

# GISAP:

TECHNICAL SCIENCES, CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

International Academy of Science and Higher Education  
London, United Kingdom  
Global International Scientific Analytical Project

№8 Liberal\* | April 2016



# GISAP

TECHNICAL SCIENCES, CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

## Expert board:

Murat Adambaev (Kazakhstan), Patrick Laviro (Luxembourg), Rasmus Skaarberg (Norway), Maciej Zmievski (Poland), Elena Artamonova, Michail Treschalin (Russia), Michael Gorbichuk, Adam Blake (USA), Naqibullo Babayev (Uzbekistan)

## GISAP: Technical Sciences, Construction and Architecture №8 Liberal\* (April, 2016)

Chief Editor – J.D., Prof., Acad. V.V. Pavlov  
Copyright © 2016 IASHE

ISSN 2054-1155  
ISSN 2054-1163 (Online)

Design: Alexander Stadnichenko, Tatyana Gribova, Inna Shekina, Yury Skoblikov

Published and printed by the International Academy of Science and Higher Education (IASHE)  
1 Kings Avenue, London, N21 3NA, United Kingdom  
Phone: +442071939499, e-mail: [office@gisap.eu](mailto:office@gisap.eu), web: <http://gisap.eu>

! No part of this magazine, including text, illustrations or any other elements may be used or reproduced in any way without the permission of the publisher or/and the author of the appropriate article

Print journal circulation: 1000

“\*Liberal – the issue belongs to the initial stage of the journal foundation, based on scientifically reasonable but quite liberal editorial policy of selection of materials. The next stage of the development of the journal (“Professional”) involves strict professional reviewing and admission of purely high-quality original scientific studies of authors from around the world”

## CONTENTS

<b>V. Savchenko</b> , <i>Altai state technical university named after I.I. Polzunov, Russia</i> APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR RUBRICATION OF NATURAL LANGUAGE TEXTS.....	3
<b>A. Barbara</b> , <i>Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, Russia</i> IMPLEMENTATION OF THE TECHNICAL OFFICERS SELECTION PROCESS BY MEANS OF THE AUTOMATED INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEM.....	5
<b>V. Goncharov, N. Quang Dung, T. Viet Dung</b> , <i>National Research Tomsk Polytechnic University, Russia</i> IDENTIFICATION OF CONTROL OBJECTS WITH THE DISTRIBUTED PARAMETERS.....	8
<b>V. Kiriy</b> , <i>Irkutsk State Technical University, Russia</i> AMBIVALENT SYSTEMS THEORY AND ITS APPLICATION.....	12
<b>V. Goncharov<sup>1</sup>, V. Onufriev<sup>2</sup></b> , <i>Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia<sup>1</sup>, National Research Tomsk Polytechnic University, Russia<sup>2</sup></i> SYNTHESIS OF REGULATORS OF PULSE SYSTEMS OF AUTOMATIC CONTROL USING THE NUMERICAL METHOD .....	16
<b>Z. Rodionova</b> , <i>Novosibirsk State University of Economics and Management, Russia</i> USER ACCESS RIGHTS MANAGEMENT ON THE BASIS OF ANALYSIS OF THE COMPANY'S BUSINESS- PROCESSES FUNCTIONS .....	20
<b>T. Telia</b> , <i>Georgian University, Georgia</i> ON THE DETERMINATION OF THE STRESS TENSOR EIGENVALUES.....	24
<b>A.U. Kalizhanova, S.T. Amanzholova</b> , <i>Kazakh National Technical University named after K. Satpayev, Kazakhstan</i> METHODS OF BUILDING THE HIGHLY RELIABLE COMPUTER SYSTEM .....	26
<b>G. Kaziyev, G. Nabieva, B. Dautova</b> , <i>Kazakh National Technical University named after K. Satpayev, Kazakhstan</i> BLOCK-SYMMETRIC MODELS AND METHODS: NEW CLASS OF DISCRETE PROGRAMMING TASKS.....	28
<b>Ryzhenko I.</b> , <i>Kirghiz-Russian Slavic University. B.N. Yeltsin, Kyrgyzstan</i> MANAGEMENT OF INVESTMENT PROJECTS PERFORMANCE.....	32
<b>L.Ye. Isayeva<sup>1</sup>, I.Ye. Lev<sup>2</sup>, S.Y. Shypitsyn<sup>3</sup></b> , <i>The National Metallurgical Academy of Ukraine, Ukraine<sup>1,2</sup>, Physical and Engineering Institute of Metals and Alloys, Ukraine<sup>3</sup></i> FORMATION OF NITRIDE- AND CARBIDE PHASES UNDER DISPERSION HARDENING OF Cr-Mn-V-N AUSTENITIC STEELS.....	34

## CONTENTS

<b>Савченко В.В.</b> , Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Россия ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РУБРИКАЦИИ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ.....	3
<b>Барбара А.Д.</b> , Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Россия РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТБОРА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	5
<b>Гончаров В.И., Нгуен Куанг Зунг, Тхан Вьет Зунг</b> , Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ С РАСПРЕДЕЛЁННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.....	8
<b>Кирий В.Г.</b> , Иркутский государственный технический университет, Россия ТЕОРИЯ АМБИВАЛЕНТНЫХ СИСТЕМ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ.....	12
<b>Гончаров В.И.<sup>1</sup>, Онуфриев В.А.<sup>2</sup></b> , Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники, Россия <sup>1</sup> , Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет, Россия <sup>2</sup> СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ.....	16
<b>Родионова З.В.</b> , Новосибирский государственный университет экономики и управления, Россия УПРАВЛЕНИЕ ПРАВАМИ ДОСТУПА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ФУНКЦИЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	20
<b>Телия Т.Н.</b> , Грузинский университет, Грузия ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕНЗОРА НАПРЯЖЕНИЙ.....	24
<b>Калижанова А.У., Аманжолова С.Т.</b> , Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, Казахстан МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ С ВЫСОКОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ.....	26
<b>Казиев Г.З., Набиева Г.С., Даутова Б.М.</b> , Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, Казахстан БЛОЧНО-СИММЕТРИЧНЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ НОВЫЙ КЛАСС ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....	28
<b>Ryzhenko I.</b> , Kirghiz-Russian Slavic University. B.N. Yeltsin, Kyrgyzstan MANAGEMENT OF INVESTMENT PROJECTS PERFORMANCE.....	32
<b>L.Ye. Isayeva<sup>1</sup>, I.Ye. Lev<sup>2</sup>, S.Y. Shypitsyn<sup>3</sup></b> , The National Metallurgical Academy of Ukraine, Ukraine <sup>1,2</sup> , Physical and Engineering Institute of Metals and Alloys, Ukraine <sup>3</sup> FORMATION OF NITRIDE- AND CARBIDE PHASES UNDER DISPERSION HARDENING OF Cr-Mn-V-N AUSTENITIC STEELS.....	34



APPLICATION OF NEURAL NETWORKS  
FOR RUBRICATION OF NATURAL  
LANGUAGE TEXTS

V. Savchenko, Postgraduate Student  
Altai state technical university named after I.I. Polzunov,  
Russia

The article deals with the method of machine learning using an artificial neural network for classification of texts in Russian.

**Keywords:** neural network, graph, term, analysis, column.

Conference participant


ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ  
ДЛЯ РУБРИКАЦИИ ТЕКСТОВ НА  
ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

Савченко В.В., аспирант  
Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова, Россия

В статье рассматривается метод машинного обучения для классификации текстов на русском языке, который использует искусственную нейронную сеть.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, граф, терм, анализ, рубрика

Участник конференции

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsc.v0i8.1419>

На сегодняшний день, в условиях стремительно растущего объема информации, актуальна задача рубрикации текстов, представленных на естественном языке. Различные решения данной задачи находят свое применение в таких областях, как: обработка новостей, фильтрация спама, классификация библиотечных материалов и т.д. Основными методами решения являются методы машинного обучения (метод Байеса, метод Роше, метод k-ближайших соседей и т.д.), а так же методы, основанные на знаниях (экспертные системы).

В данной работе представлен метод машинного обучения для классификации текстов на русском языке, который использует искусственную нейронную сеть для анализа характеристик текста. Реализованная искусственная нейронная сеть представляет собой многослойный перцептрон. Обучение происходит с помощью классического метода обратного распространения ошибки. В качестве функции активации используется функция Ферми (экспоненциальная сигмоида)

$$F(s) = \frac{1}{1 + e^{-2\alpha s}}$$
, где  $s$  – уровень входного сигнала,  $\alpha$  – заданный коэффициент, не

В свою очередь характеристики текста основываются не только на ключевых словах, но и на словах, связанных с ключевыми по смыслу. Исходными данными является словарь, основанный на толковом словаре Ожегова, в котором представлен перечень термов в нормальной форме. Каждому терму сопоставлен набор термов, связанных с ним ассоциативной, синонимической и т.д. связью. Таким

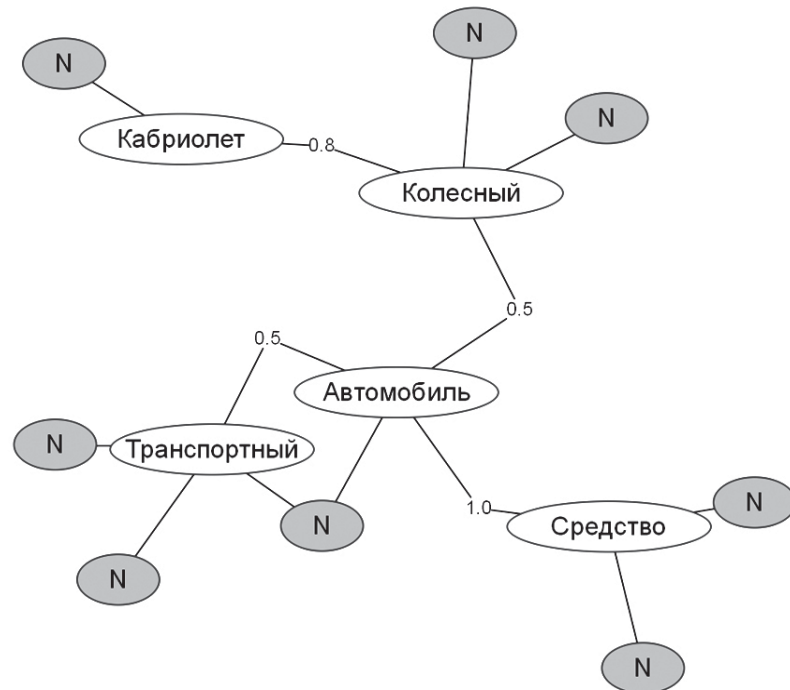


Рис. 1. Граф термов.

образом, словарь представляет собой граф, где вершины — слова, а ребра имеют весовые коэффициенты от 0 до 1.

Модифицированным методом Дейкстры находим все вершины графа (термы), удаленные от ключевых термов рубрики на расстоянии, не превышающем заданное значение:

$$R(k) = \left( \prod_{i=1}^n W_i \right) * t^n,$$

где  $k$  — вершина графа,  $W_i$  — вес ребра с индексом  $i$ ,  $n$  — количество ребер, связующих вершину  $k$  с вершиной ключевого термина,  $t$  — коэффициент затухания значимости.

Структуру графа иллюстрирует фрагмент, представленный на

рисунке 1, где «Автомобиль» — ключевой терм рубрики, «Транспортный», «Средство», «Колесный», «Кабриолет» — термы, расстояние от ключевого термина до которых не превышает заданного значения, «N» — термы, расстояние до которых превысило указанное значение.

Размер входного слоя нейронной сети равен количеству ключевых термов рубрики. Выходной слой имеет два выхода, по значению которых можно сделать вывод — принадлежит ли текст данной рубрике или нет. Обрабатываемый текст (будь то текст из выборки обучения или текст, рубрику которого необходимо определить) подвергается анализу. Термы текста приводятся к нормаль-



Рис. 2. Количество обработанных текстов.

ной форме. Для этого задействована библиотека lucene — кроссплатформенная Java библиотека, разработанная компаний Apache, и библиотека russianmorphology [5]. Считается

удаленность  $R(k) = \left( \prod_{i=1}^n W_i \right) * t^n$  терма

от каждого ключевого термина рубрики. Полученные значения суммируются с соответствующими значениями других терминов текста:

$$S[k] = \sum_{i=1}^n W_i,$$

где  $W_i$  — расстояние от термина  $i$  до ключевого термина  $k$ ,  $n$  — количество терминов текста. Полученные значения нормируются в зависимости от размера текста. Таким образом, на выходе получаем значения для входного слоя нейронной сети. Далее происходит обучение нейронной сети с помощью обучающей выборки (тексты с заведомо известной рубрикой). И после обучения искусственная нейронная сеть готова к анализу текста.

В качестве примера рассмотрим результаты анализа двух рубрик — автомо-

били и компьютеры. Эти рубрики имеют несколько общих ключевых терминов, например «мощность», «скорость», «объем» и т.д. Полученные результаты тестов дали относительно хороший результат — от 77% до 84% текстов были успешно распознаны (рисунок 2). При этом использовался один слой нейронной сети. Увеличение количества внутренних слоев нейронной сети не дало положительных результатов из-за недостаточного количества примеров обучающей выборки. К частичному улучшению результатов распознавания привели экспертные модификации в исходном словаре терминов. Таким образом, основными направлениями на дальнейшее улучшение качества распознавания являются – совершенствование исходного словаря и увеличение обучающей выборки.

#### References:

1. Automatic Classification Research Group - Metody mashinnogo obuchenija [Machine learning methods]., Access mode: <http://acrg.ru/algorithms.html>
2. Ageev A.M. Metody

avtomaticheskoy rubrikacii tekstov, osnovannye na mashinnom obuchenii i znaniyah jekspertov [Methods of automatic rubrication of texts based on machine learning and knowledge of experts]., Access mode: [www.cir.ru/docs/ips/publications/2005\\_diss\\_ageev.pdf](http://www.cir.ru/docs/ips/publications/2005_diss_ageev.pdf)

3. Dunaev E.V. Avtomaticheskaja rubrikacija web-stranic v internet-kataloge s ierarhicheskoj strukturoj [Automatic rubrication of web pages in the online catalog with the hierarchical structure]., Access mode: [www.ict.edu.ru/vconf/files/11556.pdf](http://www.ict.edu.ru/vconf/files/11556.pdf)

4. Voroncov K.V. Lekcii po iskusstvennym nejronnym setjam [Lectures on artificial neural networks]., Access mode: <http://www.ccas.ru/voron/download/NeuralNets.pdf>

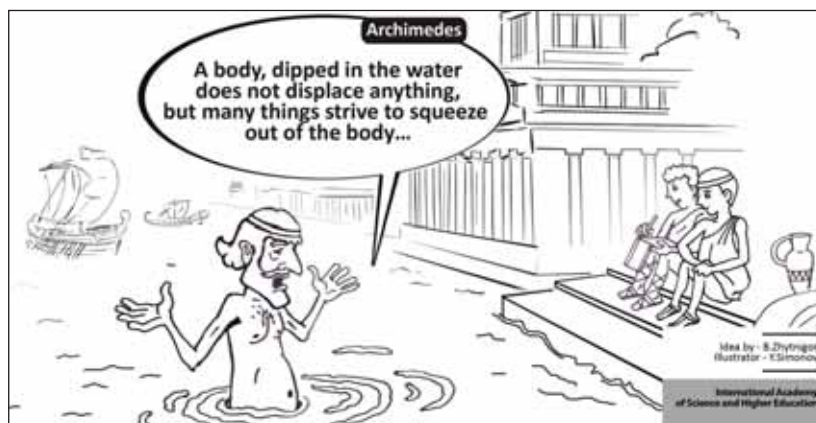
5. Russian morphology., Access mode: <http://code.google.com/p/russianmorphology/>

#### Литература:

1. Automatic Classification Research Group - Методы машинного обучения. / [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://acrg.ru/algorithms.html>
2. Ageev A.M. Методы автоматической рубрикации текстов, основанные на машинном обучении и знаниях экспертов/ [Электронный ресурс] Режим доступа: [www.cir.ru/docs/ips/publications/2005\\_diss\\_ageev.pdf](http://www.cir.ru/docs/ips/publications/2005_diss_ageev.pdf)
3. Дунаев Е.В. Автоматическая рубрификация web-страниц в интернет-каталоге с иерархической структурой / [Электронный ресурс] Режим доступа: [www.ict.edu.ru/vconf/files/11556.pdf](http://www.ict.edu.ru/vconf/files/11556.pdf)
4. Воронцов К.В. Лекции по искусственным нейронным сетям. / [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ccas.ru/voron/download/NeuralNets.pdf>
5. Russian morphology. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://code.google.com/p/russianmorphology/>

#### Information about author:

1. Vitaly Savchenko - Postgraduate Student, Altai state technical university named after I.I. Polzunov; address: Russia, Barnaul city; e-mail: [64svv@rambler.ru](mailto:64svv@rambler.ru)



## IMPLEMENTATION OF THE TECHNICAL OFFICERS SELECTION PROCESS BY MEANS OF THE AUTOMATED INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEM

A. Barbara, Applicant, Senior Lecturer  
Kuzbass State Technical University named after  
T.F. Gorbachev, Russia

The process of selection of candidates for the engineering employee position is considered; the main characteristics in the course of assessment are determined. The system of ITR complex assessment realizing the selection by quantitative and qualitative signs is offered.

**Keywords:** personnel competence, competence, complex staff evaluation, information system.

Conference participant,  
National Research Analytics Championship,  
Open European-Asian Research Analytics Championship


## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТБОРА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Барбара А.Д., соискатель, ст. преподаватель  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, Россия

Рассмотрен процесс отбора кандидатов на должность инженерно-технического работника, определены основные характеристики, используемые при оценке. Предложена система комплексной оценки ИТР, реализующая отбор, как по количественным, так и качественным признакам.

**Ключевые слова:** компетентность персонала, компетенция, комплексная оценка персонала, информационная система.

Участник конференции,  
Национального первенства по научной аналитике,  
Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsca.v0i8.1420>

Угольная отрасль Кузбасса развивается высокими темпами, постоянно растет добыча угля, проводится модернизация технологий добычи и оборудования. Однако наблюдается дефицит квалифицированных ИТР, специалистов и рабочих. Основными причинами можно назвать потерю престижа шахтерской профессии, а также отсутствие в компаниях целенаправленной кадровой политики. Грамотный подбор персонала является залогом стабильной и безопасной работы любой компании, а автоматизация повышает эффективность этих процессов.

Грамотно проведенная оценка помогает принимать эффективные управленческие решения и вести кадровую политику. В данной ситуации важен системный подход, так как процедура оценки персонала включает в себя знания и технологии из различных отраслей науки, таких как менеджмент, психология, социология, информационные технологии, методы анализа данных и др.

При реализации системы оценки необходимо решить ряд проблем, среди которых можно выделить проблему оперативного и объективного измерения компетентности персонала, сопоставление этих оценок с показателями качества и эффективности деятельности посредством автоматизированных систем управления.

При отборе кандидатов на должность ИТР необходимо отдавать предпочтение наиболее перспективным и потенциально способным кандидатам. Если задача определения соответствия кандидатов необходимым стандартам и нормативам достаточно хорошо решается, то выявить такие параметры как личные качества, способности – проблема более сложная из-за слабой формализации.

Основные сложности получения достоверных данных заключаются в следующем:

- сложно разработать точную модель деятельности ИТР ввиду невозможности численного оценивания всех параметров;
- деятельность, связанная с руководством в большей степени оценивается качественными параметрами, нежели количественными;
- значительная погрешность оценивания за счет человеческого фактора;
- постоянное изменение процесса деятельности ИТР с учетом изменений в технологических производственных процессах.

Для формализации деятельности ИТР и оценки кандидатов можно использовать следующие источники информации:

- документы из личного дела;
- нормативные документы, ре-

гламентирующие деятельность работника;

- мнение сотрудников, проводивших собеседование;
- мнение начальника, коллег, подчиненных;
- результаты профотбора и аттестации.

Резюмируя вышеизложенное, предлагаем модель ИТР рассмотреть с позиции четырех групп компетенций (качественные характеристики):

- профессиональные (включающие ПВК и специальную компетентность);
- социально-коммуникативные;
- личностные;
- общекультурные.

Содержание групп и описание компетенций определяются на основе анализа должностных инструкций, требований к должности, потребностей компании.

Кроме качественных характеристик можно использовать и количественные, к которым относятся:

- пол кандидата;
- выслуга лет;
- возраст;
- опыт работы на различных должностях, в особенности – по профилю предстоящей деятельности;
- количество и уровень поощрений;
- уровень образования, количество и специализация окончанных учебных заведений;

- характеристики;
- биографические данные;
- владение иностранными языками;
- ученые звания и степени.

На начальном этапе необходимо провести сбор сведений о кандидатах по показателям эффективности работы. В качестве факторов эффективности могут выступать объем добычи, темп проходки, периодическое выполнение плана, количество поощрений (взысканий) за отчетный период, частота возникновения аварийных ситуаций, время простоя и т. п. Затем проводится классификация ИТР по результатам работы, отбираются работники с лучшими и средними показателями. Далее проводится экспертная оценка уровня компетенций, по результатам которой принимается решение о повышении квалификации, обучении, переподготовке, повышении, зачислении в линейный резерв или отсева кандидата. В процессе работы проводится сравнительный анализ, при построении интегрированной модели ИТР для каждой группы компетенций вычисляется весовой коэффициент, а также находится зависимость между эффективностью работы и уровнем компетенций.

Так как данная процедура представляет собой процесс принятия решения, в результате которого выдается заключение, проектирование экспертной системы позволит автоматизировать процесс оценки кандидата. Экспертная система позволит расширить возможности специалистов кадровой службы, накопленные знания и опыт в процессе эксплуатации системы сделают возможным работу «неспециалистов» в данной предметной области. Кроме того программа не подвержена эмоциям, усталости, ее возможности не иссякают со временем, она устойчива к внешним «шумам», а расширяющаяся база знаний делает ее все более эффективным и мощным инструментом оценки. Заметим, что экспертные системы можно применять для консультирования только по специальным вопросам при принятии решений, они помогают расширить и усилить возможности пользователей.

Разрабатываемая автоматизированная интеллектуальная информа-

ционная система комплексной оценки ИТР (СКО ИТР) предназначена для решения следующих задач:

- автоматизация процедур комплексной оценки, аттестации персонала;
  - формирование резерва на руководящие позиции;
  - кадровое перемещение работника;
  - выявление кандидатур на понижение (сокращение);
  - оценка эффективности повышения квалификации (профессионального роста);
  - создание программ развития специалистов на основании результатов оценки.
- В системе предлагается реализовать следующие типы оценок:
- рейтинговая оценка;
  - экспертные оценки;
  - контролирующие курсы (оценка специальных знаний);
  - тесты (оценка личностных качеств).

Основной единицей информации в системе является компетенция, имеющая пять уровней выраженности: «очень слабый», «слабый», «средний», «высокий», «очень высокий». Первые два уровня являются неприемлемыми, средний уровень свидетельствует о возможных проблемах и рекомендует продумать пути их решения, высокий и очень высокий уровни указывают на то, что потенциально кандидат готов к профессиональной деятельности в соответствии с должностью (возможно повышение, расширение зоны ответственности, зачисление в линейный резерв). Так как компетенция – это качественная характеристика работника, то формализация ее в численную оценку возможна только с помощью экспертных оценок. Эксперты назначаются из числа руководителей оцениваемого лица, коллег равного должностного положения, подчиненных (если таковые имеются). В случае отбора кандидатов при приеме на работу экспертами могут быть работники кадровой службы, лицо, принимающее окончательное решение (дающее рекомендацию о приеме на работу). Рекомендуемое число экспертов для рядовых сотрудников – 5, для руководителей – 7. Допускается

снижение числа экспертов до 3-4 человек. В сочетании с качественными характеристиками проводится оценка по количественным признакам, перечисленным выше.

Анализируя назначение системы, потребности и цели пользователей, предметную область, приходим к выводу, что автоматизированная система должна иметь следующую структуру:

- база данных используется для хранения исходных сведений о сотрудниках, заключений, выдаваемых системой, рекомендаций по развитию;
- база знаний предназначена для хранения специальных знаний и правил, которые используются для получения заключений и рекомендаций;
- база ТЗ, КК предназначена для хранения, редактирования и создания тестовых заданий (ТЗ), контролирующих курсов (КК);
- модуль обработки данных необходим для арифметической и логической обработки данных, формирования заключения;
- разъяснительный компонент поясняет, как система получила то или иное заключение;
- интерфейс пользователя предназначен для организации работы пользователя.

Для пользователя системы СКО ИТР описания компетенций и шкала оценок представляется в виде специальной формы, в которой указывается ФИО и должность оцениваемого, ФИО и должность эксперта, дата оценки, перечень уровней и их описание, поле для ввода оценки.

После оценки сотрудника группой экспертов проводится анализ расхождения мнений экспертов, в процессе которого выявляются предвзятые эксперты, формально подходящие к данной процедуре или плохо осведомленные о деятельности оцениваемого. Впоследствии их мнение либо не учитывается при определении окончательного рейтинга, либо к их оценке применяется понижающий весовой коэффициент.

## References:

1. Andrejchikov A. V. Intellectual'nye informacionnye sistemy [Intellectual information systems]., A. V. And-



rejchikov, O.N. Andrejchikova. – Moskva, Finansy i statistika [Finance and statistics], 2006.

2. Gavrilova T.A. Bazy znaniy intellektual'nyh system [Knowledge bases of intellectual systems]. - St. Petersburg., Piter, 2001.

3. Genkin B.M. Jekonomika i sociologija truda [Economics and sociology of labour]. – Moskva., Norma [Regulation], 2001.

4. Dajneka A.V, Zhukov B.M. Sovremennye tendencii v upravlenii personalom [Current trends in personnel management]. – 2009., Izdatel'stvo «Akademija Estestvoznaniya» [Publishing House "Academy of Natural Sciences"].

5. Petruneva R.M. Model' specialista-inzhenera: ot dejatel'nosti k kompetentnosti: monografija [Model of the specialist-engineer: from activity to competence: monograph]. R.M. Petruneva. – Volgograd., RPK «Politehnik», 2007.

6. Rejmarov G.A. Kompleksnaja ocenka personala: inzhenernyj podhod k upravleniju kachestvom truda [Complex staff evaluation: engineering approach to the work quality management]. – Moskva., LKI Publishment, 2010.

7. Fedorova N.V. Upravlenie

personalom organizacii [Organization personnel management], N.V. Fedorova, O.Ju. Minchenkova. – Moskva., KNORUS, 2005.

8. Carionova S. A. «Stupeni rosta»: ot shkol'noj skam'i do «zolotogo» kadrovogo rezerva kompanii [«Steps of growth»: from the school bench to the «golden» personnel reserve of the company], Perspektiva razvitija Prokop'evsko-kiselevskogo ugol'nogo bassejna kak sostavnaja chast' kompleksnogo innovacionnogo plana monogorodov: sbornik trudov [Prospects of development of the Prokopyevsk-Kiselevsk coal basin as a component of the comprehensive innovative plan of monocities: collection of works]. - Prokop'evsk., 2011.

### Литература:

1. Андрейчиков А.В. Интеллектуальные информационные системы/ А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2006.

2. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2001.

3. Генкин Б. М. Экономика и социология труда. М.: Норма, 2001.

4. Дайнека А.В, Жуков Б.М. Со-

временные тенденции в управлении персоналом. Издательство «Академия Естествознания», - 2009.

5. Петрунева Р.М. Модель специалиста-инженера: от деятельности к компетентности: монография/ Р.М. Петрунева. – Волгоград: ППК «Политехник», 2007.

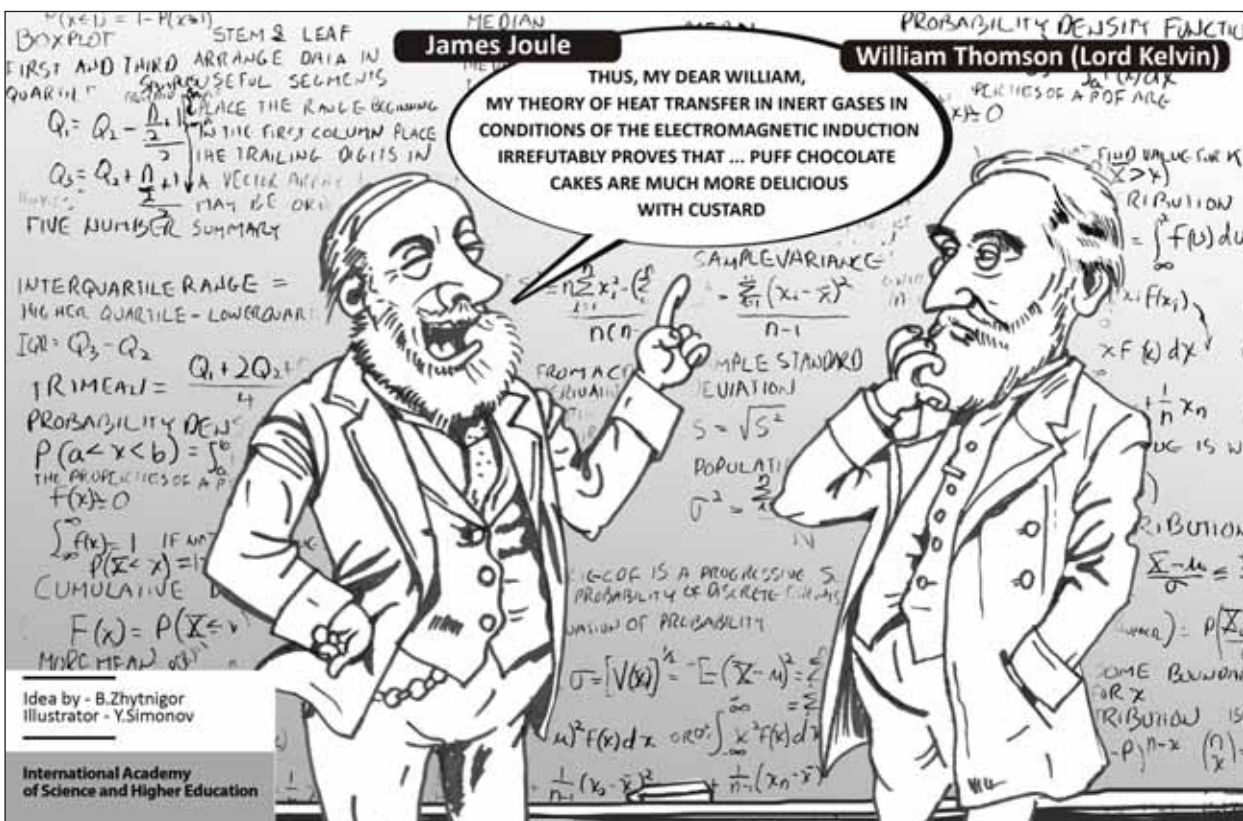
6. Реймаров Г.А. Комплексная оценка персонала: инженерный подход к управлению качеством труда. – М.: Издательство ЛКИ, 2010.

7. Федорова Н.В. Управление персоналом организации. /Н.В. Федорова, О.Ю. Минченкова. – М.: КНОРУС, 2005.

8. Царионова С.А. «Ступени роста»: от школьной скамьи до «золотого» кадрового резерва компании // Перспектива развития Прокопьевско-киселевского угольного бассейна как составная часть комплексного инновационного плана моногородов: сборник трудов. Прокопьевск, 2011.

### Information about author:

1. Anna Barbara – Applicant, Senior Lecturer, Kuzbass State Technical University; address: Russia, Mezhdurechensk city, Kemerovo region; e-mail: barbara\_ad@mail.ru



Idea by - B.Zhytnigor  
Illustrator - Y.Simonov

International Academy  
of Science and Higher Education

## IDENTIFICATION OF CONTROL OBJECTS WITH THE DISTRIBUTED PARAMETERS

V. Goncharov, Doctor of Technical sciences, Full Professor  
N. Quang Dung, Student  
T. Viet Dung, Student  
National Research Tomsk Polytechnic University, Russia

In this paper the algorithm of identification of control objects with the parameters distributed in space is considered. Parameters of an object are found according to its experimental transitional pulse characteristic. Each of them can be presented by analytical expression, table or schedule. The example of receiving the transfer functions having irrational and transcendental components is carried out.

**Keywords:** identification, control objects with distributed parameters, distributed parameters, irrational and transcendental transfer functions, real interpolation method.

Conference participants


## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ С РАСПРЕДЕЛЁННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Гончаров В.И., д-р техн. наук, проф.  
Нгуен Куанг Зунг, магистрант  
Тхан Вьет Зунг, студент  
Национальный исследовательский Томский  
политехнический университет, Россия

В статье рассматривается алгоритм идентификации объектов управления с распределёнными в пространстве параметрами. Параметры объекта находятся по его экспериментальной переходной импульсной характеристике. Каждая из них может быть представлена аналитическим выражением, таблицей или графиком. Проведен пример получения передаточных функций, имеющих иррациональные и трансцендентные составляющие.

**Ключевые слова:** идентификация, объекты управления с распределёнными параметрами, иррациональные и трансцендентные передаточные функции, вещественный интерполяционный метод.

Участники конференции

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsc.v0i8.1421>

Получение математического описания объектов управления является важной задачей в исследовании систем автоматического управления (САУ) и придании им адаптивных свойств. В ряду таких задач особое место занимают вопросы идентификации объектов управления с распределёнными параметрами. Известны многочисленные объекты, имеющие распределённые в пространстве параметры. Наиболее заметными являются некоторые типы космических объектов, панели их солнечных батарей, тепловые и энергетические объекты, в частности, двигатели внутреннего сгорания, устройства закали, нагрева, сушки, обжига и т.п., электроприводы с распределёнными параметрами механических элементов, привязные буксируемые подводные аппараты и многие другие объекты.

Особенности объектов управления с распределёнными параметрами определены тем, что их математические описания представляют собой дифференциальные уравнения, отличные от обыкновенных. Широко применяемый в теории и в практике автоматического управления операторный метод получения моделей динамических объектов определяет связь «вход-выход» между двумя точками объекта, приводит к описаниям в виде сложных передаточных функций. Их особенность состоит в том, что они содержат иррациональные и/

или трансцендентные составляющие, не позволяющие методы и средства расчета объектов с сосредоточенными параметрами.

В настоящей работе рассматриваются стационарные линеаризуемые непрерывные объекты с распределёнными параметрами. Передаточные функции таких объектов в общем случае имеют вид [1]

$$W(p) = W\left(e^{-\sqrt{a}p}, \frac{1}{\sqrt{T_2 p}}, \sqrt{p}, sh \sqrt{T_3 p}, ch \sqrt{T_3 p}, sh \sqrt{ap^2 + bp + c} \dots\right). \quad (1)$$

Найти даже несколько коэффициентов формы (1) всегда трудно, а в большинстве случаев невозможно. Поэтому в настоящее время распространен упрощенный способ идентификации – поиск приближенных моделей объекта в классе дробно-рациональных передаточных функций. Иными словами, объект с распределёнными параметрами описывают моделью, соответствующей объекту с сосредоточенными параметрами. Естественно, что такая замена упрощает задачу идентификации, но сразу вносит погрешность в решение этой и последующих задач [2].

Вместе с тем понятно, что решение следует искать в виде, который учитывает распределённых параметров, т.е. передаточная функция должна содержать иррациональные и трансцендентные составляющие.

В случае необходимости упрощения задачи до дробно-рациональной формы к ней следует переходить лишь на заключительных этапах расчета САУ. Такая стратегия рекомендуется, в частности, в [3]. Однако реализовать этот вариант в отношении задачи идентификации пока не удастся. Аналитические способы достижения цели здесь практически нереализуемы. В отношении применения численных вариантов тоже имеются существенные препятствия. Так, в случае использования наиболее распространенного частотного подхода приходится выделять вещественную и мнимую составляющие, что в случае сложных передаточных функций практически нереально.

Предлагаемый подход базируется на вещественном интерполяционном методе (ВИМ) [4], который характеризуется двумя главными особенностями. Первая – как и предполагает операторный метод, задача решается в области изображений, что в вычислительном отношении имеет определенные преимущества. Вторая особенность связана с тем, что модели, используемые ВИМ, представляют собой функции с вещественной переменной. Поясним значение последней особенности. Классические операторные описания динамических систем представляют собой функции с комплексной (в случае преобразования Лапласа) или мнимой (в случае

преобразования Фурье) переменной. Переход к численным моделям в этих случаях требует рассмотрения трехмерных представлений или выделения вещественных и мнимых составляющих, что при наличии иррациональных и трансцендентных составляющих проблематично даже при наличии достаточно простых выражений, а в общем случае невозможен. При использовании ВИМ препятствия снимаются.

Для пояснения ВИМ и техники его использования ниже даны краткие сведения о методе, необходимые для раскрытия подхода.

### 1. Вещественный интерполированный метод в задачах идентификации объектов с распределёнными параметрами

ВИМ относится к числу методов, оперирующих математическими описаниями из области изображения. Метод базируется на вещественном интегральном преобразовании,

$$F(\delta) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-\delta t} dt, \delta \in [C, \infty), C \geq 0 \quad (2)$$

которое ставит в соответствие оригиналу  $f(t)$  изображение  $F(\delta)$  в виде функции вещественной переменной  $\delta$ . Формулу прямого преобразования (2) можно рассматривать как частный случай прямого преобразования Лапласа при замене комплексной переменной  $p = \delta + j\omega$  на вещественную  $\delta$ . Еще один шаг, направленный на развитие инструментария метода, - переход от непрерывных функций  $F(\delta)$  к их дискретным аналогом с целью применения средств вычислительной техники и численных методов. Для этих целей в ВИМ введены численные характеристики  $\{F(\delta_i)\}_\eta$ . Их получают как совокупность значений функции  $F(\delta)$  в узлах  $\delta_i = 1, 2, \dots, \eta$ , где  $\eta$  - количество элементов численной характеристики, называемое ее размерностью.

Выбор узлов интерполирования  $\delta_i$  является ведущим этапом при переходе к дискретной форме, оказывая существенное влияние на вычислительные особенности и точность решения задач. Распределение узлов в наиболее простом варианте принимают равномерном. Еще одно важное положение ВИМ - наличие перекрестного свойства преобразо-

вания (2). Оно состоит в том, что поведение функции  $F(\delta)$  при больших значениях аргумента  $\delta$  определяется в основном поведением оригинала  $f(t)$  при малых значениях переменной  $t$ . Справедливо и обратное: поведение функции  $F(\delta)$  при малых значениях аргумента  $\delta$  определяется в основном поведением оригинала  $f(t)$  при больших значениях переменной  $t$ . Это обеспечивает возможность при поиске приближенных решений перераспределять погрешность в области времени путем соответствующих изменений в области изображений [4].

При рассмотрении в качестве оригиналов  $f(t)$  временных динамических характеристик динамических систем формула (2) приводит к операторным моделям, которые при определенных условиях можно рассматривать как частные случаи моделей на базе преобразования Лапласа. Так, принимая в (2) вместо функции  $f(t)$  переходную характеристику объекта  $h(t)$ , получим его передаточную функцию  $W(\delta) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-\delta t} dt, \delta \in [C, \infty), C \geq 0$ . Отсюда можно найти элементы дискретной модели объекта и его передаточной функции, осуществив процедуру дискретизации по узлам  $\delta_i = 1, 2, \dots, \eta$ :

$$W(\delta_i) = \delta_i \int_0^{\infty} h(t)e^{-\delta_i t} dt, \quad i = \overline{1, \eta}. \quad (3)$$

Математическая модель объекта в форме численной характеристики должна иметь однозначную связь с исходной непрерывной вещественной передаточной функцией. Такую связь можно установить с помощью системы алгебраических уравнений

$$W(\delta_i) = W \left( e^{-\sqrt{T_1 \delta_i}, \frac{1}{\sqrt{T_2 \delta_i}}, \sqrt{\delta_i}, sh \sqrt{T_3 \delta_i}, \sqrt{T_3 \delta_i}, sh \sqrt{a \delta_i^2 + b \delta_i + c}} \right), \quad i = \overline{1, \eta}. \quad (4)$$

Эта система уравнений является основой для определения численных значений коэффициентов искомой передаточной функции. Рассмотрим этот путь.

### 2. Алгоритм идентификации объектов управления с распределёнными параметрами на основе вещественного интерполированного метода

Задача параметрической идентификации объектов управления с рас-

пределенными параметрами заключается в определении неизвестных коэффициентов передаточной функции заданной структуры по экспериментальным переходным параметрам  $h(t)$  с условием достижения заданной точности (или наилучшей при определенной структуре модели) в соответствии с выбранным критерием. На основе ВИМ разработана последовательность действий, которая может быть представлена в виде следующего алгоритма.

1. Выбор узлов интерполирования  $\delta_i = 1, 2, \dots, \eta$  и определение размерности  $\eta$  численной характеристики.
2. Получение численной характеристики идентифицируемого объекта  $\{F(\delta_i)\}_\eta$ .
3. Составление и решение системы уравнений вида (4).
4. Оценивание точности решения задачи в соответствии с принятым критерием и коррекция решения, если это необходимо.

Поясним главное в содержании каждого из этапов.

Выбор узлов интерполирования является, как уже было отмечено, важным шагом, во многом определяющим последующие результаты по точности, числу операций и т.д. Выбор начинается с определения первого узла. Формула для расчета  $\delta_1$  определена следующим условием: подынтегральное выражение в  $v$  должно по окончании установившегося времени  $t_y$  уменьшиться до пренебрежимо малой величины,  $\Delta = 0,001 \div 0,05$  то есть должно выполняться условие  $h(t_y)e^{-\delta_1 t_y} \leq \Delta$ . Отсюда найдется расчетное выражение для узла  $\delta_1$ :

$$\delta_1 = \frac{-\ln\left(\frac{\Delta}{h(t_y)}\right)}{t_y} \quad (5)$$

Остальные узлы найдутся по условию равномерного распределения:  $\delta_i = i\delta_1, i = \overline{2, \eta}$ .

Задача второго этапа состоит в получении численных характеристик по формуле (3). В реальных условиях функция  $h(t)$  определяется в результате эксперимента, поэтому будет представлена в виде графика или таблицы. По этой причине в формуле (3) приходится переходить к численному интегрированию, используя, например, расчетное соотношение



$$W(\delta_i) = \delta_i \int_0^{\infty} h(t_i) e^{-\delta_i t} dt, i = \overline{1, \eta}, j = \overline{1, N}. \quad (6)$$

Третий этап связан с составлением системы уравнений на основе численной характеристики  $\{W(\delta_i)\}_\eta$  и передаточной функции (1):

$$W(\delta_i) = W \left( e^{-\sqrt{a^2 + b^2} \delta_i}, \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2} \delta_i}, \sqrt{\delta_i}, sh \sqrt{T_3^m \delta_i}, ch \sqrt{T_4^m \delta_i}, sh \sqrt{a^2 \delta_i^2 + b^2 \delta_i + c^m} \dots \right)_{i = \overline{1, \eta}} \quad (7)$$

При небольшом числе искоемых коэффициентов, что имеет место в практических задачах, удастся найти решение такой системы с помощью стандартных программных продуктов.

Заключительный этап расчета направлен на проверку точности полученного решения. Точность решения желательно оценивать путем сравнения переходных характеристик – экспериментальной  $h(t)$  и полученной модели  $h_m(t)$ . В этом случае достигается высокая наглядность и возможность для улучшения решения. Однако этот заманчивый вариант трудно реализовать, так как полученная передаточная функция содержит иррациональные и/или трансцендентные составляющие, что практически делает невозможным получение оригинала  $h_m(t)$ . Остается вариант приближенного обращения изображения  $W_m(p, \sqrt{p}), sh \sqrt{T_3^m \delta_i}, ch \sqrt{T_4^m \delta_i} \dots / p$ , использование косвенных способов оценивания точности, например, по частотным характеристикам либо непосредственное сопоставление значений параметров, если они известны. Следует также иметь в виду, что оценка точности в предлагаемой технологии идентификации объектов является не самоцелью, не завершением работы, а инструментом в последующей итерационной последовательности приближения к удовлетворительному решению.

Для пояснения рассмотренного способа идентификации обратимся к расчетному примеру.

### 3. Расчетный пример

В качестве примера рассмотрим задачу, которая имеет точное решение, позволяющее оценить полученный результат путем сравнения коэффициентов точной и сформированной передаточных функций.

В качестве исходного алгоритма

возьмем передаточную функцию, описывающую т.н. короткие тросы [3]:

$$W(p) = \exp\left(\frac{-\tau_L \cdot p}{\sqrt{1 + \tau \cdot p}}\right). \quad (8)$$

Здесь  $\tau_L$  - время прохождения волны вдоль троса,  $\tau$  - постоянное времени внутреннего трения. Известна экспериментальная переходная характеристика такого объекта, имеющего параметры  $\tau_L = 0,05$ с и  $\tau = 0,01$ с. Она не приведена в работе, так как представляет собой типичную монотонную характеристику динамического объекта. В этом примере задача состоит в вычислении значений параметров  $\tau_L$  и  $\tau$  по экспериментальной характеристике  $h(t)$ . Дополнительная информация об объекте – время установления переходного процесса  $t_y = 0,12$ с. Размерность численной характеристики определена числом искоемых коэффициентов:  $\eta = 2$ . Приняв в формуле (5)  $\Delta = 0,001$ , найдем значение первого узла, затем по условию равномерной сетки второго:  $\delta_1 = 57$ ,  $\delta_2 = 114$ .

При параметрах интегрирования  $\Delta t = 0,001$  и  $N = 120$  по формуле (6) определится численная характеристика объекта:  $\{W(\delta_i)\}_2 = \{0,09804; 0,01890\}$ . Теперь можно составить систему уравнений вида (7):

$$\begin{cases} W(\delta_1) = \exp\left(\frac{-57\tau_L}{\sqrt{1+57\tau}}\right) = 0,09804, \\ W(\delta_2) = \exp\left(\frac{-114\tau_L}{\sqrt{1+114\tau}}\right) = 0,01890. \end{cases}$$

Решение системы дает следующие результаты:  $\tau_{Lm} = 0,05133$ ;  $\tau_m = 0,01020$ .


Результаты можно признать удовлетворительными. Были найдены оценки на основе частотных характеристик. Они тоже показали, что улучшать решение нет необходимости, поэтому задача считается решенной.

### Заключение


В работе предложен способ идентификации объектов управления, описываемых передаточными функциями с характерными для объектов с распределенными параметрами – с иррациональными и/или трансцендентными составляющими. Способ основан на применении машинно-ориентированного метода, позволяющего привлекать численные методы и цифровые вычислительные средства. Способ может быть использован для

расчета регуляторов САУ. Еще одно, прямое направление в его применении, – построение самонастраивающихся регуляторов, работающих на идентификационном принципе.

### References:

1. Shevjakov A.A. Upravlenie teplovymi obektami s raspredelennymi parametrami [Management of thermal objects with distributed parameters], A.A. Shevjakov, R.V. Jakovleva. – Moskva., Jenergoatomizdat, 1986. – 208 p.
2. Kuvshinov G.E, Naumov L.A, Chupina K.V. – Sistemy upravlenija glubinnnoj pogruzenija buksiruemyh obektov: monografija [Systems of control of the towed objects immersion depth: monograph]. – Vladivostok., Dal'nauka, 2005. – 285 p.
3. W. Harmon Ray. Advanced process control. – New York., McGraw-Hill Book Company, 1981. – 376 p.  <http://dx.doi.org/10.1002/aic.690300124>
4. Goncharov V.I. Veshhestvennyj interpoljacionnyj metod sinteza sistemy avtomaticheskogo upravlenija [Material interpolation method of synthesis of an automatic control system]. – Tomsk., Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta [Publishing house of the Tomsk Polytechnic University], 1995. – 109 p.

### Литература:

1. Шевяков А.А. Управление тепловыми объектами с распределенными параметрами / А.А. Шевяков, Р.В. Яковлева. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.
2. Кувшинов Г.Е, Наумов Л.А, Чупина К.В. – Системы управления глубиной погружения буксируемых объектов: монография. Владивосток: Дальнаука, 2005. -285 с.
3. W. Harmon Ray. Advanced process control. – New York: McGraw-Hill Book Company, 1981. – 376 p.  <http://dx.doi.org/10.1002/aic.690300124>
4. Гончаров В.И. Вещественный интерполяционный метод синтеза системы автоматического управления. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 1995. – 109 с.



## Information about authors:

1. Valerij Goncharov – Doctor of Technical sciences, Full Professor, National Research Tomsk Polytechnic

University; address: Russia, Tomsk city; e-mail: gvi@tpu.ru

2. Nguyen Quang Dung – Student, National Research Tomsk Polytechnic University; address: Russia, Tomsk city;

e-mail: quangdung863@gmail.com

3. Than Viet Dung – Student, National Research Tomsk Polytechnic University; address: Russia, Tomsk city; e-mail: dungvietthan@gmail.com

# GISAP

GLOBAL INTERNATIONAL SCIENTIFIC ANALYTICAL PROJECT



## MONOGRAPHS

Publication of innovative reports written by progressive scientists in the form of author's monographs issued under the British jurisdiction

## PRESENTATION PAGES

Exclusive publication of presentational information on researchers in the IASHE editions

## INNOVATIVE ABSTRACTS AND SPEAKERS OF THE IASHE

Introduction and publication of brief data on innovative elements of scientific works; presentation of authors of the most original reports as the IASHE Speakers

## «SOCRATES–NOTION» REGISTRY

"Socrates–Notion" is a specialized registry of authors of scientific reports (scientists) and their publications accompanied by exclusive options of scientific activity presentation and copyright protection

## CONFERENCES

International scientific and practical forums providing effective communications between scientists from around the world, experience exchange and the advanced knowledge distribution

## «PLATONICK»

The social network for scientists and intellectuals allows not only publishing and assessing the creative works, discussing them with colleagues and finding followers, but also acquiring additional credits for the IASHE certification programs

## «PARTNER UNIVERSITY»

Programs of mutually beneficial cooperation with educational and scientific organizations

## COOPERATION

The Academy is open to various forms of mutually beneficial cooperation with the interested legal entities and individuals carrying out progressive social work

## «MEMORIAL»

The project assumes the organization of the thematic scientific events, devoted to memory of outstanding thinkers of mankind, within the IASHE projects

## FEDERATIONS

Establishment of National Federations of scientific analytics - public associations of scientists the purpose of which includes protection of researchers' interests, organization of events, management of National scientific analytics teams and carrying out club scientific and analytical championship

## CHAMPIONSHIPS

The international and national scientific competitions (title and certification actions) based on professional examination of quality and originality of reports

## CERTIFICATION

Together with the International Union of Commerce and Industry (UK), the IASHE participates in the project aimed at certification of quality of goods, services, technologies, knowledge and qualifications according to the IOSCEAAD-775 standard

## INTERNATIONAL INTELLECTUAL PARLIAMENT

Formation of the international community of intellectuals for the purpose of finding the recommendatory solutions for the modern pressing problems; publication of exclusive information on members of the Parliament in the Inter-intel Collegium edition

## THE IASHE RANKINGS

Systematic calculation of personal and collective rankings of the researchers' scientific and analytical activity and efficiency on national and international levels

## PATENTING

Together with the International Union of Commerce and Industry (UK), the IASHE participates in the project aimed at registration, publication and protection of copyright according to the ICSQ-775 standard

## THE IASHE ENCYCLOPEDIA

Systematic publication of the presentational editions containing information on the most progressive researchers of the IASHE projects

## SCIENTOMETRICS

Continuous expansion of the scale of scientometric indexation of the IASHE editions in authoritative scientometric databases of the world

## CERTIFICATION OF EDUCATIONAL PRODUCTS AND ACCREDITATION OF INSTITUTIONS

The IASHE renders services aimed at assessment of quality and certification of educational programs; the Academy also accredits the interested scientific and educational organizations

## TITLES AND «THE BOOK OF WISE MEN»

Names and personal information of winners and awardees of scientific analytics championships, holders of scientific and analytical doctoral degrees and academic titles of the IASHE are indicated and popularized in the "Book of Wise Men" project

## JOURNALS

Publication of 12 professional sectoral journals issued under the British jurisdiction containing the best works of the project participants, as well as the reviewed materials

## COLLECTIONS OF SCIENTIFIC REPORTS

Publication of collective digests of scientific works written by the IASHE projects participants in the British Publishing House of the Academy

## «SOCRATES-IMPULSE» DATABASE

"Socrates-Impulse" is a scientometric database established by the IASHE on the basis of the best combination of traditional and original methods of calculation and analysis of scientific data

## EDUCATIONAL AND ATTESTATION PROGRAMS

Exclusive programs of the education quality confirmation and improvement, scientific and analytical doctoral and academic programs based on the assessment of knowledge and scientific creativity

If you wish to take part in the project, please visit:

<http://gisap.eu>  
phone: +44(20)71939499  
e-mail: [office@gisap.eu](mailto:office@gisap.eu)

## AMBIVALENT SYSTEMS THEORY AND ITS APPLICATION

V. Kiriy, Candidate of Technical sciences, Professor  
Irkutsk State Technical University, Russia

The author presents the theory of ambivalent systems, its philosophical, mathematical and practical basis. The main feature of such systems is the existence of opposites and their reciprocal transition. Such criteria of assessment of the tension degree in the ambivalent systems as the acuteness of the contradictions and the degree of harmony are introduced. The author offers examples of practical application of the proposed theory in education, chemistry, and socio-economic systems.

**Keywords:** ambivalent system, theory, homeostasis, antithesis, acuteness of the contradiction, degree of harmony, education, socio-economic systems.

Conference participant,  
National Research Analytics Championship,  
Open European-Asian Research Analytics Championship


## ТЕОРИЯ АМБИВАЛЕНТНЫХ СИСТЕМ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ

Кирий В.Г., канд. техн. наук, проф.  
Иркутский государственный технический университет,  
Россия

В статье предлагается теория амбивалентных систем, её философские, математические и практические основы. Подчеркивается главная особенность таких систем: наличие противоположностей и их взаимный переход. Вводятся критерии оценки степени напряжённости в амбивалентных системах, такие как острота противоречия и степень гармонии. Даются примеры практического применения предлагаемой теории в образовании, химии, и социально-экономических системах.

**Ключевые слова:** амбивалентная система, теория, гомеостаз, противоположности, острота противоречия, степень гармонии, образование, социально-экономические системы.

Участник конференции,  
Национального первенства по научной аналитике  
Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsc.v0i8.1422>

Согласно Большой Советской Энциклопедии [1]: «Амбивалентность (от лат. *ambo*-оба, *valentia*-сила), двойственность чувственного переживания, выражающаяся в том, что один и тот же объект вызывает к себе у человека одновременно два противоположных чувства, например, удовольствия и неудовольствия, любви и ненависти, симпатии и антипатии. Обычно одно из амбивалентных чувств вытесняется (как правило, бессознательно) и маскируется другим. Амбивалентность коренится в неоднозначном отношении человека к окружающему, в противоречивости системы ценностей.

Термин амбивалентность предложен швейцарским психологом Э. Блейлером. Как видим, это определение отражает восприятие человеком таких систем, в которых одновременно присутствуют две противоположности, находящиеся во взаимном противоречии.

Его современник, Зигмунд Фрейд вкладывал в этот термин иной смысл. Он рассматривал амбивалентность как сосуществование двух изначально присущих человеку противоположных глубинных побуждений, самыми фундаментальными из которых являются влечение к жизни и влечение к смерти. Следует отметить, что амбивалентные системы являются частью гомеостатических систем, основной особенностью которых является устойчивое равновесие при достаточ-

но сильном влиянии внешней среды. Такое постоянство внутренней среды организма, поддерживаемое с помощью специальных регуляторных механизмов, согласно определению, данному А. Винчестером [2], называется гомеостазом.

Среди гомеостатических систем необходимо выделять системы, в которых одна противоположность переходит в другую и обратно. Например, в системе жертва – хищник такого перехода нет (за обозримый промежуток времени кролик не превращается в волка, а волк не превращается в кролика). В процессе жизни живой организм переходит в мертвый, а мертвый организм не переходит обратно в живой, можно привести и другие примеры гомеостатических, но не амбивалентных систем.

Ярким примером амбивалентной системы, на наш взгляд, является система «любовь – ненависть», где такие переходы есть, другим примером среди технических систем являются обратимые химические реакции, в медицине – это система БУ-СЕ [3], использующая для лечения разных болезней идеи гомеостатических и в частности амбивалентных систем.

В данной статье расширяется область применения амбивалентных систем не только на человеческие отношения, но и на технические, биологические, социальные и другие системы.

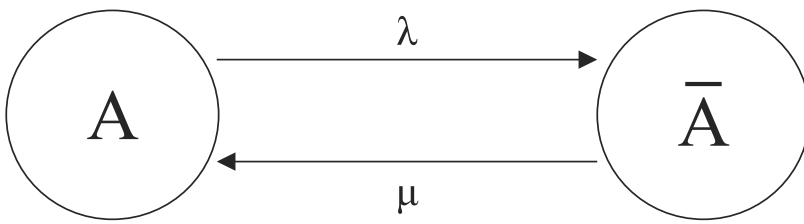
Так как поведение амбивалентных систем зависит от большого количе-

ства, как правило, случайных факторов, то для изучения таких систем с позиций статики и динамики предлагается в качестве математической модели использовать дифференциальные уравнения Колмогорова для Марковских систем в случае непрерывного характера протекания процессов. В случае же дискретного характера применяется математический аппарат теории цепей Маркова.

Методологические основы применения дифференциальных уравнений широко известны в теории массового обслуживания и в данной работе используются методы решения таких уравнений, заимствованные из этой теории. На основе этих моделей исследуются три варианта зависимостей интенсивностей перехода от концентрации противоположностей в системе: отсутствие зависимости, прямо пропорциональная зависимость и обратно пропорциональная зависимость.

Отличительной особенностью получаемых результатов является их содержательная интерпретация как следствие действия закона единства и борьбы противоположностей, закона отрицание отрицания, тождества противоположностей, закона перехода количества в качество.

Рассматривается бинарная амбивалентная система, в которой действуют две противоположности  $A$  и  $\bar{A}$ . Введем количественные оценки этих противоположностей  $P(A)$  и  $P(\bar{A})$ .

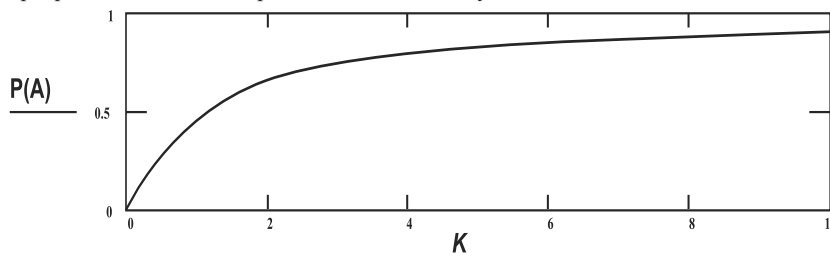


**Рис.1. Бинарный граф амбивалентной системы**

Здесь  $\lambda$  и  $\mu$  – интенсивности перехода системы из одного состояния в другое.

С течением времени в такой системе происходят процессы взаимного превращения одной противоположности

На рис. 2 показана зависимость  $P(A)$  от  $k$ , из которой можно сделать следующие выводы:



**Рис. 2. Зависимость поведения АС от параметра k**

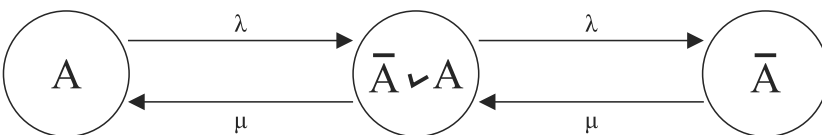
ности в другую и обратно, что в итоге приводит ее в состояние равновесия или гомеостаза.

На рис. 1 показан граф перехода из одной противоположности в другую.

Предполагая, что процесс взаимного преобразования  $A \leftrightarrow \bar{A}$  в такой системе носит случайный характер, опишем его дифференциальными

1. Противоположность  $\bar{A}$  исчезает, когда нет обратного преобразования ( $m = 0$  или “любовь исчезает – остается одна ненависть”).

2. При любом  $k > 0$   $P(A) \neq 1$ , т.е., строго говоря,  $P(A)$  приближается к единице, но никогда ее не достигает. Следовательно, в системе возникает смесь двух противоположностей



**Рис. 3. Граф АС, учитывающий смесь противоположностей**

уравнениями Колмогорова для Марковских систем:

$$\begin{aligned} P'(A)_t &= -\lambda P(A)_t + \mu P(\bar{A})_t \\ P'(\bar{A})_t &= \lambda P(A)_t - \mu P(\bar{A})_t \\ P(A)_t + P(\bar{A})_t &= 1 \quad P(A)_0 = 1 \end{aligned}$$

Рассмотрим решение этих уравнений при постоянных значениях  $\lim$ , при достаточно большом времени функционирования, когда  $P'(A)t = 0$ .

Для такого установившегося режима получаем, что

$$P(A) = \frac{k}{k+1}, \quad \text{где} \quad k = \frac{\mu}{\lambda}.$$

( $A \vee \bar{A}$ ), что подтверждается для целого ряда реальных систем: между зимой и летом – весна, между летом и зимой – осень, между любовью и ненавистью – дружба, между симпатией и антипатией – равнодушие и т. д.

Таким образом, возникает предложение в амбивалентную систему ввести третье состояние, а именно, состояние смеси.

На рис. 3 показан граф переходов в такой системе.

Для такой системы уравнения Колмогорова имеют следующий вид:

$$P'(A)_t = -\lambda P(A)_t + \mu P(A \vee \bar{A})_t$$

$$\begin{aligned} P'(A \vee \bar{A})_t &= -(\lambda + \mu) P(A \vee \bar{A})_t + \lambda P(A)_t + \mu P(\bar{A})_t \\ P'(\bar{A})_t &= -\mu P(\bar{A})_t + \lambda P(A \vee \bar{A})_t \\ P(A)_t + P(A \vee \bar{A})_t + P(\bar{A})_t &= 1 \\ P(A)_0 &= 1. \end{aligned}$$

Для установившегося режима (гомеостаза) при  $P'(A)_t = P'(A \vee \bar{A})_t = P'(\bar{A})_t = 0$  получаем систему алгебраических уравнений, решение которых дает следующие выражения для вероятностей существования двух противоположностей  $A, \bar{A}$  и их смеси  $A \vee \bar{A}$ :

$$\begin{aligned} P(A) &= \frac{k^2}{1+k+k^2} \\ P(A \vee \bar{A}) &= \frac{k}{1+k+k^2} \\ P(\bar{A}) &= \frac{1}{1+k+k^2} \end{aligned}$$

На рис. 4 показаны зависимости вероятностей  $P(A), P(\bar{A})$  и  $P(A \vee \bar{A})$  от параметра  $k$ .

Обращает на себя внимание тот факт, что максимальное значение вероятности существования смеси двух противоположностей, равное  $1/3$ , достигается при  $\lambda = \mu$ , что вполне объяснимо.

Анализ этих зависимостей показывает, что, изменяя соотношение между интенсивностями перехода, т.е. усиливая или ослабляя одну из противоположностей, можно управлять гомеостазом бинарной системы.

На рис. 5 показаны графики зависимостей вероятностей  $P(A), P(A \vee \bar{A})$  и  $P(\bar{A})$  от времени.

Отличительной особенностью приведенных зависимостей является то, что имеет место установившийся режим, при котором нет изменений вероятностей состояний системы, т.е. система с постоянной вероятностью (значение вероятности зависит от параметров системы) переходит из одного состояния в другое. На рис. 5 значение вероятности равно  $1/3$ .

С практической точки зрения, конечно, представляет интерес состояние гомеостаза, при котором система проявляет живучесть и сохраняет работоспособность даже при экстремальных условиях внешней среды.

Из графика рис. 4 видно, что при небольших значениях константы равновесия  $k$  и  $\lambda = \mu$  состояние гомеостаза не имеет достаточного запаса по устойчивости и при небольших изменениях  $\lambda$  и

и вероятности состояний существенно меняются. При больших значениях  $k$  эти же вероятности практически не меняются, т.е. состояние гомеостаза является более устойчивым. Для более тщательного изучения этой проблемы были получены уравнения для зависимости изменения вероятностей состояний амбивалентной системы от константы равновесия  $k$  и на рисунке 6 построены графики этой зависимости.

Действительно, как показывает рис. 6, при малых значениях  $k$  ( $0 < k < 4$ ) имеет место значительное изменение вероятностей состояний, а при больших значениях  $k$  ( $k > 6$ ) изменение вероятностей состояний практически равно нулю.

Таким образом, наглядно доказывается наличие двух разных гомеостазов в амбивалентных системах. Если ввести некоторый интервал изменения вероятностей состояний, внутри которого сохраняется гомеостаз, то, как видно из рис. 6, при малых значениях  $k$  интервал изменения вероятностей, при котором сохраняется этот гомеостаз, незначителен, а при больших значениях  $k$  такой интервал может быть очень большим.

Наличие в системе противоположностей приводит к появлению в ней противоречия и, как следствие, к некоторой напряженности. Для количественной оценки остроты противоречия в работе [4], было предложено два варианта её оценки: кусочно-линейный и нелинейный.

Первый вариант связан с линейной зависимостью от параметра  $k$  на разных интервалах его изменения от нуля до единицы и от единицы до некоторой большой величины, например, до 10.

Второй вариант количественной оценки остроты противоречия связан с тем обстоятельством, что в амбивалентных системах, в процессе их функционирования, возникает третье состояние, которое автор называет смесью двух противоположностей. Здесь, с увеличением параметра  $k$  в отличие от первого варианта нет резкого возрастания остроты противоречия до 100 процентов. Это объясняется тем, что при больших значениях  $k$ , какой-то отличный от нуля уровень смеси остается и, следовательно, напряженность между противополож-

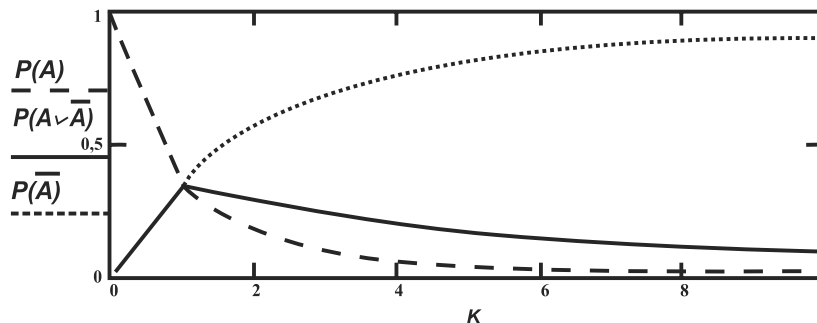


Рис. 4. Зависимость поведения АС от параметра  $k$

ностями ослабляется. При втором варианте можно непосредственно измерять остроту противоречия через вероятность наличия смеси.

Для оценки степени гармонии в амбивалентных системах предлагается использовать принцип золотого

сечения между  $a$  и  $a - x$ . Оценка степени гармонии нашла интересное применение для разновозрастных семей.

О применении теории амбивалентных систем в образовании.

В работе [5] теория амбивалентных систем используется при обучении

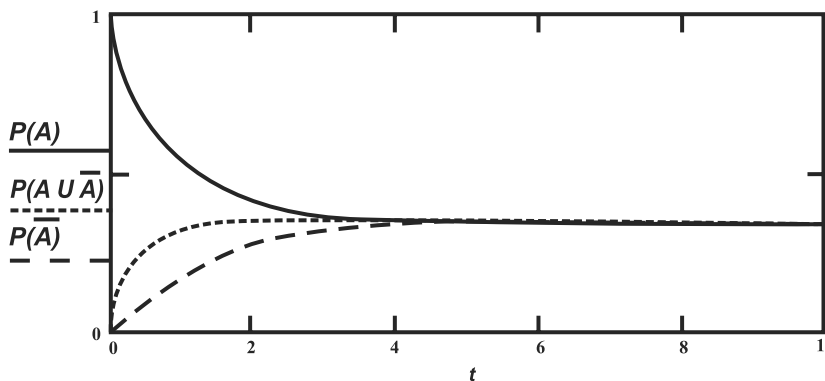


Рис.5. Динамика поведения АС

го сечения, согласно которому для количественной оценки гармонии между противоположностями используется разделение их суммы  $a$  на две такие части  $x$  и  $a - x$ , чтобы  $x$  была средним геометрическим

неродному языку в недетском возрасте, когда рассматриваются две лингвистические системы: родной язык и неродной язык. Предложенная теория хорошо моделирует основные особенности такого процесса: возникновение

$$f1(k) := \frac{2 \cdot k + k^2}{(1 + k + k^2)^2} \quad f3(k) := \frac{(2 \cdot k + 1)}{(1 + k + k^2) \cdot (-1)}$$

$$f2(k) := \frac{1 - k^2}{(1 + k + k^2)^2}$$

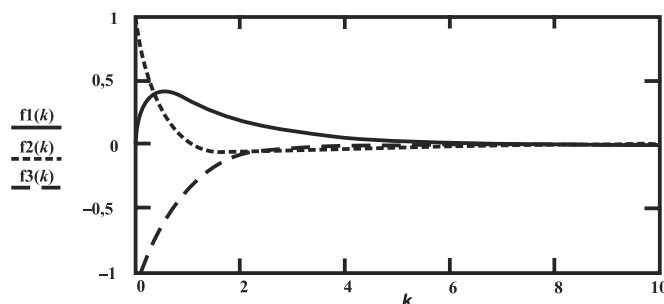


Рис. 6. Зависимость динамики АС от параметра  $k$




третьей лингвистической системы – интерязыка, появление «отката» – забывания и, наконец, явления «окостенения». Процесс обучения в такой системе можно рассматривать как процесс взаимодействия двух противоположностей, в котором одна противоположность переходит в другую и обратно, такие системы называются амбивалентными системами, поведение которых можно анализировать на основе предложенных выше математических моделей.

Рассматривается применение теории амбивалентных систем в химии [6]. Приводятся модели химико-технологических процессов с противоположностями, конкретными примерами которых являются получение ацетилена, полимеризация винилхлорида, процесс получения хлорноватистой кислоты.

Рассматривается применение теории амбивалентных систем для изучения социально-экономических систем [4]. В частности анализируются структуры различных социальных систем, таких как, структура российского, английского, китайского обществ. Даются конкретные соотношения для таких обществ между богатыми, бедными, и средним классами.

#### References:

1. Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija [Great Soviet Encyclopedia],

A.M. Prohorov. – Issue 3. – Moskva., Sovetskaja jenciklopedija [Soviet encyclopedia], 1969 – T1., A-Angob. 1969. – 608 p.  <http://dx.doi.org/10.2307/306309>

2. Vinchester A. Osnovy sovremennoj biologii [Fundamentals of modern biology]. – Moskva., Mir [World], 1967. – 157 p.


3. Dvenadcat' shagov k zdorov'ju s «Tjan'shi» [Twelve steps to health with "Tyanshi"]. – Moskva., Nauka [Science], 2004. – 450 p.

4. Kirij V.G. Ambivalentnye sistemy: filosofija, teorija, praktika [Ambivalent systems: philosophy, theory, practice]. – 2011., LAPLAMBERT Academic Publishing. - 113 p.

5. Kirij V.G., Rogoznaja N.N. Matematičeskaja model' subordinativnogo bilingvizma [Mathematical model of a subordinative bilingualism], Voznikovenie interjazyka [Emergence of interlanguage]. – IrGTU Bulletin, No. 1, IrGTU Publishment, Irkutsk, 2009., pp. 37– 42.

6. Senotova S.A. Kandidatskaja dissertacija «Modelirovanie himiko-tehnologičeskikh processov s protivopozložnostjami» [Candidate's thesis «Modeling the chemical and technological processes with contrasts»]. – Irkutsk., 2002. – 127 p.

#### Литература:

1. Большая советская энциклопедия / А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969–Т1. А-Ангоб. 1969 г. – 608 с.  <http://dx.doi.org/10.2307/306309>

2. Винчестер А. Основы современной биологии. – М.: Мир, 1967. – 157 с.

3. Двенадцать шагов к здоровью с «Тяньши». – М.: Наука, 2004 г. – 450с.

4. Кирий В.Г. Амбивалентные системы: философия, теория, практика. Изд-во LAPLAMBERT Academic Publishing, 2011 г., 113 с.

5. Кирий В.Г., Рогозная Н.Н. Математическая модель субординативного билингвизма. Возникновение интерязыка. – Вестник ИрГТУ, № 1, Изд-во ИрГТУ, Иркутск, 2009 г. – С. 37– 42.

6. Сенотова С.А. Кандидатская диссертация «Моделирование химико-технологических процессов с противоположностями». – Иркутск, 2002 г. – 127 с.

#### Information about author:

1. Victor Kiriy – Candidate of Technical sciences, Professor, Irkutsk State Technical University; address: Russia, Irkutsk city; e-mail: kiriy@istu.edu



## SYNTHESIS OF REGULATORS OF PULSE SYSTEMS OF AUTOMATIC CONTROL USING THE NUMERICAL METHOD

V. Goncharov<sup>1</sup>, Doctor of Technical sciences, Full Professor  
V. Onufriev<sup>2</sup>, Student  
Tomsk State University of Control Systems and  
Radioelectronics, Russia<sup>1</sup>  
National Research Tomsk Polytechnic University, Russia<sup>2</sup>

In this paper a way to reach the robustness of pulse systems of automatic control is shown. The real interpolation method of calculation of dynamic systems, which is focused on the numerical methods and digital computing resources, is taken as the basis. The authors have also determined the instrumental variables, ensuring the correction of robustness of the synthesized system. The authors offer brief data about the method, the algorithm of correction of the solution in relation to overcorrection and robustness of the system, and the calculation example.

**Keywords:** real interpolation method, synthesis of pulse regulators of automatic control systems, robustness.

Conference participants


## СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ

Гончаров В.И.<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.  
Онуфриев В.А.<sup>2</sup>, студент  
Томский Государственный Университет Систем  
Управления и Радиоэлектроники, Россия<sup>1</sup>  
Национальный Исследовательский Томский  
Политехнический Университет, Россия<sup>2</sup>

В статье предложен способ достижения робастности импульсных систем автоматического управления. За основу принят вещественный интерполяционный метод расчета динамических систем, ориентированный на численные методы и цифровые вычислительные средства. Установлены инструментальные переменные, обеспечивающие коррекцию свойства робастности синтезируемой системы. Приведены краткие сведения о методе, механизм коррекции решения по перегулированию и робастности системы и расчетный пример.

**Ключевые слова:** вещественный интерполяционный метод, синтез импульсных регуляторов систем автоматического управления, робастность.

Участники конференции

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsc.v0i8.1423>

## Введение

Современные системы автоматического управления (САУ) имеют, как правило, цифровые регуляторы. При их синтезе используют два пути [1-3]. Первый основан на косвенном способе решения задачи, когда сначала синтезируют непрерывный регулятор, затем преобразуют его в дискретный. Он снижает трудности задачи и потому пользуется вниманием в инженерной практике. Второй путь, называемый прямым, позволяет получать дискретные регуляторы непосредственно по исходным данным. Он несколько сложнее, но его можно рассматривать как перспективный с позиций развития. Для такого суждения имеются формальные основания. Во-первых, одноэтапные процедуры синтеза при прочих равных условиях могут приводить к меньшим погрешностям, включая вычислительные. Во-вторых, математические модели дискретных регуляторов, их реализации на микропроцессорных средствах, а также численные методы синтеза составляют единую среду, содержащую потенциальную возможность как для сокращения объемов вычислений, так и для повышения точности расчетов. В работе рассматривается прямой синтез дискретных регуляторов, частично реализующий эти возможности.

Задача синтеза регулятора линеаризованной импульсной системы может быть сведена к составлению и решению уравнения вида

$$W_{\text{ж}}^3(z) \cong \frac{W_p(z)W_{\text{мин}}(z)}{1+W_p(z)W_{\text{мин}}(z)k_{\text{oc}}}, \quad (1)$$

в которое входят передаточные функции  $W_{\text{ж}}^3(z)$  желаемой системы, ее приведенной непрерывной части  $W_{\text{мин}}(z)$ , регулятора  $W_p(z)$ , а также коэффициент обратной связи  $k_{\text{oc}}$ . В уравнении известны функции  $W_{\text{ж}}^3(z)$ ,  $W_{\text{мин}}(z)$ . Коэффициент  $k_{\text{oc}}$  также может быть отнесен к известным исходным данным, так как его всегда можно найти из условий конкретной задачи [1-3]. В отношении передаточной функции регулятора  $W_p(z)$  положим, что известна его структура:

$$W_p(z) = \frac{b_m z^m + b_{m-1} z^{m-1} + \dots + b_1 z + b_0}{a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \dots + a_1 z + 1}, \quad m \leq n, \quad (2)$$

В этих условиях задача сводится к определению коэффициентов  $b_m, b_{m-1}, \dots, b_0, a_n, a_{n-1}, \dots, a_1$  функции (2). Уравнение синтеза (1) в целях сокращения числа операций переводят в форму

$$W_{\text{ж}}^P(z) \cong W_p(z)W_{\text{мин}}(z), \quad (3)$$

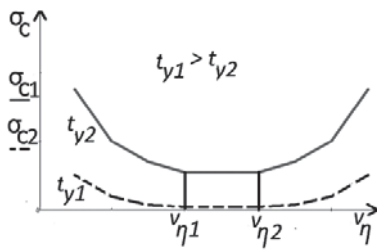
которая описывает поведение системы в разомкнутом состоянии. Под-

черкнем, что форма (3) полностью согласуется с методом обратных задач динамики [5].

Методы составления и поиска приближенных решений уравнений синтеза (1), (3) известны [1]-[3]. Трудности поиска связаны с тем, что аналитический путь решения затруднителен, а в общем случае, когда структурные параметры  $m, n$  ограничены, невозможен [4]. Поэтому в работе развивается численный подход к решению подобных задач, обозначенный в [6]. Он базируется на вещественном интерполяционном методе (ВИМ), который используется как инструмент в численных процедурах синтеза регуляторов. В предлагаемой работе развитие подхода обобщается на вопросы робастности регуляторов, синтезируемых численным методом. Для пояснения особенностей использованного в [6] метода ниже приведены краткие сведения о нем.

## Основы вещественного метода

Вещественный интерполяционный метод (ВИМ) позволяет получать модели динамических систем и оперировать ими в области изображений. В этом смысле он соответствует методу дискретного преобразования Лапласа и z-преобразованию, частным случаем которых его можно рассматривать. Принципиальное отличие связано с тем, что ВИМ приводит к математическим моделям в виде функций вещественной переменной. Последнее обстоятельство



**Рис. 1. График зависимости**

важно потому, что это дает возможность привлечь к описаниям динамических систем и действиям над ними хорошо разработанные методы функций вещественной переменной.

Техника получения вещественных изображений в своей основе определена аппаратом z-преобразования, из которого следует формула получения изображений, а также действия над такими функциями. Вещественные функции-изображения находят по правилу

$$F(v) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT_0)v^{-k}, \quad v \in [c_v, \infty),$$

$$c_v \geq 1, \quad (4)$$

в котором параметр  $c_v$  выбирается из условия сходимости ряда. Выделим две главные особенности формулы (4). Первая, о которой уже было сказано, - функция  $F(v)$ ,  $v \in [c_v, \infty)$  имеет вещественную переменную. Вторая особенность вытекает из исходного положения, при котором формула (4) является частным случаем z-преобразования. Эта особенность важна в практическом отношении: принятая форма (4) позволяет получать изображения  $F(v)$  по z-изображению путем формальной замены переменной  $z$  на  $v$ . Это в свою очередь позволяет при решении практических задач использовать хорошо разработанные таблицы соответствия оригиналов и z-изображений.

Для привлечения численных методов действий над вещественными функциями  $F(v)$  предусмотрен переход к дискретной форме  $\{F(v_i)\}_\eta = \{F(v_1); F(v_2); \dots; F(v_\eta)\}$ , называемой численной характеристикой функции  $F(v)$ . Элементы  $F(v_i)$ ,  $i = \overline{1, \eta}$  определены как значения функции  $F(v)$  в узлах

$$c_v \leq v_1 < v_2 < \dots < v_\eta, \quad (5)$$

Рекомендации по выбору узлов имеются [4].

В приложении к задачам синтеза регуляторов с помощью ВИМ общая схема действий включает в себя несколько этапов. На первом из них находят элементы численной характеристики  $\{F(v_i)\}_\eta$  по функции времени  $f(kT_0)$  или известному z-изображению  $F(z)$ . В первом варианте, когда известна функция  $f(kT_0)$ , это можно сделать по соотношению

$$F(v_i) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT_0)v_i^{-k}, \quad v_i \in [c_v, \infty),$$

$$c_v \geq 1, \quad (6)$$

следующему из (4). Во втором варианте задана не функция-оригинал  $f(kT_0)$ , а ее z-изображение  $F(z)$ . Тогда можно найти вещественное изображение  $F(v)$  формальным образом, выполняя подстановку  $z \rightarrow v$  [4] с последующим переходом к дискретной форме  $\{F(v_i)\}_\eta$ , задавая узлы (5).

На втором этапе вычисляются коэффициенты рациональной дроби

$$F(v) = \frac{b_m v^m + b_{m-1} v^{m-1} + \dots + b_1 v + b_0}{a_n v^n + a_{n-1} v^{n-1} + \dots + a_1 v + 1},$$

$$m \leq n, \quad (7)$$

Для этого на основе выражения (7) составляется дискретное соотношение

$$F(v_i) = \frac{b_m v_i^m + b_{m-1} v_i^{m-1} + \dots + b_1 v_i + b_0}{a_n v_i^n + a_{n-1} v_i^{n-1} + \dots + a_1 v_i + 1},$$

$$i = \overline{1, \eta}, \quad (8)$$

которое имеет смысл системы  $\eta$  линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). В левой части СЛАУ (8) находятся значения  $F(v_i)$ ,  $i = \overline{1, \eta}$ , которые найдены по формуле (6) либо по изображению  $F(z)|_{z=v} = F(v) \rightarrow F(v_i)$ . В правой части равенства содержатся коэффициенты дроби  $F(v)$ , которые следует вычислить. Они найдутся как решение СЛАУ (8).

### Синтез регуляторов и обеспечение робастности

Аппарат ВИМ позволяет осуществить синтез регуляторов на основе уравнений [1], [3], численных процедур их решения и итерационного

приближения к искомому решению в соответствии с принятым критерием близости. Задачи в определенной степени были рассмотрены в работе [6]. Ниже обсуждаются возможности развития этого направления с целью удовлетворения еще одного требования - придания робастных свойств САУ.

В ВИМ узлы интерполирования  $v_1, v_2, \dots, v_\eta$  можно использовать как инструмент в процедуре приближения к приемлемому решению. В условиях равномерной сетки корректирующим параметром выступает последний узел  $v_\eta$ . Вторым инструментом, который существенно влияет на свойства синтезируемой САУ, является время установления  $t_y$ . Таким образом, величина перерегулирования  $\sigma_c$  синтезированной системы определяется параметрами  $v_\eta$  и  $t_y$ . Вид графика, характеризующего это изменение, приведен на Рисунке 1.

Полученные графики содержат участок с относительно малой производной, т.е. такой, где изменения функции  $\sigma_c = f(v_\eta)$  сравнительно незначительны. Например, для верхнего графика, полученного для значения  $t_{y2}$ , таким участком можно считать  $[v_{\eta1}; v_{\eta2}]$ . Смысл этого участка с позиций проектирования САУ состоит в малой чувствительности перерегулирования системы к изменениям параметра  $v_\eta$ . Это очевидно, но главное, как показано в [6], вариации узла  $v_\eta$  при определенных условиях можно рассматривать как вариации параметров элементов САУ (коэффициентов передачи, постоянных времени, ...). Такая взаимосвязь означает, что отрезок  $[v_{\eta1}; v_{\eta2}]$  в определенной мере является характеристикой робастности САУ. Поэтому требуемый уровень робастности можно задать на этапе расчета САУ, обеспечив достаточную величину отрезка  $[v_{\eta1}; v_{\eta2}]$ .

Из рассмотрения графиков на Рисунке 1 можно сделать еще один вывод: изменение второй управляющей переменной - времени установления переходного процесса желаемой системы  $t_y$  - приводит к изменению положения кривой  $\sigma = f(v_\eta)$ . При этом происходит существенное перемещение по оси абсцисс, а также некоторая деформация ее вида. Отметим,

что изменение вида кривой включает в себя изменение интересующего нас участка  $[v_{\eta 1}; v_{\eta 2}]$ . Эта зависимость дает возможность управлять величиной участка путем изменения параметра  $t_y$ . На основании отмеченных взаимосвязей можно составить следующий алгоритм синтеза регуляторов систем управления с контролем робастности.

Шаг 1. Синтез регулятора с назначением двух узлов -  $v_1, v_{\eta}$  - по рекомендациям [6] с использованием равномерной сетки для остальных.

Шаг 2. Сравнение значения перерегулирования  $\sigma_c$  на отрезке стабильности графика с требуемым значением  $\sigma_s$ .

Шаг 3. Если требуемое значение перерегулирования  $\sigma_s$  больше (меньше) получившегося  $\sigma_c$  на шаге 1, то повторяем шаг 1 с уменьшенным (увеличенным) значением времени  $t_y$  установления желаемой системы. Если полученное значение совпадает с заданным с достаточной точностью, то обсуждаемая часть задачи считается решенной. Отметим, что здесь не рассматриваются количественные показатели робастности. Это отдельная тема, требующая самостоятельного обсуждения.

#### 4. Расчетный пример

Для пояснения сказанного обратимся к конкретной задаче синтеза регулятора с обеспечением заданного перерегулирования САУ. Задана передаточная функция объекта управления

$$W_{ov}(z) = \frac{2.718z^2 + 0.646z - 0.581}{2.718z^2 - 0.935z + 1}$$

Требуется получить регулятор вида (2) при  $m = 1, n = 2$ , обеспечивающий перерегулирование  $\sigma = 25\%$  с допустимым отклонением  $\Delta\sigma_s = 5\%$ . Исходное желаемое время установления  $t_y$  определено по параметрам объекта управления и равно 4,49 с. В качестве дополнительных условий примем: закон распределения узлов равномерный закон, первый узел имеет единичное значение, начальной инструментальной переменной выступает последний узел  $v_{\eta}$ . Поиск приемлемого решения будем осуществлять на основе получения и анализа зависимости  $\sigma = f(v_{\eta})$  для различных значений желаемого времени установления  $t_y$ . Параметр  $t_y$  имеет

смысл роль второй инструментальной переменной.

По исходным данным ( $\sigma = 25\%$ ,  $2 < t_y < 3$ ) найдена желаемая передаточная функция  $W(z) = \frac{16.5z + 2}{15.5z^2 + 2z + 1}$ .

$$W(z) = \frac{16.5z + 2}{15.5z^2 + 2z + 1}$$

Для узлов первой итерации  $v_1 = 1, v_2 = 1.01, v_3 = 1.02, v_4 = 1.03$

получены численные характеристики желаемой системы  $\{W_{xc}(v_i)\}_4 = \{1, 0.987, 0.974, 0.962\}$ , объекта управления  $\{W_{ov}(v_i)\}_4 = \{1, 1.006, 1.011, 1.016\}$ . Они позволяют найти модель регулятора:

$$\{W_p(v_i)\}_4 = \left\{ \frac{b_1 + b_0}{a_2 + a_1 + 1}, \frac{1.01b_1 + b_0}{1.0201a_2 + 1.01a_1 + 1}, \frac{1.02b_1 + b_0}{1.404a_2 + 1.02a_1 + 1}, \frac{1.03b_1 + b_0}{1.0609a_2 + 1.03a_1 + 1} \right\}$$

Теперь найдутся модели регулятора

$$W_p(z) = \frac{1.434z - 0.428}{2.831z^2 - 3.329z + 1}$$

$$W_c(z) = \frac{1.434z - 0.428}{2.831z^2 - 3.329z + 1}$$

$$\frac{2.718z^2 + 0.646z - 0.581}{2.718z^2 - 0.935z + 1}$$

Полученная переходная характеристика фиксирует перерегулирование  $\sigma_{c1} = 46\%$ . Это решение обозначено точкой А на Рисунке 2. Подобным же образом были получены другие точки зависимости  $\sigma = f(v_{\eta})$  для значения  $t_{y1} = 2.04$  с. Видно, что график не содержит участка, отвечающего двум требованиям – по робастности и перерегулированию. Из анализа также следует, что для достижения цели следует переместить кривую вниз. Этого можно достичь за счет увеличения желаемого времени установления. Примем:  $t_{y2} = 2.7$  с. Прежняя процедура позволит получить все необходимые данные, начиная с желаемой передаточной функции  $W_{xc2}(p)$  до графика  $\sigma_{c2} = f(v_{\eta})$ . Последний представлен на Рисунке 2.

Полученные результаты удовлетворительны, окрестность точки В отвечает условиям задачи. При необходимости можно продолжить изменение параметра  $t_y$  для дальнейшей коррекции графика  $\sigma = f(v_{\eta})$ . В данном иллюстративном примере ограничимся двумя приведенными итерациями и полученными результатами.

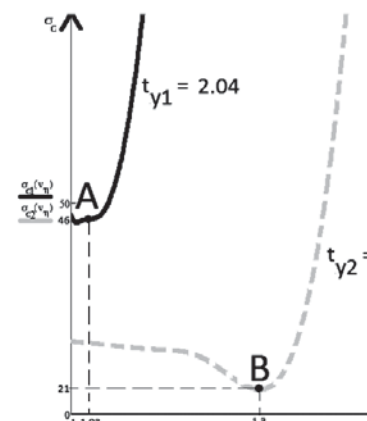


Рис. 2. Графики зависимостей

$$\Delta\sigma = f(v_{\eta})$$

#### Заключение

В работе рассмотрена возможность использования желаемого времени установления  $t_y$  для придания синтезируемой САУ заданного перерегулирования и свойства робастности. Показано, что два инструмента – узлы интерполирования и время установления – позволяют итерационным способом достичь цели.

#### References:

1. Kuo B. Digital Control Systems. Holt, Rinehart and Winston, INC. - New York., 1980.
2. Besekerskij V.A., Popov E.P. Teorija sistem avtomaticheskogo regulirovanija [Theory of automatic control systems]. Izdanie tret'e [Issue 3]. - Moskva., Nauka [Science], 1975. - 768 p.
3. Metody klassicheskoj i sovremennoj teorii avtomaticheskogo upravlenija: Uchebnik v 5-i tt. [Methods of the classical and modern theory of automatic control: the textbook in 5 vol.], T. 3: Sintez reguljatorov sistem avtomaticheskogo upravlenija [Vol. 3: Synthesis of regulators of automatic control systems], Edited by K.A. Pupkova i N.D. Egupova. - Moskva., Izd-vo MGTU im. N.Je. Bauman [Publishing house of N.E. Bauman], 2004. - 616 p.
4. Kiselev O.N. Minimizacija pereregulirovanija v linejnyh diskretnyh sistemah reguljatorami nizkogo porjadka [Minimization of overcorrection in linear discrete systems by lower-



order regulators], Avtomatika i telemekhanika [Automatic equipment and telematics], No. 4, 2001., pp. 98-108.

5. Krut'ko P.D. Obratnye zadachi dinamiki upravlyaemyh sistem: Linejnye modeli [Return tasks of dynamics of the managed systems: linear models]. – Moskva., Nauka [Science], 1987. – 304 p.

6. Goncharov V.I. Sintez jelektromehaničeskikh sistem promyshlennyh robotov [Synthesis of electromechanical systems of industrial robots]. – Tomsk., TPU, 2002. – 100 p.

### Литература:

1. Kuo B. Digital Control Systems. Holt, Rinehart and Winston, INC. New York. 1980.

2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. Издание третье. - М.: Наука, 1975. – 768 с.

3. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт. Т. 3: Синтез регуляторов систем автоматического управления/ Под. Ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 616 с.

4. Киселев О.Н. Минимизация перерегулирования в линейных дискретных системах регуляторами низкого порядка// Автоматика и телемеханика, №4, 2001. – С. 98 – 108.

5. Крутько П.Д. Обратные задачи

динамики управляемых систем: Линейные модели. – М.: Наука, 1987. – 304 с.

6. Гончаров В.И. Синтез электро-механических систем промышленных роботов. - Томск: ТПУ, 2002. – 100 с.

### Information about authors:

1. Valeriy Goncharov – Doctor of Technical sciences, Full Professor, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics; address: Russia, Tomsk city; e-mail: gvi@tpu.ru

2. Vadim Onufriev – Student, National Research Tomsk Polytechnic University; address: Russia, Tomsk city; e-mail: ovavadim@gmail.com



International multilingual social network  
for scientists and intellectuals.

International intellectual portal «Platonick» is a multilingual, open resource intended to facilitate the organization of multifaceted communication of scientists and intellectuals, promulgate their authoritative expert conclusions and consultations. «Platonick» ensures familiarization of wide international public with works of representatives of scientific and pedagogic community. An innovation news line will also be presented on the «Platonick» portal.

Possibility of the informal communication with colleagues from various countries;

Demonstration and recognition of creative potential;

Promulgation and presentation of author's scientific works and artworks of various formats for everyone interested to review.



<http://platonick.com>

## USER ACCESS RIGHTS MANAGEMENT ON THE BASIS OF ANALYSIS OF THE COMPANY'S BUSINESS-PROCESSES FUNCTIONS

Z. Rodionova, Candidate of Technical sciences, Senior Lecturer  
Novosibirsk State University of Economics and Management, Russia

The author considers the issues of management of the users' access rights to resources of the automated information systems: formation of a set of access rights from the standpoint of their necessity and sufficiency for the user to fulfill his/her functions, proceeding from the requirements of the business process; timely adjustment of these rights in the course of modification of the business process.

**Keywords:** access rights management, process approach, business-processes, access model, information system.

Conference participant,  
National Research Analytics Championship


## УПРАВЛЕНИЕ ПРАВАМИ ДОСТУПА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ФУНКЦИЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Родионова З.В., канд. техн. наук, ст. преподаватель  
Новосибирский государственный университет экономики и управления, Россия

В статье рассматриваются вопросы управления правами доступа пользователей к ресурсам автоматизированных информационных систем: формирование множества прав доступа с точки зрения их необходимости и достаточности для выполнения пользователем его функций исходя из потребностей бизнес-процесса, а также своевременная корректировка этих прав при внесении изменений в бизнес-процесс.

**Ключевые слова:** управление правами доступа, процессный подход, бизнес-процесс, модель доступа, информационная система.

Участник конференции,  
Национального первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsca.v0i8.1424>

Эффективность функционирования современных автоматизированных информационных систем (далее АИС) предприятия напрямую зависит от того, насколько соответствуют полномочия пользователя системы его должностным функциям. Признанным фактом является то, что расширение полномочий сверх необходимых приводит к увеличению непреднамеренных ошибок пользователя, росту рисков, связанных с несанкционированным доступом к данным. При недостаточных полномочиях возникают затруднения в выполнении сотрудником своей работы. Ситуация многократно усложняется если на предприятии функционирует несколько АИС, каждая из которых обладает своей системой разграничения доступа.

Формализованные полномочия в виде прав доступа получают свое отражение в настройках системы разграничения доступа АИС (например, Windows Active Directory, «КУБ», Microsoft SQL Server и др.), безопасное построение которых определяется формальной моделью. Существенный вклад в разработку формальных моделей внесли Гайдамакин Н.А., Герасименко В.А., Грушо А.А., Девянин П.Н., Зегжда П.Д., Ивашко А.М., Neumann P., Ravi S. Sandhu, Ferraiolo D. и др. Несмотря на достаточно высокий уро-



Рис. 1. Этапы управления правами доступа на основе анализа функций бизнес-процессов предприятия

вень теоретических исследований в области формальных моделей доступа, их практическая реализация наталкивается на существенные трудности, связанные с формализацией, т. е. обеспечением соответствия абстрактных сущностей и процессов модели реальным объектам и правилам функционирования автоматизированных информационных систем и актуализацией прав доступа ввиду постоянных изменений бизнес-процессов.

В научной литературе выделяют два подхода к управлению правами доступа: на основе решения владельца и на основе должностных инструкций.

В первом случае права доступа определяет владелец процесса исходя из своих личных знаний о деятельности предприятия. Этот подход прост и требует малых затрат при внедрении, но серьезным недостатком является человеческий фактор: помимо оши-

бок, которые может допустить владелец процесса, принимая решение о доступе, проблемы возникают тогда, когда объекты используются на пересечении процессов двух владельцев. Механизм мониторинга изменений слабо формализован и ведется вручную, что создает сложности в его реализации.

Во втором случае права доступа определяются в соответствии с обязанностями, закрепленными в должностной инструкции. Эффективность применения этого подхода напрямую зависит от степени актуализации таких документов в организации. Так же возникают проблемы с мониторингом изменений, а типизированный подход к разработке должностных инструкций может существенно снизить степень корректности интерпретации должностных обязанностей.

С приходом современной модели управления, основанной на применении процессного и системного подходов, процедура формирования должностной инструкции изменилась. Группа стандартов ИСО 9000 содержит требования о том, что должностные инструкции должны рождаться и формализовываться исходя из функций бизнес-процесса. Как правило, должностные инструкции генерируются автоматически на основе модели бизнес-процесса с помощью специализированного программного обеспечения. Таким образом, первоисточником для назначения прав доступа фактически становятся функции бизнес-процесса. Должностные инструкции утрачивают здесь свою определяющую роль, превращаясь в промежуточный фиксирующий документ. Руководство утверждает права доступа посредством утверждения описания бизнес-процесса. Такой подход основывается на самой сути деятельности предприятия, ее бизнес-процессах.

Подход на основе анализа бизнес-процессов позволяет выйти на более формальный уровень принятия решения о предоставлении прав доступа и обеспечить следующие преимущества:

- снижение человеческого фактора при определении доступа к информации, так как права доступа определяются исходя из требований

процесса, а не из должностных инструкций (часто устаревших) и / или личного мнения руководителя подразделения;

- возможность оперативного внесения изменений в права доступа при изменении бизнес-процессов предприятия;

- возможность выявления и устранения узких мест процесса с точки зрения безопасности информации;

- снижение рисков за счет выявления возможных проблем процесса до настройки прав доступа в СРД.

Важность применения именно процессного подхода для создания и эксплуатации системы управления информационной безопасностью предприятия, неотъемлемой частью которой является процесс управления правами доступа, подчеркивает и международный стандарт ISO/IEC 27001:2005 «Информационные технологии – Методы обеспечения безопасности – Системы управления информационной безопасностью – Требования» (раздел 0.2 «Процессный подход»).

Для реализации возможности

управления правами доступа в условиях систем разграничения доступа, функционирующих на основе различных формальных моделей (ролевой – RBAC, дискреционной – DAC, мандатной – MAC), разработана обобщенная модель разграничения прав доступа (далее – обобщенная модель) [1]. Данная модель описывает структуру, принципы действия различных моделей доступа. При разработке обобщенной модели было учтено главное требование современных АИС – наличие механизма администрирования прав доступа. Основой обобщенной модели является административная ролевая модель, которая так же позволяет эмулировать мандатный и дискреционный доступ. Проверка корректности обобщенной модели разграничения прав доступа проведена путем последовательного изъятия из нее элементов и отношений, не входящих в две из трех формальных моделей и доказательства того, что оставшиеся элементы функционируют в соответствии с правилами данной модели разграничения прав доступа.

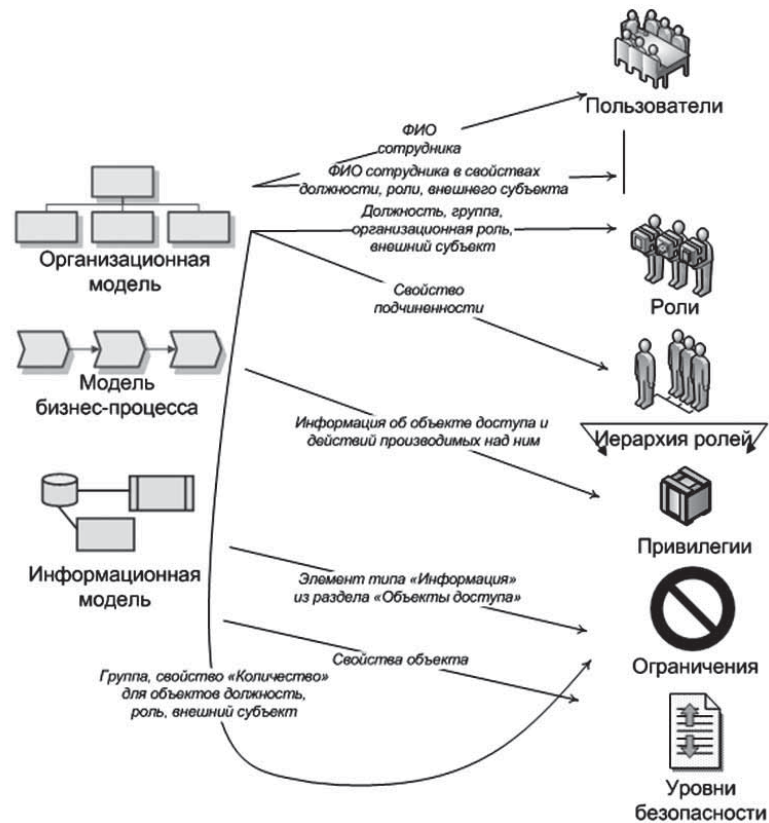


Рис. 2. Схема извлечения данных



**Рис. 3. Классификация изменений деятельности предприятия в контексте актуализации прав доступа пользователей к ресурсам АИС**

Этапы управления правами доступа на основе анализа функции бизнес-процессов предприятия можно представить в следующем виде (Рис. 1).

Для реализации первого этапа по описанию бизнес-процессов предприятия практическую значимость имеют методологии организационного, функционального и информационного моделирования. Организационная модель определяет «где» исполняется бизнес-процесс и самое главное «кто» его исполняет, функциональная отвечает на вопрос «как?», информационная «с помощью чего?».

Анализ угроз и уязвимостей бизнес-процессов позволяет оценить информационные риски и определить меры по противодействию, тем самым повысив безопасность функционирования системы на организационном уровне. Подобный алгоритм построения модели угроз каждая организация определяет самостоятельно исходя из специфики своего функционирования и принятой политики безопасности либо на основе законодательно утвержденных нормативно-методических документов.

Процесс анализа бизнес-процессов можно производить автоматически (например, с помощью языка XML), извлекая все необходимые данные из среды бизнес – моделирования. Алгоритм извлечения данных можно представить в общем виде, как схему потоков (Рис. 2).

Постоянно меняющиеся окруже-

ние, стремление получить конкурентные преимущества заставляют предприятие перестраивать свою деятельность, что в свою очередь неизменно отражается на правах пользователей информационных систем. Для организации непрерывного и эффективного процесса актуализации прав доступа такие изменения необходимо отслеживать и интерпретировать на изменение прав доступа к ресурсам АИС.

Разработана классификация, нацеленная на определение сущности и параметров изменения деятельности предприятия в контексте их влияния на управление правами доступа к ресурсам АИС (Рис. 3). Основой для данной классификации послужили категории данных, необходимые для формализации и актуализации прав доступа, которые содержатся в обобщенной модели. Данная классификация не претендует на полноту и может быть расширена с учетом особенностей функционирования отдельно взятого предприятия.

В заключение хотелось бы еще раз подчеркнуть, что предлагаемый подход с одной стороны характеризуется выделением пользователей, ролей, их иерархии и объектов доступа на основе анализа бизнес-процесса, с другой стороны ассоциацией действий и событий бизнес-процесса с совершением доступа. Для промышленного использования предложенного подхода была разработана информационная система формализации и актуализации прав доступа [2, 3].

## References:

1. Rodionova Z.V., Pestunova T.M. Algorithm avtomatizirovannogo formirovaniya jelementov obobshhennoj modeli razgranichenija prav dostupa na osnove modeli biznes-processov predpriyatija [Algorithm of the automated formation of elements of the generalized model of access rights differentiation on the basis of the company's business processes model]., Svidetel'stvo o registracii jelektronного ресурса Obedinnogo fonda jelektronnyh resursov «Nauka i obrazovanie» [Article of incorporation of an electronic resource of the Joint fund of the electronic resources «Science and education»]., No. 16615 from 13.01.2011.

2. Rodionova Z.V., Pestunova T.M. Programma dlja JeVM. Informacionnaja sistema formalizacii i aktualizacii prav dostupa «BusinessProcessSecurity» [Computer program. Information system of formalization and actualization of access rights «Business Process Security»]., Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii ROSPATENT RF [Certificate of official registration] No. 2011615409 from 19.10.2011.

3. Rodionova Z.V. [and others] Informacionnaja sistema upravlenija pravami dostupa na osnove analiza biznes-processov [Information system of access rights management on the basis of business processes analysis]., T.M. Pestunova, Z.V. Rodionova Dok-lady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravlenija i radiojelektroniki [Reports of the Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics]. – 2010., No. 2 (22)., Part 2., pp. 253-256.

## Литература:

1. Родионова З.В., Пестунова Т.М. Алгоритм автоматизированного формирования элементов обобщенной модели разграничения прав доступа на основе модели бизнес-процессов предприятия // Свидетельство о регистрации электронного ресурса Объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование» № 16615 от 13.01.2011.

2. Родионова З.В., Пестунова Т.М. Программа для ЭВМ. Информационная



система формализации и актуализации прав доступа «Business Process Security» // Свидетельство об официальной регистрации РО-СПАТЕНТ РФ № 2011615409 от 19.10.2011.

3. Родионова З.В. [и др.] Информационная система управ-

ления правами доступа на основе анализа бизнес-процессов / Т.М. Пестунова, З.В. Родионова // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2010. – № 2 (22). – Ч.2. – С. 253 - 256.

## Information about author:

1. Zinaida Rodionova – Candidate of Technical sciences, Senior Lecturer, Novosibirsk State University of Economics and Management; address: Russia, Novosibirsk city; e-mail: rodionova\_z@ngs.ru



## INTERNATIONAL ACADEMY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION



International Academy of Science and Higher Education (IASHE, London, UK) is a scientific and educational organization that combines sectoral public activities with the implementation of commercial programs designed to promote the development of science and education as well as to create and implement innovations in various spheres of public life.

Activity of the Academy is concentrated on promoting of the scientific creativity and increasing the significance of the global science through consolidation of the international scientific society, implementation of massive innovational scientific-educational projects

While carrying out its core activities the Academy also implements effective programs in other areas of social life, directly related to the dynamics of development of civilized international scientific and educational processes in Europe and in global community.

Issues of the IASHE are distributed across Europe and America, widely presented in catalogues of biggest scientific and public libraries of the United Kingdom.

Scientific digests of the GISAP project are available for acquaintance and purchase via such world famous book-trading resources as amazon.com and bookdepository.co.uk.

www: <http://iashe.eu>

e-mail: [office@iashe.eu](mailto:office@iashe.eu)

phone: +44 (20) 71939499

## ON THE DETERMINATION OF THE STRESS TENSOR EIGENVALUES

T. Telia, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Georgian University, Georgia

The paper is related to the method of determination of eigenvalues of an element of a body, being in the triaxial stress state. Determination of eigenvalues is reduced to the cubic polynomial, for the solution of which the method of successive approximation built in the dialogue window "Goal Seek" of MS Excel software, is used. The value of the greatest primary stress, corresponding to the maximum eigenvalue of the stress matrix (at which the body elements is destroyed) is found.

**Keywords:** Excel, Goal Seek, successive approximation method, stress tensor, eigenvalue.

Conference participant


## ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕНЗОРА НАПРЯЖЕНИЙ

Телия Т.Н., канд. техн. наук, ассоц. проф.  
Грузинский университет, Грузия

В статье дается методика определения собственных значений элемента тела, находящегося трехосном напряженном состоянии. Нахождение собственных значений сводится кубическому полиному, для решения которого используется метод последовательных приближений, встроенный в диалоговом окне "Подбор параметра", программного пакета MS Excel. Найдена величина наибольшего главного напряжения, соответствующее наибольшему собственному значению матрицы напряжений, при которой происходит разрушение элемента тела.

**Ключевые слова:** Excel, подбор параметра, метод последовательных приближений, тензор напряжений, собственные значения.

Участник конференции

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsca.v0i8.1425>

Целый ряд инженерных задач сводится к рассмотрению систем уравнений, имеющих единственное решение лишь в том случае, если известно значение некоторого входящего в них параметра. Этого особого параметра называют характеристическим, или собственным, значением системы. С задачами на собственные значения инженер сталкивается в различных ситуациях. Так, для тензоров напряжений собственные значения определяют главные нормальные напряжения, при динамическом анализе механических систем – соответствуют собственным частотам колебаний, а при расчете конструкций – позволяют определить критические нагрузки, превышение которых приводит к потере устойчивости.

В общем случае объемного напряженного состояния по граням выделенного из материала элементарного кубика возникают и нормальные и касательные напряжения (Рис. 1). По закону парности касательных напряжений  $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ ,  $\tau_{xz} = \tau_{zx}$ ,  $\tau_{yz} = \tau_{zy}$ . Совокупность шести напряжений  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  и  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{xz}$ ,  $\tau_{zy}$  полностью описывает напряженное состояние в точке, и называют тензором напряжений [1].

Трехосный тензор напряжений можно представить в виде

$$\begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix}$$

Требуется определить собственные значения этой матрицы, когда

$$\begin{aligned} \sigma_x &= 10 \times 10^6 \text{ Н/м}^2, & \tau_{xy} &= 5 \times 10^6 \text{ Н/м}^2, \\ \sigma_y &= 20 \times 10^6 \text{ Н/м}^2, & \tau_{xz} &= 6 \times 10^6 \text{ Н/м}^2, \end{aligned}$$

$$\sigma_z = 30 \times 10^6 \text{ Н/м}^2, \quad \tau_{yz} = 4 \times 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Пожалуй, наиболее очевидным способом решения задачи на собственные значения является их определение из системы уравнений [1]

$$(A - \lambda E)X = 0, \quad (1)$$

где  $A$  – матрица напряжений, которая имеет вид

$$A = \begin{bmatrix} 10 & 5 & 6 \\ 5 & 20 & 4 \\ 6 & 4 & 30 \end{bmatrix} \times 10^6 \text{ Н/м}^2,$$

$$E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$E$  – Единичная матрица

$\lambda$  – три скалярных значений, которых требуется найти,  $X$  – собственные векторы, соответствующие каждому из собственных значений.

Уравнение (1) имеет ненулевое решение лишь в случае, если его определитель равно нулю

$$\det(A - \lambda E) = 0. \quad (2)$$

Поставив значение матриц  $A$  и  $E$  в определитель (2) и после нескольких простых преобразований, получим

$$\det \begin{bmatrix} 10 - \lambda & 5 & 6 \\ 5 & 20 - \lambda & 4 \\ 6 & 4 & 30 - \lambda \end{bmatrix} \times 10^6 \text{ Н/м}^2 = 0. \quad (3)$$

Раскрыв определитель (3), получим кубический полином относительно  $\lambda$ , корни которого и будут собственными значениями матрицы напряжений

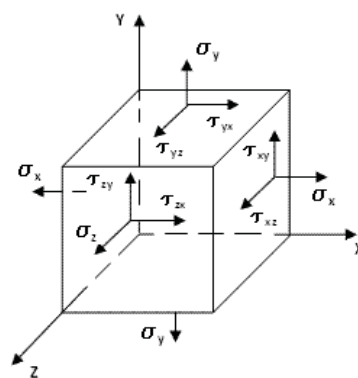


Рис. 1. Тензор напряжений

$$(\lambda^3 - 60\lambda^2 + 1023\lambda - 4610) \times 10^6 \text{ Н/м}^2 = 0 \quad (4)$$

Для решения нелинейного уравнения (4) используется программный пакет MS Excel 2007 и встроенный в ней метод последовательных приближений [2], который известен под названием метода Ньютона. Отметим, что у полинома третьей степени имеется не более трех вещественных корней. Для нахождения корней их предварительно нужно локализовать. С этой целью необходимо построить график функции  $y = \lambda^3 - 60\lambda^2 + 1023\lambda - 4610$  или ее протабулировать [2]. Например, протабулируем полином (4) на отрезке  $\lambda \in [5, 35]$  с шагом  $h = 2$ . Результат табуляции приведен на Рис. 2, где в ячейку  $B_2$  введена формула:  $=A2^3 - 60 * A2^2 + 1023 * A2 - 4610$ . На Рис. 2 видно, что полином меняет знак на интервалах [7, 9], [19, 21] и [33, 35]. Это означает, что на каждом из них имеется корень данного полинома. По-

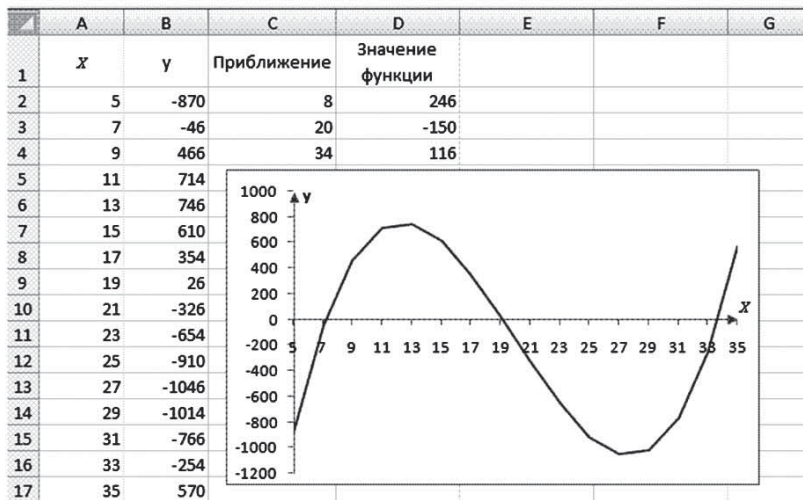


Рис. 2. Локализация корней полинома.

лином третьей степени имеет не более трех действительных корней, поэтому все корни локализованы. В качестве начальных приближений к корням можно взять любые точки из отрезков локализации корней. Возьмем, например, их средние точки: 8, 20 и 34 и введем их в диапазон ячеек C2:C4 (Рис. 2). В

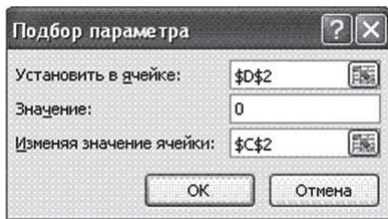


Рис. 3. Диалоговое окно «Подбор параметра»

ячейку D2 введем формулу:  $=C2^3 - 60 * C2^2 + 1023 * C2 - 4610$ . Выделив эту ячейку, и с помощью маркера заполнения протащим введенную в нее формулу на диапазон D2:D4. Таким образом,

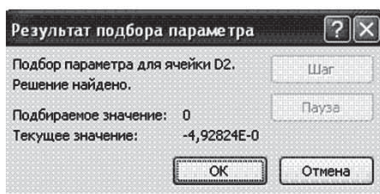


Рис. 4. Диалоговое окно «Результат подбора параметра»

в ячейках D2:D4 вычисляются значения полинома при значениях аргумента, введенного в ячейках C2:C4, соответственно.

Относительная погрешность вычислений и предельное число ите-

раций задаются на вкладке **Параметры вычисления** диалогового окна **Параметры Excel**, открываемого командой **Office→Параметры Excel→Формулы**. Зададим относительную погрешность и предельное число итераций, равными 0,00001 и 1000, соответственно. Находим корни полинома методом последовательных приближений с помощью команды **Данные→Работа с данными «Анализ «что-если»→Подбор параметра** и заполним диалоговое окно **Подбор параметра** (Рис. 3) следующим образом. В поле **Установить в ячейке** введем  $D\$2$ . Отметим, что в этом поле дается ссылка на ячейку, в которую введена формула, вычисляющая значение левой части уравнения (4). Для нахождения корня уравнения с помощью средства подбора параметров надо записать уравнение так, чтобы его правая часть не содержала переменную. В поле **Значение** вводим 0 (в этом поле указывается правая часть уравнения). В поле, **Изменяя**

**значение ячейки**, введем  $C\$2$  (в этом поле дается ссылка на ячейку, отведенную под переменную). После нажатия кнопки **OK** средство подбора параметра находит приближенное значение корня, которое помещает в ячейку C2. В данном случае оно равно 7,141760.

Аналогично в ячейках C3 и C4 находим два оставшихся корня. Они равны 19,141061 и 33,709178. Как выглядит диалоговое окно **Результат подбора параметра** после успешного завершения поиска решения, показано на Рис. 4.

Умножив найденные корни на  $10^6$  Н/м<sup>2</sup>, получаем собственные значения тензора напряжений, соответствующие главным напряжениям. Найдена величина наибольшего главного напряжения, равной  $33,709178 \times 10^6$ , при которой происходит разрушение элемента тела.

## References:

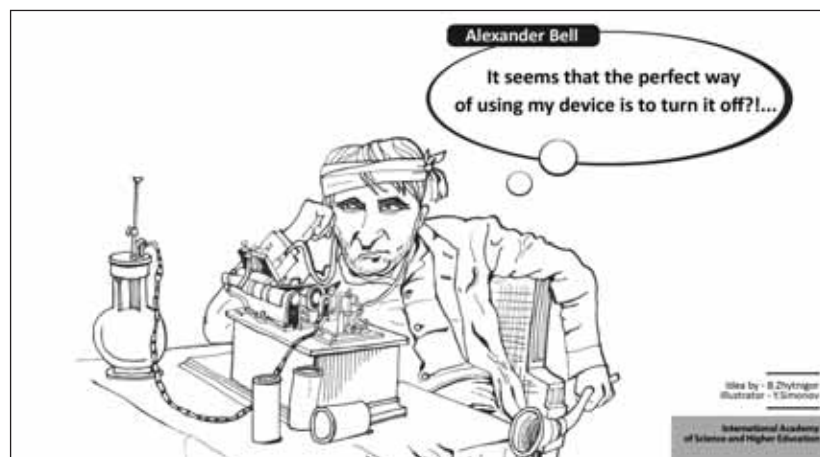
1. Shup T. Reshenie inzhenernykh zadach na JeVM [Solving the engineering tasks on a computer]. – Moskva., Mir, 1982.
2. Larsen Ronal'd U. Inzhenernye raschety v Excel [Engineering calculations in Excel]. – Moskva., Vil'jams, 2002.

## Литература:

1. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ. Москва: Мир, 1982.
2. Ларсен Рональд У. Инженерные расчеты в Excel. Москва: Вильямс, 2002.

## Information about author:

1. Tamaz Telia - Candidate of Technical sciences, Associate Professor, Georgian University; address: Georgia, Batumi city; e-mail: t.telia@ug.edu.ge





## METHODS OF BUILDING THE HIGHLY RELIABLE COMPUTER SYSTEM

A.U. Kalizhanova, Candidate of Mathematics and Physics,  
Associate Professor  
S.T. Amanzholova, Candidate of Technical Sciences, Associate  
Professor  
Kazakh National Technical University named  
after K. Satpayev, Kazakhstan

Methods of building the highly reliable computer system are considered in this paper. In order to organize the processes of distributed computation using the distributed computer system (DCS), such DCS must be reliable enough to ensure the guaranteed and effective execution of computing processes of the active task.

The issue of ensuring the DCS reliability has become of high priority due to the fact that the distributed computation is now widely used in solving practical tasks of various kinds and with different requirements.

**Keywords:** distributed computer system, functionality, functioning productivity, reliability.

Conference participants


## МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ С ВЫСОКОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ

Калижанова А.У., канд. физ.-мат. наук, доцент  
Аманжолова С.Т., канд. техн. наук, доцент  
Казахский национальный технический университет  
им. К.И. Сатпаева, Казахстан

В данной статье рассматриваются методы создания компьютерной системы с высокой надежностью. Для организации процессов распределенных вычислений на распределенной вычислительной системе (РКС) необходимо, чтобы РКС имела надежность на уровне, достаточном для гарантированного и эффективного выполнения вычислительных процессов решаемой задачи.

**Ключевые слова:** Распределенная компьютерная система, функциональность, производительность функционирования, надежность.

Участники конференции

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsc.v0i8.1426>

Современные технические системы, в том числе компьютерные системы (КС) различного назначения должны удовлетворять требованиям высокой надежности функционирования, что является гарантией выполнения качественной поддержки прикладного процесса (бизнес – процесса).

КС должна удовлетворять множеству различных требований к качеству функционирования, при этом удовлетворять требования клиентов, персонал, владельца и администрации. Причем выполнение различных требований взаимозависимы. Анализ показывает, что для обеспечения надежности важное значение имеют функциональные (производственно-технические) характеристики КС. Например, для достижения надежности и отказоустойчивости важны скоростные характеристики системы. Если скорость позволяет выполнить операцию в течение времени  $t_1$  для выполнения которой требуется длительность  $t_2$ , то появится разница времени  $Dt = t_2 - t_1$ , которая для системы является ресурсом для решения задачи надежности. Использование  $Dt$  позволяет повторное выполнение операции для подтверждения надежности (правильности) результата данной операции и восстановления после сбоя, в случае его возникновения. В последнем слу-

чае система успеет восстановиться до момента потребности в результатах данной операции при решении прикладной (или бизнес) задачи.

Таким образом, при создании КС необходимо учитывать множество разнообразных и противоречивых требований.

**1. Структура задачи обеспечения надежности КС.** Надежность КС достигается при одновременном решении следующих задач:

- отказоустойчивость элементной базы;
- монтаж узлов из элементов с перестраиваемой структурой;
- организация корпоративных принципов работы узлов.
- ввод пространственной и временной избыточности функционирования.
- резервирование узлов КС на основе однородной системы с восстановлением;
- репликация ресурсов;
- распределение функций по управлению состоянием аппаратуры между разными системами с перекрытием функций (в частности между бортовой и наземной системой управления повторить основные функции по контролю и управлению бортовых систем и оборудования);
- обеспечение катастрофоустойчивости системы.

- защита ресурсов системы;
- безопасность функционирования. Обеспечивая отказоустойчивость КС, следует еще обеспечить безопасность КС для внешних систем, т.е. безвредность для среды. Для контроля безвредности действия КС для окружающих и для бизнеса необходима надсистема, состоящая из метамоделей;
- помехозащищенность передаваемых данных;
- эффективность реализации и организации совместного выполнения всех представленных задач (требований);
- достичь эффективного администрирования - менеджмента (Help dick, open wave, Service disc и т.д.) как для наземной, так и бортовой системы;
- ситуационное управление всей компьютерной системы.

Результаты исследования различных вариантов организации отказоустойчивости показывают, что ни одна технология надежности, взятая в отдельности, не обеспечит высокий уровень отказоустойчивости и надежности.

Отсюда вытекает, что для достижения более высоких результатов в надежности, необходимо использовать все имеющиеся технологии надежности, которые требуют системного рассмотрения и решения. Однако, это приведет к возрастанию сложно-



сти системы и процессов управления ею. Поэтому необходима методика, объединяющая все эти технологии, приводящие к единой системе, но в то же время, позволяющая ограничение сложности КС.

Таким образом, на основе результатов предложена иерархическая технология достижения отказоустойчивости и надежности, которая является системной.

**2. Иерархическая технология достижения надежности.** Состав иерархической технологии обеспечения надежности из следующих отдельных технологий, которые между собой взаимосвязаны иерархической структурой:

- удаленное резервирование КС.
- защита системы от инцидентов и безопасность для окружения
- местное резервирование узлов
- архитектура (структура) узлов КС с перестраиваемой логикой
- отказостойкость элементов: аппаратные и программные

**3. Организация реализации иерархической технологии надежности.** Данная иерархическая организация технологии обеспечения надежности обеспечивается путем создания аппаратно-программной платформы.

Здесь остановимся на одном из методов программной реализации на основе агентной технологии.

Процесс обеспечения отказоустойчивости ВС можно организовать двояко: на основе жесткой централизации и на основе децентрализации процессов управления ВС. Второй подход базируется на агентную технологию. Согласно данной технологии каждый узел оформляется в виде агента. Тогда, каждый агент, выполняя свою основную функцию, одновременно выполняет функцию контроля за состоянием другого узла и по результатам принимает решения по управлению его состоянием.

Таким образом, каждый узел выступает и как управляющий - Master, так и управляемый - Slave. В режиме Master узел осуществляет контроль за работой Slave, сохраняет через определённые интервалы времени состояния выполняемого на Slave-узле фрагмента параллельной программы и в случае отказа Slave-узла восста-

навливает вычисления с последней точки сохранения на другом узле ВС в соответствии с заданной схемой распределения ролей.

Возможен и другой вариант, когда восстановление состояния (вычислений) узла происходит не по заранее заданной схеме распределения ролей, а в динамике, в зависимости, например, от загруженности компьютерной системы. Если на узле происходит сбой, то производится попытка перезапуска программы на этом узле. Если сбой продолжает повторяться, и причина сбоя также, тогда вычисления переносятся на другой узел. Данный подход позволяет реализовать достаточно гибкую схему обеспечения отказоустойчивости вычислений.

Надежность системы еще достигается надежным кодированием транспортируемых данных.

Для отказоустойчивости важна и скорость работы КС. Если КС работает быстрее, чем требует бизнес, то операцию можно повторить или восстановить после сбоя и снова попытаться решить задачу. Поэтому организация процесса отказоустойчивости и надежности базируется на основе временного ресурса.

## References:

1. Nadezhnost' v tehnike [Reliability of equipment]. Terminy i opredeleniya [Terms and definitions]. GOST 27002-89
2. Nadezhnost' tehnikeskikh sistem [Reliability of technical systems]., Spravochnik [Manual]., Edited by

I.A. Ushakova. – Moskva., Radio i svjaz' [Radio and Communications], 1985.

3. Gnedenko B.V., Beljaev Ju.K., Solov'ev A.D. Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti [Mathematical methods in the theory of reliability]. – Moskva., Nauka [Science], 1965.

4. Druzhinin G.V. Nadezhnost' avtomatizirovannyh proizvodstvennyh sistem [Reliability of the automated production systems]. – Moskva, Jenergoatomizdat, 1986.

## Литература:

1. Надежность в технике. Термины и определения // ГОСТ 27002-89.

2. Надежность технических систем. Справочник. Под ред. И.А. Ушакова // М.: Радио и связь, 1985.

3. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности // М.: Наука, 1965.

4. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных производственных систем // М.: Энергоатомиздат, 1986.

## Information about authors:

1. Aliya Kalizhanova – Candidate of Mathematics and Physics, Associate Professor, Kazakh National Technical University named after K. Satpayev; address: Kazakhstan, Almaty city; e-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru

2. Saule Amanzholova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh National Technical University named after K. Satpayev; address: Kazakhstan, Almaty city; e-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru



## BLOCK-SYMMETRIC MODELS AND METHODS: NEW CLASS OF DISCRETE PROGRAMMING TASKS

G. Kaziyev, Doctor of Technical sciences, Full Professor  
G. Nabieva, Candidate of Technical sciences, Associate Professor


B. Dautova, Doctor of Technical sciences, Lecturer  
Kazakh National Technical University named after K. Satpayev, Kazakhstan

A new class of tasks in setting and solving application-oriented tasks is developed and offered in this paper – block-symmetric models and methods of discrete programming.

The general setting of block-symmetric tasks is demonstrated. It differs from the known tasks by the block properties, symmetry and existence of different types of variables. The algorithm of iterative imaging of polynomial computing complexity, allowing to solve the application-oriented tasks of high dimensionality, is developed for solving tasks of this class. The clustering task is stated as an example of setting of the application-oriented task of the discrete programming.

**Keywords:** block-symmetric models and methods, discrete programming, application-oriented tasks, clustering, computing complexity.

Conference participants,  
National Research Analytics Championship

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsc.v0i8.1427>

**Введение.** Большое число прикладных задач в различных отраслях экономики сводится к задачам дискретного программирования. Классические постановки и методы решения прикладных задач дискретного программирования успешно используются для решения многих практических задач в различных областях науки, техники и технологий.

Вместе с тем, задачи дискретного программирования весьма сложны и имеют существенные ограничения для широкого решения многочисленных приложений. Прежде всего к таким ограничениям относятся экспоненциальная вычислительная сложность решения прикладных задач, точность решения, размерность решаемых задач и другие.

Попытки устранить эти трудности не всегда успешны и нет единого подхода и теоретических основ преодоления этой ситуации в области дискретного программирования. Поэтому исследователи идут по пути разработки точных методов для модельных примеров не большой размерности, эвристических и приближенных методов постановки и решения дискретных задач. Каждый результат, полученный в данной области требует пристального внимания.

В настоящей работе рассматривается постановка и решение нового класса

## БЛОЧНО-СИММЕТРИЧНЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ НОВОЙ КЛАСС ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Казиев Г.З., д-р техн. наук, проф.  
Набиева Г.С., канд. техн. наук, доцент  
Даутова Б.М., д-р техн. наук, преподаватель  
Казакский национальный технический университет  
им. К.И. Сатпаева, Казахстан

В работе разработан и предложен новый класс задач постановки и решения прикладных задач: блочно-симметричные модели и методы дискретного программирования.

Приведена общая постановка блочно-симметричных задач, отличающаяся от известных задач свойствами блочности, симметричности и наличием различных типов переменных. Для решения задач этого класса разработан алгоритм итеративных отображений полиномиальной вычислительной сложности, обеспечивающий решение прикладных задач большой размерности. Приведена постановка задачи кластеризации, как пример постановки прикладной задачи дискретного программирования.

**Ключевые слова:** блочно-систематические модели и методы, дискретное программирование, прикладные задачи, кластеризация, вычислительная сложность.

Участники конференции,  
Национального первенства по научной аналитике

задач дискретного программирования, который нашел применение при решении различных прикладных задач: блочно-симметричные задачи дискретного программирования (БСЗ).

### 1. Общая постановка задачи

По мере развития моделей и методов дискретного программирования, постановки новых задач и других приложений появляется необходимость разработки новых подходов и методов решения задач. Одним из таких подходов является блочно-симметричные модели и методы [1,2].

Рассмотрим общую постановку и решение блочно-симметричных задач дискретного программирования.

Пусть задано множество объектов  $A = \{a_i; i = \overline{1, I}\}$  и множество объектов  $B = \{b_j; j = \overline{1, J}\}$  с элементами различных типов, а также взаимосвязи между элементами этих множеств, которые определяются матрицей

$$W = \|\omega_{ij}\|, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J},$$

элементы которой целочисленны или булевы. Необходимо объединить элементы множества  $A$  в непересекающиеся подмножества  $A_n, n = \overline{1, N}$ , а элементы множества  $B$  – в непересекающиеся подмножества  $B_m, m = \overline{1, M}$ , таким образом, чтобы доставить экстремум целевой функции  $F(A_n, B_m, \dots)$ .

Для формализованной постановки задачи введем следующие переменные. Пусть  $X = \|x_{in}\|, i = \overline{1, I}; n = \overline{1, N}$  – булева матрица, где  $x_{in} = 1$ , если  $i$ -й элемент распределяется в  $n$ -ю группу,  $x_{in} = 0$ , в противном случае. Аналогично  $Y = \|y_{jm}\|, j = \overline{1, J}; m = \overline{1, M}$ , где  $y_{jm} = 1$ , если  $j$ -й элемент распределяется в  $m$ -ю группу и  $y_{jm} = 0$ , в противном случае. В общем случае матрицы переменных  $X$  и  $Y$  могут быть целочисленными.

Определим на множестве  $A \times B$  функцию  $F(X, Y)$ , зависящую от распределения элементов множеств  $A$  и  $B$  по подмножествам  $A_n$  и  $B_m$ . Соответственно на множестве  $A$  – функции  $\varphi_k(X), k = \overline{1, K}$ , а на множестве  $B$  – функции  $\psi_s(Y), s = \overline{1, S}$ , определяющие ограничения соответственно на множествах  $A$  и  $B$ .

Блочно-симметричная задача дискретного программирования формулируется следующим образом:

$$F(X, Y) \rightarrow \text{extr}, \quad (1)$$

при ограничениях

$$\varphi_k(X) \leq \varphi_{k0}, k = \overline{1, K}, \quad (2)$$

$$\psi_s(Y) \leq \psi_{s0}, s = \overline{1, S}, \quad (3)$$

В множестве ограничений (2) и

(3) в зависимости от постановок задач знаки неравенств могут меняться на противоположные.

В общем случае двухиндексные матрицы - переменные  $X$  и  $Y$  и заданная матрица  $W$  могут быть целочисленными.

Рассмотрим задачу при условии, когда переменные  $X$ ,  $Y$  и  $W$ -булевы матрицы. В качестве функций  $F(X, Y)$  часто используют функцию вида  $F(Z)$ , где

$$Z = XWY \quad (4)$$

Рассмотрим выражение (4), которое представляет собой произведение матриц переменных  $X$  и  $Y$  и заданной матрицы  $W$ , на которой определена целевая функция. В отличие от традиционных постановок задач дискретного программирования в данной постановке имеются два типа переменных  $X$  и  $Y$ , переменные  $X$  и  $Y$  симметричны относительно заданной матрицы  $W$ .

В задаче (1)-(3) можно выделить множество ограничений вида (2), которые зависят от переменной  $X$ , и множество ограничений вида (3), которые зависят от переменной  $Y$ .

Таким образом, задачу вида (1)-(3) назовем блочно-симметричной задачей дискретного программирования.

Рассмотрим выражение (4). Из него следует что переменные  $X$  и  $Y$  симметричны относительно заданной матрицы  $W$  и функция (4) может быть определена как слева направо, так и наоборот, т. е.

$$Z = XWY = YWX \quad (5)$$

На основе общей постановки определим основные свойства сформулированного класса задач, отличающие его от традиционных постановок задач дискретного программирования

Свойство 1. Наличие двух типов переменных  $X$  и  $Y$  различных типов, представленных в виде булевых матриц, которые определены на заданной матрице  $W$ .

Свойство 2. Блочность задачи заключается в выделении в постановке отдельных блоков функций вида (2) и (3), зависящие только от одной переменной  $X$  и  $Y$ .

Свойство 3. Симметричность задачи заключается в возможности вычисления

(5) как в прямом так и обратном направлении.

## 2. Решение задачи.

Анализ особенностей и свойств сформулированной задачи позволяет предложить эффективные алгоритмы решения данного класса задач. Рассмотрим решение блочно-симметричных задач дискретного программирования при условии, что  $X$ ,  $Y$  и  $W$  - булевы матрицы. Легко доказать следующее утверждение.

Утверждение. Распределение элементов множества  $A$  по непересекающимся подмножествам  $A_n$  соответствует логическому сложению строк матрицы  $\|\omega_j\|, a$  распределение элементов множества  $B$  по непересекающимся подмножествам  $B_m$  - логическому сложению столбцов матрицы  $\|\omega_j\|$ .

Результаты данного утверждения позволяют просто вычислить оценки и направления поиска решения для разработки эффективных алгоритмов.

Введем понятие базиса решения задачи. Под базисом понимается заданный состав элементов подмножеств  $A_n$  и  $B_m$  на матрице  $W$ .

В матрице  $W$  базис находится как некоторая подматрица  $Z$ , элементы которой определены. Данную подматрицу путем перестановки номеров строки и столбцов матрицы  $W$  и их перенумеровки всегда можно определить в левом верхнем углу. Такое представление упрощает процедуру оценок и определения направления поиска решения.

Для решения блочно-симметричной задачи дискретного программирования при условии, когда  $X$ ,  $Y$  и  $W$  - булевы матрицы, разработан и предложен эффективный алгоритм итеративных отображений. Алгоритм состоит из следующих основных этапов: [3].

1. В булевой матрице  $W$  выделим подматрицу  $Z = \|z_{nm}\|, n = 1, N; m = 1, M$  и определим ее как базис решения задачи.

2. Определим матрицу  $D = \|d_{jn}\|, j^1 = n + 1, I; n = 1, N$  направления поиска решения  $X$  путем логического сложения небазисных строк матрицы  $W$  со строками базиса и вычислим значения оценок только по позициям базиса.

3. В соответствии с полученными оценками осуществим распределение элементов множества  $A$  по подмножествам  $A_n$ . В результате зафиксируем решение  $X$  и промежуточную матрицу  $P = \|\pi_{nj}\|, n = 1, I; j = 1, J$ .

4. Определим матрицу  $D = \|d_{jn}\|, j^1 = m + 1, I; m = 1, M$ , направления поиска решения  $Y$  путем логического сложения небазисных столбцов промежуточной матрицы  $P = \|\pi_{nj}\|$  со столбцами базиса и вычислим значения оценок только по позициям базиса матрицы  $P$ .

5. В соответствии с полученными оценками матрицы  $P$  распределим элементы множества  $B$  по подмножествам  $B_m$ . В результате фиксируем решение  $Y$  и целевую матрицу  $Z$ , на которой определено значение целевой функции  $F(Z)$ .

Следует отметить, что поиск решения задачи может осуществляться как в прямом направлении по схеме  $DX \tilde{D}Y$ , так и в обратном направлении по схеме  $\tilde{D}Y DX$ .

Рассмотрим пример постановки и решения задачи кластеризации функциональных задач и используемых ими документов при проектировании автоматизированных информационных систем.

3. Пример постановки прикладной задачи

Этап технического проектирования автоматизированных информационных систем является наиболее сложным и длительным. На данном этапе формируется общая функциональная структура, состав и последовательность решения прикладных задач, структура прикладного программного обеспечения структура базы данных, определяется общесистемное программное обеспечение проектируемой системы.

При большом числе прикладных задач и сложном документообороте возникает необходимость декомпозиции системы на кластеры.

Под кластером прикладных задач понимается объединение задач в подмножества, а кластерами документов - объединение документов в подмножества и установление взаимосвязей между соответствующими подмножествами. Взаимосвязи между ними отражают интегрированные связи меж-

ду кластерами. Опыт проектирования систем обработки данных и проведенные исследования показали необходимость декомпозиции исходной системы, которая позволяет на этапе технического проектирования глубже проанализировать кластеры задач и документов, распараллелить объемы работ между проектировщиками, выделить процедуры обработки данных и информационные элементы для разработки прикладного программного обеспечения и базы данных автоматизированных информационных систем.

Поэтому в качестве критерия эффективности процесса декомпозиции исходной системы используем минимум информационных взаимосвязей между кластерами задач и документов.

Для математической постановки задачи декомпозиции системы введем следующие переменные и обозначения.

Пусть,  $A = \{\alpha_i, i = \overline{1, I}\}$  и - множество прикладных задач обработки данных, подлежащие автоматизации;  $B = \{b_j, j = \overline{1, J}\}$  - множество исходных документов, используемое для решения прикладных задач. Задана матрица  $W = \|\omega_{ij}\|, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$ , где  $\omega_{ij} = 1$ , если  $j$ -й исходный документ используется для решения  $i$ -ой прикладной задачи системы и  $\omega_{ij} = 0$ , в противном случае. Введем переменные  $X = \|x_{mi}\|, m = \overline{1, M}, i = \overline{1, I}$  - переменная отражающая распределенные  $i$ -ой прикладной задачи в  $m$ -ой кластер (группу) задач. В данном случае

$$x_{mi} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ая прикладная задача распределяется в } m\text{-й кластер,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Аналогично введем переменную  $Y = \|y_{jn}\|, n = \overline{1, N}, j = \overline{1, J}$ , где

$$y_{jn} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й документ распределен в } n\text{-й кластер документов,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

В ряде случаев на данном этапе определяются характеристики задач и документов. Введем  $t_i$  - время разработки  $i$ -ой задачи,  $v_j$  - объем  $j$ -ого документа,  $c_j$  - общая стоимость разработки  $i$ -ой задачи и  $j$ -ого документа,  $\tau_j$  - время разработки и подго-

товки  $j$ -го документа,  $c_i$  - стоимость разработки  $i$ -ой задачи,  $s_j$  - стоимость подготовки  $j$ -ого документа.

Необходимо разбить систему на подмножества прикладных задач и используемых ими документов таким образом, чтобы минимизировать взаимосвязи между кластерами прикладных задач и документов в процессе проектирования автоматизированной системы.

Определим дополнительные переменные следующим образом:

$$\alpha_{mj} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i=1}^I x_{mi} \omega_{ij} \geq 1, \\ 0, & \text{если } \sum_{i=1}^I x_{mi} \omega_{ij} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Данная переменная отражает использование  $j$ -го документа для решения задач  $m$ -го кластера.

$$\beta_{in} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{j=1}^J \omega_{ij} y_{jn} \geq 1, \\ 0, & \text{если } \sum_{j=1}^J \omega_{ij} y_{jn} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Переменная  $\beta_{in}$  отражает использование в процессе решения  $i$ -ой задачи  $n$ -го кластера документов.

Взаимосвязи между кластерами прикладных задач и документов определяются из выражения:

$$\gamma_{mn} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \alpha_{mj} \beta_{in} \geq 1, \\ 0, & \text{если } \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \alpha_{mj} \beta_{in} = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Задачу кластеризации проектируемой автоматизированной системы сформулируем следующим образом.

Необходимо минимизировать функцию вида

$$\min \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N x_{mi} \omega_{ij} y_{jn} \quad (9)$$

При ограничениях на:

- включение каждой прикладной задачи только в один кластер

$$\sum_{m=1}^M x_{mi} = 1, i = \overline{1, I}; \quad (10)$$

- включение документа только в один кластер документов

$$\sum_{n=1}^N y_{jn} = 1, j = \overline{1, J}; \quad (11)$$

- время разработки каждого кластера задач

$$\sum_{i=1}^I t_i x_{mi} + \sum_{j=1}^J \tau_j \alpha_{mj} \leq T_m, m = \overline{1, M}; \quad (12)$$

- стоимость проектирования каждого кластера задач

$$\sum_{i=1}^I c_i x_{mi} + \sum_{j=1}^J s_j \alpha_{mj} \leq R_m, m = \overline{1, M}; \quad (13)$$

- число прикладных задач в кластере

$$\sum_{i=1}^I x_{mi} \leq p_o, m = \overline{1, M}; \quad (14)$$

- число исходных документов в кластере

$$\sum_{j=1}^J y_{jn} \leq g_o, n = \overline{1, N}. \quad (15)$$

Поставленная задача (6-15) относится к блочно-симметричным задачам дискретного программирования.

## Выводы

Разработан и предложен новый класс задач - блочно-симметричные задачи дискретного программирования, отличающихся от традиционных постановок свойствами: наличием различных типов переменных, блочности и симметричности.

Разработан новый алгоритм итеративных отображений полиномиальной вычислительной сложности при заданном базисе позволяющий решать практические задачи большой размерности.

Предложенные блочно-симметричные модели и методы использованы при постановке и решении ряда прикладных задач.

## References:

1. Kaziev G.Z. Sintez modul'nyh blok-shem v avtomatizirovannyh sistemah upravlenija [Synthesis of modular flowcharts in automated control systems]., Avtomatika i telemekhanika [Automatic equipment and telemechanics]., 1992. No. 11., pp. 160-171.



2. Kaziev G.Z. Blochno-simmetrichnye modeli i metody postanovki i reshenija zadach diskretnogo programirovaniya [Block and symmetric models and methods of statement and solution of the discrete programming tasks], Vestnik inzhenernoj akademii Respubliki Kazakhstan [Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan], No. 2(10) 2003., pp.55-59.

3. Kaziev G.Z., Nabieva G.S., Satmagambetova Zh.Z., Abylhasenova D.K. Modeli i metody diskretnogo programirovaniya [Models and methods of discrete programming], Blochno-simmetrichnye modeli - jeffektivnyj klass zadach diskretnogo programirovaniya [Block and symmetric models are an effective class

of the discrete programming tasks]. «Vestnik KBTU» [«KBTU bulletin»], No. 3, 2010., pp.61-68.

#### Литература:

1. Казиев Г.З. Синтез модульных блок-схем в автоматизированных системах управления// Автоматика и телемеханика. 1992. №11. С. 160-171.

2. Казиев Г.З. Блочно-симметричные модели и методы постановки и решения задач дискретного программирования.// Вестник инженерной академии Республики Казахстан, №2(10) 2003, с. 55-59.

3. Казиев Г.З., Набиева Г.С., Сатмагамбетова Ж.З., Абылхасенова Д.К. Модели и методы дискретного программирования. Блочно-симметричные модели - эффективный класс за-

дач дискретного программирования. // «Вестник КБТУ», №3, 2010. С.61-68.

#### Information about authors:

1. Galim Kaziyev - Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Kazakh National Technical University named after K. Satpayev; address: Kazakhstan, Almaty city; e-mail: saribaeva\_@mail.ru

2. Nabieva Gulnaz - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh National Technical University named after K. Satpayev; address: Kazakhstan, Almaty city; e-mail: gulnaz\_nc@mail.ru

3. Bakhyt Dautova - Doctor of Technical Sciences, Lecturer, Kazakh National Technical University named after K. Satpayev; address: Kazakhstan, Almaty city; e-mail: saribaeva\_@mail.ru



# INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS

*Multisectoral scientific-analytical forum for professional scientists and practitioners*

*Main goals of the IASHE scientific Congresses:*

- Promotion of development of international scientific communications and cooperation of scientists of different countries;
- Promotion of scientific progress through the discussion comprehension and collateral overcoming of urgent problems of modern science by scientists of different countries;
- Active distribution of the advanced ideas in various fields of science.



FOR ADDITIONAL INFORMATION PLEASE CONTACT US:

www: <http://gisap.eu>

e-mail: [congress@gisap.eu](mailto:congress@gisap.eu)


## MANAGEMENT OF INVESTMENT PROJECTS PERFORMANCE

I. Ryzhenko, Candidate of Technical sciences, Associate Professor  
Kirghiz-Russian Slavic University. B.N. Yeltsin, Kyrgyzstan

This article deals with the problems of the investment projects management efficiency. We have analyzed specific risks that should be considered in the course of development of performance indicators of the investment project. Approaches to solving this problem have been identified and substantiated. On the basis of the research the author offers a number of methods for evaluating the stability and efficiency of the project, as well as the procedure of calculating the expected project outcome; the author has also formed the stages of simulation modeling, which allows estimating the possible range of efficiency variation for different project environments.

**Keywords:** performance management of investment projects, simulation modeling, risks of projects, indicators of efficiency of investment projects.

Conference participant,  
National Research Analytics Championship,  
Open European-Asian Research Analytics Championship

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsc.v0i8.1428>

In conditions of instability of the national economy development (including natural and manmade disasters, political situation, etc.), when developing the investment project performance indicators, one should consider the risks and uncertainties of the project, i.e. incomplete and inaccurate information about the terms of the project, and risk, i.e. the possibility of conditions that could lead to negative consequences for all or individual participants.

Thus, the traditional approach to solution of this problem is based on development of the project implementation scenarios, which create certain positive or negative deviations from the baseline scenario, corresponding to the values of performance indicators. The risk associated with occurrence of certain conditions of the project depends on the party, whose interests are the basis for its estimation.

The project is considered to be stable if at all possible scenarios it is effective and financially realizable, and possible adverse effects are eliminated by measures under the project activities.

In order to assess the sustainability and effectiveness of the project in conditions of uncertainty it is recommended to use the following methods:

- 1) Aggregative assessment of sustainability;
- 2) Calculation of the break-even levels;
- 3) The parameters variation method;
- 4) Assessment of the expected project outcome, taking into account the quantitative characteristics of uncertainty.

All methods except for the first,

include the development of project scenarios in the most likely or most dangerous conditions to the participants, and assess the financial implications of such scenarios. This makes it possible to include the need for prevention or redistribution of the resulting losses in the draft measures. If these measures do not ensure sustainability of the project implementation, a more detailed study of the effect of uncertainty on the feasibility and effectiveness of the investment project will be required.

If there is information on the various project scenarios, the likelihood of their implementation and the values of the basic project parameters in relation to each scenario, the general indicator of performance can be defined - the expected effect of the integral (expected NPV). Evaluation of the expected project performance, taking into account the uncertainty, is being produced in the presence of information about different project scenarios and the likelihood of their implementation. Calculations are made in the following order:

- 1) The entire set of possible project scenarios is described;
- 2) For each scenario the cash flows of the project are examined;
- 3) For each scenario, each step of the billing period and the summarizing performance indicators are determined;
- 4) The financial feasibility of the project is checked. Breach of feasibility is seen as a necessary condition for termination of the project (this takes into account losses and gains of participants associated with liquidation of the company because of its insolvency);
- 5) Background information on the uncertainties is presented in the form of probabilities of individual

scenarios, or intervals of the change of these probabilities. This defines a class of admissible (consistent with available information) probability distributions of the project performance;

6) The risk of infeasibility of the project is estimated - the total probability of scenarios under which the conditions of the financial feasibility of the project are violated;

7) The risk of failure of the project is assessed - the total probability of scenarios under which the integral effect (NPV) is negative;

8) The average damage from the project is estimated (if it is ineffective);

9) The generalizing performance indicators of the project are defined on the basis of performance of individual scenarios, taking the uncertainties into account.

The main indicator used to compare different projects (design options) and select the best of them, is an integral indicator of the expected effect (NPV). Methods for determining the parameters of the expected effect are used depending on the available information about the uncertain conditions of the project.

The probabilistic description of the project conditions can be applied when the project effectiveness is affected, first of all, by the uncertainty of natural - climatic conditions (weather, characteristics of soil and mineral reserves, the possibility of earthquakes or floods, etc.), or the processes of operation and depreciation of fixed assets (decreasing state of structures and buildings, equipment failure, etc.). Fluctuation in the prices of the production manufactured and resources consumed can also be described by the probability distribution.

In the case where the number of scenarios is finite and their probabilities are given, the expected effect of the integrated project is calculated as follows:

$$NPV_{exp} = \sum_k p_k NPV_k, \quad (1)$$

where  $NPV_{exp}$  - expected integral effect of the project;

$p_k$  - probability of the scenario;

$k = 1, 2, \dots$  - number of scenarios;

$NPV_k$  - integrated effect of the scenario.

The risk of failure of the project and the average loss from the project (if it is ineffective) are determined by the following formulas:

$$p_{inef} = \sum_k p_k, \quad (2)$$

$$U_{inef} = (-\sum |NPV_k| p_k) / p_{inef},$$

where  $p_{inef}$  - risk of failure of the project;

$U_{inef}$  - the average loss for scenarios with negative values of integral effects.

Let's consider the option, when at a certain stage the project is terminated due to the unforeseen circumstances (natural and man-caused disaster, changing market conditions, political events, wars, etc.). Accordingly, we will introduce additional terms and conditions of an integral evaluation of the expected effects of the project into the formula (1):

$$NPV_{exp} = \sum_k p_k (1 - p_n) NPV_k, \quad (3)$$

where  $p_n$  - the probability of termination of the project.

The condition of the project is defined by the minimum possible damage in the event of unforeseen circumstances:

$$(-\sum |NPV_k| p_k) / (1 - p_n) \rightarrow \min \quad (4)$$

When determining the parameters of the investment project in conditions of uncertainty of the project we face difficulties in describing the analytical expressions of interdependence of the project parameters due to absence or insufficiency of information about the occurrence of various events. Simulation modelling using the Monte-Carlo method provides the possibility to analyze scenarios in conditions of insufficiency

of information on the project. The result of this analysis supports the probability distribution of possible project outcomes.

Simulation modelling by the Monte Carlo method allows us to construct a mathematical model for a project with uncertain parameter values, knowing only the probability distributions of the project parameters and also the relationship between changes in parameters (correlations) – in order to obtain the project profitability distribution.

The following steps are taken when forming scenarios with the use of simulation modelling:

1) Intervals of possible changes of original variables, within which these variables are random, are defined;

2) Types of the probability distribution within specified intervals are determined;

3) The correlation coefficients between dependent variables are established;

4) The resulting figures are calculated;

5) The resulting figures obtained are treated as random variables, to which such characteristics as expectation, variance, distribution function and probability density correspond;

6) Probability for the resulting performance to get into a certain interval, as well as the probability of exceedance of the minimum permissible value, etc. are determined.

Analysis of the resulting parameters at the generated scenarios allows to evaluate the possible range of their variation under different conditions of the project. Probabilistic characteristics are used to:

- Make investment decisions;
- Rank projects;
- Justify the formation of reserve funds.

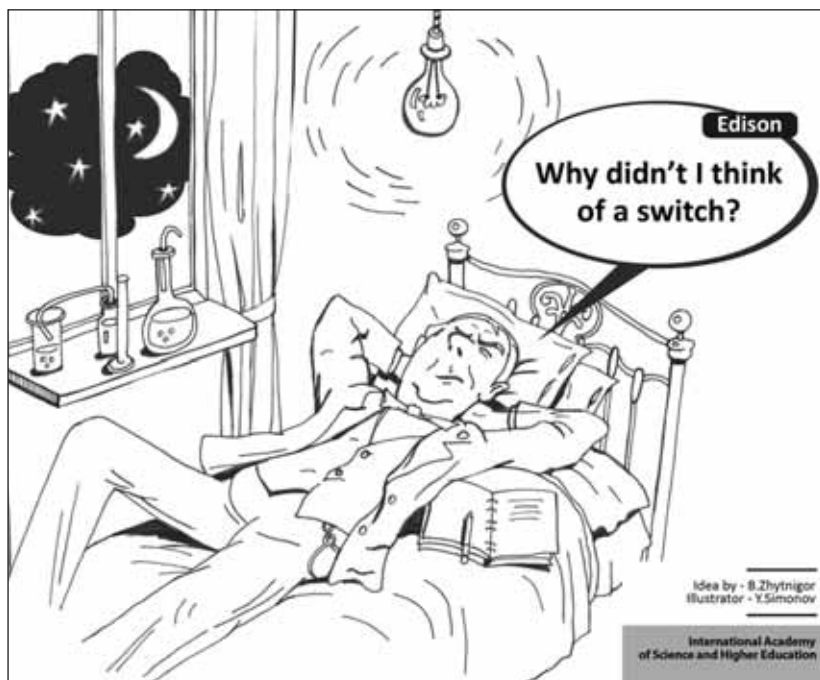
The probability distribution of possible project outcomes acts as the result of this comprehensive analysis. If the risk analysis determines that the decision-making level for low-profit projects is improved, the chances to get a satisfactory income will exceed the probability of unacceptable losses.

## References:

1. Chetyrkin A.M. Financial Mathematics. – Moscow., Delo, 2005.
2. Ryjenko I.N. Aspects of investment projects. Collection of Scientific Papers of the XII International Scientific-Practical Conference «New Information Technologies in Education», - Moscow., 31 January - 1 February, 2012.

## Information about author:

1. Irina Ryzhenko – Associate Professor, Candidate of Technical sciences, Kirghiz-Russian Slavic University. B.N. Yeltsin; address: Kyrgyzstan, Bishkek city; e-mail: ryjenko@bk.ru



Idea by - B.Zhytnigor  
Illustrator - V.Simonov

International Academy  
of Science and Higher Education


## FORMATION OF NITRIDE- AND CARBIDE PHASES UNDER DISPERSION HARDENING OF CR-MN-V-N AUSTENITIC STEELS

L.Ye. Isayeva<sup>1</sup>, Candidate of Chemical sciences, Assistant Professor  
 I.Ye. Lev<sup>2</sup>, Doctor of Technical sciences, Full Professor  
 S.Y. Shypitsyn<sup>3</sup>, Doctor of Technical sciences, Head of Department  
 The National Metallurgical Academy of Ukraine, Ukraine<sup>1,2</sup>  
 Physical and Engineering Institute of Metals and Alloys, Ukraine<sup>3</sup>

In this paper authors consider the influence of conditions for formation of nitride phases on the cavitation stability of the Cr-Mn-V-N austenitic steels. Influence of isothermal treatment on the mode of austenite hardening had been established by the electrochemical phase, X-ray structure and mechanical methods of analysis. The temperature of annealing at 700°C determined in this work is new to the subject. It creates the opportunity to form the greatest quantity of dispersion hardening nitrides. Such temperature provides optimum conditions for obtaining cavitation resistance for steel "17X15Г19АФ".

**Keywords:** nitrides, cavitation resistance, chromium-manganese-vanadium-nitrogen steels, dispersion hardening of austenite.

Conference participants, National Research Analytics Championship,  
 Open European-Asian Research Analytics Championship

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsc.v0i8.1429>

One of the main trends in development of the heat power-generating industry is the growth of the specific power of energy blocks while correspondingly increasing their efficiency to 48-50%. This predetermines the transition to higher steam parameters: pressure up to 35 MPa, temperature up to 650°C [1, 2].

The necessary condition for attaining the set aim is introduction of the new promising scientific and engineering innovations, which would allow to handle a number of technical problems comprehensively. These problems arise when developing the blocking and regulating details, which work under conditions of micro-impact action of the medium flow, i.e. cavitation.

Analysis of the state of the problem has shown today austenitic stainless steel 08X18H10T remains the main constructional material for manufacturing the blocking-regulating units of pipeline fittings in the global and home practice [3]. But as for the level of strength characteristics and durability under conditions of cavitation action of the medium flow and scratching the contact surface, this steel does not meet the present-day demands. It restrains the progress in rising the operating parameters, reliability and service life of equipment. Besides, the substantial disadvantage of austenitic chromium-

nickel steel is the necessity to alloy it with expensive and not readily available nickel. Introduction of manganese and nitrogen contributes to more economical mode of alloying. The lack of deep scientific and engineering research in this field however constitutes one of the main reasons to explain why the technology of alloying steel with nitrogen, manganese and nitride-forming elements is not demanded for developing the corrosion-proof and cavitation resistant steels. Another reason for that is the problem of structure formation and distribution of nitrogen between solid solution and nitride phases isolated in the process stages (hot and cold steel deformation), and in the process of micro-impact of the surroundings under conditions of cavitation. The problems of influence of the chemical composition, schedules of heat treatment, phase steel composition, parameters of micro- and substructure, low degrees of cold plastic deformation and micro-impact action on the kinetics of  $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha$  phase transformation and hardening of phases under formation, change of micro- and substructure and the influence of these factors on the destruction resistance of steel during micro-impact action remain to be studied.

To solve the existing problem, the alloying system Cr-Mn-V-N had been chosen as the object of study in the present work. This system creates

a possibility to develop high-strength corrosion-resistant grades of steel with nitride hardening.

Smelting of steels was carried out in the induction furnace IST 0.16 with acid lining, using the method of re-melting technically pure materials. The final deoxidizing and modification of steels was implemented with aluminum and silicocalcium.

To attain 3 basic kinds of austenite hardening – solid solution, dispersion and mixed hardening – the quantity and composition of nitride and carbide phases being formed depending on the temperature of isothermal treatment - chemical phase analysis was used.

With the purpose of reaching the steel balance, the time of isothermal soaking had been determined from the work [4] on the basis of the data about influence of the temperature (from 1200 till 700°C) on the mass speed of isolating VN particles in the Cr-N austenite.

The chemical analysis of the steel under study is presented in the Table 1.

Phases under study had been isolated using the electrochemical method of dissolving the metallic samples base [5]. Electrolytic metal dissolving and compounds isolating were carried out on samples  $\varnothing$  20 mm and h = 80 mm. Electrolysis was carried out in the field of direct dependence of overvoltage value on the current density logarithm. In

**Tab. 1.**

**Chemical analysis of the steel grade "17X15Г19АФ"**

Chemical analysis, %								
C	Si	Cr	Mn	N	V	Al	S	P
0.17	0.08	14.89	18.97	0.223	0.32	0.045	0.011	0.013

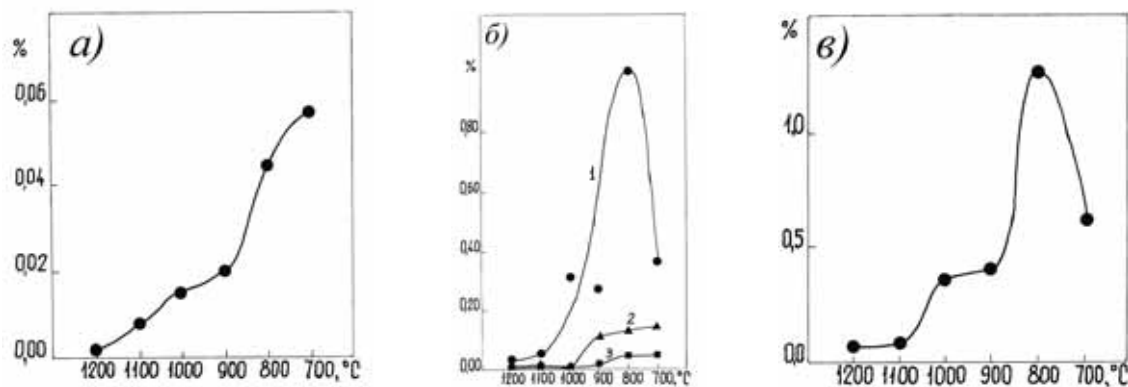


Tab. 2

**Chemical analysis of inclusions isolated from the steel “17X15Г19АФ”**

Samples marking	Conditions of isothermal treatment		Chemical analysis				
	Temperature, °C	Duration, h	N <sub>comb</sub>	Cr <sub>comb</sub>	Mn <sub>comb</sub>	V <sub>comb</sub>	Al <sub>comb</sub>
K.1	1200	2	0.0016	0.0326	0.012	0.0063	0,0046
K.2	1100	4	0.0074	0.0403	0.023	0.0093	0,0052
K.3	1000	6	0.0150	0.3110	0.017	0.0168	0,0094
K.4	900	10	0.0199	0.2740	0.013	0.1080	0,0102
K.5	800	20	0.0445	1.0580	0.048	0.1250	0,0117
K.6	700	30	0.0567	0.3660	0.047	0.1410	0,0101

Note: after isothermal treatments the samples were cooled in water



**Figure 1. Dependence of the nitrogen content (a), chromium content (curve 1), vanadium content (curve 2), manganese content (curve 3) (b), and the total content of elements combined in nitrides (N<sub>comb</sub> + Cr<sub>comb</sub> + V<sub>comb</sub> + Mn<sub>comb</sub>) (c) at the annealing temperature, °C**

accordance with the Tafel's equation [6] this field corresponds to electrochemical stage of the process. Extraction of the nitrogen-containing phases had been carried out in the aqueous electrolyte containing 15% NaCl and 2.5% tartrate acid in potentiostatic operating regime created by the potentiostat 10-20PEB. Nitride and carbonitride phases in the shape of anodic precipitate had been isolated from the steel, because their oxidizing potentials in the given electrolyte were bigger than that of the metallic base. Implementation of electrolysis with the potential smaller than that of the phases under isolation favored such result. A small collodium bag had been set in the electrolytic cell between the sample and cathode for the purpose of collecting inclusions. After finishing the electrolysis the precipitate together with electrolyte had been moved from the collodium small bag into wide polyethylene test-tubes and was washed

off from the electrolyte using the step-by-step operations of centrifuging at 5000 rpm and decantation. Isolation of inclusions has been carried out in two series of experiments. In the first series inclusions were prepared for X-ray structure analysis. For this purpose inclusions had been dried up to the constant weight in the exicator above the concentrated H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. In the second series of experiments isolation of inclusions has been carried out to determine their chemical analysis. Inclusions were dissolved in concentrated H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with additional wet fusion in the melt of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Obtained solutions have been transferred to the measuring flasks, and the content of elements combined in nitride and carbide phases (N<sub>comb</sub>, V<sub>comb</sub>, Cr<sub>comb</sub>, Mn<sub>comb</sub> and Al<sub>comb</sub>) has been determined in aliquote parts.

Nitrogen was determined using the photocolometric method by the intensity of complex compound

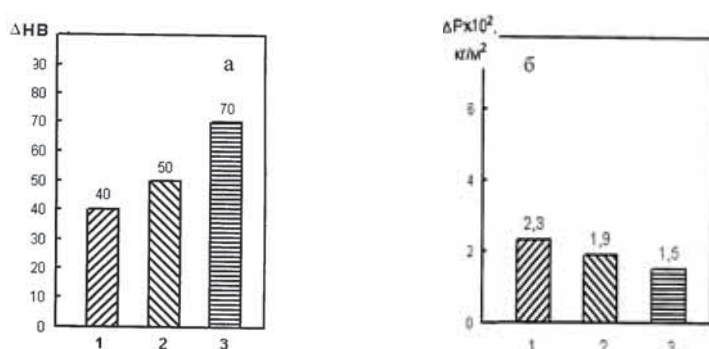
coloring – oxiamidodimercur, formed by the interaction of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ions with K<sub>2</sub>[HgJ<sub>4</sub>] [7]. As a preliminary, nitrogen in the form of NH<sub>3</sub> has been isolated from the alkaline solution using the steam aspiration method. Vanadium and chrome have been determined by the oxidation-reducing method by means of volume analysis. Titration has been carried out step-by-step in one and the same solution, at first VO<sup>3+</sup> ion was reduced using the solution of FeSO<sub>4</sub>, then, after the oxidation, the sum of VO<sup>3+</sup> + Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> was reduced in its turn [8]. The content of manganese has been determined by the volume method, by reducing MnO<sup>4+</sup> ions using the solution of sodium arsenite [9]. Aluminum has been determined using the photocolometric method by coloring intensity of the complex compound of aluminum with aluminone [10]. The results of analysis are presented in the Table 2.

As follows from the obtained results,

**Tab. 3.**
**Quantity of non-metallic phases in the homogenized steel (1200°C – 2 hours – water) depending on the temperature of isothermal treatment**

Samples Marking	Conditions of isothermal treatment		Mass share of non-metallic phases, %				
	Temperature °C,	Duration, hours	VN	Cr <sub>2</sub> N	Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	MN	AlN
K.1	1200	2	0.008	-	-	-	0,017
K.2	1100	4	0.013	-	0.084	-	0,019
K.3	1000	6	0.083	0.008	0.104	-	0,034
K.4	900	10	0.092	0.049	0.209	-	0,037
K.5	800	20	0.179	0.055	0.213	0.044	0,043
K.6	700	30	0.180	0.050	0.248	0.043	0,037

Note: after isothermal treatments the samples were cooled in water



**Fig. 2: a – mass loss ( $\Delta P$ ) of steel samples after 20 hours of testing for cavitation resistance; b – influence of the mode of austenite hardening on the degree of strain hardening at upsetting samples by 12-16%. 1 – solid phase hardening (homogenization at 1200 °C); 2 – complex hardening (ageing at 900°C); 3 – dispersion hardening (ageing at 700°C).**

after solidification and homogenizing annealing at 1200°C (sample K.1) the steel contains minimum quantity of nitrogen in the combined state (Fig. 1,a). Lower temperatures of isothermal soaking within the determined interval lead to increasing  $N_{\text{comb}}$ , i.e., to increasing the formation of nitrogen containing phases. Other alloying elements, with the exception of chromium (at 700°C) show the same trend (Fig. 1b).

Since isolated phases contain more chromium, the general dependence of quantity of the formed phases is specified by the curves shown on the Fig. 1c.

Determination of the qualitative and semi-quantitative composition of different crystal phases in samples has been carried out on the unit ДРОН-3 (DRON-3) in copper radiation. When identifying the structures the authors used the Diffraction Data File of the American Society for Testing Materials (ASTM File [11]) and reference data in the tables of the File [12].

The results of the phase analysis of isolated compounds showed that during high-temperature isothermal treatment the formation of nitrides in the steel under study took place to a very insignificant degree. Alumina ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) is present in inclusions isolated from samples under high-temperature treatment (K.1, K.2 and K.3), as well as very little of AlN and VN. The most intensive maxima of alumina has been also determined:  $d = 3.47 \text{ \AA}$ ;  $2.55 \text{ \AA}$ ;  $2.08 \text{ \AA}$ ;  $1.74 \text{ \AA}$  and  $1.60 \text{ \AA}$ .

The main quantity of dispersion hardening phases is formed at lower temperatures of isothermal treatment. In the first place, these are hexagonal nitrides  $\text{VN}_{0.35}$ , which gave the most intensive reflections in diffractograms of samples K.5 and K.6 corresponding to  $d = 2.153 \text{ \AA}$ ;  $1.286 \text{ \AA}$ , and tetragonal nitrides VN. It is possible to make a statement about the presence of VN by values  $d = 2.091 \text{ \AA}$ ;  $1.235 \text{ \AA}$  and  $1.116 \text{ \AA}$ . Chromium in these samples

forms a few phases: hexagonal nitrides  $\text{Cr}_2\text{N}$  with  $d = 2.40 \text{ \AA}$ ;  $2.22 \text{ \AA}$ ;  $2.11 \text{ \AA}$ ;  $1.183 \text{ \AA}$  and  $1.166 \text{ \AA}$ ; cubic nitrides CrN with  $d = 1.463 \text{ \AA}$ ;  $1.249 \text{ \AA}$ ;  $1.197 \text{ \AA}$  and  $0.846 \text{ \AA}$ , as well as cubic carbides  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  with  $d = 2.37 \text{ \AA}$ ;  $2.7 \text{ \AA}$ ;  $1.26 \text{ \AA}$ ;  $1.23 \text{ \AA}$  and others. Proceeding from the calculation of the element content in precipitates, the data of X-ray structure analysis of precipitates and the literary data about the possible presence of non-metallic phases in Cr-Mn-V-N austenitic steels [13], the authors have determined the phase steel composition and the changes depending on the temperature of isothermal treatment (Table 3).

The obtained results show that nitrogen combines practically only with vanadium. Mass share of vanadium nitrides at the ageing temperature 700°C attains 0.18%, which makes 44% of the theoretically possible quantity of vanadium nitrides in the case of complete combination of the vanadium in steel and nitrogen into nitrides. Experimental conditions of dispersion nitride vanadium hardening of austenitic matrix are attained most completely under ageing at 700°C.

Homogenizing under conditions 1200°C – 2 hours – water ensures practically homogenous state of the matrix, i.e., only its solid phase hardening with C, N, V, Cr.

Under ageing in the interval 900°C – 1000°C the mass share of nitrides VN particles makes only about 50% of their quantity at the ageing temperature 700°C, i.e., it is possible to assume that matrix is in mixed solid solution and dispersion hardening.

An important result of the phase analysis consists in the fact that chromium

depletion of the solid austenite solution due to forming chromium nitrides and carbides with mass share not exceeding 40% can't decrease corrosion resistance of steel.

It must be also noted that only 25% of nitrogen in steel is used for nitrides formation, what means that austenitizing effect of nitrogen is kept.

When using articles of cavitation resistant steels at elevated temperatures, for example, in heat power industry, an important factor of their operating longevity is the heat stability of metal strain hardening.

On the basis of results of testing steel for cavitation resistance, as to mass loss,  $\Delta P \times 10^2$ , kg/m<sup>2</sup> (Fig. 2,a) and as to hardness increase,  $\Delta HB$  (Fig. 2,b), it was determined in the work that substitution of solid solution hardening of austenite for dispersion hardening raises the degree of strain hardening.

The results of electrochemical phase analysis and X-ray structure analysis correlate with these data. The temperature of annealing 700°C determined in this work is new to the subject. It creates the opportunity of forming the greatest quantity of dispersion hardening nitrides. Such temperature ensures optimum conditions for obtaining cavitation resistance for steel "17X15Г19АФ".

### References:

1. Skorobogatyh V.N., Shhenkova I.A., Kozlov P.A. Novye materialy dlja perspektivnyh jenergeticheskikh ustanovok [New materials for perspective power stations]., Armaturostroenie [Armature engineering]. – Moskva, Mashinostroenie [Engineering]., 2010., No. 3., pp. 56-59.
2. Kliveland P. Armatura dlja tjazhelyh uslovij [Reinforcement for severe conditions]. Dostojnyj otpor davleniju novyh realij [Worthy repulse to pressure of new realities]., Armaturostroenie [Armature engineering]. – Moskva, Mashinostroenie [Engineering]., 2010. No. 5., pp. 36-39.
3. Harina I.L., Safonov I.A. Korrozija v parovodjanoj srede vysokih parametrov [Corrosion in the steam-and-water environment of high parameters]., Armaturostroenie [Armature engineering]. – Moskva., Mashinostroenie [Engineering]., 2010. No. 3., pp. 60-64.
4. Babaskin Ju.Z., Shipicyn S.Ja., Kirchu I.F. Konstrukcionnye i special'nye stali s nitridnoj fazoj [Constructional and special steels with the nitride phase]. – Kiev., Naukova dumka [Scientific thought]. - 2005. – 371 p.
5. Isaeva L.E., Lev I.E. Issledovanie uslovij obrazovanija i vydelenija iz stalej nitridov molibdena, sodержashih zhelezo [Research on conditions of formation and allocation of molybdenum nitrides from the steels containing iron]., Voprosy himii i himicheskoy tehnologii [Issues of chemistry and chemical technology]. Obshhgosudarstvennyj nauchno-tehnicheskij zhurnal [Nation-wide scientific and technical journal]. - Dnepropetrovsk., 2010. No. 2., pp. 98-101.
6. Isaeva L.E., Greshhik A.M., Lev I.E. Issledovanie processa izolirovanija nitridov molibdena iz stalej [Research on the process of isolation of molybdenum nitrides from steel]., Voprosy himii i himicheskoy tehnologii [Issues of chemistry and chemical technology]. Obshhgosudarstvennyj nauchno-tehnicheskij zhurnal [Nation-wide scientific and technical journal]., Dnepropetrovsk. 2005. No. 1., pp. 163-167.
7. Lev I.E., Pokidyshev V.V., Lazarev B.G., Mickevich N.S. Analiz azotsoderzhashhij soedinenij v splavah zheleza [The analysis of nitrogen-containing compounds in iron alloys]. – Moskva., Metallurgija. 1987. – 120 p.
8. Generozov B.F. Tehnicheskij analiz v metallurgicheskom i koksohimicheskom proizvodstvah [Technical analysis in metallurgical and coke-chemical production]. – Moskva., Metallurgizdat. 1959. – 251p.
9. Stepin V.V., Silaeva E.V., Pliss A.M., Kurbatova V.I. and others. Analiz chernyh metallov, splavov i margancevyh rud [Analysis of ferrous metals, alloys and manganese ores]. – Moskva., Metallurgizdat. 1964. – 501 p.
10. Kljachko Ju.A., Shapiro M.M., Jakovleva E.F. Novye metody ispytaniya metallov [New methods of testing metals]. CNIChM collection of works. – Moskva., Metallurgizdat., 1962., pp.75-81.
11. American Society for Testing Materials Diffraction Data File, USA. – Philadelphia., 1969.
12. Narita K. Kristallicheskaja struktura nemetallicheskih vkljuchenij v stali [Crystalline structure of non-metallic inclusions in the steel]. – Moskva., Metallurgija, 1969. - 191 p.
13. Gasik M.I. Marganec [Manganese]. – Moskva., Metallurgija. 1992. - p. 607.

### Литература:

1. Скоробогатых В.Н., Щенкова И.А., Козлов П.А. Новые материалы для перспективных энергетических установок // Арматуростроение. М. Машиностроение. 2010. №3. С.56-59.
2. Кливеланд П. Арматура для тяжелых условий. Достойный отпор давлению новых реалий // Арматуростроение. М. Машиностроение. 2010. №5. С.36-39.
3. Харина И.Л., Сафонов И.А. Коррозия в пароводяной среде высоких параметров // Арматуростроение. М. Машиностроение. 2010. №3. С.60-64.
4. Бабаскин Ю.З., Шипицын С.Я., Кирчу И.Ф. Конструкционные и специальные стали с нитридной фазой. Киев. Наукова думка. 2005. 371 с.
5. Исаева Л.Е., Лев И.Е. Исследование условий образования и выделения из сталей нитридов молибдена, содержащих железо // Вопросы химии и химической технологии. Общегосударственный научно-технический журнал. Днепропетровск. 2010. №2. С.98-101.
6. Исаева Л.Е., Грещик А.М., Лев И.Е. Исследование процесса изолирования нитридов молибдена из сталей // Вопросы химии и химической технологии. Общегосударственный научно-технический журнал. Днепропетровск. 2005. №1. С.163-167.
7. Лев И.Е., Покидышев В.В., Лазарев Б.Г., Мицкевич Н.С. Анализ азотсодержащих соединений в сплавах железа. М. Metallurgija. 1987. 120с.
8. Генерозов Б.Ф. Технический анализ в металлургическом и коксохимическом производствах. М. Metallurgizdat. 1959. 251с.
9. Степин В.В., Силаева Е.В., Плисс А.М., Курбатова В.И. и др.

Анализ черных металлов, сплавов и марганцевых руд. М. Metallurgizdat. 1964. 501 с.

10. Клячко Ю.А., Шапиро М.М., Яковлева Е.Ф. Новые методы испытания металлов. Сборник трудов ЦНИИЧМ. М. Metallurgizdat. 1962. С.75-81.

11. American Society for Testing Materials Diffraction Data File, USA, Philadelphia, 1969.

12. Нарита К. Кристаллическая

структура неметаллических включений в стали. М. Metallurgiya, 1969. 191 с.

13. Гасик М.И. Марганец М. Metallurgiya. 1992. С.607.

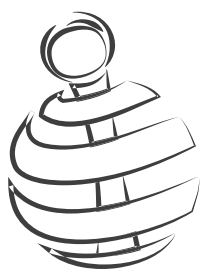
### Information about authors:

1. Lyudmila Isayeva – Candidate of Chemical sciences, Assistant Professor, The National Metallurgical Academy of Ukraine; address: Ukraine,

Dnepropetrovsk city; e-mail: luda.73@bk.ru

2. Isaac Lev - Doctor of Technical sciences, Full Professor, The National Metallurgical Academy of Ukraine; address: Ukraine, Dnepropetrovsk city; e-mail: luda.73@bk.ru

3. Sergey Shypitsyn – Doctor of Technical sciences, Head of Department, Physical and Engineering Institute of Metals and Alloys; address: Ukraine, Dnepropetrovsk city; e-mail: odus@ptimakiev.ua



## INTERNATIONAL ACADEMY OF INTELLECT AND QUALITATIVE PROGRESS

### CERTIFICATION «ICSQ-775»

- ◆ Standart certification
- ◆ Operative certification



### PATENTING IOSCEAAD-775

- ◆ Standart patenting
- ◆ Operative patenting



### ACCREDITATION

- ◆ Authoritative accreditation
- ◆ Procedural accreditation
- ◆ Status accreditation
- ◆ Membership accreditation
- ◆ Expert accreditation



<http://academy.iuci.eu>



# GISAP Championships and Conferences 2016

Branch of science	Dates	Stage	Event name
<b>APRIL</b>			
Physics, Mathematics and Chemistry, Earth and Space Sciences	06.04-12.04	I	Theoretical and applied problems of physical, mathematical and chemical sciences in the context of the social demand for the knowledge limits expansion
Technical Science, Architecture and Construction	06.04-12.04	I	Methods of effective science-based satisfaction of the increasing social needs in the field of engineering, construction and architecture
<b>MAY</b>			
Educational sciences and Psychology	12.05-17.05	II	Influence of knowledge and public practice on the development of creative potential and personal success in life
<b>JUNE</b>			
Philology	08.06-13.06	II	Issues of preservation of originality and interference of national languages in conditions of globalized international life
Culturology, Physical culture and Sports, Art History, History and Philosophy	08.06-13.06	II	Human creativity phenomenon in ups and downs of the historical process
<b>JULY</b>			
Medicine, Pharmaceutics, Biology, Veterinary Medicine and Agricultural sciences	06.07-12.07	II	Innovative approaches in diagnostics and treatment of human and animal diseases caused by injuries, genetic and pathogenic factors
Economics, Jurisprudence and Management, Sociology, Political and Military Sciences	06.07-12.07	II	Value of the personality and collective interactions in the social progress ensuring process
<b>AUGUST</b>			
Physics, Mathematics and Chemistry, Earth and Space Sciences	04.08-10.08	II	Modern methods of studying matter and interaction of substances, as well as the subject-based relations modeling
Technical Science, Architecture and Construction	04.08-10.08	II	Solving problems of optimal combination of standards of quality, innovative technical solutions and comfort of operation when developing and producing devices and construction objects
<b>SEPTEMBER</b>			
Educational sciences and Psychology	13.09-19.09	III	Harmonious personal development problem in relation to specificity of modern education and socialization processes
<b>OCTOBER</b>			
Philology	05.10-10.10	III	Trends of language cultures development through the prism of correlation between their communicative functions and cultural-historical significance
Culturology, Physical culture and Sports, Art History, History and Philosophy	05.10-10.10.10	III	Significance of personal self-expression and creative work in the course of formation of the society's cultural potential
<b>NOVEMBER</b>			
Medicine, Pharmaceutics, Biology, Veterinary Medicine and Agricultural sciences	10.11-15.11	III	Modern methods of ensuring health and quality of human life through the prism of development of medicine and biological sciences
Economics, Jurisprudence and Management, Sociology, Political and Military Sciences	10.11-15.11	III	Correlation between humanity and pragmatism in target reference points of modern methods of public relations regulation
<b>DECEMBER</b>			
Physics, Mathematics and Chemistry, Earth and Space Sciences	07.12-13.12	III	Object-related and abstract techniques of studying spatio-temporal and structural characteristics of matter
Technical Science, Architecture and Construction	07.12-13.12	III	Current trends in development of innovations and implementation of them into the process of technical and construction objects production



**International Academy of Science and Higher Education (IASHE)**  
1 Kings Avenue, Winchmore Hill, London, N21 3NA, United Kingdom  
Phone: +442071939499  
E-mail: [office@gisap.eu](mailto:office@gisap.eu)  
Web: <http://gisap.eu>