

УДК 519.876.5:658.5  
DOI: 10.12737/18301

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В. И. Аверченков, С. К. Крутолевич, А.И. Якимов, К.В. Захарченков

### КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Предложена концепция исследования эффективности организации процессов корпоративной информационной системы (КИС), основанная на имитационной модели абстрактного представления промышленного предприятия как объекта управления, на уровне бизнес-процессов, производственного процесса и компьютерной сети.

**Ключевые слова:** имитационная модель, промышленное предприятие, корпоративная информационная система, КИС, оценка эффективности процессов.

V.I. Averchenkov, S.K. Krutolevich, A.I. Yakimov, K.V. Zakharchenkov

### CONCEPT OF MANAGEMENT EFFECTIVENESS ESTIMATION IN CORPORATE INFORMATION SYSTEMS OF ENTERPRISES

The investigation concept of organization effectiveness in processes of a corporate information system (CIS) based on a simulation model of the abstract presentation of an industrial enterprise as an object of

management, at the level of business-processes, an industrial process and computer network is offered.

**Key words:** simulation model, industrial enterprise, corporate information system, (CIS), estimation of process effectiveness.

#### Введение

В настоящее время на предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации при решении задач управления в социально-экономических системах применяются корпоративные информационные системы (КИС), которые обеспечивают поддержку принятия рациональных управленческих решений на основе автоматизации функций управления. Однако при такой автоматизации выбор алгоритмов и параметров процессов КИС осуществляется, как правило, интуитивно либо на основе консультаций с экспертами. В результате внедрение КИС часто не приносит предприятию ожидаемого эффекта. Затраты на внедрение КИС не окупаются, а в некоторых случаях применение КИС

приносит предприятию значительные убытки.

Сложность решения задачи оценки эффективности организации процессов управления в КИС для современных условий обусловлена следующими основными факторами:

- случайный характер изменения ряда параметров производственно-экономической деятельности промышленного предприятия и внешней среды;
- наличие большого количества алгоритмов организации процессов КИС на уровне бизнес-процессов, производственного процесса и компьютерной сети;
- большое количество критериев оценки эффективности процессов КИС.

#### Концепция исследования эффективности организации управления

Проведенный анализ существующих методов и программных средств показал отсутствие методического и программного

обеспечения количественной оценки эффективности организации процессов управления в КИС на основе



имитационного моделирования путем анализа управляющего воздействия процессов КИС на результаты производственно-экономической деятельности промышленного предприятия в условиях случайного изменения параметров функционирования промышленного предприятия и внешней среды.

Концепция исследования процессов КИС основана на применении системного подхода к анализу КИС как сложной многоуровневой системы, адаптации общей теории имитационного моделирования [1] для построения имитационной модели КИС, применении методов принятия решений для рационального выбора алгоритмов и параметров процессов [2] КИС на каждом уровне абстрактного представления, использовании матриц относительных весов [3] для определения важности критериев эффективности процессов КИС.

Ввиду вероятностного характера поступления заказов, изменения цен на продукцию, сырье и материалы аналитические модели применять нельзя, поскольку явные зависимости, связывающие параметры моделирования с откликами модели промышленного предприятия, на основании которых можно судить об эффективности работы КИС, удастся получить только для сравнительно простых систем. По этой причине в качестве способа исследования процессов КИС предложено использовать имитацию.

Оценка эффективности алгоритмов и рациональный выбор параметров процессов КИС предполагает реализацию процессов, которые могут выполняться КИС, на основе имитационного моделирования. Это позволяет оценивать эффективность функционирования различных вариантов КИС: оценивать влияние алгоритмов и параметров процессов планирования и управления КИС на производственно-экономические показатели работы промышленного предприятия; выбирать наиболее эффективные с точки зрения производственно-экономических

показателей работы предприятия алгоритмы организации и параметры процессов планирования и управления; оценивать эффективность функционирования КИС при различных конфигурациях оборудования компьютерной сети.

Концепция исследования КИС предполагает непосредственное участие лиц, принимающих решения, в процессе оценки эффективности алгоритмов и рационального выбора параметров процессов КИС (рис. 1).

Концепция исследования эффективности организации процессов корпоративной информационной системы (рис. 1) основана на следующих принципах:

1. На каждом уровне абстрактного представления промышленного предприятия, выступающего в качестве объекта управления (на уровне бизнес-процессов, производственного процесса и компьютерной сети), построена имитационная модель: на уровне бизнес-процессов – имитационная модель основных процессов промышленного предприятия; на уровне производственного процесса – имитационная модель производственных операций; на уровне компьютерной сети – имитационная модель вычислительного процесса.

2. Для оценки эффективности процессов корпоративной информационной системы, выступающей в качестве системы управления, в имитационную модель на каждом уровне абстрактного представления добавляются процессы, моделирующие функции корпоративной информационной системы, причем каждый процесс может быть реализован на основе нескольких алгоритмов, определяющих набор параметров процесса. В частности, на уровне бизнес-процессов в базовую имитационную модель промышленного предприятия добавляются процессы планирования продаж и производства и процессы управления запасами ресурсов. На уровне производственного процесса в имитационную модель производственного процесса добавляются процессы планирования на уровне цехов и производственных операций. На уровне компьютерной сети в имитационную модель добавляются процессы планирования



тационную модель вычислительного процесса добавляются процессы, моделирующие рабочую нагрузку.

3. На основании результатов имитационных экспериментов лицо, принимающее решения, выбирает рациональные зна-

чения параметров и определяет наиболее эффективные алгоритмы процессов корпоративной информационной системы на каждом уровне абстрактного представления.

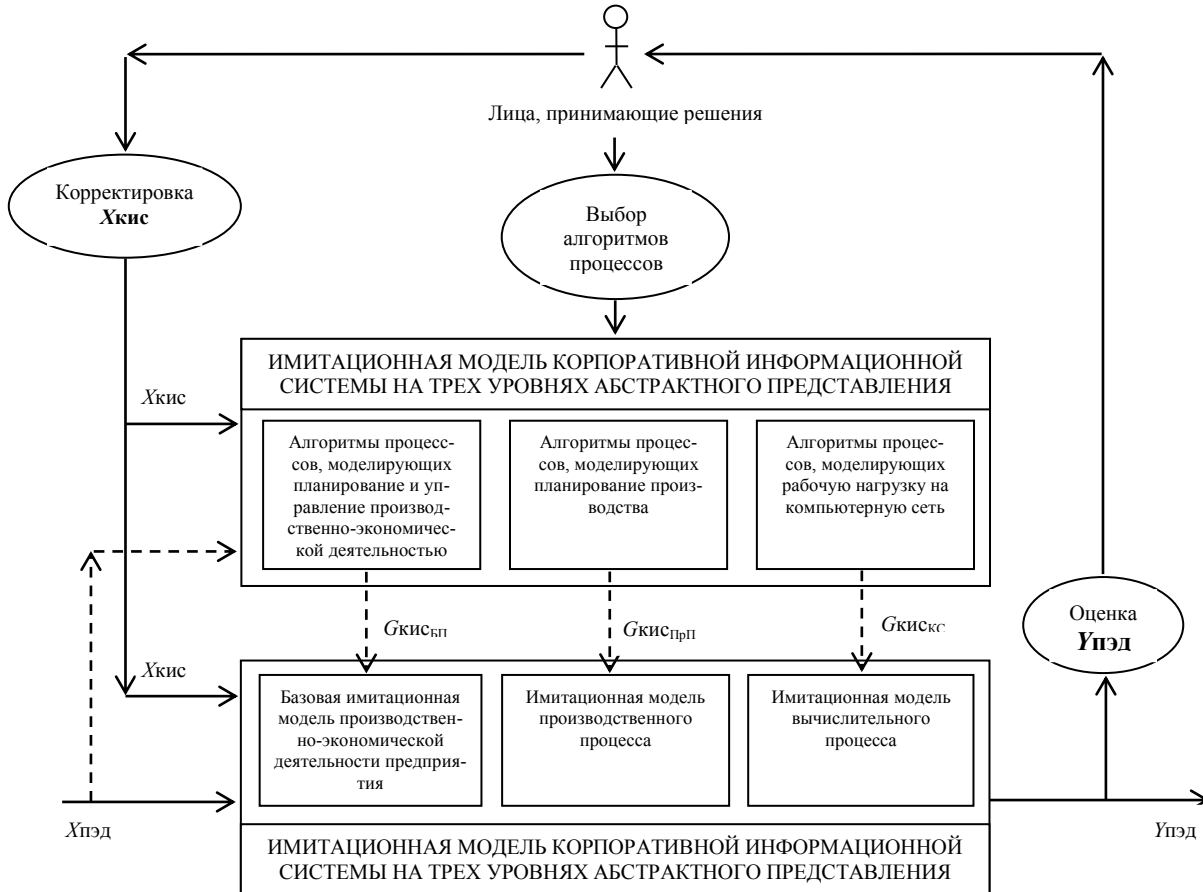


Рис. 1. Концепция оценки эффективности процессов корпоративной информационной системы:  $X_{кис}$  – входные параметры процессов КИС;  $X_{пэд}$  – входные параметры процессов производственно-экономической деятельности (ПЭД) предприятия;  $U_{пэд}$  – выходные параметры процессов ПЭД предприятия;  $G_{кис}$  – выходные параметры процессов КИС

### Экспериментальная часть

Для построения и исследования имитационных моделей КИС на трех уровнях абстрактного представления используется программно-технологический комплекс имитации сложных систем (ПТКИ) BelSim [4]. В состав ПТКИ BelSim входит программное обеспечение (ПО) для построения функциональной модели системы на основе методологии IDEF0; интегрированная среда разработки приложений на языке C++; система имитационного моделирования (СМ) PSTL; ПО для планирования, проведения и обработки результатов имитационных экспериментов (ИЭ); ПО для анализа результатов моделирования. Вы-

бор ПТКИ BelSim обусловлен следующими преимуществами комплекса по сравнению с другими существующими СМ:

- наличие развитых средств декомпозиции сложных систем;
- использование C++ в качестве базового языка для построения имитационных моделей (ИМ), что позволяет строить ИМ, используя возможности стандартных библиотек, не накладывает ограничений на состав и функции компонентов системы, обеспечивает максимальную скорость работы ИМ;
- использование процессного способа имитации, который является наиболее

универсальным и может применяться для построения моделей любых сложных систем [1];

– открытость кода ИМ и СМ, которая позволяет легко изменять состав компонентов ИМ (процессов и активностей) и алгоритмы их функционирования;

– наличие средств для исследования ИМ (оценки погрешности моделирования, анализа длины переходного процесса и устойчивости результатов моделирования, анализа чувствительности откликов), планирования, проведения и обработки результатов ИЭ;

– наличие базовой имитационной модели производственно-экономической деятельности промышленного предприятия, что позволяет значительно ускорить создание имитационной модели КИС на уровне бизнес-процессов [4; 5].

На этапах декомпозиции сложной системы на подсистемы, а также каждой подсистемы на процессы и активности используется методология IDEF0. Для автоматизации процесса в сложных случаях можно применять специализированные средства (например, CASE-пакет PLATINUM BPWin), что позволит обеспечить строгое следование методологии IDEF0 и поддержку целостности данных при переходе между уровнями при декомпозиции системы на подсистемы и подсистем на процессы и активности.

СМ ПТКИ BelSim реализована с использованием стандартных средств языка ANSI C++. При разработке моделей применяется среда Microsoft Visual C++ .NET Express, которая обладает развитыми средствами написания и отладки программ. Внешний обмен данными реализован через файлы в формате XML. Функции управляющей программы моделирования (УПМ) реализует класс CSimulator, который включает структуру данных TNextActivity, содержащую сведения о моменте активизации процесса (время и выполняемая активность); структуру данных TProcess для хранения сведений о процессе (идентификатор, приоритет, момент следующей активизации); класс CProcess, содержащий список работающих процессов. Для запуска процесса моделирования используется

функция run класса CSimulator. Процесс моделирования состоит в последовательной активизации процессов, смене модельного времени и проверке условий окончания моделирования (истечение времени моделирования, завершение всех процессов, активность какого-либо процесса вызвала оператор останова) [4; 5].

ПО для планирования, проведения и обработки результатов ИЭ в ПТКИ BelSim взаимодействует посредством передачи данных через XML-файлы, доступ к которым осуществляется с использованием библиотеки MSXML. Для обмена данными используются XML-файлы данных модели и XML-файлы данных эксперимента. Для ввода исходных данных модели, выбора типа эксперимента (оценка погрешности моделирования, анализ длины переходного процесса и устойчивости результатов моделирования, анализ чувствительности откликов к изменению входных параметров, полный факторный эксперимент, дробный факторный эксперимент), выбора параметров, откликов и уровней изменения откликов применяется приложение Experiment Designer (рис. 2).

Для проведения экспериментов используется программный модуль Experimenter, который получает данные из XML-файла данных модели и XML-файла данных эксперимента, выполняет прогон модели и записывает результаты в XML-файл данных эксперимента [4; 5].

Для анализа результатов экспериментов в ПТКИ BelSim используется блок обработки результатов экспериментов (БОРЭ), который позволяет загружать из XML-файла результаты моделирования, выполнять предварительную обработку результатов моделирования, исследовать свойства ИМ и изменять отклики в зависимости от входных параметров [6].

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 сохранён до этого;

2) ввод исходных данных модели, если был открыт исполняемый файл модели, или при необходимости редактирование исходных данных, если был открыт XML-файл данных модели;

3) сохранение файла данных модели;

4) создание 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 с использованием ПО Experimenter после задания необходимых параметров командной строки;

11) загрузка результатов экспериментов в БОРЭ;

12) обработка результатов ИЭ средствами БОРЭ;

13) сохранение полученных результатов;

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

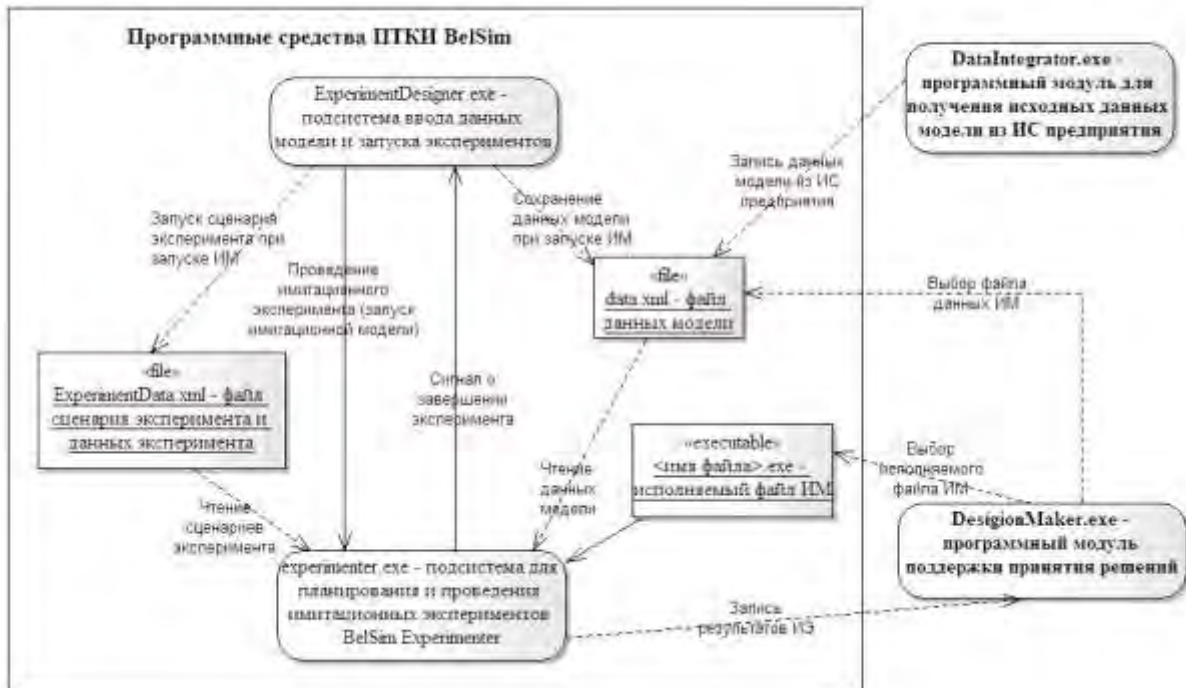


Рис. 2. Состав и структура программного обеспечения для оценки эффективности процессов корпоративной информационной системы

## Обсуждение результатов

Несмотря на мощные средства создания и исследования ИМ, при построении ИМ КИС на уровне бизнес-процессов и производственного процесса исследователь сталкивается со следующими проблемами:

– отсутствие средств получения исходных данных для моделирования из базы данных предприятия;

– отсутствие средств поддержки принятия управленческих решений на основе результатов моделирования.

Задача получения исходных данных для моделирования заключается в получе-



нии массивов данных из баз данных предприятия, которые используют стандартные системы управления базами данных для хранения информации, и записи полученных данных в XML-файл данных модели. Это позволяет значительно сократить время, которое тратит исследователь на ввод исходных данных для моделирования [7].

Для поддержки принятия управленческих решений необходимо разработать

### Заключение

Проверка адекватности и апробация имитационной модели КИС на уровне бизнес-процессов и производственного процесса выполнена в ООО «СМИТ-Ярцево» (г. Ярцево Смоленской области).

ПО, реализующее стандартные методы принятия решений на основе различных критериев. Разработанное ПО обеспечивает выбор параметров ИМ, которые необходимо варьировать, и откликов ИМ, на основе которых принимается решение; прогоняет ИМ и строит матрицу принятия решений на основе результатов моделирования; обеспечивает выбор оптимального решения на основе заданного критерия [8].

Внедрение разработанных средств позволило сократить количество не укомплектованных к моменту запуска в производство изделий на 50%, сократить количество заказов, не выполненных в срок, на 80 % [9].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимей, И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И.В. Максимей. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.
2. Розен, В.В. Математические модели принятия решений в экономике / В.В. Розен. – М.: Высш.шк., 2002.
3. Саати, Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети: [пер. с англ.] / Т. Саати; науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.
4. Якимов, А.И. Имитационное моделирование в ERP-системах управления / А.И. Якимов, С.А. Альховик. – Минск: Беларус. наука, 2005. – 197 с.
5. Якимов, А.И. Технология имитационного моделирования систем управления промышленных предприятий / А.И. Якимов. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2010. – 304 с.
6. Якимов, А.И. Информационная оценка программных средств для управления экономической деятельностью промышленного предприятия на основе имитационной модели / А.И. Якимов, К.В. Захарченков // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – № 1(41). – С. 94–101.
7. Якимов, А.И. Программное обеспечение интеграции имитационной модели с комплексной информационной системой / А.И. Якимов, К.В. Захарченков // Доклады БГУИР. – 2008. – № 2(32). – С. 111–117.
8. Захарченков, К.В. Применение матриц парных сравнений для определения значений весовых коэффициентов откликов моделей / К.В. Захарченков // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы республ. науч.-техн. конф. (г. Могилев, 24-25 янв. 2007 г.). – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2007. – С. 112.
9. Захарченков, К.В. Разработка метода, моделей и технологии оценки эффективности процессов управления в корпоративных информационных системах: автореф. дис.... канд. техн. наук / К.В. Захарченков. – Брянск, 2014. – 20 с.
1. Maximei, I.V., Computer simulation modeling / I.V. Maximei. – M.: Radio and Communication, 1988. – pp. 232.
2. Rosen, V.V., Simulators of Decision-making in Economy / V.V. Rosen. – M.: Higher School, 2002.
3. Saati, T., Decision-making at Dependences and Feedbacks: Analytical Networks: [transl. from Engl.] / T. Saati; under scientific editorship A.V. Andreichikov, O.N. Andreichkova. – Publishing House LKI, 2008. – pp. 360.
4. Yakimov, A.I., Simulation Modeling in ERP-Systems of Management / A.I. Yakimov, S.A. Alkhovik. – Minsk: Belarus. Science, 2005. – pp. 197.
5. Yakimov, A.I., Techniques of Simulation Modeling of Industrial Enterprise Management Systems / A.I. Yakimov. – Mogilyov: Belarus.-Rus. Uni-t, 2010. – pp. 304.
6. Yakimov, A.I. Information estimation of software tools for economic activity of industrial enterprise based on simulation model / A.I. Yakimov, K.V. Zakharchenkov // Bulletin of Bryansk State Technical University. – 2014. – № 1(41). – pp. 94–101.
7. Yakimov, A.I., Software of simulation model integration with complex information system / A.I. Yakimov, K.V. Zakharchenkov // Reports of BSUIR. – 2008. – № 2(32). – pp. 111–117.
8. Zakharchenkov, K.V., Matrix application of couple comparisons for value definition of weight ratios of model responses / K.V. Zakharchenkov //



New Materials, Equipment and Techniques in Industry: Proceedings of The Republican Scientific Technical Conf. , Mogilyov, January 24-25, 2000. – Mogilyov: Belorus.-Rus. Uni-t, 2007. – pp. 112.

9. Zakharchenkov, K.V., Development of Method,

Models and Techniques for Estimation of Management Effectiveness in Corporate Information Systems: Abstract for Can.Eng. Degree Defence / K.V. Zakharchenkov. – Bryansk, 2014. – pp. 20.

*Статья поступила в редколлегию 27.11.2015.*

*Рецензент: д.псих.н., профессор Брянского государственного технического университета Спасенников В.В.*

#### Сведения об авторах:

**Аверченков Владимир Иванович**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета, тел.: 8 (4832) 56-49-90, e-mail: [aver@tu-bryansk.ru](mailto:aver@tu-bryansk.ru).

**Крутолевич Сергей Константинович**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Автоматизированные системы управления» «Белорусско-Российского университета», тел.: +375 (222) 252447, +375 (44) 7163816.

**Averchenkov Vladimir Ivanovich**, D.Eng., Head of the Dep. “Computer Techniques and Systems” Bryansk State Technical University, Phone: 8 (4832) 56-49-90, e-mail: [aver@tu-bryansk.ru](mailto:aver@tu-bryansk.ru).

**Krutolevich Sergey Konstantinovich**, Can.Eng., Assistant Prof., Head of the Dep. “Automated Management Systems” SIHPE “Belarussian-Russian University”, Phone: +375 (222) 252447, +375 (44) 7163816.

**Yakimov Anatoly Ivanovich**, Can.Eng., Assistant

**Якимов Анатолий Иванович**, к.т.н., доцент кафедры «Автоматизированные системы управления» Белорусско-Российского университета, тел.: +375 (222) 252447, +375 (44) 7163816, e-mail: [ykm@tut.by](mailto:ykm@tut.by).

**Захарченков Константин Васильевич**, к.т.н., доцент кафедры «Автоматизированные системы управления» Белорусско-Российского университета, e-mail: [zaharchenkovkv@mail.ru](mailto:zaharchenkovkv@mail.ru).

Prof. of the Dep. “Automated Management Systems” SIHPE “Belarussian-Russian University”, Phone: +375 (222) 252447, +375 (44) 7163816, e-mail: [ykm@tut.by](mailto:ykm@tut.by).

**Zakharchenkov Konstantin Vasilievich**, Can.Eng., Assistant Prof. of the Dep. “Automated Management Systems” Belarussian-Russian University, e-mail: [zaharchenkovkv@mail.ru](mailto:zaharchenkovkv@mail.ru).

