

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПРЯМОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА АВМ С ПОМОЩЬЮ НАПРАВЛЕННЫХ ГРАФОВ

Г. В. РАДЧЕНКО, Г. А. ИНЕШИН, В. Г. ХАН

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры автоматики  
и телемеханики)

Прямое моделирование оказывается возможным во всех случаях, когда удастся установить изоморфизм переменных системы и вершин топологически направленного графа [3]. В этой работе показаны условия существования графа для различных систем. Скалярные переменные двух типов кроме свойств, приведенных в предпосылках по представлению технологических процессов графом, должны также определять динамические свойства любой части системы, если параметрические величины известны. Кроме того, необязательно, чтобы исследуемые системы были линейными, поскольку направленные графы используются здесь лишь как аналоговые модели, т. е. могут содержать ветви, коэффициенты передачи которых нелинейны или изменяются во времени.

В настоящей работе сделана попытка применить положения, приведенные в работах [2, 3], к моделированию процессов химической технологии. На первом этапе в качестве простого элемента технологической

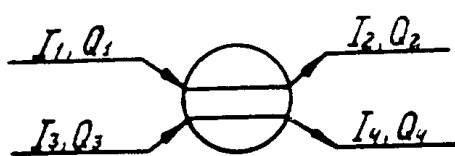


Рис. 1

схемы выбран обменник (тепло- и массообменник). В обменнике, являющемся четырехполюсником (два входных потока и два выходных), каждому потоку ставится в соответствие по две переменные. Поскольку уравнения, выражающие основные законы переноса (тепла и вещества), идентичны уравнению

переноса количества электричества и между собой, направленные графы во всех трех случаях должны быть одинаковыми:

$$\delta Q = \kappa \frac{dI}{dl} dS dt; \quad \delta m = D \frac{dC}{dl} dS dt; \quad dQ = \sigma \frac{dV}{dl} dS dt;$$

$$Q = WpI (W = \kappa St); \quad M = \kappa pC (\kappa = DSt); \quad Q = BpV (B = \sigma St).$$

Здесь тепловому потоку ставятся в соответствие переменные  $Q$  и  $I$  — количество тепла и энтальпия, потоку массы  $M$  и  $C$  — количество вещества и концентрация и потоку электричества  $Q$  и  $V$  — количество электричества и потенциал,  $p = \frac{d}{dt}$  — оператор дифференцирования по направлению переноса.

Учитывая вышеприведенное, напишем уравнения массо- и теплообмена (материального и теплового баланса без учета потерь). Условное изображение обменника (случай теплообменника) приведено на рис. 1. При изображении на рис. 1 принято

$$I_1 = I + I_2; \quad Q_1 = Q + Q_2; \quad I_4 = I' + I_3;$$

$$Q_4 = Q + Q_3; \quad Q = W_1 p I; \quad I' = \frac{1}{W_2 p_2} \cdot Q.$$

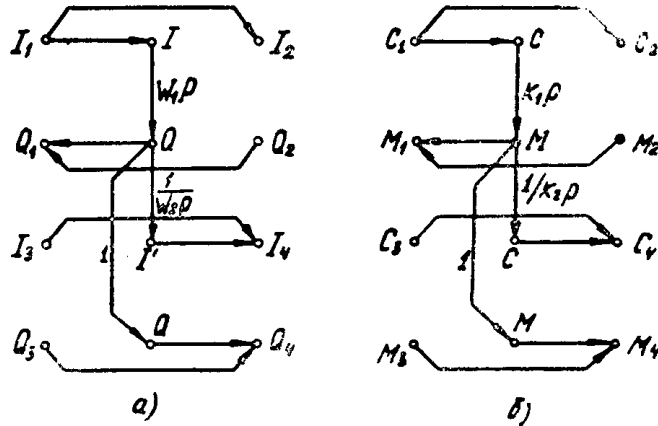


Рис. 2

Здесь  $I$  и  $Q$  — энтальпия и количество тепла, передающиеся от нагретого потока к менее нагретому. Аналогичными будут и уравнения для массообмена:

$$C_1 = C + C_2; \quad C_4 = C + C_3; \quad M_1 = M + M_2; \quad M_4 = M + M_3; \quad M = k p C.$$

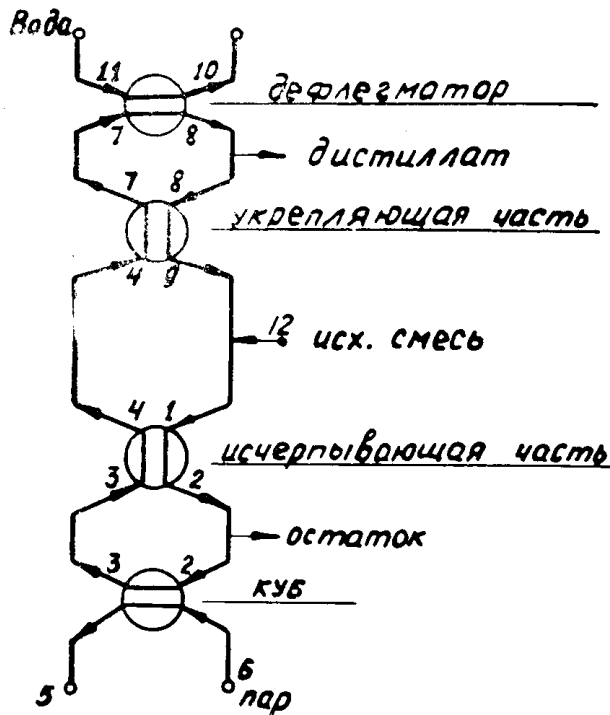


Рис. 3

Здесь  $C$  и  $M$  — содержание распределяемого компонента и количество вещества, передающееся из фазы, где этого компонента больше, в фазу, где его меньше. Графы для тепло- и массообменников приведены на рис. 2, а и 2, б, соответственно.

Элементарные графы четырехполюсных подсхем выбраны так, что они соответствуют решающим блокам, поэтому направленный граф может рассматриваться как схема набора модели. Поскольку направленный граф может быть получен из схемы замещения, можно говорить о непосредственном моделировании физической системы без предварительного составления уравнений исследуемой задачи.

Чтобы избежать применения дифференциаторов в модели, можно получить графы других типов, полученные для тех же четырехполюсников посредством инверсий.

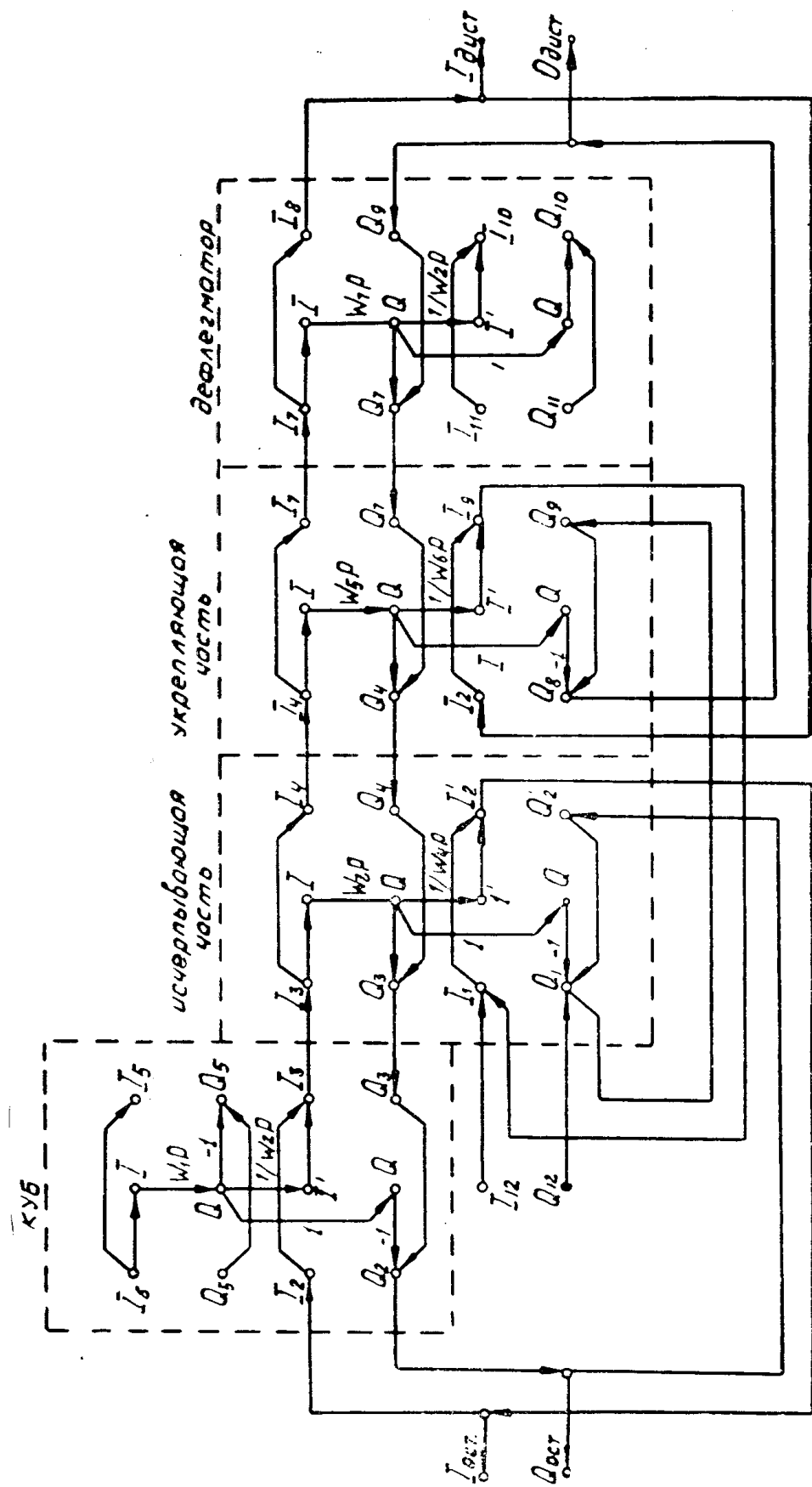


Рис. 4

Для прямого моделирования более сложных объектов, которые нельзя представить только обменниками, следует строить структурную схему, состоящую из элементарных звеньев, не нарушая условия изоморфизма переменных системы и вершин графа.

В качестве примера рассмотрим получение модели теплового обмена на ректификационной колонне. На рис. 3 изображена схема замещения. Заменяя каждый элемент физической системы (схемы замещения) соответствующим ему графом, получим направленный граф процесса теплообмена (рис. 4).

От графа исходной физической цепи, составленного из элементарных подграфов, делается прямой переход к модели, набранной из решающих блоков, поскольку графы этих блоков [3] идентичны элементарным подграфам. Таким образом, полный граф исходной цепи по существу является исходной схемой аналоговой модели (рис. 5).

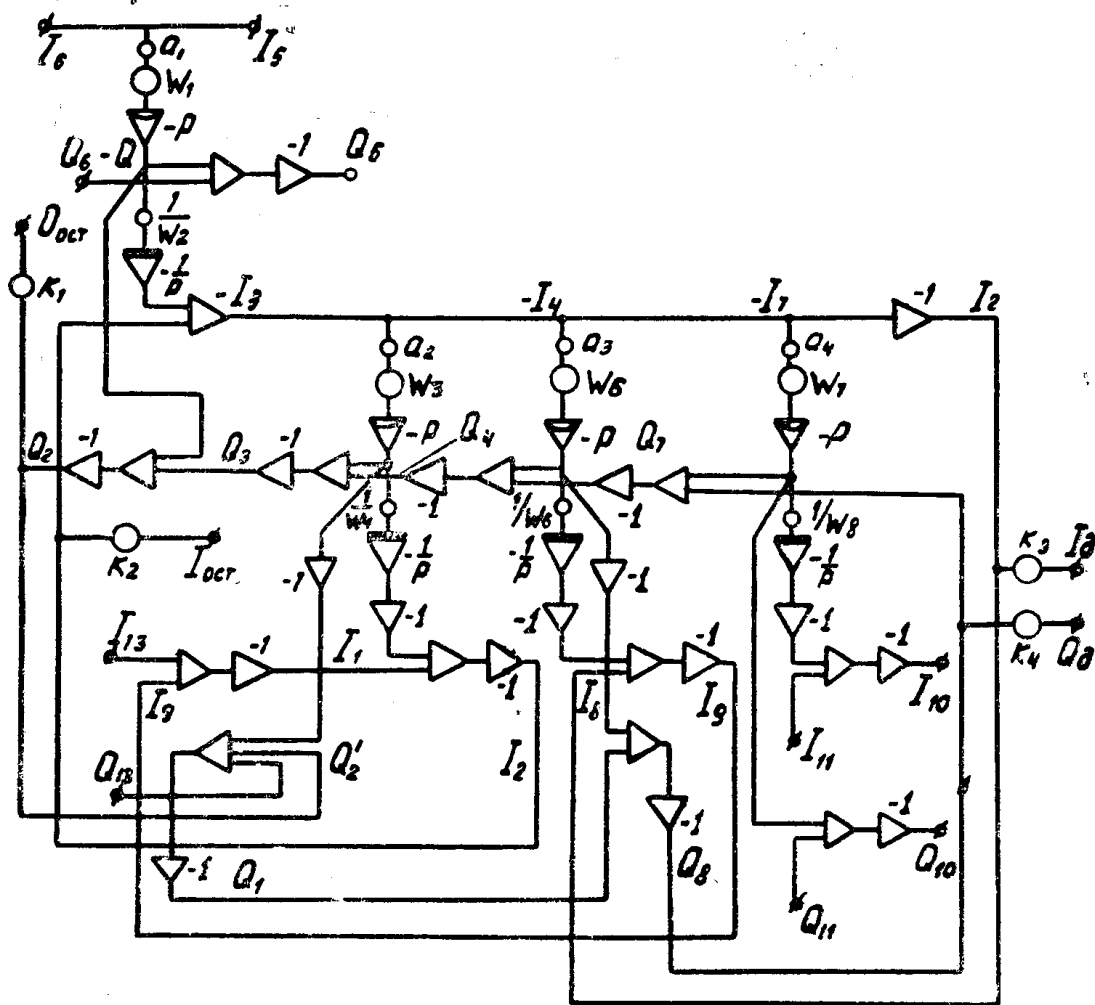


Рис. 5

### Выводы

Рассмотрение возможности прямого моделирования процессов химической технологии на АВМ с помощью направленных графов приводит к выводу, что этот метод оказывается очень удобным и может служить вопросом дальнейших исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. М. Корах, Л. Гашко. Представление процессов химической технологии на основе теории графов. Теоретические основы химической технологии, т. 11, № 3, 1968.
  2. Н. М. Трент. Isomorphisms between oriented linear graphs and limped physical system. Journal Acoust. Soc. Amer., 27, p. 500—527, 1955.
  3. Л. Робиншо, М. Буавер, Ж. Робер. Направленные графы и их приложения к электрическим цепям и машинам. «Энергия», 1964.
  4. О. Оре. Теория графов. М., «Наука» 1968.
  5. К. Берж. Теория графов и ее применение. М., ИЛ., 1962.
-