

## ИММОД – 2003: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

23–24 октября 2003 г. в ЦНИИ технологии судостроения (Санкт-Петербург) состоялась 1-я Всероссийская научно-практическая конференция «Опыт практического применения языков и программных систем имитационного моделирования в промышленности и прикладных разработках»<sup>1</sup>.

Итоги конференции целесообразно осмыслить с разных точек зрения, которые могут быть интересны для разных категорий пользователей: по методам моделирования, инструментальным средствам, областям применения. Ниже предлагается обзор сделанных на конференции докладов в предположении о достоверности их содержания. Оценка полученных результатов дается лишь в случаях, непосредственно затрагивающих научные интересы автора обзора, и может не совпадать с точкой зрения оргкомитета. Ссылки на доклады в тексте сведены к минимуму и даются по фамилии первого автора.

### Развитие имитационного моделирования в России

На конференции отмечались давние традиции развития и использования моделирования в СССР в 1960–1980 гг.: созданы научные школы (прежде всего Н. П. Бусленко); получен ряд практических результатов: языки программирования СЛЭНГ, НЕДИС, СТАМ и другие, система агрегативного моделирования. Семейство GPSS и другие языки моделирования были адаптированы к применявшейся в стране вычислительной технике. Все они широко использовались в реальном секторе экономики.

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 ручки финансирования исследований.

### Современное состояние имитационного моделирования

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

<sup>1</sup> Материалы 1-й Всероссийской научно-практической конференции «Опыт практического применения языков и программных систем имитационного моделирования в промышленности и прикладных разработках». Т. 1–2 – СПб.: ЦНИИ технологий судостроения, 2003.

аспектам имитационного моделирования, оно все шире внедрялось в практику проектирования производственных (в самом широком смысле слова) процессов и оперативного управления ими. На повестке дня встал вопрос о *сплошном* применении цифровых моделей (Digital Factory) в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем. Этот метод дает возможность наблюдать статические объекты, как правило, в виде трехмерных изображений (виртуальная реальность – VR). Наличие имитационной модели и обоснование с ее помощью выбранного варианта проектирования 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. Эта концепция называется e-manufacturing. Убеденными сторонниками ее являются, в частности, ведущие автомобильные компании: Daimler-Chrysler, Mercedes-Benz, BMW, Audi, Toyota. Этот подход применяется и на сборке аэробусов А-380 в Гамбурге (Ю. И. Толуев).

Целый ряд фирм выпускает программные продукты как широкого назначения (модифицируемые), так и специализированные (по логистике, различным отраслям промышленности и социальной сферы). Однако в условиях чрезвычайной сложности и дороговизны этих разработок из европейских компаний только Technomatics и DELMIA претендуют на полное покрытие e-Manufacturing своими продуктами.

В обзорном докладе К. А. Аксенова отмечались типичные недостатки систем моделирования:

- трудоемкость моделирования,
- сложность проведения экспериментов,
- слабость средств моделирования конфликтов за общие ресурсы,
- отсутствие поддержки русского языка.

Недостатки имитационного моделирования вынуждают комбинировать его с аналитическими моделями. Поскольку наиболее широкий класс моделей, охватывающий сборочное производство, транспортные системы, системы логистики, разного вида обслуживающие и коммуникационные системы – это сети массового обслуживания, такие модели и алгоритмы также активно разрабатываются.

### Имитационный ренессанс

Наметившийся рост экономики взбудрил оставшихся (главным образом в вузах) энтузиастов моделирования, оживил их интерес к преподаванию моделирования, теоретическим исследованиям и прикладным разработкам. В настоящее время 150 вузов

России ежегодно выпускают более 10 тыс. специалистов, знакомых с основами компьютерного моделирования. Аналогично обстоит дело и в странах СНГ. Моделирование введено в учебные планы не только компьютерных, но и ряда экономических специальностей. В Интернете появились сайты, посвященные этой проблеме (gpss.ru, simulation.org.ua, gpss-forum.narod.ru). Уже к середине 2003 г. было зарегистрировано 25 729 посещений первого из них (В. В. Девятков). В докладе А. И. Микова сообщается о разработке исследовательского портала «Имитационное моделирование». Вышел из печати учебник В. Н. Томашевского, объявлено о подготовке к изданию еще нескольких.

### Общая оценка и результаты конференции

Конференция прошла при большой заинтересованности участников, ее организацию и научный уровень можно оценить достаточно высоко. Труды конференции были изданы до ее начала. Было сделано пять докладов на пленарном заседании и по 31 – на двух секциях (теоретической и «прикладной»). Кроме того, без выступлений было представлено 13 секционных докладов. Почти все доклады были оформлены в виде компьютерных презентаций; многие секционные и стендовые доклады (последних было запланировано 29) сопровождалась эффектными и поучительными анимациями.

Основная цель каждой конференции – установление единства взглядов, личных и производственных контактов – была достигнута и в данном случае. На итоговом заседании было принято решение впредь проводить конференции по имитационному моделированию регулярно и изучить вопрос о придании им статуса международных (впрочем, и на нынешней конференции были представлены докладчики из Латвии, Германии и США, а также стран СНГ).

Перейдем к обзору содержания докладов по основным группам проблем.

### Методология моделирования

**Общие принципы.** Участники конференции дружно подтвердили свое согласие с известными принципами моделирования сложных систем:

- системный подход при решении задач анализа и синтеза;
- множественность моделей по функциональному назначению;
- множественность моделей по их математической структуре (аналитико-имитационные, лингвистические, логико-алгебраические) и их комбинирование;
- иерархия моделей должна давать упрощенное (агрегированное) описание различных сторон моделируемых явлений;
- в комплекс моделирования должны входить как универсальные (с возможностями настройки) сред-

ства, так и специализированные по предметным областям.

Для моделирования, помимо совокупности моделей, необходимы:

- информационная подсистема, включающая базу (банк) данных, а в перспективе – базу знаний, основанную на идеях искусственного интеллекта;
- система управления и сопряжения, обеспечивающая взаимодействие всех компонент системы и работу с пользователем в режиме диалога;
- средства визуализации хода и результатов моделирования.

Н. Н. Лычкина предложила характеризовать технологический уровень современной системы моделирования следующими ее свойствами:

- универсальностью и гибкостью концепций структуризации и формализации моделируемых динамических процессов, заложенных в систему моделирования;
- возможностями обмена между транзактами информацией об их параметрах и определения времени реализации критических событий – для непрерывных компонент процесса;
- наличием средств проблемной ориентации (система моделирования должна содержать наборы понятий, абстрактных элементов, языковые конструкции из предметной области исследования);
- применением объектно-ориентированных специализированных языков программирования, поддерживающих авторское моделирование и процедуры управления процессом моделирования;
- наличием удобного и легко интерпретируемого графического интерфейса, где схемы дискретных моделей и потоковые диаграммы реализуются на идеографическом уровне, а параметры моделей определяются через подменю;
- использованием развитой анимации в реальном времени;
- возможностью реализации нескольких иерархических уровней представления модели средствами для создания стратифицированных описаний;
- наличием процедур: анализа входных данных; чувствительности к ним; планирования и организации статистического эксперимента; анализа поверхности отклика и процедур оптимизации и др.

**Визуализация моделирования** позволяет:

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

Ряд докладчиков отмечал как недостаток GPSS/W ее неспособность к «фотореалистичной» анимации. Однако даже здесь возможны постпроцессорная анимация, основанная на трассировочных данных, и оперативная анимация посредством PLUS-процедур. Оба упомянутых механизма рассчитаны на использование анимационных пакетов сторонних разработчиков или авторские разработки пользователя.

На рынке существует много анимационных пакетов. Часть из них уже интегрирована в системы моделирования (например, eM-Plant с 3D-анимацией). Из инструментов визуализации считается предпочтительным VRML по следующим причинам:

- язык является открытым, и для начального процесса обучения не нужно покупать дорогие пакеты по созданию анимации (достаточен стандартный Интернет-браузер);

- VRML через Java Script допускает сопряжение с другими программными средствами;

- различные узлы VRML (LOD, SENSOR, INTERPOLATOR), а также методы прототипирования (PROTO) позволяют получать объекты различной степени детализации и повторно использовать объекты (метод порождения), что ускоряет разработку анимации;

- VRML широко применяется в автоматизированном проектировании и, в частности, играет ведущую роль в концепции Virtual Factory.

В докладе Р. Г. Гиниятуллина предложена комплексная технология. Сложные объекты (вагоны метрополитена, грузовики, самолеты) создаются в любом пакете 3D-графики, после чего идет редактирование самой модели VRML с включением в нее ранее созданных объектов. Компоновать объекты в единые сцены можно с помощью пакетов, подобных Internet Scene Assembler.

**Распределенные объекты и распределенное моделирование.** Объекты имитационного моделирования почти всегда являются пространственно распределенными. Для придания им достаточной автономности распределенные интеллектуальные системы должны проходить обучение (самообучение). Соответственно, для их работы (и моделирования таковой) необходимы подсистемы эволюционного развития (медленная, адаптивная с функциями идентификации) и оперативная (С. А. Яковлев).

Новые проблемы возникают при переходе к мультиагентным задачам. Под интеллектуальным агентом понимается объект, имеющий внутреннюю структуру, собственное поведение и возможность взаимодействия с другими агентами (А. В. Борщев). 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. К этим проблемам непосредственно примыкает описание сложного поведения объектов (О. Ю. Яковенко). В частности, в докладе последнего сообщалось о разработке моделей поведения:

- одиночного бойца в специальной операции;
- танка в бою;
- отдельного человека в местах скопления больших масс людей.

С другой стороны, представляет значительный интерес *распределенное моделирование*. Система SIMNET использовалась для обучения армейского персонала действиям в чрезвычайных ситуациях

(В. Б. Бигдан). Распределенное моделирование необходимо и при недостаточных вычислительных ресурсах для особо сложных задач (расчет гидродинамических полей и метеоявлений).

**Методы моделирования.** Здесь мы перечислим редко используемые «продвинутые» методы.

Из нестандартных методов статистики сошлемся на проверку однородности данных непараметрическим критерием Вилкоксона.

Для аналитического расчета сетей обслуживания применялась их *потокоеквивалентная декомпозиция*.

*Методы понижения дисперсии моделирования* обсуждались только в докладе А. Г. Варжапетяна. Отмечались обязательность отдельных ДСЧ для каждой случайной величины и метод дополняющих переменных, причем для получения таковых в командах RMULT из GPSS-программы использовались дополняющие начальные установки. Для вычисления вероятностей редких событий использовалось условное моделирование. Все эти технологии новы, но, к сожалению, неизвестны практикам и совершенно не применяются ими. Хочется надеяться, что «лед когда-нибудь тронется».

*Сети Петри*, по существу, являются одной из форм имитации дискретных процессов. Они были в большой моде лет двадцать назад, когда с их помощью надеялись *рассчитывать* упомянутые процессы (без имитации). В подавляющем большинстве применений от обычных имитационных моделей они отличаются лишь большим наукообразием и специфической терминологией. В докладе Р. Г. Загидуллина предложен метод синтеза сетей Петри на базе функциональных подсетей и сообщается о разработанном программном продукте FMSim. П. В. Гречишкин для имитации процесса очистных работ в длинном забое использовал проблемно ориентированный имитатор сетей Петри. По В. Л. Коноху, имитация шахтных робототехнических систем сетями Петри позволила выбрать структуры роботизированных технологий горных работ и обосновать требования к шахтным роботам.

В докладе В. В. Золотухина к анализу сетей интегрального обслуживания применяется *тензорный метод*, результаты которого сопоставляются с применением GPSS. Однако вопрос о том, что реально дает применение столь сложной математики, остается открытым.

Известна сложность оптимизации автоматических систем регулирования. По В. Р. Сабанину, *генетический алгоритм оптимизации* в терминологии нейросетей формулируется следующим образом:

- 1) в пространстве поиска случайным образом задается популяция возможных решений (особей);

- 2) вычисляются значения вектора функции цели для всех особей;

- 3) из популяции отбираются и удаляются, например, 10% худших по значению целевой функции особей. Оставшиеся образуют родительскую группу.

- 4) из родительской группы случайным образом выбираются пары особей в количестве тех же 10% от общего числа;

5) новое поколение особей генерируется в результате обмена участками родительских хромосом (кроссинговер), а также мутаций;

6) это поколение восполняет популяцию до исходной численности.

Далее этапы, начиная со второго, повторяются, пока во всех координатных точках значения оптимизируемой функции не станут отличаться друг от друга меньше, чем на заданное малое число. Предложена также комбинация генетического алгоритма с градиентным поиском локальных экстремумов и заменой ими «плохих» точек.

В докладе Г. В. Пушкарева обсуждается гибридный генетический алгоритм для проектирования траекторий минимальной длины движения резака при термической резке металла. Предложены модификации вышеупомянутых основных операций, в которых более четко прописаны вероятностные и имитационные элементы. При скрещивании один из родителей выбирается с наилучшим показателем целевой функции, тогда как другой – случайным образом. В хромосоме, подвергающейся мутации, два случайно выбранных гена меняются местами. Оператор *разнообразия* улучшает особь методом спуска. Оператор *селекции* уничтожает большую часть популяции, заменяя ее лучшим материалом. Стратегия селекции может быть *элитной*: некоторое количество лучших особей переходит в следующее поколение без скрещивания и мутаций.

### Достоверность модели

На конференции большое внимание было уделено обеспечению достоверности имитационных моделей. В докладе В. А. Пепеляева воспроизводится схема О. Балчи (1, т. 1, с. 144). Далее определяются важнейшие понятия, связанные с достоверностью моделирования. Концептуальная модель на основе предположений относительно абстракции от реальности определяет иерархическую структуру исследуемой модели и связи между отдельными ее компонентами. *Квалификация* концептуальной модели есть подтверждение принятых соглашений и предположений для выбранной области применения. Модель взаимодействий отображает динамику функционирования системы, а ее *верификация* есть подтверждение корректности отображения взаимодействий объектов и динамики исследуемой системы в целом. Имитационная модель рассматривается как программный образ концептуальной модели, определенный на одном из высокоуровневых объектно-ориентированных языков программирования (моделирования). Верификация модели предполагает доказательство возможности использования создаваемой программной модели в качестве машинного аналога концептуальной модели при достаточном сходстве с последней. *Валидация данных* направлена на доказательство удовлетворительной

точности входных данных и корректности их использования.

*Тестирование модели* есть планируемый интерактивный процесс, направленный на поддержку процедур верификации и валидации имитационной модели, в том числе на поиск ошибок в программах.

В докладе приводится ряд методических рекомендаций по отдельным этапам обеспечения достоверности.

Четкость предложенных определений оставляет желать лучшего, а названные понятия явно не ортогональны (имеют пересечения). Валидация данных не должна связываться с корректностью их использования.

В близком по содержанию докладе И. В. Яцкив используются некоторые дополнительные понятия. В частности, если модель и ее результаты приняты пользователем и применяются для принятия решений, то модель считается *заслуживающей доверия* (credible). Далее обсуждаются процедуры проверки адекватности: концептуальные, операционные, основанные на выходных данных. *Концептуальные тесты* включают проверку постановки задачи моделирования, входных данных, структурных допущений, логическую валидацию. *Операционные тесты* анализируют адекватность поведения модели; включают тесты на непрерывность, анализ чувствительности, анализ вырождения, анализ анимации. *Анализ риска* состоит в определении вероятностей редких, но крайне нежелательных событий (ядерный инцидент, экологическая катастрофа, авария энергосистемы, финансовый крах).

Как особая категория тестов рассматриваются тесты, *основанные на выходах*. Здесь модель при реальных входных данных должна порождать данные, близкие к реальным выходным. Разумеется, исследователь должен располагать последними. Возможный подход к оценке адекватности модели – тест на статистическую однородность совокупности реальных и модельных выходных данных.

### Языки и системы моделирования

**Обзор новинок.** Используя возможности визуального моделирования и современные технологии дизайна и анимации, можно существенно ускорить исследование. За рубежом появилось огромное количество современных систем имитационного моделирования. Коммерческие симуляторы специализированы по отраслям промышленности: eMPlant (машиностроение), DELMIA (судостроение), NETRAC (телекоммуникации и связь).

Ю. И. Толуев отмечает, что решение задач с преобладанием логистических аспектов может быть получено с помощью любых коммерческих симуляторов; чаще всего это GPSS, Simula, Arena, AutoMod, eM-Plant, Extend, Process Model, QUEST, SIMFACTORY, Taylor ED, WITNESS. Сколько-нибудь систематизированные сведения по большинству названных пакетов отсутствуют. По А. В. Борщеву,

Arena, Extend, ProModel, SimProcess используют ту же транзакт-парадигму, что и GPSS.

В докладе К. А. Аксенова отмечается, что система BPsim опирается на аппарат динамических экспертных систем и в значительной степени свободна от недостатков наиболее популярных симуляторов. В ней определены следующие классы объектов: операции, ресурсы, средства, процессы, источники и приемники ресурсов, перекрестки, параметры. Отдельно выделены *информационные* типы ресурсов: сообщения и заявки на выполнение операций. Параметры процесса задаются функцией от характеристик объектов и могут быть производными (свертка характеристик различного типа) и консолидированными (свертка одноименных характеристик нескольких операций процесса). Описание причинно-следственных связей задается специальными объектами.

В докладе А. В. Борщева представлен другой новый профессиональный инструмент – AnyLogic, который объединяет объектно ориентированный подход, визуальное проектирование, дружественный графический интерфейс, язык Java, агентные технологии, теорию гибридных систем. Визуализация динамики процессов и статистическая обработка случайных параметров являются встроенными и выполняются автоматически.

**GPSS** и его производные по-прежнему остаются самыми популярными языками моделирования в преподавании и практическом использовании. Версии GPSS/PC были посвящены доклады В. В. Афонина и С. А. Власова. А. Г. Варжапетян использовал язык GPSS/H в процедуре бенчмаркинга, Д. В. Турчановский применял GPSS/H-Proof со средствами анимации и поддержкой стратифицированных описаний. В докладе Р. Г. Гиниятуллина обсуждалась работа на GPSS World с широким использованием средств языка PLUS. Один из докладов Ю. И. Рыжикова был посвящен тестированию и комплексной оценке GPSS World.

**C++** благодаря объектной ориентации и использованию его при написании ядра операционных и моделирующих систем облегчает интеграцию с последними вновь разработанных расширений и надстроек. В докладе К. В. Воронцова модель решения финансовых задач реализована на языке C++ в виде динамической библиотеки функций. Аналогичные решения для моделирования дискретных событий в стиле Simula обсуждались в докладах В. В. Окольниковой о разработке АСУ технологическим процессом, Л. М. Местецкого и Д. В. Щетинина в связи с имитацией работы аэропорта Шереметево.

В докладе В. Н. Томашевского пропагандируется язык SLX, объявленный как объектно-ориентированный GPSS. Новым здесь является написанный на языке C++ лингвистический процессор, который по интерактивно формируемому заданию строит GPSS-программу. В другом своем докладе В. Н. Томашевский отмечает, что современные программные средства благодаря использованию типовых

компонент и графического интерфейса позволяют автоматизировать построение модели; однако средства имитации, в которых нет возможности ввести новые моделирующие конструкции, обязательно окажутся неподходящими для некоторых практических ситуаций. Далее он заявляет, что «данную проблему можно решить путем использования генератора программ, которые создаются на некотором языке моделирования. В этом случае квалифицированный пользователь сможет изменить код программы». Нетрудно видеть, что возможности такой системы не могут выйти за рамки ее нижнего уровня, и SLX сохранит все ограничения GPSS.

Недостатками C++ считаются осязательная «тяжеловесность» (проще говоря, неудобство программирования) и трудность сопровождения программ. Корень этого и других недостатков данного языка – лежащая в его основе *статическая типизация*. Те же недостатки присущи языкам Java, Object Pascal, Delphi. Поэтому альтернативой может явиться SmallTalk – объектно ориентированный язык с *динамической типизацией*.

Другой причиной сложности программирования на C-подобных языках является их ориентация на проблемы системного, но не прикладного программирования.

**Паскаль и Delphi.** Представленная С. Н. Ковалевым система SIMPAS разработана в МГТУ им. Н. Э. Баумана на языке Pascal. Она предназначена для имитационного моделирования дискретных и непрерывных систем и отличается простотой и компактностью записи моделей. Помимо паскалевских, в ней предусмотрены специфические типы скалярных и множественных данных. К типу «объекты» отнесены транзакты, приборы, очереди, накопители и др. Для действий над ними используются специальные процедуры. Форма записи моделей напоминает GPSS.

О. А. Савина представила Events Modeling Language (EML), построенный как отдельный программный модуль в Borland Delphi. Здесь имеется примерно такой же перечень видов объектов. Объекты организованы в динамические списки. С. А. Лазарев докладывал о построенной на EML имитационной модели единичного и мелкосерийного производства. Аналогично построена и используется система SMPL (доклады С. В. Терентьева и О. А. Савиной).

**Фортран.** Ряд докладчиков предпочел моделирование на «универсальных» языках программирования численных задач. О работе на языке Фортран докладывал В. В. Миняев. На Фортране же Ю. И. Рыжиков проводил сравнительное тестирование GPSS и ставил имитационные эксперименты при разработке аналитического метода расчета многоканальных приоритетных систем.

## Моделирование в образовании

Обсуждение этой темы целесообразно начать с базовых определений. *Моделированием* называ-

ют исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения и изучения их аналогов (Советский Энциклопедический словарь). Соответственно, эти аналоги называются моделями. Компьютерное моделирование имеет дело с абстрактными (знаковыми, математическими) моделями. Имитация есть подражание чему-либо; следовательно, *имитационным* нужно называть моделирование, сохраняющее внешнее сходство с исходным процессом. Наконец, *статистическим* естественно считать вид моделирования, при котором воспроизводятся аналоги массовых явлений с последующей обработкой результатов наблюдений методами математической статистики.

Из этих бесспорных определений следует относительная независимость указанных признаков. Проиллюстрируем этот тезис на примерах.

1. Составление и решение описывающих процесс дифференциальных уравнений или исследование характеристик системы автоматического управления методом частотных характеристик является моделированием математическим, но не имитационным и не статистическим. Соответственно, входящий в состав MatLab'a Simulink никакого отношения к двум последним видам моделирования не имеет.

2. Визуализацию логистического процесса (например, передвижения внутри цеха крупногабаритной заготовки) можно назвать математической (но не статистической) имитацией.

3. Вычисление многомерного интеграла методом Монте-Карло – это *статистическое*, но не имитационное моделирование.

4. Моделирование задач теории очередей на GPSS и других языках программирования является одновременно имитационным и статистическим.

Все указанные виды математического моделирования и их комбинации могут быть полезны по-разному (и в разных ситуациях). Соответственно, они имеют право на включение в учебные программы – в пропорциях, определяемых конкретными специальностями. На моделирование (и не только на него) не следует вводить жесткие стандарты: полезно вспомнить часто цитируемого в недавнем прошлом классика о том, что успех дела определяется составом лекторов. Однако общие положения о моделировании и специфику его видов необходимо предусмотреть обязательно. В докладе Ю. И. Рыжикова предлагался учебный план «Компьютерного моделирования» для специальностей «Математическое обеспечение ЭВМ», «Управление космическими системами» и др., включающий вышеупомянутую вводную часть, теорию очередей, принципы и технику имитационного моделирования на языках высокого уровня и их реализацию в GPSS World.

К. В. Кумунжиев (Ульяновский университет) в связи с подготовкой специалистов на факультете информационных и телекоммуникационных технологий заявил, что «многие вузы ограничиваются использованием одного языка моделирования, чаще всего типа GPSS. Мы сочли такую позицию далеко

не лучшей. Освоение общих принципов и технологии должно быть построено на использовании нескольких языков, ориентированных на различные предметные области». Конкретно им предлагались системы моделирования IMITA – для потоковых и сигнальных схем, ДИСПАС – для систем управления, GPSS World – для систем массового обслуживания. Ясно, однако, что знание языков и технологий не заменяет усвоения *ключевых* понятий, т. е. элементов фундаментального образования. Впрочем, и сам К. В. Кумунжиев пишет, что «знания человека должны быть системой. Это способствует сохранности знаний и их актуализации».

К этому обзору можно добавить предложения других докладчиков о включении нужных разделов моделирования в более специальные дисциплины (внедрение GPSS/W в курс теории телетрафика для изучения характеристик потоков вызовов с такими распределениями, как Вейбулла, Пирсона, логнормальное, а также моделирования неполнодоступных систем – Д. Ю. Пономарев). Заметим, что перечисленные задачи о входящем потоке легко решаются численными методами теории очередей.

На заключительном заседании конференции поднимался выходящий за рамки компетенции собравшихся вопрос о расширении преподавания компьютерного моделирования для экономистов и о его введении для будущих медиков. Дело хорошее, но требующее солидной базы по высшей математике и теории вероятностей, без которых преподавание компьютерного моделирования невозможно.

## Применение моделирования

Перечислим основные области применения разработанных докладчиками имитационных моделей.

**Региональные модели социально-экономического развития.** Наиболее масштабным проблемам были посвящены доклады Н. Н. Лычкиной об имитационном моделировании социально-экономического развития регионов и А. А. Громовой – о системе прогнозирования такового.

**Организация промышленного производства.** Типичные модели обычно включают: детальные модели производства, позволяющие проводить анализ узких мест; комплексное управление логистическими процессами; выбор эффективных стратегий управления запасами; анализ финансово-экономического состояния предприятия; оперативное и календарное планирование. Большинство ответственных решений принимается в ходе диалога – с помощью интерактивных процедур, запускающих имитацию реальных процессов для различных альтернатив.

Отметим новые и уже ставшие общими тенденции в применении имитационных моделей. Помимо исследовательских и проектных работ, они используются (В. В. Окольников):

- в отладочном стенде для комплексной отладки подсистем АСУ ТП;

- в тренажере для обучения и аттестации управляющего персонала;

- в оперативном контуре управления АСУ ТП для предсказания нежелательного поведения реальной системы, выдачи предупреждений и рекомендаций персоналу.

Данная модель разрабатывалась для АСУ работой тепловентиляционного оборудования Северомуйского тоннеля (трасса БАМ).

**Мелкосерийное производство.** Моделям для таких применений посвящены доклады С. А. Лазарева и С. В. Терентьева. В последнем случае рассматривается объединение «Научприбор», изготавливающее аппаратуру для цифровой рентгенографии, рентгеновской спектрометрии, жидкостной хроматографии и др. Центральным элементом модели производства изделия (партии изделий) является сетевой график, который строится по детализированной технологической схеме изготовления изделия. Одновременно реализуется множество графиков.

Для получения календарного плана выполнения работ применяется имитационное моделирование с использованием системы *правил предпочтения*.

При этом учитываются:

- взаимозаменяемость ресурсов;
- совместное использование ресурсов;
- режим использования ресурса (с участием человека и без него);
- количество одновременно обрабатываемых деталей;
- затраты времени на переналадку оборудования.

**Гибкое автоматизированное производство.** Этой важной проблематике посвящен только один доклад – Р. Р. Загидуллина.

**Металлургия.** С. А. Власов сообщает об использовании имитационной системы для следующих объектов металлургического производства:

- кислородно-конвертерные цеха с отделениями разлива в слитки и непрерывной разлива;
- электросталеплавильные цеха с непрерывной разливкой; миксерные отделения доменных цехов – конвертерные цеха;
- технологические комплексы «конвертеры (электропечи) – агрегаты внепечной обработки стали – разливочные агрегаты – склады – нагревательные агрегаты»;
- технологические комплексы «печи – стан» различных видов;
- технологические комплексы заготовочных и сортовых станов со складским, транспортным и другим оборудованием.

**Судоостроение.** В этой области представлены две работы (обе – на базе GPSS World). Доклад А. М. Плотникова был посвящен моделированию судокорпусного производства на «Адмиралтейских верфях» (Санкт-Петербург) и на Рыбинском судостроительном заводе.

Б. К. Елтышев применял GPSS/W для проектирования циклограмм автоматизированных гальванических линий на «Адмиралтейских верфях». Здесь модель включена в систему оперативного управления, в связи с чем потребовался предельно упрощенный интерфейс. Исходные данные вводились через экранные формы Microsoft Access, после чего на внутреннем уровне корректировались операнды соответствующих блоков GPSS в тексте модели-прототипа.

**Сантехника.** Редкой для науки, но чувствительной для всех области посвящена модель производства унитазов, сливных бачков, писсуаров, умывальников, пьедесталов и урн на заводе «Стройфарфор» (Л. А. Осипов). Перед моделированием были поставлены следующие цели:

- выявить соотношение брака и годных изделий за любой период;
- определить интенсивность замены форм;
- выявить частоту дефицита форм на складе и скорректировать стратегию пополнения запасов;
- построить гистограммы распределения длительности работы станков до смены форм;
- построить гистограммы распределения брака в натуральном и стоимостном выражении;
- вывести графики выпуска изделий по участкам;
- выявить продолжительность переходного режима.

**Энергоснабжение.** В докладе О. А. Савиной была построена модель энергопотребления промышленного предприятия для проведения энергосберегающих мероприятий.

**Метрологическое обеспечение.** В. М. Прищенко разработал модель технической эксплуатации средств измерения с учетом:

- количества рабочих мест по ремонту и поверке;
- вероятности достаточности ЗИП;
- укомплектованности метрологических и ремонтных органов обменными фондами, технологическим оборудованием, передвижными лабораториями.

Очевидна возможность применения такой модели для анализа работы ремонтных служб разнообразного профиля.

**Логистика.** Под логистикой понимаются разнообразные процессы перемещения материальных объектов. Доклад Ю. И. Толуева дает хорошее представление об этом круге проблем. Он сообщает о внедрении моделей:

- сборочных конвейеров;
- систем транспортировки грузов внутри предприятия (краны, погрузчики, трейлеры и т. п.);
- стационарных напольных и подвесных систем транспортировки грузов;
- складских процессов (прием грузов, их перемещение в зоны хранения и обратно, отбор, комплектация, упаковка и отправка);
- технологических операций, выполняемых роботами (кинематические, временные и эргономические);

- перемещения крупных объектов (фюзеляжей самолетов, корпусов судов);
- анализа взаимного пространственного расположения компонент изделия;
- физического изменения изделий при прессовке, гибке и т. п.;
- ситуаций типа Crashtest (последствий удара, столкновения и т. п.).

В докладе А. В. Абросимова имитационное моделирование используется при реконструкции металлургических заводов для анализа логистических задач:

- совместной работы технологического и подъемно-транспортного оборудования на уровне цеха;
- внутризаводских транспортных потоков, включая склады полупродукта и готовой продукции, в связи с пуском новых агрегатов (цехов) и выводом из действия устаревшего оборудования.

При этом учитываются пространственное взаимодействие агрегатов на уровне кранового оборудования и вероятностный характер процессов, в частности: переменная длительность операций, совпадение требований на обслуживание, взаимные помехи при работе на одном уровне, износ оборудования.

Разработана человеко-машинная процедура анализа логистических систем, сочетающая эвристические решения проектировщика с имитационными моделями на GPSS. Предложенные варианты проверяются на моделях по производительности, условиям работы оборудования (фонд времени, технология обработки технологических и транспортных потоков), задержкам в обслуживании технологических агрегатов, портфелю заказов. Затем определяются капитальные затраты на реализацию каждого из отобранных вариантов и делается окончательный выбор. Сообщается, что использование накопленного опыта проектирования обеспечивает быструю сходимостью процедуры.

Приводится пример реконструкции сталеплавильного цеха ОАО «Северсталь» (замена электродуговых печей на шахтные, установка сортовой машины непрерывной разливки и реконструкция слябовой) при сохранении существующего здания цеха и подъемно-транспортного оборудования.

По разделу железнодорожного транспорта определены местоположение дополнительных путей, их необходимая длина и места установки дополнительных стрелочных переводов. Рассчитано необходимое число вагонов в составе и количество локомотивов. Проведена оценка пропускной способности автомобильных дорог предприятия с учетом задержек на железнодорожных переездах.

**Транспортные проблемы.** В докладе Ю. И. Жукова моделируется организация северного завоза грузов – по железной дороге и кораблями. Д. А. Ломаш моделировал подвоз экспортного груза к припортовой станции (Новороссийск).

В. В. Зимин исследовал алгоритмы диспетчирования в междугородных автогрузовых перевозках. Требовалось найти ответы на следующие вопросы:

• какой наибольший суточный поток заявок заданной структуры может обработать фирма при уровне обслуживания не ниже 80 % и существующем парке грузовиков?

• сколько и каких грузовиков надо иметь фирме для обеспечения 80 %-ного уровня обслуживания при поступлении 30–40 заявок за каждые 6 часов?

• имеет ли смысл для повышения уровня обслуживания и прибыльности компании откладывать выполнение заявки до освобождения транспорта?

Р. Г. Гиниятуллин моделировал работу казанского метро. Были поставлены следующие задачи:

• анализ влияния интенсивности пассажиропотоков на загрузку метрополитена и возможные организационные способы устранения очередей в часы «пик»;

• исследование вариантов расписаний движения поездов;

• исследование влияния надежности работы оборудования на пропускную способность системы;

• анализ эффекта организационных мероприятий: количества и расстановки турникетов, расстановки ограждений, введения (отмены) льготного проезда;

• экономическая оценка функционирования метро;

• оценка работоспособности служб метрополитена в чрезвычайных ситуациях: резкое увеличение пассажиропотока, выход из строя большого количества оборудования, снижение энергоснабжения.

**Авиация.** М. С. Неймарк моделировал эффективность применения самолетов в авиакомпаниях. Входными данными были:

• периодичность и продолжительность планового и непланового технического обслуживания;

• организация его (пропускная способность производственных цехов, квалификация персонала);

• расписание и характеристики маршрутов;

• показатели надежности и эксплуатационной технологичности самолетов;

• перечень оборудования;

• организация снабжения запасными частями.

Модель применялась в конкретных авиапредприятиях для оценки результатов реальной эксплуатации ИЛ-62, ИЛ-86 и для прогнозов – по разрабатываемым Ил-96-300 и Ил-114.

А. А. Артамонов моделировал использование воздушного пространства в зоне аэропорта Рига. Моделирование потребовалось потому, что штатная система управления воздушным движением лишь констатировала конфликтные ситуации (опасное сближение), не выдавая рекомендаций по их разрешению. Определялась вероятность конфликтных ситуаций и влияние на нее исходных параметров. Доклад интересен большим объемом реальных исходных данных. Странно, однако, что скорость самолетов измеряется в сугубо флотских единицах – узлах.

Л. М. Местецкий исследовал наземное движение воздушных судов в аэропорту. Целевыми характеристиками считались:

• суточная пропускная способность;

• параметры задержек вылетов;



- время руления по летному полю при взлете и посадке;

- время работы аэропорта в режиме перегрузки.

Компонентами модели были: редакторы карты летного поля, расписания, сценариев; имитатор; модуль статистики; модуль визуализации.

Как пример последнего уровня детальности назовем доклад К. И. Дизендорфа, посвященный моделированию бортовой системы управления полетом с воспроизведением электронной карты местности. Требовалось определить минимально достаточное число процессоров и распределение работы между ними.

**Горное дело** использует имитационное моделирование с 1958 г. В 1960-х гг. с помощью моделирования на Фортране анализировали работу шахтной транспортной сети, процессы камерной выемки, взаимодействие самосвалов и экскаваторов на разрезе, работу рельсового транспорта на поверхности. В последние годы модели горного дела чаще всего разрабатывают на GPSS/H (В. Л. Конюх).

Имитационные эксперименты с моделью горных работ позволяют до реальных инвестиций в производство ответить на вопросы:

- какие изменения техники и технологии приведут к увеличению производительности?

- как согласовать работу участков технологической цепи?

- какое оборудование потребуется при переходе на другие участки добычи?

- какое расписание участков эффективнее?

- как продолжать работу при отказах оборудования?

Конкретными объектами моделирования послужили:

- сеть конвейеров шахты «Распадская»,

- диспетчеризация конвейерно-локомотивного транспорта шахты «Комсомолец»,

- взаимодействие экскаваторов и самосвалов на разрезе «Кедровский»,

- технологии проведения выработок (комбайновый и буровзрывной способы).

- компоновка оборудования очистного забоя.

П. В. Гречишкин для имитации процесса очистных работ в длинном забое использовал проблемно ориентированный имитатор сетей Петри.

**Медицина.** «Медицинские» доклады, как ни странно, не затрагивали процессы лечения больных. А. П. Рагулин моделировал транспортное обеспечение учреждения «семейной медицины». Рассматривались следующие «автомобильные стратегии»:

- предоставить автомобиль каждому врачу и через расширение клиентуры увеличить пропускную способность,

- выделить один автомобиль на несколько врачей,

- не предоставлять автомобиль никому.

И. А. Тогунов моделировал систему оплаты врача. В тексте доклада не удалось найти никаких следов имитации.

Упомянем также доклад Ю. В. Шорникова «Имитационное моделирование билиарной системы». Речь шла о работе (и диагностике) системы желчевыделения, описываемой системой дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Имитационные и статистические аспекты в докладе отсутствовали.

**Финансы.** Большинство участников конференции представляли точные и технические науки. Поэтому для них оказались новыми и интересными (между прочим, и с точки зрения платежеспособного спроса на моделирование) финансово-экономические приложения.

Э. Б. Песиков оценивал на имитационной модели эффективность и степень риска маркетинговых стратегий предприятия. Учитывались действия предприятий-конкурентов и поставщиков ресурсов, коэффициенты эластичности спроса в зависимости от цены товара и дохода потребителей, а также воздействие рекламы на объемы продаж (модель Видаля – Вольфа).

И. В. Яцкив применяла моделирование для оценки рисков инвестиционных проектов. Были выделены детерминированные и стохастические рискованные факторы, влияющие на изменения денежных потоков и упомянутую стоимость проекта. Приведена схема программы имитации. Создан «бизнес-калькулятор», позволяющий настраивать модель на реальные данные и проводить статистический анализ полученных результатов, а также выяснить чувствительность проекта к размеру и сроку банковской ссуды и проценту по ней.

Очень свежей (для инженеров) оказалась имитационная модель финансовых торгов (К. В. Воронцов). Торговля представлена как двойной аукцион. Участники торгов в произвольном порядке подают заявки с указанием направленности (покупка или продажа), цены и объема. Приняв заявку, «торговый автомат» просматривает очередь заявок, поданных ранее, пытается найти удовлетворяющую ей встречную заявку (цена заявки на покупку должна быть не меньше цены заявки на продажу). Приоритет имеют заявки, поданные по наилучшей цене, а среди имеющих одинаковую цену – поданные раньше. Если встречная заявка имеется, автомат фиксирует сделку. Если заявка не удовлетворяется или удовлетворяется частично, остаток ставится в очередь. Участник торгов в любой момент может снять заявку из очереди. В каждый момент максимальная цена в заявках на покупку меньше минимальной цены в заявках на продажу. Разница между ними называется *спрэдом*.

Модель воспроизводит реальную торговую сессию, имитируя действия отдельных участников. Каждый из них «видит» протокол торгов, текущее состояние очереди, собственную позицию (купленный и проданный объемы) и принимает решения о подаче или снятии своих заявок на основе формализованных *мотивов* (степеней целесообразности возможных действий). Чем больше мотив, тем выше

значения параметров сделки. В докладе рассматриваются специфические методы валидации обсуждаемой модели. Модель называется *адекватной*, если в ответ на типовое возмущающее воздействие возникает типичная ответная реакция (например, в ответ на единичную покупку большого объема происходит кратковременное расширение спреда и повышение цены, а затем откат обратно).

**Информационные системы.** Информационно-вычислительные системы всегда были популярными объектами математического (в частности, имитационного) моделирования. Самые общие проблемы в данной области рассматривались в докладе М. И. Коротина «Оценка живучести распределенных вычислительно-управляющих систем». К «широкоохватным» можно отнести также доклад В. С. Шерстнева об информационных потоках в корпоративной распределенной геоинформационной системе.

Вопросам анализа алгоритмов маршрутизации был посвящен доклад В. В. Колпакова, анализу протоколов маршрутизации – С. А. Макеева.

К проблеме коммутации в сетях передачи данных можно отнести доклады Д. Ю. Пономарева об использовании GPSS/W для изучения коммутационных систем, в том числе с различными типами потоков вызовов. С. Ю. Шерышов исследовал задержки информационных ячеек в узлах коммутации широкополосной сети. В. В. Афонин моделировал локальную вычислительную сеть с топологией «Общая шина».

К более частным (но не менее интересным) проблемам из этой области можно отнести сравнение М. С. Косяковым методов организации дискового пространства файловых серверов.

Несколько докладов было посвящено оценке эффективности мультимедийных технологий. Назовем доклад Р. Т. Алиева о передаче телефонного трафика (речи) по сети Ethernet в реальном масштабе времени и М. С. Косякова – по серверам мультимедиа. Наконец, упомянем работу В. В. Зимина о моделировании деятельности оператора кабельного телевидения. Здесь речь идет об экономической целесообразности установки оборудования для оказания клиентам Интернет-услуг. Предварительно были построены модели поведения потенциальных клиентов.

**Коммунальное хозяйство.** К данной сфере, проклятой богом и людьми, исследователи обращаются неохотно. По этому поводу процитируем крик души Л. А. Осипова: «Известный навигационный прибор GPS весом 200 г на маршрутах в десятки и сотни километров выводит путешественника к намеченной цели с точностью до одного метра! Неужели в социально-экономических системах вида ЖКХ мы не можем повысить точность расчетов?» Ясно, что сколь угодно адекватные математические модели проблем ЖКХ не решат, но пригодиться могут. Поэтому упомянем доклад Л. А. Осипова о моделировании службы ремонта теплосетей РТС-2 г. Сургута.

## Недостатки конференции

Прежде всего отметим отсутствие «приглашенных» (заказных) докладов по общим проблемам имитационного моделирования. Важнейшей из них является сравнительный анализ и на его основе – выбор инструментальных средств. Однако ее решение под силу только *коллективу*. Оргкомитет очередной конференции, учитывая опыт первой, мог бы подготовить методику сопоставления (и, возможно, тестовые задачи), разослать «засветившимся» пользователям приглашения по их любимым системам и представить коллективный аналитический обзор. Такой доклад своей практической пользой окупил бы все затраты на подготовку конференции. Кстати, не обязательно дожидаться конференции: можно просто выпустить информационный или тематический сборник.

При общем высоком уровне конференции по содержанию и форме некоторых докладов приходится сделать ряд серьезных замечаний. Из уважения к проделанной докладчиками полезной работе фамилии авторов ошибок из данного раздела исключены.

**Несоответствие тематики.** Часть докладов (применение системы Simulink из MatLab, исследование комплексной передаточной функции многолучевой КВ-радиолинии, статистическое моделирование системы «трал – объект лова») не соответствует профилю конференции – имитационному моделированию.

**Банальности.** Многие доклады начинались с перечисления преимуществ и недостатков имитационного моделирования. Это естественно для лекции перед студентами, но излишне «в кругу своих».

Вряд ли интересно сообщение, что «внесение в цикл диспетчеризации временных задержек при передаче заявок на обслуживание не приводит к повышению уровня обслуживания и прибыльности».

В системе «аксиом» универсальной имитационной модели десятая утверждает, что «две системы, эквивалентные по уровню сложности, могут отличаться целью функционирования». Зачем и кому нужна такая аксиома? Тот же вопрос можно задать и относительно универсальной имитационной модели в целом.

**Переоткрытие известного.** В некоторых докладах проводится исследование простых систем массового обслуживания «для новых видов распределений» (например, Парето) с особыми свойствами («толстыми хвостами»). Схемы и примеры таких расчетов известны, а «толстый хвост» – просто признак распределения с коэффициентом вариации, превышающим единицу. Уж если заниматься такими исследованиями, то определять следует влияние разницы в высших моментах (при равных первых двух), например, для распределений гамма-, Вейбулла и того же Парето. Можно наперед сказать (есть опыт), что этот эффект будет весьма мал.

Для приоритетных систем доказывається, что среднее время пребывания заявки зависит от высших моментов распределения  $A(t)$  интервалов между заявками рекуррентного потока. Из хорошо известной теории системы  $G1/M/1$  следует, что распределение времени пребывания заявки в ней подчинено показательному закону со средним  $\mu(1-\omega)$ , где  $\mu$  – интенсивность обслуживания, а  $\omega$  – корень уравнения

$$\omega = \int_0^{\infty} e^{-\mu(1-\omega)t} dA(t).$$

Ясно, что  $\omega$  определяется всеми существующими моментами распределения  $A(t)$ , и нет никаких оснований ожидать, что результат изменится для приоритетных систем.

**Бессодержательность выводов.** Прослушав некоторые доклады, хотелось спросить: «Ну и что?» Ведь на конференцию должны выноситься доклады, содержащие какие-то новые идеи или неожиданные применения. Выводы либо отсутствуют, либо сводятся к резюме: «в статье рассмотрены вопросы...».

**Реклама непроверенного.** В нескольких докладах излагается и развивается «бутстреп-метод». Имеющиеся  $N$  значений с дисперсией  $d$  образуют генеральную совокупность, из которой извлекаются  $B$  выборок с возвращением. По каждой из них строится оценка искомого параметра исходной случайной величины, затем полученные оценки усредняются. Утверждается, что бутстреп-оценка математического ожидания имеет дисперсию  $d/(BN)$ . Отмечается, что строгое обоснование метода отсутствует.

Идея этого метода вызывает серьезные сомнения уже с позиций «философии науки». Описанная технология не привлекает *никакой дополнительной информации* об исследуемом процессе (в отличие от методов расслоенных выборок, контрольных и коррелированных переменных, условной имитации) и, по-видимому, является самообманом.

**Явные ошибки.** Приводятся «схемы алгоритмов», которые никак нельзя признать таковыми (два входа, всякие фрагменты и т. п.).

Некоторые докладчики путают (или, по крайней мере, безответственно употребляют) такие понятия, как среднеквадратическое отклонение, дисперсия (вариация) и второй начальный момент распределения:

- «Немаловажную роль играет и вариация задержки  $\sigma(U)$ , представляющая собой разброс задержки очередного кадра по отношению к предыдущему»;
- «Второй начальный момент характеризует вариацию  $\sigma$  задержки кадров в сети».

Напомним, что  $\sigma$  – традиционное обозначение для *среднеквадратического отклонения*.

Утверждается, что «глобальные модели наиболее полно отображают структурные и функциональные особенности организации исследуемых систем и представляют собой модели с высоким уровнем

детализации». Общеизвестно, что глобальная модель представляет исходную систему *укрупненно*, и получать ее простым объединением детальных моделей не следует.

Среди уже упоминавшихся «аксиом» о сложных системах шестая утверждает, что «цель системы – своеобразный эталон ее функционирования». Эти два понятия путать никак нельзя.

Рецензент как профессиональный преподаватель и специалист по теории очередей никак не может согласиться с тремя тезисами одного из докладчиков:

1) определение соответствия схем и характеристик теории СМО не требует особого ума и труда не составляет;

2) процесс познания на основе метода Монте-Карло идет со скоростью работы ЭВМ;

3) метод имитационного моделирования не требует знания высшей математики.

Согласно мнению того же докладчика, «по формуле Полячека – Хинчина мы можем иметь расхождение системных характеристик по сравнению с традиционными результатами ровно в два раза, но не более». Напомним читателю эту формулу:

$$w = \frac{\lambda(b_1^2 + D_b)}{2(1 - \lambda b_1)},$$

где  $w$  – среднее время ожидания в очереди;

$\lambda$  – интенсивность входящего потока (простейшего);

$b_1$  – средняя продолжительность обслуживания;

$D_b$  – дисперсия длительности обслуживания.

Разницу с традиционным результатом (подразумевается система  $M/M/1$ ) ровно в два раза в сторону уменьшения дает только система с регулярным обслуживанием. Для всех остальных систем разница будет иной, а для распределений с коэффициентом вариации, большим единицы, *может быть сколь угодно велика*. Однако (тут мы согласны с автором доклада) этот разброс не оправдывает безобразий, происходящих в жилищно-коммунальном хозяйстве.

**Литературные дефекты.** В докладах встречаются высказывания, явно порожденные небрежным редактированием, к примеру «Аналитические методы исследования приоритетных систем обслуживания заявок разработаны в основном для дисциплин с одним классом приоритетов». Ведь если класс один, то теряет смысл понятие приоритета (по крайней мере, приоритета с прерываниями).

Утверждалось, что «менеджмент распределения данных используется для уменьшения объемов передачи и получения некорректных (!) данных». Если речь идет о тестировании процесса обработки данных при ошибочном вводе, это следовало оговорить явно.

Нельзя считать находкой противоестественные словообразования типа «десижентный» (от «decision»). Вполне подошло бы «решающий» – воз-

можно, с сохранением кавычек. Неудачна аббревиатура «ППР» для процесса преобразования ресурсов: слишком многие расшифруют ее как партполитработу.

**Представление докладов.** Обилие среди докладчиков научной молодежи (вплоть до школьников) является залогом преемственности и дальнейшего развития имитационного моделирования и в принципе может только приветствоваться. Однако «озвучивание» выполненных ими разработок часто оказывалось ниже всякой критики. Типичные недостатки их выступлений: нет четкой формулировки

основного результата и акцента на *смысле* предлагаемого; докладчик вязнет в частности и формализмах, «циклится», дословно читает текст на слайдах и в итоге не укладывается в регламент. От таких авторов следует требовать официального представления доклада научным руководителем с обязательным сообщением о заслушивании на семинаре кафедры (лаборатории, отдела). Все-таки уровень всероссийской конференции обязывает!

Рыжиков Ю. И.

## ИНФОРМАЦИОННО – УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Научно-практический журнал  
Рецензируемое издание

Подписной индекс по каталогу «Роспечать»:  
«Газеты и журналы» – № 15385, «Издания органов НТИ» – № 69291

**Журнал** прошел экспертизу у ведущих специалистов ВИНТИ и был признан соответствующим тематическому содержанию Реферативного журнала и баз данных ВИНТИ, реферируется в органах ВИНТИ.

**Периодичность** – каждые два месяца. **Тираж** – 1000 экз. **Распространяется** только по подписке в России и странах СНГ. Возможна подписка через редакцию по заявке (по почте, телефону, факсу или e-mail), по которой высылаем счет. **Высылаем** по Вашей просьбе (бесплатно) образец журнала для подписки. **Стоимость** годовой подписки (6 номеров) – 1800 руб. (включая НДС 10 %), с добавлением стоимости доставки – 90 рублей по России и 300 рублей в страны СНГ. Подписчики информируются о новых книгах издательства «Политехника» и получают скидки на публикацию рекламы. При повторной подписке скидка 10 %.

**Приглашаем к сотрудничеству** специалистов по построению информационно-управляющих систем, системного анализа и обработки информации, моделирования систем и процессов, совершенствования информационных каналов и сред. Научные статьи, одобренные редколлегией, печатаются бесплатно. Рекламные – согласно расценкам (в рублях, включая НДС 20 %):

Цветные полосы		Черно-белые полосы		Скидки при единовременной оплате	
1-я стор. обложки	15000	1 полоса А4	4000	2-х публикаций	10 %
2-я стор. обложки и каждая стр. вкладки	12000	1/2 полосы	2500	3-х публикаций	15 %
3-я стор. обложки	10000	1/2 полосы	1125	4-х и более	20 %
4-я стор. обложки	12000	1/8 полосы	800		

**Примечание:** при размещении цветного рекламного модуля не менее 1/2 страницы сопутствующая статья (1–2 страницы) печатается бесплатно.

**Требования к рекламным модулям.** Принимаются оригиналы фотографий высокого качества и контрастности. Рекламные модули в файловом виде на компакт-дисках или присланные по e-mail в заархивированном виде (RAR, ZIP) с разбивкой на дискеты предоставляются только в форматах TIFF, JPEG, BMP (с разрешением не меньше 300 dpi), выполненные в программах Adobe Photoshop 5.0, Corel Draw 9.0, 10.0.