

## МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕСА: ОТ ОПИСАНИЯ К ЭКСПЕРИМЕНТУ

Статья знакомит читателя с таким относительно новым для российских менеджеров инструментом, как имитационное моделирование бизнеса, вкратце рассказывает его историю и демонстрирует возможности на наглядных примерах.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** имитационное моделирование, системная динамика, агентное моделирование, нелинейные эффекты



**Попков Тимофей Вадимович** — коммерческий директор XJ Technologies (г. Санкт-Петербург)

**Хромов-Борисов Сергей Никитич** — управляющий партнер SenseCraft, главный редактор журнала «Стратегический менеджмент» (г. Санкт-Петербург)

### ЖИВУЧЕСТЬ МИФОЛОГИИ

Первое, с чего мы хотим начать, это развенчать пару устойчивых заблуждений о бизнес-моделях и моделировании. Первое: моделирование — это удел ученых и инженеров, нечто далекое от повседневной управленческой практики. Второе: моделирование — это новомодное направление, базирующееся на компьютерной технологии.

Так вот, руководители компаний, составляющие основную аудиторию нашего журнала, больше, чем кто-либо другой из менеджеров, занимаются моделированием бизнеса, причем ежедневно. Возможно, вы об этом не задумываетесь, но любой бюджет, любой бизнес-план — это модель, отвечающая определенным критериям. Производственный план, система складского учета, организационная схема, описание бизнес-процессов, сегментация потребительских рынков — тоже модели из привычного управленческого набора. Подобно мольеровскому герою, не знавшему, что он всю жизнь говорил прозой, мы не замечаем, что профессионально занимаемся моделированием бизнеса.

Что касается моды и компьютеров, то понятно, что ни один современный менеджер не считает на счетах и не сводит баланс вручную на бумаге. Но все же сами управленческие модели и сущность моделирования реальности не зависят от применяемых инструментов. Основоположник современного бизнес-моделирования профессор Джей Форрестер свои первые модели рисовал карандашом на бумаге, а рассчитывал при помощи логарифмической линейки. Более того, не компьютеры породили моделирование как прикладную дисциплину. Как ни парадоксально это звучит, но все происходило скорее наоборот. Персональные компьютеры победили все другие виды «умного железа» благодаря появлению мощных средств моделирования, позволивших грамотному пользователю самостоятельно строить модели практически любой сложности. Догадываетесь, о чем речь? Это электронные таблицы. Именно забытая нынче программа VisiCalc способствовала первым массовым продажам Apple, а Lotus 1-2-3 и MS Excel — продвижению IBM PC в корпоративной среде.

Если эта тема не нова, почему мы снова заводим разговор о моделировании? Дело в том, что все системы (а стало быть, и описывающие их модели) можно разделить на два класса: линейные и нелинейные или, говоря более простым языком, на статичные и динамические. Проблема в том, что весь известный современному руководителю инструментарий строится на статичных моделях, предсказательная способность которых весьма ограничена. Даже если есть готовые формулы, вычислить поведение сложной системы «фирма + рынок» аналитическим путем невозможно, а уж в «завихрениях» современной экономики остается полагаться только на менеджерскую интуицию или начать наконец использовать динамические модели, о которых и пойдет далее речь.

Помимо уровня адекватности описания сложных систем, у динамических моделей есть еще одно преимущество. В отличие от ученых менеджеры практически лишены возможности проводить

опыты над своим бизнесом, а вот грамотно построенная модель предоставляет возможность такого экспериментирования с минимальными издержками и нулевым риском. Именно поэтому данное направление еще называют имитационным моделированием. Забавно, что многие из нас знакомы с ним, но совершенно не помнят об этом. Кто из читателей еще на заре первых «персоналок» играл в замечательную игру SimCity? Это была самая настоящая имитационная модель, по своим возможностям вполне сопоставимая с серьезными моделями муниципального управления, появившимися в начале 1970-х гг.

## КОВАРНАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ

В чем заключается специфика нелинейных, динамических систем? Вкратце ее можно свести к трем пунктам.

1. Бизнес имеет инерцию. Завтрашние результаты зависят не только от сегодняшнего состояния, но и от всей предшествующей траектории.

2. Завтрашние результаты также зависят от взаимодействия сегодняшних решений с внешней и внутренней средой компании.

3. Большинство этих зависимостей образуют петли обратной связи, которые, в свою очередь, порождают неподвластную интуиции и здравому смыслу нелинейность.

Лучше всех эту специфику разъяснил знаменитый популяризатор науки управления Питер Сенге: «...уточненные инструменты прогноза и анализа деловых ситуаций, так же как изящные стратегические планы, обычно не приносят значительного успеха в бизнесе. Все эти инструменты разработаны для сложных ситуаций со многими переменными, для многосоставной, детальной сложности. Но существует и другой вид сложности — динамическая сложность, т.е. сложность ситуаций, в которых причина и следствие трудно различимы и где результаты нашего вмешательства не являются очевидными. Обычные методы прогнозирования, планирования и анализа

непригодны для работы с динамической сложностью. <...> Динамически сложной является ситуация, в которой ближайшие и отдаленные последствия какого-то действия оказываются принципиально различными либо когда местные последствия какого-то действия оказываются противоположными его влиянию на отдаленные части системы. С динамической сложностью мы сталкиваемся, когда в результате очевидных действий получаем весьма неожиданные последствия»<sup>1</sup>.

Понимание того, что системы с динамической сложностью требуют принципиально новых моделей, возникло более полувека назад. Ключевую роль в создании нового направления сыграл уже упомянутый нами Дж. Форрестер.

Инженер по образованию, Форрестер был на удивление разносторонним специалистом. Еще в 1949 г. он изобрел компьютерную магнитную память, которой мы пользуемся и сегодня, увеличил срок службы электронных ламп в 1000 раз, придумал принцип работы станков с ЧПУ, а в начале 1950-х гг. руководил разработкой первой системы ПВО США, одной из самых передовых и сложных компьютерных систем в мире. В 1956 г. Форрестер неожиданно ушел преподавать теорию систем в MIT Sloan School of Management. Через год к нему почти случайно обратились за советом представители General Electric, которые уже несколько лет бились с управлением цепочкой поставок. Неразрешимой проблемой для них было то, что небольшие изменения в загрузке производственных линий сопровождались катастрофическими флуктуациями спроса и предложения, и ни одна известная теория этот хаос объяснить не могла. Прямо во время разговора профессор набросал в блокноте схему обратных связей, наглядно показавшую всю ту динамическую сложность, которую менеджеры не могли побороть в первую очередь потому, что не могли увидеть. Так было положено начало новой прикладной дисциплине, получившей название «Системная динамика», а сложные логистические схемы

до сих пор являются одним из классических ее объектов.

Форрестер прекрасно осознавал возможности своего метода и, когда его как бывшего компьютерщика пригласили в совет директоров Digital Equipment Corporation, начал с создания стратегической модели корпорации. В блокноте она уже не помещалась, т.к. насчитывала 250 переменных и 60 видов ресурсов (т.е. была системой интегральных уравнений 60-го порядка, решить которую мог не каждый компьютер тех лет). Сделано это было очень вовремя, поскольку модель предсказала вероятность весьма скорого краха молодой компании, но и она же подсказала, какие шаги нужно предпринять, чтобы преодолеть грядущий кризис. Совет директоров прислушался к рекомендациям, и в течение 30 последующих лет Digital Equipment была одной из самых успешных компьютерных компаний в мире.

## КАК ЭТО РАБОТАЕТ

Системная динамика (System Dynamics, SD) — только один из известных модельных подходов. Второй наиболее популярный подход — так называемое агентное моделирование (Agent-Based Modeling, ABM). Эти два смежных направления долгие годы развивались независимо друг от друга, и только в нынешнем тысячелетии наметилось встречное движение. Рассмотрим их по порядку.

Системная динамика уникальна тем, что простейшие принципы, лежащие в ее основе, позволяют описывать динамические системы практически любой сложности. Принципы эти таковы:

- любая система описывается как комбинация ресурсов и потоков между ними (вспомним школьную задачку про бассейн и две трубы);
- на уровень ресурсов и силу потоков влияют внешние факторы и внутренняя информация (управленческие решения);

<sup>1</sup> Сенге П. Пятая дисциплина. Искусство и практика самообучающейся организации. — М.: Олимп-Бизнес, 2003. — Прим. авт.

■ временные задержки между управленческими решениями и их результатами не менее существенны для описания системы, чем ресурсы и потоки.

Важно, что ресурсы здесь понимаются в самом широком смысле: это не только деньги, средства производства и сырье, но и персонал, корпоративные знания, нематериальные активы, лояльность потребителей, сила бренда и т.д. Любая информация, имеющая отношение к моделируемой проблеме, может быть формализована и включена в расчет. Все эти ресурсы, трансформационные потоки и отношения обратной связи между ними формируют реальную структуру нашей бизнес-системы, включая самое важное — структуру принятия решений. При этом в случае системной динамики моделирование происходит на стратегическом уровне, без учета деталей бизнес-процессов и единичных событий. Такое моделирование «сверху вниз» отлично дополняется агентным моделированием «снизу вверх», о котором мы тоже расскажем.

Главное открытие системной динамики состоит в следующем: управленческие решения никакой самостоятельной силы не имеют, они могут приводить к абсолютно разным результатам в зависимости от динамической структуры той системы, в которой они принимаются. Главная беда современных менеджеров заключается в том, что они об этой структуре даже не догадываются и в своих решениях руководствуются линейным мышлением. Столь же непредсказуемым для доминирующего управленческого детерминизма будет и большинство внешних воздействий. Чем больше масштаб и сложность системы, тем более разрушительным будет традиционный подход.

Специалистов по моделированию часто спрашивают: «Есть ли надежда, что в будущем государственные структуры начнут использовать эти технологии для прогнозирования кризисных ситуаций на финансовых рынках?» Как ни удивительно,

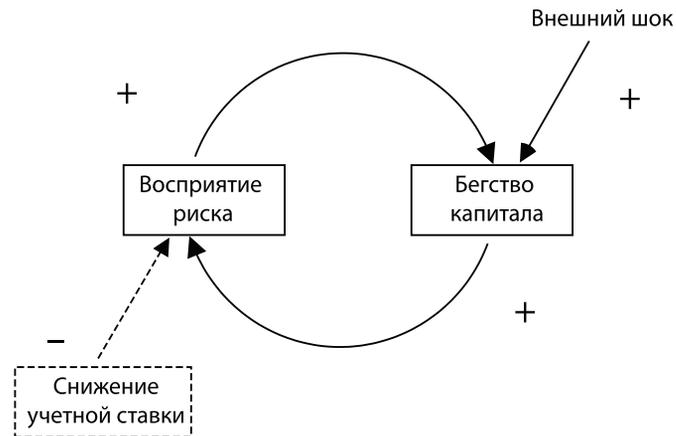
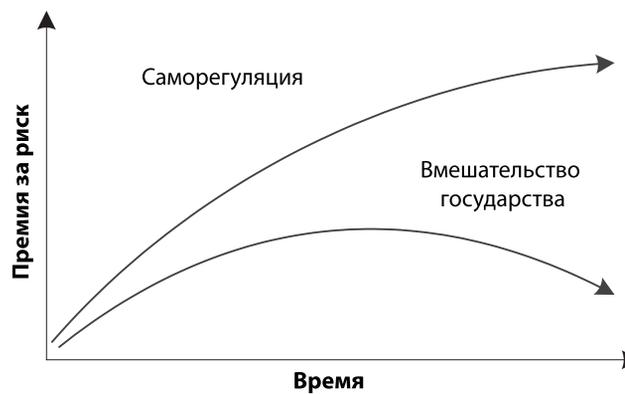
имитационное моделирование используется для этих целей с момента своего появления. Например, Дж. Форрестер начиная с 1968 г. последовательно применял свой метод сперва к муниципальному, потом к государственному управлению, а затем и к прогнозированию глобальных экономических, социальных и экологических процессов в рамках Римского клуба<sup>2</sup>.

Для того чтобы не быть голословными, приведем любопытную иллюстрацию на злобу дня. В 1997 г. случилось вроде бы локальное, мало-значимое событие: искусственно удерживаемый правительством Таиланда курс национальной валюты обрушился более чем в два раза. Как мы теперь знаем, динамическая структура мировой экономики оказалась на тот момент такой, что вслед за таиландским посыпались валютные рынки всей Юго-Восточной Азии, что в свою очередь вылилось в российский дефолт 1998 г. Обогнув земной шар, как цунами, кризис добрался до Америки. Пытаясь сдержать бегство капиталов из страны, власти США приняли единственное, как им казалось, верное решение: резко снизили учетную ставку Федеральной резервной системы (ФРС). На языке системной динамики это выглядит следующим образом (рис. 1).

Для того чтобы разорвать порочный круг циклической положительной обратной связи, нужно воздействовать либо на один из ресурсов системы, либо на один из потоков между ресурсами, что и было сделано. Прогнозируемый результат этого вмешательства в экономику показан на рис. 2.

Беда в том, что рис. 1 представляет лишь малую часть системы обратных связей в экономике. По-прежнему сильно упрощенную, но все же более адекватную модель демонстрирует рис. 3, а реальные последствия ошибочной политики ФРС (которые мы сегодня и наблюдаем) видны на рис. 4.

<sup>2</sup> Римский клуб — независимый международный центр стратегических исследований по проблемам путей мирового развития и угроз человечеству, окружающей среды, глобализации и социальных преобразований. — Прим. авт.

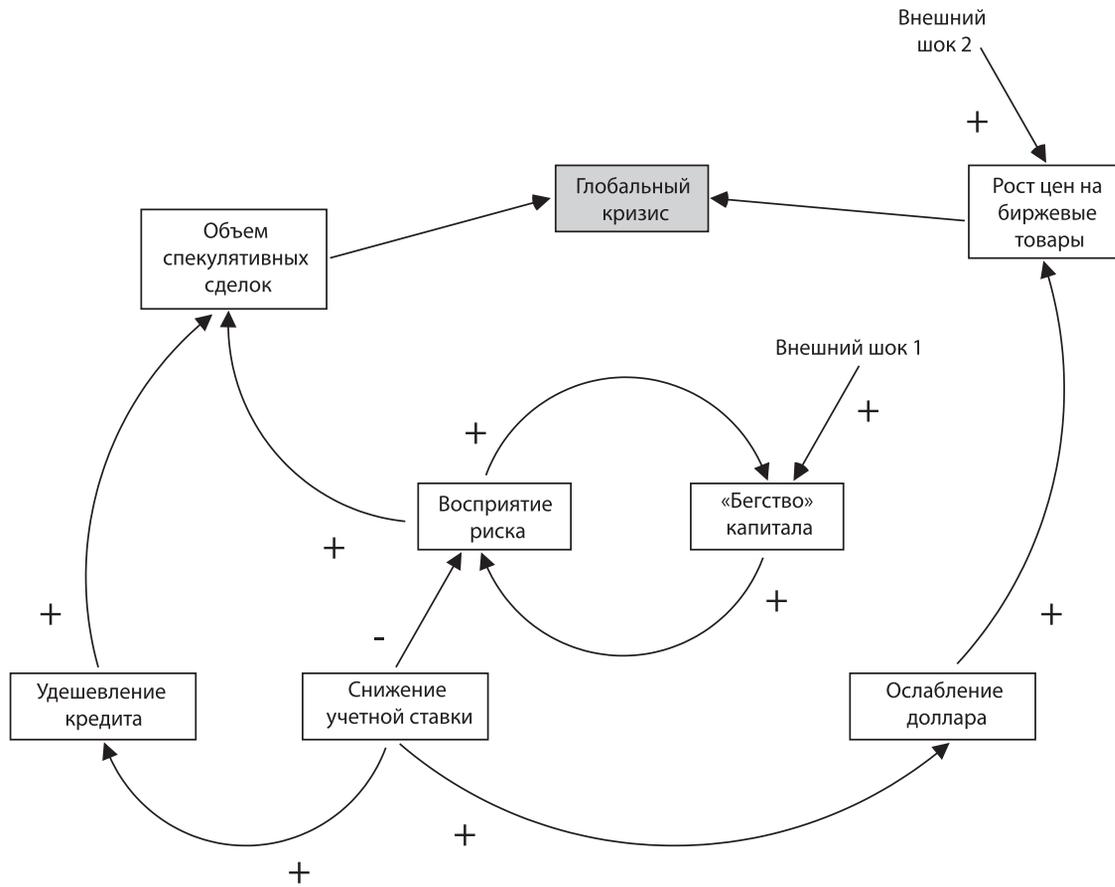
**Рис. 1.** Азиатский кризис с позиции ФРС**Рис. 2.** Прогноз вмешательства регулятора

Таким образом, проблема заключается не в отсутствии моделей и средств имитационного моделирования, а в том, что политики не слушают ученых. Например, в США моделирование активно используется правительственными организациями для различного рода прогнозирования, и наверняка сценарии развития нынешнего кризиса были вполне своевременно разработаны, так же как было и с ураганом «Катрина», опустошившего в 2005 г. Новый Орлеан и окончательно

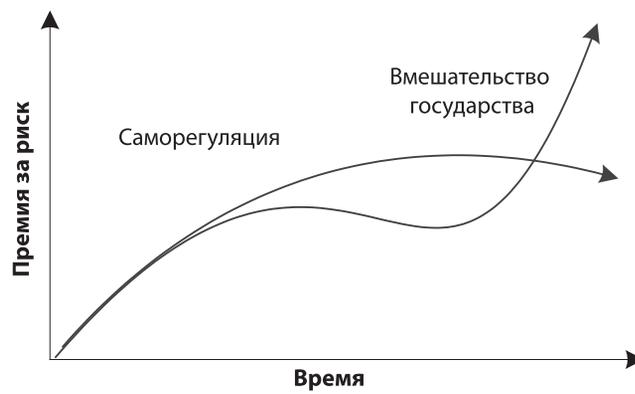
подорвавшего репутацию администрации Буша. К сожалению, пока беда не случилась, все эти прогнозы не были востребованы «на самом верху».

К вышеприведенным иллюстрациям следует сделать одно важное примечание. Может показаться, что в подобных диаграммах, вскрывающих динамическую структуру моделируемой системы, и состоит суть имитационного моделирования. Однако, только дополнив эту качественную информацию количественными расчетами,

**Рис. 3.** Расширенная модель азиатского кризиса



**Рис. 4.** Фактический результат вмешательства регулятора



мы сможем предсказывать нелинейные эффекты и ставить эксперименты, и в этом случае уже не обойтись без компьютеров и соответствующего программного обеспечения. Кстати, процитированная книга Сенге «Пятая дисциплина. Искусство и практика самообучающейся организации» могла бы стать лучшим учебником системной динамики для менеджеров, если бы не ограничилась качественным уровнем изложения. В результате ее упоминают исключительно как «манифест обучающейся организации», а жаль.

### УВИДЕТЬ ЛЕС ЗА ДЕРЕВЬЯМИ И НАОБОРОТ

Агентное моделирование (АВМ) лет на 20 моложе системной динамики и намного менее систематизировано. Общее между ними одно: это простота, порождающая сложность. Если объектом моделирования в SD выступает система сложных взаимодействий простых элементов, то АВМ рассматривает одновременно множество самостоятельных элементов — агентов, действующих согласно набору простых правил, но обладающих свободой выбора в их рамках<sup>3</sup>.

Оказывается, эволюционное взаимодействие таких автономных агентов тоже может описывать динамические системы любой сложности и природы, особенно с учетом того, что агенты в одной и той же системе могут программироваться отличными друг от друга, а правила их индивидуального поведения — меняться во времени. Такие системы также являются нелинейными, и их поведение не может быть сведено к сумме действий изолированных агентов. Источниками агентного моделирования послужили следующие дисциплины: теория сложности, теория игр и искусственный интеллект, что отчасти объясняет наличие различных подходов к АВМ, отсутствие устоявшейся терминологии и даже единого определения понятия «агент». Это, впрочем, не мешает успешному применению

данного подхода в моделировании таких систем, как рыночное поведение потребителей, отраслевая конкуренция, транспортные потоки в городских условиях, динамика фондовых рынков и биржевой торговли, эволюционные и генетические системы в биологии, военные операции, оценка финансовых и коммерческих рисков и т.п. Дополнительным преимуществом АВМ является то, что оно может применяться на любом уровне абстракции, в отличие от SD, которая рассматривает систему только на верхнем, стратегическом уровне. Еще продуктивнее эти два подхода реализуются в сочетании друг с другом. Их сравнительные характеристики приведены в таблице.

Что касается программных продуктов, то ситуация во многом отражает историю развития двух модельных подходов. Для системной динамики существует ряд коммерчески доступных продуктов с более или менее дружелюбным пользовательским интерфейсом, руководствами по эксплуатации и поддержкой пользователей. Более молодое агентное моделирование этим похвастаться не может. Большинство известных продуктов родились в недрах исследовательских лабораторий в виде конструкторов «сделай сам» и до сих пор применяются в основном в научных и учебных целях. Только крупные международные корпорации могут позволить себе содержать научно-исследовательские подразделения и разрабатывать сложные агентные модели собственными силами. Единственное известное нам исключение — это пакет AnyLogic, разработанный российской компанией XJ Technologies, признанным мировым лидером в области имитационного моделирования. Несмотря на то что AnyLogic появился на рынке сравнительно недавно, в 2000 г., он уже входит в пятерку наиболее популярных инструментов в мире, а в России является абсолютным лидером благодаря уникальной возможности сочетать в одном продукте и в одном проекте различные взаимодополняющие модельные подходы.

<sup>3</sup> Управленческие решения в АВМ могут напрямую влиять только на параметры окружения, а не на поведение агентов. — Прим. авт.

Таблица. Сравнительные характеристики SD и ABM

Характеристика	Системная динамика (SD)	Агентное моделирование (ABM)
Уровень абстракции	Верхний	Любой
Перспектива	«Сверху вниз»	«Снизу вверх»
Уровень моделирования	Макроуровень	Микроуровень
Базовый элемент	Петля обратной связи	Агент
Единица анализа	Структура	Правила поведения
Механизм адаптации	Изменение системы	Изменение агентов
Время	Непрерывное	Дискретное
Математическое описание	Интегральные уравнения	Логические операции
Источник динамики	Уровни ресурсов	События

Источник: адаптировано из Schieritz N., Milling P.M. (2003). *Modeling the Forest or Modeling the Trees. A Comparison of System Dynamics and Agent-Based Simulation*. Proc. of the 21st International Conference of the System Dynamics Society.

## ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Имеет ли все вышесказанное прикладной смысл для российского менеджера? Безусловно, хотя и с некоторыми оговорками.

В том, что имитационное моделирование полезно, должна была убедить читателей предшествующая часть статьи. Как всегда, вопрос заключается в соотношении выгоды и издержек. Во сколько обходится внедрение этой технологии? Ответ, конечно, будет индивидуальным в зависимости от масштаба бизнеса, количества и специфики решаемых задач. По оценкам специалистов, стоимость внедрения может составлять от 300 тыс. рублей (например, для моделирования небольшого склада) до десятков миллионов рублей при моделировании стратегии развития крупного холдинга на годы вперед. Срок окупаемости этих инвестиций опять же будет зависеть от специфики конкретного бизнеса, в первую очередь от стадии жизненного цикла и уровня зрелости компании, т.е. от того, как функционируют в ней процессы и контуры управления. В среднем даже при налаженных бизнес-процессах выигрывает превышает издержки в 10–20%, что уже весьма существенно. Парадокс состоит в том, что менее зрелые фирмы, в которых отдача гарантированно будет выше средней, а вложения

окупятся быстрее всего, в наименьшей степени склонны инвестировать в современные технологии менеджмента.

Какие проблемы могут проявиться в ходе интеграции технологии? Это зависит от сложности процессов внутри компании и уровня их организации. Как правило, если руководство и персонал заинтересованы в результате внедрения, никаких существенных трудностей не возникает. Здесь необходимо отметить, что очень многое зависит от позиции менеджмента компании. Как отмечают все исследования по управлению изменениями, без постоянной поддержки, заинтересованности и внимания руководителей к проекту внедрение любого инструмента обречено на провал. Бывают и частные проблемы. Например, если менеджмент объявит одной из целей внедрения системы оптимизации работы сокращение штатов (без возможности перекалфикации или внутреннего трудоустройства), то едва ли такой проект вызовет энтузиазм у сотрудников.

Создание имитационных моделей и систем поддержки принятия решений на их основе требует такой специальной подготовки и квалификации, что иметь соответствующих сотрудников в своем постоянном штате невыгодно даже для среднего бизнеса. Зато проекты с привлечением

внешних консультантов — при правильном их выборе — оказываются вполне рентабельными. Грамотный консультант должен уметь понять проблему заказчика, перевести ее на язык моделирования и внедрить полученное решение. Высокие требования к консультантам и исполнителям, пожалуй, являются одним из немногих минусов данной технологии, однако любая высокопрофессиональная работа требует соответствующих кадров.

Где же искать таких консультантов? В решении этого вопроса неизбежно проявляется российская специфика. На Западе имитационное моделирование — вполне зрелая технология, и заказчику есть из чего выбрать. Он может обратиться к профессорам одной из бизнес-школ, в крупную консалтинговую компанию уровня «Большой четверки»<sup>4</sup> или к одной из специализированных консалтинговых фирм, досконально знающих не только подходы и методы, но и специфику отрасли. В России тоже можно пойти в один из технических университетов, где наверняка

разбираются в моделировании не хуже, а часто и намного лучше зарубежных специалистов. Одна беда: наши замечательные ученые, как правило, совсем ничего не смыслят в вопросах управления коммерческим предприятием. «Большая четверка», разумеется, представлена и в России, но мало кому по карману услуги этих компаний, а специализированных консультантов у нас пока нет, и их нишу приходится заполнять разработчикам программных средств. Упомянутая выше компания XJ Technologies многие годы успешно консультирует заказчиков из самых разных отраслей не только по вопросам внедрения своего продукта AnyLogic, но и по решению конкретных бизнес-проблем.

Имитационное моделирование стремительно развивается и применяется все более широко в различных областях деятельности человека — от научных разработок до бизнеса. Настоятельно рекомендуем читателям не упустить свой шанс обойти конкурентов за счет использования этой технологии.

<sup>4</sup> PricewaterhouseCoopers, KPMG, Ernst & Young и Deloitte Touche Tohmatsu. — *Прим. авт.*