

**ПОИСК АДЕКВАТНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ЦЕЛИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ СТРУКТУРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ:
СТРУКТУРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ****К.С. Гинсберг (Москва)****Введение**

В обзоре [1] рассмотрены основные проблемы имитационного моделирования. Отмечено, что одна «из центральных проблем современной теории моделирования сложных организационно-технических систем (СОТС) в целом и ИМ указанных систем, в частности, заключается в обеспечении требуемой степени адекватности (в широком смысле), точности, достоверности, корректности и полезности (в узком смысле) рассматриваемого класса моделей по отношению к моделируемым объектам-оригиналам...» ([1], с. 55).

Результаты базисных исследований указанной центральной проблемы приведены в работах [2-5], в которых изложены общие понятийные и методологические основы ее решения.

Данную проблему также можно интерпретировать как проблему построения адекватной имитационной модели сложной организационно-технической системы, необходимой для успешного достижения конечной цели имитационного моделирования. Здесь адекватной имитационной моделью технической системы для цели решения конкретной прикладной задачи (цели имитационного моделирования) называется имитационная модель, имеющая такой уровень соответствия свойствам моделируемой технической системы, при котором субъект имитационного моделирования может на основе этой модели получить решение прикладной задачи, удовлетворяющее ее требованиям с приемлемой для Заказчика задачи точностью.

В рамках изложенной интерпретации теоретическое решение центральной проблемы сводится к разработке методов и средств поиска адекватной имитационной модели, а содержание работ [2-5] может быть истолковано как изложение общих понятийных и методологических основ поиска. В частности, блок-схема «Обобщенная технология оценивания и управления качеством моделей объектов первого класса», изображенная в работе ([2], с. 12) на рис. 4 и в работе ([3], с. 26) на рис. 5, может быть интерпретирована как блок-схема поиска адекватной имитационной модели.

Целью настоящей работы является конкретизация определенных аспектов содержания работ [2-5], изложенных с недостаточной для практического применения детальностью. В основном это касается идеи наличия в обобщенной технологии оценивания и управления качеством моделей двух процессов: процесса управления структурами моделей и процесса изменения концепции описания моделей (см. рис. 4 в работе [2] и рис. 5 в работе [3]). Если эти два процесса осуществляются на основе измерений входных и выходных сигналов моделируемой технической системы, то, согласно традиционным научным представлениям в области теории управления, они представляют собой ключевые процессы структурной идентификации технического объекта [6].

Конкретизация содержания работ [2-5] осуществляется, в первую очередь, за счет рассмотрения только предпроектных стадий создания технической системы, работающей в автоматическом режиме (система первого класса по терминологии авторов [2, 3]). Указанная техническая система представляет собой систему управления (СУ), состоящую из реально существующего технического объекта и управляющей системы. Управляющая система на проектных стадиях конструируется таким образом,

чтобы спроектированная система управления удовлетворяла требованиям технического задания на ее создание.

Конечной целью имитационного моделирования на предпроектных стадиях является разработка управляющей системы, с помощью которой можно создать систему управления техническим объектом, удовлетворяющую требованиям Заказчика на ее создание. В процессе достижения указанной цели имитационное моделирование неоднократно используется при поиске ответа на вопрос, можно ли на основе имеющегося знания о техническом объекте разработать систему управления, удовлетворяющую требованиям Заказчика на ее создание? Результаты проведенных имитационных моделирований используются коллективом разработчиков для разработки технического задания на создание системы управления техническим объектом.

Более детальное описание применения имитационного моделирования на предпроектных стадиях приведено в работах [7-8].

Относительно технического объекта предполагается следующее. Считается, что этим объектом является новый технологический процесс, не имеющий аналога в промышленности. Считается также, что коллектив разработчиков начинает имитационное моделирование в условиях полного отсутствия достоверного априорного знания о структуре адекватной математической модели технического объекта для цели проектирования системы управления, т.е. в условиях структурной неопределенности. Полагается, что переход от структурной неопределенности к параметрической неопределенности в знании адекватной математической модели в силу существенной ограниченности сроков создания системы управления возможен только в результате проведения структурной идентификации технического объекта.

В докладе приведены ключевые понятия структурной идентификации технического объекта для цели проектирования системы управления, обсуждаются проблемы разработки показателей адекватности и многокритериальной оценки качества параметрического семейства математических моделей технического объекта.

Ключевые понятия структурной идентификации технического объекта

Понятие об условиях возникновения структурной идентификации. Во-первых, считается, что структурная идентификация для цели проектирования системы управления (СУ) реализуется на предпроектных стадиях создания СУ до начала стадии разработки и утверждения технического задания на ее создание. Во-вторых, полагается, что решение о начале структурной идентификации принимается только в том случае, если у коллектива разработчиков:

- отсутствует достоверное априорное знание о структуре адекватной математической модели технического объекта для цели проектирования системы управления;
- имеется только набор рабочих гипотез о принадлежности адекватной математической модели конкретным семействам математических моделей, параметризованных векторными параметрами с заданным множеством допустимых значений в евклидовом пространстве (кратко, конкретным модельным структурам по терминологии работы [6]).

В-третьих, считается, что конкретные семейства математических моделей (модельные структуры) выбраны таким образом, что эмпирические оценки векторных параметров, параметризующих эти семейства, можно получить с помощью традиционных математических методов параметрической идентификации.

Адекватной математической моделью для цели проектирования системы управления называется математическая модель, на основе которой коллектив разработчиков может осуществить такой синтез управляющей системы, что по результатам этого синтеза можно спроектировать систему управления, удовлетворяющую требованиям Заказчика на ее создание.

Понятие о составе структурной идентификации. Структурной идентификацией технического объекта для цели проектирования системы управления назовем итерационный процесс, каждая итерация которого включает три этапа:

- формирование набора рабочих гипотез об адекватной математической модели технического объекта для цели проектирования САУ; каждая рабочая гипотеза представляет собой предположение о принадлежности адекватной математической модели конкретной модельной структуре;
- определение «наилучшей» рабочей гипотезы на основе имеющегося набора экспериментальных наблюдений входных и выходных сигналов технического объекта;
- предварительный инженерный анализ «наилучшей» рабочей гипотезы с точки зрения проектирования системы управления, удовлетворяющей требованиям Заказчика на ее создание.

Интуитивно ясно, что «наилучшая» рабочая гипотеза только тогда может быть названа «наилучшей», если она обеспечивает наилучшее (для заданного набора рабочих гипотез) значение выбранного коллективом разработчиков показателя качества рабочих гипотез (параметрических семейств математических моделей).

Понятие о поиске адекватной математической модели. Считается, что поиск адекватной математической модели для цели проектирования системы управления организуется в виде итерационного процесса как процесс реализации требований гипотетико-дедуктивного метода познания. В наиболее полном составе итерация поиска включает: стадию идентификации технического объекта для цели проектирования СУ; стадию синтеза управляющей системы проектируемой СУ; стадию оценивания полезности синтезированной управляющей системы для проектирования САУ, удовлетворяющей требованиям Заказчика на ее создание. Стадия идентификации в наиболее полном составе состоит из этапа структурной идентификации и организованного после его завершения этапа параметрической (или непараметрической) идентификации.

Понятие о системном характере идентификации. Идентификация для цели проектирования системы управления является одним из процессов, которые коллектив разработчиков организует в рамках инженерной практики создания СУ, удовлетворяющей требованиям технического задания. Все процессы этой инженерной практики образуют систему, для которой конечная цель этой практики выступает в качестве системообразующего фактора. В рамках этой системы идентификация взаимодействует с другими компонентами системы и может приобретать удивительные свойства.

Поэтому ее исследование, в первую очередь, следует вести с позиций системного подхода.

Понятие об идентификации технического объекта. Идентификацией технического объекта для цели создания системы управления называется итерационный процесс, на каждой итерации которого осуществляется построение математической модели технического объекта для цели проектирования СУ, основанное на обработке экспериментальных наблюдений входных и выходных

сигналов технического объекта. Идеальной целью итерационного процесса является построение адекватной математической модели технического объекта для цели проектирования СУ.

Понятие о структурной идентификации технического объекта. Структурной идентификацией технического объекта для цели проектирования САУ называется итерационный процесс, на каждой итерации которого осуществляется нахождение модельной структуры технического объекта для цели проектирования САУ на основе имеющегося набора экспериментальных наблюдений входных и выходных сигналов технического объекта. Идеальной целью итерационного процесса является нахождение адекватной модельной структуры технического объекта для цели проектирования СУ.

Адекватной модельной структурой технического объекта для цели проектирования системы управления называется модельная структура, на основе которой в процессе параметрической идентификации можно определить адекватную математическую модель технического объекта для цели проектирования системы управления.

Понятие о системном окружении структурной идентификации. Системное окружение структурной идентификации, необходимое для ее практической реализации, имеет три подсистемы:

- подсистему, в которой реализуются этапы параметрической (или непараметрической) идентификации;
- подсистему, в которой реализуются стадии синтеза пробного варианта управляющей системы проектируемой системы управления на основе построенной пробной математической модели технического объекта для цели проектирования СУ;
- подсистему, в которой реализуются стадии оценивания полезности синтезированного пробного варианта управляющей системы.

Системное окружение структурной идентификации главным образом используется для теоретической и опытной проверки возможности спроектировать СУ на основе «наилучшей» рабочей гипотезы, выбранной в процессе структурной идентификации. Результаты этой проверки (испытания «наилучшей» рабочей гипотезы) поступают на вход системы, в которой организуется структурная идентификация в том случае, когда тестируемая гипотеза отвергается. В этом случае коллектив разработчиков начинает новую итерацию структурной идентификации, в ходе которой выдвигается новая рабочая гипотеза. Процесс выдвижения новой рабочей гипотезы и ее испытание продолжают до тех пор, пока не будет найдена адекватная математическая модель технического объекта для цели проектирования СУ или ее приемлемое приближение.

Из вышеизложенного следует, что структурная идентификация в рамках поиска адекватной математической модели технического объекта для цели проектирования СУ выступает в качестве генератора рабочих гипотез, а в ее системном окружении реализуется процедура испытаний этих гипотез.

Выводы

В настоящее время проблемы научного направления «квалиметрия моделей и полимодельных комплексов», несомненно, должны являться центральными и наиболее значимыми проблемами теоретических основ имитационного моделирования. Указанная точка зрения имеет веские основания. Умение оценивать и управлять качеством моделей – необходимое условие реализации практически любого

имитационного моделирования. Однако в настоящее время уже недостаточно наличие у коллектива разработчиков указанного умения. Желательно с точки зрения потребностей практики и теории, чтобы данное оценивание и управление осуществлялось рационально и в определенном смысле наилучшим образом.

Проблемы рационального и «наилучшего» оценивания и управления качеством моделей в настоящее время слабо изучены на теоретическом уровне научного исследования. В частности из-за того, что детальное и системное исследование этих проблем, по-видимому, возможно только на основе изучения разнообразных моделей поиска адекватной имитационной модели, т.е. создание модели поиска, по сути дела, предваряет научное исследование проблем оценивания и управления. Данная идея неявно лежит в основе содержания настоящего доклада.

К сожалению, объективные ограничения на объем настоящей публикации не позволяют автору изложить все научные результаты, которые будут представлены в докладе на конференции. В частности, в содержании публикации отсутствует обсуждение проблем разработки показателей адекватности и многокритериальной оценки качества параметрического семейства математических моделей технического объекта.

Несмотря на полученные результаты, автор считает, что фундаментальные исследования проблемы организации структурной идентификации в составе имитационного моделирования в настоящее время находятся на этапе осознания проблемы и ее первоначальной постановки.

В чем трудность решения проблемы организации структурной идентификации в составе имитационного моделирования? Причина видится в ее междисциплинарном характере. Последнее означает, что для ее научного решения необходимо объединение подходов, методов и содержательных представлений, по крайней мере, трех ведущих научных направлений современной науки.

К первому направлению относятся такие дисциплины как качествоведение и ее основной раздел квалиметрия, квалиметрия моделей и полимодельных комплексов, имитационное моделирование. Ко второму – когнитивная наука, системный анализ. К третьему направлению – идентификация систем, математическое моделирование, теория автоматического управления, теория активных систем. автоматизированное проектирование, планирование промышленных экспериментов.

Среди указанных дисциплин ведущей по проблеме организации структурной идентификации в составе имитационного моделирования является квалиметрия моделей и полимодельных комплексов.

Литература

1. Плотников А.М., Рыжиков Ю.И., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Анализ современного состояния и тенденции развития имитационного моделирования в Российской Федерации (по материалам конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД)) // Труды СПИИРАН, Выпуск № 2 (25), ISSN 2078-9181 (печ) / Санкт-Петербург, 2013. С. 42-112.
2. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Концептуальные основы оценивания и анализа качества моделей и полимодельных комплексов // Теория систем и управления. 2004. № 6. С. 5-16.

3. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Концептуальные и методологические основы квалиметрии моделей и полимодельных комплексов // Труды СПИИРАН. Выпуск 2. Том 1. – СПб. СПИИРАН, 2004. С. 10-35.
4. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Концептуальные основы квалиметрии моделей и полимодельных комплексов // Имитационное моделирование. Теория и практика. Сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2005. Том 1. – СПб.: ФГУП «ЦНИИТЭС», 2005. С. 65-70.
5. Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Применение алгебраического подхода в квалиметрии моделей и полимодельных комплексов // Имитационное моделирование. Теория и практика. Сборник докладов VI Всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2013. Том 1. – Казань: Изд-во «Фэн», 2013. С. 68-79.
6. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. / Под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1991. – 432 с.
7. Скурихин В.И., Дубровский В.В., Шифрин В.В. АСУ ТП. Предпроектная разработка алгоритмов управления. Киев: Наук. Думка, 1980. – 296 с.
8. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.