

**Библиографические ссылки**

1. Якимович Б. А., Тененев В. А. Методы анализа и моделирования систем. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2001. – 152 с.
2. Тененев В. А., Якимович Б. А. Генетические алгоритмы в моделировании систем : моногр. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2010. – 308 с.
3. Якимович Б. А., Соломенникова С. И. Исследование эффективности производственных систем с использованием модели нечетких сетей // Вестн. ИжГТУ. – 2011. – № 4. – С. 160–164.
4. Орлов А. И. Экспертные оценки : учеб. пособие. – М. : ИВСТЭ, 2002. – 31 с.
5. Воронов Ю. П. Методы сбора информации в социологическом исследовании / науч. ред. В. Э. Шляпентох. – М. : Статистика, 1974. – 158 с.
6. Харрингтон Дж. Х. Управление качеством в американских корпорациях / сокр. пер. с англ. ; авт. вступ. ст. и науч. ред. Л. А. Конарева. – М. : Экономика, 1990. – 272 с.
7. Соломенникова С. И. Разработка информационно-аналитической подсистемы интеллектуальной поддержки высокотехнологичного предприятия : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01. – Ижевск, 2011. – 129 с.

\* \* \*

*B. A. Yakimovich*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*V. A. Tenenev*, DSc (Physics and Mathematics), Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*S. I. Solomennikova*, PhD in Engineering, Votkinsk branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

**Investigation of efficiency of high-tech machine-building enterprise using the model of fuzzy networks**

*The paper presents the results of investigating the efficiency of the machine-building enterprise on the basis of fuzzy sets and fuzzy networks.*

**Keywords:** enterprise resources, model of hi-tech industrial enterprise, fuzzy sets, fuzzy network with feedbacks, concept of «reserves-resources-results»

Получено: 12.10.12

УДК 658.5.011.4:681.5.015

*Б. А. Якимович*, доктор технических наук, профессор;

*В. А. Тененёв*, доктор физико-математических наук, профессор;

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

*С. И. Соломенникова*, кандидат технических наук

Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ НЕЧЕТКИХ СЕТЕЙ**

*Предложена методика определения эффективности высокотехнологичных производств на основе нечетких множеств и нечетких сетей. Выполнен обзор современных подходов к исследованию сложных технических систем.*

**Ключевые слова:** ресурсы предприятия, модель высокотехнологичного производственного предприятия, нечеткие множества, нечеткие сети с обратными связями, концепция «резервы – ресурсы – результаты»

При исследовании эффективности производственных систем применяют различные методы моделирования в зависимости от решаемых задач и их сложности [1–5]. Рассмотрим некоторые подходы.

Стремительное развитие методов имитационного (численного) математического моделирования обусловлено мощными вычислительными ресурсами современных ЭВМ и возможностью исследования процессов и явлений, имеющих различную природу, но описываемых одинаковыми математическими соотношениями.

Сегодня методы имитационного моделирования успешно используются для решения разнообразных задач в промышленности и производствах. При имитационном моделировании сохраняется математическая форма описания сложных производственных систем без значительных упрощений, присущих аналитическому решению задач. В [2] предлагается

применение имитационных методов при наличии хотя бы одного из следующих условий:

- если не существует математической постановки задачи или не разработаны аналитические методы ее решений;

- если имитационная модель дает более простые решения задачи по сравнению с аналитическими методами;

- если кроме оценки параметров системы необходимо также осуществлять исследование процесса в течение длительного времени;

- если при моделировании сложной системы необходимо учитывать разнообразные по своей природе факторы (технические, экономические, интеллектуальные, организационные, информационные, внешние воздействия и др.).

Современные производственные системы, в том числе высокотехнологичные машиностроительные

предприятия, являются сложными организационно-техническими системами, деятельность которых невозможна без обеспечения их современной высокотехнологичной материально-технической базой, высоким инженерно-техническим и интеллектуальным потенциалом, информационными и организационными ресурсами [6].

Для анализа функций и показателей высокотехнологичных машиностроительных предприятий, таких как стоимость продукции, ее качество, состояние ресурсов, менеджмент и маркетинг, используется процессный подход [3], под которым понимается совокупность взаимосвязанных видов деятельности для преобразования входных параметров (ресурсов) в выходные (результаты), имеющие ценность для потребителя. В качестве механизма для реализации процессного подхода используется реинжиниринг, представляемый следующим алгоритмом [7]: идентификация – обратный инжиниринг – прямой инжиниринг – внедрение – контроль – корректировка. Каждый из вышеперечисленных этапов также требует применения современных методов моделирования производственных систем.

На этапе идентификации, когда осуществляется постановка задачи и формируется обоснованное количество ресурсов для разработки проекта реинжиниринга, возможно использование компетентностного подхода с целью обеспечения мотиваций у персонала, а также 3Р-модель (Резервы – Ресурсы – Результаты) [8].

На этапе обратного реинжиниринга для исследования существующего состояния производства и уровней его развития применяют классические методы исследования технических систем [3, 7].

Прямой реинжиниринг предусматривает построение новой эффективной производственной системы, которая может быть сформирована с использованием концепции генетических алгоритмов и процессного подхода.

Этапы внедрения и контроля, а также корректировка процессов в производственной системе подразумевают привлечение дополнительных ресурсов, оценку эффективности применяемых решений, включая необходимость учета и адаптации к изменениям внешней среды.

На данных этапах, кроме вышеперечисленных методов моделирования, достаточно актуальными могут быть методы сценарного планирования, SWOT-анализ, а также теория гибридного интеллекта [9].

Сегодня высокотехнологичное производственное предприятие (ВТП) представляет собой сложную техническую систему, постоянно растущая сложность которой приводит к необходимости систематического развития методов численного математического моделирования, а также к поиску средств (вариантов) комбинированного применения различных методов исследования ее эффективности.

Одним из таких быстроразвивающихся и перспективных методов являются генетические алгоритмы [10]. Им присущи положительные особенности, которые приводят к успешному решению ряда практических задач. Например, возможность перехо-

да в кодированной форме от одной точки в пространстве решений к другой позволяет представлять переменные параметры в системе непрерывными, дискретными, вербальными и т. д.

В [11] рассмотрены и другие особенности генетических алгоритмов:

- возможность работы с большим набором точек позволяет выделять и обрабатывать большое количество локальных экстремумов;

- использование только значений целевых функций не требует дифференцирования этих функций, что особенно важно, когда количественная оценка показателя эффективности определяется по заданному алгоритму;

- существенное увеличение скорости вычислений за счет возможности распараллеливания вычислений на этапе формирования новых точек решения (популяций);

- реализация рациональных вариантов решения сложных производственных задач путем возможности создания гибридных алгоритмов за счет объединения классических методов оптимизации и свойств генетических алгоритмов.

Отмеченные достижения генетических алгоритмов позволяют их применять для решения задач в области исследования эффективности, управления и развития производственных систем различного типа.

В настоящее время все больше возрастает научный интерес и к проблеме оптимального распределения ресурсов предприятия и их эффективного использования в производстве. Комплекс ресурсов, необходимых высокотехнологичному предприятию, существенно отличается от традиционных подходов по формированию ресурсов, сложившихся для предприятий отечественной промышленности. Здесь важно учитывать не только количество необходимых ресурсов, но и их структуру, скорость изменения их качества, своевременное использование, возобновление. Одним из рациональных подходов к управлению ресурсами является 3Р-модель (Резервы – Ресурсы – Результаты) [8], которая может быть успешно использована в структуре общего алгоритма исследования эффективности высокотехнологичных производств, особенно при освоении новых конкурентоспособных изделий или технологий. Преимуществом 3Р-модели является формирование множества резервов и ресурсов, разработка механизмов их преобразования, учет критических ситуаций и рисков при функционировании сложной технической системы.

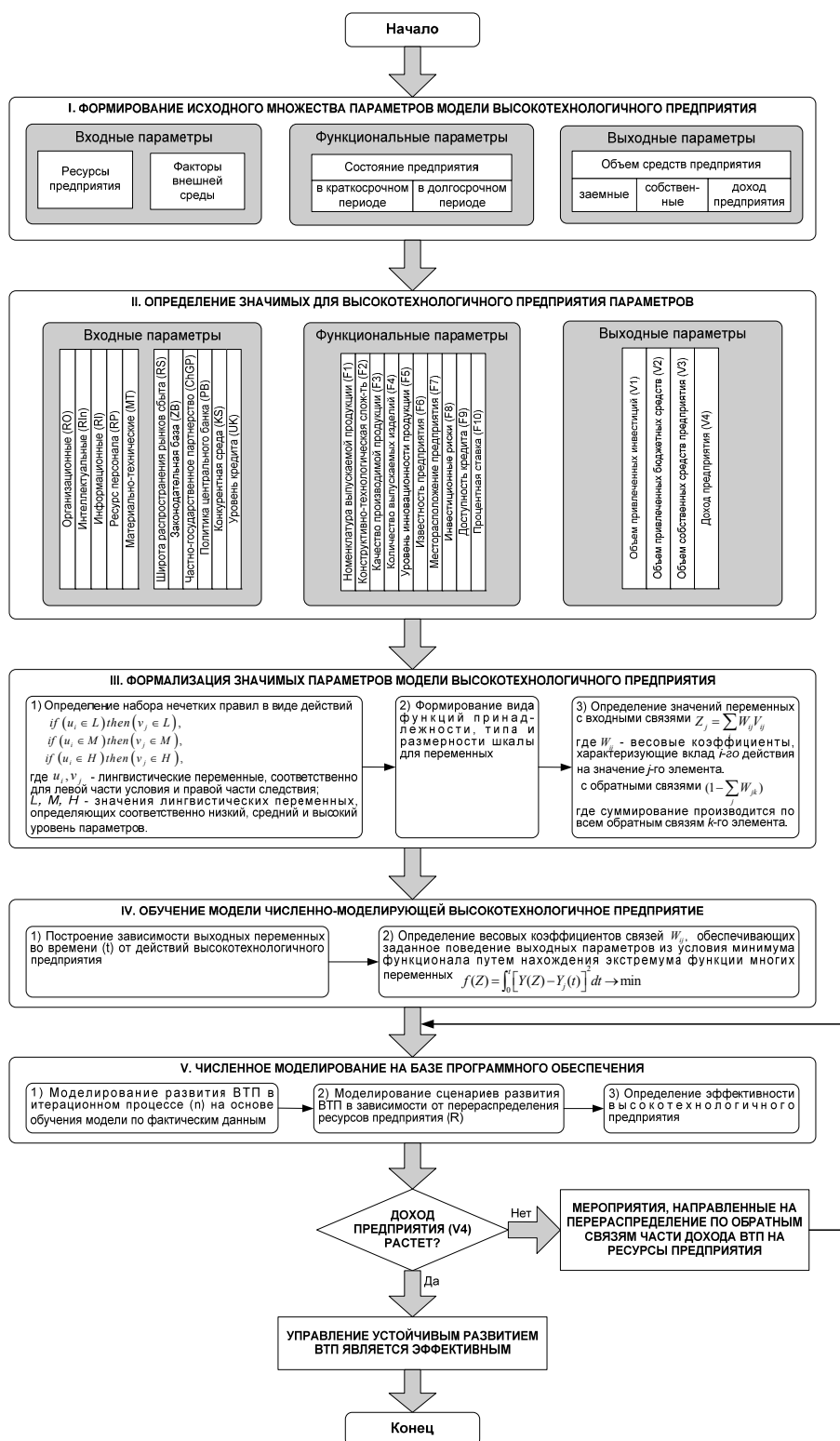
Выполненный обзор современных подходов и методов моделирования сложных технических систем, их описание и формализация показали существенные преимущества метода численного моделирования, особенно с использованием нечетких множеств и сетей, а также генетических алгоритмов. Системное представление функционирования предприятия при освоении и производстве новых высокотехнологичных конкурентоспособных изделий и технологий с использованием концепции «Резервы – Ресурсы – Результаты» позволяет обоснованно подойти к определению эффективности ВТП на этапах его жизненного цикла

с учетом состояния его ресурсов, возобновления и наращивания их путем преобразования резервов.

Таким образом, целесообразно формирование информационно-аналитической подсистемы интеллектуальной поддержки (ИАПС ИП) высокотехнологичного предприятия для определения его эффективности с учетом состояния внешней среды и ресурсов предприятия (интеллектуальных, информационных, орга-

низационных, материально-технических и ресурсов персонала) на основе применения вышеуказанных методов численного моделирования и концепции ЗР.

Авторами предложена следующая последовательность действий (алгоритм), описывающая методику оценки эффективности высокотехнологичного предприятия, которая схематично представлена из пяти этапов (рис.).



Алгоритм определения эффективности ВТП

Современное высокотехнологичное предприятие как сложная техническая система, находящаяся в процессе трансформации, определяет необходимость создания методов моделирования их эффективности как актуальную научную и практическую задачу отечественного промышленного комплекса. Предложенный алгоритм ИАПС ИП ВТП, основанный на научных положениях о нечетких множествах и нечетких сетях, применении современных методов экспертного оценивания, генетических алгоритмах и концепции ЗР, позволяет с необходимой точностью и достоверностью прогнозировать эффективное развитие ВТП, определять рациональное использование его ресурсов и оптимально управлять ими с учетом изменения внешней среды и функционального состояния предприятия.

#### Библиографические ссылки

1. Якимович Б. А., Тенев В. А. Методы анализа и моделирования систем. – Ижевск : ИжГТУ, 2001. – 152 с.
2. Игнатьев М. Б., Ильевский В. З., Клауз Л. П. Моделирование системы машин. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 304 с.
3. Макаров Ю. Н. Организация эффективного управления промышленными корпорациями. – Ижевск : Митра, 2010. – 266 с.
4. Клир Дж. Системотология. Автоматизация решения системных задач. – М. : Радио и связь, 1990. – 544 с.
5. Раяцкас Р. Л., Плакунов М. К. Количественный анализ в экономике. – М. : Наука, 1987. – 390 с.
6. Якимович Б. А., Соломенникова С. И. Анализ эффективности высокотехнологичного сектора промышленности // Вестн. ИжГТУ. – 2011. – № 3. – С. 159–163.
7. Бирбраер Р. А., Альтишлер И. Г. Основы инженерного консалтинга. – М. : Дело, 2005. – 208 с.
8. Мамрыкин О. В., Кузнецов А. П., Якимович Б. А. Модель управления проектами освоения новых изделий машиностроения // Высокие технологии в механике : материалы науч.-практ. конф., Ижевск, 15–16 июля 2002 г. / Ижев. гос. техн. ун-т. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2003. – С. 46.
9. Венда В. Ф. Система гибридного интеллекта: Эволюция, психология, информатика. – М. : Машиностроение, 1990. – 448 с.
10. Батищев Д. И., Неймарк Е. А., Старостин Н. В. Применение генетических алгоритмов к решению задач дискретной оптимизации : учеб.-метод. материал по программам повышения квалификации «Информационные технологии и компьютерное моделирование в прикладной математике» / Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. – Н. Новгород, 2007. – 85 с. – URL: <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/15.pdf> (дата обращения: 15.11.2012).
11. Тенев В. А., Якимович Б. А. Генетические алгоритмы в моделировании систем : моногр. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2010. – 308 с.

\* \* \*

*B. A. Yakimovich*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*V. A. Tenenev*, DSc (Physics and Mathematics), Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*S. I. Solomennikova*, PhD in Engineering, Votkinsk branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

#### Technique of efficiency research of high-production systems with the use of fuzzy networks model

*The paper presents the technique of efficiency determination of high-tech productions on the basis of fuzzy sets and fuzzy networks. A review of modern approaches to investigation of complex technological systems is done.*

**Keywords:** enterprise resources, model of hi-tech industrial enterprises, fuzzy sets, fuzzy network with feedbacks, concept of «reserves-resources-results»

Получено: 17.10.12