

**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫМ
ОБЪЕКТОМ НЕПРЕРЫВНОГО ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В. Я. КАРТАШОВ, Р. Н. ЛЮБЛИНСКИЙ, Н. М. ОСКОРБИН

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры автоматики и телемеханики)

На современном этапе организации управления производством часто используется децентрализованная автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП), в которой проведенная декомпозиция задач управления всего технологического комплекса оставляет для некоторых локальных подсистем часть задач по управлению объектами. При этом АСУТП представляется иерархической системой, включающей систему оперативного управления комплекса (центральная система) и m ($m \geq 1$) подсистем локального управления и использует достаточно мощную УВМ.

Наиболее сложными подсистемами локального управления являются подсистемы оптимального управления отдельными звеньями технологической цепи. Объекты, для которых могут создаваться такие подсистемы, характеризуются большой степенью обособленности во всей технологической схеме, что часто встречается в химических производствах непрерывного действия. Обособленность аппаратов таких производств усугубляется также наличием промежуточных емкостей входных и выходных продуктов. Все это позволяет рассматривать оптимизируемый объект автономно, а связь данного аппарата с другими аппаратами схемы учитывать введением, например, функций стоимости на входные и выходные продукты. Кроме того, центральная система может задавать для данной подсистемы ряд ограничений и использовать для управления оставшимися аппаратами информацию о функционировании автономного аппарата.

В зависимости от характера потока возмущений локальные системы оптимального управления могут осуществлять:

- 1) управление по статическим моделям;
- 2) управление по совокупности статистических и динамических моделей.

В данной работе предлагается процедура разработки на стадии проектирования АСУТП химико-технологической схемы алгоритма локальной системы оптимального управления, функционирующей по совокупности статических и динамических моделей.

В данной работе предполагается, что известен общий критерий эффективности работы аппарата и вид функций стоимости на промежуточные продукты. Схематически последовательность разработки алгоритма оптимального управления на стадии проектирования показана на рис. 1. Для определения алгоритма оптимального управления необходимо решить следующие задачи:

- 1) составление структурной схемы и решение задачи наблюдаемости (3,5);
- 2) задача идентификации объекта для статической модели (6, 7, 8, 10) и для динамической модели (12, 13, 14, 15);

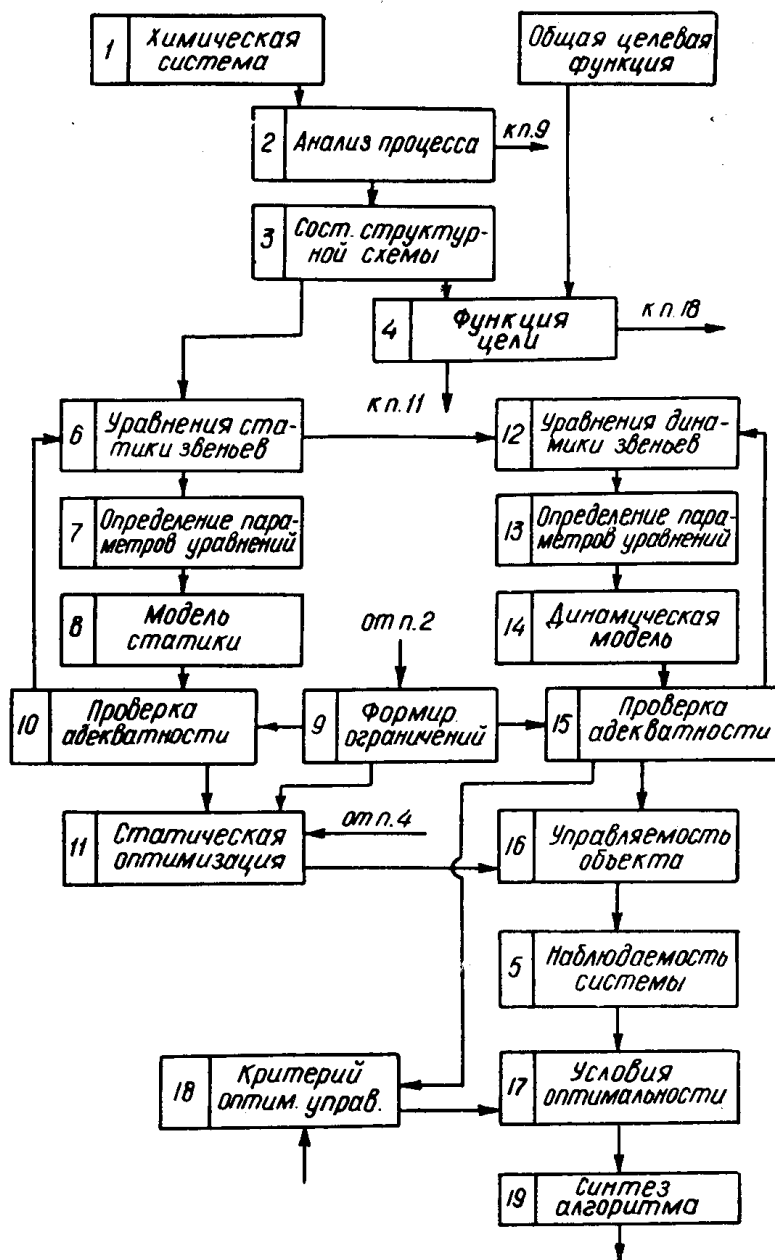


Рис. 1

- 3) формирование критерия эффективности работы технологической схемы и на его основе формирование критерия оптимального управления (4, 18);
- 4) статическая оптимизация (11);
- 5) задача об управляемости объекта (16)
- 6) задача динамической оптимизации и получение оптимального алгоритма управления (17, 19).

После решения всех перечисленных задач необходимо апробировать полученный алгоритм, что достигается моделированием данного объекта и системы управления на ЭВМ.

Сделаем некоторые пояснения к приведенной схеме (рис. 1).

1. Химическая система — это совокупность происходящих физико-химических процессов и аппараты, в которых они происходят. Всякая система имеет входы, выходы, она обычно подвержена возмущениям и для их компенсации используют управляющие воздействия [1].

3. Исследуемый объект условно разделяется на ряд звеньев, в качестве которых в химико-технологических системах обычно выделяют участки, являющиеся или повторяющимися элементами конструкции аппарата, или отличаются от других участков типом лимитирующего процесса. С задачей рационального расчленения объекта на звенья, степень детализации которого может быть различной, связана задача принятия допущений, которая направлена на упрощение и обоснование принятой структурной схемы объекта [2].

5. Задача наблюдаемости состоит в восстановлении текущего (или начального) состояния объекта по известным функциям выхода, то есть пусть $\bar{X}(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$ характеризует состояние объекта в момент времени t , и не все координаты доступны измерению. Информация о текущем состоянии объекта заключена в вектор-функции $\bar{Z}(t) = (z_1(t), \dots, z_m(t))$ $m \leq n$, связанной с $\bar{X}(t)$ соотношением

$$\bar{Z}(t) = \bar{h}(\bar{X}(t), t)$$

Требуется по известному $\bar{z}(t)$ в момент времени t определить $\bar{X}(t)$. Р. Калман [3] ставил задачу в другом плане: какое минимальное число выходных переменных $Z(t)$ необходимо, чтобы можно было судить о $X(t)$.

10 и 15. Задача об адекватности математической модели изучаемому процессу служит для определения случайного (неслучайного) характера расхождений между решениями уравнений статики и динамики и зафиксированными данными. Так как данная работа предполагает построение моделей экспериментально-аналитическим методом [2], то для проверки адекватности могут быть использованы статистические критерии.

6 и 12. Уравнения статики отдельных звеньев составляются на основе материальных и энергетических балансов с использованием дополнительных зависимостей, специфических для данного процесса. Аналитический вывод уравнений динамики основан на том, что скорость изменения выходной координаты звена в первом приближении пропорциональна разности расходов входящих и выходящих потоков вещества и энергии с дальнейшим переходом к интересующим выходным координатам (давлению, концентрации, уровню, температуре) [2].

8 и 14. Составление и анализ уравнений статики и динамики всего объекта производится на основе увязки материальных и энергетических потоков между звеньями. Если в данном объекте имеется сплошная фаза, то некоторые модели с распределенными параметрами могут быть заменены моделью с сосредоточенными параметрами [4] введением в модели времен запаздывания. Статическая модель используется в качестве прогнозирующей модели в задаче оптимизации объекта, а динамическая модель является корректирующей, которая позволяет оптимально выводить процесс на заданный режим [5].

11. Статическая оптимизация — в простейшем случае один из методов управления при помощи машин, заключающийся в определении нового, наилучшего технологического режима, если необходимость в этом вызывается изменением внешних условий. Такая оптимизация

предполагает, что процесс находится в установившемся состоянии и может быть мгновенно переведен в новое состояние [1].

16. Задачу об управляемости можно сформулировать следующим образом: заданы два вектора \bar{X}_0 , \bar{X}_1 , с помощью управления $\bar{u}(t)$ требуется перевести при оценке по некоторому функционалу качества объект из \bar{X}_0 в \bar{X}_1 . Решение этой задачи отвечает на вопрос: существует ли хотя бы одно управление, переводящее систему из начального состояния \bar{X}_0 в конечное \bar{X}_1 [3].

17. Задачу существования оптимальных уравнений можно сформулировать следующим образом: среди допустимых управлений существует ли оптимальное управление, которое бы выбранному критерию оптимального управления придавало экспериментальное значение.

18. Динамическая оптимизация заключается в выработке такого алгоритма управления, который бы позволял оптимально во времени переводить объект из одного режима в другой, а также осуществлять компенсацию существенных возмущений. Задача управления в каждый момент времени сводится к такому выбору совокупности управляющих воздействий, чтобы при некоторой совокупности возмущающих воздействий достиглось в смысле выбранного критерия оптимальное поведение объекта.

19. Критерий оптимального управления строится из критерия статической оптимизации с учетом динамических свойств управления и объекта и сводится с некоторой коррекцией к одному из критериев, используемых в теории оптимального управления.

Алгоритм управления получается в результате совместного, либо раздельного решения статической и динамической оптимизации с учетом заданного класса ограничений. Синтез алгоритма может быть произведен аналитическим путем, либо путем определения некоторых постоянных в рамках заданной априорной структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Кафаров. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М., «Химия», 1968.
2. Е. Г. Дудников, В. С. Балакирев, В. Н. Кривсунов, А. М. Цирлин. Построение математических моделей химико-технологических объектов. Л., «Химия», 1970.
3. Р. Калман. Об общей теории систем управления, Труды I Международного конгресса ИФАК, т. 2. М., изд-во АН СССР, 1961.
4. В. В. Кафаров, А. И. Бояринов. Методы оптимизации в химической технологии. М., «Химия», 1969.
5. L. Lippitt David, A. Swann Dale. Industrial process control by digital computer. ISA Trans, 4, № 4, 1965.