

# МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ КАК СИСТЕМНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА И СИНТЕЗА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Ю.А. Сидоренко, канд. техн. наук, ст. научн. сотр. (УО БГАТУ)

## Аннотация

*Разработана и предлагается общая последовательность (этапы и подэтапы) синтеза технологических систем с применением моделирования, полученная на основании анализа ранее выполненных работ и собственного опыта.*

## Введение

Целью рассмотрения системы автоматического управления является решение одной из двух задач – задачи *анализа* системы или задачи ее *синтеза*. Задача *анализа* заключается в определении свойств заданной системы (качества управления, обеспечиваемого системой). Задача *синтеза* заключается в создании системы, отвечающей заданным требованиям. Современная теория автоматического управления (ТАУ) дает комплекс методов анализа и синтеза систем автоматического управления (САУ). Ввиду ограниченных возможностей аналитического математического аппарата, методы ТАУ в основном являются приближенными и не позволяют точно судить о поведении систем во времени.

Появление ЭВМ изменило ситуацию. Появилась возможность непосредственно получать поведение систем во времени путем моделирования. Для цифровых ЭВМ такую возможность обеспечивают численные методы решения дифференциальных уравнений, интегрирования и дифференцирования. Применение моделирования существенно упростило решение задач анализа и синтеза, повысило достоверность результатов.

К настоящему времени выполнено большое количество работ, связанных с синтезом систем управления путем моделирования на ЭВМ. Следует отметить работы академика И.С. Нагорского и его учеников [1, 2, 3, 4].

Появилось большое количество программных средств для моделирования систем автоматического управления (САУ) на ПЭВМ, например, пакет «Express-Radius», разработанный Российской АН, Simulink в составе пакета Matlab и др.

Результаты моделирования можно наблюдать на экране дисплея в виде графиков и численных результатов. Некоторые программы позволяют моделировать в реальном или выбранном масштабе времени (Express-Radius). Отпала необходимость каж-

дый раз составлять алгоритмы цифрового моделирования и можно сосредоточиться на решении своей непосредственной задачи – анализе или синтезе системы. Таким образом моделирование на ЦВМ стало основным методом анализа и синтеза систем. Это позволяет широко внедрять моделирование в научные исследования и учебный процесс.

## Основная часть

На наш взгляд, настало время анализа и широкого обобщения результатов применения моделирования при синтезе САУ и последовательного изучения этого метода как наиболее современного метода синтеза.

Характерной особенностью метода является его экспериментально-теоретический системный характер. Обусловлено это системным характером задачи синтеза и особенностями ее решения путем моделирования на ЭВМ. Проявляется это следующим образом.

При создании моделей и их исследовании используются как теоретические, так и экспериментальные методы. Характерной чертой метода моделирования является экспериментальное исследование моделей. В этом смысле математическая модель, реализованная в виде цифровой модели на ЦВМ, является объектом экспериментального исследования.

Решение задачи разбивается на ряд этапов и подэтапов – проводится декомпозиция задачи – рациональное разделение интегрированного целого на части.

Выполняется каждый этап с учетом результатов предыдущих и прогноза результатов последующих этапов. На любой стадии выполнения задачи возможен возврат на предыдущие этапы для уточнения, переосмысливания результатов или выполнения его с учетом новых обстоятельств.

Каждый этап может считаться выполненным только после положительного решения всей задачи.

Нами разработана и предлагается общая последовательность (этапы и подэтапы) синтеза систем, в

основном технологических, путем моделирования, полученная на основании анализа ранее выполненных работ и собственного опыта. Такая последовательность следующая:

### 1. Исследование объекта управления

1.1. Составление алгоритма функционирования объекта -- совокупности правил, предписаний или математических зависимостей, описывающих состояние координат объекта при правильном (требуемом) ходе технологического процесса, выполняемого объектом.

Алгоритм функционирования составляется на основании технологических, экономических и других требований без учета динамических искажений.

1.2. Выявление и формулирование допустимых отклонений от алгоритма функционирования, в том числе допустимых динамических искажений.

1.3. Формулировка критерия оптимальности функционирования объекта и ограничений.

1.4. Выявление управляемых величин, управляющих и возмущающих воздействий на объект.

1.5. Построение функциональной схемы объекта.

1.6. Построение (разработка) математической модели объекта и возмущающих воздействий.

### 2. Синтез алгоритма (закона) управления

2.1. Разбиение системы на неварьируемую и варьируемую части. Составление общей функциональной схемы системы.

К неварьируемой части системы обычно относится объект управления. К неварьируемой части также могут быть отнесены некоторые составляющие части управляющего устройства, если их применение обусловлено особенностями объекта управления. Например, это могут быть регулирующие органы, датчики и т.п. Иногда в процессе синтеза необходимо и возможно варьировать некоторые параметры объекта.

2.2. Построение (разработка) недостающих математических моделей неварьируемой части.

2.3. Разработка гипотез об алгоритме (законе) управления (регулирования) и ранжирование их по степени сложности.

2.4. Формулировка критерия оптимальности системы, ограничений и граничных условий.

2.5. Выбор метода параметрической оптимизации.

2.6. Выбор программных средств моделирования и оптимизации.

В случае отсутствия готовых программных средств составляется алгоритм и программа моделирования системы на ЭВМ.

2.7. Синтез управляющего устройства (например, регулятора) путем параметрической оптимизации системы с алгоритмами управления, сформулированными в рабочих гипотезах, и сравнения результатов с требованиями к системе и между собой.

2.8. Выбор технических средств реализации управляющего устройства.

2.9. Уточнение математических моделей варьируемой части системы по результатам выбора технических средств.

2.10. Проверка гипотез с уточненными математическими моделями и окончательный выбор алгоритма управления и варианта реализации управляющего устройства.

Системный подход не предлагает конкретных методов и методик выполнения этапов и подэтапов. На каждом этапе и подэтапе применяются свои методы и частные методики, соответствующие особенностям задачи.

Моделирование на ЭВМ может быть применено на каждом из вышеприведенных этапов и подэтапов.

Анализ является гораздо более простой задачей. При анализе системы разрабатываются математические модели системы и возмущающих воздействий. Проводится моделирование поведения системы во времени. Проводится анализ полученного результата и делаются выводы о качестве управления.

Эффективность применения моделирования для исследования систем сельскохозяйственного назначения обусловлена тем, что многие сельскохозяйственные объекты из-за сложности протекающих в них процессов нецелесообразно или практически невозможно с достаточной точностью исследовать аналитическими или графоаналитическими методами. Типичными являются также случаи, когда на исследуемый объект управления невозможно подать типовое воздействие, поэтому идентификацию объекта приходится проводить при произвольных входных воздействиях. Другим примером является синтез алгоритма управления сложным объектом, включающим различные рассредоточенные нелинейные элементы, работающие в процессе управления во всем диапазоне своих рабочих характеристик.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лурье, А.Б. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления / А.Б. Лурье, И.С. Нагорский, В.Г. Озеров и др.; Под ред. А.Б. Лурье. - Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1979. - 321 с.

2. Нагорский, И.С. Моделирование систем управления сельскохозяйственных машин / И.С. Нагорский, Л.Ф. Ханко, Е.И. Агиболов, Ю.А. Сидоренко, А.А. Успенский // Вопросы сельскохозяйственной механики. - Мн.: ЦНИИМЭСХ, 1981. - 171 с.

3. Применение цифровых вычислительных машин для моделирования сельскохозяйственных агрегатов: Учебное пособие / И.С. Нагорский, Е.И. Агиболов, Н.И. Бохан // Белорусская сельскохозяйственная академия. - Горки, 1990. - 68 с.

4. Сидоренко, Ю.А. Повышение производительности самоходного кормоуборочного комбайна КСК-100 путем автоматизации управления нагрузкой его двигателя: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.83 / Ю.А. Сидоренко. - Минск, 1983. - 146 л.