

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОГО ПРОЕКТА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

УДК 004.9:693.54

Ольга Ивановна Бабина,
старший преподаватель, кафедра
«Экономика и управление бизнес-про-
цессами», ФГАОУ ВПО «Сибирский
федеральный университет» (СФУ)
Тел. 8 (391) 249-75-04
Эл. почта: babina62@yahoo.com

В статье рассматриваются вопросы разработки имитационного проекта для поддержки процессов планирования на промышленном предприятии. Предложена методика применения имитационного моделирования для промышленного предприятия. Проведён сравнительный анализ наиболее распространённых подходов к разработке имитационного проекта промышленного предприятия. Определены основные роли в имитационном проекте, критерии успешности, стоимость и время разработки проекта.

Ключевые слова: проект, имитационное моделирование, промышленное предприятие, методика, парадигма, стоимость проекта, роли в проекте, критерии успешности проекта.

Olga I. Babina,
Senior lecturer, the Department of Eco-
nomics and Business-process, Siberian
Federal University (SFU)
Tel.: 8 (391) 249-75-04
E-mail: babina62@yahoo.com

DEVELOPMENT OF A SIMULATION PROJECT FOR AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

In the article, the questions of development of the simulation project for support of planning processes at the industrial enterprise are considered. The technique of application of simulation for support of planning processes at the industrial enterprise is offered. The comparative analysis of the most widespread approaches to the development of the simulation project for the industrial enterprise is carried out. The main roles in the simulation project, criteria of success, the cost and time of development of the project are defined.

Keywords: project, simulation, industrial enterprise, technique, paradigm, cost of the project, project role, criteria of success of the project.

1. Введение

Современная экономическая ситуация характеризуется высоким уровнем динамики, плохой предсказуемостью, нестабильностью и неопределённостью развития внешних условий. Постоянно усиливающаяся конкуренция требует от предприятий быстрого реагирования на изменения, происходящие как в их внутренне, так и внешней среде. Своевременное принятие правильных решений при изменении экономической ситуации является одним из главных условий эффективного управления предприятием. Наблюдается возрастание числа рассматриваемых альтернатив, эффективный анализ которых невозможен без компьютерной поддержки принятия решений.

Все это приводит к необходимости расширения области использования моделей, относящихся к классу имитационных. Метод имитационного моделирования является одним из самых точных и достоверных при анализе процессов планирования на промышленном предприятии, так как при создании модели он позволяет в максимальной степени учесть условия функционирования предприятия, т.е. обеспечить требуемый уровень адекватности модели, отображающей конкретный объект исследования.

В настоящее время зарубежными и отечественными исследователями достаточно полно сформулированы теоретико-методологические основы имитационного моделирования. Однако анализ наиболее популярных работ по имитационному моделированию показал отсутствие единой теоретической и практической базы применения данного метода для промышленного предприятия.

В статье представлена методика разработки имитационного проекта для поддержки процессов планирования на промышленном предприятии, которая в дальнейшем может быть использована в практике планирования предприятиями различных отраслей промышленности национальной экономики. Методика дополнена сравнительным анализом наиболее часто используемых парадигм моделирования. Кроме того, определены основные роли в имитационном проекте, стоимость и среднее время разработки проекта, выделены основные критерии успешности имитационного проекта.

2. Методика разработки имитационного проекта

Методику разработки имитационного проекта для процессов планирования на промышленном предприятии можно рассматривать как для реально действующего предприятия, так и для проектируемого предприятия. Подходы отличаются возможностью получения данных для моделирования и особенностями постановки задач. В работе представлена методика, в основном, для предприятия уже существующего. Это позволит рассмотреть применение метода имитационного моделирования для более широкого класса задач планирования на предприятии. Предполагается, что данные положения частично можно будет использовать и для рассмотрения процессов функционирования проектируемого предприятия.

Разработанная методика предполагает выполнение следующих шести этапов работ по построению имитационных моделей, предназначенных для поддержки процессов планирования на промышленном предприятии (см. рис. 1):

1. Предпроектное исследование объекта моделирования.
2. Разработка концептуальной модели.
3. Разработка имитационной модели в программной среде.
4. Планирование и проведение имитационных экспериментов.
5. Анализ результатов имитационного моделирования.
6. Документирование модели и принятие решений.

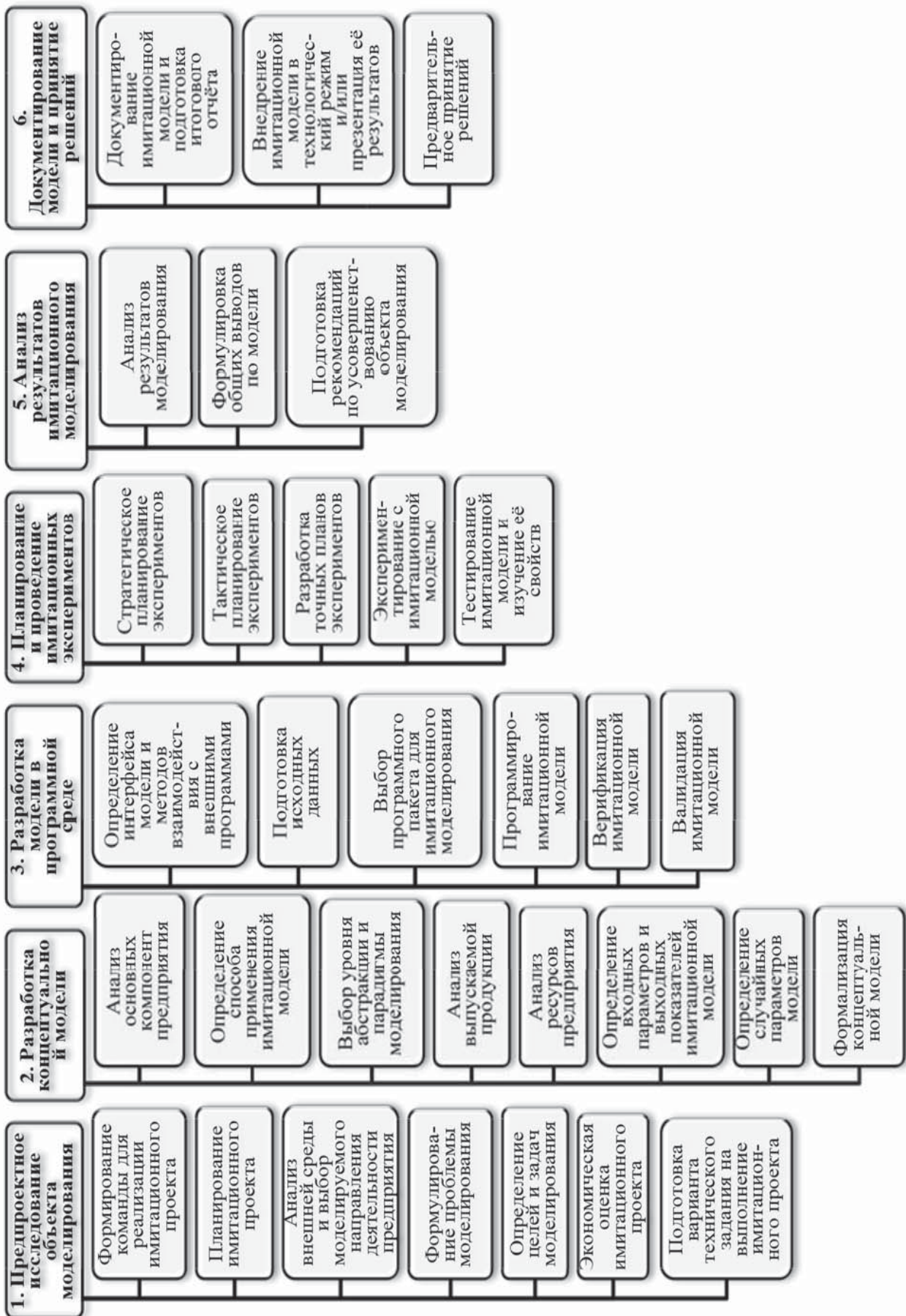


Рис. 1. Схема алгоритма разработки имитационного проекта для промышленного предприятия

Данная методика базируется на идеях фундаментальных работ зарубежных и отечественных учёных [1, 2, 3, 4] и не противоречит им. Главной уникальностью авторской методики является возможность учёта специфики промышленных предприятий и ориентированность на процессы планирования, а также детализированная проработка каждого из шести этапов и ориентация на новые функциональные возможности, которые появились в современных пакетах имитационного моделирования за последнее десятилетие.

Процесс разработки имитационного проекта промышленного предприятия является итерационным (состоящим из нескольких этапов): в том случае, если информации об объекте моделирования, представленной на каком-либо этапе разработки проекта будет недостаточно, разработчику модели необходимо

вернуться к предыдущему этапу и дополнить информацию.

Самыми важными в общей схеме построения имитационного проекта для поддержки процессов планирования на промышленном предприятии представляют этапы предпроектного исследования предполагаемого объекта моделирования и разработки концептуальной модели, и от решений, принятых на данных этапах, зависит адекватность построенной модели, что, в свою очередь, приводит к правильному принятию управленческих решений, основанных на модели.

3. Сравнение дискретно-событийного и непрерывного моделирования

Для разработки имитационного проекта для промышленного предприятия, в основном, используются две парадигмы моделирования: дис-

кретно-событийное (преимущественно) и непрерывное моделирование. В непрерывных имитационных моделях время изменяется линейно, а все процессы воспроизводятся в непосредственной зависимости от времени. Примером непрерывной модели может служить модель, описывающая течение жидкости по трубопроводу. В дискретных моделях время изменяется при наступлении определенного события, отражающего последовательность изменения состояний системы во времени. Примером дискретной модели является модель управления «течением» товарных единиц на складе [5].

Сравнительный анализ наиболее часто используемых парадигм имитационного моделирования приведён в таблице 1. Следует заметить, что подобный анализ рассматривался ранее в работах [1,

Таблица 1

Сравнение дискретно-событийного и непрерывного моделирования

Характеристика	Дискретно-событийное	Непрерывное
Этап «Предпроектное исследование объекта моделирования»		
Философия моделирования	Как правило, в моделях учитывается больше факторов неопределённости	В модели учитываются преимущественно детерминированные параметры
Типичные способы применения	Производственные и логистические процессы, сервисное обслуживание, бизнес-процессы	Задачи стратегического планирования и управления в форме системной динамики
Стационарный режим	Можно моделировать как стационарный, так и нестационарный режим	Чаще регулирует стационарный режим модели
Этап «Разработка концептуальной модели»		
Уровень абстракции	Средний, низкий	Высокий
Период планирования	Оперативное, тактическое	Стратегическое, тактическое
Типы процессов	Дискретные процессы. При необходимости моделируются и непрерывные процессы	Непрерывные изменения количества в потоках и накопителях
Дисциплина очереди	Произвольная логика (FIFO, LIFO, приоритет, время задержки, заданный порядок и др.)	FIFO
Статистические детали	Для каждого подвижного объекта можно фиксировать все относящиеся к нему состояния в процессе его движения	Общая статистика о процессах в системе
Случайность	Случайные процессы моделируются значительно чаще	Случайные процессы моделируются значительно реже
Способ моделирования потоков	Отдельные заявки	Интенсивность потоков
Этап «Разработка модели в программной среде»		
Программный пакет моделирования	Arena, ExtendSim, AutoMod, ProModel, GPSS, WITNESS, SIMUL8, QUEST, Anylogic, Enterprise Dynamics, Plant Simulation	Vensim, iThink, ModelMaker, STELLA, Powersim, AnyLogic, ExtendSim
Основные программные элементы модели	Текстовые команды (например, GENERATE, ATTACH, QUEUE в GPSS), блоки (Create, Gate, Activity в ExtendSim), объединённые в библиотеки (например, Item.lib)	Уровень или накопитель, темп или поток, константа, вспомогательная переменная, данные, потоковая связь, скрытая переменная, внешняя среда
Возможность программирования дополнительных элементов модели	Широкие возможности	Ограниченные возможности

Характеристика	Дискретно-событийное	Непрерывное
Программирование интерфейса модели	С помощью инструментов системы моделирования и других языков программирования	С помощью языков программирования
Изменения в модели	Сложность структуры зависит от модели	Сложность структуры зависит от модели
Мобильность модели	Части модели могут быть использованы в других моделях в будущем	Части модели могут быть использованы в других моделях в будущем
Взаимодействие с внешними программами	Электронные таблицы, базы данных, внешние пакеты анимации, средства анализа на чувствительность, программы оптимизации	Электронные таблицы, базы данных, средства анализа на чувствительность, программы оптимизации
Подходы к валидации	Стремление сравнить выходные показатели модели с реальными данными: «чёрный ящик»	Стремление сравнить внутреннюю структуру модели с «белым ящиком»
Маршрутизация в модели	Потоки могут находиться в разных точках в один и тот же момент времени	Заявки находятся только в одном месте в момент времени
Этап «Планирование и проведение имитационных экспериментов»		
Скорость прогона модели	Время прогона модели зависит от сложности модели и времени процесса моделирования	Время обработки модели занимает доли секунды
Интервал времени	Возникновение следующего события	Постоянный интервал времени
Причина изменения состояния элементами модели	Событие	Время
Структурная гибкость моделирования	Структура моделирования менее гибкая: должна соответствовать образцу альтернативных активностей и очередей	Структура моделирования более гибкая: можно добавлять столько дополнительных переменных и информационных связей, сколько необходимо
Поведение системы	Часто определяется взаимодействием случайных процессов	Как правило, определено внутренней структурой модели
Этап «Анализ результатов моделирования»		
Способ получения результатов моделирования	Сопровождение пути движения отдельных дискретных объектов в пространстве модели	Запись в базу данных изменяется в однородных потоках
Возможности визуализации результатов моделирования для клиентов	Осуществляется с помощью анимации	Применяются абстракции в виде диаграмм, графиков
Анимация	Поддерживает анимацию и графические инструменты	Ограниченная анимация, только графики и численные значения результатов моделирования
Интерпретация результатов	Статистические методы применяются часто, результаты моделирования трудно интерпретируются	Статистические методы применяются редко, результаты моделирования легко интерпретируются
Статистика результатов моделирования	Общая статистика + отдельное отслеживание заявки: количество использования, время цикла и так далее	Общая статистика: суммарная эффективность, время транспортировки и так далее
Этап «Документирование модели и принятие решений»		
Возможность объяснить модель заказчику	Сложно	Легко

2, 4]. Однако, не все характерные признаки парадигм моделирования в них были учтены и рассмотрены. В данной работе эти признаки систематизируются и дополнительно к ним выделяются новые признаки.

Посредством сравнительного анализа устанавливается по определённому характерному признаку равенство или различие исследуемых парадигм имитационного моделирования путём сопоставления

их свойств и особенностей. Это позволит разработчику имитационного проекта сделать его более качественным и уточнить особенности использования этих подходов на разных этапах разработки модели.

4. Основные роли в имитационном проекте

Для разработки имитационного проекта формируется рабочая группа, называемая командой проекта,

в состав которой входят: основной заказчик имитационной модели, как правило, это генеральный директор предприятия; технический директор; ведущий технолог; специалисты, работающие на складах, в цехах и др.; аналитик; разработчик имитационной модели и его команда (в случае выполнения крупного проекта). Количество участников проекта определяется объёмом работ и сроками его выполнения. Эта груп-

па создается на период реализации имитационного проекта. Возглавляет группу руководитель проекта, осуществляющий организацию и координацию деятельности всех участников имитационного проекта [6].

Можно выделить следующие основные роли в имитационном проекте:

1) Клиент или заказчик имитационного проекта – лицо, имеющее реальную проблему, которую необходимо решать с помощью метода имитационного моделирования.

2) Менеджер проекта – ответственный за организацию выполнения проекта. Может не иметь навыков разработки имитационной модели вообще.

3) Разработчик модели – специалист по имитационному моделированию, выполняющий программирование модели и участвующий в разработке концептуальной модели.

4) Пользователь модели – специалист на предприятии, проводящий эксперименты с моделью.

5) «Поставщик данных» – эксперт, предоставляющий информацию для моделирования.

6) Лица, участвующие в опросе. Широкая группа людей, опросив которую можно получить информацию для моделирования.

Встречи для обсуждения имитационного проекта проводят в различных форматах на регулярной основе среди участников имитационного проекта: в виде совещания, видеоконференции, по телефону или по e-mail.

5. Среднее время разработки имитационного проекта

Среднее время разработки имитационного проекта сложно оценить, так как оно зависит от многих факторов: сложности имитационной модели, имеющегося времени у заказчика на выполнение проекта (основной фактор, определяющий время, отводимое на моделирование) и др. Можно выделить следующие шкалы среднего времени, отводимого на моделирование [7]: 1) имитационные проекты, длящиеся одну неделю или меньше;

2) проекты, выполняемые от недели до месяца; 3) наиболее частые проекты – от одного до трех месяцев; 4) проекты – от трех до шести месяцев; 5) более крупные проекты длительностью более 6 месяцев.

Время, отводимое на каждый этап разработки имитационного проекта: предпроектное исследование объекта моделирования – 15%, разработка концептуальной модели – 25%, разработка модели в программной среде – 30%, планирование и проведение экспериментов с работающей моделью – 15%, анализ результатов моделирования – 10%, документирование модели и ввод её в эксплуатацию – 5%. Этапы «Предпроектное исследование объекта моделирования» и «Разработка концептуальной модели» затратны по времени, именно они, в большинстве своём, определяют точность и качество всего имитационного проекта.

6. Стоимость имитационного проекта

Перед началом разработки имитационного проекта необходимо оценить экономическую эффективность проекта и дать оценку возможности его реализации с точки зрения вложения денежных средств и предполагаемого результата. И заказчик, и разработчик имитационного проекта должны убедиться в том, что реализация проекта принесёт реальную пользу предприятию, а временные и стоимостные затраты на построение имитационной модели не превысят доход или тот положительный эффект, который можно будет получить в случае успешной реализации проекта.

Общую стоимость проекта определяют исходя из выбранного заказчиком сценария: 1) привлечение внешнего специалиста по имитационному моделированию или 2) разработка проекта собственными силами предприятия. Каждый из этих сценариев имеет свои преимущества и недостатки. По первому сценарию предприятие экономит на тренинге по имитационному моделированию, так как у внешнего эксперта уже есть все необходимые знания по моде-

лированию и имеется лицензия на необходимое для разработки модели программное обеспечение. Кроме того, у привлечённого эксперта имеются и опыт и квалификация, которые будут способствовать более качественным результатам моделирования и быстрому выполнению проекта. Существенным недостатком данного сценария является стоимость рабочего времени профессионального эксперта по имитационному моделированию и его команды. В качестве основного преимущества разработки имитационного проекта собственными силами можно отнести возможность разработки имитационных моделей для других задач, а также хорошее знание предметной области моделирования программистом предприятия. Что касается недостатков этого сценария, то к ним можно отнести высокую стоимость приобретения программного обеспечения для имитационного моделирования, последующую плату за техническое сопровождение программного обеспечения, отсутствие опыта в разработке имитационных моделей у программиста, что, в свою очередь, может привести к увеличению времени разработки модели и неверным результатам, основанным на моделировании.

Приблизительная стоимость разработки имитационного проекта во многом определяют исходя из:

1) стоимости приобретения лицензии на программное обеспечение (\$500–\$20 000);

2) стоимости технического сопровождения (5–20% от стоимости программного обеспечения);

3) стоимости тренинга по работе с программным обеспечением имитационного моделирования (\$1 000–\$2 500 за человека);

4) рабочего времени разработчика имитационной модели и его команды (до \$2 000 в день);

5) консультационной поддержки (до \$2 000 в день).

Заказчик имитационного проекта просчитывает затраты по каждому из этих сценариев проекта, а затем принимает решение по какому из них будет работать.

7. Критерии успешности имитационного проекта

Важным этапом в разработке имитационного проекта является определение степени его успешности [8]. Основные критерии, по которым завершённый имитационный проект следует считать успешным:

- достижение цели проекта;
- завершение проекта во время и в рамках запланированного бюджета;
- получение результатов адекватных действительности;
- возможность выполнения всех рекомендаций по проекту;
- выполнение и измерение финансовых сбережений.

К основным факторам, препятствующим успешности выполнения проекта можно отнести:

- недостаток квалификации у разработчика модели;
- отсутствие разумного времени для выполнения проекта;
- недостоверность исходных данных для моделирования;
- неэффективное взаимодействие заказчика и разработчика модели.

8. Заключение

Разработка имитационной модели всегда носит проектный характер. Успех в выполнении проекта во многом зависит от правильных действий на каждом этапе имитационного моделирования, представленных в методике разработки имитационного проекта для промышленного предприятия.

Предложенная методика позволяет значительно сократить время разработки имитационного проекта промышленного предприятия и требования к верификации, тем самым

оптимизирует процесс принятия плановых решений с помощью технологии имитационного моделирования. А исследованные основные парадигмы имитационного моделирования с указанием и обоснованием наименее разработанных аспектов позволят разработчику имитационного проекта сделать его более качественным и уточнить особенности использования этих подходов на разных этапах разработки имитационной модели.

Литература

1. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 400 с.
2. Лоу А.М., Кельтон В.Д. Имитационное моделирование. В серии «Классика Computer science», 3-е изд. Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2004. 846 с.
3. Banks J. Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. John Wiley & Sons, 1998. 849 p.
4. Robinson S. Simulation: The Practice of Model Development and Use. John Wiley & Sons, 2004. 336 p.
5. Путилов В.А., Горохов А.В. Системная динамика регионального развития. Монография. Мурманск: НИЦ «Пазори», 2002. 306 с.
6. Ostic J.K., Cannon C.E. An Introduction to Enterprise Modeling and Simulation // Technology Modeling and Analysis Group. Los Alamos National Laboratory. 1996. – p. 1–11.
7. Gallo M., Guizzi G., Zoppoli V. An integrate approach to develop a simulation model in manufacturing processes // International journal of systems applications. Engineering &

Development, Vol. 1. Issue 4/2007. – p. 137–145.

8. Cochran J.K., Mackulak G.T., Savory P., Simulation Project Characteristics in Industrial Settings // Interfaces, Vol. 25. № 4/1995. – p. 104–113.

References

1. Karpov Yu.G. Imitating modeling of systems. Introduction in modeling with AnyLogic 5. – SPb.: BHV-Peterburg, 2005. 400 s.
2. Low A.M., Kelton V.D. Imitating modeling. In the Classics of Computer Science series, the 3rd ed. – Sankt-Peterburg: PITER, 2004. 846 s.
3. Banks J. Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. John Wiley & Sons, 1998. 849 s.
4. Robinson S. Simulation: The Practice of Model Development and Use. John Wiley & Sons, 2004. 336 p.
5. Putilov V.A. Gorohov A.V. System dynamics of regional development. Monograph. Murmansk: NIZ «Pazori», 2002. 306 s.
6. Ostic J.K., Cannon C.E. An Introduction to Enterprise Modeling and Simulation // Technology Modeling and Analysis Group. Los Alamos National Laboratory. 1996. – p. 1–11.
7. Gallo M., Guizzi G., Zoppoli V. An integrated approach to develop a simulation model in manufacturing processes // International journal of systems applications. Engineering & Development, Vol. 1 Issue 4/2007. – p. 137–145.
8. Cochran J.K., Mackulak G.T., Savory P., Simulation Project Characteristics in Industrial Settings // Interfaces, Vol. 25. № 4. 1995. – p. 104–113.