

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

УДК 004.9:693.54

Ольга Ивановна Бабина,
старший преподаватель, кафедра
«Бизнес-информатика», ФГАОУ ВПО
«Сибирский федеральный универси-
тет» (СФУ)
Тел.: (391) 249-75-04
Эл. почта: babina62@yahoo.com

Статья посвящена всестороннему анализу современного состояния и перспектив развития мировой науки в области имитационного моделирования, особенностях развития этого направления в России и за рубежом. Рассмотрены перспективы будущего развития имитационного моделирования. Проведена систематизация интернет ресурсов, посвящённых имитационному моделированию в России и за рубежом.

Ключевые слова: моделирование, имитационное моделирование, метод имитационного моделирования, текущее состояние имитационного моделирования, направления развития имитационного моделирования.

Olga I. Babina,
Senior lecturer, the Department of Business-informatics, Siberian Federal University (SFU)
Tel.: (391) 249-75-04
E-mail: babina62@yahoo.com

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF SIMULATION

The paper is devoted to the comprehensive analysis of a current state and prospects of development of world science in the field of simulation, features of development of this direction in Russia. Prospects of future development of simulation are considered. Systematization the resources internet devoted to simulation in Russia and abroad is carried out.

Keywords: modeling, simulation, method of simulation, current state of simulation, direction of development of simulation.

1. Введение

В настоящее время имитационное моделирование является общепризнанным методом исследования сложных динамических систем. Оно широко применяется в различных областях науки, бизнеса и производства.

Метод имитационного моделирования наиболее активно развивается в странах Западной Европы и США. США – самый большой рынок в мире, где имитационное моделирование давно и успешно используется. К сожалению, в России, в отличие от США и Европы, широкое использование имитационного моделирования пока не наблюдается. Хотя многие специалисты в области имитационного моделирования, в России, признают, что за последнее десятилетие произошли определенные изменения в сторону улучшения ситуация [1].

В глобальной сети интернет в настоящее время существует огромное количество информации, посвященной имитационному моделированию. Разобраться в этом множестве не так просто, поэтому возникает потребность в систематизации имеющихся интернет ресурсов по имитационному моделированию.

В статье представлена подборка ресурсов по имитационному моделированию: данный список не охватывает все зарубежные и отечественные ресурсы сети интернет в области имитационного моделирования, которые существуют в настоящее время. Здесь представлены лишь наиболее значимые (с точки зрения автора) ресурсы в области моделирования. Практическая ценность данного списка заключается в том, что упрощается поиск нужной информации по имитационному моделированию в сети интернет. Данная статья адресована прежде всего студентам, аспирантам, молодым учёным, которые только начинают делать свои «первые шаги» в области имитационного моделирования. Материалы обзорной статьи помогут правильно сориентироваться молодому учёному в столь многообразном и интересном мире имитационного моделирования.

2. Развитие имитационного моделирования за рубежом

Мировая наука в области имитационного моделирования последние десятилетия не стояла на месте: за рубежом регулярно проводились конференции по имитационному моделированию, оно всё шире внедрялось в практику управления промышленным предприятием, разрабатывались и внедрялись в производство новые системы имитационного моделирования. Об активности этого направления в странах Западной Европы и США свидетельствует регулярность конференций (например, Winter Simulation Conference, Summer Computer Simulation Conference, Spring Simulation Multiconference, INFORMS Annual Meeting, International System Dynamics Conference и др.), симпозиумов (например, Communications and Networking Simulation Symposium, Symposium on Theory of Modeling and Simulation, Military Modeling and Simulation Symposium и др.), конгрессов (EUROSIM Congress и др.), увеличивающееся число публикаций, международных исследовательских проектов и сообществ имитационного моделирования (The Society of Modeling and Simulation International, Federal European Simulation Societies и многие др.), множество специализированных научных журналов («Simulation», «Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International», «International Journal of Simulation and Process Modeling» и др.) [2]. Кроме того, имитационные модели в западных странах являются обязательными в комплекте документов при проектировании нового или модернизации существующего производства [3].

Консалтинг

В странах западной Европы и США существует огромное количество консалтинговых фирм, предоставляющих услуги по разработке имитационных моделей для бизнеса и производства. Круг проблем, решаемых консалтингом в области имитационного моделирования на Западе, весьма широк. Специализация компаний, предоставляющих консалтинговые услуги, может быть различной: от узкой, ограничивающей каким-либо одним направлением консалтинговых услуг (например, имитационное моделирование авиационной промышленности), до самой широкой, охватывающий полный спектр услуг в этой области. Примером консалтинговых компаний на Западе являются:

Optimisation and Simulation Consulting (Австрия) – www.optsim.au. Оказываемые услуги: оптимизация, имитационное моделирование и планирование.

Establish UnitedLog (США, Китай, Швеция, Финляндия, Польша) – www.establishinc.com. Услуги – оптимизация цепи поставок.

Stan Garst & Associates (США) – www.sga-inc.com. Stan Garst & Associates специализируется на консультационной экспертизе и моделировании тренажеров для авиации и промышленности.

Design systems (Канада) – www.dsids.com. Компания специализируется на разработке дискретно-событийных моделей для различных отраслей промышленности.

INOSIM Consulting GmbH (Германия) – www.inosim.com. Услуги компании: имитационное моделирование, анализ и оптимизация производственных процессов.

Fablog-Consulting GmbH (Германия) – www.fablog-consulting.de. Основные оказываемые услуги: оптимизация цепочки поставок, планирование складов и их оптимизация складов, материальных потоков, проектный менеджмент, планирование фабричных и заводских структур.

SIMPLAN (Германия) – www.simplan.de. Компания оказывает широкий спектр услуг, начиная от разработки анимационных филь-

мов, заканчивая разработкой серьезных приложений для процессов производства.

Конференции

Конференции по имитационному моделированию на Западе являются ежегодным местом встречи специалистов, включая практиков, исследователей и разработчиков программного обеспечения. Участие в международных конференциях по имитационному моделированию способствует развитию и обобщению теории имитационного моделирования, обсуждению результатов исследования и практических приложений имитационного моделирования, обмену опытом применения имитационного моделирования для решения научных и практических задач. Тематика конференций – различные вопросы теории и практики имитационного моделирования.

Доклады по дискретно-событийного моделированию присутствуют в программах практически всех зарубежных конференций по имитационному моделированию. Наиболее известными и престижными по тематике дискретно-событийного моделирования является конференция Winter Simulation Conference, проводимая ежегодно в США.

Список наиболее популярных конференций по имитационному моделированию, проводимых за рубежом:

Winter Simulation Conference – www.wintersim.org (США). С 1967 года проводится каждый год в начале декабря. Тематика конференции – в основном дискретно-событийное моделирование.

International System Dynamics Conference – www.systemdynamics.org (США, Европа). С 1983 года проводится каждый год в начале июля. Тематика конференции – системная динамика, агентное моделирование.

Summer Computer Simulation Conference – www.scs.org (США, Канада). С 1968 года проводится каждый год в начале июля. Тематика конференции – системная динамика, агентное моделирование,

реже дискретно-событийное моделирование.

Spring Simulation Multiconference – www.scs.org (США). Проводится ежегодно с 2009 в начале апреля. Тематика конференции – системная динамика, агентное моделирование, реже дискретно-событийное моделирование.

INFORMS Annual Meeting – www.informs.org (США, Канада, Латинская Америка). Проводится каждый год в начале ноября. Тематика конференции – имитационное моделирование.

IIIE Annual Conference – www.iiannual.org (США). С 1950 года проводится каждый год в начале июля. Тематика конференции – имитационное моделирование.

European Conference on Modelling and Simulation – www.scs-europe.org (Европа). С 2005 года проводится каждый год в начале июня. На конференции рассматриваются теоретические и практические вопросы моделирования и имитации.

Практически на сайте каждой конференции представлены в свободном доступе полные тексты статей в формате .pdf.

Общества, порталы и ассоциации по имитационному моделированию

Важным источником информации, где можно найти всю необходимую информацию о новейших достижениях в области имитационного моделирования являются общества, порталы. Основной задачей создания таких сообществ за рубежом является распространение и обобщение мирового опыта по имитационному моделированию в различных сферах деятельности. Общества, порталы, ассоциации по имитационному моделированию за рубежом:

Europe Council for Modeling and Simulation – www.scs-europe.net (Европа).

The European Social Simulation Association – www.essa.eu.org (Европа).

Arbeitsgemeinschaft Simulation (ASIM) – www.asim-gi.org (Германия).

The Society for Modeling & Simulation International – www.scs.org (США).

The Society for Modeling & Simulation International – www.scs-europe.org (Европа).

System Dynamics Society – www.systemdynamics.org (США).

System Dynamics Mega-Link List – <http://www.wu.uni-klu.ac.at/gossimit/linklist.php> (Австрия).

Systems Simulation: The Shortest Route to Applications – <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/simulation/sim.htm>.

National Center for Simulation – www.simulationinformation.com (США).

Simulation and Modeling – www.efg2.com/Lab/Library/SimulationAndModeling.htm.

Список обществ имитационного моделирования интересен тем, что он содержит большое количество ссылок на материалы по имитационному моделированию с возможностью бесплатного скачивания их в формате .pdf. Многие из них содержат полезные ссылки на другие сайты, порталы, общества, организации, личные web-страницы ведущих ученых.

На сайте (<http://science.gourt.com/Software/Simulation.html>) представлено огромное количество ссылок на сайты разработчиков программного обеспечения, библиотеки, журналы по имитационному моделированию, учебные материалы, общества, порталы, ассоциации по имитационному моделированию, а также представлены ссылки на другие источники по имитации.

3. Развитие имитационного моделирования в России и странах СНГ

Имитационные модели широко применялись в практической деятельности страны ещё в 1960–1980-е годы [4]. В тот период с помощью имитационных моделей решались многие практические задачи на уровне регионов, отраслей и отдельных предприятий. Однако после периода бурного развития имитационного моделирования – с конца 1980-х и в 1990-е годы – наступил период, когда школа имита-

ционного моделирования в России практически не развивалась. Это привело «к утрате связей между научными коллективами и отдельными учёными, прекращению активной деятельности многими из них, нарушению преемственности поколений, приостановке или прекращению ряда перспективных разработок» [5].

К сожалению, в России, в отличие от США и Европы, широкое использование имитационного моделирования в экономических исследованиях прикладного направления пока не наблюдается. В то же время многие специалисты в области имитационного моделирования в России признают, что за последнее десятилетие произошли определённые изменения в сторону улучшения ситуации [6]. Отдельные негосударственные предприятия стали активнее использовать метод имитационного моделирования в своей деятельности.

Основные отрасли промышленности, в которых сегодня применяется метод имитационного моделирования в России, – это лёгкая промышленность, электроника, судостроение, стройматериалы, пищевая промышленность и металлургия. Большинство используемых моделей обычно включают детальные модели производства для анализа «узких мест» и загрузки оборудования, комплексного управления логистическими процессами, выбора стратегии управления запасами, анализа финансово-экономического состояния предприятия, оперативного и календарного планирования [7].

В своих работах большинство авторов используют систему имитационного моделирования GPSS World. Это, прежде всего, объясняется доступностью и относительной дешевизной программного продукта. Кроме того, в настоящее время для моделирования производственных систем в России стали использовать зарубежные системы и пакеты моделирования. Некоторые авторы при разработке имитационных моделей применяют универсальные языки типа FORTRAN, C/C++, Delphi.

Кроме того, постоянно увеличивается академическое применение имитационного моделирования, повышается объём и уровень проводимых исследований. В настоящее время 150 вузов России ежегодно выпускают более 10 тысяч специалистов, владеющих основами имитационного моделирования. Аналогично обстоит дело и в странах СНГ. Моделирование введено в учебные планы не только компьютерных, но и ряда экономических специальностей. В сети Интернет появился целый ряд сайтов, посвящённых этой проблеме (gpss.ru, simulation.org.ua, gpss-forum.narod.ru, xjtek.com) [8]. Это позволяет говорить о положительных тенденциях развития метода имитационного моделирования в России. Однако следует заметить, что, если не решать проблемы, связанные с внедрением этих разработок в производство, эффект от них может оказаться минимальным [9].

Консалтинг

В России консалтинговая деятельность в области имитационного моделирования слабо развита. В статье [10] А.В. Борщёв (сооснователь и генеральный директор «XJ Technologies») отмечает, что безусловным лидером по внедрению имитационного моделирования в России является область логистики и производства (металлургия, стройматериалы, пищевая промышленность).

Основные консалтинговые фирмы, предоставляющие услуги в области имитационного моделирования в России:

«Элина-компьютер» – одна из первых компаний, которая начала активно заниматься имитационным моделированием в России – www.elina-computer.ru.

«Партнер-Логистик» – компания, оказывающая услуги в сфере логистики и имитационного моделирования для всей сети цепи поставок (Россия) – www.partner-logistic.ru.

«XJ Technologies» – самая популярная консалтинговая фирма в России по имитационному моделированию – www.xjtek.ru.

Конференции

Что касается списка конференций по имитационному моделированию, проводимых в России и странах СНГ, то он не так велик. Существует всего три конференции, которым стоит уделить внимание:

Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД) – www.gpss.ru (Россия). С 2003 года проводится раз в два года в начале октября. Тематика конференции – дискретно-событийное моделирование (крайне редко встречаются доклады по системной динамике и агентному моделированию). На сайте представлено огромное количество полнотекстовых статей, посвященных имитационному моделированию и языку GPSS.

Научно-практическая конференция с международным участием «Математическое и имитационное моделирование систем» (МОДС) – <http://kits.pntu.edu.ua/mods/index.php> (Украина). С 2006 года проводится ежегодно (конец июня). Тематика конференции – математическое и имитационное моделирование систем.

Всероссийская научно-практическая конференция «Теория и практика системной динамики» – www.iimm.ru (Россия). С 2004 года проводится раз в два года.

Общества, порталы, ассоциации по имитационному моделированию

Общества, порталы имитационного моделирования в России и странах СНГ:

Российское отделение международного общества системной динамики – www.sysdynamics.ru (Россия).

Портал GPSS.RU, посвященный имитационному моделированию с использованием GPSS – www.gpss.ru (Россия).

Имитационное моделирование систем – www.simulation.org.ua (Украина).

4. Основные направления развития метода имитационного моделирования

Анализ работ по имитационному моделированию на Winter Simulation Conference [11, 12, 13, 14, 15, 16] показал, что основными направлениями его будущего развития являются: объектно-ориентированные системы имитационного моделирования, встроенное имитационное моделирование, приложения, поддерживающие оптимизацию, модули задач планирования ресурсов на предприятии, эмуляция, тренажёры и web-приложения.

Объектно-ориентированный подход значительно упрощает разработчикам программного обеспечения процесс программирования. Основная задача современных объектно-ориентированных систем имитационного моделирования состоит в том, чтобы использовать мощные возможности объектно-ориентированного подхода и имитационного моделирования и сделать их доступными и понятными для непрограммистов, которые знают проблемы реальных систем подробнее. Все системы имитационного моделирования в будущем будут использовать технологии объектно-ориентированного программирования при анализе реальных систем, причём пользовательский интерфейс станет в меньшей степени ориентирован на объектно-ориентированное программирование и в большей степени будет соответствовать всем категориям проблем, которые, вероятнее всего, интересуют пользователя.

Встроенное имитационное моделирование – это программы, «зашитые» в системы управления предприятием (например, ERP) с возможностью проведения имитационных экспериментов. Оно должно увеличить доступность использования имитационных моделей. Ключевым компонентом успеха будет время отклика модели. Имитационное моделирование уже сейчас пользуется успехом как встроенное приложение. В приложениях реального времени имитационные модели будут предоставлять результаты почти сразу.

Оптимизация на основе метода имитационного моделирования заключается в совместном использовании имитационной модели сложной системы и алгоритма оптимизации. С помощью имитационной модели рассчитываются значения основных выходных показателей системы для различных комбинаций входных переменных, которые предлагает алгоритм оптимизации. Примерами пакетов оптимизации для имитационного моделирования являются AutoStat AutoSimulations, OptQuest Optimization, OPTIMIZ, SimRunner2 и WITNESS Optimizer. В большинстве пакетов оптимизации в качестве процедур поиска решений используются эволюционные и генетические алгоритмы [17].

В процессе имитационного моделирования производственных систем требуется значительное количество данных, которые обычно доступны в системах ERP. Прямой интерфейс к этим системам доступен уже сегодня и будет всё более функциональным. Управление финансовыми данными с помощью этих систем обеспечит возможность прямой поддержки принятия решений, которые превосходят существующие техники стратегического планирования. В сочетании с другими техниками имитационное моделирование будет развиваться с возможностью создавать детализированное расписание в интегрированных средах.

Эмуляция – имитация работы одной системы средствами другой без потери функциональных возможностей и искажений результатов. Она позволяет уберечь дорогостоящее оборудование, технологическую оснастку от возможных повреждений, сократить затраты на разработку управляющих программ для производства, а также значительно повысить его производительность. Эмуляция выполняется с помощью программных и/или аппаратных средств. Примерами программных средств для эмуляции являются ModelSim, UltraLogic32 и VERICUT. ModelSim – базовая среда программно-аппаратной эмуляции в области автоматизации средств проектирования и верификации аналого-цифровых СБИС

Mentor Graphics. UltraLogic32 – система разработки программного обеспечения сбора данных и управления для промышленных контроллеров. VERICUT – программный комплекс разработки управляющих программ для металлообрабатывающего производства.

Тренажёры – это эффективное средство для обучения работе системой в доступном и реалистичном режиме, а также, что немаловажно, – в безопасных условиях. Они служат для повышения квалификации и проверки навыков работы в реалистичной системе с помощью имитационной модели.

Интернет меняет всё пространство информационных технологий, и имитационное моделирование не является исключением. Web-приложения будут играть важную роль при построении и просмотре (дистанционном использовании) имитационных моделей. В будущем предприятия будут получать базу знаний своей системы, процессов и продукции через Интернет. Процессы будут определены в терминах анимационной имитационной модели, которая может быть выполнена пользователем. Основные Web-приложения имитационного моделирования: JSIM, Forio Simulate, PowerSim и The Vanguard System.

5. Заключение

Сравнивая ситуацию развития метода имитационного моделирования в России и на Западе следует заметить, что российская школа имитационного моделирования в значительной мере ещё отстаёт от западной. Однако за последние десять лет произошли существенные изменения в сторону улучшения ситуации: оно стало активнее использоваться в учебной и научно-исследовательской деятельности многих высших учебных заведениях страны. Возросло количество защищенных диссертаций по имитационному моделированию за последнее десятилетие, увеличивается количество курсов, обучающих студентов различных специальностей основам имитационного моделирования. Однако, если не будут решены проблемы, связанные с

внедрением этих разработок в производство, эффект может оказаться минимальным.

Что касается направлений развития метода имитационного моделирования, то очевидно, что данный метод имеет большие перспективы как инструмент анализа сложных систем. Следует заметить, что его применение не ограничивается только производственными системами: новые сферы и области его применения постоянно расширяются и являются объектом новых исследований.

Литература

1. Борщёв, А.В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика // Exponenta PRO. № 3–4 (7–8), 2004.

2. Меркурьев Ю.А. Опыт международного сотрудничества в области имитационного моделирования // Имитационное моделирование. Теория и практика. (ИММОД 2009), Том I. СПб.: ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2009. – с. 57–61.

3. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технология, СПб: КОРОНА принт; М.: Альтекс-А, 2004. 384 с.

4. Кобелев Н.Б. Основы экономического моделирования сложных экономических систем, М.: Дело, 2003. 336 с.

5. Рыжиков Ю.И. Аналитический обзор // Имитационное моделирование. Теория и практика. (ИММОД 2005), Том II. СПб.: ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2005. С. 1–14.

6. Борщёв А.В. Применение имитационного моделирования в России – состояние на 2007 г. // Бизнес-информатика. 2008. № 4. С. 64–68.

7. Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании, М.: Статистика, 1978. 235 с.

8. Девятков В.В. Практическое применение имитационного моделирования в России и странах СНГ: обзор, анализ перспектив // «Имитационное моделирование. Теория и практика. (ИММОД 2005)», Том II. СПб.: ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2005. – С. 15–18.

9. Юсупов Р.М., Соколов Б.В. Имитационное моделирование и его применение в науки и промышленности // Вестник Российской академии наук, 2008. Т. 78. № 5. – С. 471–472.

10. Борщёв А.В. Применение имитационного моделирования в России – состояние на 2007 г. // Бизнес-информатика, № 4, 2008. – С. 64–68.

11. Banks J. The future of simulation software: a panel discussion // Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, 1998. – P. 1681–1687.

12. Banks J., Hugan J.C., Lendermann P., McLean C., Page E.H., Pegden C.D., Ulgen O., Wilson J.R. The future of the simulation industry // Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, 2003. – P. 2033–2043.

13. Banks J. Simulation in the future // Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, 2000. – P. 1568–1576.

14. Barton R.R. Panel: simulation – past, present and future // Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, 2003. – P. 2044–2050.

15. Beyond A.V. PH.D – What is next? Publishing, networking and research trade-offs in relation to planning your carrier // Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, 2009. – P. 3201–3209.

16. Charles M., Charley H., Philomena M.Z., Roberto F.L. Simulation standards: current status, needs, and future directions // Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, 2003. – P. 2019–2026.

17. Лой А.М., Кельтон В.Д. Имитационное моделирование. В серии «Классика Computer science», 3-е изд. Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2004. 846 с.

References

1. Borshhhjov A.V. Practical agent modeling and its place in the analyst's arsenal // Exponenta PRO. № 3–4 (7–8), 2004.

2. Merkur'ev Ju.A. Experience of the international cooperation in imitating modeling // Imitacionnoe modelirovanie. Teorija i praktika. (IMMOD 2009), Tom I. SPb.: FGUP CNII tehnologii sudostroenija, 2009. – p. 57–61.

3. Ryzhikov Ju.I. Imitating modeling. *Teorija i tehnologija*, SPb: KORO-NA print; M.: Al'teks-A, 2004. 384 p.
4. Kobelev N.B. Bases of economic modeling of difficult economic systems. M.: Delo, 2003. 336 p.
5. Ryzhikov Ju.I. State-of-the-art review// *Imitacionnoe modelirovanie. Teorija i praktika. (IMMOD 2005)*, Tom II. SPb.: FGUP CNII tehnologii sudostroenija, 2005. P. 1–14.
6. Borshhiov A.V. Application of imitating modeling in Russia – a state for 2007. // *Biznes-informatika*. 2008. № 4. P. 64–68.
7. Klejnen Dzh. Statistical methods in imitating modeling. M.: Statistika, 1978. 235 p.
8. Devjatkov V.V. Practical application of imitating modeling in Russia and the CIS countries: review, analysis of prospects. *Teorija i praktika. (IMMOD 2005)», Tom II. SPb.: FGUP CNII tehnologii sudostroenija*, 2005. – P. 15–18.
9. Jusupov R.M., Sokolov B.V. Imitating modeling and its application in sciences and the industries// *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*, 2008. T. 78. № 5. – P. 471–472.
10. Borshhiov A.V. Application of imitating modeling in Russia – a state on 2007. // *Biznes-informatika*, № 4, 2008. – P. 64–68.
11. Banks J. The future of simulation software: a panel discussion // *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, 1998. – P. 1681–1687.
12. Banks J., Hagan J.C., Lendermann P., McLean C., Page E.H., Pegden C.D., Ulgen O., Wilson J.R. The future of the simulation industry // *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 2003. – P. 2033–2043.
13. Banks J. Simulation in the future // *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, 2000. – P. 1568–1576.
14. Barton R.R. Panel: simulation – past, present and future // *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 2003. – P. 2044–2050.
15. Beyond A.V. PH.D – What is next? Publishing, networking and research trade-offs in relation to planning your carrier // *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, 2009. – P. 3201–3209.
16. Charles M., Charley H., Philomena M.Z., Roberto F.L. Simulation standards: current status, needs, and future directions // *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 2003. – P. 2019–2026.
17. Low A.M., Kelton V.D. Imitating modeling. *Seriya «Klassika Computernyh nauk»*, 3-e izd. – S. Peterburg: ST. PETERBURG, 2004. 846 p.