



О МОДЕЛЬНОЙ ПАРАДИГМЕ В АЕС

В статье "Модель-ориентированный подход на примере BIM строительных конструкций", опубликованной в журнале CADmaster №6 за 2012 год, мы обсудили информационное моделирование конструкций и так называемую инженерию на основе модели (model-based engineering). В этом году мы на конгрессе COFES-СПб также провели круглый стол, посвященный модель-ориентированной инженерии, который свелся к традиционным в профессиональной среде "большим вопросам современности": трудностям горизонтального связывания данных из разных дисциплин, непростому обмену данными и поддержанию их актуальности и целостности на протяжении жизненного цикла проекта. Эти обсуждения выявили несколько проблем. Во-первых, для строительной отрасли модель-ориентированная инженерия является совсем новым и неопределенным понятием. И хотя АЕС и относится к отраслям с богатой историей инженерного применения моделей, общего понимания концепции моделей в инженерии здесь пока немного. Во-вторых, существует явный спрос на своего рода "идеологическое обоснование", на общие принципы новой автоматизации АЕС. Одно из таких обоснований — это, конечно, информационное моделирование зданий (BIM). Проблема заключается в том, что BIM — все-таки в первую очередь технология, и стоящий за ней набор принципов вторичен по отношению к ней и не может удовлетворить, например, тех, кто не работает в BIM.

С другой стороны, упомянутые выше насущные проблемы отрасли, такие как управление данными и связывание моделей, являются прямой зоной ответственности модель-ориентированной инженерии, основные принципы которой заключаются в следующем:

- суть инженерного дела — создание моделей и получение из них корректных результатов;
- моделирование должно быть явным и осознанным, то есть создание модели должно включать описание ввода, аппарата модели и вывода из нее;
- идеальной инженерией является объединение численных и описа-

тельных моделей в связную систему; инженер ответственен за обоснованное принятие решений о том, какие модели должны быть формализованы в программном виде, а какие остаются умозрительными.

Иными словами, модель-ориентированный подход является концепцией, в рамках которой можно как минимум формулировать вопросы взаимодействия моделей более корректно и давать более универсальные ответы на них, в отличие от обычного в настоящее время формирования проблематики управления данными и автоматизации АЕС в рамках одной технологии — информационного моделирования зданий. Возможно, не будет преувеличением сказать, что на основании существующей в АЕС практики BIM и (развивающейся пока что в других отраслях) теории модель-ориентированного подхода можно создать для инженерии строительной отрасли новую *парадигму*, то есть совокупность общих идей, обновляющих принципы автоматизации и управления информацией в переживающей серьезные изменения индустрии.

Чтобы не слишком усложнять это и без того простое дело, попробуем в рамках этой статьи ответить на два вопроса. Один из них теоретический: "Что такое модель?", второй практический: "Как понимают модели в инженерном деле вообще и в BIM в частности?".

Что же такое модель?

Теории моделей посвящены целые книги, подробно исследующие философию этого понятия (например, "Введение в теорию моделей", автор Н. Stachowiak), но мы углубляться в предмет не будем, а ограничимся прикладными сведениями. Самое простое определение: "модель — это описание оригинала". Однако оно не учитывает важнейшего — *цели* построения модели. Поэтому выделяют такие три свойства моделей:

- свойство отражения: модель базируется на оригинальной системе (объекте, феномене и т.д.), и элементы модели описывают элементы оригинала;
- свойство редукции: модель отражает только те свойства оригинала, которые нас интересуют;

- свойство прагматичности: модель строится под конкретную задачу, и не бывает моделей, построенных только с целью описать оригинал.

Как работает любая модель? Очень просто: она переносит операции, которые необходимо выполнить над объектом, из пространства оригинала в пространство модели (рис. 1).

Таким образом, если сумма усилий по моделированию модели, оперированию ею и интерпретации результата экономит нам силы по сравнению с "прямым" путем, то моделирование имеет смысл. Такой механизм описывает любые модели, которые встречаются в инженерной практике. На самом деле, любое проектирование (и оценка состояния существующего объекта) соответствует этой схеме процесса моделирования, так как абстрагирует процесс возведения здания, а анализ расчетной модели избавляет нас от необходимости производить дорогостоящие серии испытаний на зданиях-оригиналах. Самое интересное, что и процессы пользовательской автоматизации также укладываются в приведенную схему моделирования: в таком случае "оригиналом" могут выступать действия пользователя, а моделью — программное обеспечение, позволяющее их автоматизировать. Во всех этих случаях "модельная экономия", то есть выгода от замены оригинала моделью, приводит к повышению производительности. Проведенный анализ позволяет утверждать, что и информационное моделирование зданий (BIM) тоже соответствует этой схеме.

Пойдем дальше в определениях и посмотрим, что делает модели мощным средством выражения инженерного замысла и позволяет эффективно формализовать знания, автоматизировать их применение, и главное — обеспечить взаимодействие между моделями разных авторов и субъектов проектного процесса.

Из определения модели как описания оригинала следует, что *любая модель является по своей природе лингвистической*, то есть для построения модели обязательно используется некий язык. Язык — это единственная возможность описать модель, а также гарантия того, что построенная модель может быть прочитана



Рис. 1. Механизм моделирования заключается в выведении сложной или невыполнимой операции над оригиналом в пространство модели



Рис. 2. Система "Оригинал-модель-язык"

и понята не только ее непосредственным автором, но и другими участниками рабочего процесса (включая программы). Например, формат файла, графическое представление, объектная модель или база данных могут задавать язык, при помощи которого формируется модель. Есть две близкие к инженерному делу отрасли, в которых широко используется модель-ориентированный подход: это информатика (в особенности — теория баз данных, к которой мы еще обратимся) и системная инженерия (междисциплинарная наука, которая занимается проблемами построения сложных систем и, конечно, их моделей). В информатике определены несколько очень важных понятий модельной парадигмы. Одно из них — это метамодель (рис. 2), то есть "модель модели"; метамодели отвечают за построение языков, которыми можно выразить модель (таких слоев абстракции может быть много; нам пока достаточно просто понимать возможность того, что модель сама в свою очередь может являться оригиналом для модели более высокого уровня).

Другое интересующее нас понятие, которое мы рассмотрим ниже — это информационная иерархия моделей, поскольку от нее происходит сам термин "информационное моделирование зданий". (Естественно, что в отрасли, автоматизируемой средствами САПР, понятие о моделях вообще часто заимствовалось из информатики.)

Тут нужно пояснить, что мы неизбежно рассматриваем модельную инициативу с оглядкой на технологию BIM, поскольку это сейчас наиболее продвинутая реализация модельной парадигмы в строительной отрасли. Посмотрим далее, как технология BIM повлияла на понятие модели в АЕС, почему одного BIM недостаточно для формирования полноцен-

ного подхода к автоматизации и управлению информацией и каким образом появление модельной парадигмы в АЕС поможет прогрессу в нашей отрасли.

Иерархия цифровых моделей в BIM

В ответ на вопрос "Как появился BIM?" обычно цитируют несколько ставших классическими источников, например, работу Ч. Истмана 1974 года, в которой этот термин, впрочем, еще не использовался. Нас же интересует другое: откуда в индустрию попало понятие "информационная модель"?

Ответ можно найти, посмотрев другой (не менее классический) источник: меморандум Autodesk от 2003 года, который так и называется: "Информационное моделирование зданий" (http://images.autodesk.com/apac_sapac_main/files/4525081_BIM_WP_Rev5.pdf). Считается, что этот термин выиграл конкуренцию по популярности у нескольких других названий, например, у "виртуального здания" (см. статью Дж. Лайзерина: <http://www.laiserin.com/features/issue15/feature01.php>), то есть появился в некотором смысле популистским образом. Из-за этого при разговоре о моделях в BIM часто забывают о том, что термин "информационная модель" не был придуман на пустом месте, а пришел в отрасль из информационной науки и широко используется в теории баз данных. Точнее, применяются два термина: "информационная модель" (Information model) и "модель данных" (Data model).

Эти две разновидности моделей работают на разных уровнях вышеупомянутой информационной иерархии, состоящей из трех уровней организации: "данные" — "информация" — "знания". Мы часто употребляем слова "данные" и "информация" как синонимы, но они таковыми не являются. В информационной



Рис. 3. "В году двухтысячном": история автоматизации в АЕС начиналась с не меньших надежд, чем сейчас возлагают на информационные модели

иерархии данные — это низшая ступень организации информации, в которой отсутствует контекст и связи, а "знания" — это информация (т.е. данные с контекстом, связями и семантикой), обогащенная формализованными экспертными сведениями, то есть довольно редкий гость в краях САПР. Модели данных широко используются, например, в индустриализированной разработке коммерческого программного обеспечения.

М.Р. Коголовский (см. ссылки на литературу) пишет об абстракции "модель данных" следующее: "Первоначально понятие модели данных (МД) употреблялось как синоним структуры данных в конкретной базе данных. В процессе развития теории систем баз данных МД приобрела новое содержание: возникла потребность в термине, который обозначал бы *инструмент*, а не *результат* моделирования, и воплощал бы, таким образом, множество всевозможных баз данных некоторого класса. Во второй половине 1970-х годов во многих публикациях, посвященных указанным проблемам, для этих целей стал использоваться все тот же термин "модель данных". В настоящее время в научной литературе термин "модель данных" трактуется в подавляющем большинстве случаев в инструментальном смысле (как инструмент моделирования)".



Рис. 4. Пример структуры модели данных, выраженной в языке EXPRESS

Хорошим примером реализации модели данных в информационном моделировании зданий является формат IFC, который считается пригодным для обмена BIM-моделями. Спецификация этого формата реализована на специальном графическом языке моделирования данных EXPRESS, то есть имеет свою формально описанную схему отношений между объектами. Таким образом, IFC с точки зрения модельной парадигмы является *хорошо определенной моделью*, ведь у него имеется явный, открытый и формальный язык описания модели. При этом самой моделью данных является так называемая *схема формата IFC*, выполненная в EXPRESS, а не отдельный файл формата IFC. Простейший пример описания связей в схеме EXPRESS показан на рис. 4.

Таким образом, центральный для информационного моделирования формат, как это ни парадоксально, на самом деле является реализацией модели данных, а не информационной модели. Несомненно, что BIM оперирует *информацией* (поскольку в нем заданы связи и отношения между данными), но информационных моделей в их классическом понимании в BIM, как это ни странно, нет. Это важно знать для устранения путаницы при дальнейшей работе над модельной парадигмой.

Кроме того, данный факт вскрывает довольно серьезную проблему: АЕС использует сейчас теоретическую базу информационного моделирования, которая не развилась внутри самой отрасли; информационное моделирование практически реализуется в рамках информатики, а мы, можно сказать, пожинаем плоды теории, созданной не для нас, причем даже терминология информационной науки попадает к инженерам, как мы увидели, несколько искаженной.

Информационная модель является следующей ступенью в иерархии данных и может быть определена как формальным языком, так и "мягким", то есть нефор-

мальным, нематематическим образом: путем словесного описания. Примером инструмента для создания информационных моделей может служить широко распространенный в системной инженерии язык описания информации SysML (рис. 5). Модели данных и информационные модели служат разным целям, и не всегда возможно определить однозначно, какие подробности о данных стоит включать в информационные модели, а какие принадлежат к моделям данных. Пожалуй, наиболее точным будет определение BIM как дисциплины, создающей модели в "серой зоне", где пересекаются высокоуровневый анализ, характерный для информационных моделей, и техническая реализация в виде моделей данных.

Централизация информации в модельной парадигме

В рамках нашего погружения в модель-ориентированную инженерию следует упомянуть две прикладные и крайне острые проблемы, с которыми придется иметь дело модельной парадигме в любом ее воплощении: это вопрос централизации данных и возможность перехода к так называемому бездокументному рабочему процессу.

Проблему централизации данных в BIM очень любят иллюстрировать двумя схемами: децентрализованной (рис. 6) и централизованной (рис. 7). Считается, что в первом случае сложность обеспечения множества связей между специализированными моделями, используемыми в дисциплинах, больше, чем слож-

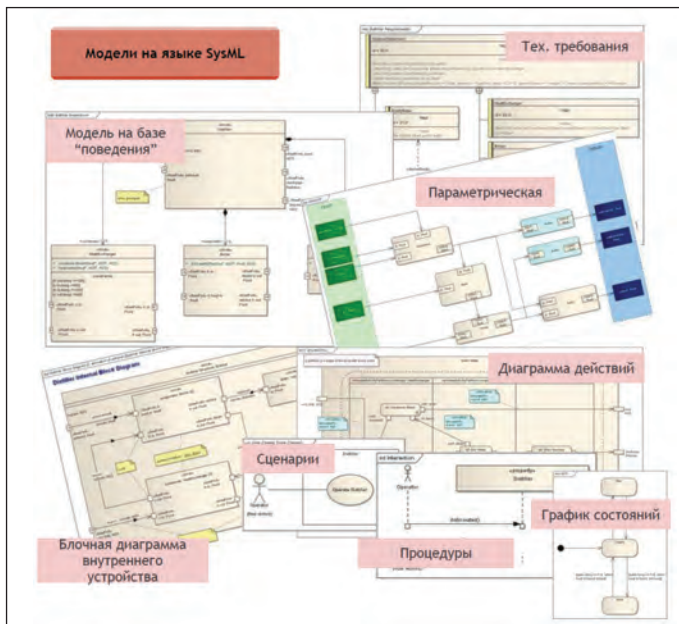


Рис. 5. Разновидности информационных моделей и сущностей языка информационного моделирования SysML

ность построения центральной модели, обслуживающей нужды дисциплин.

При этом (см. работу van Berlo в списке литературы) происходит весьма досадное недоразумение. Первоначально вторая схема (рис. 7) обмена данными была выполнена, чтобы показать преимущества стандартизации структуры данных в схеме с передачей данных через формат IFC. Позже эту схему в индустрии стали понимать буквально: как единый репозиторий или единую модель для всех дисциплин, в которой происходит хранение любых модельных данных. Если мы проанализируем высказанное предположение с точки зрения изложенной выше модельной парадигмы, то станет ясно, что такая единая модель не удовлетворяет фундаментальному требованию — построению модели под конкретную необходимость, а не на все возможные случаи использования данных.

На самом деле разница между этими структурными схемами состоит в том, что во втором случае обмен данными происходит по стандартизированной *модели данных*, а не с использованием единой модели для абстрагирования оригинала (сооружения, рабочего процесса и т.д.). Это не противоречит модельной парадигме и в большинстве случаев является достаточно хорошим решением. Альтернативным вариантом структуры данных, благоприятной для модель-ориентированного подхода, служит федерирование информации (рис. 8). Федерированная модель предлагает различать между моделями, специфичными

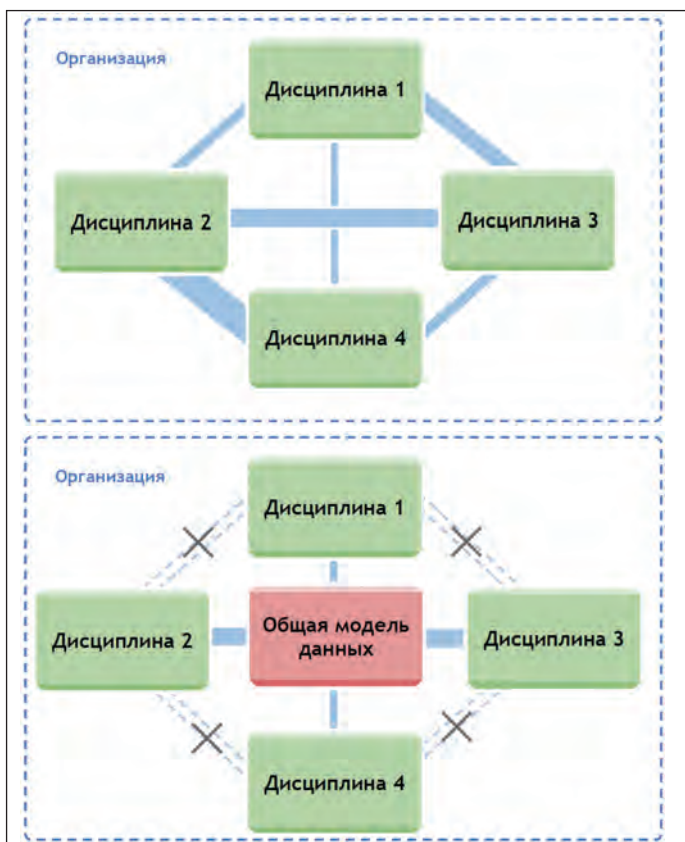


Рис. 6, 7. Структурные разновидности моделей обмена данными

для конкретной дисциплины, и модели, которые строятся с конкретной целью, возможность обеспечить взаимодействие между дисциплинами (для таких задач, например, как разрешение коллизий). С использованием федерированной модели работают многие мировые инноваторы информационного моделирования.

Важный вывод из опыта использования в отрасли разных схем моделей данных таков: модель, отдельная реализация этой модели и репозиторий (физическое место хранения данных) модели — это разные понятия, которые нельзя путать.

Проблематика и будущее модельной парадигмы в АЕС

Итак, на текущем этапе развития информационного моделирования отрасль научилась хорошо делать модели данных, но не информационные модели. Реализовать модельную парадигму — значит научиться связывать эти модели данных в модели рабочих процессов, взаимодействие между которыми можно автоматизировать. Таким образом, модельная парадигма — это в каком-то смысле идеологическое основание для программы автоматизации инженерной работы, позволяющее системно достигать повышения производительности.

Следует распространять понимание модельной парадигмы в отрасли, она должна помочь пользователям автоматизировать свои рабочие процессы на новом уровне, а разработчикам — понимать нужды инженерного проектирования, которое является, по сути, моделированием. Теория моделей широко используется при создании программных инструментов для инженера, но пока мало касается существа его работы. Таким образом, модельная парадигма для АЕС — это идеология, призванная поменять сложившееся положение вещей, внедрить явное использование моделей и графические языки моделирования объектов, систем и документов, с которыми имеет дело инженер. Язык моделирования, как и любой другой, должен создаваться в консенсусе с обществом, которое его использует.

Практические задачи по разработке модельной парадигмы можно сформировать следующим образом:

- исследование приложений теории моделей в близких отраслях для обмена опытом;
- исследование методов использования специализированных языков моделирования (с той же целью);
- исследование возможностей открытого обмена данными между специализированными моделями;



Рис. 8. Федерированная модель обмена данными

- внедрение в инженерную практику отношения к любым артефактам проектирования как к моделям;
- разработка "бездокументного" (его так и называют в западных публикациях) рабочего процесса не путем уничтожения финальной, "статической" стадии существования модели в виде документа, отчета, чертежа и т.д., а путем преобразования ее в динамическую стадию через рассмотрение документа как модели, поддающейся автоматизации через описанную выше схему;
- и, наконец, развитие инструментов так называемой "мягкой" автоматизации через создание неформальных языков моделирования для нужд конкретных дисциплин, которые будут оперировать инфраструктурой данных, предоставляемой BIM.

Литература

- Eastman C. An Outline of the Building Description System: <http://eric.ed.gov/?id=ED113833>
- Stachowiak H. Allgemeine Modelltheorie. — Wien (1973).
- Коголовский М. Абстракции и модели в системах баз данных: <http://www.osp.ru/dbms/1998/04-05/13031594>
- Рекомендация RFC 3444: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3444.txt>
- L. van Berlo et al. Collaborative engineering with IFC: new insights and technology (2012).

Александр Бауск,
старший научный сотрудник
Приднепровской государственной
академии
строительства и архитектуры (ПГАСА)
E-mail: bauskas@gmail.com