

**МЕТОД КОМБИНИРОВАННОГО КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ****Н.П. Кириллов (Санкт-Петербург)****Введение в проблему**

Концептуальная модель (КМ) – это мыслимый образ моделируемого объекта (процесса), содержащий требуемую потребителям¹ информацию, представленную в виде, который позволяет им одинаково и правильно ее воспринимать. Концептуальное моделирование является основным методологическим принципом проектирования конструкции технических систем (ТС) [1], а также программного обеспечения автоматизированных систем и систем автоматического управления состояниями ТС [2].

Анализ публикаций в области концептуального моделирования сложных систем и процессов показывает, что в этой области применяются в основном три методологических подхода: объектно-ориентированное моделирование (ООМ) [2, 3], структурно-функциональный анализ (СФА) [4, 5] и менее известный метод совместного объектно-функционального моделирования, названный его автором методом «гамбургера» [6].

Метод ООМ позволяет осуществлять систематизацию, структуризацию и формализованное описание моделей частей, выделяемых в ТС. Он применяется для построения объектных КМ как проектируемых, так и существующих ТС. Метод СФА ориентирован на решение аналогичных по смыслу задач, но только уже применительно к сложным функциям и составляющим их компонентам, реализуемых системами и их частями. Этот метод применяется для построения функциональных КМ существующих систем. Метод «гамбургера» ориентирован на формирование КМ, используемых только для проектирования систем. Он заключается в построении иерархической КМ, каждый элемент которой состоит из модуля – «гамбургера», в котором совместно учитываются функция и средство (объект) ее реализации. Однако применение моделей «гамбургера» для целей концептуального анализа процессов управления состояниями и управляемого функционирования ТС оказалось затруднительным, так как для этого требуется раздельное представление и рассмотрение свойств функциональных и объектных КМ.

Результаты анализа методологий и методов ООМ, СФА и совместного объектно-функционального моделирования применительно к задачам концептуального моделирования ТС позволяют сделать следующие выводы.

1. Перечисленные методы концептуального моделирования систем и процессов являются универсальными, так как не привязаны к конкретным предметным областям. Применительно к построению КМ ТС их возможности иллюстрируются в тематической литературе только на отдельных частных примерах, в которых существенную роль играют индивидуальные особенности и свойства выбранных для этого конкретных систем, что затрудняет или не позволяет осуществить перенос решений, показанных в таких примерах, для формирования КМ других систем. При этом вопросы адаптации этих методов для формирования КМ объектов класса (таксона)² ТС не рассматриваются.

2. Потребности в построении КМ ТС актуализируют необходимость в специализации указанных методов и/или разработки результативного метода концептуального моделирования ТС. Потенциальная возможность создания такого метода основана на наличии

¹ Под потребителями здесь и далее понимаются участники разработки КМ, а также ее пользователи.

² Таксон, в отличие от класса, включает не только существующие, но и все мыслимые объекты с общими свойствами.

смысловых взаимосвязей между объектными и функциональными моделями, которые могут быть использованы для комплексирования рассмотренных методов и их комбинированного применения в формировании КМ ТС.

Понятие «Функциональный объект»

ТС и все элементы их конструкции всегда имеют вполне определенное функциональное назначение. Поэтому в концептуальном моделировании разделение конструкции ТС на части всегда осуществляется так, чтобы этим частям сопоставлялись функции, которые они выполняют в системе. Членения, не удовлетворяющие этому положению, не имеют смысла в концептуальном моделировании ТС. Это одна из общих особенностей концептуального моделирования проектируемых и существующих ТС, которая позволяет называть ТС функциональным объектом, а его части – функциональными частями системы.

Функциональный объект (ФО) – это абстрактный образ материального объекта, которому взаимно однозначно сопоставлена некоторая функция.

Модель ФО – это модель черного ящика, выполняющего приписанную ему ролевую сущность, а именно: заданным образом осуществлять качественные и/или количественные преобразования энергии, вещества и/или информации на его входах в энергию, вещество и/или информацию на его выходах. [1] Границы модели ФО определяются выбором и описанием его входов, которым сопоставляются аргументы соответствующей ему функции, и выходов, которым сопоставляются ее значения.

Функциональная часть (ФЧ)ТС – это составная часть ФО, которой взаимно однозначно сопоставлена одна из компонент выполняемой им функции.

Использование понятий «ФО» и «ФЧ» позволяет рассматривать объектные модели частей ТС как черные ящики, описание границ которых детализировано на требуемом уровне анализа выполняемых ими функций (функционального назначения), абстрагируясь при этом от специфики и разнообразия вариантов их индивидуальной конструкции. С другой стороны, каждой ФЧ в объектной КМ ТС может быть сопоставлено множество различных способов и вариантов ее материальной реализации, что используется в проектировании систем.

Комплексирование методов концептуального моделирования ТС

Из определения понятия «функциональный объект» следует однозначная определенность смыслового содержания понятия «смысловая связь», существующая между ФО и приписанной ему функцией. Оно интерпретируется как отношение изоморфизма между объектными и функциональными моделями. Это обстоятельство позволяет обосновать метод концептуального моделирования ТС, основанный на комплексировании методов ООМ, СФА и «гамбургера» и использовании возможностей их комбинированного применения.

Суть предлагаемого метода иллюстрирует рис. 1. В нем использованы следующие обозначения:

O и F – исходные модели ФО (черного ящика) и выполняемой им функции;

M_F и M_O – детализированные представления моделей F и O ;

F_1, F_i, K_F – компоненты членения функциональной модели M_F , где K_F – модель связей между F_1 и F_i ;

O_1, O_i, K_O – части членения объектной модели M_O , где K_O – модель связей между O_1 и O_i ;

m – модель конструкции одного из потенциально возможных или существующих средств материальной реализации объекта O_1 ;

n – потенциально возможный или существующий вариант задания и правил выполнения функции F_i ;

A – множество моделей существующих и/или возможных альтернативных средств материальной реализации функционального объекта O_1 ;

B – множество альтернативных правил представления и выполнения функции F_i ;

двунаправленные стрелки – отношения изоморфизма между объектными и функциональными моделями; однонаправленные стрелки – отношения эпиморфизма между соединяемыми стрелкой сущностями.

Предлагаемый метод заключается в использовании в концептуальном моделировании ТС возможностей попеременного применения методов ООМ и СФА фактически в любой последовательности, в зависимости от наличия и типа исходной информации о моделируемых сущностях, а также от удобства ее представления в виде объектных, функциональных моделей и/или модели «гамбургера». Возможные переходы в последовательностях применения и возможности комбинированного использования методов ООМ и СФА определяются отношениями, показанными на рис. 1.

Если изначально имеется исходная информация о компонентном составе функций, выполняемых ТС, то существует два начальных варианта в построении функциональных и объектных КМ:

– воспользоваться технологией СФА (IDEF0) с целью детализации состава и структуры компонентов функциональной КМ и представления ее в виде структурно-функциональной модели;

– использовать свойства изоморфизма функциональных и объектных моделей для выявления состава функциональных частей и структуры объектной КМ с ее последующей детализацией методами ООМ.

Если имеется априорная информация о составе частей ТС, то сначала формируется и детализируется объектная КМ, а затем, с использованием свойств изоморфизма объектных и функциональных моделей, методами СФА формируется структурно-функциональная модель функции системы.

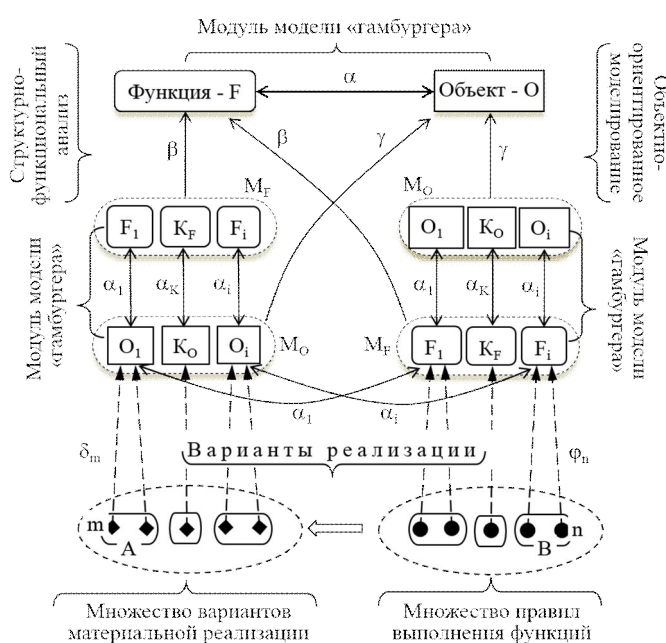


Рис. 1. Иллюстрация принципов комбинированного объектно-функционального метода концептуального моделирования

Предложенный метод не исключает возможностей отдельного использования методов СФА и ООМ. Наоборот, на каких-то этапах концептуального моделирования может оказаться целесообразным последовательная детализация состава и свойств исходной модели ТС только одним из этих методов. В результате будет сформировано многоуровневое дерево функциональных или объектных КМ с различной степенью детализации выделяемых в них компонентов и частей (рис. 2).

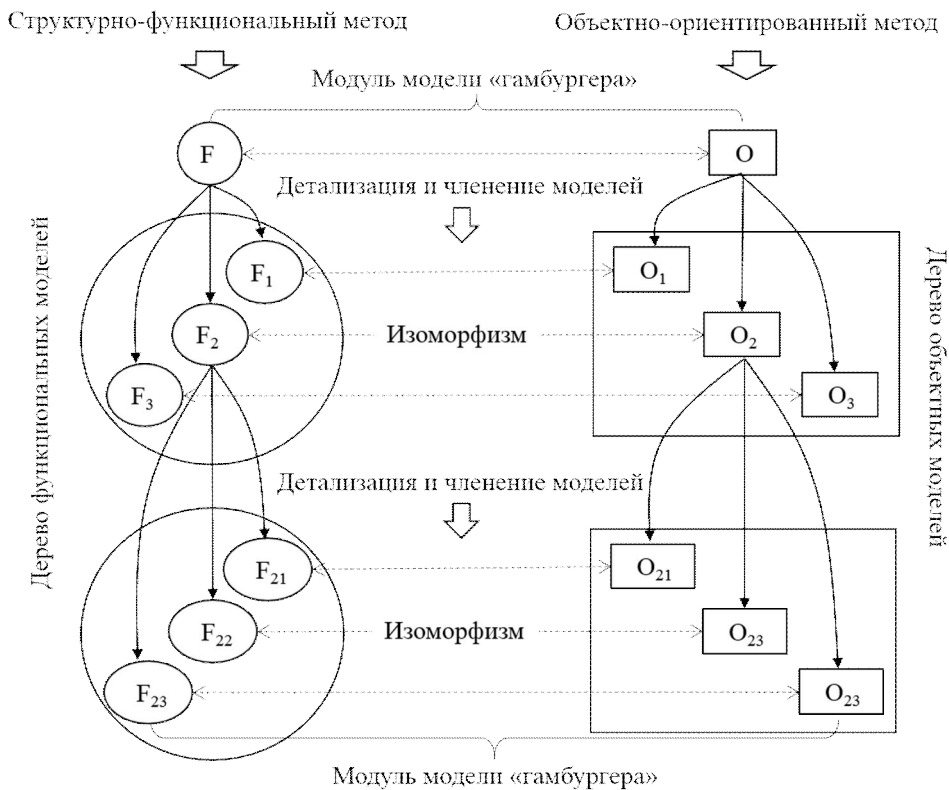


Рис. 2. Сопоставление деревьев функциональных и объектных моделей в комбинированном концептуальном моделировании ТС

Возможности установления отношения изоморфизма между функциональными частями ТС и выполняемыми ими функциями – элементами полученных указанным выше способом многоуровневых объектных и функциональных моделей, предоставляют свободу в выборе метода концептуального моделирования в зависимости от типа имеющейся исходной информации и/или удобства ее представления в заданном виде применительно к каждой ФЧ, выделяемой в исходной объектной модели ТС. При этом представление КМ ТС в виде деревьев моделей позволяет использовать потенциальные возможности решения задач рационального распределения заданий и планирования работ между различными исполнителями и коллективами разработчиков моделей частей и компонентов функций ТС.

Комбинированное и совместное использование методов СФА, ООМ и «гамбургера» в предложенном методе позволяет получить *полезный синергетический эффект*, который заключается в задействовании потенциальных возможностей в упрощении решения задач целенаправленного поиска, получения, систематизации и структуризации *взаимодополняющей* информации о компонентах функции и/или о функциональных частях ТС на каждом шаге построения, детализации и членения модельных представлений системы.

Заключение

Предложенный метод комбинированного моделирования является универсальным, так как ориентирован на концептуальное моделирование как проектируемых, так и существующих ТС, и предполагает широкие возможности комплексного (попеременного или совместного) использования известных до этого методов, что позволяет существенно упростить построение КМ. Основанием его практической реализуемости является проверяемое практикой утверждение о том, что членение объектных моделей ТС и составляющих

ее частей осуществляется не произвольным, а вполне определенным образом, а именно только на функциональные части, которым взаимно однозначно сопоставляются функции, выполняемые в системе. Аналогичное свойство присуще также всем функциональным системам различной материальной природы [8]. Следовательно, предложенный метод может использоваться в концептуальном моделировании функциональных систем независимо от их устройства и назначения, что существенно расширяет сферу его потенциально возможных применений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты 11-08-00641-а и 11-08-01016-а.

Литература

1. Eder W. E., Hosnedl St. Design Engineering. A Manual for Enhanced Creativity. CRC Press. London. – NewYork. – 2008. – 588 p.
2. Эдванс Э. Предметно-ориентированное проектирование (DDD): структуризация сложных программных систем: пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 448 с.
3. Философский словарь / Под ред. И. Т. Фролова. 4-е изд. М.: Политиздат, 1981. – 445 с.
4. Гради Буч, Роберт А. Максимчук, Майкл У. Энгл, Бобби Дж. Янг, Джим Коаллен, Келли А. Хьюстон. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. – М.: Вильямс. – 720 с.
5. Дэвид А. Марка, КлементМакГоуэн. Методология структурного анализа и проектирования. – М.: Метатехнология, 1993. – 240 с.
6. Р 50.1.028-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – М.: Госстандарт России.
7. WimGielingh. A theory for the modelling of complex and dynamic systems / <http://15926.info/functional-physical-object/GARM-paper.pdf> (Электронный ресурс).
8. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. Принципы системной организации функций. – М.: «Наука», 1973. – С. 5–61.