# КООРДИНАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПОДСИСТЕМ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

Н.В. Федоров, *канд. техн. наук*, А.М. Хренов, *канд. техн. наук*
*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова*
*ул. Революции, 12,61002, г. Харьков, Украина*
E-mail xrenov.aleksandr@bk.ru

Введем ряд понятий. Переменной состояния будем называть такую переменную, которая является входом для одной подсистемы и выходом предшествующей подсистемы. Переменная состояния, таким образом, характеризует связь между локальными подсистемами.

Переменной решения будем называть такую переменную, которая является независимой от переменной состояния и определяет ее значение.
Локальная оптимизация подсистемы заключается в определении оптимальных значений переменных решения для любого возможного значения переменных состояния. Если переменные решения могут быть найдены любым подходящим методом оптимизации, переменные состояния необходимо выбирать особенно тщательно, чтобы избежать просмотра оптимального решения для всей системы.

На рисунке представлена общая схема координации решений локальных подсистем.

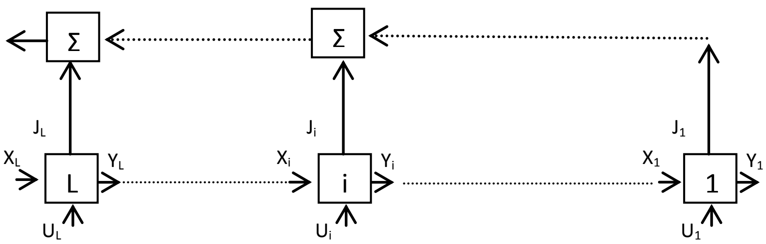


Рисунок 1 Общая схема координации решений отдельных подсистем

Отдельные подсистемы представлены соответствующим образом пронумерованными прямоугольниками со стрелками, используемыми для индикаций входа и выхода различных подсистем. С каждой *i*–ой подсистемой связано два входа $x_i$ и $U_i$ и два выхода $y_i$ и $J_i$. Переменная $x_i$ характеризует состояния *i*–ой подсистемы на входе, а переменная $y_i$ на ее выходе. Преобразование, приводящее к состоянию $y_i$ на выходе, носит название передаточной функции *i*–ой подсистемы и обозначается $F_i$. Все входы, которые не являются состояниями, называются решениями и обозначаются $U_i$ . Каждой *i*-ой подсистеме однозначно соответствует один выход $J_i$, называемый весом этапа. Этот выход является функцией только входов $x_i$ и $U_i$ и определяет долю критерия оптимизации системы, приходящуюся на *i*-ую подсистему. Таким образом

$$y_i=F_i(x_i,U_i) \qquad i=1,2\ldots L \qquad (1)$$

$J_i=J(x_i, U_i)$ $\qquad i=1,2\ldots L$ $\quad$ (2)

Поскольку переменная состояния является обычно выходом для одной подсистемы (скажем $i$), и, по крайней мере, входом хотя бы для одной последующей (скажем $j$ ) подсистемы, то она может быть выражена более, чем через один символ, например, через $y_i$, или через $x_j$. Отождествление нескольких символов друг с другом однозначно определяет взаимосвязь подсистем $i$ и $j$, а такого типа взаимоотношения называются инцендентной тождественностью. Система полностью определяется ее подсистемами и инциндентной тождественностью, характеризующей структуру системы. Для последовательной системы (рис.1) инцидентная тождественность есть

$y_i = x_{i+1}$ $\qquad i=1,\ldots L\text{-}1$ $\quad$ (3)

Это означает, что подсистемы пронумерованы в направлении, противоположном потоку, показанному стрелками на рис.1.

Пусть известно значение общего входа системы $S_L$. Тогда решение проблемы заключается в определении оптимальной последовательности $U_1^*(S_L),U_2^*(S_L),\ldots U_L^*(S_L)$, минимизирующей значение суммарного критерия (веса) системы

$$J=\sum_{i=1}^{L} J_i\left(x_i, U_i\right) \quad (4)$$

Покажем это. Из уравнений (1) и (2) следует, что для заданного входа $x_i$ выбранное значение $U_i$ определяет не только вес $J_i$ , но и выход $y_i$. Поэтому решение $U_i$, минимизирующее вес $i$–ой подсистемы, может в то же время плохо сказаться на входах всех последующих подсистем и приведет к неоптимальности общего веса системы. Оптимальная последовательность $U_1^*$ ,… $U_L^*$ может быть найдена только в случае учета переходов, соединяющих подсистемы между собой.

Подставляя значения $x_i(I=1,\ldots L\text{-}1)$ из выражений (3) и (4) с учетом соотношения (4), получим. Что общий вес системы при заданном состоянии $x_L$ зависит от решений $U_1,U_2,\ldots U_L$ , т.е.

$J=J(x_L,U_1,U_2,\ldots U_L)$ $\qquad$ (5)

и, следовательно, решение задачи (4) сводится к определению

$$J^*(x_L)=\min_{U_1,\ldots U_L} J(x_1,U_1,\ldots U_L) \quad (6)$$

Специальный характер структуры последовательной системы позволяет преобразовать исходную задачу оптимизации с $L$ решениями и одним состоянием $x_L$ в последовательность проблем минимизации с одним решением и одним состоянием.

Для решения задачи применяется принципа оптимальности Беллмана для последовательных многоэтапных систем. Этот принцип утверждает, что оптимальная последовательность решений $U^*_L(x_L)\ldots U^*_1(x_1)$ для системы состоящей из подсистем должна быть такой, чтобы любое подмножество функций решений $U^*_1(x_1)\ldots U^*_l(x_l)$ было оптимальным на последовательных подсистемах этой системы. Начиная с $U^*_L(x_L)$, рекурсивная подстановка $U^*_L(x_L)$ в функцию перехода (1) порождает оптимальную входную функцию $x_{L-1}(x_L)$, которая в свою очередь подставляется в $U^*_{l-1}(x_{l-1})$ для получения $U_{l-1}$

и, в конце концов, генерирует всю оптимальную последовательность для рассматриваемой задачи.

В докладе рассматривается применение принципа динамического программирования для координации локальных подсистем магистрального газопровода.