

Вторая всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2005

Аналитический обзор

Ю.И. Рыжиков, д-р техн. наук, профессор, ВКА им. А.Ф. Можайского, СПб
А.М. Плотников, инженер, ФГУП «ЦНИИТС», СПб

Дан обзор 2-й Всероссийской конференции по имитационному моделированию с точки зрения используемых методов, языков и систем моделирования, практических применений. Отмечены элементы новизны и недостатки докладов.

The review of the 2-nd Russian Conference on the Imitation Modeling is presented. The points of view are used methods, languages and systems of modeling, application areas. The new elements and deficiencies of reports are noticed.

Вторая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2005 состоялась 19-21 октября 2005 года в ФГУП «ЦНИИ технологии судостроения» (Санкт-Петербург).

Конференция была организована ФГУП «ЦНИИ технологии судостроения» и Институтом информатики и автоматизации РАН (Санкт-Петербург). Работу секретариата обеспечивал ООО «Информационный Издательский Центр «Балтика» (Санкт-Петербург).

1. Общая оценка и результаты конференции

Конференция в целом была очень четко организована и прошла при большой заинтересованности участников. В работе конференции приняли участие специалисты, предприниматели, менеджеры и научные работники 37 городов России, Украины, Беларуси, Латвии и Германии. Труды конференции (в двух томах) были изданы до ее начала. Было сделано 6 докладов на пленарных заседаниях и 99 на трех секциях (теоретической – «*Теоретические основы и методология имитационного и комплексного моделирования*», технологической – «*Средства автоматизации и визуализации имитационного моделирования*» и прикладной – «*Практическое применение имитационного и комплексного моделирования и средств автоматизации моделирования*»). Кроме того, было представлено 33 стендовых доклада и демонстрации.

Лучшие доклады отличались четкой постановкой задачи, определением специфики математической модели, ясностью основного содержания, логичностью выводов. Звучали интересные предложения (распределенное моделирование с использованием Интернета, учет психофизиологических особенностей оператора, акцент на использование модели в качестве средства убеждения заказчиков).

Практически все доклады были оформлены в виде компьютерных презентаций. В некоторых из них эффектно использовались элементы анимации и интерактивной графики. Ряд докладов иллюстрировался непосредственной демонстрацией имитационных моделей.

Многие участники первой конференции представили доклады и на вторую, что свидетельствует о формировании устойчивого сообщества единомышленников (примерно 25% списочного состава докладчиков первой конференции приняли участие во второй конференции). Были упрочены старые контакты и завязаны новые. Всем докладчикам задавались вопросы, и выдерживание регламента требовало немалых усилий руководителей секций.

Некоторые недостатки первой конференции были учтены и исправлены (в частности, большее внимание было уделено сопоставлению систем моделирования).

Были, однако, доклады, в значительной степени повторяющие представленные на первой конференции. Обнаружилось, что студенты и аспиранты (кроме СПИИРАН) по-прежнему не в состоянии внятно доложить выполненную работу.

В заключительный день работы конференции была проведена общая дискуссия. Основные вопросы, вынесенные в общую дискуссию: научные аспекты конференции, состояние и перспективы имитационного моделирования в России, проблемы продвижения методов имитационного моделирования в отечественную промышленность.

Конференция сочла необходимым ускорить работу по созданию Российского общества имитационного моделирования, поручила Оргкомитету создать инициативную группу, доработать и согласовать с потенциальными учредителями пакет учредительных документов и юридически оформить общество.

Конференция вызвала значительный интерес специалистов по имитационному моделированию, способствовала их консолидации и оказалась эффективным инструментом обмена информацией. Она в полной мере отразила сегодняшний уровень теоретических и практических разработок российских ученых и специалистов.

Ниже предлагается обзор сделанных на конференции докладов – в предположении о достоверности их содержания. Для экономии места в тексте и в списке литературы ссылки на доклады сведены к минимуму и даются по фамилии *первого* автора.

2. Развитие имитационного моделирования в России и за рубежом

На первой аналогичной конференции (2003 г.) отмечались давние и хорошие традиции развития и применения моделирования в СССР в период 1960-1980 гг. в науке и технике. Имитационное моделирование широко использовалось в реальном секторе экономики. Тяжелейший кризис последующих двух десятилетий, развал страны и «демократические» реформы привели к утрате связей между научными коллективами и отдельными учеными, прекращению активной деятельности многими из них, нарушению преемственности поколений, приостановке или прекращению ряда перспективных разработок. Умирающая промышленность утратила интерес к практическому моделированию, что иссушило внебюджетные ручейки финансирования исследований.

Мировая наука и экономика в трудные для России последние десятилетия не стояли на месте и интенсивно развивались. За рубежом регулярно проводились конференции по теории и практическим аспектам имитационного моделирования (в частности, ежегодные зимние); оно все шире внедрялось в практику проектирования производственных (в самом широком смысле слова) процессов и оперативного управления ими. В повестку дня встал вопрос о *сплошном* применении цифровых моделей (Digital Factory) для проектирования и эксплуатации производственных систем. Наличие имитационной модели и обоснование с ее помощью выбранного варианта организации (e-manufacturing) в западных странах являются обязательными в комплекте документов, подаваемых на рассмотрение для проектирования или модернизации нового производства либо технологического процесса. Модели используются и для обучения персонала. Известные (и неотъемлемые) недостатки имитационного моделирования вынуждают комбинировать его с аналитическими моделями.

Целый ряд фирм выпускает программные продукты как широкого назначения (модифицируемые), так и специализированные по логистике, отраслям промышленности и социальной сферы – к сожалению, слишком дорогие для условий России (стоимость лицензионной версии свыше 40 тыс. долларов). Наблюдается тенденция перехода от разработки «самодельных» (пусть даже усилиями мощных промышленных фирм) систем моделирования к заказу их *профессиональным* разработчикам моделей.

Наметившийся рост экономики в России взбудрил оставшихся (главным образом в высших учебных заведениях) энтузиастов моделирования, оживил их интерес к преподаванию моделирования, теоретическим исследованиям и прикладным разработкам. Анало-

гично обстоит дело и в странах СНГ. **Н.Н. Лычкина** полагает, что можно говорить о втором рождении имитационного моделирования в России. В проекте концепции Федеральной целевой программы «Национальная технологическая база» на 2007-2011 годы (разработка Министерства промышленности и энергетики РФ) в разделе VII «Технологии интеллектуальных технических систем» имеется отдельное направление – «Разработка технологий имитационного моделирования сложных технических и социально-технических систем».

В пленарных докладах (**А.В. Борщев**, **Н.Н. Лычкина**, **Б.В. Соколов**) отмечается заметный рост бизнес-сообщества к проблемам имитации и оптимизации производственных и иных экономических процессов, чего, к сожалению, нельзя сказать о правительственном уровне – потенциальных потребителях *макроэкономических* моделей (**И.Г. Поспелов**). Заказчики систем имитации восприняли, наконец, старую идею *интерактивной* технологии программирования с разработкой при их участии «быстрого прототипа». Внедрение объектно-ориентированного программирования, появление визуальных конструкторов ускорило и удешевило разработки (**А.В. Борщев** считает даже, что «в технологии программирования произошли революционные открытия»). Была создана российская система комплексного моделирования AnyLogic.

Интенсивно развивались многоагентное, агрегативное и распределенное моделирование. Продолжались работы на стыке массового обслуживания (теории очередей) и имитационного моделирования. Разработанные модели включались в контур оперативного управления.

Моделирование введено в учебные планы не только компьютерных, но и ряда экономических специальностей. Открыта подготовка специалистов по информационным технологиям применительно к основным областям применения. Дисциплина «Моделирование систем» из разряда специальных перешла в общепрофессиональные (**Б.Я. Советов**, **С.А. Яковлев**), т. е. стала «ближе к массам». Все это, по мысли докладчиков, должно «способствовать повышению конкурентоспособности российского образования» (непонятно только, кто от этого выиграет). Издан ряд учебников, из которых написанные **Ю.Г. Карповым**, **Ю.И. Рыжиковым** и **В.Н. Томашевским** распространялись на конференции.

В сети Интернет появились сайты, посвященные имитационному моделированию (gpss.ru, simulation.org.ua, gpss-forum.narod.ru, xjtek.com и др.).

3. Теория и технологии моделирования

3.1. Основы моделирования

В этой категории следует упомянуть доклад **В.Л. Конюха** о развитии средств моделирования; **Н.Н. Лычкиной** с обзором современных технологий моделирования; постановочный доклад **Б.В. Соколова** о квалиметрии моделей. **Н.Н. Лычкиной** утверждается, что в экономическом анализе имитационное моделирование является одним из наиболее универсальных инструментов в части финансового, стратегического планирования, бизнес-планирования, управления производством, проектирования и реинжиниринга. Отмечены следующие плюсы имитационного моделирования в процедурах принятия решений: естественный и удобный инструмент для принятия решений, возможность учета субъективные предпочтения эксперта и его опыта в процессе принятия решений, возможность динамического анализа сценариев развития.

Ю.И. Рыжиков провел оценку эффекта от применения методов понижения дисперсии результатов моделирования на классической задаче системы обслуживания М/М/1 (эти технологии не новы, но, к сожалению, не применяются практиками). Он предложил несколько полезных приемов: логарифмическая шкала выдач, ускоренная генерация распределенных начальных установок для мультипликативных датчиков случайных чисел, расчет эффекта условной имитации.

В.Д. Левчук сравнивал известные подходы к определению периода нестационарности имитационной модели.

А.А. Мусаев рассматривал самоорганизацию имитационных моделей на основе генетических алгоритмов. Он определил сущность дарвинистской теории как «изменчивость, селекцию и отбор» (заметим, что селекция – это и есть отбор!). В его работе отсутствует процедура «скрещивания» отобранных родителей, что вынуждает оценить ее как *шаг назад* в сравнении с моделями, обсуждавшимися на прошлой конференции.

В работе **А.М. Пуртова** предлагается для упрощения моделирования сетей обслуживания применить свертку графов. Однако обсуждаемая задача гораздо проще решается через преобразование Лапласа распределения времени пребывания заявки в сети.

Большой интерес вызвал доклад авторского коллектива ВЦ РАН (руководитель акад. **А.А. Петров**) о разработке динамических моделей экономики – главным образом как пример масштабного и квалифицированного использования математического аппарата. Особенно хочется отметить формальное определение синтаксиса записей (бэкусова нормальная форма), оперативную верификацию моделей (контроль балансов и размерностей) и интегрирование разработки в среду системы компьютерной алгебры Maple. Этот доклад, вообще говоря, не вполне соответствовал тематике конференции, но близко соприкасался с ней и оказался чрезвычайно полезен для «настройки» исследователей по имитационному моделированию.

Новой версии системы автоматизации моделирования Когнитрон для экономического моделирования были посвящены два доклада **В.Е. Марлея**. Описываются основные особенности системы автоматизации моделирования на основе алгоритмических сетей (нагруженные графы, вершинам которых сопоставлены операторы или ссылки на другие модели, а дугам – переменные). Алгоритмические сети отображают причинно-следственные и временные связи между явлениями из сценария моделируемого процесса в вычислительные связи между операторами. Структурно система представляет собой совокупность нескольких программных модулей: графический редактор алгоритмических сетей, имитатор моделей, модуль визуализации результатов моделирования и модуль ввода экспериментальных данных.

3.2. Агентное моделирование

Агентное моделирование являлось одним из лейтмотивов конференции. Под интеллектуальным агентом понимается объект, имеющий внутреннюю структуру, собственное поведение и возможность взаимодействия с другими агентами. Каждый агент имеет неполную информацию и/или недостаточные возможности для выполнения общей задачи и при отсутствии централизованного управления выполняет ее в кооперации с другими агентами. Этому виду моделирования было уделено большое внимание уже в пленарных докладах.

А.В. Борщев в основном пропагандировал для решения задач данного класса систему AnyLogic и демонстрировал разнообразные примеры ее использования – в частности, для исследования динамики употребления агентами алкоголя в России и ассимиляции испаноязычного населения США. Однако идея заменить многоагентной имитацией кинетическую теорию газов представляется малопродуктивной.

И.Г. Поспелов (уже упоминавшийся доклад группы **А.А. Петрова**) рассматривает объекты макроэкономической системной динамики как макроагентов, в процессе взаимодействия которых устанавливаются ключевые параметры модели (цены).

Доклад **С.А. Казакова** обсуждает динамическое распределение сетевых ресурсов между агентами. При этом было заявлено, что брокер не имеет своих целей. Потребитель все деньги тратит на ресурс – чтобы потом заработать деньги и снова потратить их на ресурс. Подобная модель – и то после серьезной доработки – может описывать разве что залы игровых автоматов. Может быть, это и подразумевалось под Grid?

Н.Б. Кобелев предложил формальное описание структуры *универсальной* имитационной модели многоагентного моделирования открытых систем. Претензия на универ-

сальность (и не только в этом докладе) должна быть сразу отклонена уже с философских позиций и по мировому опыту создания программных систем самого различного назначения. Предложения докладчика относятся в лучшем случае к предпроектной стадии; какие-либо сравнения с аналогичными идеями и разработками, а также выводы отсутствуют; компьютерная эффективность в связи с непомерной нагрузкой на диспетчер наверняка окажется низкой.

С.В. Акимов также предлагает универсальную имитационную модель, но с оговоркой – для «класса объектов». Правда, этот класс никак не определяется. Далее он описывает трехуровневый процесс разработки прикладной модели: идентификации, спецификации и имитации. В связи с отсутствием реальных примеров содержание этих понятий расшифровывается с трудом. К тому же, разработку программного изделия обычно *начинают* со спецификации. Заслуживают внимания сокращенные обозначения для желаемых моделей типа используемой в теории очередей нотации Кендалла. Синтез конечного продукта предлагается проводить на основе модульного программирования – на самом деле имеется в виду *сборочное* (хотя бы и с использованием модулей).

Доклад **В.Г. Гавриленко** о разработке в среде AnyLogic симулятора сенсорных сетей был интересен детальным моделированием физического уровня (в частности, интерференции и дифракции радиоволн с учетом рельефа местности), а также учетом реальных протоколов обмена информацией.

И.В. Котенко моделировал компьютерные атаки с участием двух *бригад* агентов: нарушителей и защитников. Отмечается, что для организации атаки злоумышленники должны предварительно взломать ряд компьютеров, что «усложняет не только защиту от атаки, но также ее обнаружение» - но это усложняет и организацию атаки, далее не обсуждается и в модели не отражается.

В докладе **А.И. Микова** обсуждается автоматическое доопределение имитационной модели агента. Предварительно перечисляются типы агентов: автономные, мобильные, интеллектуальные, социальные, персональные ассистенты и др. Эта классификация неудачна уже потому, что конкретный агент может относиться ко всем перечисленным типам одновременно. Собственно процесс доопределения описывается в терминах формальных грамматик. Термин «рутина» в докладе не определен (можно, однако, обнаружить сходство с конечным автоматом) и к тому же цепляется за понятия подпрограммы (subroutine) и маршрута (route). Поэтому операция «наложения рутины на виртуальную вершину» осознается с трудом. Парадоксально звучит заключительная фраза доклада: он «позволяет избавить исследователей от *рутинной* работы».

К «автоматному» направлению можно отнести и доклад **В.М. Шпакова** о транзитивной модели динамических процессов – как дискретных, так и смешанных. Эта идея реализована в прототипе среды моделирования динамических систем (СПИИРАН).

Е.А. Юршевич моделировала в среде AnyLogic городской трафик. Данная работа отличается обстоятельностью и явной направленностью на реализацию. Основной результат – библиотека классов для адаптации AnyLogic к обсуждаемой предметной области.

3.3 Агрегативное моделирование

Агрегативное моделирование (кусочно-линейные агрегаты) по существу содержится в классическом событийно-ориентированном дискретном моделировании. Оно просто описывает процесс в иных терминах, и его применение в значительной степени является делом вкуса или привычки. Этот подход использовался в докладе **А.А. Молева** о полунатурном моделировании радиоэлектронных систем, причем для описания агрегатов, их состояний и операторов применялся объектно-ориентированный подход. В докладе **В.Г. Хлопяка** введение упрощенных X-агрегатов рассматривается как универсальный подход к созданию имитационных моделей: «определение агрегата строится из общих представлений о характере функционирования объектов реального мира», однако сущность упрощения четко не прописана. Предлагаемые основной и оперативный «почтовые

ящики» по сути не отличаются от цепей будущих и текущих событий GPSS соответственно.

3.4. Распределенное моделирование

Распределенное моделирование (в смысле моделирования на многопроцессорных и многомашинных системах) в условиях России рассматривается как несколько преждевременное – главным образом в связи с недостатком заказов. В докладе **А.И. Микова** обсуждалась его реализация в системе Triad.Net. **В.В. Окольников** представил систему распределенного имитационного моделирования «Мера», пригодную, в частности, для реализации на МВС-1000. Система «Мера» имеет многослойную структуру (ядро, последовательная машина, распределенная машина, коммуникационная машина) и допускает реализацию под операционными системами Linux, QNX-4, Windows – в частности, на однопроцессорных комплексах.

3.5. Средства моделирования и визуализации

Докладчики отмечали, что отечественные разработки уступают зарубежным главным образом в технологиях реализации. Некоторые не поддерживают графическую разработку модели, представление результатов, нетрадиционное поведение модели, сбор нестандартной статистики. Подчеркивалось, что визуализация моделирования позволяет:

- проверить адекватность модели реальной ситуации;
- обеспечить контроль пользователя над механизмом функционирования;
- повысить интерес заказчиков и облегчить внедрение и применение системы.

Наблюдается четкая тенденция перехода к графической среде разработки моделей: сборке их из стандартных блоков (наподобие общеизвестной системы Visio) с их последующим соединением, спецификацией параметров и взаимодействия. Такие модели обсуждались в пленарном докладе **Ю.И. Толуева**.

Т.В. Девятков разрабатывал визуальную среду графического построения GPSS-моделей на основе библиотеки классов для основных понятий технологических понятий (графическое представление результатов пока оставлено в стороне). Модель генерируется из стандартных элементов среды и пользовательских GPSS-шаблонов; генератор модели написан на языке PascalScript.

К.М. Максимов дает обзор Visual Imitak – программного инструмента для создания и отладки имитационных моделей, анализа результатов моделирования и автоматизации модельных экспериментов. Процесс представляется в терминах потоков. Пользователь в главном окне модели строит модель из структурных элементов системной динамики – накопителей, темпов, констант, массивов. Затем он устанавливает связи между объектами и переменными, записывает уравнения и значения констант. В распоряжении пользователя имеется набор встроенных функций, включая математические, статистические и др. Имитационная модель работает совместно с СУБД и при работе с моделью допускает запросы на языке SQL. Результаты можно представить в виде графиков, в том числе трехмерных.

В.Н. Томашевский описывает систему моделирования ISS 2000, генератор программ которой создает модели на GPSS с возможностью последующего вмешательства квалифицированного пользователя.

В докладе **А.Г. Королева** предложен Object GPSS - реализация аналога GPSS средствами Delphi. По мнению автора, в такой системе основные усилия разработчика моделей будут тратиться на саму модель, а не на борьбу с «особенностями» GPSS.

Предложенная **В.М. Шпаковым** среда моделирования «HyDuSS» предназначена для разработки моделей многоуровневых распределённых динамических систем, прежде всего современных систем управления и автоматизированных технологических комплексов.

Вопросам автоматизированного анализа качества имитационных моделей посвящен доклад **А.А. Мусаева**. Предлагается вариант построения программного комплекс ис-

питания, отладки и верификации имитационных моделей. В его основу положены средства тестирования классов математических моделей, основанные на статистическом и «кибернетическом» подходах.

А.В. Приступа представил инструмент объектного моделирования ObjectSim. Модель собирается из стандартных элементов, для каждого типа которых имеется окно настройки. Допускаются авторские компоненты пользователя. Каждая компонента имеет порты входа и выхода, переменные и константы. Пользователь может написать на Pascal-Script собственные обработчики для процессов входа в элемент и выхода и сбора нетипичной статистики. Возможны интеграция системы с Microsoft Word и Excel, экспорт графики в распространенные форматы.

3.6. Сети Петри

Сети Петри являются, по существу, одной из форм имитации дискретных процессов. Они были в моде лет 20 назад, когда с их помощью надеялись *рассчитывать* упомянутые процессы (без имитации). **В.Л. Колюх** докладывал об имитаторе сетей Петри, ориентированном на непрограммирующих пользователей и работающем как в тактированной системе, так и в схеме «от события к событию». На базе этого имитатора предлагается цикл лабораторных работ, ориентированных на различные задачи горного дела, планирование поставок распределенным потребителям, обеспечение отказоустойчивости роботизированных сборочных линий и конвейеров.

3.7. Информационная безопасность

Информационная безопасность считается одной из актуальнейших проблем современной информатики. В докладе **А.А. Фролова** были заявлены концепция и модель эффективного управления информационной безопасностью крупных автоматизированных информационных систем. Были приведены структуры совокупности базовых документов, этапы создания системы безопасности, алгоритм ее автоматизации и поддержки принятия решений, однако четкое определение *концепции* отсутствовало.

В докладе **В.Ф. Волкова** обсуждались два вида имитационных моделей – концептуальная (для оценивания временных функционалов «проектной войны») и прогнозная (для корректировки долгосрочных программ вооружений).

В докладах **И.В. Котенко**, **М.В. Степашкина** и **О.В. Черватюк** моделировались атаки злоумышленников и политики безопасности в компьютерных сетях.

А.В. Алексеев предложил состав и структуру имитационной системы для исследования антитеррористической и противокриминальной защиты объектов.

4. Средства моделирования

Большинство докладчиков использовало GPSS World. Приятно отметить попытки избавиться от известных недостатков этой системы, погружая ее (точнее, заново реализуя некоторый аналог) в среде Delphi (**А.Г. Королев**) или используя Delphi-генератор GPSS-программы (**В.М. Гостев**). Применялись также системы SMPL, Vensim, AnyLogic, Simplex, VPsim, ISS2000. В докладах **С.В. Терентьева**, **Н.Н. Лычкиной** и **И.В. Яцкив** даны полезные обзоры и сопоставление применяемых в России зарубежных и отечественных пакетов моделирования. Добавим к этому, что аналогичные материалы распространялись и на подготовленном **В.Л. Колюхом** компакт-диске.

5. Практическое применение имитационного моделирования

Диапазон представленных докладов по областям применения оказался также широк, как и на первой конференции: глобальные и региональные социально-экономического системы, банковская деятельность, организация промышленного производства (легкая промышленность, электроника, судостроение, металлургия), связь и телекоммуникации, транспортные системы (авиация, нефтепроводы, автотранспорт), логисти-

ка, промышленные технические системы, подготовка специалистов, обучение в высшей школе.

В нижеследующем обзоре доклады по возможности сгруппированы.

5.1. Региональные модели социально-экономического развития

Наиболее масштабным проблемам посвящен пленарный доклад **Н.Н. Лычкиной** о современных технологиях имитационного моделирования и их применении в информационных бизнес-системах и системах поддержки принятия решений. Приведен сравнительный анализ систем и пакетов имитационного моделирования.

В пленарном докладе **И.Г. Пospelова** рассмотрена система ЭКОМОД для разработки и исследования динамических моделей экономики. Система поддерживает все этапы работы с моделью: от написания соотношений до расчетов и анализа результатов и реализована в среде компьютерной алгебры Maple. Разработанная технология моделирования была использована при создании модели для оценки теневого оборота в российской экономике по заказу Агентства по налогам и сборам РФ. В этой модели развитие экономики описывается как результат взаимодействия: производителей, банков, домашних хозяйств, собственников, государства. Полное описание модели состоит из 92 разнородных равенств, неравенств и условий дополненности, связывающих 73 переменных и содержащих 34 параметра. Значения параметров были определены из различных соображений, в том числе воспроизведения показателей развития экономики за 2000-2003 гг. Приведены результаты расчетов по модели значений трех наблюдаемых величин: *реального ВВП, темпа инфляции и объема кредитных вложений* за 16 кварталов в сопоставлении со статистическими данными. На будущее модель прогнозирует постепенное затухание экономического роста при сохранении достаточно высокой инфляции и усилении колебаний.

В докладе **А.В. Горохова** разработан комплекс имитационных моделей основных отраслей экономики Мурманской области. С помощью моделей отыскиваются внешние и внутренние параметры, наиболее влияющие на поведение региональной социально-экономической системы. Моделирование выполнено в рамках регионального проекта «Разработка стратегии экономического развития Мурманской области на период до 2015 года».

В докладе **М.С. Кобылкина** сделан акцент на социальные сферы (здравоохранение, жилой фонд, социальное обеспечение, образование, культуру), а также описание демографических, экономических и финансовых процессов. Модель позволяет проводить прогнозирование социально-экономического развития региона, уровня жизни и выполнять комплексный анализ вариантов управленческих решений по перспективному социально-экономическому развитию регионов.

Е.В. Крысов анализировал бюджет домашних хозяйств на примере статистической выборки города Кирова. Выполненный анализ подтвердил существенное расслоение общества. Автор обращает внимание на закрытость социально-экономической информации.

С помощью системы Когнитрон (два доклада **В.Е. Марлея**) решались задачи прогнозирования и балансирования планов в макроэкономике, разработаны модели годового и пятилетнего планирования для Госплана РСФСР, эколого-экономическая модель озера Севан, модель процесса производства стекла, модель энергоснабжения судна.

А.Н. Швецов моделировал эффективность рассмотрения обращений граждан в отделе писем и приема граждан Правительства Вологодской области.

5.2. Банковская деятельность

Д.И. Амелин моделировал кредитно-депозитарные операции коммерческого банка с оцениванием доходности и рискованности. Модель отражает формирование потока возвращаемых заемных средств и процентов по ним и дает возможность многовариантного анализа управленческих решений. На ее основе предполагается определение процентных ставок по депозитарно-кредитным операциям в одном из коммерческих банков г. Орла.

Ту же проблему исследовал **Е.П. Бочаров**. Его анализ показал, что интуитивные подходы к определению процентных ставок по депозитам и кредитам в условиях острой конкуренции становятся недостаточными. Отмечена полезность применения подобных моделей в образовательном процессе.

5.3. Организация промышленного производства

Большинство моделей производства обычно включают: детальные модели производства для анализа узких мест и загрузки оборудования, комплексное управление логистическими процессами, выбор стратегий управления запасами, анализ финансово-экономического состояния предприятия, оперативное и календарное планирование.

Металлургия. В докладе **В.А. Арашкевича** имитационное моделирование используется для анализа работы технологического и подъемно-транспортного оборудования конвертерного производства ОАО «Северсталь». Промоделированы варианты реорганизации отделений первичной переработки шлака, работа загрузочного пролета цеха выплавки, совместная работа ряда пролетов (ковшового, внепечной обработки стали, раздачного) и участка непрерывной разливки стали. Учитывались реальные графики вывода основного оборудования на техническое обслуживание и ремонт. Результатом стали выданные заказчику оптимальные циклограммы.

Приборостроение. Центральным элементом модели **С.В. Терентьева** является сетевой график производственного процесса. Учитываются взаимозаменяемость ресурсов и их совместное использование, степень участия человека, количество одновременно обрабатываемых деталей и время на переналадку оборудования, а также моменты запуска в производство отдельных деталей.

Разработанная **В.Н. Волковым** имитационная модель реализует *процессный* подхода к единичному и мелкосерийному производству. Особое внимание обращалось на выявление зон пересечения полномочий разных подразделений, гибкий переход между уровнями управления, интегрируемость в информационную систему предприятия.

Электроника. В докладе **В.В. Дьячкова** исследована имитационная модель сборочного производства персональных компьютеров. В качестве «атомарного элемента» выбрана заявка на сборку одного компьютера. Модель позволяет учесть все значимые временные задержки, количество линий, график работы (число смен, выходные и праздники), объемы мест тестирования, размеры транспортных тележек). Выполненные расчеты опирались на накопленную предприятием трехгодичную статистику.

Судоостроение. Опыт применения методов имитационного моделирования в задачах разработки оргтехпроектов модернизации действующих производств судостроительных предприятий изложен в докладе **А.М. Плотникова**. Представлены имитационные модели функционирования комплекса подводного судостроения предприятия ФГУП «Адмиралтейские верфи» и корпусообрабатывающего производств предприятия ОАО «Северная верфь». Моделирование выполнялось для оценки принимаемых проектных решений по реконструкции и модернизации производства.

Строительство и смежные отрасли. В докладе **В.Д. Ермошина** представлены результаты внедрения модели процессного управления в цехе по производству печатных валов для обойного производства (ОАО «Саратовские обои»). Спрогнозированы пиковые нагрузки на оборудование цеха, для их устранения предложена оптимизация производственной программы. Перепланирована загрузка лазерных гравировальных установок, нерациональная эксплуатация которых приводила к их крайне высокому износу.

Имитационное моделирование нештатных ситуаций гибкого многоассортиментного производства гранулированных пористых материалов рассмотрено **И.В. Новожиловой**. Ее модель ориентирована на обучение операторов.

5.4. Связь и телекоммуникации

Вопросы общего характера, возникающие при моделировании телекоммуникационных корпоративных систем, рассмотрены в докладе **Ю.И. Воротницкого**. Подчеркнута важность этапа *формализации* описания системы.

В.М. Гостев рассматривал проектирование сетей передачи данных. Он рекомендует в рамках комбинированного подхода использовать преимущества как аналитических моделей (на этапах формирования и корректировки проекта), так и имитационных (на этапе оценки качества и эффективности полученного проекта).

Исследование мультисервисных сетей выполнено **Д.Ю. Пономаревым**. В качестве модели мультисервисной сети предложена сеть массового обслуживания с отдельными генераторами запросов на услуги разного вида.

В.Д. Боев рассматривал предоставление услуг средств связи как бизнес-процесс.

В докладе **Т.М. Татарниковой** моделируется многопортовое устройство сопряжения матричного типа. Отмечается полезность имитации для выявления случаев несбалансированного трафика, когда применение конкретной модели коммутатора для данной сети заведомо неприемлемо.

В докладе **В.Д. Боева** изложены особенности решения прямой и обратной задачи в системе моделирования. Прямая задача заключается в нахождении оценки математического ожидания какого-либо показателя моделируемой системы при заданном времени ее функционирования. *Обратной* задачей автор считает оценивание времени функционирования моделируемой системы, за которое какой-либо ее показатель достигает заданного значения. Постановка такой задачи представляется сомнительной: из нее исчез вероятностный аспект, да и показатель может оказаться недостижимым.

А.Н. Козловым выполнен анализ производительности банковского центра, обрабатывающего запросы по переводу средств от кредитных организаций из других регионов. Разработана статистическая модель рабочей нагрузки. Предложена методика определения числа центральных процессоров в зависимости от параметров рабочей нагрузки.

В докладе **М.Л. Федоровой** рассматривается задача укомплектования модемного пула Интернет-провайдера необходимым количеством модемов, которая сводится к классической задаче Эрланга. В другом ее докладе имитация применялась для расчета характеристик вычислительного кластера.

5.5. Транспортные системы и логистика

О.В. Дегтярева представила программный комплекс моделирования процессов организации и управления воздушным движением в воздушном пространстве РФ. Подчеркнуто, что для моделирования управляемых полетов требуется полноценное динамическое моделирование (решение дифференциальных уравнений).

Д.А. Иванов предлагает для управления логистическими цепями объединить аналитико-имитационный и мультиагентный подход и приводит примеры реализации.

В докладе **Д.А. Тулубаева** представлена имитационная модель-тренажер системы диспетчерского управления магистральным нефтепроводом.

Модель системы запасов нефтепродуктов предложена **И.М. Якимовым**.

И.В. Яцкив рассматривала модель реальной транспортной развязки в г. Рига, выполненную по заказу городской думы. Основными целями были: выбор оптимальной организации движения на перекрестке и оценка пропускной способности для каждого варианта движения; оптимизация работы сигнальных устройств; анализ мероприятий по облегчению движения грузового транспорта. Предполагается создание на базе модели адаптивного управления движением как на локальных перекрестках, так и на комплексных участках дорожной сети.

С.В. Микони рассматривал составление графика движения с учетом обеспечения требуемой расстановки на ночь поездов метрополитена. Им была принята многоагентная парадигма. В качестве агентов использованы станции, а в качестве управляемых объектов – поезда.

5.6. Технические системы

Е.Г. Серова предложила модель формирования производственных структур комплексов технических средств освоения морских нефтегазовых месторождений.

В докладе **М.А. Долматова** описана модель анализа функционирования рыбообрабатывающего комплекса промыслового траулера. Исследована обработка минтая, горбуши и сельди. В состав модели включено обрабатывающее, морозильное и транспортное оборудование, бункера приема и промежуточного хранения, обслуживающий персонал. Эксперименты позволили выбрать оптимальные режимы, определить реальную пропускную способность комплекса, сократить предполагаемую численность персонала цеха.

И.А. Цыганкова проводила на имитационной модели комплексные исследования лазерных информационно-измерительных систем.

В.А. Коковин имитировал таймерную систему ускорительного комплекса ИФВЭ как при проектной конфигурации и существующих условиях, так и при значительном увеличении числа узлов системы и интенсивности таймерных сообщений. К сожалению, по тексту доклада трудно установить специфику таких сообщений и модели в целом.

М.Ю. Охтилев моделировал работу систем реального времени. Предлагаемая информационная технология реализована в системах контроля и управления сложными технологическими процессами: в ракетно-космической отрасли (при управлении разгонными блоками и некоторыми типами космических аппаратов), в атомной энергетике (АСУ энергоблоков Курской и Ленинградской атомных электростанций).

О.И. Седяков оценивал систему пожарной безопасности персонала предприятий легкой промышленности в чрезвычайных ситуациях. Основная часть доклада описывает аналитическую модель динамики развития пожара (уравнения в частных производных). *Имитировать* предполагается многоагентные людские потоки. Им же выполнена оценка шумового воздействия технологического оборудования на персонал обувного предприятия (в том числе *во время сна* – на рабочем месте?).

Ю.В. Мионов моделировал планирование использования космической информации наземными потребителями.

В докладе **Ф.Ф. Гильфановой** рассмотрено построение циклограмм работы ГПС с использованием приоритетных правил обслуживания в АСУ ГПС.

М.А. Беляевой предложена математическая модель процесса тепловой обработки биопродуктов животного происхождения. Модель позволяет определить продолжительность тепловой обработки и рациональные параметры режима процесса.

В.А. Кондратьев рассмотрел вопросы структурно-параметрического синтеза комплектного электромагнитного привода с использованием положений имитационного моделирования.

А.С. Анищенко выполнял имитационное моделирование репликационных потоков информационной системы газодобывающего предприятия. Модель ориентирована на выявление потенциальных проблем с эксплуатацией системы при увеличении нагрузки.

5.7. Информационные системы

Ю.А. Ивашкин применил агентное моделирование к рыночной ситуации с конкурирующими фирмами – производителями товаров. Утверждается, что такая имитация вскрывает и объясняет механизм стратегий агентов в конфликтных ситуациях.

Д.Н. Верзилин рассматривал процессы управления активными подвижными объектами (АПО). Выявлены конфигурации АПО, для которых незначительное увеличение нагрузки приводило к резкому снижению пропускной способности АСУ (многократному росту количества невыполненных операций взаимодействия).

Построение модели стандартного процесса организации, разрабатывающей программные изделия, описано в докладе **А.В. Иконниковой**.

Вопрос создания системы ситуационно-имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов рассмотрен в докладе **К.А. Аксенова**.

5.8. Моделирование в образовании

В докладе **Ю.Н. Алексеева** рассмотрено применение системы динамического моделирования ИМИТАК в учебном процессе. С помощью этой системы построена имитационная учебная модель Липецкого металлургического комбината.

Подготовка специалистов в области гибкой автоматизации машиностроительного производства описана в докладе **А.И. Сергеева**.

Опыт использования пакета AnyLogic в системе подготовки специалистов на факультете информационных и телекоммуникационных технологий рассмотрен в докладе **К.В. Кумунжиева**.

Применение методов моделирования процессов в подготовке специалистов железнодорожного транспорта обсуждал **Ю.В. Денисенко**. Модель ориентирована на отработку как типовых действий участников перевозочного процесса, так и «разруливания» нестандартных ситуаций. Модель реализована на лабораторно-тренажерной базе Ростовского государственного университета.

5.9. Разное

В.В. Михайлов рассматривал моделирование таймырской популяции северных оленей с учетом среды обитания – кормовой базы, пищевых конкурентов, хищников, климатических условий ареала, антропогенных и техногенных воздействий. При этом собственно к имитации относилась лишь пространственно-временная миграция оленшков.

Моделирование организации лечебно-эвакуационных мероприятий в авиационной дивизии вследствие боевых потерь предпринято **А.В. Висловым**.

6. Недостатки докладов

Не то моделирование. Ряд докладов не имел практически никакого отношения к тематике конференции: блочное шифрование (фактически применялся метод Монте-Карло), моделирование резонаторных СВЧ-приборов, качество обработки многолучевого сигнала, тепловая обработка биопродуктов, космическая сварка, пожароопасность предприятий легкой промышленности, синтез электромагнитного привода, бюджет домашнего хозяйства. В перечисленных докладах задача доводилась до системы дифференциальных уравнений в частных производных. Любопытно было узнать, что динамика домашнего бюджета описывается уравнением Фоккера-Планка.

В части таких докладов лишь *намечались* связи с имитационным моделированием. Например, в «пожарной» задаче предполагается многоагентная модель людских потоков при эвакуации. Попытка учета паники и давки имела бы значительную ценность и широкие приложения.

В проблеме оленеводства опять же «компьютерная модель имитирует метаболические реакции организма в широком диапазоне погодных и температурных условий», но собственно к имитации относится лишь малая часть доклада: пространственно-временная динамика популяций оленей.

Бессодержательность доклада даже по самооценке («продемонстрирована возможность применения имитационного моделирования», «еще раз показана универсальность протоколов событий»).

Банальности. На конференции такого уровня неуместны: подробное изложение идеи событийного моделирования, стандартное сопоставление возможностей аналитических и имитационных методов, рассуждения о сложных системах и CASE-технологии проектирования систем, описание компонент алгоритмов «генетической» оптимизации.

Неполнота модели. В моделировании кредитного портфеля нет *модели клиента*.

Глобальные претензии. Авторы некоторых докладов слишком много на себя берут, заявляя о создании «концепций», «методологий», *универсальных* систем моделирования, моделировании *всех* типов систем обслуживания, реализации «онтологического под-

хода» к созданию логистических систем. Кстати, новая концепция как таковая (новое системообразующее основание) во всех перечисленных случаях отсутствовала.

Было заявлено об *уникальных* математических методах и *уникальном* же авторском алгоритме анализа области оптимизации. Следовало бы раскрыть содержание уникальности и как минимум – смягчить формулировку.

«Обурбачивание» проблемы (нагромождение «постановочных» конструкций из абстрактной алгебры и теории категорий) вместо попытки ее реального решения.

Слабое знание (вплоть до непонимания основ) теории очередей (массового обслуживания). Постулируется, к примеру, экспоненциальное распределение длительностей обслуживания, «поскольку разброс времени обслуживания относительно среднего невелик». Но ведь это распределение имеет *единичный*, т. е. весьма значительный, коэффициент вариации, и из упомянутого постулата вытекает необходимость рассмотрения *регулярного* обслуживания. В другом докладе говорится о распределении времени обслуживания – Эрланга 1-го порядка, а в тексте программы используется – второго.

В «военно-медицинском» докладе утверждалось, что «очередь образуется при интенсивности потока 13 раненых в час и более». Но ведь процесс-то случайный, и надо говорить об *ожидаемой* длине очереди, которая будет отличной от нуля при сколь угодно малой интенсивности потока. Определяется «среднеквадратическое отклонение для максимальной задержки в очередях» – надо было говорить о среднеквадратическом отклонении задержки и о наблюдаемом максимуме таковой.

В ряде докладов игнорируется присущий анализируемой ситуации *групповой* характер заявок (лечебно-эвакуационная работа медслужбы дивизии, сборка персональных компьютеров). Это обстоятельство радикально меняет результаты расчета! С помощью аппарата для стационарных ситуаций обрабатываются нестационарные (та же медслужба, обращения граждан в учреждения – как правило, перед началом обслуживания уже имеется очередь, которая слабо пополняется со временем). К тому же, в обоих обсуждаемых случаях надо моделировать не систему, а *сеть* обслуживания.

Заявлено, что качество обслуживания и качество функционирования СМО различаются в *единственной* работе (статья в белорусском журнале). Такое различие вот уже сто лет проводится почти в любом учебнике!

Непонимание базовых идей особенно ощущается при обсуждении производительности СМО («ресурс производительности многопроцессорной системы при бесконечном объеме памяти можно считать неисчерпаемым»). Производительность измеряется интенсивностью потока обслуженных заявок, и при неограниченной очереди в стационарном режиме равна интенсивности входящего потока. Производительность может быть ограничена *числом процессоров* и лишь во вторую очередь – нехваткой памяти.

Заявлено, что «при увеличении числа модемов за 51 уровень потерь стабилизируется на 4%». Он *должен* продолжать снижаться!

Отчетливо просматривается незнание возможностей современных численных методов теории очередей. Один из авторов считает аналитическое решение задачи Эрланга (система с отказами) непомерно трудным и требующим «программного обеспечения, обрабатывающего большие числа». Спорное утверждение. К тому же, известны простые *асимптотические* зависимости. Почему-то считаются проблемой расчет приоритетных режимов для одноканальных систем, анализ систем обслуживания для распределений с «толстыми хвостами», моделирование с распределениями Парето и Вейбулла, оценка влияния высших моментов на показатели работы системы GI/M/1 (см. материалы первой конференции). Утверждается, что аналитическое моделирование требует от аналитика лишь знания Excel (на предыдущей конференции было заявлено, что «заниматься имитационным моделированием можно, не зная ни высшей математики, ни теории очередей»). Опыт таких «занятий» имеется, но прискорбный. Надо понимать, что *массовое обслуживание есть теоретическая основа предметной области – систем с очередями*, и имитация практических задач хотя и дает некоторые дополнительные возможности, но подчи-

нена *тем же* общевероятностным и специальным законам. Их незнание «имитаторами» есть явный непрофессионализм. Такие сведения необходимы нынешней компьютерной молодежи, натасканной на технологии, но не осознавшей *базовых идей*. В связи с этим нельзя не процитировать В.В. Дьячкова: «Ни один производственник или управленец не будет работать с моделью, требующей знания языка программирования (моделирования) и работы с математическими формулами». Хочется спросить: кого, как и зачем готовят инженерно-экономические вузы («университеты»)?

Столь же огорчительно (по аналогичным причинам), что логистические процессы рассматриваются практически без использования *теории запасов*.

Явные ошибки. Имитационное моделирование рассматривается как средство *анализа* (на самом деле – это инструмент сбора статистики!). Применен оператор объединения множеств вместо декартова произведения. Утверждается, что «распределение $A(t)$ задает время поступления заявки» (вместо интервала между поступлениями), и что «второй момент распределения можно выразить в форме коэффициента вариации». Заявлено, что «аппроксимирующий *полином* является касательной *плоскостью* к поверхности отклика» – плоскость (гиперплоскость) описывается полиномом только *первой* степени! Неудачно понятие нечеткого *числа* (лучше – «величина»). При анализе конвертерного производства помесечная производительность одной плавки за полугодие *суммируется* (вместо усреднения).

Дефекты оформления. Не указаны элементы новизны и полезного эффекта, скудны либо отсутствуют *выводы* (не путать с описанием проделанной работы!). Типичны неудачные перечни целей и особенностей модели (нет внутренней логики, одни пункты являются следствием других).

При классификации видов моделирования не упоминается численное. В перечень исследуемых свойств модели включены одновременно и простота, и сложность. Заявлено, что «пакеты данных должны быть максимально минимальны». Предлагаются «новые формы конкурентной борьбы, основанные на стратегии *взаимодействия* предприятий» – это уже не конкуренция, но сотрудничество! Утверждается, что «задача выбора приоритетных правил зависит от опыта и интуиции проектировщика» – не *задача*, а подход к решению ее!

Пишется о цифровом *производстве* вместо цифровой *модели* производства. Есть точка зрения, что «компьютер помогает *эксперту* в принятии решений» (принято считать ЛПР и эксперта *разными* лицами с различными функциями). Явно неудачен тезис о «потенциальных возможностях». Термин «шаблонное метапрограммирование» используется вместо «метапрограммирование с применением шаблонов». Перегруженная нежелательными ассоциациями «утилизация» заменяет «коэффициент загрузки».

Сюда же отнесем ссылки в тексте доклада на несуществующий рисунок, применение разных значков для одноуровневых пунктов перечней, «стейтчарт» вместо привычного «графа состояний»; ссылки на *цвета* меток при черно-белом воспроизведении рисунка. Блок-схемы алгоритмов дублируются их описанием, на рисунках имеет место смешение русских и английских надписей.

Неприятно видеть в списках литературы к докладам слишком обильное автоцитирование («рекордный» случай – 10 из 12 источников).

Программный комитет конференции сделал из этого обзора надлежащие выводы и ожидает того же от участников будущей ИММОД-2007.

Литература

Материалы 2-й Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика», тт. 1-2. - СПб: ФГУП «ЦНИИ технологии судостроения», 2005.