

Аверченков В.И., д-р техн. наук, проф.
Брянский государственный технический университет
Якимов А.И., канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет

СТРУКТУРА ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИИ В КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

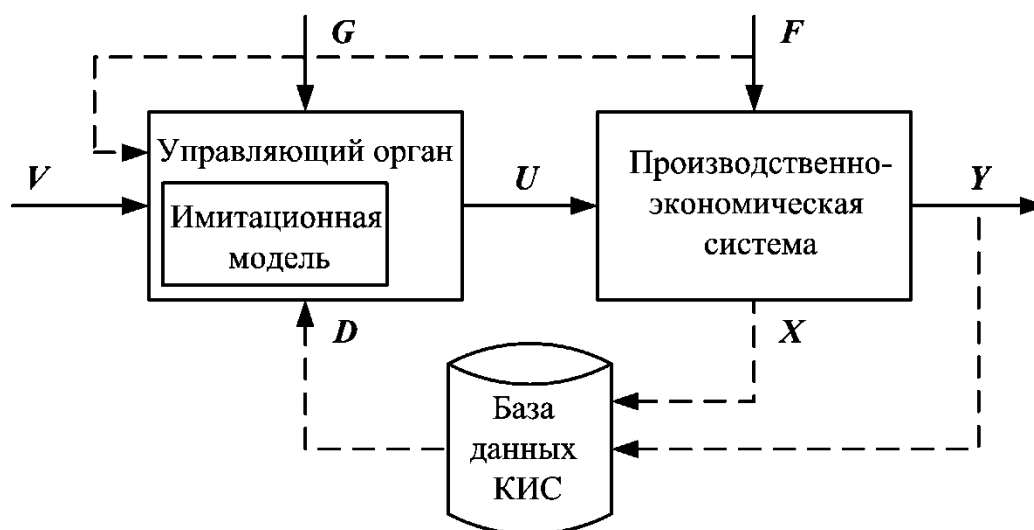
ykm@tut.by

Рассмотрен программно-технологический комплекс имитации сложных систем, основанный на информационных технологиях корпоративной информационной системы (КИС) промышленного предприятия, включающий описание IDEF, UML, ADO, XML, MPI, объектно-ориентированное программирование, интегрированные среды разработки программных систем. Рассмотрены структурные компоненты, включающие интеграцию комплекса с КИС, компоненты автоматизации построения имитационной модели, обработки входных данных и результатов имитации, компоненты автоматизации имитационных экспериментов и поддержки принятия решений. Дано описание примера использования комплекса имитации на примере обувного производства.

Ключевые слова: информационные технологии, программа, имитация, предприятие.

Введение. Современные научные исследования показывают, что неэффективность деятельности многих предприятий, в частности, нерациональные решения, принимаемые руководством, связаны с недостаточной автоматизацией управленческих процессов при наличии больших объемов разнородной информации, которые необходимо учитывать при принятии решений [1, 2]. Поэтому одним из приоритетных направлений фундаментальных и прикладных исследований в этой области является развитие теоретико-методологических основ информатики и информационных технологий, разработка аппаратных и программных комплексов и систем для информационного обеспечения управления.

При этом важной является задача оптимального планирования ресурсов предприятия, которая решается в корпоративных информационных системах (КИС), а эффективным инструментом ее решения может выступать имитационное моделирование [3–5]. Весьма актуальным является создание методологии системного анализа процессов на предприятии, включающей в себя методы имитационного моделирования и технологии использования методов и средств для решения практических задач системного анализа функционирования предприятия, как производственно-экономической системы (ПЭС), схема которой представлена на рис. 1.



V - цель управления, U - управляющие решения, Y - выходные показатели, X - данные о состоянии, F - возмущения на производственно-экономическую систему, G - возмущения на управляющий орган.

Рис. 1. Система управления с имитационной моделью

Основными требованиями к подсистемам имитационного моделирования являются: чтение и запись данных из различных источников; предварительная обработка исходных данных; планирование, проведение и обработка результатов имитационных экспериментов; построение отчетов и графиков. Использование имитационных моделей в составе системы управления промышленным предприятием дополнительно требует создания и выполнения в автоматическом режиме сложных нелинейных сценариев имитационных экспериментов, включающих все этапы: от получения исходных данных до принятия решений.

Корпоративная информационная система предприятия располагает следующими информационными технологиями: информационные технологии моделирования бизнес-процессов (разработан ряд стандартов моделирования бизнес-процессов: примером может служить семейство стандартов IDEF, RUP (компания Rational Software), Catalysis (компания Computer Associates); информационные технологии моделирования программных систем (наиболее эффективным средством для этого является UML (Unified Modeling Language – унифицированный язык моделирования); информационные технологии доступа к данным информационной системы (наиболее популярные универсальные механизмы доступа к данным: Open Database Connectivity (ODBC); OLE DB/ActiveX Data Objects (ADO); Java Database Connectivity (JDBC)); программные средства статистической обработки данных (например, коммерческие пакеты SPSS (Statistical Package for Social Science), STATISTICA); информационные технологии обмена данными между программными системами (структурированные документы или записи, такие как формы HTML; объекты, содержащие данные и методы, например, объекты Java или элементы ActiveX; записи баз данных, можно создавать при помощи XML (Exchange Message Language), для отображения содержания применяя HTML и Dynamic HTML (DHTML); объектно-ориентированное программирование (в рамках рассматриваемых проблем наиболее эффективными и часто используемыми являются: C#, C++, Java, Delphi, Eiffel, Simula, D (язык программирования), Io, Objective-C, Object Pascal, VB.NET, Visual DataFlex, Perl, Php, PowerBuilder, Python, Scala, ActionScript 3.0, JavaScript, JScript.NET, Ruby, Smalltalk, Ada, Xbase++, X++, Vala)); интегрированные среды разработки программных систем (примеры сред разработки – Sun Studio, Turbo Pascal, Borland C++, GNU toolchain, DrPython, Borland Delphi, Dev-C++, Lazarus, KDevelop,

QDevelop); информационные технологии распределенных вычислений (существует несколько технологий реализации параллельных вычислений: (N)UMA, DSM, PVM и MPI) [5].

Структура программно-технологического комплекса имитации (ПТКИ) сложных систем BelSim. Одним из принципов построения ПТКИ является использование мощных современных программных комплексов, ориентированных на решение определенного класса задач, стоящих в ходе имитационного моделирования систем. Например, для содержательного описания систем и построения функциональной модели в виде IDEF0-диаграмм используется MS VISIO 2003. Обработка результатов имитационных экспериментов выполняется в программном комплексе STATISTICA 6.0.

Предлагаемый комплекс ПТКИ BelSim наряду со стандартными возможностями обладает методами и средствами проведения структурного анализа системы и протекающих в ней процессов; способностью одновременного моделирования материальных, денежных и информационных процессов. Имеется возможность интеграции модели в информационную систему предприятия с целью получения исходных данных для моделирования и использования модели в составе системы управления.

В состав BelSim входит базовая имитационная модель (ИМ) промышленного предприятия, в основу которой положен стандарт MRPII/ERP. Для решения конкретных задач соответствующий компонент ИМ подвергается соответствующей детализации. В случае, если имеется достаточно статистических данных, реальный процесс можно аппроксимировать функциональными зависимостями.

Программно-технологический комплекс имитации BelSim (рис. 2) предусматривает реализацию метода распределенного построения имитационной модели деятельности промышленного предприятия [6].

ПТКИ BelSim построен в соответствии с системными принципами функциональной ортогональности (каждое программное средство реализует функции, которые не зависят от функций других программ) и рациональности (исключается взаимное дублирование выполняемых функций), многоцелевого назначения (программные средства предназначены для решения широкого класса задач, отличающихся назначением, целями, областью применения или другими факторами), процедурной открытости (применяемые методы и программные средства сохраняют структурную взаимосвязь и функциональное взаимодействие при их замене или



структурной и функциональной интеграции) и рационального дополнения (имеется возможность расширения путем применения дополнительных методов и средств при условии их не-

противоречивости между собой и самим комплексом) предусматривающие использование принципов системного анализа [7].

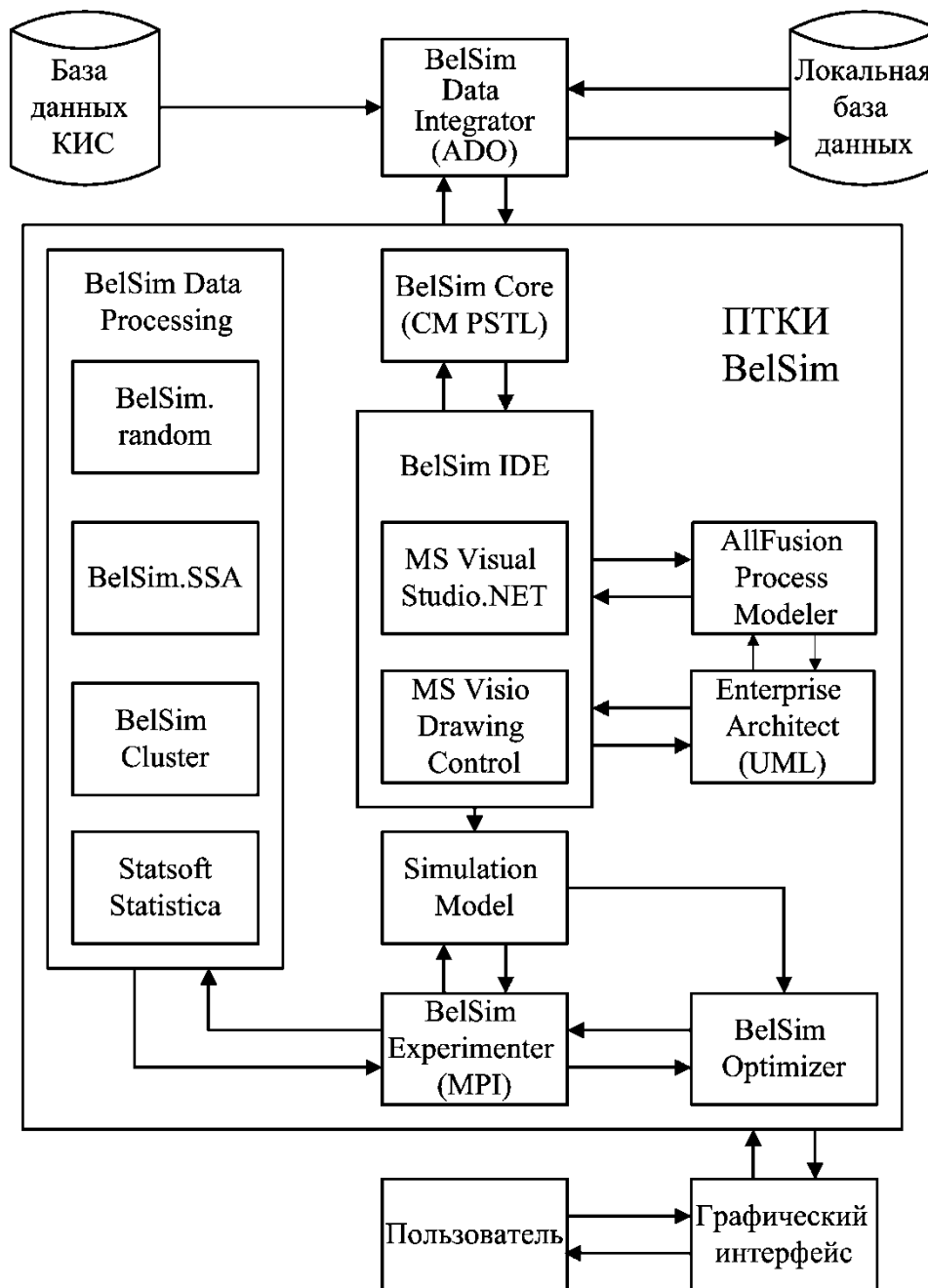


Рис. 2. Структура программно-технологического комплекса имитации сложных систем BelSim [3]

Рассматриваемый комплекс состоит из следующих компонентов: BelSim IDE (Integrated Development Environment); BelSim Optimizer (Оптимизатор) для решения оптимизационных задач; BelSim Simulator Core (Ядро системы моделирования); BelSim Experimenter (Экспериментатор); StatSoft STATISTICA; BelSim Data Integrator (Интегратор) для интеграции с КИС.

Интегрированная среда разработки BelSim.IDE. Интегрированная среда разработки

программного обеспечения (ПО) BelSim IDE представляет собой сочетание коммерческих программных систем: Microsoft Visio Drawing Control и Microsoft Visual Studio .NET для построения функциональной модели системы на основе IDEF0 и реализации приложений на языке C++. ПО для построения функциональной модели исследуемой системы на основе методологии IDEF0 используется на этапах составления содержательного описания и концептуаль-

ной модели объекта моделирования. С увеличением сложности анализируемой системы применение специализированных CASE-систем функционального моделирования (например, AllFusion Process Modeler, прежнее наименование PLATINUM BPWin, для построения IDEF0-диаграмм) позволяет обеспечить строгое следование методологии IDEF0, документирование процесса, автоматическую проверку корректности модели.

Система моделирования BelSim Simulator Core. Интегрированная среда Microsoft Visual Studio .NET разработки приложений на языке C++ и ядро BelSim Simulator Core, представленное системой моделирования (СМ) PSTL (Process Simulation Template Library), являются важной и неотъемлемой частью комплекса для имитационного моделирования на основе процессного способа имитации. СМ PSTL является расширением стандартных средств языка ANSI C++. В результате отсутствуют какие-либо ограничения на среду разработки и применяемую вычислительную систему. Разработчик волен выбирать для реализации ИМ любую систему программирования на основе языка C++.

Однако при разработке сложных моделей рекомендуется использовать среду разработки, обладающую развитыми инструментальными средствами написания и отладки программ (например, Microsoft Visual C++.NET). Преимущества платформы .NET Framework: единая программная модель, упрощенная модель программирования; отсутствие проблем с версиями; упрощенная разработка; работа на нескольких платформах; интеграция языков программирования; упрощенное повторное использование кода; автоматическое управление памятью (сбор мусора); проверка безопасности типов; развитая поддержка отладки; единый принцип обработки сбоев; безопасность; взаимодействие с существующим кодом. Многие разработчики систем имитационного моделирования указывают на достоинства Microsoft .NET Framework: развитие систем взаимодействия между различными имитационными моделями, удобство сотрудничества через Интернет, объектно-ориентированное программирование [8].

Подсистема BelSim Experimenter. BelSim Experimenter представляет собой отдельную подсистему для планирования, проведения и обработки результатов имитационных экспериментов (ИЭ). В подсистеме BelSim Experimenter для планирования ИЭ разработано приложение *ExperimentDesigner* на основе Microsoft .NET Framework. Дополнительно для получения плана при дробном факторном эксперименте используется модуль *Experimental Design* пакета статисти-

ческого анализа *STATISTICA* фирмы StatSoft Inc и разработанный программный модуль (ПМ) *DesignOfExperiment*, который сохраняет результат работы модуля *Experimental Design*. ПО для проведения имитационных экспериментов является программным приложением *Experimenter*. ПО для обработки результатов ИЭ представляет собой разработанный ПМ *ExperimentData* для приложения *STATISTICA*. Для анализа данных при статистической обработке и наглядного представления результатов имитации возможно использование любого пакета статистического анализа, позволяющего осуществлять импорт данных из внешних источников аналогично, например, пакету *STATISTICA* фирмы StatSoft Inc.

Интегрированная среда разработки BelSim.IDE. Интегрированная среда разработки программного обеспечения (ПО) BelSim IDE представляет собой сочетание коммерческих программных систем: Microsoft Visio Drawing Control и Microsoft Visual Studio .NET для построения функциональной модели системы на основе IDEF0 и реализации приложений на языке C++. ПО для построения функциональной модели исследуемой системы на основе методологии IDEF0 используется на этапах составления содержательного описания и концептуальной модели объекта моделирования. С увеличением сложности анализируемой системы применение специализированных CASE-систем функционального моделирования (например, AllFusion Process Modeler, прежнее наименование PLATINUM BPWin, для построения IDEF0-диаграмм) позволяет обеспечить строгое следование методологии IDEF0, документирование процесса, автоматическую проверку корректности модели.

Подсистема BelSim Data Integrator. BelSim Data Integrator реализует интеграцию ПТКИ с КИС следующей последовательностью действий: настройка параметров; подключение к базе данных и извлечение требуемых данных в соответствии с параметрами подключения и выборки; заполнение структуры XML-файла данными из массивов строк; передача созданного файла в ПТКИ BelSim.

Для подключения к базам данных КИС используется технология ADO. Доступ к классам ADO осуществляется через COM интерфейс. При использовании директивы `#import <msado15.dll>` в классе DBF2XML становятся доступны объекты для работы с базами данных КИС.

Подсистема обработки данных BelSim Data Processing. Для автоматизации процедуры принятия решений используется специальное ПО обработки результатов имитационных экс-



периментов, представляющее собой отдельную подсистему, состоящую из нескольких блоков. В структуру ПО принятия решений включены блоки предварительной статистической обработки с необходимостью сохранения результатов; кластерного анализа экспериментальных данных, извлечения дополнительной информации с применением метода анализа сингулярного спектра.

Экспериментальная часть. Для конечного пользователя в ПТКИ BelSim был реализован графический интерфейс. Например, была разработана базовая имитационная модель в рамках программного комплекса ShagoVitaPro для поддержки принятия решений в обувном производстве (рис. 3).

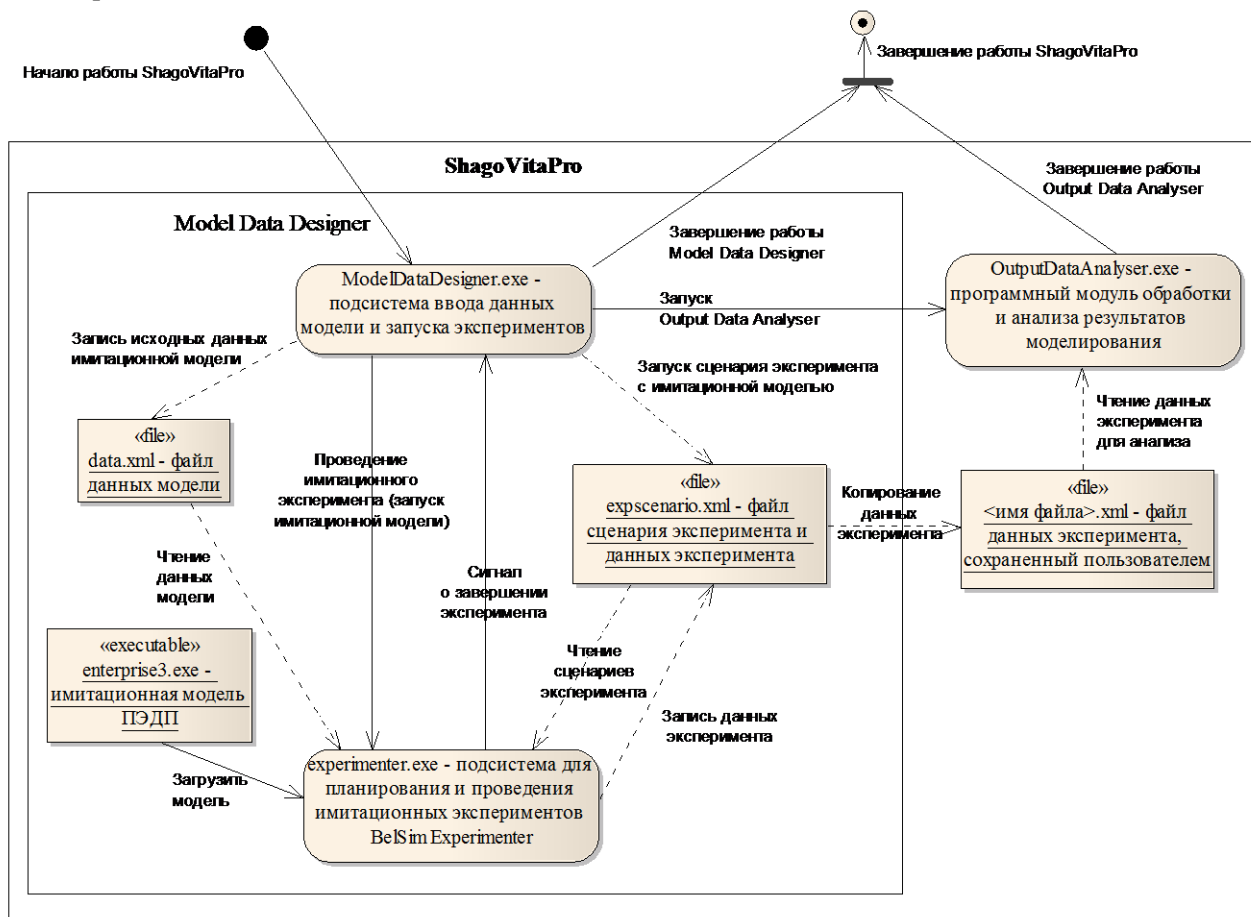


Рис. 3. Схема взаимодействия компонентов программного комплекса ShagoVitaPro

Блок ввода данных модели Model Data Designer предоставляет пользователю удобный и интуитивно понятный графический интерфейс, который позволяет сохранять данные модели в виде двоичного файла с расширением SVT, а также в виде XML-файла. Исполняемый файл базовой имитационной модели производственно-экономической деятельности предприятия (ПЭДП) использует подсистему для планирования и проведения имитационных экспериментов BelSim Experimenter по определенному сценарию (плану) на основе исходных данных, заданных пользователем. Программный модуль обработки и анализа результатов моделирования (экспериментов) Output Data Analyser и программный модуль Model Data Designer являются компонентами программного (ПК) ShagoVitaPro, который позволяет пользователю оперативно

выполнить итерационный процесс подготовки данных модели, проведение имитационного эксперимента, обработку и анализ результатов.

Таким образом, для планирования, проведения и обработки результатов ИЭ средствами ПТКИ BelSim исследователю необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- 1) выбор исполняемого файла модели, если модель исследуется в первый раз, или XML-файла данных модели, который был сохранен до этого;
- 2) ввод исходных данных модели и при необходимости их редактирование, если был открыт XML-файл данных модели;
- 3) сохранение файла данных модели;
- 4) постановка нового эксперимента;



5) выбор типа эксперимента (оценка погрешности моделирования; анализ длины переходного процесса и устойчивости результатов моделирования; анализ чувствительности откликов к значениям входных параметров; полный факторный эксперимент; дробный факторный эксперимент);

6) выбор параметров и откликов для эксперимента;

7) ввод числа параллельных опытов;

8) ввод уровней параметров модели;

9) сохранение данных эксперимента;

10) проведение экспериментов, используя ПО Experimenter, задав необходимые параметры командной строки;

11) загрузка результатов экспериментов в Output Data Analyser;

12) обработка результатов ИЭ средствами Output Data Analyser;

13) сохранение полученных результатов;

14) построение графических зависимостей и возврат к первому пункту или завершение процесса исследования модели.

Для ввода исходных данных компоненты имитационной модели представлены на десяти закладках. Например, компонент планирования производства представлен закладкой «Производство», где вводятся виды используемых ресурсов, виды производимой продукции, длительность интервалов планирования, количество интервалов планирования и др.

Использование программного комплекса ShagoVitaPro значительно упрощает анализ и обработку результатов экспериментов при эксплуатации имитационных моделей динамики производственно-экономической деятельности предприятия самими специалистами предприятия. По результатам выполнения договора ХД0877 ShagoVitaPro внедрен на рабочем месте генерального директора ОАО «Обувь» (г. Могилев) для рационального выбора параметров производственного процесса.

Выводы. ПК ShagoVitaPro, реализованный на основе ПТКИ BelSim, обеспечивает поддержку принятия решения конечному пользователю системы – лицу, принимающему решение. ПК позволяет исследовать характер изменения показателей (рентабельность, задолженность по кредитам и др.) производственно-экономической деятельности предприятия при изменениях структуры производства или отдельных компонентов (стоимость ресурсов, производительность изготовления продукции, переменные затраты и др.), выявить причины изменения этих показателей. Однако, несмотря на мощные средства создания и исследования ИМ средствами ПТКИ BelSim, при построении

ИМ КИС на уровне бизнес-процессов и производственного процесса исследователь сталкивается с проблемой поиска дополнительных автоматизированных средств получения исходных данных для их моделирования с учетом базы данных конкретного предприятия [9–11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. М.: Радио и связь, 1988. 232 с.
2. Розен В.В. Математические модели принятия решений в экономике. М.: Высш.шк., 2002.
3. Захарченков К.В., Якимов А.И. Метод моделирования и рационального выбора параметров информационной системы промышленного предприятия // Инженерный вестник. 2006. №1(21)/1. С. 20–27.
4. Якимов А.И., Захарченков К.В., Падалка А.Б. Имитационная модель функционирования информационной системы промышленного предприятия на уровне корпоративной сети // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. 2006. №4(37). С. 136–138.
5. Якимов А.И., Захарченков К.В. Информационная оценка программных средств для управления экономической деятельности промышленного предприятия на основе имитационной модели // Вестник Брянского государственного технического университета. 2014. №1(41). С. 94–101.
6. Якимов А.И., Демиденко О.М., Ивкина Н.Н. Анализ методов построения имитационных моделей корпоративных информационных систем // Информационные системы и технологии. №2(94). 2016. С. 40–50.
7. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу. Київ: BHV, 2007. 544 с.
8. Kilgore R.A. Multi-Language, Open-Source Modeling Using the Microsoft .Net Architecture // Proceedings of 2002 Winter Simulation Conference. San Diego: IEEE Press, 2002. Pp. 629–633.
9. Захарченков К.В. Разработка метода, моделей и технологии оценки эффективности процессов управления в корпоративных информационных системах : Автореф. дис. канд. техн. наук : 15.13.10. Брянск, 2014. 20 с.
10. Аверченков В.И. Концепция оценки эффективности процессов управления в корпоративных информационных системах предприятий // Вестник Брянского государственного технического университета. 2016 №1 (49). С.113-119.
11. Аверченков В.И., Якимов А.И., Демиденко О.М., Ивкина Н.Н. Метод распределенного построения имитационной модели производственной деятельности промышленного пред-



приятия // Южно-Сибирский научный вестник. №4 (12). 2015. С. 22–28.

Averchenkov V.I., Yakimov A.I.

PROGRAM-TECHNOLOGICAL COMPLEX SIMULATION IN THE CORPORATE INFORMATION SYSTEM OF ENTERPRISE

A program-technological complex simulation of complex systems based on information technology corporate information system (CIS) of industrial enterprises, for example, IDEF, UML, ADO, XML, MPI, object-oriented programming, integrated development environments are given. The structural components, including the integration of the complex with the CIS, the components of automation of building simulation model, processing the input data and simulation results, automation components of simulation and decision support are presented. A description of an example of using a program package of simulation in the shoe industry is given.

Key words: *information technology, software, simulation, enterprise.*

Аверченков Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой компьютерных технологий и систем.

Брянский государственный технический университет.

Адрес: Россия, 241035, Брянск, бул.50-лет Октября, д. 7.

E-mail: aver.tu@yandex.ru

Якимов Анатолий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления.

Белорусско-Российский университет.

Адрес: Беларусь, 212000, Могилев, пр-т Мира, д. 43.

E-mail: ykm@tut.by

