

В. В. Девятков, канд. техн. наук, директор ООО «Элина-Компьютер», г. Казань, vladimir@elina-computer.ru

М. М. Назмеев, канд. техн. наук, зам. директора Института информатики АНРТ, г. Казань, nazmeev@unir@mail.ru

С. А. Власов, канд. техн. наук, начальник отдела Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН, г. Москва, savlas@yandex.ru

Имитационная экспертиза: опыт применения и перспективы¹

В статье рассматриваются вопросы проведения имитационной экспертизы с помощью специальных компьютерных технологий. Анализируется состояние дел в этой отрасли. Проводится классификация видов имитационных экспертиз. Приведены практические примеры проведения имитационной экспресс-экспертизы и детальной имитационной экспертизы. Формулируются основные направления расширения рынка имитационных экспертиз.

Ключевые слова: имитационное моделирование, имитационная модель, экспертиза проекта, экспертный метод, безопасность проекта.

Введение

Имитационные исследования находят все большее применение во многих сферах [1, 2, 5, 7]. Весь спектр их различных применений можно разделить на три большие группы. Во-первых, это создание и использование учебных моделей. Во-вторых, проведение научных исследований с применением моделей, в-третьих, разработка и использование моделей для практических исследований. В настоящее время в нашей стране превалируют учебные и научные модели — их очень большое количество. По оценкам авторов, количество ежегодно разрабатываемых в стране учебных моделей составляет несколько тысяч, а научных — сотни. Но постепенно повышается потребность в практических исследованиях, увеличивается число заказных исследований.

Пока практически значимых для народного хозяйства моделей в России создается со-

всем мало: приблизительно несколько десятков в год. В данной статье рассмотрим именно малочисленную группу применений — модели, предназначенные для системного анализа реальных систем в отраслевой экономике. Отметим, что они чрезвычайно важны для прогресса нашей экономики, так как имеют огромный потенциал расширения.

Практические имитационные исследования выполняются на коммерческой основе в пользу предприятия (или государства), заказавшего исследование. Основным отличием практических исследований является то, что цель, задачи и исходные данные определяет заказчик. На сегодняшний день при создании практических моделей, как правило, весь цикл имитационных исследований проводит профессионал в области имитационного моделирования (ИМ). Заказчик принимает результаты. В случае, если реальные исходные данные конфиденциальны, заказчик сам проводит исследования на готовой модели. Любое практическое исследование заканчивается выработкой рекомендаций или предложений.

Как уже говорилось, количество практических применений ИМ в нашей стране

¹ Рекомендована к опубликованию в журнале «Прикладная информатика» Национальным обществом имитационного моделирования (Россия).

лишь десятки за один год. Однако на каждом предприятии должна быть модель (возможно, не одна) для оценки решений при проектировании, уменьшения издержек производства, повышения производительности труда, анализа последствий модернизации и т. д.

Имитационная экспертиза

Перед профессиональным сообществом ИМ стоит задача радикального увеличения количества практических применений. Образно говоря, необходимо превратить неустойчивый «перевернутый треугольник применений» в фигуру с устойчивым фундаментом — «прямоугольник применений» (рис. 1).

Вполне возможно, что настанет момент, когда каждый новый крупный производственный, инфраструктурный или другой значимый проект будет предварительно подвергаться обязательной проверке на имитационных моделях. А это, учитывая количество организаций и предприятий в нашей стране, уже многие и многие тысячи моделей. Особенno должно повлиять на количество имитационных исследований вступление России в ВТО, что начинает происходить уже сейчас, судя по реально возросшему спросу на имитационные исследования.

Столь существенное увеличение числа практических применений возможно в случае, когда разработка имитационных приложений станет доступна не только профес-

сионалам ИМ, но и широкому кругу аналитиков предприятий. Это постепенно становится реальностью, так как появляются новые технологии создания имитационных приложений. Приведем примеры [4, 6]:

- созданы технология и программное обеспечение для ускоренной разработки имитационных приложений на базе *GPSS World* в ООО «Элина-Компьютер» (г. Казань);
- для специальных применений существует методология, реализованная в пакете *Actor Pilgrim* (г. Москва).

Рассмотрим процесс, давно возникший в практических имитационных исследованиях, но не получивший пока однозначного терминологического толкования. Это цикл работ по профессиональной оценке реальных систем с использованием ИМ. Будем называть указанный процесс имитационной экспертизой [3].

Любое проектирование и модернизация реальных систем (транспортных, промышленных предприятий, вычислительных и др.) должно предваряться имитационной экспертизой. В масштабах страны это позволит сэкономить миллиарды рублей, увеличив степень достоверности прогноза развития предприятий, отраслей и экономики государства в целом.

Имитационная экспертиза — это проведение имитационного исследования систем в соответствии с одной технологией из числа апробированных и рекомендованных регламентным документом технологий

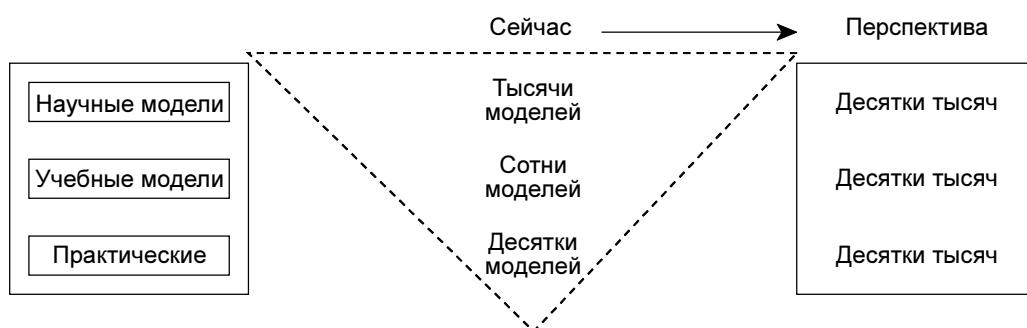


Рис. 1. Оценка и прогноз масштаба применения ИМ

имитационных исследований, с получением практических выводов и методических рекомендаций по вопросам целесообразности существования, построения, функционирования или модернизации системы.

Удачный опыт внедрения имитационных экспертиз уже был получен в ряде государственных структур, например в Министерстве транспорта. Об имитационной экспертизе задумались и в ряде крупных корпораций, например в ОАО РЖД. Но это лишь исключение из общего правила. Пока имитационная экспертиза не регламентирована ни в одном из регионов России, ни на федеральном уровне.

На основе практического опыта авторов можно разделить имитационную экспертизу по времени проведения исследования на две большие группы: экспресс-экспертизу и детальную имитационную экспертизу (рис. 2).

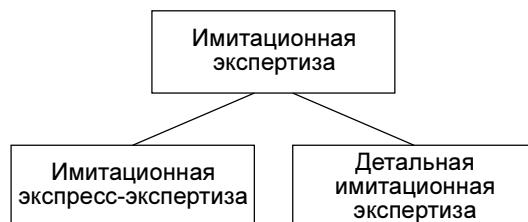


Рис. 2. Классификация имитационных экспертиз

Данная классификация определяется реалиями современного мира — динамикой развития систем и скоростью принятия решений. В настоящее время требуется, с одной стороны, исследование все более и более сложных систем, а с другой — получение результатов как можно быстрее. Если еще вчера можно было потратить на исследование месяцы и даже годы, то сегодня для этого отводится существенно меньшее время.

Развитие методов и технологий имитационных исследований все больше приближает их к инженерным методам по возможности использования, удобству применения и оперативности получения результатов. И это позволяет расширить круг потенци-

альных пользователей ИМ за счет упрощения квалификационных требований к исследователю. Например, в большинстве случаев исследователь не программирует, ему в меньшем объеме нужны знания по статистике и планированию экспериментов и т. д. Несмотря на это, исследователь сможет самостоятельно и быстро построить модель и провести имитационное исследование.

Выделим два уровня принятия решений при имитационном исследовании систем:

1) решения, для принятия которых исследование можно провести достаточно быстро (это одна или несколько недель), иначе они будут уже не актуальны и не нужны. Будем называть этот уровень оперативным (укрупненным). Одним из методов получения оперативных решений является имитационная экспресс-экспертиза;

2) решения, для принятия которых требуется более глубокое и детальное исследование (в течение одного или нескольких месяцев). Назовем этот уровень детальным. Такие исследования требуют детальной имитационной экспертизы.

На оперативном уровне необходимо получить результаты имитационной экспертизы очень быстро. При этом требуются не все детали и нюансы работы системы, а лишь направление или тенденция влияния тех или иных факторов на общие показатели работы системы. Раньше технологии имитационных исследований не позволяли проводить такого рода работы. Для этого требовалось существенно больше времени. К настоящему времени появились и успешно применяются такие технологии, при которых система в процессе исследования значительно упрощается, исходные данные чаще всего носят экспертный характер, что приводит к снижению адекватности модели, а точность результатов позволяет судить лишь о тенденциях функционирования системы, о порядке значений количественных показателей.

Такого рода экспертизы необходимы в жизненном цикле большинства существующих реальных систем:

Замысел — Создание — Работа — Модернизация — Ликвидация.

Следует отметить, что по авторским прогнозам число имитационных экспресс-экспертиз будет увеличиваться.

В качестве примеров областей применения экспресс-экспертизы можно привести следующие случаи:

- при необходимости быстрого анализа ситуации, для принятия концептуального решения о включении создания системы в план развития или о заключении договора на ее разработку;
- на этапе зарождения системы, при разработке концепций, написании технического задания, определении структурных и технических характеристик, обосновании количественной оценки размерности системы, сложности и стоимости работ и т. д.;
- в процессе проведения детального исследования, при анализе какой-то части системы, например для определения принципов функционирования этой части, характеристик работы (если нет прототипов) и т. д.;
- для принятия решения о модернизации действующей системы. Быстрый анализ отдельных показателей, выявление тенденций ухудшения параметров, количест-

венное доказательство необходимости изменений;

- обоснование ликвидации системы. Количественный анализ последствий дальнейшей эксплуатации.

На детальном уровне необходимо углубленное исследование и обеспечение максимальной точности и достоверности результатов. Этот процесс более длительный, хотя и на него накладываются все более жесткие временные ограничения. В настоящее время сложилась такая ситуация, что заказчик детального исследования может ждать от нескольких месяцев до года. Причем количество заказов на исследования подобного типа напрямую зависит от сроков их реализации. Чем быстрее реализация, тем больше реальных заказов. Существует множество вариантов проведения детальной имитационной экспертизы. Приведем примеры использования подобных экспертиз, опираясь на жизненный цикл системы:

- на этапе концептуального проектирования системы детальная экспертиза необходима для разрешения спорных вопросов и выбора одного из возможных вариантов. Описанные экспертизы проводятся, когда имеется некоторый резерв времени и когда

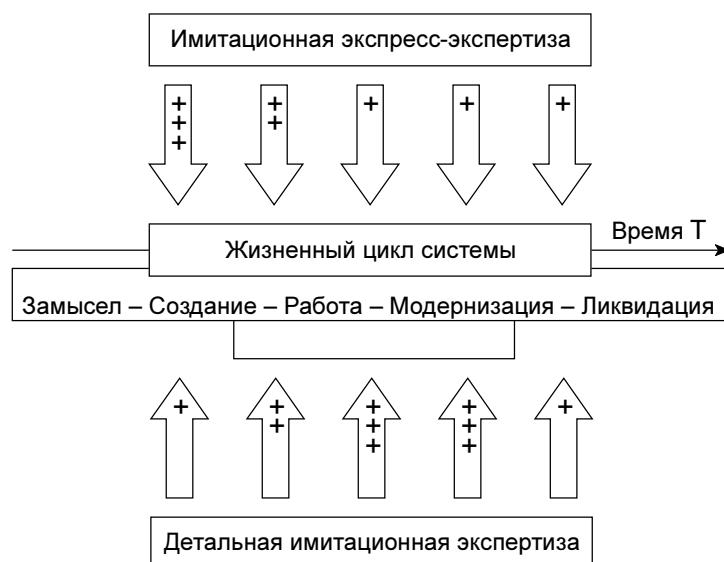


Рис. 3. Уровень применяемости двух типов имитационных экспертиз

другими способами осуществить такого рода оценку не удается;

- в процессе разработки системы на этапах технического и рабочего проектирования, когда требуется точная количественная оценка соответствия выбранной структуры (архитектуры) техническим параметрам системы;

- для обеспечения эффективного управления существующей системой. Создаваемая модель встраивается в контур управления, позволяя принимать своевременные и обоснованные решения. Например, для диспетчеров управления транспортными потоками;

- в процессе проведения реконструкции или модернизации системы, когда требуется оценить последствия возможной модернизации и предостеречь от возможных ошибок.

На рисунке 3 приведена графическая интерпретация областей применения имитационной экспертизы, базирующаяся на жизненном цикле системы. Сведения об уровне применяемости на различных этапах жизни системы сформулированы на основании личного опыта авторов и их коллег в процессе проведения имитационных исследований.

На каждом этапе обоим уровням экспертизы присваивалось значение по трехбалльной шкале. В целом нужно признать, что уровень применимости различных типов экспертиз в течение жизненного цикла системы отличается. На этапе замысла системы больше применяется экспресс-экспертиза, так как мало исходных данных и требуется быстрый результат. А при проведении анализа действующей системы или ее модернизации чаще используется детальная экспертиза, так как данных уже много, а сроки исполнения не столь критичны.

Примеры применения имитационной экспертизы

Приведем два практических примера имитационной экспертизы различных типов, выполненных авторами в последний год и отражающих в полной мере сформулированный выше подход с применением средств ООО «Элина-Компьютер».

Первый пример: имитационная экспресс-экспертиза. В 2012 г. нам было поручено провести исследование внешней транспортной логистики Агропромышленного парка Республики Татарстан. Решение

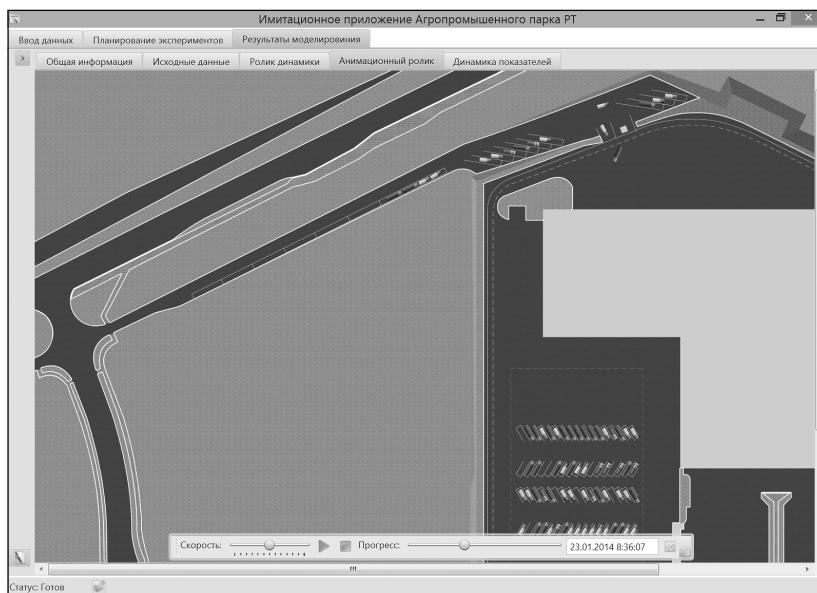


Рис. 4. Въезд транспортных средств на ярмарку «выходного дня»

требовалось получить очень быстро, так как строительство парка завершалось. В течение недели мы разработали модель и провели исследование. В результате рекомендовали некоторые изменения транспортной схемы и вычленили главную логистическую проблему системы — необходимость введения дополнительной парковки для большегрузных автомобилей. Причем не только определили место парковки, но и привели количественные расчеты характеристик парковки и предложили транспортную схему ее использования.

Если бы парковка не была построена, то в дни проведения ярмарок выходного дня на прилегающих к парку дорогах образовывались бы очереди из фур, что привело бы к затруднениям в дорожном движении, долгому времени ожидания, ухудшению экологической обстановки, срыву планов проведения ярмарок (рис. 4).

К нашему удовлетворению, с этими рекомендациями согласились специалисты из проектного института. Наши предложения привели к реальному улучшению строительного проекта. Правда, после выдачи экспресс-экспертизы нас все же попросили провести дополнительное, более детальное, исследование. И оно подтвердило основные рекомендации экспресс-экспертизы. В итоге Агропромышленный парк запущен, и никаких логистических коллизий в его работе не возникает.

Основной вывод, который мы сделали после завершения данной работы, заключается в том, что имитационная экспертиза для строительных проектов исключительно важна, так как позволяет сделать ряд прогнозов по функционированию строящегося объекта. В частности, это прогнозирование функционирования системы в динамике, выявление ее «узких мест» до вложения средств и проведения строительных работ. В обычных строительных проектах и проводимых до начала строительства экспертизах такого системного анализа не проводится.

Второй пример: детальная имитационная экспертиза. Этот пример относится

к группе детальных имитационных экспертиз. В июле 2013 г. в Казани была успешно проведена Универсиада. У организаторов отсутствовал практический опыт проведения столь масштабных мероприятий. Им многое приходилось осваивать с нуля. Оказались востребованными и специалисты по системному анализу. Дирекцией универсиады было поручено исследовать транспортную логистику и инфраструктуру всех спортивных объектов универсиады, разработать расписания и маршруты движения клиентских групп (спортсменов, вип-персон, организаторов, журналистов и др.), оценив соответствие всей транспортной системы универсиады требованиям FISU (Международная федерация студенческого спорта). При этом должно быть обеспечено выполнение программы тренировок, соревнований и официальных мероприятий.

В результате нами было разработано специализированное имитационное приложение, содержащее 42 модели объектов универсиады и модель движения по городу. Имелась возможность исследования любого дня универсиады. В приложении учитывалась вся транспортная инфраструктура прилегающей к объекту территории (КПП, стоянки, парковки, транспортная схема), потоки транспортных средств, прибывающих и убывающих по расписанию. В модели «Город», наряду с маршрутами Универсиады, учитывались реальные городские маршруты общественного транспорта. Движение транспорта универсиады осуществлялось по выделенным полосам движения общественного транспорта. В случае отсутствия таких полос клиентские маршруты передвигались по временно выделенным для транспортных нужд Универсиады полосам. Транспорт Универсиады всегда имел приоритет перед городским общественным транспортом. Обгон осуществлялся, когда общественный транспорт заезжал на остановку либо в заездной карман.

На рисунках 5 и 6 приведены примеры фрагментов из анимационных роликов движения транспортных средств Универсиады

в модели «Дворец водных видов спорта» (рис. 5) и в модели «Город» (рис. 6).

В результате были тщательно проанализированы различные сценарии развития транспортной ситуации и сделаны конкретные рекомендации, которые использовало ГИБДД города при организации движения. Например, были выделены и количественно проанализированы наиболее загруженные участки дорог для каждого дня, на них интенсивность движения была рассчитана поминутно и предложены альтернативные варианты улучшения ситуации.

В целом транспортная система Универсиады отработала без замечаний, а наше участие в ее оптимизации было отмечено благодарственным письмом от исполнительной дирекции универсиады.

В последнее время была проведена имитационная экспертиза и для ряда других сложных систем — при промышленном моделировании, при моделировании транспортных систем, исследовании вычислительных систем и др. В основном все работы по имитационной экспертизе выполнены успешно, и заказчики оставались довольны.

В то же время имелись самые различные мнения с точки зрения значимости и восприятия результатов экспертизы заказчиком. Конечно, в большинстве случаев результатам доверяют и реагируют на предложения и рекомендации. Но бывают и такие случаи, когда

заказчик не воспринимает разработанные модели и отказывается их использовать. Например, с такой ситуацией мы столкнулись при сдаче работ на Донском горно-обогатительном комбинате, где возникла классическая ситуация: поначалу заказали одну модель, а по завершении ее создания заказчики захотели увидеть результат работы другой модели. Это происходит в случае, когда заказчик постепенно «входит во вкус» имитационного исследования, начинает понимать суть, предназначение, а самое главное — возможности ИМ. Поэтому он старается получить более детальную модель, не затребованную техническим заданием. Наша рекомендация для всех профессионалов ИМ — более четко и недвусмысленно формулировать функции и задачи модели в ТЗ, требовать от заказчика необходимые исходные данные, заранее согласовывать показатели модели и форму их представления.

В настоящее время мы выполняем несколько крупных имитационных экспертиз, основными из которых являются: исследование транспортной логистики Олимпиады «Сочи 2014» и анализ проектных решений при проектировании Свияжского межрегионального мультимодального центра. Кроме того, проводится целый ряд имитационных экспресс-экспертиз. Например, исследование различных вариантов организации движения поездов по интермодальной ветке.

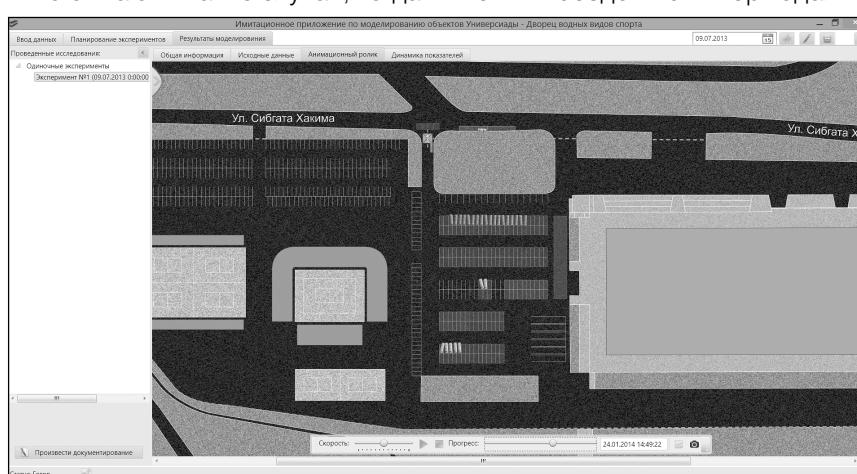


Рис. 5. Движение транспортных средств Универсиады по объекту

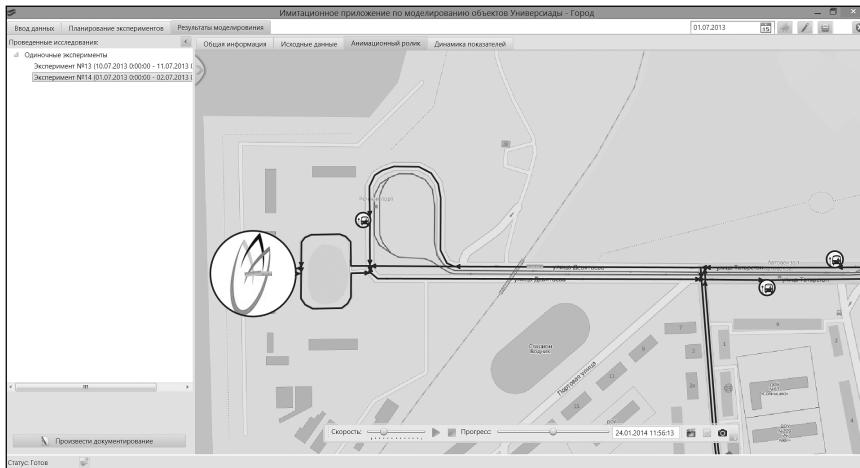


Рис. 6. Движение транспортных средств Универсиады по городу

Перспективы рынка имитационных экспертиз

Как уже говорилось, в настоящее время проводится очень мало имитационных экспертиз. Стоимость одной имитационной экспертизы составляет от ста тысяч рублей для экспресс-экспертизы до нескольких миллионов для детальной имитационной экспертизы. Если предположить, что средняя цена экспертизы 500 тысяч рублей, а их количество в год около 100–200, то имеем объем текущего рынка — примерно 50–100 миллионов рублей на всех профессионалов ИМ. Это мизерная сумма, и такой рынок не интересен инвесторам и крупным игрокам на рынке ИТ-технологий. Поэтому в описываемый сектор вкладывается так мало средств и очень мала конкуренция. Никто не хочет рисковать, ведь главная цель бизнеса — извлечение прибыли.

В то же время рынок имитационных экспертиз имеет громадные перспективы. Пока это видим только мы, представители профессионального сообщества. Появились современные методологии и информационные технологии, позволяющие делать модели быстро, качественно и без необходимости овладения огромным багажом знаний, который требовался ранее. Это позволяет увеличить число потенциальных исследователей. Наш опыт показывает, что развитие ИМ идет

именно в этом направлении, т. е. имитационное моделирование постепенно превращается в инженерный инструмент, и, следовательно, вскоре его сможет применить любой инженер. А раз появится такая огромная армия потенциальных пользователей, то появятся и заказы на имитационные экспертизы.

Если оценить объем рынка имитационных экспертиз в перспективе, то при той же средней стоимости экспертизы и количестве применений в десятки тысяч (допустим от 10 до 50 тысяч моделей) будем иметь объем рынка от 5 до 25 миллиардов рублей. Это минимальные и, вероятнее всего, заниженные цифры.

Общество находится в самом начале пути создания такого рынка. Скоро отношение к имитационной экспертизе изменится, появится множество консалтинговых компаний, предлагающих экспертизы, реальная конкуренция. Но такое будущее не придет само, за него нужно бороться, доказывать нужность государству и бизнесу. У нас для этого прекрасные стартовые позиции.

Заключение

Авторами, совместно с коллегами из Центра имитационных исследований и вычислительных систем АН РТ и компании «Элиан-Компьютер», прилагаются значительные

усилия по превращению Республики Татарстан в регион России, в котором проведение имитационной экспертизы и процесса имитационных исследований стало бы правилом, а в некоторых случаях и законом. Для того чтобы это стало реальностью, планируется в ближайшие годы реализовать следующие шаги:

1. Массовое внедрение в «сознание» чиновников и бизнесменов важности и необходимости применения имитационной экспертизы посредством презентаций в организациях и на предприятиях возможностей и практических применений, освещения основных идей и результатов в СМИ.

2. Постоянное предложение проведения имитационной экспертизы для системного анализа инфраструктурных и сложных проектов, реализуемых в республике. Участие в обсуждении этих проектов на совещаниях, в прессе, работа с непосредственными авторами и исполнителями проектов.

3. Инициирование и принятие на региональном уровне законодательной инициативы о введении обязательной имитационной экспертизы при выполнении крупных проектов, реализуемых за счет бюджетных средств на территории Республики Татарстан.

4. Непрерывное совершенствование научной составляющей и технологии проведения имитационных исследований посредством проведения собственных разработок и привлечения лучших результатов и специалистов ИМ в мире, приближая их к массовым инженерным средствам.

Следует отметить, что в случае успешной реализации работы центра в Республике Татарстан планируется, совместно с Национальным обществом имитационного моделирования, тиражирование данного подхода в других регионах и инициирование принятия отраслевых актов и федерального закона об имитационной экспертизе и порядке ее проведения.

Список литературы

1. Власов С. А., Девятков В. В. Имитационное моделирование в России: прошлое, настоящее, будущее // Автоматизация в промышленности. 2005. № 5. С. 63–65.
2. Девятков В. В. Мир имитационного моделирования: взгляд из России // Прикладная информатика. 2011. № 4 (34). С. 9–29.
3. Девятков В. В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем. М.: ИНФРА-М, 2013. — 448 с.
4. Емельянов А. А. Концепция и возможности акторно-ориентированной системы имитационного моделирования Actor Pilgrim: Часть II // Прикладная информатика. 2013. № 1 (43). С. 41–53.
5. Зуев В. А. Примеры решения логистических задач при создании складских комплексов // Известия вузов, сер. «Машиностроение». 2012. № 4. С. 82–88.
6. Интервью Р. М. Юсупова, члена-корреспондента РАН, директора СПИИ РАН // CAD/CAM/CAE Observer. Latvija: Rīga, 2012. № 2 (70). С. 10–18.
7. Смирнов В. С., Власов С. А., Ваулинский Е. С., Лебедев Б. И. Методы и модели управления проектами в металлургии. М.: СИНТЕГ, 2001. — 176 с.

V. Deviatkov, PhD (Eng.), Director, Elina-Computer Ltd, the city of Kazan, vadimir@elina-computer.ru

M. Nazmeev, PhD (Eng.), Deputy Director, Institute of Informatics, the city of Kazan, nazmeevmunir@mail.ru

S. Vlasov, PhD (Eng.), Department Head, Nanotechnologies and Information Technologies Branch of RAS, Moscow, savlas@yandex.ru

Simulation expertise: application experience and prospects

The article deals with expertise of the simulation using the special computer technology. The state of affairs in the industry is analyzed. The simulation expertise types are classified. The practical examples of simulation expertise and express detailed simulation expertise are demonstrated. Some main directions of expansion of market simulation expertise are formulated.

Keywords: simulation, simulation model, design expertise, expert method, project safety.