 FOR J=1 TO 6

```

```

445 S(1)=L1*(SOR(2*G1*(K+2)*S9))
450 S(2)=SOR(B*S9)
455 S(3)=S(2)
460 S(4)=R*SOR(S9/L1)
465 S(5)=B*SOR(G1*S9*((K+1)*L1-(K-1)))
470 S(6)=S(5)
480 U(1)=ABS(H(1))/S(1)
485 U(2)=ABS(H(2))/S(2)
490 U(3)=ABS(H(3))/S(3)
495 U(4)=ABS(H(4))/S(4)
500 U(5)=ABS(H(5))/S(5)
505 U(6)=ABS(H(6))/S(6)
515 PRINT S(J),U(J)
520 NEXT J
522 PRINT "ЗНАЧИМЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ РЕГРЕССИИ - D4"
525 FOR I=1 TO 6
530 R=0
532 GOTO 550
535 IF U(I)<E2 THEN 540
537 GOTO 530
540 R=R+1
545 H(I)=0
550 D4=D-R
552 PRINT H(I),D4
555 NEXT I
556 PRINT "НАПИШИТЕ УРАВНЕНИЕ РЕГРЕССИИ"
560 END

```

Программа 5

```

5 PRINT "ПРОГРАММА 5 - ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННИКА"
10 DIM A(5),B(5),U(5)
12 DIM Y(5),H(5),E(5)
15 INPUT N
17 DATA .1,.3,2.5,10.5,.004,.01,6400,38500,45E03,270E03
20 FOR I=1 TO N
22 READ A(I),B(I)
25 NEXT I
27 DATA .4,.005,127,90,15,50,2E-03,7E-04,1E09,8,2182
30 READ D1,D3,T1,R7,S1,L3,E5,E6,R0,S,R3
32 FOR I=1 TO N
35 U(I)=(B(I)+A(I))/2
37 E(I)=.1*(B(I)-A(I))
40 H(I)=(B(I)-A(I))/4
42 X(I)=U(I)+H(I)
45 NEXT I
47 Q2=4.19*X(5)*(R7-S1)/1200
52 F1=T1-((X(5)/X(4))*(R7-S1)-R3/4.19)
55 D8=T1-R7
57 D9=F1-S1
60 IF D8>D9 GOTO 65
62 GOTO 72
65 D8=T1-R7
66 D9=F1-S1
70 GOTO 77
72 D8=F1-S1
75 D9=T1-R7
77 IF D8=D9 GOTO 85
80 D7=(D8-D9)/(LOG(D8/D9))
85 D7=D8

```

```

90 T8=/(T1+F1)/2
92 R4=1000.37-.0537786*T8-.0037809*T8^2
95 H1=1.6881E-06-3.46538E-08*T8+2.24884E-10*T8^2
97 P4=1.42
100 L1=.560428+1.96497E-03*T8-7.5618E-06*T8^2
102 T9=(R7+51)*.5
105 R5=1000.37-.0537786*T9-.0037809*T9^2
107 H2=1.6881E-06-3.46538E-08*T9+2.24884E-10*T9^2
110 P5=13.303-.409461*T9+.65713E-03*T9^2-2.80562E-05*T9^3
112 L2=.560428+1.96497E-03*T9-7.5618E-06*T9^2
115 T7=(T8+T9)*.5
117 P6=13.303-.409461*T7+.65713E-03*T7^2-2.80562E-05*T7^3
120 D2=X(1)+2*D3
122 D5=D1-D2
125 R1=X(4)*D5/(942*(D1^2-D2^2)*R4*H1)
127 G=1-EXP(1-R1/2320)
128 IF G<0 GOTO 132
129 IF G>1 GOTO 140
130 IF G=0 GOTO 147
131 IF G<1 GOTO 155
132 N1=1.4*((R1*D5/X(2))^4)*(P4^.33)*(P4/P6)^.25
134 L5=64/R1
135 GOTO 158
140 N1=.021*(R1^.81)*(P4^.43)*(P4/P6)^.25
141 L5=.11*(E5^.25)
143 GOTO 158
147 N1=4
148 L5=64/R1
150 GOTO 158
155 N1=G*N1+(1-G)*4
157 L5=.3164/(R1^.25)
158 N6=.81*L5*X(2)*R4*(X(4)/1200)^3/((R4^3)*(D1^2-D2^2)*D5)
160 A1=N1*1/D5
162 R2=X(5)/(942*X(1)*R5*H2)
165 G=1-EXP(1-R2/2320)
166 IF G<0 GOTO 170
167 IF G>1 GOTO 180
168 IF G=0 GOTO 187
169 IF G<1 GOTO 197
170 N2=1.4*((R2*X(1)/X(2))^4)*((P(5)^.33)*(P5/P6)^.25
172 L6=64/R2
175 GOTO 202
180 N2=.021*(R2^.81)*(P5^.43)*(P5/P6)^.25
182 L6=.11*(E6^.25)
183 GOTO 202
187 N2=4
188 L6=64/R2
190 GOTO 202
197 N2=G*N2+(1-G)*4
200 L6=.3164/(R2^.25)
202 N6=.81*L6*X(2)*R5*(X(5)/1200)^3/((R5^3)*(X(1)^5))
205 A2=N2*L2/(X(1))
235 K=((1/A1)+(D3/L3)+(1/A2))^(-1)

237 F=0.2/(K*D7)
250 N7=N5+N6
255 Z=F+X(3)*N7
260 R=Z
265 IF R>RQ THEN 300
270 IF ABS(R-R0)<E THEN 285
280 R0=R
285 FOR I=1 TO N
290 U(I)=X(I)

```

```

292 PRINT U(I),R,N5,N6
295 NEXT I
300 FOR I=1 TO N
310 K1=K1+1
315 IF K1>5 THEN 370
316 K2=1
317 M1=1
318 T=0
319 IF K2=2 GOTO 334
320 C=(2=1)*RND(.5)+2
321 P2=INT(C)
322 P=C-P2
323 IF M1=1 GOTO 331
324 M1=1
325 G=6.28318*P
326 H(I)=H(I)+C
327 NO=A3*COS(G)
328 C1=A3*SIN(G)
329 K2=2
330 GOTO 336
331 M1=2
332 A3=SQR(-2*L06(P))
333 GOTO 320
334 NO=C1
335 K2=1
336 X(I)=U(I)+H(I)*NO
337 IF X(I)<A(I) THEN 310
338 IF X(I)>B(I) THEN 310
340 IF H(I)<E(I) GOTO 345
342 GOTO 350
345 PRINT U(I),R,N5,N6
350 NEXT I
365 GOTO 260
370 FOR I=1 TO N
375 K1=0
380 H(I)=.5*H(I)
385 IF H(I)<=E(I) THEN 395
390 GOTO 400
395 PRINT U(I),R,N5,N6
397 GOTO 410
400 NEXT I
410 END

```

Таким образом, по результатам испытаний теплоэнергетического оборудования можно получить полноценную и надежную информацию для конкретных эксплуатационных условий.

Иначе обстоит дело, когда теплоэнергетическое оборудование проектируется. Здесь непременно должна быть некоторая свобода действий: возможность изменения основных компоновочных размеров теплообменных аппаратов, расходов теплоносителей, входных или выходных температур и др. Однако эта свобода должна обеспечивать определенное соответствие между ними так, чтобы наряду с полезностью оборудования учитывалась и его стоимость.

Для теплогидравлического оборудования компромисс заключается в определении таких размеров аппарата, которые обеспечивают определенную интенсивность теплопередачи и гидравлических сопротивлений при заданном значении экономического критерия. В связи с этим используется программа 5, в основу которой положен метод случайного поиска. Программа в заданном

факторном пространстве отыскивает точку, соответствующую минимальному значению поверхности теплообмена при определенном значении энергозатрат на прокачку теплоносителей и известном диапазоне компоновочного критерия (размерностью $\text{м}^2/\text{Вт}$), отражающего приведенные затраты.

Входные данные программы 5 содержат диапазоны компоновочных размеров теплообменника, расходов теплоносителей, экономического критерия, значения входных и выходных температур, определяющих технологический регламент, а также среднее значение коэффициентов гидравлического трения. Оптимизация теплоэнергетического оборудования в этом случае проводится по пяти параметрам. Выходные данные дают полную информацию об оптимальных размерах теплообменника, значениях расходов теплоносителей и экономическом критерии.

Основная особенность разработанных программ — простота и возможность модификации любого числа переменных при изучении эксплуатируемого или вновь проектируемого теплоэнергетического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т а б л и ц ы планов эксперимента / Под ред. В.В. Налимова. М., 1982.
2. С п и р и -
д о н о в А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М., 1981.