

В.И.Лазарев, С.Р.Родин,
А.И.Эрлих

МЕТОД РАСЧЕТА НА ЭВМ
СИСТЕМ ТЕПЛО- И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ВИХРЕВЫХ ТРУБ

При проектировании реальных систем тепло- и холодоснабжения или термостатирования на основе ВТ большое значение имеет наличие их математических моделей, а также модели системы в целом. Это тем более важно, что в настоящий момент из-за отсутствия достаточно широкого промышленного выпуска ВТ нет их достоверных выходных характеристик. Поэтому при создании системы на основе труб требуется тщательный анализ не только работы самой трубы, но и ее функционирования в системе в целом. В данной работе предпринята попытка решить проблему моделирования стационарных процессов функционирования систем термостатирования, состоящих из ряда типовых элементов: ВТ, теплообменных аппаратов, детандеров, компрессоров, вентиляторов и эжекторов, соединенных между собой в систему достаточно произвольным образом.

Каждый из перечисленных выше типовых элементов представляет собой многополюсник, обладающий m^S входами и n^S выходами, где S - индекс (имя) типа элемента.

Математическая модель произвольного типового элемента S -го типа имеет следующий вид:

$$y_j = f_j^S(x_1, \dots, x_{m^S}, k^S), j \in [1:n^S],$$

$$w_\ell^S = \varphi_\ell^S(x_1, \dots, x_{m^S}, y_1, \dots, y_{n^S}, k^S), \ell \in [1:d],$$

где x_i , y_j - векторы, описывающие, соответственно, i -й ($i \in [1:m^S]$) вход и j -й выход элемента S -го типа, k^S - вектор его конструктивных параметров (для ВТ, например, это степень расширения газа в ней и доля холодного потока), w_ℓ^S , $\ell \in [1:d]$ - набор технических характеристик элемента (вес, объем, потребляемая мощность и т.д.), а f_j^S и φ_ℓ^S - соответствующие векторы-функции, заданные алгоритмически. В данной работе создана оригинальная математическая модель ВТ на основе экспериментальных исследований авторов.

Входы (выходы) элемента и системы в целом могут быть описаны следующими пятью величинами: статическими температурой и давлением, влажностью, расходом и температурой торможения газообразного теплоносителя (такой набор однозначно определяет теплофизическое состояние потока газа).

Произвольная система тепло- и холодоснабжения рассматриваемого вида однозначно задается своим составом и структурой.

Составом системы назовем совокупность образующих моделируемую систему имен типов элементов с заданными значениями конструктивных параметров, определяющих характер их функционирования.

Структурой назовем порядок соединения входов и выходов элементов в системе.

Система соотношений, описывающая стационарный режим функционирования произвольной системы, имеющей заданный состав и структуру, представляет собой следующую систему нелинейных уравнений:

$$y_{ju} = f_j^{su}(x_{1u}, \dots, x_{mu}, k^{su}), j \in [1:n^{su}];$$

$$\omega_e^{su} = \varphi_e^{su}(x_{1u}, \dots, x_{mu}, y_{1u}, \dots, y_{nu}, k^{su}), e \in [1:d];$$

$$x_{iv} = y_{ju}, \{(i,v), (j,u)\} \in G, u, v \in [1:N];$$

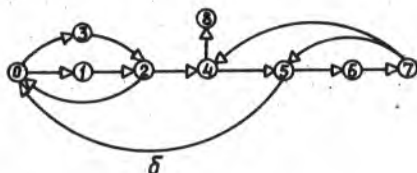
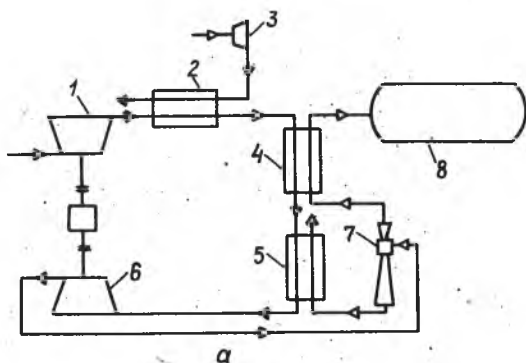
$$W_e^{suct} = \sum_{u=1}^N \omega_e^{su},$$

где N - общее число типовых элементов в системе, G - ориентированный мультиграф $G = G\{T, R\}$, T - множество вершин мультиграфа G , являющихся образами элементов системы, R - множество дуг $\{(i,v), (j,u)\}$, являющихся образами каналов, соединяющих блоки в систему.

Мультиграф G задает структуру моделируемой системы, а набор $\{(S_u, k^{su}) | u=1, \dots, N\}$ - ее состав. На рис. I приведены состав и структура некоторой реальной системы термостатирования.

Для решения рассматриваемой задачи моделирования разработана интерактивная автоматизированная система моделирования (АСМ), состоящая из двух основных подсистем: планировщика и вычислителя.

Автоматизация моделирования на ЭВМ приводит к необходимости планирования вычислений. Эту задачу решает планировщик, обрабатывающий ориентированный мультиграф структуры моделируемой системы. Для реализации этой подсистемы АСМ предложен набор алгоритмов, позволяющих спланировать вычисления на структуре, заданной



Р и с. 1. Система термостатирования: а - принципиальная схема; б - мультиграф: 0 - внешняя среда, 1 - компрессор, 2, 4, 5 - теплообменные аппараты, 3 - вентилятор, 6 - детандер, 7 - вихревая труба, 8 - объект

них характеристик работы моделируемой системы. Обработка обратных связей осуществляется в вычислителе методом последовательных приближений.

В АСМ предусмотрена возможность диалога между конструктором и ЭВМ на разных уровнях, отличающихся глубиной вмешательства и тем, какие аспекты моделируемой системы интересуют пользователя. В ходе диалога можно менять начальные приближения при обработке обратных связей, определять отклик моделируемой системы на изменение ее входов и конструктивных параметров, уточнять структуру моделируемой системы. Диалог ведется на простом языке директив, что максимально упрощает общение конструктора с ЭВМ.

Экспериментальный вариант АСМ рассматриваемого вида реализован на ЭВМ БЭСМ-6 в рамках "Пульт" Вычислительного центра АН СССР.

произвольным ориентированным мультиграфом, причем особое внимание уделено обратным связям в моделируемой системе. Более детальное описание работы этой подсистемы выходит за рамки настоящей темы.

Подсистема вычислитель по результатам планирования организует вызов процедур, описывающих функционирование блоков моделируемой системы, инициирует работу этих процедур в определенном порядке, осуществляет пересылку результатов их работы согласно структурной схеме, формирует значение внешних