

парообразовании. – М.: Высш. шк., 1986. – 448 с.

2. Толубиский В.И. Теплообмен при кипении. – К., 1980. – 315 с.

3. Гиббс Дж.В. Термодинамические работы. – М.-Л.: Гостехиздат, 1950. – 492с.

4. Перцев Л.П., Ковалев Я.М., Фокин В.С.. Теплообмен при кипении растворов на поверхностях ламелей // Вестник ХГПУ. – 1999. – № 29. – С. 80-82.

5. Фокин В.С., Кошельник В.М., Збараз Л.И. Исследование теплообмена при кипении в плоских щелевых каналах // Междунар. науч.-техн. конф. "Совершенствование турбоустановок методами математического и физического моделирования". – М., 2000. – С. 17.

Получено 02.07.2001

УДК 697.34

Л.В. ЛЫСАК

ЗАО "Теплоэлектроцентральный", г. Харьков

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ НАГРУЗОК ПИКОВЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Решается задача выбора рациональных нагрузок пиковых водогрейных котлов в течение отопительного сезона.

Рассмотрим теплофикационную систему, схема которой приведена на рис.1. Система предназначена для совместного производства тепловой и электрической энергии. Она состоит из турбогенераторов ВТ-24 с конденсаторами и электрогенераторами Т-490-24, пиковых водогрейных котлов ПТВМ-100, парогенераторов ТКЗ и ЛМЗ, бойлеров, деаэраторов, тепловых сетей, сетевых и конденсатных насосов и др.

В работе [1] была решена следующая задача. Для заданной температуры наружного воздуха $t_{нв}$ найдены рациональные значения суммарного расхода пара в парогенераторах G_0 , кг/с, суммарной нагрузки на турбины N_t , МВт, суммарной нагрузки на пиковые водогрейные котлы $Q_{пк}$, МВт, обеспечивающие температуру теплоносителя на выходе из пиковых котлов t_1 , равную $t_1^{норм}$, которая получена из температурного графика $t_1^{норм}(t_{нв})$ для заданной $t_{нв}$. Следующим этапом решения задачи управления теплоэнергетической системой является рациональное распределение суммарных нагрузок G_0 , N_t и $Q_{пк}$ между отдельными парогенераторами, турбинами и котлами. В качестве примера рассмотрим задачу рационального распределения суммарной тепловой нагрузки на пиковые котлы $Q_{пк}$ между i отопительными котлами, $i = \overline{1, n}$.

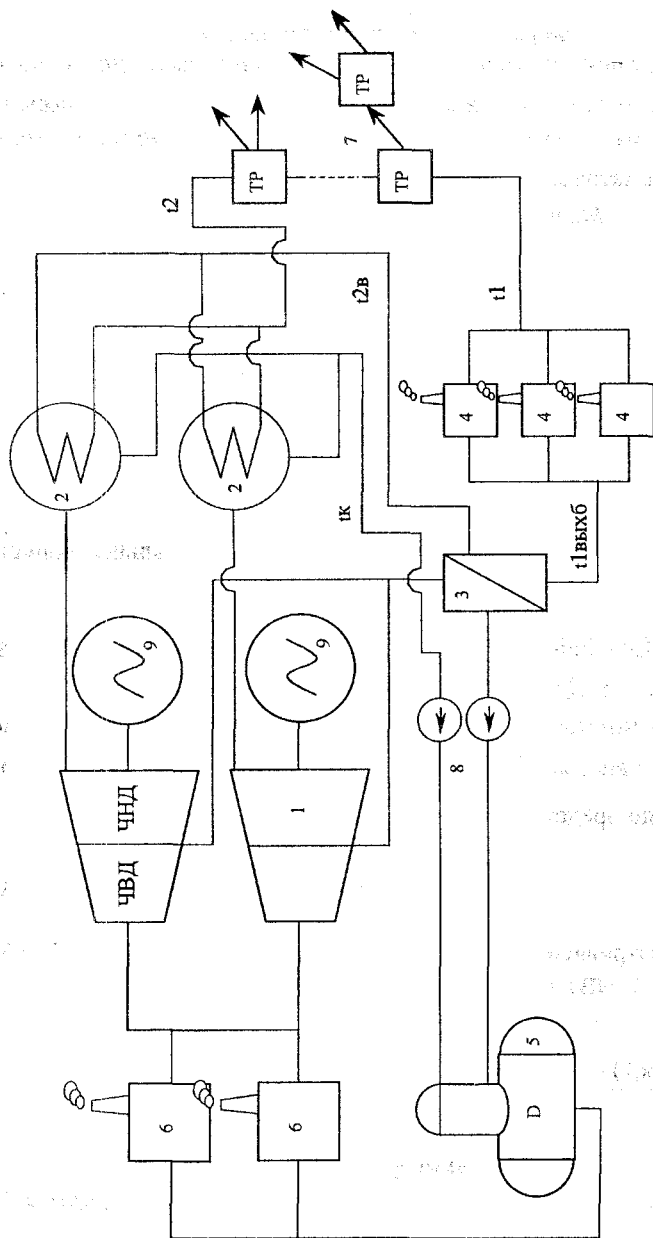


Рис. 1 – Упрощенная схема теплоснабжающей системы:
 1 – паровая турбина; 2 – конденсатор; 3 – бойлер; 4 – пиковый водогрейный котел; 5 – деаэрагор;
 6 – парогенератор; 7 – тепловые районы; 8 – конденсатный насос; 9 – электрогенератор

Формальная постановка задачи

Для заданной суммарной тепловой нагрузки на группу пиковых водогрейных котлов $Q_{пк}$ найти значения $Q_{пк,i}$ ($i=\overline{1,n}$), обеспечивающие максимум осредненного по нагрузке коэффициента полезного действия рассматриваемой группы $\bar{\eta}$.

Математическая постановка задачи

Найти

$$\max_{Q_{пк,i} \in \Omega} \bar{\eta}(Q_{пк,i}), i = \overline{1,n}, \quad (1)$$

где область Ω определяется ограничением в виде равенства

$$\sum_{i=1}^n Q_{пк,i} = Q_{пк}, i = \overline{1,n}, \quad (2)$$

и неравенств

$$Q_{пк,i\min} < Q_{пк,i} < Q_{пк,i\max}. \quad (3)$$

Здесь $Q_{пк,i\min}$ и $Q_{пк,i\max}$ – минимальная и максимальная допустимые нагрузки на котел.

Основные исходные данные

$Q_{пк}$, n , $Q_{пк,i\min}$, $Q_{пк,i\max}$, а также графические и табличные зависимости $\eta_i = \eta_i(Q_{пк,i})$, $i = \overline{1,n}$, где η_i – КПД i -го котла.

Следующим этапом решения задачи (1) является нахождение аналитической зависимости $\bar{\eta}(Q_{пк,i})$, $i = \overline{1,n}$. Величину осредненного КПД $\bar{\eta}$ можно представить в виде

$$\bar{\eta} = \frac{\sum_{i=1}^n [\eta_i(Q_{пк,i}) \cdot Q_{пк,i}]}{\sum_{i=1}^n Q_{пк,i}}. \quad (4)$$

В рассматриваемом случае $n=6$, $Q_{пк,i\max}=116$ МВт (100 Гкал/ч); $Q_{пк,i\min}=23,2$ МВт (20 Гкал/ч). Отсюда целевая функция (4) имеет вид

$$\bar{\eta} = \frac{\eta_1(Q_{пк,1}) \cdot Q_{пк,1} + \eta_2(Q_{пк,2}) \cdot Q_{пк,2} + \dots + \eta_6(Q_{пк,6}) \cdot Q_{пк,6}}{Q_{пк,1} + Q_{пк,2} + \dots + Q_{пк,6}}. \quad (5)$$

Далее для упрощения этой формулы введем обозначения переменных $Q_{пк,1}=X$; $Q_{пк,2}=Y$; $Q_{пк,3}=Z$; $Q_{пк,4}=U$; $Q_{пк,5}=V$; $Q_{пк,6}=W$. Тогда

$$\bar{\eta} = \frac{\eta_1(X) \cdot X + \eta_2(Y) \cdot Y + \eta_3(Z) \cdot Z + \eta_4(U) \cdot U + \eta_5(V) \cdot V + \eta_6(W) \cdot W}{X + Y + Z + U + V + W} \quad (6)$$

Для нахождения аналитических зависимостей $\eta_1(X)$, $\eta_2(Y)$, $\eta_3(Z)$, $\eta_4(U)$, $\eta_5(V)$, $\eta_6(W)$ аппроксимируем аналогичные графические зависимости, приведенные на рис.2. Последние получены в процессе проведения пуско-наладочных испытаний шести рассматриваемых котлов. Аппроксимацию проводили с помощью стандартного вычислительного комплекса EURICA. В качестве базовой функции был принят полином второго порядка:

$$f(X) = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2,$$

$$f(20)=93,1; f(40)=94,2; f(60)=93,6; f(80)=92,5; f(100)=91,1.$$

В результате решения аппроксимационной задачи получено $a_0=91,86$; $a_1=0,0893$; $a_2=-0,000982$.

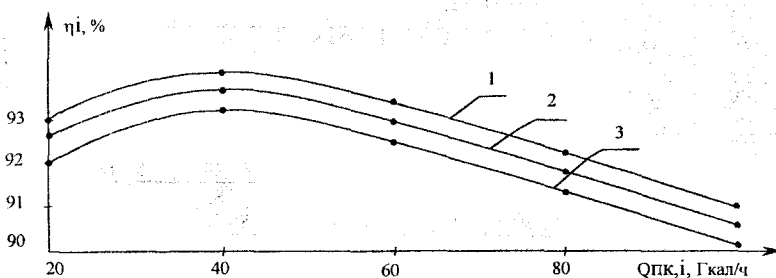


Рис.2 ~ Зависимости η_i , % от $Q_{пк,i}$, Гкал/ч:
1 – котлы 1,2,3 (X, Y, Z); 2 – котел 4 (U); 3 – котлы 5,6 (V, W).

Аналогичные задачи были решены для двух, трех, четырех, пяти и шести котлов. С учетом полученных результатов целевую функцию (6) можно представить в комплексе EURICA

$$\begin{aligned} \text{Profit} = & (X \cdot (91,86 + 0,0893 \cdot X - 0,000982 \cdot X^2) + \\ & Y \cdot (91,86 + 0,0893 \cdot Y - 0,000982 \cdot Y^2) + \\ & Z \cdot (91,86 + 0,0893 \cdot Z - 0,000982 \cdot Z^2) + \\ & U \cdot (91,36 + 0,0893 \cdot U - 0,000982 \cdot U^2) + \\ & V \cdot (90,86 + 0,0893 \cdot V - 0,000982 \cdot V^2) + \\ & W \cdot (90,86 + 0,0893 \cdot W - 0,000982 \cdot W^2)) / (X + Y + Z + U + V + W) \end{aligned}$$

и системой ограничений

$$F(X, Y, Z, U, V, W) := X + Y + Z + U + V + W; F(X, Y, Z, U, V, W) = Q_{пк};$$

$$X < 100; Y < 100; Z < 100; U < 100; V < 100; W < 10;$$

$$X > 20; Y > 20; Z > 20; U > 20; V > 20; W > 20.$$

\$max (Profit).

Здесь максимум отыскивается методами нелинейного математического программирования [2].

В результате решения этой задачи находим значения $Q_{пк,1}$, $Q_{пк,2}$, $Q_{пк,3}$, $Q_{пк,4}$, $Q_{пк,5}$ и $Q_{пк,6}$, обеспечивающие максимум целевой функции η . Эти результаты для различных $Q_{пк}$ приведены в таблице.

Зависимости $Q_{пк,i}$, $i = \overline{1,6}$, Гкал/ч, от $Q_{пк}$, Гкал/ч

$Q_{пк}$, Гкал/ч	$Q_{пк,1}$, Гкал/ч	$Q_{пк,2}$, Гкал/ч	$Q_{пк,3}$, Гкал/ч	$Q_{пк,4}$, Гкал/ч	$Q_{пк,5}$, Гкал/ч	$Q_{пк,6}$, Гкал/ч	η
40	40	0	0	0	0	0	93,25
100	33,35	33,34	33,31	0	0	0	93,7
160	45,1	45,1	45,1	24,5	0	0	93,74
200	51,14	51,14	51,14	46,57	0	0	93,75
240	60,6	60,6	60,6	57,8	0	0	93,5
30	53,66	53,66	53,66	49,69	44,65	44,65	93,47
360	62,4	62,4	62,4	59,6	56,58	56,58	93,27
420	71,79	71,79	71,79	69,69	67,47	67,47	92,9
480	81,43	81,43	81,43	79,73	78	78	92,306
540	91,19	91,19	91,19	89,78	88,33	88,33	91,52
600	100	100	100	100	100	100	90,55

Аналогичные задачи решены для выбора рациональных значений нагрузок на отдельные турбины и парогенераторы.

1. Лысак Л.В. Рациональное управление городской теплофикационной системой // Наук. вісник будівництва. Вип. 14. – Харків: ХДТУБА, 2001. – С. 221-226.

2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975. – 536 с.

Получено 12.07.2001

УДК 658.264

Н.А.ШУЛЬГА, канд. техн. наук, О.М.ГЕРАСИМОВА,

А.А.АЛЕКСАХИН, канд. техн. наук

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПOTЕРЬ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Рассматривается влияние условий проведения тепловых испытаний на точность определения теплопотерь.