

## **СЕКЦИЯ «АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА»**

### **Подсекция «Управление и информатика»**

УДК 004.946: 681.51

Б.А.Крассий (асп., каф. АиВТ), Л.В.Бабко, к.т.н., проф.

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ САУ**

Функциональная модель объекта управления является необходимой исходной информацией для синтеза системы автоматического управления (САУ). Такая модель определяет отображение входа на выход, которое может задаваться, в частности, аналитически, например в пространстве состояний, или численно. Выделяют две группы методов синтеза САУ. Первая группа методов основывается на использовании аналитической модели объекта. В этом случае численные отображения необходимо выразить в явном виде аналитически или, например, с использованием аппарата мягких вычислений. Методы второй группы основаны на модели объекта в неявном виде с использованием численных отображений.

Несмотря на то, что модель, в основе которой лежат аналитические отображения, позволяет делать глубокие выводы об объекте, процесс получения аналитических отображений требует высокой квалификации инженера, знания и навыков математического выражения физических процессов функционирования объекта. Получение же численных отображений может быть невозможно в связи с отсутствием физической реализации объекта (ФРО) или по экономическим причинам.

Задача исследования состоит в создании методики, позволяющей преодолеть трудности методов разработки САУ на основе аналитических и численных отображений.

Класс рассматриваемых объектов управления включает в себя системы с несущественными (линеаризуемыми) нелинейностями и нестационарные системы с медленно меняющимися параметрами.

Основой предлагаемой методики является применение систем виртуального моделирования (СВМ) для замены ФРО его динамической виртуальной моделью (ВМ).

ВМ – это программная реализация структурно-функциональной модели системы. ВМ принято выделять в отдельный класс, прежде всего, из-за их высокой степени соответствия моделируемым системам. ВМ представляет собой синергетическую модель, которая может описывать геометрию, кинематику, динамику системы, процесс изготовления и эксплуатации, то есть одновременно охватывать почти весь спектр релевантных аспектов, связанных с системой. Примерами СВМ могут служить системы автоматизированного проектирования (САПР) IGRIP/ENVISION или ADAMS, предназначенные для проектирования механических и робототехнических систем.

Исходными данными для построения ВМ является техническая документация на систему: чертежи, спецификации и т.п. Также могут быть включены, в зависимости от наличия, экспертные знания, аналитические соотношения и результаты анализа ФРО. В СВМ построение ВМ повторяет процесс сборки системы по чертежам. СВМ автоматически составляет уравнения, описывающие систему, в неявном виде. Результатом имитационного моделирования ВМ являются численные отображения, которые в дальнейшем используются

для синтеза САУ известными методами одной из двух выше указанных групп, например, с помощью MATLAB. Пост-анализ САУ также осуществляется в СВМ на основе ВМ объекта.

В зависимости от типа СВМ можно моделировать объекты различной природы (в данной работе – механические системы). Для предлагаемой методики свойственны все особенности методов, основанных на численных данных: необходимо априорное задание структуры модели и масштаба моделируемого явления; предъявляются требования к качеству численных данных. Адекватность ВМ оценивается макетированием, с использованием экспертных знаний или сравнением с существующей ФРО.

Предлагаемая методика с точки зрения инженера-разработчика САУ обладает принципиальной новизной. Во-первых, для разработки САУ не требуется иметь аналитическую модель объекта или численные данные, полученные с ФРО. Во-вторых, методику отличает целостность представления системы, т.е. представление не набором уравнений, а феноменологически. В этом состоит отличие, например, от подхода, основанного на языке MODELICA в сочетании с пакетами символьных вычислений. В-третьих, обеспечивается возможность полной интеграции всех этапов разработки САУ на базе нескольких САПР, разделяющих общую ВМ. Нужно отметить, что сегодня такая методика не реализуется в рамках какой-либо одной САПР. Существующие подходы, например с применением САПР ADAMS и SIMULINK, не обеспечивают полной интеграции. В-четвертых, высокая степень соответствия ВМ системе, визуализация, аккумуляция специфических для конкретной предметной области алгоритмов и знаний, автоматизация рутинной работы по составлению и решению уравнений, возможность использования результатов анализа ФРО в рамках предлагаемой методики ведут к существенному упрощению и сокращению времени разработки САУ. Это показано на тестовой системе подавления остаточных колебаний двухзвенного маятника.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории промышленных информационных технологий Хельсинского технологического университета и, в особенности, проф. Туоминену (J. Tuominen) за внимание и помощь в работе.