KFTI--93-2

ХФТИ 93-2

Харьковский
физико-технический институт

И.А.Хахмурадов

О СХОДИМОСТИ ИТЕРАЦИОННОГО МЕТОДА РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОГРАНИЧЕННОЙ ОБЛАСТИ

Препринт

Харьков–1993

УДК 628.3:519.711

ХАЖМУРАДОВ М.А. О сходимости итерационного метода размещения тепловыделяющих элементов в ограниченной области: Препринт ХФТИ 93-2. - Харьков: ХФТИ, 1993. -12 с.

Исследован на сходимость алгоритм итерационного метода размещения тепловыделяющих элементов в ограниченной области. Даны рекомендации по выбору параметров итерационной формулы. Математическое доказательство апробировано на конкретных задачах, реализованных на ЭВМ.

Рис.3, список лит. - 11 назв.

Просим извинить за низкое качество печати, вызванное дефицитом полиграфических материалов.

В работах [I,2] получено рациональное размещение тепловыделяющих элементов (ТВЭ) итерационным методом последовательно-одиночного нерегулярного размещения. Целью данной работы является анализ сходимости предложенного алгоритма. Отметим, что задача размещения ТВЭ с учетом теплофизических и геометрических ограничений относится к классу задач оптимизации многосвязных систем с распределенными параметрами [3,4]. Для учета взаимного теплового влияния ТВЭ (рис. I) вводится вектор взаимных влияний $\vec{\mathcal{E}} = \{\mathcal{E}_\ell\}$, $\ell = 1, 2, \dots, N$, характеризующий априори влияние ТВЭ, которые размещаются после ℓ-го ТВЭ на k-й итерации последовательно-одиночного [I] (группового [2]) размещения

$$\mathcal{E}_\ell = \sum_{p=\ell+1}^{N} T_p(x_\ell, y_\ell), \; \ell = 1, 2, \dots, N-1, \tag{I}$$

где $T_p(x_\ell, y_\ell)$ – температура, создаваемая ТВЭ с номером p в полюсе ТВЭ с номером ℓ; N – количество ТВЭ, которые будут размещаться в области Ω; x_ℓ, y_ℓ – координаты полюса ТВЭ с номером ℓ.

Для уточнения значения $\mathcal{E}_\ell$ в работе предлагается итерационный процесс [5-7]

$$\mathcal{E}_\ell^{k+1} = \beta_\ell^k \mathcal{E}_\ell^k + \gamma_\ell^k \left[T^k(x_\ell^k, y_\ell^k) - T_{g\ell} \right], \tag{2}$$

где k – номер итерации; $T_{g\ell}$ – допустимое значение температуры ℓ-го ТВЭ; $T^k(x_\ell^k, y_\ell^k)$ – температура в полюсах ℓ-го ТВЭ на k-й итерации.

Температурное поле $T^k(x_\ell^k, y_\ell^k)$ равно сумме температурных полей, создаваемое отдельными ТВЭ $T_\ell^k(x_\ell^k, y_\ell^k)$ и граничными условиями $T_0^k(x_\ell^k, y_\ell^k)$ [1,2]

$$T^k(x_\ell^k, y_\ell^k) = T_0^k(x_\ell^k, y_\ell^k) + \sum_{p=1, p\neq \ell}^{N} T_p^k(x_p^k, y_p^k) = T_{g\ell} . \qquad (3)$$

Выполняя условие (3), можно производить уплотнение расположения ТВЭ, минимизируя занимаемую ими площадь.

Учитывая (2), условие (3) запишем в виде

$$T^k(x_\ell^k, y_\ell^k) = T_0^k(x_\ell^k, y_\ell^k) + \sum_{p=1}^{\ell-1} T_p^k(x_\ell^k, y_\ell^k) + T_\ell^k(x_\ell^k, y_\ell^k) + \varepsilon_\ell^k = T_{g\ell} . \qquad (4)$$

Отметим, что краевая задача в работах [1,2] решается вариационно-структурным методом [8]. Тогда выражение (4) можно представить в следующем виде [1]:

$$T^k(x_\ell^k, y_\ell^k) = \sum_{\ell=1}^{N} \sum_{i+j=0}^{n} C_{ij}^k (S_\ell^k(y_\ell^k, \varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \ldots, \varepsilon_N^k), y_\ell^k) \times$$
$$\times \Psi_{ij}^k (S_\ell^k(y_\ell^k, \varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \ldots, \varepsilon_N^k), y_\ell^k), \qquad (5)$$

где $x_\ell = S_\ell(y_\ell, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_N)$ – обобщенный годограф функции плотного размещения [9]; C_{ij} – неизвестные коэффициенты, определяемые из решения системы линейных уравнений; Ψ_{ij} – элементы базисных систем функций [8].

Очевидно, существует такой вектор $\{\varepsilon_\ell\}$, при котором размещение объектов в области Ω, при заданных значениях интенсивности тепловыделения ТВЭ (F_ℓ) и допустимых значениях рабочих температур, будет оптимальным. Найти этот вектор можно рассматривая все ТВЭ в их взаимной связи, поскольку изменение местоположения одного из ТВЭ вызывает изменение температурного поля над всеми остальными ТВЭ.

Определение. Размещение ТВЭ в области Ω называется оптимальным, если выполняется условие

$$T^{*k}(x_\ell^k, y_\ell^k) = T_{g\ell}, \quad \ell = 1, 2, \dots, N.$$

Задача такого типа относится к классу задач многосвязного управления [3] ТВЭ с распределенными параметрами [9]. Это обстоятельство требует специального подхода к определению вектора управления $\{\varepsilon_\ell\}$, так как расположение $(\ell+1)$-го ТВЭ зависит от значения $\{\varepsilon_\ell\}$. Чем больше значение $\varepsilon_{\ell+1}$, тем дальше будет расположение $(\ell+1)$-го ТВЭ от ТВЭ с номером ℓ. Однако вектор $\{\varepsilon_\ell\}$ априори не известен, поэтому при произвольно заданном $\{\varepsilon_\ell^0\}$ ТВЭ, относительно друг друга в общем случае размещаются нерационально. С другой стороны, скорость сходимости итерационного процесса зависит от вектора параметров $\{\beta_\ell\}$ и $\{\gamma_\ell\}$, которые также первоначально неизвестны, а потому процесс при произвольно выбранных $\{\beta_\ell^0\}$ и $\{\gamma_\ell^0\}$ может оказаться расходящимся.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ИТЕРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Представим выражение в скобках (2) в следующем виде:

$$T^{*k}(x_\ell^k, y_\ell^k) - T_{g\ell} = T_0^k(x_\ell^k, y_\ell^k) - T_{g\ell} + \sum_{i+j=0}^{n} C_{ij}^k(x_1^k, y_1^k, x_2^k, y_2^k, \dots, x_N^k, y_N^k) \times$$

$$\times \Psi_{ij}^k(x_1^k, y_1^k, x_2^k, y_2^k, \dots, x_N^k, y_N^k) = T_0^{*k}(x_\ell^k, y_\ell^k) - T_{g\ell} +$$

$$+ \sum_{i+j=0}^{n} C_{ij}^k [S_1^k(y_1^k, \varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \dots, \varepsilon_\ell^k), y_1^k, S_2^k(y_2^k, \varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \dots, \varepsilon_\ell^k), y_2^k, \dots,$$

$$S_N^k(y_N^k, \varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \dots, \varepsilon_\ell^k), y_N^k] \times \Psi_{ij}^k[S_1^k, \varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \dots, \varepsilon_\ell^k), y_1^k,$$

$$S_2^k(y_2^k, \varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \ldots, \varepsilon_\ell^k), y_2^k, \ldots, S_N^k(y_N^k, \varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \ldots, \varepsilon_\ell^k), y_N^k],$$

или в более общем виде:

$$T^k(x_\ell^k, y_\ell^k) - T_{g\ell} = \mu_\ell^k(\varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \ldots, \varepsilon_\ell^k), \ \ell = 1, 2, \ldots, N, \quad (6)$$

где $\mu = \{\mu_\ell^k\}$ – вектор функция, учитывающая свойства обобщенного годографа функции плотного размещения и выбранную систему координатных функций.

Из выражения (6) следует:

$$\varepsilon_\ell^k = \mathcal{L}_\ell^k[T^k(x_1^k, y_1^k) - T_{g1}, T^k(x_2^k, y_2^k) - T_{g2}, \ldots, T^k(x_N^k, y_N^k) - T_{gN}], \quad (7)$$

где $\mathcal{L} = \{\mathcal{L}_\ell^k\}$ – вектор функция, обратная вектор функции μ.

Требуется построить такую рекурентную формулу

$$\varepsilon_\ell^{k+1} = q(\varepsilon_1^0, \varepsilon_2^0, \ldots, \varepsilon_N^0, \varepsilon_1^1, \varepsilon_2^1, \ldots, \varepsilon_N^1, \ldots, \varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \ldots, \varepsilon_N^k), \quad (8)$$

чтобы

$$\lim_{k \to \infty}(\Delta \varepsilon_\ell^{k+1}) = \lim_{k \to \infty}(\varepsilon_\ell^{k+1} - \varepsilon_\ell^k) = 0,$$

учитывая (7), получаем из (8)

$$\varepsilon_\ell^{k+1} = q\{\varepsilon_1^0, \varepsilon_2^0, \ldots, \varepsilon_N^0, \mathcal{L}_1[T^1(x_1^1, x_2^1) - T_{g1}, T^1(x_2^1, y_2^1) - T_{g2}, \ldots,$$

$$T^1(x_N^1, y_N^1) - T_{gN}], \mathcal{L}_2[T^1(x_1^1, y_1^1) - T_{g1}, T^1(x_2^1, y_2^1) - T_{g2}, \ldots,$$

$$T^1(x_N^1, y_N^1) - T_{gN}], \ldots, \mathcal{L}_N[T^1(x_1^1, y_1^1) - T_{g1}, T^1(x_2^1, y_2^1) - T_{g2}, \ldots,$$

$$T^1(x_N^1, y_N^1) - T_{gN}], \ldots, \mathcal{L}_1[T^k(x_1^k, y_1^k) - T_{g1}, T^k(x_2^k, y_2^k) - T_{g2}, \ldots,$$

$$T^k(x_N^k, y_N^k) - T_{gN}], \mathcal{L}_2[T^k(x_1^k, y_1^k) - T_{g1}, T^k(x_2^k, y_2^k) - T_{g2}, \ldots,$$

$$T^k(x_N^k, y_N^k) - T_{gN}], \ldots, \mathcal{L}_N[T^k(x_1^k, y_1^k) - T_{g1}, T^k(x_2^k, y_2^k) - T_{g2}, \ldots,$$

$$T^k(x_N^k, y_N^k) - T_{gN}\} = q^*[\varepsilon_1^0, \varepsilon_2^0, \ldots, \varepsilon_N^0, T^1(x_1^1, y_1^1) - T_{g1},$$

$$T^1(x_2^1, y_2^1) - T_{g2}, \ldots, T^1(x_N^1, y_N^1) - T_{gN}, \ldots,$$

$$T^k(x_1^k, y_1^k) - T_{g1}, T^k(x_2^k, y_2^k) - T_{g2}, \ldots, T^k(x_N^k, y_N^k) - T_{gN}].$$

В общем случае q^* является нелинейной функцией от многих параметров и на конечном интервале значении этих параметров с заданной точностью может быть представлена с помощью многомерного полинома

$$\varepsilon_l^{k+1} = P_0 + \sum_{i=1}^{N} P_{1i}^0 \varepsilon_i^0 + \sum_{m=1}^{k} \sum_{i=1}^{N} P_{1m,i}[T^m(x_i^m, y_i^m) - T_{gi}] +$$

$$+ \sum_{i,j=1}^{N} P_{2i,j} \varepsilon_i^0 \varepsilon_j^0 + \sum_{i,j=1}^{N} P_{2m,i,j} \varepsilon_i^0 [T^m(x_j^m, y_j^m) - T_{gj}] +$$

$$+ \sum_{z,m=1}^{k} \sum_{t,j=1}^{N} P_{2z,m,t,j}[T^z(x_t^z, y_t^z) - T_{gt}][T^m(x_j^m, y_j^m) - T_{gj}] +$$

$+$ члены высшего порядка. (9)

Учитывая (7) и (8), получаем

$$\varepsilon_l^{k+1} = \sum_{i=1}^{N} P_{1i}[T^k(x_i^k, y_i^k) - T_{gi}] + \sum_{i,j=1}^{N} P_{2i,j}^k \varepsilon_i [T^k(x_j^k, y_j^k) - T_{gj}] +$$

$$+ \sum_{z=1}^{k} \sum_{t,j=1}^{N} P_{2z,t,j}^k [T^z(x_t^z, y_t^z) - T_{gt}][T^k(x_j^k, y_j^k) - T_{gj}] +$$

$$+ \sum_{m=1}^{k} \sum_{t,j=1}^{N} P_{2m,t,j}[T^k(x_t^k, y_t^k)][T^m(x_j^m, y_j^m) - T_{gj}] + \ldots$$

В качестве примера рассмотрим линейное приближение

$$\Delta \varepsilon_l^{k+1} = \varepsilon_l^{k+1} - \varepsilon_l^k = \rho_{1l}^k \left[T^k(x_l^k, y_l^k) - T_{gl} \right],$$

$$\varepsilon_l^{k+1} = \varepsilon_l^k + \rho_{1l}^k \left[T^k(x_l^k, y_l^k) - T_{gl} \right], \qquad (10)$$

где ρ_{1l}^k - величина, характеризующая шаг в итерационном процессе [5].

Разность $T^k(x_l^k, y_l^k) - T_{gl}$ указывает направление изменения ε_l^k.

Рассмотрим более подробно этот частный случай и выясним границы применимости соотношений (10) для определения $\{\varepsilon_l\}$ по сходимости итерационного процесса.

Известно [7,11], что итерационный процесс (10) сходится, если собственные значения λ_i матрицы Якоби, построенной для системы функций f_l, составленной на точном решении $\{\varepsilon_l^k\}$ и $T^*(x_l, y_l)$

$$\varepsilon_l^{k+1} = f_l(\varepsilon_l^k, T^*(x_l^k, y_l^k) - T_{gl}. \qquad (11)$$

удовлетворяют неравенству

$$|\lambda_i| < 1, \quad i = 1, 2, \ldots, \nu, \qquad (12)$$

где ν - число собственных значений матрицы. Матрица Якоби имеет следующий вид:

$$= \left| \begin{matrix} \frac{\partial f_1(\varepsilon_1^*, T_1^*)}{\partial \varepsilon_1} + \frac{\partial f_1(\varepsilon_1^*, T_1^*)}{\partial T_1} \frac{\partial T_1^*}{\partial \varepsilon_1} & \frac{\partial f_1(\varepsilon_1^*, T_1^*)}{\partial T} \frac{\partial T_1^*}{\partial \varepsilon_2} & \ldots & \frac{\partial f_1(\varepsilon_1^*, T_1^*)}{\partial T} \frac{\partial T_1^*}{\partial \varepsilon_N} \\ \frac{\partial f_2(\varepsilon_2^*, T_2^*)}{\partial T} \frac{\partial T_2^*}{\partial \varepsilon_2} & \frac{\partial f_2(\varepsilon_2^*, T_2^*)}{\partial \varepsilon_2} + \frac{\partial f_2(\varepsilon_2^*, T_2^*)}{\partial T} \frac{\partial T_2^*}{\partial \varepsilon_2} & \ldots & \frac{\partial f_2(\varepsilon_2^*, T_2^*)}{\partial T} \frac{\partial T_2}{\partial \varepsilon_N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{\partial f_N(\varepsilon_N^*, T_M^*)}{\partial T} \frac{\partial T_N}{\partial \varepsilon_1} & \frac{\partial f_N(\varepsilon_N^*, T_N^*)}{\partial T} \frac{\partial T_N^*}{\partial \varepsilon_2} & \ldots & \frac{\partial f_N(\varepsilon_N^*, T_N^*)}{\partial \varepsilon_N} + \frac{\partial f_N(\varepsilon_N^*, T_N^*)}{\partial T} \frac{\partial T_N^*}{\partial \varepsilon_N} \end{matrix} \right|$$

$$
= \begin{vmatrix} \frac{\partial f_1(\varepsilon_1^*, T_1^*)}{\partial \varepsilon_1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{\partial f_2(\varepsilon_2^*, T_2^*)}{\partial \varepsilon_2} & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & & \frac{\partial f_N(\varepsilon_N^*, T_N^*)}{\partial \varepsilon_N} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \frac{\partial f_1(\varepsilon_1^*, T_1^*)}{\partial T} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{\partial f_2(\varepsilon_2^*, T_2^*)}{\partial T} & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \dots & \frac{\partial f_N(\varepsilon_N^*, T_N^*)}{\partial T} \end{vmatrix} \times
$$

$$
\times \begin{vmatrix} \frac{\partial T_1^*}{\partial \varepsilon_1} & \frac{\partial T_1^*}{\partial \varepsilon_2} & \dots & \frac{\partial T_1^*}{\partial \varepsilon_N} \\ \frac{\partial T_2^*}{\partial \varepsilon_1} & \frac{\partial T_2^*}{\partial \varepsilon_2} & \dots & \frac{\partial T_2^*}{\partial \varepsilon_N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{\partial T_N^*}{\partial \varepsilon_1} & \frac{\partial T_N^*}{\partial \varepsilon_2} & \dots & \frac{\partial T_N^*}{\partial \varepsilon_N} \end{vmatrix},
$$

где

$$
T_\ell^* = T^*(x_\ell^k, y_\ell^k) - T_{g\ell}, \quad \ell = 1, 2, \dots, N.
$$

Обозначим

$$
\frac{\partial f_\ell}{\partial \varepsilon_\ell} = \beta_\ell, \quad \frac{\partial f_\ell}{\partial T} = \gamma_\ell,
$$

где β_ℓ и γ_ℓ - диагональные матрицы размера $N \times N$,

тогда

$$
A = \beta_\ell + \gamma_\ell G, \tag{13}
$$

для упрощений обозначений принято

$$
G=\begin{vmatrix}
\frac{\partial T^*(x_1,y_1)}{\partial \varepsilon_1} & \frac{\partial T^*(x_2,y_2)}{\partial \varepsilon_2} & \dots & \frac{\partial T^*(x_N,y_N)}{\partial \varepsilon_N} \\
\frac{\partial T^*(x_2,y_2)}{\partial \varepsilon_1} & \frac{\partial T^*(x_2,y_2)}{\partial \varepsilon_2} & \dots & \frac{\partial T^*(x_N,y_N)}{\partial \varepsilon_N} \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\frac{\partial T^*(x_N,y_N)}{\partial \varepsilon_1} & \frac{\partial T^*(x_2,y_2)}{\partial \varepsilon_2} & \dots & \frac{\partial T^*(x_N,y_N)}{\partial \varepsilon_N}
\end{vmatrix}.
$$

Собственные значения ν_ℓ матрицы G определяются из уравнения

$$
\det\left|G-\nu_\ell I\right|=\begin{vmatrix}
\frac{\partial T^*(x_\ell,y_\ell)}{\partial \varepsilon_1}-\nu_\ell & \frac{\partial T^*(x_2,y_2)}{\partial \varepsilon_2} & \dots & \frac{\partial T^*(x_N,y_N)}{\partial \varepsilon_N} \\
\frac{\partial T^*(x_2,y_2)}{\partial \varepsilon_2} & \frac{\partial T^*(x_2,y_2)}{\partial \varepsilon_2}-\nu_\ell & \dots & \frac{\partial T^*(x_N,y_N)}{\partial \varepsilon_N} \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\frac{\partial T^*(x_N,y_N)}{\partial \varepsilon_N} & \frac{\partial T^*(x_2,y_2)}{\partial \varepsilon_2} & \dots & \frac{\partial T^*(x_\ell,y_\ell)}{\partial \varepsilon_N}-\nu_\ell
\end{vmatrix}.
$$

Подставим собственные значения матрицы G в выражение (6)

$$A=\beta_\ell+\gamma_\ell\nu_\ell=\lambda_\ell I.$$

На основании (I2)

$$|\lambda_\ell|=|\beta_\ell+\gamma_\ell\nu_\ell|<1$$

или

$$-1<\beta_\ell+\gamma_\ell\nu_\ell<1.$$

Пусть ν_M и ν_m есть соответственно наибольшее и наименьшее собственное значение

$$-\frac{(1+\beta_\ell)}{\gamma_\ell}<\nu_m. \tag{I4}$$

$$\frac{(1+\beta_\ell)}{\gamma_\ell}>\nu_M. \tag{I5}$$

Сведем неравенства (14) и (15) к одному виду и сложим между собой, тогда

$$\gamma_\ell < \frac{2}{\nu_M - \nu_m}; \quad \beta_\ell < 1 - \frac{2\nu_M}{\nu_M - \nu_m}. \tag{16}$$

Так как в общем случае оперировать с равенствами легче, чем с неравенствами, то неравенства (16) преобразуем в равенства путем введения дополнительных переменных $\omega_\ell > 0$ и $\xi_\ell > 0$

$$\gamma_\ell = \frac{2}{\nu_M - \nu_m} - \omega_\ell, \quad \beta_\ell = 1 - \frac{2\nu_M}{\nu_M - \nu_m} - \xi_\ell. \tag{17}$$

Следует заметить, что в целевую функцию дополнительные переменные $\{\omega_\ell\}$ и $\{\xi_\ell\}$ не входят и зависят от размера окрестности экстремальной точки.

Из (17) следует, что каковы бы не были конечные значения ν_m и ν_M, могут быть найдены такие $\gamma_\ell > 0$ и $\beta_\ell > 0$, при которых итерационный процесс (2) сходится и существует решение задачи размещения ТВЭ. Для частных случаев, когда $\beta_\ell = 1$ или $\beta_\ell + \gamma_\ell = 1$ в работе [6] даны некоторые рекомендации для выбора β_ℓ и γ_ℓ. Однако способ выбора β_ℓ и γ_ℓ в общем случае не является единственным, и для решения практических задач размещения ТВЭ в ограниченной области могут быть использованы различные алгоритмы выбора и уточнения параметров β_ℓ и γ_ℓ, $\ell = 1, 2, \ldots, N$ [1]. При реализации итерационного процесса (2) был использован алгоритм для уточнения произвольно выбранных β_ℓ и γ_ℓ, основанный на минимизации отклонений температуры над каждым ТВЭ от допустимой. На рис.2 представлен результат работы алгоритма. Начало каждого размещаемого ТВЭ обозначено цифрой в кружочке, соответствующей номеру размещаемого ТВЭ. Крестиками обозначены местоположения ТВЭ на очередном шаге итерации. В таблице приведены значения параметров x_ℓ, y_ℓ $(\ell = 1, 2, \ldots, 18)$, температур $T(x_\ell, y_\ell)$ в полюсах начального и конечного размещения. Допустимое значение температуры для всех ТВЭ принято равным T = 25°С. Как видно из таблицы и рис.3, полученные значения температур в полюсах ТВЭ практически не отличаются от заданных значений.

	Первоначальное размещение			Окончательное размещение			Мощность Вт.
	X	У	температура в град.	X	У	температура в град	
I	0,I	0,II	28,64	0,I4	0,I3	24,9I	7,5
2	0,09	0,27	29,I0	0,I3	0,355	24,95	6,0
3	0,08	0,5	29,08	0,I25	0,54	25,I5	7,5
4	0,08	0,75	27,87	0,I2	0,78	24,98	7,5
5	0,25	0,44	27,88	0,255	0,445	25,05	6,0
6	0,24	0,65	27,4I	0,145	0,6I5	24,93	5,25
7	0,255	0,77	26,67	0,37	0,84	24,75	I0,0
8	0,32	0,2I5	27,66	0,405	0,23	24,94	I2,5
9	0,44	0,43	26,0I	0,555	0,43	24,72	5,0
I0	0,44	0,6	26,04	0,55	0,605	24,85	6,I25
II	0,42	0,79	25,758	0,505	0,795	24,97	I0,0
I2	0,5I	0,08	25,833	0,6I	0,09	24,57	5,0
I3	0,5	0,25	25,66	0,8I5	0,3I5	24,I8	5,0
I4	0,6	0,58	23,78	0,705	0,56	24,6I	8,85
I5	0,66	0,245	23,6I	0,805	0,855	24,76	6,0
I6	0,66	0,74	23,09	0,8I5	0,I9	23,89	6,0
I7	0,75	0,45	2I,0I	0,87	0,45	23,95	4,0
I8	0,76	0,92	23,74	0,885	0,655	24,45	6,0

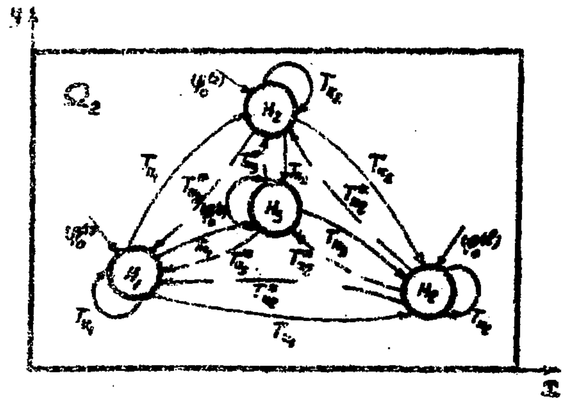

Рис.1. Схема взаимовлияния ТВЭ

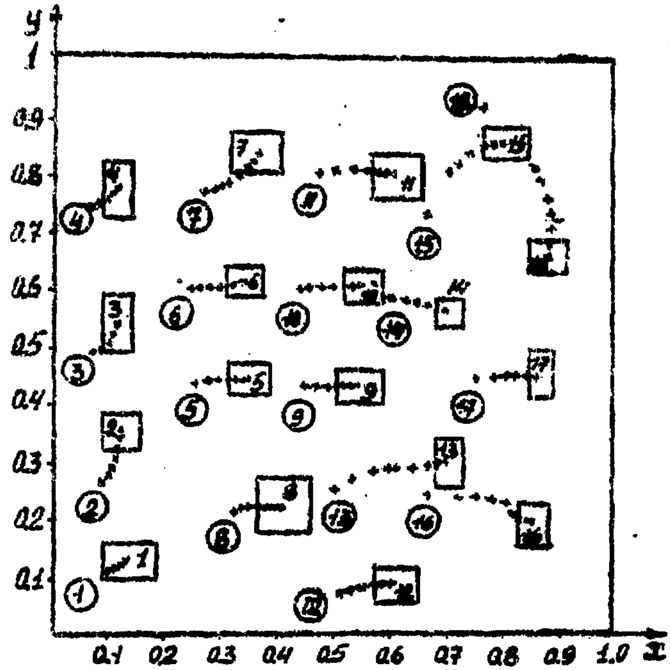

Рис.2. Размещения ТВЭ в заданной области

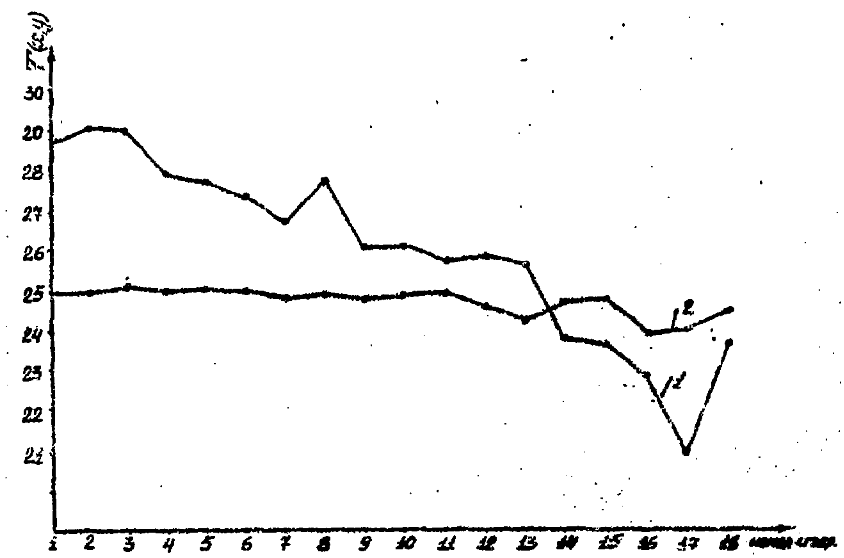

Рис.3. Гистограмма распределения температур в полюсах ТВЭ на нулевой и седьмой итерациях

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стоян Ю.Г., Хаммурадов М.А. Об одном методе рационального размещения однотипных тепловых объектов, имеющих форму квадрата, в прямоугольной области//Методы поисковой оптимизации и размещения геометрических объектов. Киев: Ин-т Кибернетики, 1976. С.15-24.
2. Стоян Ю.Г., Хаммурадов М.А. Размещение тепловыделяющих элементов с учетом неоднородности сред//Электронное моделирование. 1985. №3. С.66-71.
3. Мееров М.В., Литвак Б.Л. Оптимизация систем многосвязного управления. М.: Наука, 1972.
4. Опойцев В.И. Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения. М.: Наука, 1977.
5. Пшеничный Б.Н., Данилкин Ю.М. Численные методы в экстремальных задачах. М.: Наука, 1975.
6. Беленький В.З., Волконский В.А. Итеративные методы в теории игр и программировании. М.: Наука, 1974.
7. Рвачев В.Л., Слесаренко А.П. Алгебра логики и интегральные преобразования в краевых задачах. Киев: Наукова думка, 1976.
8. Хаммурадов М.А. Оптимизация размещения тепловых источников произвольной геометрической формы в прямоугольной области: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Харьков: 1979.
9. Ортега Дж., Рейнболдт В. Итерационные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными. М.: Мир, 1975.
10. Бутковский А.Г. Теория оптимального управления системами с распределенными параметрами. М.: Наука, 1965.
11. Волгин Л.Н. Принцип согласованного оптимума. М.: Советское радио, 1977.

Маман Ахмадович Хаммурадов

О СХОДИМОСТИ ИТЕРАЦИОННОГО МЕТОДА РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОГРАНИЧЕННОЙ ОБЛАСТИ

Ответственный за выпуск Л.М.Ракивненко

Корректор А.И.Нагорная

Подписано в печать 24.12.92. Формат 60х84/16. Бум.писч. №1.
Офсетн.печ. Усл.п.л. 0,9. Уч.-изд.л.0,7. Тираж 60 . Заказ № 2.
Цена 7 крб. Индекс 3624.

Харьковский физико-технический институт.
310108, Харьков, ул. Академическая, 1

7 крб.

Индекс 3624

Препринт, 1993, 1-12.