

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Известия
Юго-Западного
государственного
университета**

Научный журнал

Том 23 № 1 / 2019



**Proceedings
of the Southwest
State University**

Scientific Journal

Vol. 23 № 1 / 2019



Известия Юго-Западного государственного университета (Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta)

Научный рецензируемый журнал

Основан в 1997 г.

До 2011 года журнал издавался под названием
«Известия Курского государственного технического университета».

Цель издания – публичное представление научно-технической общественности научных результатов фундаментальных, проблемно-ориентированных научных исследований в таких областях, как технология и оборудование механической и физико-технической обработки, сварка, роботы, мехатроника и робототехнические системы, управление в социальных и экономических системах, методы и системы защиты информации, информационная безопасность, автоматизация и управление технологическими процессами, строительные конструкции, теплоснабжение, вентиляция, газоснабжение и освещение, строительная механика.

В журнале публикуются оригинальные работы, обзорные статьи, рецензии и обсуждения, соответствующие тематике издания.

Публикация статей в журнале для авторов бесплатна.

Целевая аудитория: научные работники, профессорско-преподавательский состав образовательных учреждений, экспертное сообщество, молодые ученые, аспиранты, заинтересованные представители широкой общественности.

Журнал придерживается политики открытого доступа. Полнотекстовые версии статей доступны на сайте журнала, научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

Журнал включен в перечень ведущих научных журналов и изданий ВАК Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора наук, кандидата наук по следующим группам научных специальностей:

Машиностроение и машиноведение: 05.02.05; 05.02.07; 05.02.10.

Информатика, вычислительная техника и управление: 05.13.01; 05.13.06; 05.13.10; 05.13.19.

Строительство: 05.23.01; 05.23.03; 05.23.17.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Емельянов Сергей Геннадьевич, д-р техн. наук, профессор, чл.-кор. РААСН, Лауреат премии правительства РФ в области науки и техники, ректор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (г.Курск, Россия)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Бредихин Владимир Викторович, д-р экон. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Емельянов Сергей Геннадьевич, (председатель) д-р техн. наук, профессор, чл.-кор. РААСН, Лауреат премии правительства РФ в области науки и техники, ректор, Юго-Западный государственный университет» (г.Курск, Россия)

Бертрам Торстен, д-р техн. наук, профессор, Институт теории управления и системного проектирования Технического университета (г. Дортмунд, Германия);

Гриднев Сергей Юрьевич, д-р техн. наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (г.Воронеж, Россия);

Ежов Владимир Сергеевич, д-р техн. наук, профессор, Изобретатель СССР, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Зотов Игорь Валерьевич, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Ивахненко Александр Геннадьевич, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Колмыков Валерий Иванович, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Колчунов Владимир Иванович, член РААСН, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Корневский Николай Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, Заслуженный деятель науки России, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Латыпов Рашит Абдулхакович, д-р техн. наук, профессор, Московский политехнический университет (г.Москва, Россия);

Локтионова Оксана Геннадьевна, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Шах Райнер, д-р техн. наук, профессор, Дрезденский технический университет (г.Дрезден, Германия).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Агеев Евгений Викторович, д-р техн. наук, профессор; Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Алексеев Юрий Владимирович, д-р архитектуры, профессор; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (г. Москва, Россия);

Бобырь Максим Владимирович, д-р техн. наук, доцент; Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Бок Томас, д-р техн. наук, профессор, Мюнхенский технический университет (г.Мюнхен, Германия);

Бьянко Лино, д-р философии (PhD), профессор международной академии архитектуры, профессор Университета архитектуры, строительства и геодезии (г. София, Болгария), старший преподаватель Университета Мальты (Мальта);

Дегтярев Сергей Викторович, д-р техн.наук, профессор; Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Димитров Любомир Ванков, д-р техн. наук, профессор, Технический университет Софии (г.София, Болгария);

Жусубалиев Жаныбай Турсунбаевич, д-р техн.наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Кобелев Николай Сергеевич, д-р техн. наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Колчунов Виталий Иванович, академик РААСН, д-р техн.наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Кузнецов Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, Воронежский государственный технический университет (г. Воронеж, Россия);

Кукарас Даниэль, д-р философии (PhD), профессор, факультет гражданского строительства, Нови-Садский университет (г.Суботица, Сербия);

Куц Вадим Васильевич, д-р техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Пановко Григорий Яковлевич, д-р техн. наук, профессор, Институт машиноведения РАН (г.Москва, Россия);

Сизов Александр Семенович, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Смирнов Игорь Михайлович, д-р техн. наук, доцент, член-корреспондент РАН, АО «Научно-исследовательский инженерный институт» (г. Балашиха, Россия);

Титов Виталий Семенович, д-р техн.наук, профессор, заслуженный деятель науки России, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия);

Турков Андрей Викторович, д-р техн. наук, профессор, Орловский государственный университет им. И.С.Тургенева (г.Орел, Россия);

Щербаков Владимир Иванович, д-р техн. наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (г.Воронеж, Россия);

Яцун Сергей Федорович, д-р техн. наук, профессор, Заслуженный деятель науки России, Юго-Западный государственный университет (г.Курск, Россия).

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Адрес учредителя и издателя:

305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Телефон: (4712) 22-25-26,

Факс: (4712) 50-48-00.

E-mail: rio_kursk@mail.ru

Наименование органа, зарегистрировавшего издание:

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ №ФС77-42691 от 16.11.10).

ISSN 2223-1560 (Print)

Префикс DOI:10.21869

Сайт журнала: <https://science.swsu.ru>

Типография:

Полиграфический центр
Юго-Западного государственного
университета, 305040, г.Курск,
ул. 50 лет Октября, 94

Подписка и распространение:

журнал распространяется
по подписке.

Подписной индекс журнала 41219
в объединенном каталоге
«Пресса России».

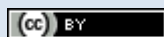
Периодичность: один раз в два месяца

Свободная цена.

Оригинал-макет подготовлен Е.В. Мельник

Подписано в печать 29.03.19. Формат 60x84/8.
Бумага офсетная. Усл.печ.л. 16,3.
Тираж 1000 экз. Заказ 10.

© Юго-Западный государственный университет, 2019



Материалы журнала доступны
под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License



Proceedings of the Southwest State University (Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta)

Peer-reviewed scientific journal

Published since 1997

Before 2011

“Proceedings of Kursk State Technical University”

These Proceedings present the results of scientific fundamental and applied research in such areas as mechanical technologies and equipment; machine building; physical and engineering processing of materials; welding; robotics, mechatronics and robot systems, management and administration of social and economic systems; information protection methods and systems; information security; production process automation and control; building structures; heat supply; ventilation; gas supply and lightning systems; construction mechanisms and machines.

The journal publishes scientific articles, critical reviews, reports and discussions in the above mentioned areas.

All papers are published free of charge.

Target readers are scientists, university professors and teachers, experts, young scholars, graduate and post-graduate students, stakeholders and interested public.

The Editorial Board of the journal pursues open access policy. Complete articles are available at the journal web-site and at eLIBRARY.RU .

The journal is included into the Register of the Top Scientific Journals of the Higher Attestation Commission of the Russian Federation as a journal recommended for the publication of the findings made by the scientists working on a doctoral or candidate thesis in the following areas:

Machine building: 05.02.05; 05.02.07; 05.02.10.

IT, computer engineering and control systems: 05.13.01; 05.13.06; 05.13.10; 05.13.19.

Construction engineering: 05.23.01; 05.23.03; 05.23.17.

EDITOR-IN-CHIEF

Sergey G. Yemelyanov, Doctor of Engineering, Correspondent Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, a Holder of the Russian Government Prize in the Field of Science and Engineering, Rector of the Southwest State University (Russia, Kursk)

DEPUTY EDITOR

Vladimir V. Bredikhin, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, RAACS Advisor, Southwest State University (Kursk, Russia)

EDITORIAL COUNCIL

Sergey G. Yemelyanov, Doctor of Engineering, Correspondent Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, a Holder of the Russian Government Prize in the Field of Science and Engineering, Rector of the Southwest State University (Russia, Kursk)

Torsten Bertram, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Institute of Control Theory and System Design, Technical University of Dortmund (Dortmund, Germany);

Sergey Yu. Gridnev, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia);

Vladimir S. Ezhov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Igor V. Zotov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Alexander G. Ivakhnenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Valerii I. Kolmykov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Vladimir I. Kolchunov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, RAACS Advisor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Nikolay A. Korenevskii, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Rashit A. Latypov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Moscow Polytechnic University (Moscow, Russia);

Oksana G. Loktionova, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Schah R., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Technical University of Dresden (Dresden, Germany)

EDITORIAL BOARD

Yevgenii V. Ageev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Yurii V. Alekseev, Doctor of Architecture Sciences, Professor, Moscow State National Research University of Civil Engineering (Moscow, Russia);

Maksim V. Bobyr, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Thomas Bock, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Technical University of Munich (Munich, Germany);

Lino Bianco, Doctor of Philosophy Sciences, Professor of IAA, Visiting Professor at UACEG (Sofia), Senior Lecturer, University of Malta (Malta);

Sergey V. Degtyarev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Lyubomir V. Dimitrov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Technical University of Sofia (Sofia, Bulgaria);

Zhanybaj T. Zhusubaliyev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Nikolai S. Kobelev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Vitalii I. Kolchunov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academician of RAACS, Southwest State University (Kursk, Russia);

Sergey N. Kuznetsov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia);

Vadim V. Kuts, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Danijel Kukaras, Associate Professor, PhD, University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering (Subotica, Serbia);

Grigorii Ya. Panovko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia);

Alexander S. Sizov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Igor M. Smirnov, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of RARAN, JSC "Research engineering Institute» (Balashikha, Russia);

Vitalii S. Titov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia);

Andrey V. Turkov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev (Orel, Russia);

Vladimir I. Shcherbakov, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia);

Sergey F. Yatsun, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia)

Founder and Publisher :
"Southwest State University"

Official address of the Publisher:
305040, Russia, Kursk, ul. 50 Let Oktyabrya, 94
Phone: (+74712) 22-25-26,
Fax: (+74712) 50-48-00.
E-mail: rio_kursk@mail.ru

The Journal is officially registered by:
The Federal Supervising Authority in the Field of Communication,
Information Technology and Mass media
(PI №FS77-42691 of 16.11.10).

ISSN 2223-1560 (Print)

DOI:10.21869

Web-site: <https://science.swsu.ru>

Printing office:

Printing Center
of the Southwest State University,
305040, Russia, Kursk,
ul. 50 Let Oktyabrya, 94

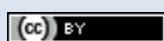
Subscription and distribution:
the journal is distributed by subscription.
Subscription index 41219 in the General Catalogue "Pressa Rossii"

Frequency: once in two months

Free-of-control price.

Original lay-out design: E. Mel'nik

© Southwest State University, 2019



Publications are available in accordance with the Creative Commons Attribution 4.0 License

Sent to the printer 29.03.19. Format 60x84/8.
Offset paper. Printer's sheets: 16,3.
Circulation 1000 copies. Order10.

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Машиностроение и машиноведение

Динамическое управление процессом аддитивного формообразования с применением 5-координатного технологического оборудования	9
<i>Гречухин А.Н., Куц В.В., Разумов М.С., Ванин И.В.</i>	
Учёт влияния корпуса на обтекание крыла	21
<i>Галемин Е.К., Агеева Е.В.</i>	
Разработка конструкции демпфирующего резца с варьированием жесткости по длине державки	31
<i>Новиков С.Г., Малыхин В.В.</i>	
Повышение эффективности обработки длинномерных валов	43
<i>Яцун Е. И., Анисеева Н.П., Карнаухов И. С.</i>	
Исследование характеристик электродинамического привода механизма сжатия для конденсаторной сварки малогабаритных деталей	54
<i>Иванов Н.И., Лобов В.Б., Котов С.С.</i>	

Строительство

Расчет момента трещинообразования изгибаемого бетонного элемента, армированного стеклопластиковой арматурой	64
<i>Моргунов М.В.</i>	
Стандартизация как необходимое условие повышения качества жилья в России	74
<i>Скрипкина Ю.В., Попов Ю.А., Мищенко О.С., Эрденко О.Ю.</i>	

Информатика и вычислительная техника

Анализ современных статических методов биометрической идентификации	84
<i>Калуцкий И.В., Матюшин Ю.С., Слевакова С.В.,</i>	
Нечеткая система оценки и управления привлекательностью технических или экономических объектов (на примере выбора фирмы-поставщика ресурсов)	95
<i>Сизов А.С., Добрица В.П., Добросердов О.Г., Атакищев О.И., Зёрнушкин А.Е., Халин Ю.А., Сильченко Р.С.</i>	
Блокировка пиратского контента и защита авторских прав в сети Интернет	107
<i>Слеваков А.Г., Будникова Ю. А.</i>	
Организация системы сетевого мониторинга и оценки состояния информационной безопасности объекта	118
<i>Марухленко А. Л., Селезнёв К. Д., Таныгин М. О., Марухленко Л. О.</i>	
Современные информационно-коммуникационные технологии повышения компьютерной грамотности	130
<i>Калуцкий И.В., Панькова Е.С., Слевакова С.В.</i>	

К сведению авторов	140
--------------------------	-----

CONTENT

ORIGINAL ARTICLES

MECHANICAL ENGINEERING AND ENGINEERING SCIENCE 8

Dynamic Management of Additive Shaping Process with the Use of 5-Coordinate Processing Equipment	9
<i>Aleksandr N. Grechukhin, Vadim V. Kuts, Mikhail S. Razumov, Ivan V. Vanin</i>	
Shape Influence on Wing Flow	21
<i>Evgeniy K. Galemin, Ekaterina V. Ageeva</i>	
Development of Damping Cutter Construction with Rigidity Variation on Holder Length.....	31
<i>Sergey G. Novikov, Vitaliy V. Malykhin</i>	
Increase in Processing Efficiency of Long-Length Shafts	43
<i>Elena I. Yatsun, Nadezhda P. Anikeeva, Ivan S. Karnaukhov</i>	
Study of the Characteristics of Electrodynamical Drive of Compression Engine for Condenser Energy-Storage Welding of Small Parts Compounds	54
<i>Nikolay I. Ivanov, Vladislav B. Lobov, Sergey S. Kotov</i>	

CONSTRUCTION

Calculation of the Cracking Moment of a Flexible Concrete Element Reinforced with Fiberglass Fitting	64
<i>Mikhail V. Morgunov</i>	
Standardization as a Necessary Condition Improving the Quality of Housing in Russia	74
<i>Juliya V. Skripkina, Yuriy A. Popov, Olga S. Mishchenko, Olga Yu. Erdenko</i>	

COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING

Analysis of Modern Static Methods of Biometric Identification	84
<i>Igor V. Kalutskiy, Yuriy S. Matiushin, Svetlana V. Spevakova</i>	
Fuzzy System for Assessment and Management of Attractiveness of Technical or Economic Objects (Case Study of the Selection of a Resource Supplier)	95
<i>Aleksandr S. Sizov, Vyacheslav P. Dobritsa, Oleg G. Dobroserdov, Oleg I. Atakishchev, Aleksy E. Zernushkin, Yuriy A. Khalin, Roman S. Sylchenko</i>	
Pirated Content Blocking and Copyright Protection on the Internet	107
<i>Aleksandr G. Spevakov, Yuliya A. Budnikova</i>	
Arrangement of the System of Network Monitoring and Assessment of the State of Information Security of an Object	118
<i>Anatoliy L. Marukhlenko, Kirill D. Seleznyov, Maksim O. Tanygin, Leonid O. Marukhlenko</i>	
Modern Information and Communication Technology for Improving Computer Literacy	130
<i>Igor V. Kalutskiy, Yekaterina S. Pankova, Svetlana V. Spevakova</i>	
К сведению авторов	140

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

**MECHANICAL ENGINEERING
AND ENGINEERING SCIENCE**

УДК 621.7

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-8-20

**Динамическое управление процессом аддитивного
формообразования с применением 5-координатного
технологического оборудования****Гречухин А.Н.¹ ✉, Куц В.В.¹, Разумов М.С.¹, Ванин И.В.¹**¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: agrechuhin@mail.ru

Резюме

Цель исследования. Исследование посвящено изучению вопросов точности формирования поверхностного слоя изделий машиностроения аддитивными методами. Проведен анализ преимуществ и недостатков технологий послойного синтеза изделий. Выявлено, что при аддитивном формообразовании точностные характеристики поверхностного слоя существенно отличаются от точностных характеристик поверхностного слоя изделий, полученных традиционными методами.

Методы. Формообразование поверхностей деталей сложного профиля аддитивными методами характеризуется высокими значениями величины статической составляющей погрешности обработки - погрешности формообразования (аппроксимации). Проведен анализ отечественных и зарубежных трудов по теме исследований. Предложено для повышения точностных характеристик сложных поверхностей изделий, получаемых аддитивными методами, осуществлять динамическую пространственную ориентацию конечного элемента формообразующей системы аддитивного оборудования. Для управления пространственной ориентацией конечного элемента формообразующей системы предложено применение 5-координатного технологического оборудования. Разработана методика расчета управляемых параметров 5-координатного технологического оборудования, при которых будет обеспечена пространственная ориентация конечного элемента формообразующей системы по нормали в точке номинальной поверхности формообразуемой детали.

Результаты. Произведен расчет управляемых параметров 5-координатного технологического оборудования при формообразовании полусферической поверхности аддитивными методами. В результате математического моделирования получены графические зависимости, отражающие величину углов наклона рабочего стола 5-координатного технологического оборудования, а так же поворота платформы с деталью при формообразовании полусферической поверхности детали аддитивными методами.

Заключение. Предлагаемая методика позволит осуществить динамическую пространственную ориентацию конечного элемента формообразующей системы аддитивного оборудования, что позволит снизить величину погрешности формообразования (аппроксимации) сложнопрофильных поверхностей деталей при их формообразовании аддитивными методами.

Ключевые слова: аддитивные технологии; послойный синтез; формообразование; погрешность.

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке Гранта Президента Российской Федерации для молодых ученых МК-6406.2018.8.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Динамическое управление процессом аддитивного формообразования с применением 5-координатного технологического оборудования / А.Н. Гречухин, В.В. Куц, М.С. Разумов, И. В. Ванин // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 8-20. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-8-20.

UDC 621.7

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-8-20

Dynamic Management of Additive Shaping Process with the Use of 5-Coordinate Processing Equipment

Aleksandr N. Grechukhin ¹ ✉, Vadim V. Kuts ¹,
Mikhail S. Razumov ¹, Ivan V. Vanin ¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

✉ e-mail: agrechuhin@mail.ru

Abstract

Purpose of research. The study is about accuracy of surface layer formation of mechanical engineering products by additive method. Advantages and disadvantages analysis of layer-by-layer synthesis technologies of products was done. It was identified that accuracy characteristics of surface layer under additive shaping significantly differ from accuracy characteristics of products' surface layer obtained by traditional methods.

Methods. Surfaces shaping of complex details by additive methods is characterized by high static values of processing error. Processing error is a shaping error (approximation). Analysis of Russian and foreign literature was done. It was offered to carry out dynamic spatial orientation of a final element of a form-building system of the additive equipment. It was offered for increase in accuracy characteristics of products' received by additive methods. It was offered to use 5-coordinate processing equipment for spatial orientation management of a final element of a form-building system. Calculation method of operated parameters of 5-coordinate processing equipment was developed. Spatial orientation of a final element of a shaping system will be at these parameters. The orientation will be according to normals in a point of nominal surface of a shaping detail.

Results. Operated parameters determination of 5-coordinate processing equipment when shaping a hemispherical surface was done by additive methods. Graphic dependences are results of mathematical modeling. They reflect the size of tilt angles of 5-coordinate processing equipment desktop. Platform turn with a detail at hemispherical surface shaping of a detail by additive methods was also reflected.

Conclusion. The offered technique allows carrying out dynamic spatial orientation of a final element of a shaping system of additive equipment. This can reduce shaping error (approximation) of figurine details' surfaces in the process of their shaping by additive methods.

Key words: additive technologies; layer-by-layer synthesis; shaping; error.

Acknowledgements: The study was supported by the Grant of the President of the Russian Federation for young scientists МК-6406.2018.8.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Grechukhin A.N., Kuts V.V., Razumov M.S., Vanin I.V. Dynamic Management of Additive Shaping Process with the Use of 5-Coordinate Processing Equipment. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2019, 23(1): 8-20 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-8-20.

Введение

Развитие отечественного машиностроения и вывод его продукции на принципиально новый технологический уровень, повышение производительности труда, качества изделий возможно за счет применения новых производственных технологий, к числу которых относятся технологии формообразования аддитивными методами.

Аддитивные методы – это методы формообразования, основанные на послойном добавлении объемов материала. К аддитивным методам относят послойный синтез, при котором материал добавляется плоскими или концентричными слоями. Для послойного синтеза характерны следующие особенности: поверхности изделия формируются боковыми сторонами добавляемых слоев, аппроксимируя форму первых; точность формируемых изделий ограничена минимальной толщиной слоев [1, 2].

Использование аддитивных технологий радикально меняет процесс производства, так как будущее изделие «выращивается» из расходного материала. При этом процедура построения может быть любой: сверху вниз или снизу вверх. Использование же различ-

ных по своим свойствам и составу материалов и соответствующих технологий позволяет получать модели с разными физическими характеристиками и возможностями [3].

Однако несмотря на очевидные положительные стороны применения аддитивных технологий, их область применения остается ограниченной по сравнению с традиционными субтрактивными и формативными технологиями вследствие наличия следующих недостатков: низкой производительности процесса изготовления изделий; его высокой энергоемкости; высокой стоимости технологического оборудования, а так же исходных материалов. Осново-полагающим фактором, препятствующим расширению применения аддитивных технологий в технологических процессах изготовления изделий, является высокая погрешность формообразования (аппроксимации) поверхностей.

Таким образом, целью исследования является снижение погрешности формообразования (аппроксимации) изделий, полученных аддитивными методами.

Материалы и методы решения задачи

Вопросам снижения погрешности формообразования аддитивными мето-

дами посвящено большое количество работ [2, 4, 5–11]. Так, например, в работе [6] для снижения погрешности, предлагается применять статическую ориентацию формообразуемой поверхности. Известны так же способы снижения погрешности формообразования, основанные на применении последующей механической обработки.

Перспективным направлением исследований в данной области является обеспечение динамической ориентации конечного звена формообразующей системы аддитивного оборудования, применение которой позволит снизить величину погрешности формообразования аддитивных методов за счет обеспечения аппроксимации сложнопрофильных поверхностей участками поперечного сечения единичного слоя с наименьшей кривизной.

Существуют различные варианты реализации пространственной ориентации конечного звена формообразующей системы аддитивного оборудования, которые сопряжены с созданием нового технологического оборудования, либо с модернизацией уже существующего, что позволит расширить, таким образом, его технологические возможности. Причем, первый вариант может быть реализован с применением в качестве базовой платформы на основе 6-координатных промышленных роботов, а второй – с применением поворотных мехатронных систем, которые обеспечат базовому аддитивному оборудованию позиционирование конечного звена

формообразующей системы по 5-ти координатам.

Анализ научных трудов в данной области показывает актуальность темы исследований.

Так, в работе [4] был предложен способ аддитивного формообразования с использованием мехатронной системы с параллельной кинематикой – платформы Стюарта. При этом способе обеспечивается ориентация конечного звена формообразующей системы аддитивного оборудования по нормали к поверхности детали в формируемой точке.

Преимуществами применения мехатронных систем с параллельной кинематикой является высокая точность функционального управления перемещением и ориентацией конечного элемента формообразующей системы в трехмерном рабочем пространстве, а так же жесткость при действии динамических нагрузок, компактность устройств. Однако такие механизмы, по сравнению с механизмами с последовательной структурой, имеют меньшее рабочее пространство, небольшую манипулятивность, высокую сложность конструкции механизма. Так же, в процессе работы таких устройств, возникают внутренние связи, ограничивающие их рабочие пространства, которые могут приводить к потере управляемости механизмом [12, 13, 15, 20, 21, 22].

Таким образом, для решения задачи обеспечения динамической пространственной ориентации конечного звена формообразующей системы аддитивно-

го оборудования, альтернативным вариантом механизма с параллельной структурой могут стать механизмы с последовательной структурой, применение которых позволит расширить диапазоны управления технологическими параметрами, обеспечив снижение погрешности формообразования поверхностей сложной формы аддитивными методами.

Для реализации динамической пространственной ориентации конечного

звена формообразующей системы аддитивного оборудования, рассмотрим применение поворотных мехатронных систем, которые обеспечат базовому аддитивному оборудованию позиционирование конечного звена формообразующей системы по 5-и координатам.

Для этого необходимо решить задачу расчета управляемых параметров оборудования, при которых будет обеспечена необходимая пространственная ориентация его конечного звена (рис. 1).

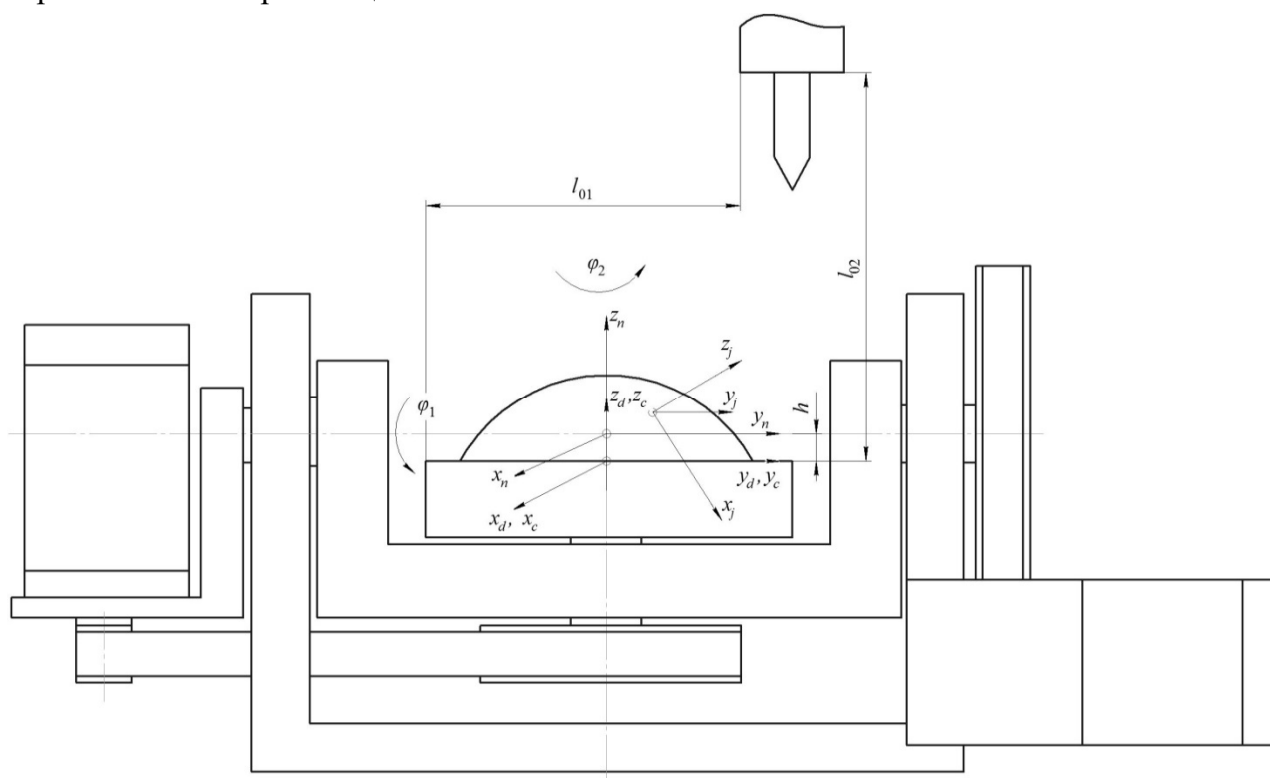


Рис. 1. Схема расчета управляемых параметров для обеспечения пространственной ориентации формообразующего элемента аддитивной установки с применением 5-координатного технологического оборудования

Опишем основное уравнение процесса аддитивного формообразования с применением 5-координатного технологического оборудования, обеспечивающего пространственную ориентацию конечного элемента формообразующей системы аддитивной установки.

Уравнение имеет вид

$$\bar{r}_0(u, v) = A_{0\Sigma} \cdot A_{\Sigma}(\varphi_1, \varphi_2, h) \cdot \bar{e}^4, \quad (1)$$

где $A_{0\Sigma}$ – матрица установки системы координат детали в рабочем пространстве технологического оборудования; $A_{\Sigma}(\varphi_1, \varphi_2, h)$ – матрица формообразу-

ющей системы технологического оборудования, соответствующая значениям углов поворота соответствующих звеньев 5-координатной мехатронной системы; φ_1 – угол поворота стола относительно оси ОУ; φ_2 – угол поворота 2-го звена относительно оси ОZ; h – расстояние между плоскостью и осью вращения стола; e^{-4} – радиус-вектор начала координат; u, v – криволинейные координаты формируемой детали.

Матрица установки системы координат детали в рабочем пространстве 5-координатной мехатронной системы имеет вид (см. рис. 1) [14, 18, 23, 24, 25]:

$$A_{0\Sigma} = A^{\{2\}}(l_{01}) \cdot A^{\{3\}}(l_{02}), \quad (2)$$

где $A^{\{2\}}(l_{01})$ – матрица установки системы координат детали в рабочем пространстве 5-координатного оборудования по оси ОZ;

$A^{\{3\}}(l_{02})$ – матрица установки системы координат детали в рабочем пространстве 5-координатного оборудования по оси ОУ.

Матрица формообразующей системы 5-координатной мехатронной системы имеет вид [18, 26, 27, 28]:

$$A_{\Sigma} = A^{\{5\}}(\varphi_1) \cdot A^{\{3\}}(h) \cdot A^{\{6\}}(\varphi_2), \quad (3)$$

где $A^{\{5\}}(\varphi_1)$ – матрица поворота системы координат соответствующего звена мехатронной системы по оси ОУ;

$A^{\{3\}}(h)$ – матрица перемещения систем координат соответствующего звена мехатронной системы по оси ОZ;

$A^{\{6\}}(\varphi_2)$ – матрица поворота систем координат соответствующего звена мехатронной системы по оси ОZ.

Параметры, входящие в матрицу A_{Σ} , можно разделить на управляемые и неуправляемые (конструктивные) параметры технологического оборудования.

Для обеспечения процесса формообразования, на неуправляемые параметры 5-координатного оборудования, входящие в уравнение формообразования, необходимо наложить связь вида

$$q_i = const. \quad (4)$$

К неуправляемым параметрам относятся длины звеньев технологического оборудования, а именно элементы матрицы формообразующей системы: h .

На пять управляемых параметров технологического оборудования, для обеспечения процесса формообразования, необходимо наложить связь вида

$$\begin{aligned} q_1 &= q_1(u, v); \\ q_2 &= q_2(u, v); \\ &\dots \\ q_5 &= q_5(u, v). \end{aligned} \quad (5)$$

К управляемым параметрам относятся углы поворота звеньев мехатронной системы вокруг оси ОУ, ОZ, параметры φ_1, φ_2 .

При формообразовании j -й точки поверхности детали уравнения (5) можно определить путем решения матричного уравнения

$$A_{0j}(u_j, v_j) \cdot A_{0\Sigma} \cdot A_{\Sigma}(\varphi_1, \varphi_2, h) = E, \quad (6)$$

где $A_{0j}(u_j, v_j)$ – матрица перехода из системы координат формообразуемой детали в систему координат j -й точки на поверхности детали $\bar{r}_{0j}(u_j, v_j)$;

E – единичная матрица.

Матрица A_{0j} перехода из системы координат формообразуемой детали в

систему координат j -й точки на поверхности детали $\bar{r}_{0j}(u_j, v_j)$ рассчитывается по методике, изложенной в работах [16, 17, 18, 19], по векторам, задающим положительное направление оси Z_j

$$\bar{k}_{j0} = \frac{\partial \bar{r}_{0j}}{\partial u} \times \frac{\partial \bar{r}_{0j}}{\partial v} / \left| \frac{\partial \bar{r}_{0j}}{\partial u} \times \frac{\partial \bar{r}_{0j}}{\partial v} \right|,$$

$$\text{оси } Y_j \bar{j}_{j0} = \frac{\partial \bar{r}_{0j}}{\partial u} / \left| \frac{\partial \bar{r}_{0j}}{\partial u} \right|$$

$$\text{или } \bar{j}_{j0} = \frac{\partial \bar{r}_{0j}}{\partial v} / \left| \frac{\partial \bar{r}_{0j}}{\partial v} \right|,$$

где $\frac{\partial \bar{r}_{0j}}{\partial u}, \frac{\partial \bar{r}_{0j}}{\partial v}$ – частные производные вектора $\bar{r}_{0j}$ по параметрам u, v , а так же вектору $\bar{r}_{0j}$, задающему положение начала системы координат $X_j Y_j Z_j$.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим пример расчета управляемых параметров 5-координатного технологического оборудования при формообразовании аддитивными методами полусферической поверхности (рис.2).

Уравнение полусферы имеет вид:

$$r_0(\theta; z) = \begin{bmatrix} \sqrt{R^2 - z^2} \cdot \cos(\theta) \\ \sqrt{R^2 - z^2} \cdot \sin(\theta) \\ z \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где θ, z – криволинейные координаты поверхности; R – радиус сферы.

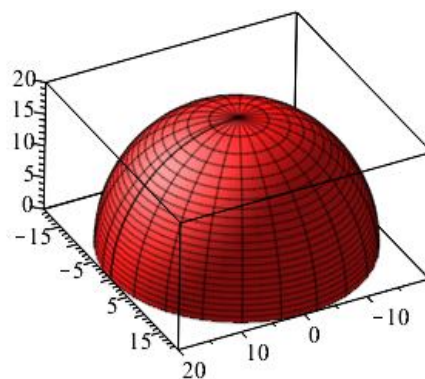


Рис. 2. Графическое представление формообразуемой поверхности

Как было отмечено выше, моделирование процесса формообразования поверхности полусферы происходит с обеспечением ориентации получаемой поверхности в каждой точке перпендикулярно оси конечного звена формообразующей системы технологического оборудования (рис.3).

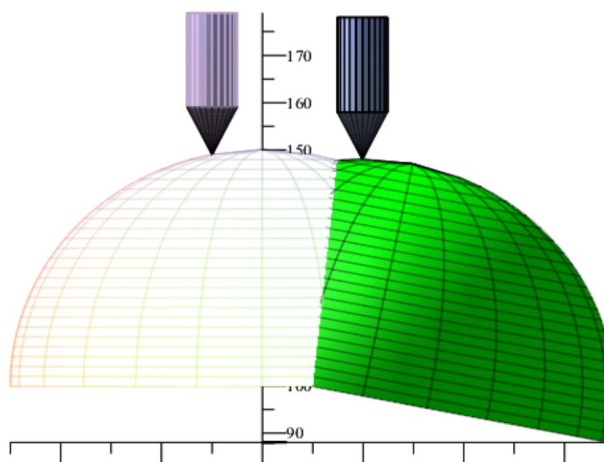


Рис. 3. Ориентация конечного звена формообразующей системы $\theta = 0^\circ, z = 49 \text{ мм}$

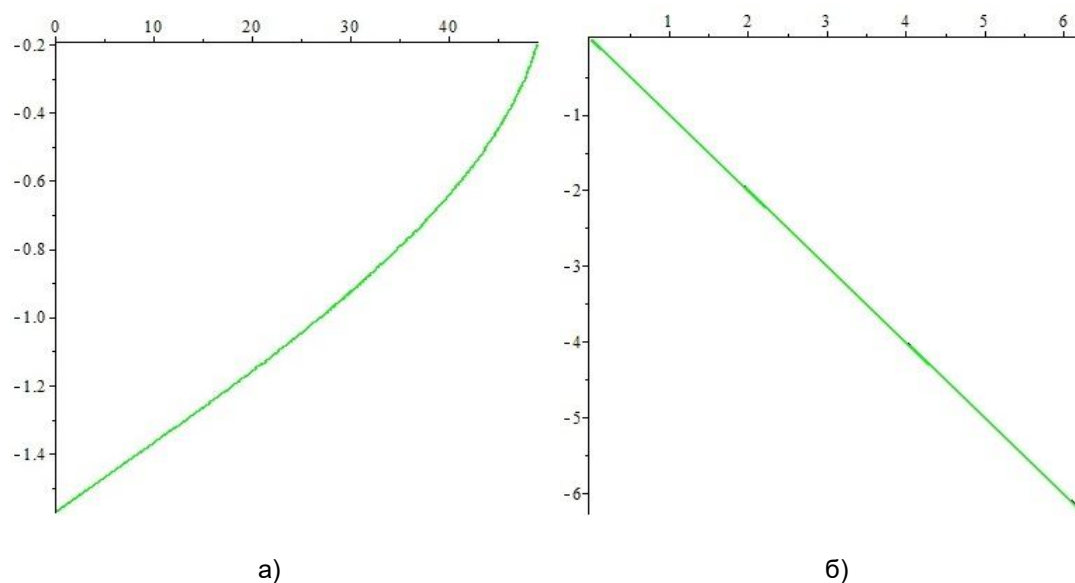


Рис.4. Изменение координат технологического оборудования: а – при повороте стола; б – при вращении платформы с заготовкой

В результате моделирования построены графики, отражающие изменение координат при наклоне поворотного стола технологического оборудования, а так же при вращении платформы с заготовкой.

Выводы

Предлагаемая методика позволит осуществить расчет управляемых пара-

метров 5-координатной мехатронной системы при аддитивном формообразовании изделий, обеспечить динамическую пространственную ориентацию конечного элемента формообразующей системы аддитивного оборудования, что позволит снизить величину погрешности формообразования (аппроксимации), повысить производительность процесса формообразования.

Список литературы

1. Burns M. Automated Fabrication: Improving Productivity in Manufacturing. Englewood Cliffs, N.J., USA: PTR Prentice Hall, 1993. 369 pp.
2. Сапрыкин А.А. Повышение производительности процесса селективного лазерного спекания при изготовлении прототипов: дис... канд. техн. наук. Юрга: Томский политехнический университет, 2006.
3. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник-учебник: в 3 т. Т. 1. Проектирование станков / А.С. Проников, О.И. Аверьянов, Ю.С. Аполлонов [и др.]; под общ. ред. А.С. Проникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана: Машиностроение, 1994. 444 с.
4. Kuts V.V., Razumov M.S., Grechukhin A.N., Bychkova N.A. Improving the quality of additive methods for forming the surfaces of odd-shaped parts with the application of par-

allel kinematics mechanisms // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Vol. 11. № 24. P. 11832-11835.

5. Трансфер аддитивных технологий: промышленность Курской области / Л.М. Червяков, Н.А. Бычкова, Н.В. Елисеева [и др.]. Курск, 2016. 168 с.

6. Доброскок В.Л., Абдурайимов Л.Н., Чернышов С.И. Рациональная ориентация изделий при их послойном формообразовании на базе исходной триангуляционной 3d модели // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2010. № 24. С. 13-21.

7. Optimum part deposition orientation in stereolithography / S. K. Singhal, A. P. Pandey, P. M. Pandey, A. K. Nagpal // Computer-Aided Design & Applications. 2005. Vol. 2. N. 1–4. P. 319–328.

8. Hong S. Byun, Kwan H. Lee Determination of optimal build direction in rapid prototyping with variable slicing // Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2006. №. 28. P. 307–313.

9. Hong S. Byun, Kwan H. Lee Optimal part orientation of rapid prototyping using a genetic algorithm // Computers & Industrial Engineering. 2004. P. 426–431.

10. Hur J., Lee K. The development of a CAD environment to determine the preferred build-up direction for layered manufacturing // Int. J. Adv. Manuf. Technol. 1998. №. 14. P. 247–254.

11. Kim J. Y., Lee K., Park J.C. Determination of optimal part orientation in stereolithographic rapid prototyping // Technical Report, Department of Mechanical Design and Production Engineering. Seoul, Seoul National University Publ.. 1994.

12. Lan P.T., Chou S. Y., Chent L. L., Gemmill D. Determining fabrication orientations for rapid prototyping with stereolithography apparatus // Computer- Aided Design. 1997. Vol. 29. № 1. P. 53– 62.

13. Massod S. H., Rattanawong W., Iovenitti P. A generic algorithm for part orientation system for complex parts in rapid prototyping // J. Mater. Process. Technol. 2003. Vol. 139. № 1–3. P. 110–116

14. Masood S. H., Rattanawong W. A generic part orientation system based on volumetric error in rapid prototyping // Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2002. № 19. P. 209–216.

15. Егоров И. Н. Позиционно-силовое управление робототехническими и мехатронными устройствами. Владимир, 2010.

16. Лашнев С.И., Борисов А.Н., Емельянов С.Г. Геометрическая теория формирования поверхностей режущими инструментами. Курск, 1997. 391с.

17. Емельянов С.Г. Разработка теории, методов и средств формирования поверхностей сборными металлорежущими инструментами на основе системного моделирования процесса их проектирования: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2001. 407 с.

18. Куц В.В. Методология предпроектных исследований специализированных металлорежущих систем: дис. ... д-ра техн. наук. Курск, 2012. 366 с.

19. Куц В.В., Пономарев В.В. Построение модели формообразования длинных валов с РК - профилем сборной дисковой фрезой // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2017. № 2 (322). С. 110-115.

20. Определение погрешности формы детали при формообразовании планетарным механизмом методами геометрической теории резания / В.А. Гречишников, В.В. Куц, М.С. Разумов [и др.] // *СТИН*. 2017. № 4. С. 24-26.

21. Grechishnikov V.A., Romanov V.B., Pivkin P.M., Kuts V.V., Razumov M.S., Grechukhin A.N., Yurasov S.Y. Errors in shaping by a planetary mechanism // *Russian Engineering Research*. 2017. Vol. 37. № 9. P. 824-826.

22. Высокоточный промышленный 6-координатный робот. URL: [//video.phim22.com/n535u234a405i3w5m5b3x5.html](https://video.phim22.com/n535u234a405i3w5m5b3x5.html) (дата обращения: 20.05.2018).

23. Повышение точности аддитивных методов формообразования / А.Н. Гречухин, В.В. Куц, М.С. Разумов, А.А. Троян // *Инновации, качество и сервис в технике и технологиях: материалы международной научно-практической конференции*. Курск, 2018. С. 128-131.

24. Гречухин А.Н., Куц В.В., Разумов М.С. Управление пространственной ориентацией узлов робота в процессе аддитивного формообразования изделий // *Вестник Воронежского государственного технического университета*. 2018. Т. 14. № 4. С. 122-129.

25. Гречухин А.Н., Куц В.В., Разумов М.С. Экспериментальное определение параметров поперечного сечения единичного слоя при аддитивном формообразовании изделий // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2018. № 10. С. 264-270.

26. Grechukhin A.N., Anikutin I.S., Byshkin A.S. Management of space orientation of the end effector of generation of geometry system fiveaxis manufacturing machinery for additive generation of geometry // *MATEC Web of Conferences*. Volume 226, 7 November 2018, Номер статьи 0100214th International Scientific-Technical Conference "Dynamic of Technical Systems", DTS 2018; Don State Technical University. Rostov-on-Don; Russian Federation; 12 September 2018 до 14 September 2018; Код 141842.

27. Grechukhin A.N., Kuts V.V., Razumov M.S. Ways to reduce the error of additive methods of forming // *MATEC Web of Conferences*. Volume 226, 7 November 2018, Номер статьи 0100214th International Scientific-Technical Conference "Dynamic of Technical Systems", DTS 2018; Don State Technical University. Rostov-on-Don; Russian Federation; 12 September 2018 до 14 September 2018; Код 141842.

28. Grechukhin A.N., Kudelina D.V., Razumov M.S. Development of information-analytical system for technological requests monitoring, taking into account regional specifics. *International Conference on Actual Issues of Mechanical Engineering*. Том 157. С. 198-202.

Поступила в редакцию 05.02.2019

Подписана в печать 04.03.2019

Reference

1. Burns M. Automated Fabrication: Improving Productivity in Manufacturing. Englewood Cliffs, N.J., USA: PTR Prentice Hall, 1993, 369 pp.
2. Saprykin A.A. Povyshenie proizvoditel'nosti processa selektivnogo lazernogo spekanija pri izgotovlenii prototipov. Diss. kand. tehn. nauk. Jurga, Tomskij politehnicheskij universitet Publ., 2006.
3. Pronikov A.S., Aver'janov O.I., Apollonov Ju.S. i dr. Proektirovanie metallovezhushih stankov i stanochnyh sistem. Spravochnik-uchebnik. Vol. 1. Proektirovanie stankov; ed. by Pronikov A.S. Moscow, MGTU im. N.Ie.Baumana; Mashinostroenie Publ., 1994, 444 p.
4. Kuts V.V., Razumov M.S., Grechukhin A.N., Bychkova N.A. Improving the quality of additive methods for forming the surfaces of odd-shaped parts with the application of parallel kinematics mechanisms. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2016, vol. 11, no. 24, pp. 11832-11835.
5. Chervjakov L.M., Bychkova N.A., Eliseeva N.V. eds. Transfer additivnyh tehnologij: promyshlennost' Kurskoj oblasti. Kursk, 2016, 168 p.
6. Dobroskok V.L., Abdurajimov L.N., Chernyshov S.I. Racional'naja orientacija izdelij pri ih poslojnom formo-obrazovanii na baze ishodnoj trianguljacionnoj 3d modeli. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta*, 2010, no. 24, pp. 13-21.
7. Singhal S. K., Pandey A. P., Pandey P. M., Nagpal A. K. Optimum part deposition orientation in stereolithography. *Computer-Aided Design & Applications*, 2005, vol. 2, no. 1-4, pp. 319-328.
8. Hong S. Byun, Kwan H. Lee Determination of optimal build direction in rapid prototyping with variable slicing. *Int. J. Adv. Manuf. Technol*, 2006, no. 28, pp. 307-313.
9. Hong S. Byun, Kwan H. Lee Optimal part orientation of rapid prototyping using a genetic algorithm. *Computers & Industrial Engineering*, 2004, pp. 426-431.
10. Hur J., Lee K. The development of a CAD environment to determine the preferred build-up direction for layered manufacturing. *Int. J. Adv. Manuf. Technol*, 1998, no. 14, pp. 247-254.
11. Kim J. Y., Lee K., Park J.C. Kim J. Y. C. Determination of optimal part orientation in stereolithographic rapid prototyping. Technical Report, Department of Mechanical Design and Production Engineering. Seoul, Seoul National University Publ., 1994.
12. Chou S. Y., Chent L. L., Gemmill D. Determining fabrication orientations for rapid prototyping with stereo-lithography apparatus. *Computer-Aided Design*, 1997, vol. 29, no. 1, pp. 53-62.
13. Massod S. H., Rattanawong W., Iovenitti P. A generic algorithm for part orientation system for complex parts in rapid prototyping. *J. Mater. Process. Technol*, 2003, vol. 139, no. 1-3, pp. 110-116.

14. Masood S. H., Rattanawong W. A generic part orientation system based on volumetric error in rapid prototyping. *Int. J. Adv. Manuf. Technol*, 2002, no. 19, pp. 209–216.
15. Egorov I. N. Pozicionno-silovoe upravlenie robototekhnicheskimi i mehatronnymi ustroystvami. Vladimir, 2010.
16. Lashnev S.I., Borisov A.N., Emel'janov S.G. Geometricheskaja teorija formirovanija poverhnostej rezhushhimi instrumentami. Kursk, 1997, 391 p.
17. Emel'janov S.G. Razrabotka teorii, metodov i sredstv formirovanija poverhnostej sbornymi metallorehushhimi instrumentami na osnove sistemnogo modelirovanija processa ih proektirovanija. Diss. d-ra tekhn. nauk. Moscow, 2001, 407 p.
18. Kuc V.V. Metodologija predproektnyh issledovanij specializirovannyh metallorehushhij sistem. Diss. d-ra tekhn. nauk. Kursk, 2012, 366 p.
19. Kuc V.V., Ponomarev V.V. Postroenie modeli formoobrazovanija dlinnyh valov s RK - profilem sbornoj diskovoj freznoj. *Fundamental'nye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii*, 2017, no. 2 (322), pp. 110-115.
20. Grechishnikov V.A., Kuc V.V., Razumov M.S. Opredelenie pogreshnosti formy detali pri formoobra-zovanii planetarnym mehanizmom metodami geometricheskoj teorii rezanija. *STIN*, 2017, no. 4, pp. 24-26.
21. Grechishnikov V.A., Romanov V.B., Pivkin P.M., Kuts V.V., Razumov M.S., Grechukhin A.N., Yurasov S.Y. Errors in shaping by a planetary mechanism. *Russian Engineering Research*, 2017, vol. 37, no. 9, pp. 824-826.
22. Vysokotochnyj promyshlennyj 6-i koordinatnyj robot. URL: [//video.phim22.com/n535u234a405i3w5m5b3x5.html](http://video.phim22.com/n535u234a405i3w5m5b3x5.html) (data obrashhenija: 20.05.2018).
23. Grechuhin A.N., Kuc V.V., Razumov M.S., Trojan A.A. Povyshenie tochnosti additivnyh metodov formoobrazovanija. Innovacii, kachestvo i servis v tehnike i tehnologijah. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2018, pp. 128-131.
24. Grechuhin A.N., Kuc V.V., Razumov M.S. Upravlenie prostranstvennoj orientaciej uzlov robota v processe additivnogo formoobrazovanija izdelij. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 2018, vol. 14, no. 4, pp. 122-129.
25. Grechuhin A.N., Kuc V.V., Razumov M.S. Jeksperimental'noe opredelenie parametrov poperechnogo sečenija edinichnogo sloja pri additivnom formoobrazovanii izdelij. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehničeskije nauki*, 2018, no. 10, pp. 264-270.
26. Grechukhin A.N., Anikutin I.S., Byshkin A.S. Management of space orientation of the end effector of generation of geometry system fiveaxis manufacturing machinery for additive generation of geometry. MATEC Web of Conferences. Volume 226, 7 November 2018, Nomer stat'i 0100214th International Scientific-Technical Conference "Dynamic of Technical Systems", DTS 2018; Don State Technical University Rostov-on-Don; Russian Federation; 12 September 2018 do 14 September 2018; Kod 141842.
27. Grechukhin A.N., Kuts V.V., Razumov M.S. Ways to reduce the error of additive methods of forming. MATEC Web of Conferences. Volume 226, 7 November 2018, Nomer

stat'i 0100214th International Scientific-Technical Conference "Dynamic of Technical Systems", DTS 2018; Don State Technical University Rostov-on-Don; Russian Federation; 12 September 2018 do 14 September 2018; Kod 141842.

28. Grechukhin A.N., Kudelina D.V., Razumov M.S. Development of information analytical system for technological requests monitoring, taking into account regional specifics. International Conference on Actual Issues of Mechanical Engineering, vol. 157, pp. 198-202.

Received 05.02.2019

Accepted 04.03.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Гречухин Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: agrechuhin@mail.ru

Aleksandr N. Grechukhin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: agrechuhin@mail.ru

Куц Вадим Васильевич, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: kuc-vadim@yandex.ru

Vadim V. Kuts, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: kuc-vadim@yandex.ru

Разумов Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: mika_1984@mail.ru

Mikhail S. Razumov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: mika_1984@mail.ru

Ванин Иван Валерьевич, аспирант кафедры машиностроительных технологий и оборудования, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: ivan606@ro.ru

Ivan V. Vanin, Post-Graduate Student, Department of engineering technologies and equipment, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: ivan606@ro.ru

УДК 533.6.011

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-21-30

Учёт влияния корпуса на обтекание крыла

Галемин Е.К.¹, Агеева Е.В.² ✉

¹ Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», Россия, 248000, Калуга, ул. Баженова, д. 2

² ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: ageeva-ev@yandex.ru

Резюме

Аэродинамические характеристики комбинации крыло-фюзеляж не могут быть получены суммированием этих характеристик, рассчитанных для изолированного крыла и изолированного фюзеляжа, т.к. и крыло и фюзеляж, при обтекании их в комбинации, испытывают взаимное влияние. Учёт этого влияния может быть осуществлён разными методами: введением коэффициентов влияния формы корпуса на несущие свойства крыла; введением дискретных вихрей, вызывающих индуктивные скорости и увеличивающие местный угол атаки; панельный метод, при котором для расчёта обтекаемые поверхности заменяются плоскими панелями.

Целью настоящей работы является изучение возможности применения способа учёта влияния корпуса на обтекание крыла.

Методы. Для учёта влияния корпуса на аэродинамику крыльев использован метод непрерывной вихревой поверхности. Крыло делится на продольные панели и представляется системой косых подковообразных вихрей. Несущие части вихрей располагаются на лучах, проведённых на одинаковых относительных расстояниях от передней кромки крыла. Свободные вихри сходят с несущих и направлены по потоку.

Результаты. Принимается, что корпус имеет цилиндрическую форму и заменяется системой кольцевых вихрей, непрерывно распределённых по его длине. Отрыв пограничного слоя и сворачивание его в вихревые жгуты моделируется введением дополнительных полукольцевых вихрей и сходящих с них свободных вихрей. Принимается, что свободные вихри направлены вдоль корпуса.

Заключение. Разработана методика расчёта вызванных этими вихревыми системами скоростей в точках крыла. Интенсивность вихрей крыла с учётом влияния корпуса рассчитывается из уравнения непроницаемости, в которое входят нормальные к крылу составляющие вызванных скоростей.

Ключевые слова: крыло; корпус; вихревая схема; вызванная скорость.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Галемин Е.К., Агеева Е.В. Учёт влияния корпуса на обтекание крыла // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 21-30. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-21-30.

© Галемин Е.К., Агеева Е.В., 2019

Shape Influence on Wing Flow

Evgeniy K. Galemin ¹, Ekaterina V. Ageeva ² ✉

¹ Kaluga Branch of Moscow State Technical University named after N. Eh. Bauman, 2, Bazhenov str., Kaluga, 248000, Russian Federation

² Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

✉ e-mail: ageeva-ev@yandex.ru

Abstract

Aerodynamic characteristics of a wing- fuselage combination cannot be received by combination of these characteristics used for an isolated wing and an isolated fuselage. It is impossible because a wing and fuselage are under mutual influence at their flow in a combination. This influence consideration can be done in different ways: introduction of influence coefficients of a shape on wing lift characteristics; introduction of discrete whirlwinds causing inductive speeds and increasing a local attack angle; a panel method at which streamline surfaces are replaced with flat panels.

Purpose of this reserach is to study method of body shape influence on wing flow.

Methods. Method of a continuous vortex surface is used for accounting shape influence on wings' aerodynamics. The wing is divided into longitudinal panels and is represented by the system of slanting horseshoe whirlwinds. Load-bearing parts of whirlwinds are located on the beams which are located at identical relative distances from a front edge of a wing. Free whirlwinds descend from load-bearings and are directed on a stream.

Results. The body has cylindrical form and is replaced by ring whirlwinds system which are continuously distributed on its length. The separation of an interface and its turning in vortex plaits is modelled by introduction of additional semi-ring whirlwinds and free whirlwinds descending from them. It is possible to say that free whirlwinds are directed along the body.

Conclusion. Method of speed calculation caused by these vortex systems in wing points was developed. Intensity of wing whirlwinds is calculated from impermeability equation which has normal components of caused speed. It is done taking into account body influence on a wing.

Key words: wing; body; whirlwinds sheme; caused speed.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Galemin E. K., Ageeva E. V. Shape Influence on Wing Flow. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 21-30 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-21-30.

Введение

Аэродинамические характеристики (АДХ) комбинации крыло-фюзеляж не могут быть получены суммированием этих характеристик, рассчитанных для изолированного крыла и изолированно-

го фюзеляжа, т.к. и крыло и фюзеляж, при обтекании их в комбинации, испытывают взаимное влияние. Учёт этого влияния может быть осуществлён разными методами. В работах [1, 2] вводятся коэффициенты влияния формы

корпуса на несущие свойства крыла. В работе [3] при расчёте АДХ комбинации крыло-фюзеляж в поток вводятся дискретные вихри, вызывающие индуктивные скорости и увеличивающие местный угол атаки. Панельный метод применён в работе [4]. Для расчёта распределённых АДХ обтекаемые поверхности заменяются плоскими панелями, на которых располагаются гидродинамические особенности.

Целью настоящей работы является изучение возможности применения способа учёта влияния корпуса на обтекание крыла.

Методы исследования

В данной работе используется метод непрерывной вихревой поверхности

[5-11]. Для крыла принята следующая вихревая схема. Полуразмах делится на n продольных панелей с номерами $i = 0 \dots (n-1)$ и заменяется системой косях подковообразных вихрей, непрерывно распределённых по этим панелям (рис. 1). Несущие части вихрей лежат на лучах, проведённых на одинаковых относительных расстояниях от передней кромки крыла. Свободные вихри сходят с несущих по краям панелей и направлены по потоку. Интенсивность каждого вихря γ_i в пределах панели постоянна и равна интенсивности в среднем сечении панели. Интенсивности вихрей по хорде панели переменны и определяются с учётом влияния корпуса по методике, предлагаемой в настоящем исследовании.

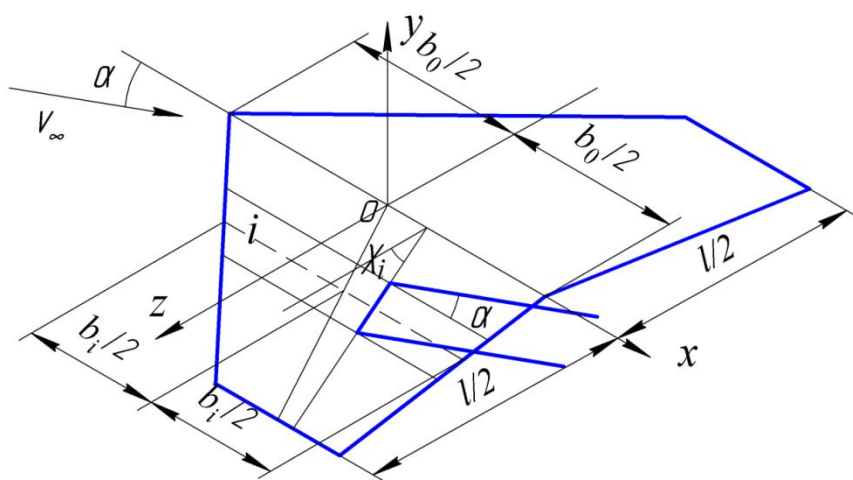


Рис. 1. Вихревая схема крыла

Принимается, что корпус в месте пристыковки крыльев имеет цилиндрическую форму. Его вихревая схема представлена кольцевыми вихрями (рис. 2). Интенсивность их γ_{ki} постоянна по об-

воду и переменна по длине корпуса. Для моделирования отрыва пограничного слоя и его сворачивания в вихревые жгуты на подветренной стороне вводятся дополнительные полукольце-

вые вихри с интенсивностью $\gamma_{\Pi i}$, постоянной по полуобводу и переменной по длине корпуса. Свободные вихри сходят с концов полукольцевых вихрей и образуют вихревые жгуты, на участке корпуса над крылом направлены парал-

лельно оси Ox . Принимается, что интенсивности $\gamma_{\kappa i}$ и $\gamma_{\Pi i}$ рассчитаны предварительно по методике [12] для изолированного корпуса и считаются известными.

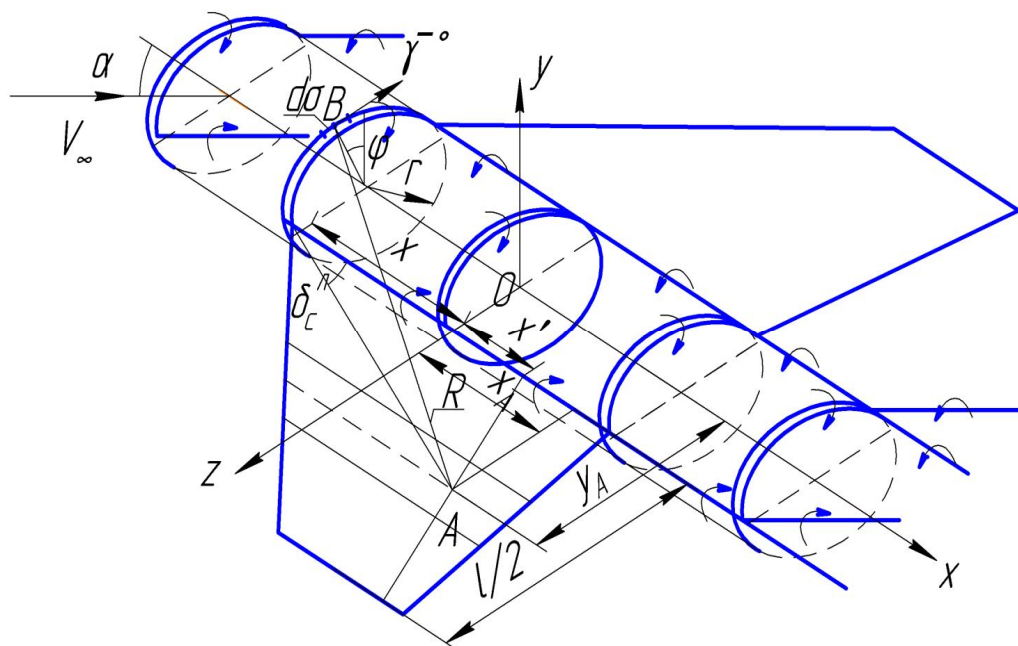


Рис. 2. Вихревая схема корпуса

Результаты и их обсуждение

1. Вычисление скоростей в точках поверхности крыла, вызванных кольцевыми вихрями корпуса

Для вычисления скорости, вызванной элементом кольцевого вихря в точке А крыла, воспользуемся формулой Био-Савара в векторной форме

$$d\vec{v}_\kappa = \frac{\gamma_\kappa dx}{4\pi} \frac{\vec{\gamma}^0 \times \vec{R}}{R^3} d\sigma, \quad (1)$$

где $\gamma_\kappa = \gamma_\kappa(x, \alpha)$ – вихревая плотность кольцевого вихря в точке В (считается известной); $\vec{\gamma}^0$ – единичный вектор элемента присоединённого вихря; $\vec{R}$ –

радиус-вектор точки А крыла относительно точки В вихря; $d\sigma = r d\varphi$ – элемент кольцевого вихря.

Проекции точек А и В на оси координат:

$$x_A = x' + \frac{l}{2n}(k + 0,5) \operatorname{tg} \chi;$$

$$y_A = r \cdot \sin \varphi;$$

$$z_A = r + \frac{l}{2n}(k + 0,5);$$

$$x_B = x; \quad y_B = r \cos \varphi; \quad z_B = r \sin \varphi.$$

Модуль радиуса-вектора $\vec{R}$:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}.$$

$$\text{Здесь: } R_x = x_A - x_B = x' - x;$$

$$R_y = r \cos \varphi;$$

$$R_z = r + \frac{l}{2n}(k+0,5) - r \sin \varphi = \\ = \frac{l}{2n}(k+0,5) + r(1 - \sin \varphi).$$

Проекция единичного вектора:

$$\gamma_x^0 = 0, \quad \gamma_y^0 = \sin \varphi, \quad \gamma_z^0 = -\cos \varphi.$$

Векторное произведение $\bar{\gamma}^0 \times \bar{R}$ представим в виде:

$$\bar{\gamma}^0 \times \bar{R} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \gamma_x^0 & \gamma_y^0 & \gamma_z^0 \\ R_x & R_y & R_z \end{vmatrix}.$$

После подстановки элементов и преобразований получим:

$$\bar{\gamma}^0 \times \bar{R} = \bar{i} \sin \varphi \times \\ \times \left[\frac{l}{2n}(k+0,5) + r(1 - \sin \varphi) \right] + \\ + \bar{j} \cos \varphi (x' - x) - \bar{k} \sin \varphi (x' - x). \quad (2)$$

Проекция на оси координат скорости, вызванной полным кольцевым вихрем в точке А крыла, получим в виде:

$$dv_{kx} = \frac{\gamma_k dx}{4\pi} r \int_0^{2\pi} \frac{\sin \varphi}{R^3} \left[\frac{l(k+0,5)}{2n} + r(1 - \sin \varphi) \right] d\varphi; \quad (3)$$

$$dv_{ky} = \frac{\gamma_k dx}{4\pi} r (x' - x) \int_0^{2\pi} \frac{\cos \varphi}{R^3} d\varphi; \quad (4)$$

$$dv_{kz} = \frac{\gamma_k dx}{4\pi} r (x' - x) \int_0^{2\pi} \frac{\sin \varphi}{R^3} d\varphi. \quad (5)$$

Введём относительные координаты и параметры:

$$\cos \theta = -\frac{x}{b_0/2};$$

$$\cos \theta' = -\frac{x'}{b_0/2}; \quad \bar{\gamma}_k = \frac{\gamma_k}{V_\infty};$$

$$\bar{r} = \frac{r}{b_0/2}; \quad \bar{R} = \frac{R}{b_0/2}; \quad \lambda_n = \frac{l}{b_0 n}.$$

Обозначим:

$$K_{kx} = \int_0^{2\pi} \frac{\sin \varphi}{R^3} \left[\lambda_n (k+0,5) + \bar{r}(1 - \sin \varphi) \right] d\varphi; \quad (6)$$

$$K_{ky} = (\cos \theta - \cos \theta') \int_0^{2\pi} \frac{\cos \varphi}{R^3} d\varphi; \quad (7)$$

$$K_{kz} = (\cos \theta - \cos \theta') \int_0^{2\pi} \frac{\sin \varphi}{R^3} d\varphi. \quad (8)$$

Тогда в компактной форме и в относительных координатах выражения для проекций $\bar{v}_k$ на оси координат будут иметь вид:

$$\bar{v}_{kx} = \frac{\bar{r}}{4\pi} \int_0^\pi \bar{\gamma}_k K_{kx} \sin \theta d\theta;$$

$$\bar{v}_{ky} = \frac{\bar{r}}{4\pi} \int_0^\pi \bar{\gamma}_k K_{ky} \sin \theta d\theta;$$

$$\bar{v}_{kz} = \frac{\bar{r}}{4\pi} \int_0^\pi \bar{\gamma}_k K_{kz} \sin \theta d\theta.$$

Нормальная составляющая скорости, вызванной кольцевыми вихрями, в точке А крыла $\bar{v}_k^n = \bar{v}_{ky}$.

2. Вычисление скоростей, вызванных полукольцевыми вихрями корпуса, в точках поверхности крыла

По аналогии с кольцевыми вихрями выражения для проекций скоростей, вызванных полукольцевыми вихрями, в точке А крыла имеют вид:

$$\bar{v}_{nx} = \frac{\bar{r}}{4\pi} \int_0^\pi \bar{\gamma}_n K_{nx} \sin \theta d\theta;$$

$$\bar{v}_{ny} = \frac{\bar{r}}{4\pi} \int_0^\pi \bar{\gamma}_n K_{ny} \sin \theta d\theta;$$

$$\bar{v}_{nz} = \frac{\bar{r}}{4\pi} \int_0^\pi \bar{\gamma}_n K_{nz} \sin \theta d\theta.$$

Здесь $\bar{\gamma}_n = \frac{\gamma_n}{V_\infty}$ – относительная вихревая плотность полукольцевых вихрей. Выражения для K_{nx} , K_{ny} , K_{nz} аналогичны (6,7,8), но интегрирование выполняется на интервале $[-\varphi_{кр}; +\varphi_{кр}]$.

Нормальная к поверхности крыла в точке А составляющая скорости, вызванной полукольцевыми вихрями, $\bar{V}_n = \bar{V}_{ny}$.

3. Вычисление скоростей в точках поверхности крыла, вызванных свободными вихрями корпуса

Зона отрыва моделируется полукольцевыми присоединёнными вихрями, непрерывно распределёнными по подветренной стороне корпуса. Сходящие с их концов свободные вихри направлены вдоль корпуса, т.е. параллельны оси Ох, и образуют два вихревых жгута. Такое ориентирование вих-

ревой системы учитывает образование вихревых жгутов в зоне пристыковки крыла к корпусу. В соответствии с [12] принимаем, что интенсивность полукольцевых и сходящих с них свободных вихрей постоянна по полуобводу и переменна по длине корпуса.

Скорость, вызываемую в точке А крыла свободным полубесконечным вихрем, вычислим по формуле Био-Савара в виде

$$dv_{сп} = \frac{\gamma_n dx}{4\pi h_{сп}} (1 + \cos \delta_{сп}),$$

где $h_{сп}$ – длина перпендикуляра, опущенного из точки А на свободный вихрь, $\delta_{сп}$ – угол между свободным вихрем и прямой, проведённой из точки А в точку схода вихря. В соответствии с рисунками 2 и 3 для левого свободного вихря в безразмерном виде:

$$\begin{aligned} \bar{h}_{сп}^л &= AD = \sqrt{[\lambda_n(i+0.5) + \bar{r}(1 - \sin \varphi_{кр})]^2 + \bar{r}^2 \cos^2 \varphi_{кр}}; \\ \cos \delta_{сп}^л &= \frac{CD}{AC} = \frac{1 - \cos \theta' + \lambda_n \operatorname{tg} \chi}{\sqrt{(\bar{h}_{сп}^л)^2 + (\cos \theta - \cos \theta' + \lambda_n \operatorname{tg} \chi)^2}}; \\ \cos \psi_{сп}^л &= \frac{AD'}{AD} = \frac{\lambda_n(i+0.5) + \bar{r}(1 - \sin \varphi_{кр})}{\bar{h}_{сп}^л}. \end{aligned}$$

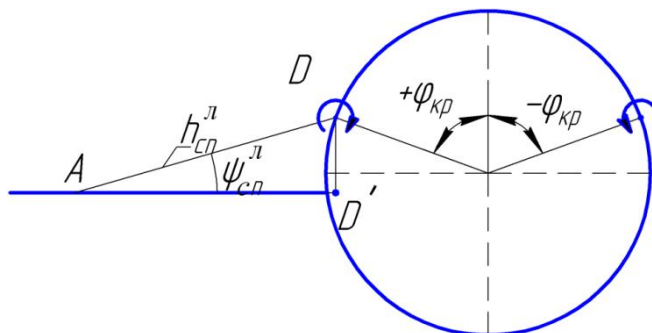


Рис. 3. Схема к вычислению скоростей от свободных вихрей корпуса

Для правого свободного вихря $h_{\text{сп}}^n$, $\cos \delta_{\text{сп}}^n$, $\cos \psi_{\text{сп}}^n$ вычисляются аналогично с учётом диаметра корпуса.

В относительных координатах и величинах в точке А проекции на оси координат скорости, вызванной всеми свободными вихрями, сходящими с полукольцевых вихрей и образующими жгуты, получим в виде:

$$\begin{aligned} \bar{v}_{\text{спх}} &= 0; \\ \bar{v}_{\text{спу}} &= \frac{1}{4\pi} \int_0^\pi \bar{\gamma}_{\text{п}} \left(\frac{1 + \cos \delta_{\text{сп}}^n}{\bar{h}_{\text{сп}}^n} \cos \psi_{\text{сп}}^n - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1 + \cos \delta_{\text{сп}}^n}{\bar{h}_{\text{сп}}^n} \cos \psi_{\text{сп}}^n \right) \sin \theta d\theta; \\ \bar{v}_{\text{спз}} &= \frac{1}{4\pi} \int_0^\pi \bar{\gamma}_{\text{п}} \left(\frac{1 + \cos \delta_{\text{сп}}^n}{\bar{h}_{\text{сп}}^n} \sin \psi_{\text{сп}}^n + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1 + \cos \delta_{\text{сп}}^n}{\bar{h}_{\text{сп}}^n} \sin \psi_{\text{сп}}^n \right) \sin \theta d\theta. \end{aligned}$$

Нормальная составляющая этой скорости $\bar{v}_{\text{сп}}^n = \bar{v}_{\text{спу}}^n$.

4. Уравнение непроницаемости

Условие равенства в точке А крыла нормальных к его поверхности составляющих скоростей, вызванных вихревыми системами корпуса и крыла, и нормальной составляющей скорости набегающего потока имеет вид

$$\begin{aligned} \bar{v}_{\text{к}}^n(\theta') + \bar{v}_{\text{п}}^n(\theta') + \bar{v}_{\text{сп}}^n(\theta') + \\ + \bar{v}_{\text{п}}^n(\theta') + \bar{v}_{\text{с}}^n(\theta') = \sin \alpha, \end{aligned} \quad (9)$$

где $\bar{v}_{\text{п}}^n(\theta')$ и $\bar{v}_{\text{с}}^n(\theta')$ – скорости, вызванные в точке А присоединёнными и свободными вихрями крыла;

$\bar{v}_{\text{к}}^n(\theta')$, $\bar{v}_{\text{п}}^n(\theta')$, $\bar{v}_{\text{сп}}^n(\theta')$ – являются функциями вихревых плотностей коль-

цевых $\bar{\gamma}_{\text{к}}$ и полукольцевых $\bar{\gamma}_{\text{п}}$ вихрей. Как было указано выше, $\bar{\gamma}_{\text{к}}$ и $\bar{\gamma}_{\text{п}}$ рассчитываются предварительно для изолированного корпуса.

$\bar{v}_{\text{п}}^n(\theta')$ и $\bar{v}_{\text{с}}^n(\theta')$ рассчитываются по методике [5]. Этот метод применён в [6, 7] и других работах автора. $\bar{v}_{\text{п}}^n(\theta')$ и $\bar{v}_{\text{с}}^n(\theta')$ являются функциями вихревой плотности крыла $\bar{\gamma}_i$. Представим $\bar{\gamma}_i$ тригонометрическим рядом $\bar{\gamma}_i = 2 \left(A_{0i} \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} + \sum_{q=1}^p A_{qi} \sin q\theta \right)$ и уравнение непроницаемости (9) запишем в виде

$$\begin{aligned} \bar{v}_{\text{к}}^n(\theta') + \bar{v}_{\text{п}}^n(\theta') + \bar{v}_{\text{сп}}^n(\theta') + \\ + \sum_{i=0}^n \left[\sum_{q=0}^p G_{qi}(\theta') A_{qi} \right] = \sin \alpha. \end{aligned} \quad (10)$$

Это система алгебраических уравнений относительно коэффициентов ряда A_{qi} . $G_{qi}(\theta')$ – элементы матрицы, являющиеся сомножителями коэффициентов A_{qi} . Решив систему (10), определим коэффициенты A_{qi} и, следовательно, распределение вихревой плотности γ_i по средним сечениям панелей, на которые делится крыло.

Заключение

Разработана методика расчёта вызванных этими вихревыми системами скоростей в точках крыла. Интенсивность вихрей крыла с учётом влияния корпуса рассчитывается из уравнения непроницаемости, в которое входят нормальные к крылу составляющие вызванных скоростей.

Список литературы

1. Фролов В.А., Шахов В.Г. Расчёт коэффициента влияния формы корпуса на несущие свойства крыла // Вопросы моделирования процессов газовой динамики и аэродинамики: межвузовский сборник. Ташкент, 1985. С. 44-55.
2. Бугаго С.Г. Приближённый метод расчёта нормальной силы комбинации тела вращения с крылом в среднем положении при больших углах атаки // Труды МАИ. 1979. Вып. 495. С. 3-7.
3. Чватов Л.В. Применение метода дискретных вихрей к расчёту стационарных аэродинамических характеристик комбинации крыло-фюзеляж // Труды МАИ. 1977. Вып. 385. С. 20-25.
4. Шевяков В.И. Расчёт распределённых аэродинамических характеристик на трёхмерном летательном аппарате панельным методом // Вопросы аэродинамики летательных аппаратов и их частей: тем. сб. науч. тр. М., 1988. С. 17-26.
5. Пастухов А.И. Вихревое математическое моделирование обтекания тел потоком сплошной среды. Вып. 2. Нелинейная вихревая теория несущей поверхности. М.: Изд-во МГТУ, 1994. 66 с.
6. Пастухов А.И., Галемин Е.К. Приближённый метод учёта влияния несущих, управляющих и стабилизирующих поверхностей на аэродинамику корпуса летательного аппарата в потоке несжимаемой среды // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2000. №2. С. 10-25.
7. Пастухов А.И., Галемин Е.К. К расчёту аэродинамических характеристик тонких крыльев с постоянной по размаху стреловидностью в несжимаемом потоке вблизи экрана // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Серия: Машиностроение. 2006. №2. С. 3-17.
8. Пастухов А.И., Галемин Е.К. К расчёту аэродинамических характеристик тонких крыльев с изменяющимися по размаху профилями в несимметричном потоке // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2001. № 4. С. 72.
9. Pastukhov A.I., Galemin Ye.K. To calculation of aerodynamic characteristics of thin wings with constant spanwise sweep in incompressible flow near screen // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2006. № 2 (63). С. 127.
10. Пастухов А.И., Галемин Е.К. К задаче о крыле, движущемся вблизи экранирующей поверхности // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2007. № 2 (67). С. 3-8.

11. Пастухов А.И. Вихревое математическое моделирование обтекания тел потоком сплошной среды. Вып. 3. Нелинейная вихревая теория обтекания цилиндрических тел и тел вращения. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1995. 105 с.

12. Галемин Е.К. Моделирование обтекания объемного крыла у экрана // Научное ведение: интернет-журнал. 2017. Т. 9. № 2. С. 60.

Поступила в редакцию 15.01.2019

Подписана в печать 05.03.2019

Reference

1. Frolov V.A., Shahov V.G. Raschjot kojefficienta vlijanija formy korpusa na nesushhie svojstva kryla. Voprosy modelirovanija processov gazovoj dinamiki i ajerodinamiki. Mezhvuzovskij sbornik. Tashkent, 1985, pp. 44-55.

2. Chvatov L.V. Primenenie metoda diskretnyh viherej k raschjotu stacionarnyh ajerodinamicheskikh harakteristik kombinacii krylo-fjuzeljazh. Trudy MAI, 1977, is. 385, pp. 20-25.

3. Shevjakov V.I. Raschjot raspredeljonnyh ajerodinamicheskikh harakteristik na trjohmernom letatel'nom apparate panel'nyh metodom. Voprosy ajerodinamiki letatel'nyh apparatov i ih chastej. Tem. sb. nauch. tr. Moscow, 1988, pp. 17-26.

4. Burago S.G. Priblizhjonnyj metod raschjota normal'noj sily kombinacii tela vrashhenija s krylom v srednem polozhenii pri bol'shih uglah ataki. Trudy MAI, 1979, is. 495, pp. 3-7.

5. Pastuhov A.I. Vihrevoe matematicheskoe modelirovanie obtekanija tel potokom sploshnoj sredy. Is. 2. Nelinejnaja vihevaja teorija nesushhej poverhnosti. Moscow, 1994, 66 p.

6. Pastuhov A.I., Galemin E.K. Priblizhjonnyj metod uchjota vlijanija nesushhih, upravljajushhih i stabilizirujushhih poverhnostej na ajerodinamiku korpusa letatel'nogo apparata v potoke neszhimaemoj sredy. Vestnik MGTU im. N. Je. Bauman. Seriya: Mashinostroenie. 2000, no.2, pp. 10-25.

7. Pastuhov A.I., Galemin E.K. K raschjotu ajerodinamicheskikh harakteristik tonkih kryl'ev s postojannoju po razmahu strelovidnost'ju v neszhimaemom potoke vblizi jekrana. Vestnik MGTU im. N. Je. Bauman. Seriya: Mashinostroenie, 2006, no.2, pp. 3-17.

8. Pastuhov A.I., Galemin E.K. K raschetu ajerodinamicheskikh harakteristik tonkih kryl'ev s izmenjajushhimisja po razmahu profiljami v nesimmetrichnom potoke. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. N. Je. Bauman. Seriya: Mashinostroenie, 2001, no. 4, pp. 72.

9. Pastukhov A.I., Galemin Ye.K. To calculation of aerodynamic characteristics of thin wings with constant spanwise sweep in incompressible flow near screen. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.Ye. Baumana. Seriya: Mashinostroyeniye*, 2006, no. 2 (63), pp. 127.

10. Pastukhov A.I., Galemin E.K. K zadache o kryle, dvizhushhemsya vblizi jekranirujushhej poverhnosti. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.Ye. Baumana. Seriya: Mashinostroyeniye*, 2007, no. 2 (67), pp. 3-8.

11. Galemin E.K. Modelirovanie obtekanija obremnogo kryla u jekrana. *Internet-zhurnal. Naukovedenie*, 2017, vol. 9, no. 2, pp. 60.

12. Pastukhov A.I. Vihrevoe matematicheskoe modelirovanie obtekanija tel potokom sploshnoj sredy, is. 3. Nelinejnaja vihevaja teorija obtekanija cilindricheskikh tel i tel vrashhenija. Moscow, MGTU im. N.Ye. Baumana Publ., 1995, 105 p.

Received 15.01.2019

Accepted 05.03.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Галемин Евгений Константинович,
кандидат технических наук, доцент,
Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский
государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана»,
г. Калуга, Российская Федерация
e-mail: ekgalemin@mail.ru

Evgeniy K. Galemin, Candidate
of Engineering Sciences, Associate Professor,
Kaluga Branch of Moscow State Technical
University named after N. Ye. Bauman",
Moscow, Russian Federation
e-mail: ekgalemin@mail.ru

Агеева Екатерина Викторовна,
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Юго-Западный
государственный университет»,
г. Курск, Российская Федерация
e-mail: ageeva-ev@yandex.ru

Ekaterina V. Ageeva, Candidate
of Engineering Sciences, Associate Professor,
Southwest State University,
Kursk, Russian Federation,
e-mail: ageeva-ev@yandex.ru

УДК 621.923

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-31-42

Разработка конструкции демпфирующего резца с варьированием жесткости по длине державки

Новиков С.Г.¹, Малыхин В.В.² ✉

¹ ЧОУ ВО «Региональный открытый социальный институт», Россия, 305009, Курск, ул. Маяковского, 85

² ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: mtio@kurskstu.ru

Резюме

Цель исследования. Повысить эффективность производства, улучшить показатели качества изделий в машиностроении позволяют результаты научных исследований ведущих ученых, связанных с повышением эффективности процессов резания посредством конструктивных изменений токарного инструмента с целью снижения вибраций, которые свидетельствуют о том, что применение инструментов с виброгасящим эффектом в виде демпфирующих резцов позволяет успешно решить проблему наилучшей обработки деталей из различных конструкционных материалов. Известные конструкции демпфирующих резцов имеют ряд недостатков, связанных с проблемой регулирования жесткости резцов, необходимостью подбора материала корпуса резца с высоким демпфированием требуемой жесткости, или размещением его в державке по всей длине корпуса державки с выборкой, что приводит к перерасходу материала, обладающего свойством высокого демпфирования и повышает трудоемкость монтажа резца.

Методы. С целью повышения качества обработки и улучшения условий регулирования жесткостью резцов, снижения расхода демпфирующего материала предлагается новая конструкция токарного резца. Увеличение эффективности демпфирования колебаний резца достигается за счет установки одного конца державки с выборкой в оболочке с полыми днищем и боковыми стенками, а второго конца державки в цилиндрической оболочке с полыми боковыми стенками. Закачкой воздуха в полости оболочек дистанционно бесступенчато варьируют жесткостями оболочек с соблюдением условия, что жесткость цилиндрической оболочки меньше жесткости второй оболочки.

Результаты. Так как жесткости оболочек с закачанным в них воздухом различны, то в оболочке с меньшей жесткостью возникает пара сил, модули которых больше модулей пары сил в другой оболочке. Поэтому в ней действует дополнительный восстанавливающий момент от пары сил, равных разности модулей сил в оболочках, что повышает эффективность демпфирования колебаний резца. Расположение демпфирующих оболочек автономно на расстоянии друг от друга позволяет снизить расход вулканизированного материала.

Заключение. Предлагаемый демпфирующий резец с варьируемой жесткостью позволяет достичь технического результата по повышению качества обработки и снижению расхода демпфирующего вулканизированного материала.

Ключевые слова: обработка лезвийным инструментом; демпфирующий резец; державка; выборка; замкнутая эластичная оболочка; штуцер; конструкция; устойчивость резания; качество обработки.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

© Новиков С.Г., Малыхин В.В., 2019

Для цитирования: Новиков С.Г., Мальных В.В. Разработка конструкции демпфирующего резца с варьированием жесткости по длине державки // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 31-42. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-31-42.

UDC 621.923

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-31-42

Development of Damping Cutter Construction with Rigidity Variation on Holder Length

Sergey G. Novikov ¹, Vitaliy V. Malykhin ² ✉

¹ Private Society "Regional Open Social Institute", 85, Mayakovskogo str., Kursk, 305009, Russian Federation

² Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russia, Russian Federation

✉ e-mail: mtio@kurskstu.ru

Abstract

Purpose of research. Results of scientific researches allow increasing in production efficiency, improving products' quality indicators in mechanical engineering. It is connected with increase in efficiency of cutting processes by means of constructive changes of the turning tool to decrease in vibrations. These vibrations demonstrate that the use of tools with vibroextinguishing effect in the form of damping cutters allows to solve a problem of the best details' processing made from various structural materials successfully.

The known structures of damping cutters have a number of disadvantages connected with the problem of cutters rigidity regulation, with the need of material selection of a cutter body with high damping of required rigidity or its placement in a holder on all holders' body with rabbeting. This leads to an excessive consumption of materials which has high damping properties and increases labor intensity of cutter installation.

Methods. New design of lathe knife is offered to increase quality of processing and improvement of regulation conditions by cutters rigidity and consumption decrease of damping material. Increase in damping efficiency of cutter fluctuations is due to installation of one end of a holder with rabbeting in a cover with hollow bottom and sidewalls and the second end of a holder in a cylindrical cover with hollow sidewalls. Rigidity of covers is varied remotely by air pumping in covers' cavity. It is done taking into account the fact that the rigidity of a cylindrical cover is less than rigidity of the second cover.

Results. There is a "force couple" in a cover with smaller rigidity as rigidity of covers with the air pumped in them are vary. Modules of this "force couple" are more than in the other cover. Therefore there is an additional restoring moment from "force couple". These forces are equal to difference of forces modules in covers. That increases efficiency of fluctuation damping of a cutter. Position of damping covers independently at distance from each other allows to decrease consumption of vulcanized material.

Conclusion. An offered damping cutter with varied rigidity allows to achieve technical result on improvement of processing quality and decrease consumption of damping vulcanized material.

Key words: processing by edge tool; damping cutter; holder; rabbeting; closed elastic cover; union; design; stability of cutting; processing quality.

Conflict of interest. The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Novikov S.G., Malykhin V.V. Development of Damping Cutter Construction with Rigidity Variation on Holder Length. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 31-42 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-31-42.

Введение

Результаты научных исследований ведущих ученых, связанных с повышением эффективности процессов резания посредством конструктивных изменений токарного инструмента с целью снижения вибраций свидетельствует о том, что применение инструментов с виброгасящим эффектом позволяет успешно решить проблему наилучшей обработки деталей из различных конструкционных материалов. Это позволит повысить эффективность производства, улучшить показатели качества. Поэтому проектирование виброгасящего инструмента и исследование процесса токарной обработки является актуальной научной и практической задачей [1]. Однако существующие разработки демпфирующих резцов не в полной мере отвечают предъявляемым требованиям. Например, недостатками известного демпфирующего резца [2] являются: низкие эксплуатационные характеристики, обусловленные тем, что жесткость вставки из материала с высоким демпфированием, размещенной в выборке державки, неизменна при любых параметрах технологического процесса, и при обработке любых конструкционных материалов невозможно регулирование жесткости резцов. Поэтому каждый раз необходим подбор материала с

высоким демпфированием требуемой жесткости и размещение его в выборке державки. Кроме того, так как вставка имеет постоянную жесткость, то в ней при действии на резец возмущающей силы резания возникает момент пары восстанавливающих сил, недостаточный для эффективного демпфирования колебаний резца; материал вставки размещен по всей длине конца державки с выборкой, что приводит к перерасходу материала, обладающего свойством высокого демпфирования; большая трудоемкость монтажа резца [3-5].

Демпфирующий резец с управляемой жесткостью [6] имеет следующие недостатки:

1. При обработке изделия возмущающая сила резания вызывает колебания резца, однако оболочка, с закачанным через штуцер в полые боковые стенки и днище воздухом, имеет постоянную жесткость по всей длине конца державки с выборкой, поэтому возникающая в ней пара восстанавливающих сил, хотя и создает момент, стремящийся вернуть резец в положение статического равновесия и демпфирует колебания, но он недостаточен, чтобы минимизировать вибрации до желаемого уровня и не позволяет достигнуть требуемого качества обработки.

2. Перерасход вулканизированного материала оболочки, так как ее высота

от внутренней стенки дна равна длине державки с выборкой.

Цель работы. Целью разработанной конструкции является повышение качества обработки и снижение расхода вулканизированного материала [7-15].

Материалы и методы решения задачи

На рисунке представлен общий вид резца в процессе обработки материала.

Режущая пластина 1 закреплена узлом ее крепления 2 в державке 3, име-

ющей выборку, выполненную равномерно по периметру конца державки 3 на длине L от ее торца до выступающей части с режущей пластиной 1.

Конец державки 3 с выборкой размещен в выполненном в виде прямоугольного параллелепипеда в металлическом стакане 4 с одинаковыми зазорами по его основанию и стенкам, при этом державка 3 установлена без возможности контактирования со стаканом 4.

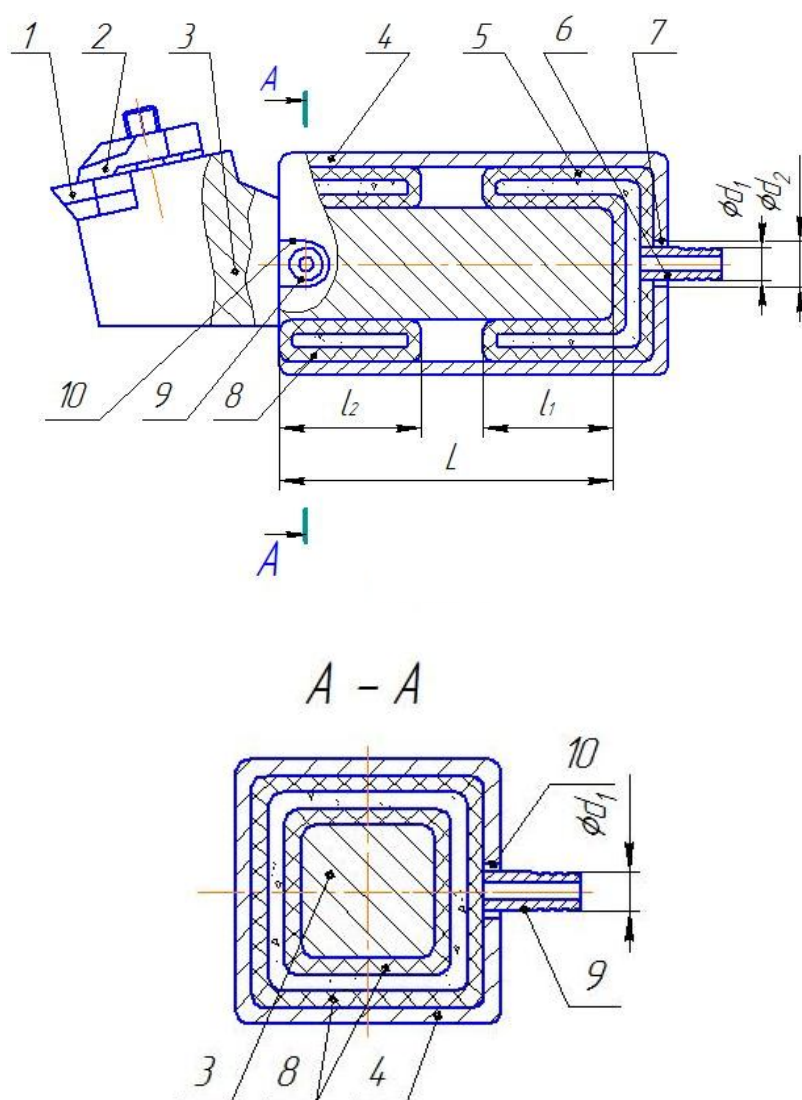


Рис. Демпфирующий резец с варьируемой жесткостью

Конец державки 3 с выборкой предварительно расположен в замкнутой эластичной оболочке 5 из вулканизированного материала, изготовленной в форме прямоугольного параллелепипеда с сообщающимися полыми боковыми стенками и днищем, внутренние размеры оболочки 5 параллелепипеда равны размерам конца державки 3 с выборкой, высота l_1 оболочки 5 от внутренней стенки днища меньше половины длины L державки 3 с выборкой, $l_1 < L/2$. Во внешней стенке днища оболочки 5 жестко зафиксирован цилиндрический штуцер 6.

Замкнутая эластичная оболочка 5 с державкой 3 свободно установлена в стакане 4, имеющем в дне сквозное отверстие 7 с диаметром d_2 , большим диаметра d_1 штуцера 6 - $d_1 < d_2$. Через штуцер 6, пропущенный соосно с отверстием 7 дна стакана 4, закачан сжатый воздух в днище и стенки замкнутой эластичной оболочки 5 до заполнения ею зазоров между стаканом 4 и создания необходимого избыточного давления для образования единой механической системы державка 3 — оболочка 5 с закачанным сжатым воздухом — стакан 4 с возможностью дистанционного бесступенчатого управления жесткостью резца за счет изменения давления сжатого воздуха в замкнутой эластичной оболочке 5.

Второй конец державки 3 с выборкой со стороны выступающей части с режущей пластиной 1 расположен в замкнутой цилиндрической оболочке 8

из вулканизированного материала с сообщающимися полыми стенками, внутренние размеры которой равны размерам конца державки с выборкой, а протяженность меньше половины ее длины - $l_2 < L/2$, во внешней стенке оболочки 8 жестко закреплен цилиндрический штуцер 9, при этом оболочка 8 с концом державки 3 с выборкой свободно установлена в стакане 4, имеющем в боковой поверхности с противоположного конца от основания сквозной паз 10 с размерами, большими диаметра d_1 штуцера 9, причем через штуцер 9, размещенный на оси симметрии паза 10, закачан воздух в стенки цилиндрической оболочки 8 до заполнения ею зазоров между стаканом 4 и создания необходимого избыточного давления для образования единой механической системы державка 3 — цилиндрическая оболочка 8 с закачанным сжатым воздухом — стакан 4 с возможностью дистанционного бесступенчатого варьирования жесткостью цилиндрической оболочки 8 за счет изменения в ней давления сжатого воздуха, с соблюдением условия, что ее жесткость меньше жесткости оболочки 5 в форме параллелепипеда из вулканизированного материала.

Подготовка демпфирующего резца к работе происходит в такой последовательности.

Конец державки 3 с выборкой со стороны выступающей части с режущей пластиной 1 располагают в замкнутой цилиндрической эластичной оболочке 8 из

вулканизированного материала с сообщающимися полыми боковыми стенками.

Противоположный конец державки 3 с выборкой располагают в замкнутой эластичной оболочке 5 из вулканизированного материала, изготовленной в форме прямоугольного параллелепипеда с сообщающимися полыми боковыми стенками и дном.

Замкнутые эластичные оболочки 5, 8 могут быть изготовлены, например, из вулканизированной резины или тканевых каркасов с двусторонними полимерными обкладками, подвергнутыми вулканизации. Так как внутренние размеры оболочек 5, 8 равны размерам конца державки 3 с выборкой, а эластичные материалы оболочек 5, 8 растяжимы, то предварительное расположение обоих концов державки 3 с выборкой в эластичных оболочках 5, 8 не является трудоемким, при этом оболочки 5, 8 плотно охватывают расположенные в них концы державки 3 с выборкой.

Внутренние размеры металлического стакана 4 выбирают таким образом, чтобы в нем свободно с малыми зазорами были установлены эластичные оболочки 5, 8 с расположенными в них обоими концами державки 3 с выборкой. Стакан 4 и оболочки 5, 8 размещают так, чтобы штуцер 6 был пропущен соосно со сквозным отверстием 7 дна стакана 4, а штуцер 9 расположен на оси симметрии сквозного паза 10 в боковой поверхности стакана 4. Внешние размеры стакана 4 должны обеспечивать его надежное закрепление в резце-

держателе. Через штуцер 6 в сообщающиеся полости дна и боковых стенок оболочки 5, а через штуцер 9 в боковые полости цилиндрической оболочки 8 закачивают сжатый воздух до заполнения оболочками 5, 8 зазоров между стаканом 4 и создания необходимого избыточного давления для образования двух механических систем державка 3 – оболочка 5 с закачанным сжатым воздухом – стакан 4 и державка 3 – цилиндрическая оболочка 8 с закачанным воздухом – стакан 4, при том соблюдают условие, что жесткость цилиндрической оболочки 8 меньше жесткости оболочки 5. Так как высота l_1 оболочки 5 от внутренней стенки дна и протяженность l_2 оболочки 8 меньше половины длины $L/2$ державки 3 с выборкой, то две механические системы образуют между собой пространство, т.е. не соприкасаются друг с другом, что дает возможность в оболочках 5, 8 создавать различные избыточные давления независимо друг от друга. Минимальными избыточными давлениями в замкнутых оболочках 5, 8, обуславливающими работоспособность резца, является отсутствие проворачивания (проскальзывания) по поверхностям контакта стакана 4 и оболочек 5, 8, а также оболочек 5, 8 относительно концов державки 3 с выборкой, т.е. исключение перемещения составляющих частей механических систем относительно друг друга при любых параметрах режима обработки конструкционного материала. Кроме того, за счет созданных из-

быточных давлений в оболочках 5, 8 происходит самоцентрирование державки 3 с выборкой и размещение его с одинаковыми зазорами по основанию и стенкам стакана 4. Если габариты поперечного сечения державки не велики, то допустимо не выполнять выборку по периметру конца державки 3, а размещать конец державки 3 непосредственно в оболочках 5, 8 с внутренними размерами, равными размерам конца державки 3.

Давление внутри оболочек 5, 8 контролируют манометрами. Смонтированный резец устанавливают в резцедержателе (манометры и резцедержатель не показаны). Производят тарировку жесткость-давление образованных механических систем.

Демпфирующий резец с варьируемой жесткостью работает следующим образом.

По произведенной тарировке жесткость-давление в зависимости от обрабатываемого материала и технологических режимов его обработки дистанционно бесступенчато варьируют жесткости оболочек 5, 8 за счет дополнительного закачивания воздуха через штуцер 6 в оболочку 5, а через штуцер 10 в цилиндрическую оболочку 8 (увеличение жесткости) или сбрасывания его из оболочек 5, 8 (уменьшение жесткости), сохраняя условие, что жесткость цилиндрической оболочки 8 меньше жесткости оболочки 5. При этом металлические поверхности державки 3 и штуцеров 6, 9 в процессе обработки не кон-

тактируют со стаканом 4, так как два конца державки 3 с выборкой расположены в оболочках 5, 8 с закачанным воздухом, диаметр d_1 штуцера 6 меньше диаметра d_2 сквозного отверстия 7 в дне стакана 4, а диаметр d_1 штуцера 9 меньше размеров сквозного паза 10 в боковой поверхности стакана 4.

При обработке конструкционного материала возмущающая сила резания вызывает колебание резца. Если бы конец державки 3 с выборкой был установлен в оболочке 5 с закачанным в ее днище и боковые стенки воздухом, а высота оболочки 5 от внутренней стенки днища была равна длине L конца державки 3 с выборкой, то в оболочке 5 возникла пара восстанавливающих сил, создающих момент, стремящийся вернуть резец в положение статического равновесия, но не достаточно демпфирующий колебания. (Пара сил – это две равные по модулю параллельные силы, направленные в противоположные стороны; момент пары равен произведению модуля силы пары на плечо; плечо – кратчайшее расстояние между параллельными силами пары).

Если бы оба конца державки 3 с выборкой были расположены в оболочках 5, 8 с закачанным воздухом, и имели одинаковые жесткости, то при демпфировании колебаний резца в оболочках 5, 8 возникли две пары демпфирующих сил с одинаковыми моментами, но недостаточными, чтобы минимизировать вибрации до желаемого уровня.

Так как жесткости оболочек 5, 8 с закачанным в них воздухом различны, причем жесткость цилиндрической оболочки 8 меньше жесткости оболочки 5, то в оболочке 5 возникает пара сил, модули которых больше модулей пары сил в оболочке 8. Поэтому в оболочке 5 действует дополнительный восстанавливающий момент от пары сил, равных разности модулей сил в оболочках 5, 8, что повышает эффективность демпфирования колебаний резца.

Таким образом, происходит высокоэффективное демпфирование продольных, поперечных вибраций и ударных нагрузок, возникающих в процессе резания, что повышает надежность протекания этого процесса как в токарных, так и в строгальных технологических операциях. Поэтому путем варьирования разностью жесткостей оболочек 5, 8 с закачанным в них воздухом возможно минимизировать вибрации резца до необходимого уровня и достигнуть требуемого качества обработки.

Снижение расхода вулканизированного материала происходит за счет того, что высота l_1 оболочки 5 от внутренней стенки днища и протяженность l_2 оболочки 8 меньше половины длины $L/2$ конца державки 3 с выборкой.

Результаты и их обсуждение

Оригинальностью предложенного, демпфирующего резца с варьируемой жесткостью является то, что высота l_1 оболочки 5 от внутренней стенки дни-

ща меньше половины длины $L/2$ державки 3 с выборкой, второй ее конец со стороны выступающей части с режущей пластиной 1 расположен в замкнутой цилиндрической оболочке 8 из вулканизированного материала с сообщающимися полыми боковыми стенками, внутренние размеры оболочки 8 равны размерам конца державки с выборкой, а протяженность l_2 меньше половины $L/2$ ее длины, во внешней боковой стенке оболочки 8 жестко закреплен цилиндрический штуцер 9, при этом оболочка 8 с концом державки 3 с выборкой свободно установлена в стакане 4, имеющем в боковой поверхности с противоположного конца от основания сквозной паз 10 с размерами, большими диаметра d_1 штуцера 9, причем через штуцер 9, размещенный на оси симметрии паза 10, закачан воздух в стенки цилиндрической оболочки 8 до заполнения ею зазоров между стаканом 4 и создания необходимого избыточного давления для образования единой механической системы державка 3 — цилиндрическая оболочка 8 с закачанным сжатым воздухом — стакан 4 с возможностью дистанционного бесступенчатого варьирования жесткостью цилиндрической оболочки 8 за счет изменения в ней давления сжатого воздуха, с соблюдением условия, что ее жесткость меньше жесткости оболочки 5 в форме параллелепипеда из вулканизированного материала.

Выводы

Разработанная конструкция демпфирующего резца позволяет:

1. Повысить качество обработки путем увеличения эффективности демпфирования колебания резца за счет того, что один конец державки с выборкой установлен в оболочке с полыми днищем и боковыми стенками, а второй конец державки размещен в цилиндрической оболочке с полыми боковыми стенками. Закачкой воздуха в полости оболочек дистанционно бесступенчато варьируют жесткостями оболочек с соблюдением условия, что жесткость ци-

линдрической оболочки меньше жесткости второй оболочки.

2. Снизить расход вулканизированного материала, так как оболочки с концами державки с выборкой расположены на расстоянии друг от друга, высота одной оболочки от внутренней стенки днища и протяженность другой цилиндрической оболочки меньше половины длины державки с выборкой (заявка на изобретение).

Таким образом, предлагаемый демпфирующий резец с варьируемой жесткостью позволяет достичь цели по повышению качества обработки и снижению расхода вулканизированного материала.

Список литературы

1. Инструментальное обеспечение механической обработки твердыми сплавами и композитами / Е.И. Яцун, В.В. Малыхин, О.С. Зубкова, С.Г. Новиков. Курск, 2016. С.160-224.
2. Демпфирующий резец: пат.2457077 Рос. Федерация: МПК В23 В27/00/ С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун и др. №2011106621/02; заявл.22.02.2011; опубл. 27.07.2012. Бюл.№21.
3. Малыхин В.В., Яцун Е.И., Новиков С.Г. Повышение эксплуатационных характеристик демпфирующих резцов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. №2. С.43-46.
4. Разработка конструкции экспериментального образца демпфирующего резца / В.В. Малыхин, Е.И. Яцун, С.Г. Новиков, А.А. Фадеев // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сборник научных трудов XI-ой Международной научно-практической конференции: в 4 т. Курск, 2014. Т. 4. С.234-238.
5. Малыхин В.В., Яцун Е.И., Новиков С.Г. Виброакустическая диагностика состояния режущего инструмента и микронеровностей обработанной поверхности // Справочник. Инженерный журнал. 2014. №14. С.31-35.
6. Демпфирующий резец с управляемой жесткостью: пат.2535196 Рос. Федерация: МПК В23 В27/00/ С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун [и др.]. №2013113649/02; заявл.26.03.2013; опубл. 10.12.2014. Бюл.№34.

7. Повышение устойчивости процесса точения демпфирующим резцом / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. №3(36). С.122-125.

8. Малыхин В.В., Яцун Е.И., Селезнев Ю.Н., Новиков С.Г. Разработка конструкций демпфирующих резцов // Химическая и нефтегазовое машиностроение 2016. №11. С.25-27.

9. Емельянов С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И., Новиков С.Г. Демпфирующие резцы постоянной жесткости и упругой связью с системой «Станок-инструмент-деталь» // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. Вып. 8. Ч.2. С.22-31.

10. Яцун Е.И., Малыхин В.В., Новиков С.Г. Разработка и исследование конструкций демпфирующих резцов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. Вып. 8. Ч.1. С.287-296.

11. Малыхин В.В., Новиков С.Г., Новиков Ф.В. Резец с демпфирующими свойствами для станков с ЧПУ // ВІСНИК Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 118. «Технічний сервіс АПК, Техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні. Харків, 2013. С.147-148.

12. Патент РФ 2 479385, МПК51 В23В27/00. Демпфирующий резец с регулируемой жесткостью / Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И. [и др.]; патентообладатель ФБОУ ВПО «Юго-западный государственный университет». №2011141683/02. Заявл. 13.10.2011. Оpubл. 20.04.2013. Бюл. №11.

13. Патент РФ 2 511 193, МПК51 В23В27/00. Универсальный демпфирующий резец с регулируемой жесткостью / Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И. [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет». № 2012144043/02. Заявл. 16.10.2012. Оpubл. 10.04.2014. Бюл. №10.

14. Патент РФ 2 621 939, МПК51 В23В27/00, Универсальный демпфирующий резец с управляемой жесткостью / Новиков С.Г., Малыхин В.В., Яцун Е.И. [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет». № 2015116208/02. Заявл. 28.04.2015. Оpubл. 08.06.2017. Бюл. №16.

15. Новая конструкция универсального демпфирующего резца с регулируемой жесткостью / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун, Ф.В. Новиков // Физические и компьютерные технологии: труды 20-й Международной научно-практической конференции. Донецк: Лира, 2015. С.72-75.

Поступила в редакцию 21.02.2019

Подписана в печать 15.03.2019

Reference

1. Jacun E.I., Malyhin V.V., Zubkova O.S., Novikov S.G. Instrumental'noe obespechenie mehanicheskoy obrabotki tverdymi splavami i kompozitami. Kursk, 2016, pp.160-224.
2. Dempfirujushhij rezec: pat.2457077 Ros. Federacija: MPK V23 V27/00/ S.G. Novikov, V.V. Malyhin, E.I. Jacun i dr. №2011106621/02; zajavl.22.02.2011; opubl. 27.07.2012. Bjul.№21.
3. Malyhin V.V., Jacun E.I., Novikov S.G. Povyshenie jekspluatacionnyh harakteristik dempfirujushhih rezcov. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tehnika i tehnologii*, 2012, no.2, pp.43-46.
4. Malyhin V.V., Jacun E.I., Novikov S.G., Fadeev A.A. Razrabotka konstrukcii jeksperimental'nogo obrazca dempfirujushhego rezca. Sovremennye instrumental'nye sistemy, informacionnye tehnologii i innovacii. Sbornik nauchnyh Trudov XI-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Kursk, 2014, vol. 4, pp.234-238.
5. Malyhin V.V., Jacun E.I., Novikov S.G. Vibroakkusticheskaja diagnostika sostojanija rezhushhego instrumenta i mikronerovnostej obrabotannoj poverhnosti. *Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal*, 2014, no. 14, pp.31-35.
6. Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I., eds. Dempfirujushhij rezec s upravljaemoj zhestkost'ju: pat.2535196 Ros. Federacija: MPK V23 V27/00/. №2013113649/02; zajavl.26.03.2013; opubl. 10.12.2014. Bjul.№34.
7. Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I., eds. Povyshenie ustojchivosti processa tochenija dempfirujushhim rezcom. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, no.3(36), pp.122-125.
8. Malyhin V.V., Jacun E.I., Seleznev Ju.N., Novikov S.G. Razrabotka konstrukcij dempfirujushhih rezcov. *Himicheskaja i neftegazovoe mashinostroenie*, 2016, no. 11, pp.25-27.
9. Emel'janov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I., Novikov S.G. Dempfirujushhie rezcy postojannoj zhestkosti i uprugoj svjaz'ju s sistemoj «Stanok-instrument-detall'. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki*, 2017, is. 8, pt. 2, pp.22-31.
10. Jacun E.I., Malyhin V.V., Novikov S.G. Razrabotka i issledovanie konstrukcij dempfirujushhih rezcov. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki*, 2016, is. 8, pt. 1, pp.287-296.
11. Malyhin V.V., Novikov S.G., Novikov F.V. Rezec s dempfirujushhimi svojstvami dlja stankov s ChPU. *VISNIK Harkivs'kogo nacional'nogo tehničeskogo universitetu sil'skogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. Tehnichni nauki*. Is. 118. «Tehnichnij servis APK, Tehnika ta tehnologii u sil'skogospodars'komu mashinoborudovanii. Harkiv, 2013, pp.147-148.

12. Patent RF 2 479385, MPK51 V23V27/00 Dempfirujushhij rezec s reguliruej zhestkost'ju/ Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I [i dr.]; patentoobladatel' FBOU VPO «Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet». №2011141683/02. Zajavl. 13.10.2011. Opubl. 20.04.2013. Bjul. №11.

13. Patent RF 2 511 193, MPK51 V23V27/00. Universal'nyj dempfirujushhij rezec s reguliruej zhestkost'ju / Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I.[i dr.]; patentoobladatel' FBOU VPO «Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet». № 2012144043/02. Zajavl. 16.10.2012. Opubl.10.04.2014. Bjul. №10.

14. Patent RF 2 621 939, MPK51 V23V27/00, Universal'nyj dempfirujushhij rezec s upravljajemoj zhestkost'ju / Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I.[i dr.]; patentoobladatel' FBOU VPO «Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet». № 2015116208/02. Zajavl. 28.04.2015. Opubl.08.06.2017. Bjul. №16.

15. Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I., Novikov F.V. Novaja konstrukcija universal'nogo dempfirujushhego rezca s reguliruej zhestkost'ju. Fizicheskie i komp'juternye tehnologii. Trudy 20-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Donetsk, Lira Publ., 2015, pp.72-75.

Received 21.02.2019

Accepted 15.03.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Сергей Георгиевич Новиков, кандидат технических наук, доцент, ЧОУ ВО «Региональный открытый социальный институт», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: novikov.s.46@mail.ru

Sergey G. Novikov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Private Society "Regional Open Social Institute", Kursk, Russian Federation
e-mail: novikov.s.46@mail.ru

Виталий Викторович Мальных, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: mtio@kurskstu.ru

Vitaliy V. Malykhin, Candidate of Engineering sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: mtio@kurskstu.ru

Повышение эффективности обработки длинномерных валов

Яцун Е. И.¹ ✉, Аникеева Н. П.¹, Карнаухов И. С.¹

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: el.yatsun@gmail.com

Резюме

В статье приводятся условия обеспечения параметров качества механической обработки направляющей поверхности штока гидроцилиндра точением и методами поверхностного пластического деформирования.

Цель исследования: повышение стабильности и производительности процесса обработки нежестких деталей класса валов при обеспечении требуемых параметров качества.

Методы. Проведен анализ статических и динамических характеристик инструментальной системы для режуще-деформирующей обработки. Проведен анализ твердотельной модели резцов фирм Lamina и Mitsubishi с помощью программы Solidworks. Для проверки работоспособности резца фирмы Mitsubishi, стабильности получаемых размеров, шероховатости поверхностей и определения периода стойкости пластин ставился полнофакторный эксперимент 2³.

Результаты. По результатам анализа с помощью программы Solidworks выбран резец фирмы Mitsubishi и проведена опытная промышленная обработка. Промышленный эксперимент показал, что при скорости резания резцом фирмы Mitsubishi, рекомендуемой производителем 200...300 м/мин., возникают вибрации. Для устранения вибраций при точении резцом фирмы Mitsubishi скорость резания была экспериментально принята ≈ 40 м/мин. Из-за уменьшения скорости резания значительно снизилась производительность обработки.

Разработаны новые конструкции инструментов инструментальной системы для режуще-деформирующей обработки нежестких деталей класса «валы», повышающие производительность обработки при стабильности получения требуемых параметров качества: обкатная головка с демпфирующим элементом и демпфирующий резец.

Проведены лабораторные испытания обкатной головки – предварительно определено усилие накатывания, условия состояния поверхности перед накатыванием. Проведена виброакустическая диагностика работы демпфирующего резца в лабораторных условиях. Проведена экспериментальная проверка работы новых инструментов инструментальной системы и анализ достигнутых параметров качества.

Заключение. Применение новых инструментов инструментальной системы для комбинированной режуще-деформирующей обработки позволило повысить производительность и стабильность процесса и обеспечить заданные параметры – точность формы, размеров, шероховатость ($JT7...8$, $Ra < 0.16...0.32 \mu m$) и физико-механические свойства поверхностного слоя детали.

Ключевые слова: нежесткая деталь; инструментальная система; шероховатость; вибрации; демпфирующий резец.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Яцун Е. И., Аникеева Н.П., Карнаухов И. С. Повышение эффективности обработки длинномерных валов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 43-53. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-43-53.

UDC 621.9.02.6

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-43-53

Increase in Processing Efficiency of Long-Length Shafts

Elena I. Yatsun ¹ ✉, Nadezhda P. Anikeeva ¹, Ivan S. Karnaukhov ¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

✉ e-mail: el.yatsun@gmail.com

Abstract

Conditions of ensuring quality parameters of directing mechanical operation of hydraulic cylinder rod surface by turning and by methods of superficial plastic deformation are described in the paper.

Purpose of research is to increase in stability and productivity of nonrigid details processing when ensuring required quality parameters.

Methods. Analysis of static and dynamic characteristics of a tool system for cutting-deforming processing was done. Analysis of Lamina and Mitsubishi solid-state cutters was done by Solidworks program. 2³ experiment was done to check operability of Mitsubishi cutter, stability of obtained sizes, roughness of surfaces. It was also done to define the period of firmness of plates.

Results. Mitsubishi cutter was chose according to the results of the analysis made by Solidworks program and experimental industrial processing was carried out. Industrial experiment shows that there are vibrations made by Mitsubishi cutter at recommended cutting speed 200 ... 300 m/min. Experimental cutting speed was ≈ 40 m/min to eliminate vibrations made by Mitsubishi cutter. Processing productivity decreased considerably due to cutting speed reduction.

New tool design of a tool system for cutting-deforming processing of nonrigid details -"shafts" was developed. New tools increase processing productivity at obtaining stability of required quality parameters: rolling head with damping element and damping cutter.

Laboratory tests of a rolling head was done. Rolling effort, surface condition was defined before rolling. Vibroacoustic diagnostics of damping cutter operation in vitro was carried out. Experimental inspection of new tools operation of a tool system and analysis of quality parameters was carried out.

Conclusion. Use of new tools of a tool system for combined cutting-deforming processing allows to increase productivity and stability of the process and to ensure set parameters: accuracy of a form, sizes, roughness (JT7...8, Ra <0.16 ... 0.32 microns) and physicomechanical properties of detail's surface layer.

Key words: nonrigid detail; tool system; roughness; vibrations; damping cutter.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Yatsun E. I., Anikeeva N. P., Karnaukhov I. S. Increase in Processing Efficiency of Long-Length Shafts. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* = *Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 43-53 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-43-53.

Введение

Современные машины и оборудование должны обладать хорошими эксплуатационными характеристиками в различных условиях их применения. Улучшение эксплуатационных характеристик может быть достигнуто как за счет конструктивного совершенствования машин, применения новых конструкционных материалов, использования прогрессивной технологии изготовления деталей, так и за счет разработки новых конструкций инструментов и усовершенствования уже имеющихся.

Известные конструкции инструментов инструментальных систем для обработки длинномерных валов не обладают в достаточной мере свойствами, предъявляемыми к системам с равновесным силовым состоянием. Это обусловлено такими факторами, как высокие радиальные нагрузки; недостаточная жесткость элементов представленных инструментов инструментальных систем; колебание жесткости подсистемы «деталь - инструмент» по длине обработки и т.д. Эти недостатки не позволяют обеспечить силового замыкания в подсистеме «деталь-инструмент» и ведут к снижению точности обработки, возникновению поперечных колебаний, в результате чего качество снижается. Таким образом, известные конструкции инструментов и инструментальных систем для обработки нежестких валов не в полной мере являются эффективными.

Целью исследования является разработка новых высокоэффективных конструкций инструментов и инструмен-

тальных систем для изготовления нежестких деталей, обеспечивающих стабильность получения заданных параметров качества обработанных поверхностей и повышение производительности процесса.

Объектом исследования являются условия обеспечения требуемых параметров качества при обработке точением и методами поверхностного пластического деформирования направляющей поверхности штока гидроцилиндра.

В статье проведен анализ статических и динамических характеристик инструментальной системы для режущей деформирующей обработки, оказывающих влияние на параметры качества обработки; приведены результаты исследования технологических параметров обработки штока, полученных при производственных и лабораторных испытаниях.

Статические и динамические характеристики процесса точения нежестких валов

Решение задачи стабилизации процесса обработки при резании позволит обеспечить заданную стойкость режущего инструмента [1-7].

На динамическое поведение инструмента при обработке резанием нежестких деталей большое влияние оказывают возбуждаемые автоколебания инструмента [8]. Существуют следующие основные гипотезы причин возбуждения автоколебаний инструмента:

1. Нелинейность характеристик сил резания. При этом сила резания считается связанной с режимами обработки и

геометрией инструмента аналитическим соотношением следующего вида:

$$F = Kp \cdot S_o^{Ks} \cdot V^{Kv} \cdot b^{Kt}, \quad (1)$$

где S_o – подача; V – скорость резания; b – глубина резания; Kp , Kv , Ks , Kt – эмпирические коэффициенты.

Отметим, что статическая характеристика силы резания не применима для анализа процессов обработки материалов с вибрациями, так как коэффициенты в формуле (1) при вибрациях меняются с изменением режимов обработки.

2. Падающая зависимость коэффициента трения от относительной скорости между стружкой и инструментом, а также между деталью и инструментом.

3. Регенерация колебаний при движении по следу, образуемому на поверхности резания в процессе обработки.

В реальных технологических системах при обработке материалов возможно возбуждение автоколебаний по нескольким причинам одновременно. Значит необходимо учесть все причины, вызывающие вибрации инструмента.

Кроме статической характеристики силы резания (1) могут быть рассмотрены следующие динамические характеристики:

1. Линейная динамическая характеристика, представляющая собой зависимость силы резания от толщины срезаемого слоя [8]:

$$F(t) = Kp \cdot h(t), \quad (2)$$

где Kp – эмпирический коэффициент;

$h(t)$ – толщина срезаемого слоя в произвольный момент времени t .

2. Линейная динамическая характеристика с запаздыванием, когда сила ре-

зания в настоящий момент времени t пропорциональна толщине срезаемого слоя, измеренного в момент времени $t - Tp$:

$$F(t) = Kp \cdot h(t - Tp), \quad (3)$$

где Tp – время запаздывания.

3. Нелинейная динамическая характеристика, представляющая собой зависимость силы резания от толщины срезаемого слоя в следующем виде:

$$F(t) = Kp[h(t) + K_1 h^2(t) + K_2 h^2(t) + K_3 h^2(t)], \quad (4)$$

где K_i – эмпирические коэффициенты.

Определение эмпирических коэффициентов и получение решения нелинейной динамической характеристики вида (4) является очень трудоемкой задачей.

Вибрационная модель состояния режущей кромки инструмента при обработке нежестких валов

В работе [9] для построения вибрационной модели поведения режущей кромки инструмента при обработке труднообрабатываемых сплавов рассмотрена линейная динамическая характеристика (2).

Вибрационная модель с линейной системой уравнений основана на линейной динамической характеристике силы резания. При точении инструментом с большим вылетом наименее жестким элементом в технологической системе является державка. Поэтому при расчете колебаний системы можно ограничиться только рассмотрением вибраций державки. Для упрощения расчетов за основу принята схема свободного прямоугольного резания (рис. 1, а).

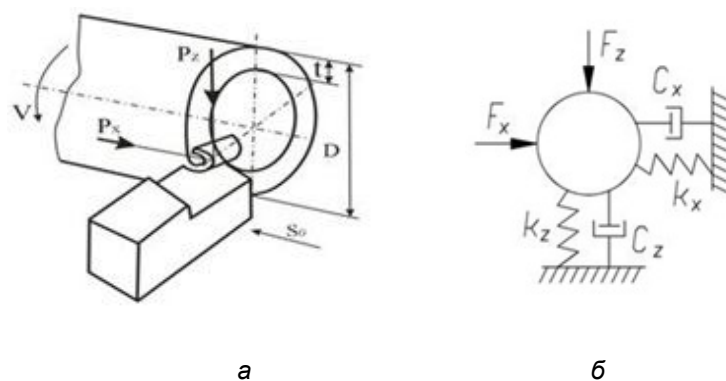


Рис. 1. Схема свободного прямоугольного резания: а - принципиальная схема процесса ортогонального резания; б - расчетная схема при свободном прямоугольном резании

Согласно схеме (рис. 1, б) режущий инструмент представляется в виде точечной массы с двумя степенями свободы, совершающей колебания в направлениях X и Z . В каждом направлении точечная масса подкреплена упругими и демпфирующими элементами. На массу действует также возмущающая сила, являющаяся результатом взаимодействия режущих кромок инструмента с материалом заготовки (сила резания). В условиях динамического равновесия державки, с учетом действующих на нее сил резания, получены следующие линейные уравнения колебаний режущей кромки инструмента:

$$\begin{cases} M_x \cdot \ddot{x} + c_x \cdot \dot{x} + k_x \cdot x = -F_x \\ M_z \cdot \ddot{z} + c_z \cdot \dot{z} + k_z \cdot z = -F_z, \end{cases} \quad (5)$$

где $M_x \cdot \ddot{x}, M_z \cdot \ddot{z}$, – силы инерции колебательной системы;

M_x, M_z – массы колебательной системы;

$\dot{x}, \dot{z}$ – скорость перемещений колебательной системы;

c_x, c_z – коэффициенты трения в системе (коэффициент демпфирования);

k_x, k_z – коэффициенты жесткости колебательной системы;

F_x, F_z – составляющие силы резания, действующие на систему.

Динамическая составляющая толщины стружки с учетом вибраций в системе с двумя степенями свободы в двух перпендикулярных плоскостях после преобразований может быть выражена как:

$$h(t) = S_0 + x(t) - x \left(t - \left(T_0 + \frac{Z(t) - Z(t - T_0)}{\omega_0 \cdot R} \right) \right). \quad (6)$$

Выражая (5) через (6) получена зависимость составляющих силы резания от динамической толщины срезаемого слоя b :

$$\begin{cases} F_x = K_x \cdot b \left[S_0 + x(t) - x \left(t - \left(T_0 + \frac{Z(t) - Z(t - T_0)}{\omega_0 \cdot R} \right) \right) \right] \\ F_z = K_z \cdot b \left[S_0 + x(t) - x \left(t - \left(T_0 + \frac{Z(t) - Z(t - T_0)}{\omega_0 \cdot R} \right) \right) \right]. \end{cases} \quad (7)$$

Система уравнений перемещений инструмента, вызванных вибрациями,

для случая с двумя степенями свободы будет выглядеть следующим образом:

ботке штоков гидроцилиндров является достижение стабильности получения требуемых размеров и шероховатости поверхности.

Так как наружная поверхность штока работает в агрессивной среде и должна выдерживать большие нагрузки, то для упрочнения поверхностного слоя детали, повышения его износостойкости и обеспечения требуемой шероховатости поверхности применяется обкатка, полирование и хромирование наружной поверхности. Кроме уменьшения шероховатости поверхности после операции обкатки во многих случаях улучшаются также эксплуатационные свойства деталей машин.

Проведен анализ механической обработки штока (см. рис.2). Проблемы, возникающие при обработке детали «Шток»:

- использование неподвижного люнета для уменьшения отжима заготовки при проведении токарной обработки приводит к необходимости останавливать станок и переставлять люнет;
- отжим приводит к бочкообразности в средней части вала и вызывает вибрации инструмента;
- использование напайного инструмента с пластиной T15K6 не дает стабильного получения параметра шероховатости на операции чистового точения;
- после операции обкатки наблюдается ворсистость поверхности, которую приходится удалять шлифовальной шкуркой.

Токарную обработку предложено проводить на токарном обрабатывающем центре РЦМ8000 с проходным суппортом и подвижным люнетом.

Рассмотрены два токарных резца:

1. Резец фирмы Lamina серии STAR-LINE: державка ST-SXJBL 2525 M06, твердосплавные пластины ST-VBMT 060404LNNLT 10 и ST-DBMT 060404LNNLT 10 с углом резания 55° и 35° соответственно.

2. Резец фирмы Mitsubishi: державка CTGPL 2525 с пластинами TPGR 160308LNX 2525 и TPGR 160304LNX 2525, материал пластин металлокерамика NX 2525.

Для выбора инструмента с наилучшими показателями был проведен анализ твердотельной модели резцов с помощью программы Solidworks [9, 10]. По результатам статического анализа для заданных условий обработки при точении наружной поверхности штока $\varnothing 60(-0,12;-0,18)$ рекомендуется резец фирмы Mitsubishi, державка CTGPL2525, пластина TPGR 160308LNX 2525.

Для проверки работоспособности и стабильности получаемых размеров и шероховатости поверхностей, определения периода стойкости пластин была проведена опытная промышленная обработка. Измерялась величина шероховатости поверхности заготовки после чистовой обработки. Ставился факторный эксперимент $2^3 = 8$. Выявлена зависимость величины шероховатости обработанной поверхности после чистового точения от трех факторов:

частоты вращения заготовки p , глубины резания t и подачи режущего инструмента S .

Условия опытной обработки: деталь – шток; заготовка – Труба 73x15-35 ГОСТ 23270-78; количество деталей – 48; диаметр обрабатываемой поверхности $\varnothing 60d9$; длина обрабатываемой поверхности/длина детали – 3769/3942 мм; допуск нецилиндричности обработанной поверхности штока на всей длине 0,01...0,02 мм. Режимы резания $n = 214/250$ об/мин., $t = 2/1,5/1,2$ мм, $S = 0,26/0,3/0,33$ мм/об.

При увеличении либо уменьшении значения подачи наблюдалось уменьшение периода стойкости режущей кромки пластины. Уменьшение подачи приводит к износу по задней поверхности инструмента и снижению его стойкости. Увеличение подачи приводит к повышению температуры в зоне резания и износу по передней поверхности. Для предотвращения сильного нагрева режущей пластины применялось обильное охлаждение СОЖ «Cimstar 536».

Однако влияние подачи на стойкость инструмента несоизмеримо мало по сравнению со скоростью резания. Скорость резания, рекомендуемая производителем на данный тип инструмента, 200...300 м/мин. Скорость резания при обработке штоков $\varnothing 60d9$ принята $V \approx 40$ м/мин. При проведении экспериментальной обработки вибраций не возникло.

Была произведена обкатка двух деталей «Шток» новой конструкцией об-

катного инструмента с демпфирующей головкой [11–13]. Шероховатость поверхности $R_{\text{amax}} 0,32$ мкм – в соответствии с чертежом, ворсистости не наблюдалось.

Были проведены экспериментальные лабораторные исследования по определению зависимости величины шероховатости при обработке демпфирующим резцом. Полученные результаты позволяют утверждать, что при точении таким инструментом длинномерных нежестких валов возможно обеспечить шероховатость обработанной поверхности $R_{\text{amax}} 2,5$ мкм и увеличить производительность процесса за счет скорости резания [14].

Выводы

1. На основании проведенных промышленных испытаний обработки резцом фирмы Mitsubishi, державка CTGPL 2525 с пластинами TPGR 160308LNX 2525 с радиусом вершины $r = 0,8$ мм установлено:

– шероховатость поверхности штока $\varnothing 60d9$ $Ra 9,53 \dots 9,7$ мкм и допуск нецилиндричности на всей длине 0,01...0,02 мм, что соответствует чертежу; период стойкости $T = 470$ мин. на одной режущей кромке пластины, что соответствует 8 обработанным деталям. Пластина имеет 3 режущие кромки.

2. На основании проведенных лабораторных испытаний установлено:

– обкатка наружного диаметра $\varnothing 60d9$ двух деталей «Шток» новой конструкцией обкатного инструмента с

демпфирующей головкой позволяет получить шероховатость поверхности $R_a 2,5$ мкм в соответствии с чертежом, ворсистости не наблюдается;

– чистовая токарная обработка направляющей поверхности штока демп-

фирующим резцом обеспечивает стабильность получения заданного параметра шероховатости;

– обкатка инструментом с демпфирующей головкой позволяет устранить появление ворсистости поверхности.

Список литературы

1. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000. 300 с.
2. Подураев В.П. Обработка резанием с вибрациями. М., 1970. 351 с.
3. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник. М.: Машиностроение, 1987. 328 с.
4. Теоретические основы процессов поверхностного пластического деформирования / Е.М. Макушок, Т.В. Калиновская, М.А. Москалев [и др.]; под ред. В.И. Беляева. Минск: Наука и техника, 1988. 184 с.
5. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 1978. 152 с.
6. Позняк Г.Г. Повышение стабильности процесса резания на основе моделирования динамики рабочего пространства технологических систем: дис. ... канд. техн. наук. М.: РУДН, 2002. 478 с.
7. Яковлев М. Г. Исследование динамики процесса резания при обработке жаропрочных материалов // Наука и образование. Эл № ФС 77 - 48211. 2009.
8. Яцун Е.И., Малыхин В.В., Новиков С.Г. Виброакустическая диагностика состояния режущего инструмента и микронеровностей обработанной поверхности // Справочник: инженерный журнал. 2014. № 4. С. 31 – 35.
9. SolidWorks 2007/2008 Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов, А. И. Харитонович, Н. Б. Пономарев. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 1040 с.
10. Яцун Е.И., Малыхин В.В., Новиков С.Г. Повышение эксплуатационных характеристик демпфирующих резцов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. №2. С.43-46.
11. Повышение устойчивости процесса точения демпфирующим резцом/ Е.А. Кудряшов, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун, Е.В. Павлов, С.Г. Новиков // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. №3(36). С.122-125.
12. Пат. 2535196 Рос. Федерация: МПК В23В27/00/ Демпфирующий резец с управляемой жесткостью / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун, Н.В. Домарев, А.Е. Чижов, Ф.В. Новиков [и др.]; заявитель патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-

Западный государственный университет» (ЮЗГУ). №2013113649/02; заявл. 26.03.2013; опубл. 10.10.2014, Бюл. №28. 10 с.

13. Пат. 2479385 Рос. Федерация: МПК В23В27/00/ Демпфирующий резец с регулируемой жесткостью / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун, Е.А. Кудряшов, Н.В. Домарев; заявитель патентообладатель ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ). №2011141683/02; заявл. 13.10.2011; опубл. 20.04.2013, Бюл. №11. 8 с.

14. Инструментальное обеспечение процессов механической обработки твердыми сплавами и композитами / Е.И. Яцун, В.В. Малыхин, О.С. Зубкова, С.Г. Новиков. Курск. 2016. 225 с.

Поступила в редакцию 17.01.2019

Подписана в печать 14.02.2019

Reference

1. Suslov A.G. Kachestvo poverhnostnogo sloja detalej mashin. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2000, 300 p.
2. Poduraev V.P. Obrabotka rezaniem s vibracijami. Moscow, 1970, 351 p.
3. Odincov L.G. Uprochnenie i otdelka detalej poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem. Spravochnik. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1987, 328 p.
4. Makushok E.M., Kalinovskaja T.V., Moskalev M.A., eds. Teoreticheskie osnovy processov poverhnostnogo plasticheskogo deformirovanija; ed. by Beljaev V.I. Minsk, Nauka i tehnika Publ., 1988, 184 p.
5. Papshev D.D. Otdelochno-uprochnjajushhaja obrabotka poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978, 152 p.
6. Poznjak G.G. Povyshenie stabil'nosti processa rezanija na osnove modelirovanija dinamiki rabocheho prostranstva tehnologicheskikh sistem. Diss. kand.tekhn.nauk. Moscow, RUDN Publ., 2002, 478 p.
7. Jakovlev M. G. Issledovanie dinamiki processa rezanija pri obrabotke zharo-prochnyh materialov. Nauka i obrazovanie. Izdatel' FGBOU VPO "MG TU im. N.Je. Bauman". Jel № FS 77 - 48211. 2009.
8. Jacun E.I., Malyhin V.V., Novikov S.G. Vibroakusticheskaja diagnostika sostojanija rezhushhego instrumenta i mikronerovnostej obrabotannoj poverhnosti. *Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal*, 2014, no. 4, pp. 31 – 35.
9. Aljamovskij A. A., Sobachkin A. A., Odincov E. V., Haritonovich A. I., Ponomarev N. B. SolidWorks 2007/2008 Komp'juternoe modelirovanie v inzhenernoj praktike. Saint-Petersburg, 2008, 1040 p.

10. Jacun E.I., Malyhin V.V., Novikov S.G. Povyshenie jekspluatacionnyh harakteristik dempfirujushhih rezcov. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tehnika i tehnologii*, 2012, no.2, pp.43-46.

11. Malyhin V.V., Jacun E.I., Pavlov E.V., Novikov S.G. Povyshenie ustojchivosti processa tochenija dempfirujushhim rezcom. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, no. 3(36), pp.122-125.

12. Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I., Domarev N.V., Chizhov A.E., Novikov F.V. [i dr.]. Dempfirujushhij rezec s upravljaemoj zhestkost'ju. Patent RF, no. 2535196, 2014.

13. Novikov S.G., Malyhin V.V., Jacun E.I., Kudrjashov E.A., Domarev N.V. Dempfirujushhij rezec s reguliruemoj zhestkost'ju. Patent RF, no. 2479385, 2013.

14. Jacun E.I., Malyhin V.V., Zubkova O.S., Novikov S.G. Instrumental'noe obespechenie processov mehanicheskoy obrabotki tverdymi splavami i kompozitami. Kursk, 2016, 225 p.

Received 17.01.2019

Accepted 14.02.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Елена Ивановна Яцун, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Машиностроительной технологии и оборудования», ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: el.yatsun@gmail.com

Elena I. Yatsun, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: el.yatsun@gmail.com

Надежда Петровна Аникеева, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Архитектуры, градостроительства и графики», ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: nadine2183@mail.ru

Nadezhda P Anikeeva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Architecture and Town Planning, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: nadine2183@mail.ru

Иван Сергеевич Карнаухов, аспирант, кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: karnaukhov-92@mail.ru

Ivan S. Karnaukhov, Post-Graduate Student, Department of Mechanical Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: karnaukhov-92@mail.ru

УДК 621.791.039:621.791.763.7

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-54-63

Исследование характеристик электродинамического привода механизма сжатия для конденсаторной сварки малогабаритных деталей

Иванов Н. И.¹ ✉, Лобов В. Б.¹, Котов С. С.¹

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: ni1949@mail.ru

Резюме

Цель исследования. При конденсаторной сварке соединений малогабаритных деталей с «открытой» зоной контакта, широко применяемой в производстве изделий радиоэлектронной и электротехнической промышленности, одним из наиболее эффективных технологических приемов является изменение усилия сжатия по благоприятной программе, задаваемой изначально. Целесообразным конструктивным решением такого подхода является применение в сварочной установке комбинированного привода программируемого механизма сжатия. В таком приводе требуемое, относительно небольшое, начальное статическое усилие сжатия деталей осуществляется пружиной малой жесткости, а резкое увеличение скорости перемещения электрода по заданной программе, в момент достижения в контакте сварочной температуры, производится электросиловым приводом – электромагнитным или электродинамическим. В отличие от электромагнитного привода, результаты исследования динамических свойств и регулировочных характеристик которого достаточно широко освещены в литературных источниках, исследования, касающиеся особенностей характеристик электродинамического привода, выгодно отличающегося по динамическим свойствам от электромагнитной системы, проведены недостаточно. В связи с этим данная работа посвящена исследованию регулировочных характеристик программируемого импульса динамического усилия, развиваемого электродинамическим приводом, питаемым от автономного конденсаторного дозатора энергии и трансформатора типа сварочного.

Методы. В данной статье разработаны экспериментальный стенд и оригинальная методика исследования регулировочных характеристик импульса программируемого усилия электродинамического привода, и исследованы основные параметры этих характеристик.

Результаты. Приведенные в статье результаты исследования показывают, что варьирование емкости и зарядного напряжения батареи конденсаторов источника питания позволяет в широких пределах изменять амплитудное значение динамического усилия и, в меньшей степени, влияет на время его нарастания до максимума и полное время действия силы.

Заключение. Использование конденсаторного дозатора энергии в качестве источника питания электродинамического привода позволит в широких пределах регулировать геометрию импульса электродинамической силы и т. о. программировать его динамические свойства.

Ключевые слова: конденсаторная сварка; механизм сжатия; электродинамический привод; экспериментальный стенд; конденсаторный дозатор энергии; методика исследования; импульс динамического усилия; регулировочные характеристики.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

© Иванов Н. И., Лобов В. Б., Котов С. С., 2019

Для цитирования: Иванов Н.И., Лобов В.Б., Котов С.С. Исследование характеристик электродинамического привода механизма сжатия для конденсаторной сварки малогабаритных деталей // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 54-63. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-54-63.

UDC 621.791.039:621.791.763.7

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-54-63

Study of the Characteristics of Electrodynamic Drive of Compression Engine for Condenser Energy-Storage Welding of Small Parts Compounds

Nikolay I. Ivanov ¹ ✉, Vladislav B. Lobov ¹, Sergey S. Kotov ¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

✉ e-mail: ni1949@mail.ru

Abstract

Purpose of research. Changing the compressive force according to an initially set program is one of the most effective technological methods for condenser energy-storage welding of small parts compounds with an "open" contact area, widely used in the manufacture of products of radio electronic and electrical industries. An expedient constructive solution to this approach is the use of a programmable compression engine in the welding unit of the combined drive. In such a drive, the required, relatively small, initial static compression force of parts is carried out by a spring of low rigidity. The sharp increase in the speed of movement of the electrode according to a given program is produced by an electric power drive - electromagnetic or electrodynamic- at the time of reaching the welding temperature in contact. In contrast to the electromagnetic drive the results of the study of the dynamic properties and its control characteristics are widely covered in literature, the studies concerning the characteristics of an electrodynamic drive, favorably differing in dynamic properties from the electromagnetic system, are not carried out in sufficient volume. In this regard, this paper is devoted to the study of the adjustment characteristics of a programmable pulse of dynamic force developed by an electrodynamic drive powered by an autonomous capacitor energy dispenser and a welding type transformer.

Methods. This article has developed an experimental test bed and an original technique for studying the adjustment characteristics of pulse of the programmable force of electrodynamic drive. The main parameters of these characteristics have been investigated here as well.

Results. The results of the research given in the article show that variation of the capacitance and charging voltage of battery of the power supply capacitors allows the amplitude value of the dynamic force to be varied within wide limits and, to a lesser extent, affects the time of its rise to the maximum and the total operation time of the force.

Conclusion. The use of an energy capacitor dispenser as a source of power for an electrodynamic drive will make it possible to regulate the pulse geometry of an electrodynamic force and thus program its dynamic properties.

Key words: condenser energy-storage welding; compression engine; electrodynamic drive; experimental test bed; energy capacitor dispenser; research technique; dynamic force pulse; adjustment characteristics.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Ivanov N.I., Lobov V.B., Kotov S.S. Study of the Characteristics of Electrodynamical Drive of Compression Engine for Condenser Energy-Storage Welding of Small Parts Compounds. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 54-63 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-54-63.

Введение

При конденсаторной сварке соединений малогабаритных деталей с «открытой» зоной контакта [1], широко применяемой в производстве изделий радиоэлектронной и электротехнической промышленности, одним из наиболее эффективных технологических приемов является изменение усилия сжатия по благоприятной программе, задаваемой изначально [2-4]. Цикл сжатия переменным усилием снижает вероятность несплошности, повышает термический КПД нагрева металлов и, соответственно, КПД сварочной машины [5].

Для программирования переменного в процессе сварки усилия требуется механизм сжатия с комбинированным приводом [6,7]. В таком приводе необходимое, относительно небольшое, начальное статическое усилие сжатия деталей осуществляется пружиной малой жесткости, а резкое увеличение скорости перемещения подвижного электрода по заданной программе, в момент достижения в контакте сварочной температуры, производится электросиловым приводом – электромагнитным или электродинамическим.

В отличие от электромагнитного привода, результаты исследования динамических свойств и регулировочных характеристик которого достаточно

широко освещены в литературных источниках [3,4,6-8], работ, касающихся применения электродинамического привода (в дальнейшем – ЭДП), очень мало. При этом, ЭДП выгодно отличается по динамическим свойствам от электромагнитной системы, что особенно важно для сварки малогабаритных деталей, когда продолжительность электронагрева конденсаторным импульсом тока составляет менее 10 мс. Достоинством ЭДП является отсутствие ферромагнитных масс и, соответственно, малая индуктивность его обмоток. Это определяет незначительную инерционность и высокие динамические свойства, позволяющие при сварке малогабаритных деталей получать необходимую скорость нарастания создаваемого усилия за требуемое время. Известные работы посвящены методике расчета конструкции ЭДП [9] или конструктивным особенностям исполнения ЭДП в составе установки для конденсаторной сварки [10]. В то же время, работы, посвященные экспериментальному исследованию регулировочных характеристик ЭДП, ответственных за программирование требуемого в процессе сварки импульса динамического усилия, в печати практически отсутствуют. В связи с этим данная работа посвящена исследованию на экспериментальной установке регулировочных характеристик

программируемого импульса динамического усилия, развиваемого ЭДП, питаемого от автономного конденсаторного дозатора энергии, подключенного к трансформатору типа сварочного.

Материалы и методы решения задачи

В экспериментальной установке (рис. 1) ЭДП выполнен в виде двух плоских дисковых катушек со спиральными обмотками, отталкивающих друг от друга при пропускании через них в разном направлении кратковременного импульса тока. Одна из катушек 6 крепится к подвижной части механизма сжатия, а другая 5, установленная параллельно первой, связана с его неподвижным основанием 1.

Для выявления технологических возможностей ЭДП требовалась разработка методики оценки истинной величины развиваемого им усилия. Наиболее просто, без каких-либо дополнительных средств и аппаратуры, это можно сделать сопоставлением диаметров отпечатков, полученных на относительно мягком материале действием усилия известной величины и измеряемого усилия ЭДП, соответственно. Однако, как показали эксперименты, такой способ измерения динамического усилия вносит существенную ошибку в определение истинного значения, так как сравнение статических и динамических нагрузок справедливо лишь в области упругих деформаций. При пластических деформациях это соответствие нарушается, в связи с тем, что сопротивление деформации материала

при вдавливании шарика зависит от скорости приложения нагрузки. При динамических (ударных) нагрузках способность поверхностных слоев оказывать сопротивление деформации нарастает в процессе восприятия удара и опережает скорость распространения ударного давления.

Для измерения амплитудной величины динамического усилия, развиваемого ЭДП при различной мощности источника питания, была разработана методика динамической тарировки усилия, сущность которой заключается в следующем (см. рис. 1). Два электрода 2 и 3 под действием пружины сжимаются статическим усилием сжатия, определяемым предварительной тарировкой пружины 4. При этом в замкнутой цепи, в которую включен звуковой генератор 8 типа ГЗ-33, проходит ток. С добавочного сопротивления R снимается падение напряжения звуковой частоты, и сигнал подается на один из входов двухканального цифрового запоминающего осциллографа 9 типа С9-8.

Для каждого статического усилия сжатия электродов подбирали такое напряжение источника питания ЭДП (напряжение зарядки конденсаторов C), при котором противодействующее динамическое усилие незначительно превышало величину статической нагрузки. В этом случае, при срабатывании ЭДП происходит разрыв контакта между электродами и падение напряжения на добавочном сопротивлении R становится равным нулю, что регистрируется осциллографом 9 (рис. 2).

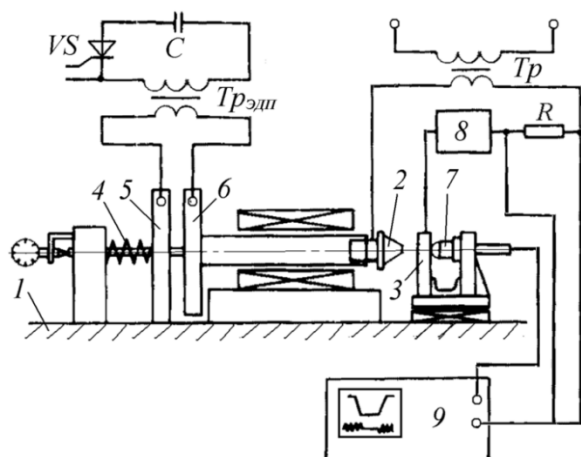


Рис. 1. Конструктивная схема экспериментальной установки, совмещенная с электрической схемой способа тарировки электродинамической силы: 1 – основание; 2 – электрод подвижный; 3 – электрод неподвижный; 4 – пружина; 5 – катушка ЭДП неподвижная; 6 – катушка ЭДП подвижная; 7 – пьезодатчик усилия; 8 – звуковой генератор; 9 – электронный цифровой осциллограф

Одновременно, вторым каналом осциллографа регистрируются показания датчика давления, соответствующие нулевому значению усилия в контакте электродов. Разница начального и конечного сигнала с датчика является искомой величиной амплитуды импульса динамического усилия, развиваемого ЭДП при конкретном напряжении источника питания. В качестве датчика, для измерения импульсных усилий, использовали пьезоэлектрический датчик на основе керамики из титаната бария, имеющей хорошую частотную характеристику и сравнительно высокий уровень выходного сигнала [11].

Полученная таким образом зависимость динамического усилия от напряжения источника питания приведена на рис. 3, на котором, для сравнения, дана

та же зависимость, полученная при тарировке динамического усилия по диаметру отпечатка.

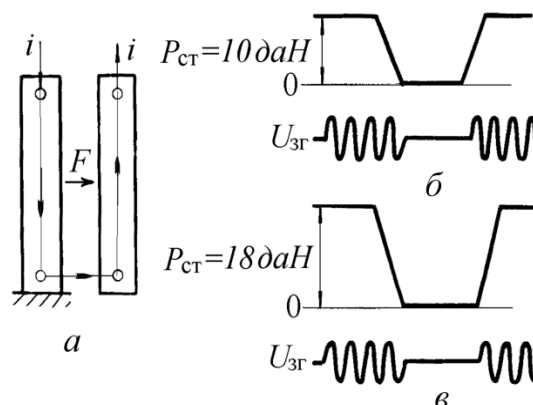


Рис. 2. Схема направления протекания тока i и действия электродинамической силы F в катушках ЭДП (а) и осциллограммы усилия P (верхняя) и напряжения генерации звуковой частоты $U_{зг}$ (нижняя) при различном статическом усилии $P_{ст}$ (б, в)

Как следует из графика, метод тарировки по диаметру отпечатка может давать заниженные значения величины динамического усилия более чем на 20 %.

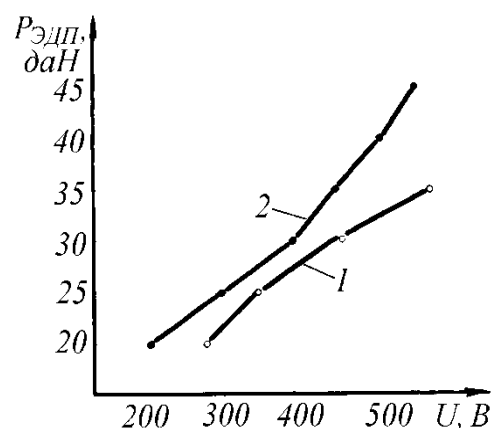


Рис. 3. Зависимость динамического усилия от напряжения источника питания при различных способах тарировки: 1 – по диаметру отпечатка; 2 – по обрыву напряжения генерации звуковой частоты

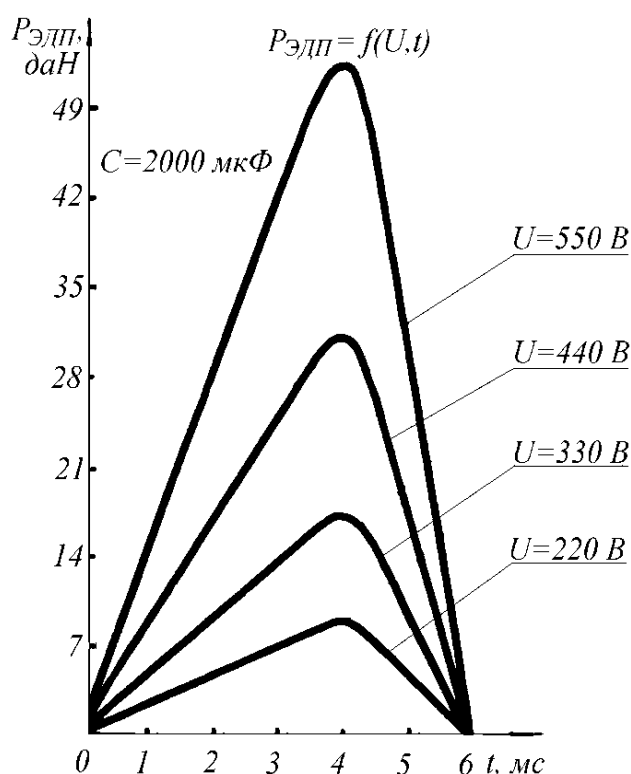
Проведенная тарировка усилия ЭДП позволила выполнить эксперименты по исследованию его динамических регулировочных характеристик.

В связи с тем, что питание ЭДП осуществляется от конденсаторного дозатора энергии, важно было установить влияние емкости и зарядного напряжения на геометрию импульса электродинамической силы. Величина этих параметров определяет силовое электродинамическое взаимодействие между дисковыми катушками системы при преоб-

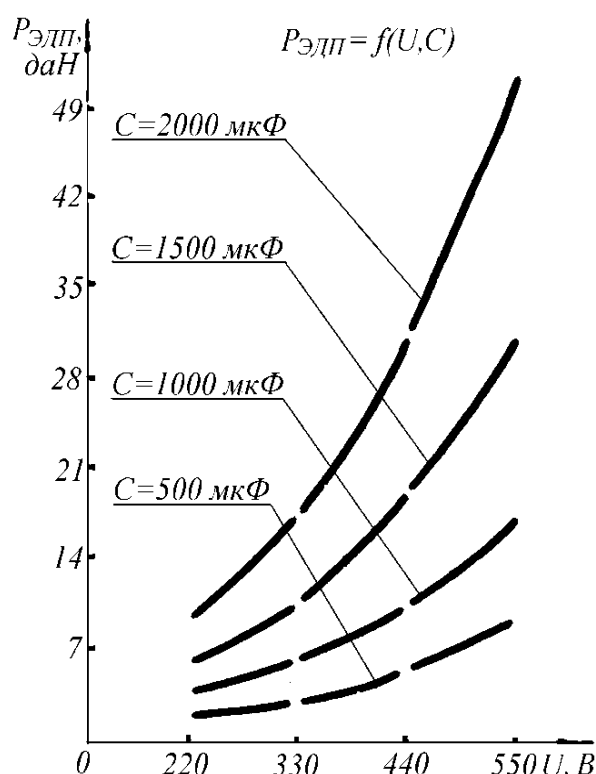
разовании электрической энергии в механическую работу привода.

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что варьирование емкости и зарядного напряжения батареи конденсаторов позволяет в широких пределах изменять амплитудное значение усилия (рис. 4, а, б) и в меньшей степени влияет на время его нарастания до максимума t_1 и полное время действия t_2 (рис. 4, в, г).



а



б

Рис. 4. Регулировочные зависимости параметров геометрии импульса электродинамической силы от напряжения U (а, б, г), емкости конденсаторов C (б, в, г) и зазора между катушками Δ (в) (окончание на с. 60)

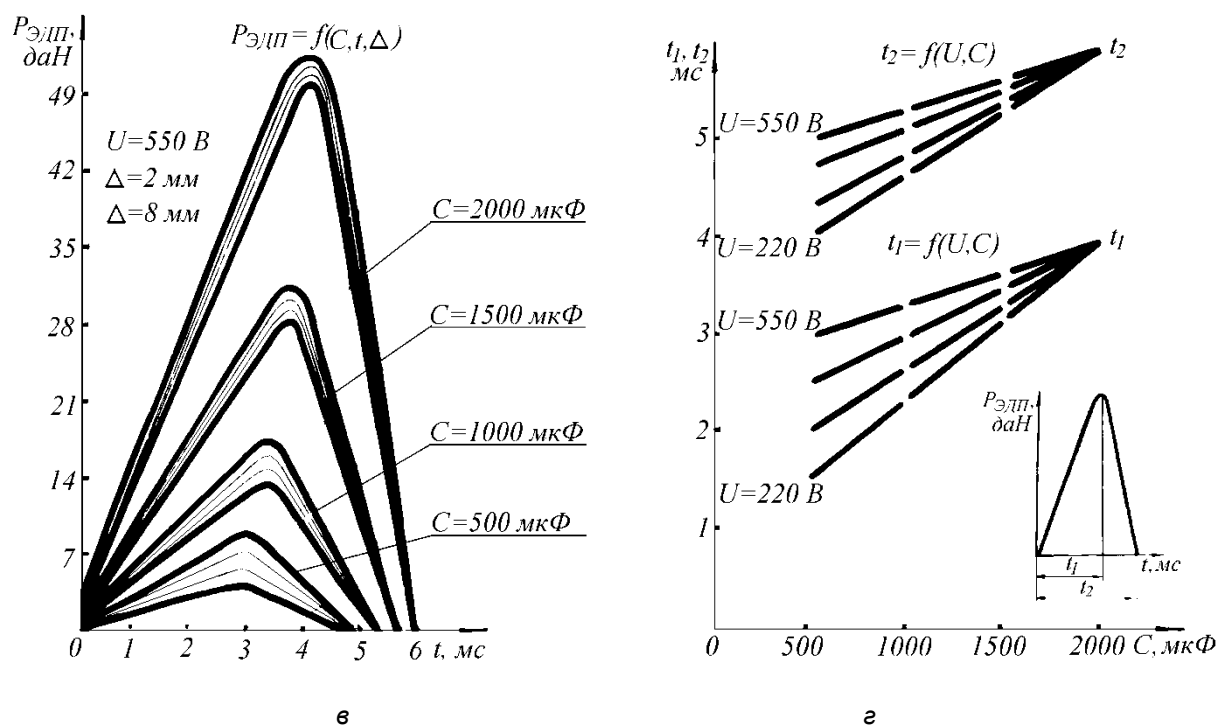


Рис. 4. Регулировочные зависимости параметров геометрии импульса электродинамической силы от напряжения U (а, б, в), емкости конденсаторов C (б, в, г) и зазора между катушками Δ (в) (начало на с. 59)

Амплитудное значение усилия зависит не только от величины тока, питающего ЭДП, но и от величины зазора между катушками Δ . При этом, с увеличением энергии, запасаемой в конденсаторах, увеличение зазора в меньшей степени оказывает влияние на амплитуду электродинамической силы (рис. 4, в). Так, при емкости $C = 200$ мкФ и напряжении $U = 550$ В увеличение расстояния между катушками от 2 до 8 мм снижает амплитуду усилия всего лишь на 2 %, тогда как при $C = 500$ мкФ и $U = 550$ В и таком же изменении зазора Δ , усилие уменьшается более чем на 50 %.

Использование конденсаторного дозатора энергии в качестве источника питания электродинамического привода позволит в широких пределах регули-

ровать геометрию импульса электродинамической силы и т. о. программировать его динамические свойства.

Выводы

1. Разработана методика тарировки усилия, развиваемого электродинамическим приводом, по обрыву напряжения генерации звуковой частоты.

2. Экспериментально получены регулировочные характеристики электродинамического привода, питаемого от автономного конденсаторного дозатора энергии.

3. Установлено, что варьирование емкости и зарядного напряжения батареи конденсаторов позволяет в широких пределах изменять амплитудное значение усилия и в меньшей степени влияет на

время его нарастания до максимума и полное время действия.

4. Амплитудное значение усилия зависит не только от величины тока, питающего ЭДП, но и от величины за-

зора между его катушками. При этом, с увеличением энергии, запасаемой в конденсаторах, увеличение зазора в меньшей степени оказывает влияние на амплитуду электродинамической силы.

Список литературы

1. Строев В.И., Иванов Н.И., Самсонов И.А. Управление процессом контактной сварки малогабаритных деталей с открытой зоной образования соединения // Электротехническая промышленность. Серия Электросварка. 1983. Вып. 6 (81). С. 17–18.
2. Иванов Н.И., Строев В.И., Дюдин В.Н. Рациональный цикл сжатия при контактной импульсной сварке сопротивлением цветных металлов и сплавов // Актуальные проблемы сварки цветных металлов: докл. II Всесоюз. конф. Киев: Наук. думка, 1985. С. 391–394.
3. Иванов Н.И., Строев В.И., Каганов Н.Л. Рациональная циклограмма процесса контактной автоматической сварки узлов резисторов // Сварочное производство. 1985. №8. С. 17–19.
4. Иванов Н.И., Шумаков А. А. Стабилизация температуры нагрева регулированием усилия осадки при конденсаторной сварке крестообразных проволочных соединений // Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 3 (11). С. 51–59.
5. Лебедев В.К., Завадский В.А. Рациональный цикл усилия сжатия электродов при точечной сварке тонкого металла // Автоматическая сварка. 1972. №2. С. 43–45.
6. Иванов Н.И., Волков Б.В. Исследование кинетики формирования Т-образных соединений малогабаритных деталей при контактной сварке с комбинированным механизмом осадки // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. №2, ч. 3. С. 22–25.
7. Иванов Н.И., Чаплыгин А.Ю. Особенности программирования переменного усилия механизма сжатия при контактной сварке малогабаритных деталей // Материалы и упрочняющие технологии - 2003: сборник материалов X юбилейной Российской научно-технической конференции с международным участием: в 2 ч. Ч.1. Курск, 2003. С. 34–41.
8. Иванов Н.И., Строев В.И. Эффективные режимы сварки сопротивлением контактных узлов радиодеталей в массовом производстве // Сварочное производство. 1990. №7. С. 3–5.
9. Любомирский Л.А., Хазов В.Я. Расчет электродинамического привода сварочного усилия машин контактной сварки // Электротехническая промышленность. Серия электросварка. 1971. Вып. 6. С. 24–26.

10. Каганов Н.Л., Исаев А.П., Строев В.И. Установка для контактной конденсаторной сварки с программированием усилия сжатия // Известия ВУЗов. Машиностроение. 1974. №2. С. 170–173.

11. Строев В.И., Дюдин В.Н., Иванов Н.И. Контроль цикла сжатия при контактной автоматической сварке узлов радиодеталей // Сварочное производство. 1985. №3. С. 26-27.

Поступила в редакцию 10.01.2019

Подписана в печать 15.02.2019

Reference

1. Stroeve V.I., Ivanov N.I., Samsonov I.A. Upravlenie processom kontaktnoj svarki malogabaritnyh detalej s otkrytoj zonoj obrazovaniya soedinenija. *Jelektrotehnicheskaja promyshlennost'. Seriya: Jelektrosvarka*, 1983, no. 6 (81), pp. 17–18.

2. Ivanov N.I., Stroeve V.I., Djudin V.N. Racional'nyj cikl szhatija pri kontaktnoj impul'snoj svarke soprotivleniem cvetnyh metallov i splavov. Aktual'nye problemy svarki cvetnyh metallov. Dokl. II Vsesojuzn. konf. Kiev, Nauk. dumka Publ., 1985, pp. 391–394.

3. Ivanov N.I., Stroeve V.I., Kaganov N.L. Racional'naja ciklogramma processa kontaktnoj avtomaticheskoy svarki uzlov rezistorov. *Svarochnoe proizvodstvo*, 1985, no. 8, pp. 17–19.

4. Ivanov N.I., Shumakov A. A. Stabilizacija temperatury nagreva regulirovaniem usilija osadki pri kondensatornoj svarke krestoobraznyh provolochnyh soedinenij. *Sovremennye materialy, tehnika i tehnologii*, 2017, no. 3 (11), pp. 51–59.

5. Lebedev V.K., Zavadskij V.A. Racional'nyj cikl usilija szhatija jelektrodov pri tochechnoj svarke tonkogo metalla. *Avtomaticeskaja svarka*, 1972, no.2, pp. 43–45.

6. Ivanov N.I., Volkov B.V. Issledovanie kinetiki formirovanija T-obraznyh soedinenij malogabaritnyh detalej pri kontaktnoj svarke s kombinirovannym mehanizmom osadki. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tehnika i tehnologii*, 2012, no.2, pt. 3, pp. 22-25.

7. Ivanov N.I., Chaplygin A.Ju. Osobennosti programmirovaniya peremennogo usilija mehanizma szhatija pri kontaktnoj svarke malogabaritnyh detalej. *Materialy i uprochnjajushhie tehnologii - 2003. Sbornik materialov X jubilejnoj Rossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Kursk*, 2003, pp. 34–41.

8. Ivanov N.I., Stroeve V.I. Jefferektivnye rezhimy svarki soprotivleniem kontaktnyh uzlov radiodetalej v massovom proizvodstve. *Svarochnoe proizvodstvo*, 1990, no.7, pp. 3–5.

9. Ljubomirskij L.A., Hazov V.Ja. Raschet jeлектродинамического привода svarochnogo usilija mashin kontaktnoj svarki. *Jeлектrotehnicheskaja promyshlennost'. Seriya jeлектросварка*, 1971, pt. 6, pp. 24–26.

10. Kaganov N.L., Isaev A.P., Stroeв V.I. Ustanovka dlja kontaktnoj kondensatornoj svarki s programmirovaniem usilija szhatija. *Izvestija VUZov. Mashinostroenie Publ.*, 1974, no.2, pp. 170–173.

11. Stroeв V.I., Djudin V.N., Ivanov N.I. Kontrol' cikla szhatija pri kontaktnoj avtomaticheskoy svarke uzlov radiodetalej. *Svarochnoe proizvodstvo*, 1985, no.3, pp. 26-27.

Received 10.01.2019

Accepted 15.02.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Николай Иванович Иванов, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Машиностроительные технологии и оборудование», ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: ni1949@mail.ru

Nikolay I. Ivanov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Engineering Technology and Equipment, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: ni1949@mail.ru

Владислав Борисович Лобов, магистрант, кафедра «Машиностроительные технологии и оборудование», ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
mtio@kurskstu.ru

Vladislav B. Lobov, Undergraduate, Department of Engineering Technology and Equipment, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
mtio@kurskstu.ru

Сергей Сергеевич Котов, магистрант, кафедра «Машиностроительные технологии и оборудование», ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
mtio@kurskstu.ru

Sergey S. Kotov, Undergraduate, Department of Engineering Technology and Equipment, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
mtio@kurskstu.ru

СТРОИТЕЛЬСТВО

CONSTRUCTION

УДК 624.012.454

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-64-73

Расчет момента трещинообразования изгибаемого бетонного элемента, армированного стеклопластиковой арматурой**Моргунов М. В.** ¹✉

¹ Брянский государственный инженерно-технологический университет, Россия, 241037, Брянск, пр. Станке Димитрова, 3

✉ e-mail: 5555@bk.ru

Резюме

Цель исследования. В данной статье рассматриваются нормируемые методы расчета момента трещинообразования в элементах из мелкозернистого бетона, армированных стеклопластиковой арматурой без предварительного напряжения.

Методы. В бетонных элементах, армированных композитной арматурой, момент трещинообразования предлагается определять аналогично железобетонным конструкциям, которые используют нелинейную деформационную модель, обеспечивающую единую связь при расчете по первой и второй группе предельных состояний. Одновременно в действующих нормах разрешается применять расчет момента трещинообразования с использованием упругопластического момента сопротивления сечения.

Точное определение момента трещинообразования является важным элементом расчета по второй группе предельных состояний, особенно соответствие теоретических данных экспериментальным для бетонных элементов, армированных стеклопластиковой арматурой. Рассмотрены методы расчета: с использованием упругопластического момента и расчет по нелинейной деформационной модели (двух- и трехлинейные диаграммы состояния бетона с параметрами).

В качестве исходных данных для расчета момента трещинообразования по рассматриваемым методикам, приняты опытные данные из эксперимента. Рассмотрены четыре балки, армированные стеклопластиковой арматурой, и одна – металлической. Арматура без предварительного напряжения.

Результаты. Проведен анализ результатов расчета момента трещинообразования по приведенным методикам. Для сравнения с экспериментальными данными, определялась соответствующая моменту трещинообразования нагрузка на балку. Выполнен сравнительный анализ рассматриваемых методов расчета момента трещинообразования с экспериментальными данными. Расчет по трехлинейной диаграмме состояния бетона был наиболее близким к результатам эксперимента, а при использовании методики с двухлинейной диаграммой наблюдается запас более 20%

Заключение. Данные методы, построенные на основе расчета железобетонных конструкций, обеспечивают разумную сходимость результатов и при использовании стеклопластиковой арматуры, но наибольшую точность к экспериментальным данным обеспечивают для стальной арматуры в пределах 9%.

Ключевые слова: момент трещинообразования; композитная арматура; бетонный элемент; упругопластический момент сопротивления сечения; нелинейная деформационная модель.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Моргунов М.В. Расчет момента трещинообразования изгибаемого бетонного элемента, армированного стеклопластиковой арматурой // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 64-73. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-64-73.

UDC 624.012.454

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-64-73

Calculation of the Cracking Moment of a Flexible Concrete Element Reinforced with Fiberglass Fitting

Mikhail V. Morgunov¹ ✉

¹ Bryansk State Technological University of Engineering, 3, Prospekt Stanke Dimitrova, Bryansk, 241037, Russian Federation

✉ e-mail: 5555@bk.ru

Abstract

Purpose of research. This article discusses the normalized methods for calculating the cracking moment in elements of fine grained concrete, reinforced with fiberglass fitting without prestressing.

Methods. In concrete elements reinforced with composite fitting, it is proposed to determine the cracking moment in the same way as reinforced concrete structures that use a nonlinear deformation model that provides a single connection when calculating the first and second groups of limit states. At the same time in current standards it is allowed to apply the calculation of the cracking moment using the elastoplastic section modulus.

Accurate determination of the cracking moment is an important element of the calculation for the second group of limit states, especially the consistency of theoretical data with experimental data for concrete elements reinforced with fiberglass fitting. The following calculation methods are considered: using the elastoplastic moment and calculation using a nonlinear deformation model (two- and three-line diagrams of concrete state with parameters).

Experimental data from the experiment have been taken as the initial data for the calculation of the cracking moment for the considered methods. We have considered four beams reinforced with fiberglass fitting, and one - metal. Fitting is without prestressing.

Results. The analysis of the results of the calculation of the cracking moment is carried out by the given methods. For comparison with experimental data, the load on the beam corresponding to the cracking moment is determined. A comparative analysis of the considered methods for the calculation of the cracking moment with experimental data is performed. The calculation using the three-line concrete state diagram is the closest to the experimental results, and when using the technique with the two-line diagram, there is a margin of more than 20%.

Conclusion. These methods, based on the calculation of reinforced concrete structures, provide a reasonable convergence of results when using fiberglass fitting but provide the greatest accuracy to the experimental data for steel fitting within 9%.

Key words: cracking moment; composite fitting; concrete element; elastoplastic section modulus; nonlinear deformation model.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Morgunov M. V. Calculation of the Cracking Moment of a Flexible Concrete Element Reinforced with Fiberglass Fitting. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* = *Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 64-73 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-64-73.

Введение

Совершенствование бетонных конструкций, армированных стеклопластиковой арматурой, и разработка новых конструктивных решений строительных конструкций зависит от уточнения существующих и создания новых методов расчета, позволяющих получить более точное описание физической модели конструкции [1–8].

Важным моментом при расчете по второй группе предельных состояний бетонных конструкций является расчет момента трещинообразования [9, 10]. Бетонные конструкции, армированные стеклопластиковой арматурой, в действующих нормах [12, 13], предлагается рассчитывать аналогично железобетонным элементам, используя нелинейную деформационную модель, которая обеспечивает одинаковый подход к расчету конструкций по первой и второй группе предельных состояний [1, 9]. В нелинейной деформационной модели используется трехлинейное состояние диаграммы бетона или двухлинейное. Также расчет может вестись с учетом упругопластического сопротивления момента сечения, применяя правила сопротивления материалов.

Рассмотрим три метода расчета момента трещинообразования элементов из бетона, армированных стеклопластиковой арматурой, и сравним с экспериментальными данными [14]:

1. На основе упругопластического момента сопротивления сечения.

2. По нелинейной деформационной модели с применением двухлинейной диаграммы состояния бетона.

3. По нелинейной деформационной модели с использованием трехлинейной диаграммы состояния бетона.

Материалы и методы решения задачи

Исходными данными для расчетов приняты результаты испытаний балок армированных стальной (БС-1) и стеклопластиковой арматурой (БК-2, БК-3, БК-4, БК-5) без предварительного напряжения.

Бетон: $R_{b,n} = 5.73 \text{ МПа}$, $R_{bt,n} = 0.72 \text{ МПа}$, $E_b = 12000 \text{ МПа}$. Арматура стеклопластиковая: $E_f = 54500 \text{ МПа}$. Арматура стальная: $E_s = 200000 \text{ МПа}$

Поперечное сечение и геометрические размеры образца БК-4 показаны на рисунке 1.

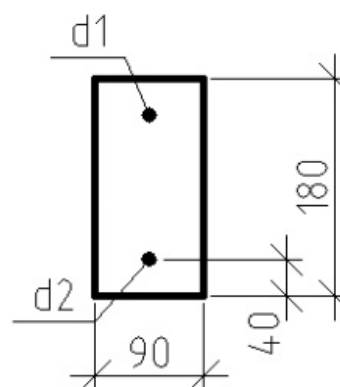


Рис. 1. Поперечное сечение образца БК-4

1. Определение момента трещинообразования на основе упругопластического момента сопротивления сечения

Момент трещинообразования при применении стеклопластиковой арматуры определяется по формуле

$$M_{\text{crc}} = R_{\text{bt,ser}} \cdot W_{\text{pl}} \pm N \cdot e_x, \quad (1)$$

где W_{pl} – упругопластический момент сопротивления сечения по отношению к крайнему растянутому волокну бетона;

e_x – эксцентриситет от точки приложения силы N до ядровой точки, находящейся на наибольшем расстоянии от растянутой зоны сечения элемента.

В сечениях прямоугольного вида значение W_{pl} определяется по упрощенной формуле:

$$W_{\text{pl}} = 1,3 \cdot W_{\text{red}}, \quad (2)$$

где W_{red} – упругий момент сопротивления приведенного сечения относительно растянутой зоны сечения;

$$W_{\text{red}} = \frac{I_{\text{red}}}{y_t}, \quad (3)$$

где I_{red} – момент инерции приведенного сечения относительно о центра тяжести сечения;

$$I_{\text{red}} = I + I_f \alpha_f, \quad (4)$$

где I, I_f – моменты инерции сечений бетона и растянутой стеклопластиковой арматуры соответственно;

α_f – коэффициент приведения стеклопластиковой арматуры к бетону

$$\alpha_f = \frac{E_f}{E_b}, \quad (5)$$

где E_f, E_b – модули упругости стеклопластиковой арматуры и бетона соответственно;

$$A_{\text{red}} = A + A_f \alpha_f, \quad (6)$$

где A_{red} – площадь приведенного поперечного сечения элемента;

A, A_f – площади поперечного сечения бетона и растянутой стеклопластиковой арматуры соответственно;

y_t – расстояние от наиболее растянутого бетона до центра тяжести приведенного поперечного сечения элемента

$$y_t = \frac{S_{\text{red}}}{A_{\text{red}}}, \quad (7)$$

где S_{red} – статический момент инерции площади приведенного поперечного сечения элемента относительно растянутой зоны рассматриваемого сечения.

Расчет момента трещинообразования на основе упругопластического момента сопротивления производится по формулам (1) – (7). Результаты расчета приведены в таблице 1.

2. Определение момента трещинообразования по нелинейной деформационной модели с применением двухлинейной диаграммы состояния бетона

Методика расчета момента трещинообразования M_{crc} по нелинейной деформационной модели приведена в следующем источнике [15].

Таблица 1

Результаты расчета момента трещинообразования при помощи
упругопластического момента сопротивления сечения

№ п/п	Код образца	$A_{red}, \text{см}^2$	$S_{red}, \text{см}^3$	$y_t, \text{см}$	$I_{red}, \text{см}^4$	$W_{red}, \text{см}^3$	$M_{crc}, \text{кН}$
1	БС-1	188,16	1693,50	9,00	5028,16	558,69	0,523
2	БК-2	160,38	1391,10	8,67	4070,68	469,32	0,439
3	БК-3	160,38	1389,66	8,66	4083,43	471,27	0,441
4	БК-4	164,88	1469,54	8,91	4444,83	498,72	0,466
5	БК-5	164,88	1470,97	8,92	4431,37	496,72	0,465

Относительные деформации бетона приведены в [1]: $\varepsilon_{b1,red} = 0.0015$, $\varepsilon_{b2} = 0.0035$, $\varepsilon_{bt1,red} = 0.00008$, $\varepsilon_{bt2} = 0.00015$.

Для нахождения момента трещинообразования необходимо вычислить момент трещинообразования от растянутой арматуры, а также сжатого и растянутого бетона. Момент трещинообразования от бетона вычисляется с помощью перемножения эпюр единичного момента $M_{сгс}$ и эпюры усилий в растянутом и сжатом бетоне (рис. 2).

3. Определение момента трещинообразования по нелинейной деформационной модели с применением трехлинейной диаграммы состояния бетона

На рисунке 3 приведена трехлинейная диаграмма состояния бетона.

Расчет момента трещинообразования выполняется аналогично расчету как для двухлинейной диаграммы состояния бетона [9].

Результаты и их обсуждение

Результаты расчетов по всем методикам для всех образцов приведены в таблице 2.

В экспериментальных данных за достижение момента трещинообразования принималась соответствующая относительная деформация растянутой зоны бетона, равная $\varepsilon = 0,00015$. В таблице 2 приведены сравнения экспериментальных и теоретических нагрузок, соответствующих моменту трещинообразования.

В результате теоретического расчета момента трещинообразования по трем методикам наиболее близким к экспериментальным данным оказался расчет по трехлинейной диаграмме состояния бетона. Наибольший запас, при определении момента трещинообразования, наблюдается для методики по двухлинейной диаграмме более 20%.

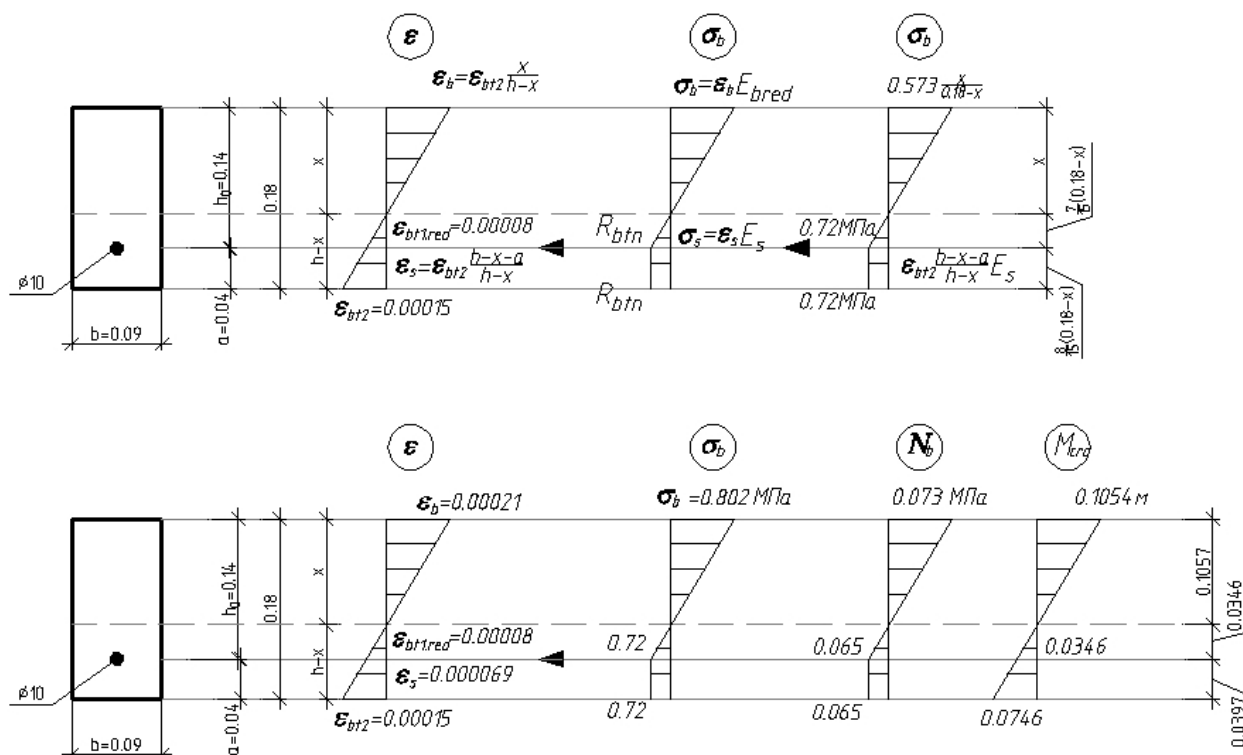


Рис. 2. К определению момента трещинообразования сечения балки БК-4

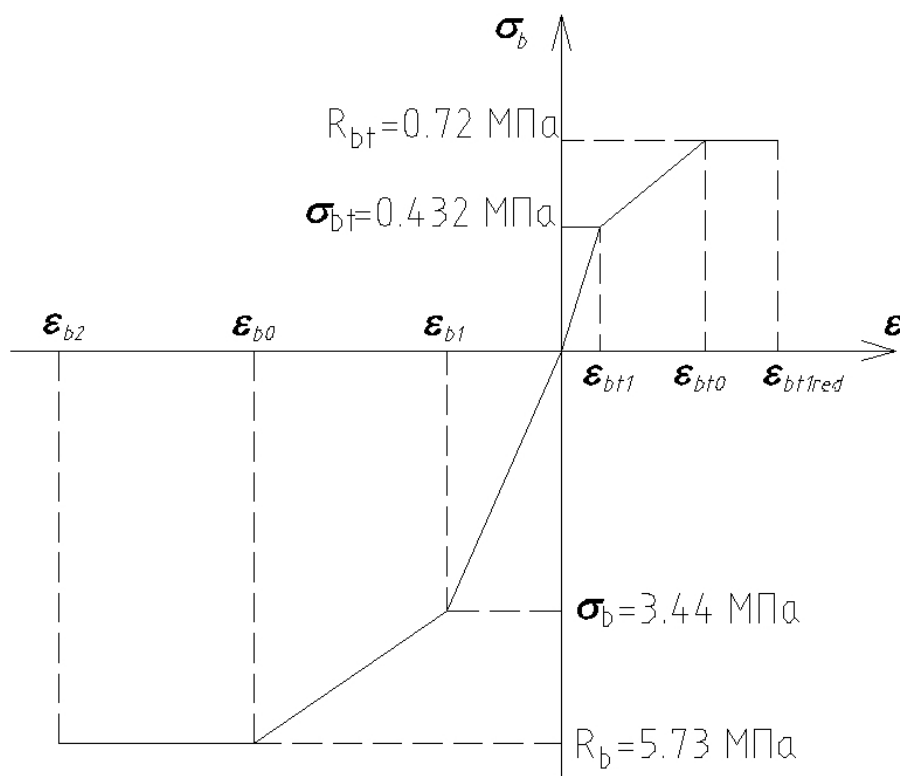


Рис. 3. Трехлинейная диаграмма состояния бетона

Таблица 2

Теоретические и экспериментальные моменты трещинообразования

№ п/п	Наименование методики	Показатели	БС-1	БК-2	БК-3	БК-4	БК-5
1	С использованием упругопластического момента сопротивления	$M_{сгс}$, кНм	0,523	0,439	0,441	0,466	0,465
		$R_{сгс}$, кг	435,83	365,83	367,50	388,33	387,50
2	По двухлинейной диаграмме	$M_{сгс}$, кНм	0,448	0,371	0,377	0,395	0,393
		$R_{сгс}$, кг	373,33	309,16	314,16	329,16	327,5
3	По трехлинейной диаграмме	$M_{сгс}$, кНм	0,655	0,524	0,527	0,557	0,548
		$R_{сгс}$, кг	545,83	436,66	439,16	464,16	456,66
4	Эксперимент	$R_{сгс}$, кг	600	490,00	410,00	700	770

Выводы и заключение

Данные методы, построенные на основе расчета железобетонных конструкций, обеспечивают разумную сходимость результатов и при использовании стеклопластиковой арматуры наибольшую точность к экспериментальным данным

обеспечивают для стальной арматуры меньше 9%. Дальнейшее уточнение особенностей при использовании стеклопластиковой арматуры в методах расчета момента трещинообразования позволит более точно оценивать бетонную конструкцию.

Список литературы

1. Астахов Ю.В. Экспериментально-расчетная оценка взаимодействия стальной канатной и стеклопластиковой арматуры с бетоном: дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2002. 139 с.
2. Беккер А.Т., Уманский А.М., Завгороднев А.В., Иванов Е.С. Study of Stress and Strain State of Flexible Concrete Elements Strengthened by Basalt-Plastic Reinforcement ANK-BM // Proceedings of the Twenty-fourth (2014) International Ocean and Polar Engineering Conference Busan, Korea, June 15-20, 2014 – p.211-214. ISBN 978-1 880653 91-3 (Set); ISSN 1098-6189 (Set).
3. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1986. 265 с.
4. Brik V.B. Advanced Concept Concrete Using Basalt Fiber/BF Composite Rebar Reinforcement, Washinton: Transportation Research Board, 2003.

5. ACI 440.1R-06 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. (Reported by ACI Committee 440).
6. Building Research Centre, Royal Scientific Society, Amman, Jordan. 2 - Centre for Cement and Concrete, Department of Civil and Structural Engineering, University of Sheffield, United Kingdom.
7. Calibration of flexural design of concrete members reinforced with frp bars. A Thesis, Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineering in The Department of Civil and Environmental Engineering.
8. Моргунов М. В. Изгибаемые бетонные элементы конструкций, армированные композитной арматурой // Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций: сборник научных статей XXI научно-методической конференции ВИТУ (16 марта 2017 года)/ ВИ(ИТ) ВА МТО (ВИТУ). СПб., 2017. С.315-318.
9. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. М.: АСВ, 2004. 472 с.
10. Колчунов В.И., Яковенко И.А., Ключева Н.В. Метод физических моделей сопротивления железобетона // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 12. С. 51-55.
11. Тамразян А.Г. К теории расчета по предельным состояниям на основе реологической механики железобетона // Бетон и железобетон. 1999. №3.
12. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003:СП 63.13330.2012. Дата введения 2015-01-01.М.: ООО «Аналитик», 2012. 158 с.
13. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования. Свод правил: СП 295.1325800.2017 / ТК 465 "Строительство". Введ. 2017-08-21. М., 2017.
14. Курочкина Е.И., Радченко А.Н., Моргунов М.В. Деформативность изгибаемых бетонных элементов, армированных композитной арматурой // Поколение будущего: взгляд молодых ученых: сборник научных статей 5-й международной научной конференции. Курск, 2016. Т.3. С. 48-53.
15. Кодыш Э.Н., Никитин И.К., Трекин Н.Н. Расчет железобетонных конструкций из тяжелого бетона по прочности, трещиностойкости и деформациям. М.: АСВ, 2010. 352 с.

Поступила в редакцию 10.01.2019

Подписана в печать 12.02.2019

Reference

1. Astahov Ju.V. Jeksperimental'no-raschetnaja ocenka vzaimodejstvija stal'noj kanatnoj i stekloplastikovoj armatury s betonom. Diss. kand. tekhn. nauk. Novosibirsk, 2002, 139 p.
2. Bekker A.T., Umanskij A.M., Zavgorodnev A.V., Ivanov E.S. Study of Stress and Strain State of Flexible Concrete Elements Strengthened by Basalt-Plastic Reinforcement ANK-BM. Proceedings of the Twenty-fourth (2014) International Ocean and Polar Engineering Conference Busan, Korea, June 15-20, 2014 – p.211-214. ISBN 978-1 880653 91-3 (Set); ISSN 1098-6189 (Set).
3. Vasil'ev V.V. *Mehanika konstrukcij iz kompozicionnyh materialov*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986, 265 p.
4. Brik V.B. *Advanced Concept Concrete Using Basalt Fiber/BF Composite Rebar Reinforcement*, Washinton: Transportation Research Board, 2003.
5. ACI 440.1R-06 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. (Reported by ACI Committee 440).
6. Building Research Centre, Royal Scientific Society, Amman, Jordan. 2 - Centre for Cement and Concrete, Department of Civil and Structural Engineering, University of Sheffield, United Kingdom.
7. Calibration of flexural design of concrete members reinforced with frp bars. A Thesis, Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineering in The Department of Civil and Environmental Engineering.
8. Morgunov M. V. Izgibaemye betonnye jelementy konstrukcij armirovannye kompozitnoj armaturoj. Defekty zdaniy i sooruzhenij. Usilenie stroitel'nyh konstrukcij. Sbornik nauchnyh statej XXI nauchno-metodicheskoy konferencii. Saint-Petersburg, 2017, pp. 315-318.
9. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. *Raschetnye modeli silovogo soprotivlenija zhelezobetona*. Moscow, ASV Publ., 2004, 472 p.
10. Kolchunov V.I., Jakovenko I.A., Kljueva N.V. Metod fizicheskikh modelej soprotivlenija zhelezobetona. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2013, no. 12, pp. 51-55.
11. Tamrazjan A.G. K teorii rascheta po predel'nyh sostojanijam na osnove reologicheskoy mehaniki zhelezobetona. *Beton i zhelezobeton*, 1999, no. 3.
12. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozhenija. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 52-01-2003:SP 63.13330.2012. Data vvedenija 2015-01-01. Moscow, 2012, 158 p.

13. Konstrukcii betonnye, armirovannye polimernoj kompozitnoj armaturoj. Pravila proektirovanija. Svod pravil: SP 295.1325800.2017. TK 465 "Stroitel'-stvo". Vved. 2017-08-21. Moscow, 2017.

14. Kurochkina E.I., Radchenko A.N., Morgunov M.V. Deformativnost' izгибаемых бетонных элементов, армированных композиционной арматурой. Pokolenie budushhego: vzgljad molodyh uchenyh. Sbornik nauchnyh statej 5-j mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Kursk, 2016, vol. 3, pp. 48-53.

15. Kodysh Je.N., Nikitin I.K., Trekin N.N. Raschet zhelezobetonnyh konstrukcij iz tjazhelogo betona po prochnosti, treshhinostojkosti i deformacijam. Moscow, ASV Publ., 2010, 352 p.

Received 10.01.2019

Accepted 12.02.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Михаил Валерьевич Моргунов, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Российская Федерация
e-mail: 5555@bk.ru

Mikhail V. Morgunov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Construction design department, Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk, Russian Federation
e-mail: 5555@bk.ru

Стандартизация как необходимое условие повышения качества жилья в России

Скрипкина Ю. В.¹ ✉, Попов Ю. А.¹, Мищенко О. С.¹, Эрденко О.Ю.¹

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: julia_skr@mail.ru

Резюме

Цель исследования. В статье целью исследования является подробное рассмотрение уже существующих типовых планировок жилья эконом-класса и выявление основных направлений стандартизации.

Методы. Путем проведения анализа жилищной обеспеченности в историческом контексте, делается вывод о существовании проблемы дефицита качества жилья в России. Введением новых стандартов проектирования можно существенно повысить качество вновь строящегося доступного жилья.

Результаты. В ходе анализа существующей классификации, выявляются ее недостатки. Приводится пример планировки этажа типовой секции жилого дома, используемой в настоящее время. Выделено несоответствие подобных планировок современному ритму и уровню жизни россиян. Среди недостатков существующих новостроек обозначены такие, как отсутствие мест хранения, нерационально спланированные прихожие, образование узких коридоров, отсутствие мест общего пользования на этаже. Также рассмотрены потребности населения и спрос на вновь строящееся жилье и запрашиваемые параметры. В результате выделяются основные направления установления стандартов проектирования и приводится возможная схема их применения.

Заключение. С учетом все больше возрастающего спроса на доступное жилье рассматривается существующая классификация нового жилого строительства. Под доступным жильем обычно понимается жилье эконом-класса. В процессе изучения проблемы была выявлена необходимость замены понятий. Предложено ввести термин «стандартное жилье» на смену «эконом-класс». Стандартизация проектов и пересмотр существующих норм проектирования является необходимым условием улучшения качества как квартир, так и в целом жилых районов. Также отмечено, что при внесении этих изменений нельзя допустить увеличения цен на недвижимость.

Ключевые слова: типовая планировка; стандартизация проектирования; жилье эконом-класса.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Стандартизация как необходимое условие повышения качества жилья в России / Ю.В. Скрипкина, Ю.А. Попов, О.С. Мищенко, О.Ю. Эрденко // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 74-83. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-74-83.

UDC 728.1.012

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-74-83

Standardization as a Necessary Condition Improving the Quality of Housing in Russia

Juliya V. Skripkina ¹✉, Yuriy A. Popov ¹, Olga S. Mishchenko ¹,
Olga Yu. Erdenko ¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

✉ e-mail: julia_skr@mail.ru

Abstract

Purpose of research. The purpose of the article is to examine the already existing standard planning of economy class in detail and to identify the principal directions of standardization.

Methods. By analyzing the housing supply in the historical context it is concluded that there is a problem of housing quality deficit in Russia. The introduction of new design standards can significantly improve the quality of newly built affordable housing.

Results. In the course of analyzing the existing classifications its drawbacks are revealed. An example is given of the floor layout of a typical section of a residential building currently in use. The discrepancy between such layouts and the modern rhythm and standard of living of Russians has been highlighted. There are shortcomings of the existing new buildings, they are the lack of storage places, irrational planned hallways, the formation of narrow corridors and the lack of public spaces on the floor. The needs of the population and the demand for newly built housing and the requested parameters are also considered. As a result, the main directions of design standards are highlighted and a possible scheme of their application is given.

Conclusion. In view of the increasing demand for affordable housing, the current classification of new residential construction is being considered. Affordable housing is usually understood as economy class housing. The need to replace the concepts has been revealed in the process of studying the problem. It is proposed to introduce the term "standard housing" to replace the "economy class". Standardization of projects and revision of existing design standards are the necessary conditions for improving the quality of both apartments and residential areas in general. It is also noted that the introduction of these changes should not allow an increase in real estate prices.

Key words: typical planning; standardization of planning and design; economy class housing.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Skripkina J.V., Popov Yu.A., Mishchenko O.S., Erdenko O.Yu. Standardization as a Necessary Condition Improving the Quality of Housing in Russia. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2019; 23(1): 74-83 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-74-83.

Введение

Одна из самых значительных проблем в России на протяжении всего со-

циально-экономического развития страны — это проблема доступного и качественного жилья. Во все времена каждый человек задумывался о поиске,

приобретении жилища или о его благоустройстве. Люди делились на социальные классы, в зависимости от наличия или отсутствия у них жилплощади. А с ростом урбанизации подобные сложные ситуации лишь обострялись, так как для большинства граждан недоступность жилья становилась серьёзной проблемой. Вплоть до сегодняшних дней во многих странах ликвидация жилищной нужды остается главной задачей, решение которой возможно только с участием поддержки государственных властей, выражающейся в реализации эффективной и планомерной жилищной политики [1].

Жители России за последние столетия имели возможность жить в различных социально-экономических условиях: в одних комфортное жилище было привилегией состоятельных граждан страны, для других комфорт жилища был мечтой. В советские времена после 1917 г. жилище состоятельных граждан страны было распределено таким образом, что в одной комнате могли прожи-

вать не менее 2 человек и иметь от 3,2 до 18 м² общей площади. Реализовывался принцип равной обеспеченности общей площадью. Дальнейшая практика массового жилищного строительства с 1920 по 1980 гг. сформировала жилищный фонд нашей страны по минимальным параметрам обеспеченности [2]. Проблему повышения качества вновь строящегося доступного жилья в России можно было бы решить путем введения новых стандартов проектирования.

Материалы и методы решения задачи

Одной из острых проблем современного человечества является формирование безопасной и комфортной среды проживания на урбанизированных территориях [3]. В настоящее время в стремлении предоставить квартиры всем нуждающимся увеличиваются темпы строительства нового жилья. При этом существует деление нового жилья на классы по уровню комфортности (рис. 1).



Рис. 1. Схема распределения жилья на классы по уровню комфортности

Изменение жилищной обеспеченности напрямую зависит от объемов строительства нового жилья, физического износа существующего жилищного фонда и численности населения. По данным социологических исследований жилищная проблема стоит перед 58% российских семей, в той или иной степени не удовлетворенных жилищными условиями [4]. При этом каждая четвертая семья имеет жилье, находящееся в плохом или очень плохом состоянии. На сегодняшний день в России объем ветхого и аварийного жилья составляет 99,5 млн. м², что также требует дополнительных объемов ввода жилья для решения данной проблемы. Однако около 82% нуждающихся не имеют средств для улучшения жилищных условий в необходимом объеме [4]. В связи с этим жилье эконом-класса становится более чем востребованным. При этом в погоне за снижением стоимости строительства девелоперы зачастую пренебрегают качеством используемых материалов. Особенно это касается так называемого доступного жилья эконом-класса, возводимого по типовым проектам. Также к проблемам типовой застройки можно отнести малую архитектурную выразительность жилых образований, малую архитектурно-планировочную маневренность и трансформацию жилых пространств внутри зданий и квартир, несоответствие уровня входа в дом и уровня входа в лифт. Благоустройство типовых кварталов представляет собой необходимый минимум: хозяйственные, детские, спортивные площадки, стоянки для автомобилей. При этом недофинансирование и отсутствие внимания со стороны муниципа-

литета часто приводят к снижению уровня и качества благоустройства.

Рассмотрим в качестве примера планировку типового этажа секции строящегося панельного дома эконом-класса в городе Курск (рис. 2). При сравнительно большой площади квартир налицо проблемные места, неучтенные при планировании. Например, отсутствие мест хранения, нерационально спланированные прихожие, образование узких коридоров, отсутствие мест общего пользования на этаже. При этом высота потолков в этих квартирах 2,64 м. Низкая стоимость квартир в подобных домах привлекает покупателей, но также их ожидают и проблемы, такие как низкий уровень звукоизоляции, не всегда качественные соединения стеновых панелей, что приводит к возникновению протечек в дождливую погоду, а также установленные некорректно входные двери и стеклопакеты.

Необходимость пересмотра стандартов в сфере жилищного строительства назрела давно. Более 75% россиян проживают в российских городах, для которых строительные нормы и правила (СНиПы) были разработаны еще в 50-х годах прошлого века. Следует отметить, что срок действия подобных документов в развитых странах не превышает 10-15 лет [5].

Термин «эконом-класс» давно приобрел негативную окраску, и ассоциируется у жителей нашей страны с бетонными коробками – дешевым и некачественным жильем, в котором не предусмотрена отделка, рядом нет сопутствующей инфраструктуры и благоустройства.

Кроме того, по мере роста темпов строительства меняются и покупательские предпочтения россиян: они готовы

доплачивать за уровень развития окружающей территории и комфорт самого жилища.

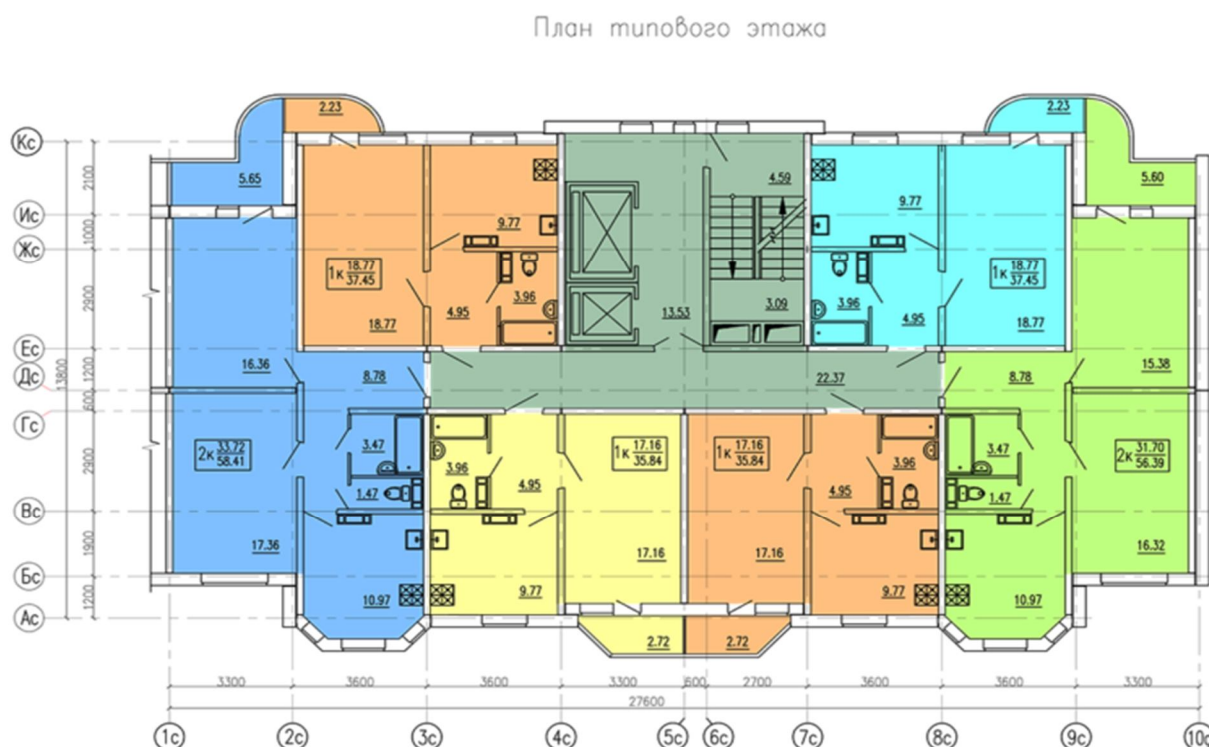


Рис. 2. Планировка типового этажа секции строящегося панельного дома эконом-класса в городе Курск

В то же время покупатели жилья сегодня предъявляют все больше требований как к самой квартире – качественной отделке, возможности выбрать из широкой линейки планировок, так и к среде, в которой им предстоит жить. Людям нужна сопутствующая инфраструктура – магазины и сервисы на первых этажах, удобные парковки, яркие детские площадки. Люди хотят видеть двор у дома благоустроенным и безопасным, куда можно отпустить детей одних погулять [6]. Практика показывает, что проекты, где создана комфортная среда, пользуются наибольшим спросом. В связи с этим в настоящее время созрела необходимость отказа относить жилье к классу «эконом». На смену этому понятию вводится новое –

стандартное жилье. Стандартное жилье – это своеобразная отправная точка, после которой могут происходить улучшения, которые уходят за рамки стандарта.

Понятие эконом-класса всегда было расплывчатым для рынка недвижимости. В связи с этой расплывчатостью недобросовестные девелоперы подгоняли под это понятие различные проекты, не соответствующие по качеству. Термин «стандартизация жилья» предполагает, напротив, выработку четкого стандарта возводимого жилья, проекты ниже которого не будут допускаться к реализации. Также он не привязан ни к какой ценовой категории или уровню жизни покупателя. Речь идет именно о стандарте качества жизни в новом доме

или квартире. Введение такого понятия означает, что все жители городов России вне зависимости от возраста, социального статуса или материального достатка имеют право на качественное жилье, которое наилучшим образом соответствует их индивидуальным потребностям [6].

В пользу введения нового понятия стоит также отметить, что в мировой практике нет термина «эконом-класс», и зачастую на английский язык его переводят как *social housing*. Это определение ближе к понятию «социальное жилье». Оно имеет для иностранцев однозначно негативную окраску – у них это жилье для неблагополучных, маргинальных слоев общества. Иностранные чиновники и специалисты не всегда понимают, что в случае российского «эконом-класса» речь идет о массовом рыночном сегменте комфортного жилья, которое соответствует требованиям Организации экономического сотрудничества и развития и ООН-Хабитат к доступному жилью [7].

Помимо стандартизации необходимо также внести большее разнообразие в типологию как зданий, так и планировок квартир. Сейчас планировки воспроизводят в основном типовые советские серии, хотя жилая площадь современных квартир в среднем на 15% больше застройки советского периода. Разнообразие жилья – важный критерий, потому что общество становится все более разнообразным: одни люди и социальные группы хотят жить в центре, вторые предпочитают коттеджную застройку, третьим нравится микрорайонное жилье. Важно, чтобы современ-

ное жилье удовлетворяло всем предъявляемым требованиям.

Результаты и их обсуждение

После анализа различных вариантов современных планировок и отзывов их жителей были выделены основные направления стандартизации жилого фонда:

1. Этажность зданий. Необходимо стандартизировать средний показатель этажности – 9-12 этажей. Это психологически комфортная высота [8]. Именно на такой высоте человек чувствует себя спокойно и защищенно, потому что видит людей, идущих вниз. Например, мама может наблюдать, как её ребёнок гуляет во дворе.

2. Уровень входа в здание и места хранения общего пользования. Вход с улицы должен быть на уровне земли, чтобы в подъезд всем было удобно заходить, в том числе мамам с колясками и маломобильным группам населения. Также в подъездах должны быть предусмотрены места для временного хранения детских колясок и велосипедов. В подвалах и других малоиспользуемых общих местах подъезда могут быть индивидуальные для каждой квартиры места хранения.

3. Функциональность планировки. Помимо увеличения площади в новых квартирах должна измениться и планировка. В современной типовой планировке зачастую не предусмотрен необходимый для современного человека набор параметров. В то же время остаются свободные площади, которые невозможно использовать. Независимо от размера квартиры, главное, чтобы каждый квадратный метр работал функционально, чтобы жильё было удобным.

Поэтому, например, рекомендуется отказаться от коридоров. Это самые малоиспользуемые помещения в квартирах. Вместо этого следует при входе в квартиру делать прихожую-холл прямоугольной формы или близкой к квадрату, из которой выходят остальные помещения. Также важно предусмотреть место для гардероба – встроенного или специального помещения-кладовой, и дополнительные скрытые места хранения, что поможет разгрузить балконы и лоджии. Также важно рациональное размещение санузлов. Для квартир большой площади необходимо предусмотреть два санузла. Один – при входе (для гостей, помыть руки или собаку), второй – внутри квартиры. А для небольших квартир рекомендуется делать совмещенный санузел. Смысл планировки современной квартиры в том, чтобы каждый человек имел своё личное пространство – спальню, и при этом была общая зона (кухня-гостиная), где встречаются и общаются все члены семьи. Возможен мобильный вариант: небольшая кухня с рабочей зоной, затем раздвижная перегородка и за ней гостиная. Идеально, если кухня будет совмещена со столовой и всё помещение не меньше 11 м² или это сразу кухня-гостиная с большим метражом.

4. Высота потолков. Исследования показывают, что для комфортного проживания в современных квартирах необходима высота потолка в пределах 2,7-3,2 м [9]. В новых стандартах жилья должна быть прописана оптимальная высота потолков не меньше 2,8 м. Это необходимо для психологического комфорта жильцов, а также для улучшения вентиляции и освещенности помеще-

ний. Застройщик по своему усмотрению может увеличить данный показатель исходя из экономических расчетов.

5. Окна и гибкость планировки. Площадь окон должна занимать не меньше 10% от всей площади помещения – это международные и отечественные нормы инсоляции [10]. Окна могут быть как в пол, так и обычные. Можно запланировать два окна в гостиной, чтобы, например, если в семье родился ребёнок, можно было возвести стену и сделать отдельную детскую комнату. Гибкость планировки и возможность подстраиваться под изменение ситуации в семье должны быть заложены ещё на этапе проектирования.

6. Использование балконов. Современные балконы, как правило, узкие, неудобные и поэтому часто используются для хранения невостребованных вещей. В новых планировках они должны иметь ширину не меньше 1,2 м, что, в свою очередь, позволит поставить небольшие столик и кресло, как это делается во всём мире, а, учитывая климат в нашей стране, можно рассмотреть и вариант отапливаемого балкона.

Все перечисленные требования к планировкам, которые удобны для жизни и которые отсутствуют во многих домах, зачастую не требуют лишних вложений при строительстве. Планируя жильё по новым стандартам, следует стремиться к обеспеченности населения жильём по социальным требованиям ООН-Хабитат – квартира должна состоять из столько комнат, сколько есть человек в семье, плюс ещё одна комната для всех [11]. Возможное применение рассмотренных направлений нового стандарта в квартире небольшой площади рассмотрено на рисунке 3.



Рис. 3. Примерная схема применения новых стандартов

Выводы. Таким образом, исходя из приведенных сведений, можно сделать вывод о необходимости проведения глубинного пересмотра норм жилищного и градостроительного проектирования, а также разработки новых стандартных типов планировок, отвечающих современным международным требованиям. Задачей архитекторов и властей должно стать создание такого жилья, которое будет комфортно для проживания всех групп населения. Кроме

того, новое жилье будет безопасно и многофункционально, и способно адаптироваться к любым переменам в жизни людей. При этом следует также учесть экономическую сторону проблемы и не допустить увеличения цен на недвижимость. Соблюдение новых стандартов позволит сократить нерационально распределенные площади, сделать недорогое жилье более привлекательным и комфортным и поднять социальный статус районов с новостройками в целом.

Список литературы

1. Коростин С. А. Исторический опыт решения проблемы повышения качества жилья в социально-экономической политике России // ПСЭ. 2014. №4 (52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskiy-opyt-resheniya-problemy-povysheniya-kachestva-zhilya-v-sotsialno-ekonomicheskoy-politike-rossii> (дата обращения: 16.12.2018).
2. Лыжин С. М. Принципы нормирования в жилищной и градостроительной сферах // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2011. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiipy-normirovaniya-v-zhilischnoy-i-gradostroitelnoy-sferah> (дата обращения: 16.12.2018).
3. Бакаева Н.В., Чайковская Л.В. Функция города "Милосердие" как градообразующий фактор // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. Т. 22, № 4 (79). С. 50-56. DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-4-50-56.
4. Жилье и ипотека // Опрос Фонда Общественное мнение от 27.06.2018. URL: <https://fom.ru/Rabota-i-dom/14056> (дата обращения 18.12.2018).

5. Повышение доступности жилья: не только ипотека // Законодательная база Российской Федерации *Zakonbase.ru*. URL: <https://zakonbase.ru/mortgage/povyshenie-dostupnosti-zhilia-ne-tolko-ipoteka> (дата обращения 10.12.2018).
6. Стандарты вместо «эконома» // Новостной портал *Газета.ru* URL: https://www.gazeta.ru/business/realty/2017/10/12_a_10930490.shtml (дата обращения 10.12.2018).
7. Стандарты ОЭСР для России и ЕАЭС: Ежеквартальное приложение к бюллетеню «Новости ОЭСР» // Информационно-координационный центр по взаимодействию с Организацией экономического сотрудничества и развития Высшей школы экономики. URL: <https://oecdcentre.hse.ru/nletter> (дата обращения 10.12.2018).
8. Харитонов В.А. Надежность строительных объектов и безопасность жизнедеятельности человека. М.: Высш. шк., 2012. 366 с.
9. Urban Group вычислила наиболее комфортную высоту потолков в квартире // Интернет-портал «Все новостройки». URL: <http://vsenovostroyki.ru/articles/10318/> (дата обращения 10.12.2018).
10. СП 54.13330.2016 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. М., 2016.
11. Жилищная проблема в России решилась сама собой // Независимая газета. URL: http://www.ng.ru/economics/2017-11-29/4_7125_problem.html (дата обращения 10.12.2018).

Поступила в редакцию 28.01.2019

Подписана в печать 25.02.2019

Reference

1. Korostin S. A. Istoricheskij opyt reshenija problemy povysheniya kachestva zhil'ja v social'no-jekonomicheskoy politike Rossii. *PSJe*, 2014, no. 4 (52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskij-opyt-resheniya-problemy-povysheniya-kachestva-zhilya-v-sotsialno-ekonomicheskoy-politike-rossii> (data obrashheniya: 16.12.2018).
2. Lyzhin S. M. Principy normirovaniya v zhilishhnoj i gradostroitel'noj sferah. *Akademicheskij vestnik UralNIIproekt RAASN*, 2011, no. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-normirovaniya-v-zhilishhnoj-i-gradostroitelnoj-sferah> (data obrashheniya: 16.12.2018).
3. Bakaeva N.V., Chajkovskaja L.V. Funkcija goroda "Miloserdie" kak gradoobrazujushhij faktor. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2018, vol. 22, no. 4 (79), pp. 50-56. DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-4-50-56.
4. Zhil'e i ипотека. Opros Fonda Obshhestvennoe mnenie ot 27.06.2018. URL: <https://fom.ru/Rabota-i-dom/14056> (data obrashheniya 18.12.2018).
5. Povyshenie dostupnosti zhil'ja: ne tol'ko ипотека. *Zakonodatel'naja baza Rossijskoj Federacii* *Zakonbase.ru*. URL: <https://zakonbase.ru/mortgage/povyshenie-dostupnosti-zhilia-ne-tolko-ipoteka> (data obrashheniya 10.12.2018).

6. Standarty vmesto «jekonoma». Novostnoj portal Gazeta.ru. URL: https://www.gazeta.ru/business/realty/2017/10/12_a_10930490.shtml (data obrashhenija 10.12.2018).
7. Standarty OJeSR dlja Rossii i EAJeS. Ezhekvartal'noe prilozhenie k bjulle-tenju «Novosti OJeSR». Informacionno-koordinacionnyj centr po vzaimodejstvu s Organizaciej jekonomicheskogo so-trudnichestva i razvitija Vysshej shkoly jekonomiki. URL: <https://oecdcentre.hse.ru/nletter> (data obrashhenija 10.12.2018).
8. Haritonov V.A. Nadezhnost' stroitel'nyh ob#ektov i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti cheloveka. Moscow, Vyssh. shk. Publ., 2012, 366 p.
9. Urban Group vychislila naibolee komfortnuju vysotu potolkov v kvartire. Internet-portal «Vse novostrojki». URL: <http://vsenovostroyki.ru/articles/10318/> (data obrashhenija 10.12.2018).
10. SP 54.13330.2016 Zdanija zhilye mnogokvartirnye. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 31-01-2003. Moscow, 2016.
11. Zhilishhnaja problema v Rossii reshilas' sama soboj. Nezavisimaja gazeta. URL: http://www.ng.ru/economics/2017-11-29/4_7125_problem.html (data obrashhenija 10.12.2018).

Received 28.01.2019

Accepted 25.02.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Юлия Владимировна Скрипкина, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: julia_skr@mail.ru

Juliya V. Skripkina, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: julia_skr@mail.ru

Юрий Алексеевич Попов, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация

Yuriy A. Popov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation

Ольга Сергеевна Мищенко, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: lesik-kursk@list.ru

Olga S. Mishchenko, Post-Graduate Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: lesik-kursk@list.ru

Ольга Юрьевна Эрденко, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: lelechka1609@gmail.com

Olga Yu. Erdenko, Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: lelechka1609@gmail.com

УДК 57.087.1

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-84-94

Анализ современных статических методов биометрической идентификации

Калуцкий И. В.¹✉, Матюшин Ю. С.¹, Спевакова С. В.¹¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: igor_kalutsky@mail.ru

Резюме

Цель исследования. В современных системах сбора данных используются мобильные автоматизированные устройства, данные из которых в зашифрованном виде поступают в центр обработки данных. В качестве средства защиты информации в ЦОД биометрические методы идентификации обладают рядом преимуществ. В частности, им присуща высокая надёжность, так как сложно скомпрометировать или утратить биометрические данные.

Методы. В статье предложен метод биометрической идентификации по геометрии лица. Предлагаемый метод позволяет строить 3D-модель лица человека на основе 2D-изображений. Для определения достоверности биометрического метода идентификации предложены количественные характеристики КЛП и КЛО. КЛП – коэффициент ложного пропуска – определяет процент возникновения ситуаций, когда пользователю, не зарегистрированному в базе данных, система разрешает доступ. КЛО – коэффициент ложного отказа – определяет процент возникновения ситуаций, когда пользователю с корректными биометрическими данными система отказывает в доступе. Есть и другие характеристики, используемые при подборе систем биометрической идентификации. К ним относятся простота использования, скорость работы системы, влияние на нее факторов окружающей среды, стоимость системы и другие.

Результаты. Рассмотрены следующие известные методы статической идентификации: метод идентификации по отпечатку пальца, метод идентификации по сетчатке глаза, метод идентификации по радужной оболочке глаза, метод идентификации по геометрии лица, а также метод идентификации по рисунку вен руки. Приведены сравнительные характеристики каждого из них. Предложен новый метод, позволяющий повысить точность и быстродействие биометрической идентификации.

Заключение. В статье проведен анализ современных биометрических средств идентификации статического типа. Рассмотрены различные параметры определения эффективности методов биометрической идентификации. Представлены принципы, на которых основан каждый из перечисленных методов, а также основные достоинства и недостатки.

Ключевые слова: идентификация; биометрия; метод; сканер; КЛО; КЛП.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

© Калуцкий И. В., Матюшин Ю. С., Спевакова С. В., 2019

Для цитирования: Калуцкий И.В., Матюшин Ю.С., Спесова С.В. Анализ современных статических методов биометрической идентификации // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 84-94. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-84-94.

UDC 57.087.1

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-84-94

Analysis of Modern Static Methods of Biometric Identification

Igor V. Kalutskiy ¹✉, Yuriy S. Matiushin ¹, Svetlana V. Spevakova ¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

✉ e-mail: igor_kalutsky@mail.ru

Abstract

Purpose of research. Modern data collection systems use mobile automated devices, the data from which is encrypted in the data center. Biometric identification methods have several advantages as means of information security in the data center. In particular they are characterized by high reliability, since it is difficult to compromise or lose biometric data.

Methods. The method of biometric identification of facial geometry is proposed in the article. This method allows you to build a 3D model of a human face based on 2D images. To determine the accuracy of the biometric identification method, quantitative characteristics of FAR and FRR are proposed. FAR - false acceptance rate - determines the percentage of situations when the system allows access to a user who is not registered in the database. FRR - false rejection rate - determines the percentage of situations when the system denies access to a user with correct biometric data. There are other characteristics used in the selection of biometric identification systems. They are the ease of use, the speed of the system, the influence of environmental factors on it, the cost of the system and others.

Results. The following well-known static identification methods are considered: fingerprint identification method, eye retina identification method, eye iris identification method, face geometry identification method as well as a hand vein identification method. The comparative characteristics of each of them are given. This new method is proposed to increase the accuracy and speed of biometric identification.

Conclusion. The article analyzes the modern biometric identification tools of static type. Various parameters for determining the effectiveness of bio-metric identification methods are considered. The principles, on which each of these methods is based, as well as the main advantages and disadvantages, are presented.

Key words: identification; biometrics; method; scanner; false rejection rate; false acceptance rate.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Kalutskiy I.V., Matiushin Y.S., Spevakova S.V. Analysis of Modern Static Methods of Biometric Identification. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* = *Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 84-94 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-84-94.

Введение

В современных системах сбора данных используются мобильные авто-

матизированные устройства, данные из которых в зашифрованном виде поступают в центр обработки данных (ЦОД)

[1]. Так как в ЦОД содержится большое количество уязвимой информации, актуальной является задача её защиты.

Одним из методов защиты информации является идентификация пользователей с помощью биометрических данных. Они обладают рядом преимуществ. Так, при идентификации пользователь может забыть пароль, пароль может стать известным посторонним лицам, физический ключ может быть утерян или украден. С другой стороны, биометрические методы основаны не на факте знания некоторой информации или обладания некоторым физическим ключом, а на определении уникальных свойств, присущих организму пользователя [2]. Биометрические данные сложно скомпрометировать и достаточно сложно утратить, что обеспечивает высокую надёжность биометрических методов идентификации.

Постановка задачи

Цель работы: на основе анализа современных методов биометрической идентификации предложить адаптированный к использованию в автоматизированных системах сбора данных с мобильных постов метод.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ известных методов и выявить количественные характеристики для их сравнения.
2. Провести сравнение и выявить недостатки методов идентификации.
3. Для устранения выявленных недостатков предложить метод биометрической идентификации, позволяющий

повысить выявленные характеристики и пригодный для использования в автоматической системе сбора данных с мобильных постов.

Для определения эффективности методов идентификации введём два параметра – КЛП и КЛО.

- КЛП (коэффициент ложного пропуса) означает вероятность того, что система предоставит доступ пользователю, не имеющему на это право (т.е. не обладающему корректными биометрическими данными);

- КЛО (коэффициент ложного отказа) означает вероятность того, что система ошибочно откажет в доступе пользователю, имеющему право на доступ.

Естественно, чем ниже показатели КЛП и КЛО, тем точнее система распознаёт пользователя.

Кроме собственно параметров эффективности, стоит выделить и другие характеристики, важные при подборе системы идентификации. К ним относятся простота установки и использования системы, подверженность системы влиянию факторов внешней среды, быстродействие, стоимость применения и др. [3].

Анализ основных статических методов идентификации

Методы биометрической идентификации делятся на статические и динамические. Статические методы, в отличие от динамических, основаны на врождённых характеристиках человека, практически не изменяющихся в течение всей жизни, поэтому эти признаки позволяют построить более устойчивую

систему биометрической идентификации [4].

Рассмотрим основные статические методы идентификации, применяемые в настоящий момент.

Метод установления личности по отпечатку пальца, также известный как дактилоскопия, является наиболее распространённым методом биометрической идентификации. Его применение основано на факте уникальности рисунка папиллярных узоров на кончиках пальцев каждого человека. Суть метода заключается в следующем: пользователь прикладывает палец к специальному сканеру, затем полученные данные об отпечатке пальца преобразуются в цифровой код и сравниваются с кодами, имеющимися в базе данных системы идентификации. Весь процесс занимает не более 1 секунды [5].

Преимуществами метода являются достаточно высокая достоверность, низкая стоимость сканирующих устройств и относительная простота в применении. Также есть возможность существенно повысить точность распознавания, используя сканирование нескольких отпечатков пальца одного и того же пользователя. Основной недостаток метода связан с его неустойчивостью к шумам, вызванным различными повреждениями отпечатков пальцев.

В методе идентификации по сетчатке глаза используется сканирование рисунка капиллярных сосудов на поверхности сетчатки. Такой рисунок является уникальным для каждого чело-

века и не меняется на протяжении всей жизни. Для применения данного метода в глаз пользователя направляется луч инфракрасного излучения низкой интенсивности, и одновременно система делает снимок глаза. Далее на основе сделанного снимка система кодирует уникальные свойства рисунка капилляров и сравнивает полученный код с уже имеющимися в базе данных. Так как для корректной работы системы идентификации требуется высокое качество снимка глаза, идентификация не произойдёт до тех пор, пока не будет получен снимок необходимого качества.

Данный метод долгое время считался наиболее надёжным среди всех биометрических методов. Однако у него есть и свои недостатки. Так, для корректной работы сканера пользователь должен смотреть в «глазок» системы в течение нескольких секунд, что не всегда удобно. Кроме того, метод может не работать при наличии у пользователя определённых заболеваний (в частности, катаракты). Наконец, системы идентификации, использующие данный метод, являются достаточно сложными и дорогостоящими [6].

Существует и другой метод идентификации пользователя по глазу – идентификация по радужной оболочке. Как и рисунок капиллярных сосудов на поверхности сетчатки, рисунок радужной оболочки является уникальной и неизменной характеристикой каждого человека. Для получения изображения радужной оболочки используется циф-

ровая камера вместе с инфракрасным освещением. Полученный снимок анализируется с помощью сканера, выделяющего более 200 точек, по которым и происходит сравнение [7].

Данный метод обладает множеством достоинств. В первую очередь, для него характерна высокая точность распознавания пользователя. При необходимости ещё большего повышения точности возможно использование системы, сканирующей оба глаза пользователя, так как даже у одного и того же человека радужные оболочки правого и левого глаза отличаются друг от друга. Кроме того, при использовании данного метода отсутствует необходимость в физическом контакте пользователя со сканером, что может быть важно по соображениям гигиены. Наконец, сама по себе радужная оболочка глаза не только является неизменной на протяжении всей жизни человека, но и практически не подвержена риску повреждений (в отличие от, например, отпечатка пальца).

Недостатком метода является его потенциальная опасность для глаз, поскольку съемка может привести к снижению зрения. Кроме того, точность распознавания может достаточно сильно снижаться в зависимости от таких показателей, как освещение и самочувствие пользователя.

Система идентификации по геометрии лица анализирует такие характеристики лица, как расстояние между глазами, ширина носа, расположение скул, форма рта и другие. Идентификация поль-

зователя происходит на основании совокупности множества характеристик [8].

Хронологически 2D-распознавание лица является одним из первых методов биометрической идентификации, и оно значительно уступает более поздним методам по показателям надёжности. Кроме того, корректной работе системы распознавания может помешать ряд факторов. Так, система может не работать при плохом освещении, ей может помешать наличие очков или других предметов, частично скрывающих лицо пользователя. Некоторые системы распознавания лица также требуют нейтрального выражения лица пользователя для корректной работы. Однако у системы идентификации по геометрии лица есть и свои преимущества. Так, в отличие от большинства других биометрических методов, данный метод не требует от пользователя практически никаких особых действий (например, приложить палец к сканеру или посмотреть в него). Кроме того, с помощью данного метода возможно распознавание личности на расстоянии и даже без ведома самого объекта распознавания, что крайне важно для обеспечения безопасности объектов, требующих повышенной охраны, к которым относятся и ЦОД.

В последнее время получил распространение метод идентификации, основанный на уникальности рисунка вен руки. В системах, использующих данный метод, используется инфракрасная камера. Так как гемоглобин, содержа-

щийся в крови, способен поглощать инфракрасное излучение, вены на снимке, сделанном с помощью инфракрасной камеры, выглядят как тёмные линии. На основе сделанного снимка специальной программой создаётся цифровая свёртка, которая и используется для идентификации [9].

У этого метода есть ряд достоинств. Так, рисунки вен рук разных людей имеют между собой больше различий, чем отпечатки пальцев, что обеспечивает более высокую точность распознавания пользователя. Кроме того, подделка рисунка вен другого человека считается практически невозможной, так как вены руки находятся под кожей, и для считывания их рисунка необходимо инфракрасное излучение. Также стоит отметить, что при применении

данного метода от пользователя не требуется как прикасаться к сканеру, так и смотреть в «глазок», т.е. объектив камеры. Это делает данный метод более предпочтительным с точки зрения гигиены, а также более комфортным для пользователя. К недостаткам метода можно отнести чувствительность сканеров рисунка вен к засветке галогеновыми лампами и попаданию прямого солнечного света. Также работу сканера сильно затрудняют определённые заболевания сердечно-сосудистой системы, в частности, артрит и некоторые формы анемии [10].

В результате анализа были получены характеристики КЛП и КЛО рассмотренных методов биометрической идентификации, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Количественные характеристики основных статических методов биометрической идентификации

Название метода	КЛП, %	КЛО, %
Идентификация по отпечатку пальца	0,001	0,6
Идентификация по радужной оболочке глаза	0,000001	0,016
Идентификация по сетчатке глаза	0,0001	0,4
Идентификация по геометрии лица	0,1	2,5
Идентификация по венам руки	0,0008	0,01

Для большей достоверности и устранения выявленных недостатков рекомендуется применять усовершенствованный метод, основанный на методе идентификации по геометрии лица. Предлагаемый метод позволяет строить 3D-модель лица человека на основе 2D-изображений.

Материалы и методы решения задачи

В методе используются два алгоритма: первый алгоритм решает задачу получения цифрового слепка лица по планарному изображению и сохранения его в базу; второй алгоритм выполняет

проверку отличительных признаков субъекта по шаблонам из базы данных.

Алгоритм получения шаблонов (т.е. слепков) использует методику распознавания с помощью сеток. Однако в отличие от большинства подобных алгоритмов, он не использует затенение субъекта через световой фильтр. Вместо этого используется метод двойного цифрового кодирования, в котором применяются цветовые фильтры красного и зелёного цветов, при этом вертикальные линии фильтра имеют красный оттенок, а горизонтальные – зелёный. После того, как все необходимые подготовительные операции завершены, камера фотографирует пользователя. При помощи специального драйвера изображение попадает на компьютер и далее анализируется программой. В процессе анализа выделяются номера каждой из линий, которая нанесена на лицо пользователя. Характер отклонений линии говорит о рельефе поверхности лица. Самоочевиден тот факт, что для двух разных субъектов линии с одинаковыми номерами будут иметь разную кривизну и как следствие будут непохожи друг на друга.

Блок-схема алгоритма идентификации по сравнению цифровых слепков лица представлена на рисунке.

В результате программного анализа получается массив, содержащий номера

линий и их положение на планарном изображении. Данный массив и будет являть собой совокупность информационных признаков о том, каким был рельеф исходного трехмерного объекта.

Алгоритм проверки признаков сравнивает полученный массив с эталонами, находящимися в базе данных. Для этого осуществляется поиск всех файлов в базе, размеры слепка которых совпадают с анализируемым. Далее производится центрирование изображений друг относительно друга – это сделано для того, чтобы даже если объект повернет голову на некоторый градус, или переместится чуть левее или правее, или наклонит голову, сравнение все равно завершилось успехом. После центрирования изображений относительно друг друга происходит подсчет дельт по ширине и высоте, чтобы в дальнейшем сравнивать изображения простым проходом по ширине и высоте. Сравнение выполняется следующим образом: происходит проход по анализируемому изображению и одновременный проход со смещением по эталонному. За каждое несовпадение данных в одном из каналов начисляется одна ошибка. Если в итоге количество ошибок не превышает 20% от общего количества пикселей, то изображение считается идентичным эталонному.

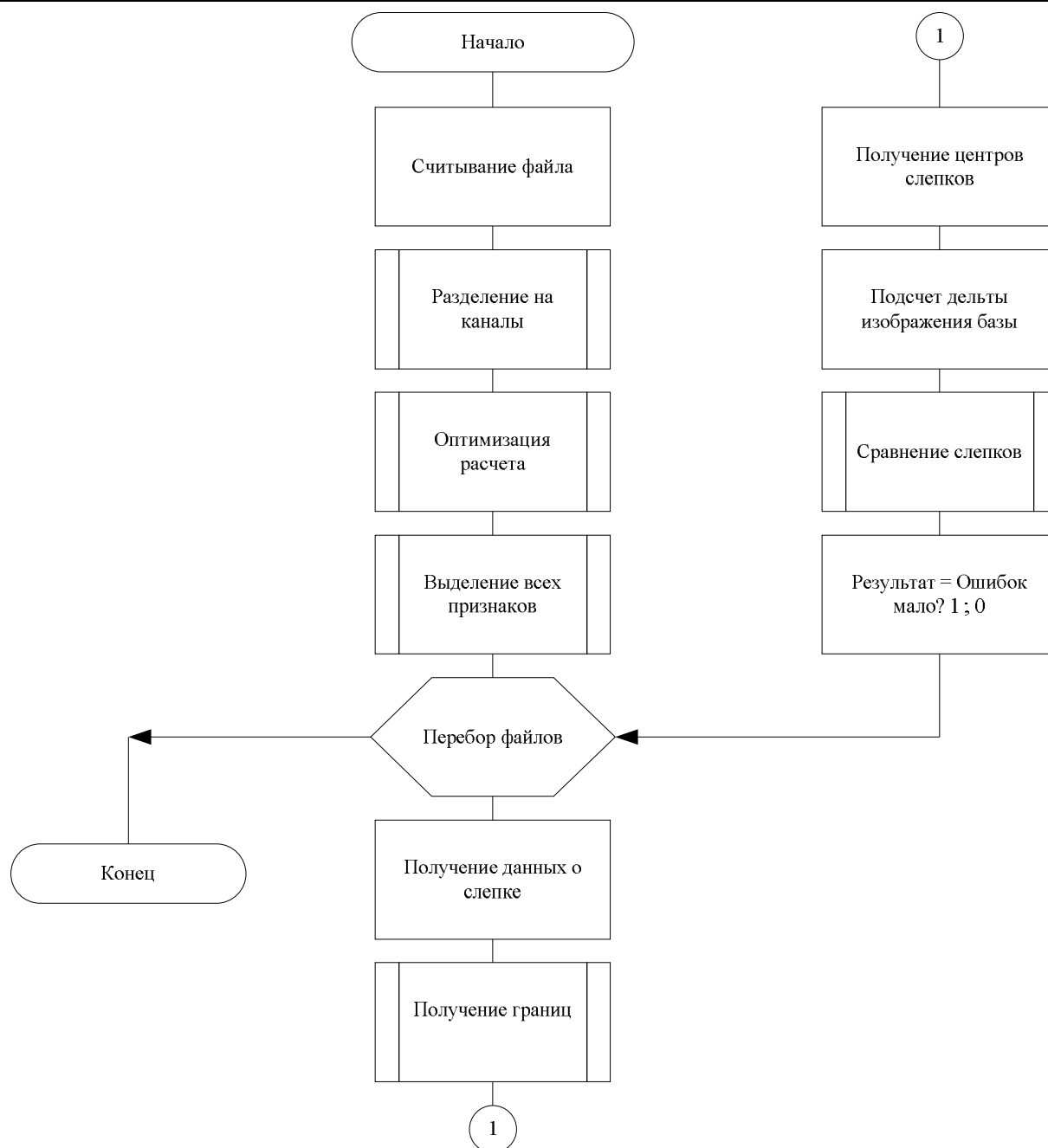


Рис. Блок-схема алгоритма идентификации по сравнению цифровых слепков лица

Результаты и их обсуждение

Было проведено численное моделирование предложенного метода. В ходе моделирования были измерены характеристики КЛО и КЛП, демонстрируемые данным методом при различных внешних условиях. Среди внешних ус-

ловий, осложняющих получение достоверного результата, были поворот головы субъекта, съёмка при низкой освещённости, а также изменение внешности субъекта с помощью очков и бороды. Характеристики данного метода, полученные экспериментально, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Достоверность предложенного метода в зависимости от изменения внешних условий

	При оптимальных условиях	Поворот головы	Низкая освещённость	Изменение внешности (очки, борода)
КЛП, %	0,0005	0,0012	0,0008	0,0017
КЛО, %	0,1	0,2	0,15	0,3

Выводы

Предложенный метод значительно повышает точность распознавания субъектов. Так, при оптимальных условиях КЛО и КЛП предложенного метода соответственно в 25 и в 200 раз меньше аналогичных характеристик стандартного метода идентификации по геометрии лица. Как следствие, предложенный метод позволяет гораздо более качественно проводить идентификацию личности человека.

Кроме достаточно высоких показателей достоверности, у предложенного метода есть и другие достоинства. Так, для его использования не требуется

приобретение и установка специального оборудования. Достаточно использовать видеокамеры и специальное программное обеспечение.

Вместе с тем авторы статьи не считают, что предложенный метод, как и любой другой метод, основанный на идентификации пользователя по биометрическим признакам, должен использоваться в защите информации ЦОД в качестве основного. Более надёжным представляется вариант использования данного метода в комбинации с небιοметрическим методом идентификации, например, использованием ключа или пароля.

Список литературы

1. Спесваков А.Г., Фисун А.П. Основы правового обеспечения информационной безопасности. Курск, 2013. Ч. 2. 303 с.
2. Спесваков А.Г. Таныгин М.О., Панищев В.С. Информационная безопасность. Курск, 2017. 196 с.
3. Спесваков А.Г. Методы идентификации личности человека по морфологическим признакам // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание – 2017: сб. ст. конф. Курск, 2017. С. 53-54.
4. Чеснокова А.А., Калущкий И.В., Спесваков А.Г. Электронный документооборот: безопасность на этапах внедрения и эксплуатации // Известия Юго-Западного государ-

ственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7. №4(25). С. 13-23.

5. Обезличивание персональных данных при обработке в автоматизированных информационных системах / А.Г. Спесов, И.В. Калуцкий, Д.А. Никулин, В.А. Шумайлова. М.: Телекоммуникации, 2016. С. 16-20.

6. Спесов А.Г., Рубанов А.Ф. Стереоскопическая оптико-электронная система слежения // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2005. №2. С. 62-67.

7. Спесов А.Г., Ширабакина Т.А. Выделение контура объекта на основе нечеткой логики // Медико-экологические информационные технологии: сб. ст. конф. Курск, 2000. С. 149-151.

8. Спесов А.Г., Рубанов А.Ф., Дегтярев С.В. Система обнаружения объектов изображения и выделения их контуров // Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления: сб. ст. конф. М., 2001. С. 147-148.

9. Спесов А.Г., Дегтярев С.В. Устройство выделения контуров изображения объекта на основе нечеткой логики // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. Муром, 2000. С. 46-48.

10. Спесова С.В., Применко Д.В. Метод обезличивания персональных данных в автоматизированных системах // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание – 2017: сб. ст. конф. Курск, 2017. С. 330-333.

Поступила в редакцию 09.01.2019

Подписана в печать 06.02.2019

Reference

1. Spevakov A.G., Fisun A.P. Osnovy pravovogo obespechenija informacionnoj bezopasnosti. Kursk, 2013, 303 p.

2. Spevakov A.G., Tanygin M.O., Panishhev V.S. Informacionnaja bezopasnost'. Kursk, 2017, 196 p.

3. Spevakov A.G. Metody identifikacii lichnosti cheloveka po morfologicheskim priznakam. Optiko-jelektronnye pribory i ustrojstva v sistemah raspoznavanija obrazov, obrabotki izobrazhenij i simvol'noj informacii. Raspoznavanie – 2017. Sb. st. konf. Kursk, 2017, pp. 53-54.

4. Chesnokova A.A., Kaluckij I.V., Spevakov A.G. Jelektronnyj dokumentooborot: bezopasnost' na jetapah vnedrenija i jekspluatcii. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie*, 2017, vol. 7, no. 4, pp. 13-23.

5. Spevakov A.G., Kaluckij I.V., Nikulin D.A., Shumajlova V.A. Obezlichivanie personal'nyh dannyh pri obrabotke v avtomatizirovannyh informacionnyh sistemah. Moscow, Telekommunikacii Publ., 2016, pp. 16-20.
6. Spevakov A.G., Rubanov A.F. Stereoskopicheskaja optiko-jelektronnaja sistema slezhenija. *Saint-Petersburg Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie*, 2005, no.2, pp. 62-67.
7. Spevakov A.G., Shirabakina T.A. Vydelenie kontura ob#ekta na osnove nechetkoj logiki. Mediko-jekologicheskie informa-cionnye tehnologii. Sb. st. konf. Kursk, 2000, pp. 149-151.
8. Spevakov A.G., Rubanov A.F., Degtjarev S.V. Sistema obnaruzhenija ob#ektov izobrazhenija i vydelenija ih konturov. Datchiki i preobrazovateli informacii sistem izmerenija, kontrolja i upravlenija. Sb. st. konf. Moscow, 2001, pp. 147-148.
9. Spevakov A.G., Degtjarev S.V. Ustrojstvo vydelenija konturov izobrazhenija ob#ekta na osnove nechetkoj logiki. Algoritmy, metody i sistemy obrabotki dannyh. Murom, 2000, pp. 46-48.
10. Spevakova S.V., Primenko D.V. Metod obezlichivanija personal'nyh dannyh v avtomatizirovannyh sistemah. Optiko-jelektronnye pribory i ustrojstva v sistemah raspoznavanija obrazov, obrabotki izobrazhenij i simvol'noj informacii. Raspoznavanie – 2017. Sb. st. konf. Kursk, 2017, pp. 330-333.

Received 09.01.2019

Accepted 06.02.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Игорь Владимирович Калущкий, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Российская Федерация
e-mail: igor_kalutsky@mail.ru

Igor V. Kalutskiy, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: igor_kalutsky@mail.ru

Юрий Сергеевич Матюшин, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Российская Федерация
e-mail: steelrat116@gmail.com

Yuriy S. Matiushin, Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: steelrat116@gmail.com

Светлана Викторовна Спевак, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Российская Федерация,
e-mail: sspev@yandex.ru

Svetlana V. Spevakova, Post-Graduate Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: sspev@yandex.ru

УДК 621.396.9

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-95-106

Нечеткая система оценки и управления привлекательностью технических или экономических объектов (на примере выбора фирмы-поставщика ресурсов)

Сизов А. С.¹, Добрица В. П.¹, Добросердов О. Г.¹, Атакищев О. И.²,
Зёрнушкин А.Е.³, Халин Ю. А.¹ ✉, Сильченко Р.С.¹

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

² Институт инженерной физики РФ, Россия, Москва, ул. Летниковская, 10

³ НИИИЦ 18 ЦНИИ МО РФ, Россия, 305004, Курск, ул. Блинова, 23

✉ e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Резюме

Цель исследования. Повышение эффективности функционирования техники или социально-экономических систем путем разработки нечеткой системы для выбора поставщика товарно-материальных ценностей в логистических компаниях. Актуальность исследования обусловлена отсутствием в подавляющем большинстве фирм системного подхода к формированию стратегии закупочной логистики, что затрудняет оперативное управление процессом анализа и оценки. При принятии решения о выборе поставщика, на основе анализа множества источников используются различные математические методы, которые, тем не менее, обладают рядом недостатков, не позволяющих решать поставленную задачу с требуемой эффективностью.

Методы. В задаче оценки и управления привлекательностью объекта в условиях неполноты и нечеткости исходных метод основан на системах нечеткого логического вывода. Основой предлагаемого метода является схема прямого нечеткого логического вывода. Она модифицирована введением оператора упорядоченного взвешенного усреднения для агрегирования выходов продукционных правил. На первом этапе вывода функции принадлежности, определенные на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для последующего определения степени истинности каждой предпосылки каждого правила. Затем вычисленное значение истинности для предпосылок каждого правила применяется к заключениям каждого правила. Это приводит к формированию нечеткого подмножества, которое назначается каждой переменной вывода для каждого правила. В качестве правила логического вывода используем операцию *min*. На следующем этапе осуществляется приведение нечеткого значения функции принадлежности выходной переменной каждого правила к четкому виду. Для этого используется быстрый центроидный метод. Для агрегирования выхода каждого продукционного правила с учетом степени их важности для лица, принимающего решение, предлагается использовать оператор упорядоченного взвешенного усреднения (OWA) Ягера.

Результаты. Упорядоченное взвешенное усреднение и последующее ранжирование пар фирм-альтернатив позволило построить список фирм-поставщиков, соответствующий объективному ранжированию.

Заключение. Выполнена модельная проверка рейтинга поставщиков упаковочных материалов для фирм, занимающихся выпуском готовой продукции. Результаты экспериментального исследования демонстрируют перспективность предложенного подхода за счет учета взаимовлияния показателей между собой.

© Сизов А. С., Добрица В. П., Добросердов О. Г., Атакищев О. И., Зёрнушкин А.Е., Халин Ю. А., Сильченко Р.С., 2019

Известия Юго-Западного государственного университета / Proceedings of the Southwest State University. 2019; 23(1): 95-106

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных; критерий; нечеткий логический вывод; функция принадлежности; база знаний; агрегирование; OWA оператор Ягера.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Нечеткая система оценки и управления привлекательностью технических или экономических объектов (на примере выбора фирмы-поставщика ресурсов) / А.С. Сизов, В.П. Добрица, О.Г. Добросердов, О.И. Атакищев, А.Е. Зёрнушкин, Ю.А. Халин, Р.С. Сильченко // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 95-106. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-95-106.

UDC 621.396.9

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-95-106

Fuzzy System for Assessment and Mannagement of Attractiveness of Technical or Economic Objects (Case Study of the Selection of a Resource Supplier)

Aleksandr S. Sizov¹, Vyacheslav P. Dobritsa¹, Oleg G. Dobroserdov¹,
Oleg I. Atakishchev², Aleksey E. Zernushkin³, Yuriy A. Khalin¹✉,
Roman S. Sylchenko¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

² Institute of Engineering Physics of the Russian Federation, 10, Letnikovskaya str., Moscow, Russian Federation

³ Research and Test Centre 18 Central Scientific-Research Institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 23, Blinova str., Kypck, 305004, Russian Federation

✉ e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Abstract

Purpose of reseach is to improve the operation of technical systems or performance of socio-economic systems by developing a fuzzy system for selecting a supplier of inventories in logistics companies. The relevance of the study is determined by the absence of a system approach to the formation of a procurement logistics strategy in the overwhelming majority of companies, which makes the operations management of the analysis and evaluation process difficult. When making decisions concerning selecting a supplier, based on the analysis of a variety of sources, various mathematical methods and techniques are used; nevertheless these methods and techniques have a number of drawbacks that do not allow a company to solve the set task with the required effectiveness.

Methods. Since the original methods in solving the task of assessing and managing the attractiveness of an object are incomplete and noe clear, the method applied is based on the systems of fuzzy logic inference. The basis of the proposed method is a scheme of the direct fuzzy inference. It is modified by introducing an ordered weighted averaging operator to aggregate the outputs of the production rules. At the first stage of the derivation, the membership functions defined for the input variables are applied to their actual values for the subsequent determination of the degree of truth for each premise of each rule. Then, the calculated truth value for the premises of each rule is applied to the inferences of each rule. This leads to the formation of a fuzzy subset, which is assigned to each output variable for each rule. As a rule of logic inference, we use min operation. At the next stage, the fuzzy value of the membership function of the output variable of each rule is reduced to a crisp type by applying the fast centroid method. To aggregate the output of each production rule, taking into account the degree of their importance for the decision-maker, it is proposed to use the Ronald R. Yager's ordered weighted averaging (OWA) operator.

Results. *Ordered weighted averaging and the subsequent ranking of the pairs of alternative firms made it possible to create a list of supplying companies corresponding to the objective ranking.*

Conclusion. *A model verification of the ranking of suppliers of packaging materials for the firms of finished products was performed. The results of an experimental study demonstrate the prospects of the proposed approach taking into account the mutual influence of the indicators.*

Key words: *data mining; criterion; fuzzy inference; membership function; data base; aggregation; Yager's ordered weighted averaging (OWA) operator.*

Conflict of interest: *The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.*

For citation: Sizov A.S., Dobritsa V.P., Dobroserdov O.G., Atakishchev O.I., Zernushkin A.E., Khalin Y. A., Sylchenko R.S. Fuzzy System for Assessment and Management of Attractiveness of Technical or Economic Objects (Case Study of the Selection of a Resource Supplier). *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 95-106 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-95-106.

Введение

В условиях рыночной экономики у руководителей промышленных предприятий возникает важнейшая планово-экономическая задача, связанная с материально-техническим снабжением.

Данная задача с точки зрения теории принятия решений представляет собой выбор поставщика товарно-материальных ценностей по набору показателей оценки эффективности поставщиков. Для предприятий производителей готовой продукции важны надежные поставщики сырья и полуфабрикатов, сбой или какие-либо другие задержки в поставках негативно сказываются на всем процессе производства – простой оборудования, неэффективное использование оборотных средств и как следствие невыполнение плана производства. Кроме цены, сроков поставки сырья и полуфабрикатов оценка привлекательности поставщика осуществляется по ряду показателей, имеющих качественную, нечеткую природу изме-

рения, что затрудняет объективный и обоснованный выбор. Традиционный метод анализа иерархий (МАИ) подразумевает структуризацию предметной области, четкие количественные оценки показателей и как правило сводится к аддитивной или мультипликативной решающей функции [1,2]. МАИ основывается на построении экспертом матрицы парных сравнений альтернатив, что возможно в условиях однородности множества оцениваемых показателей.

В подавляющем большинстве компаний в настоящее время не существует структурированного подхода к формированию стратегии закупочной логистики [3,4]. Компании-поставщики в основном не имеют однородных однозначно измеримых показателей. В результате процесс приобретения материально-технической базы осуществляется бессистемно, что затрудняет оперативное управление процессом и эффективный контроль расходов в средне- и долгосрочной перспективе.

Таким образом, существует объективно сложившаяся необходимость разработки более совершенных методов и средств автоматизации логистической деятельности компании, обеспечивающих повышение эффективности выбора поставщиков, учитывающих существенную неопределенность ряда показателей.

Постановка задачи

Для предприятий, осуществляющих сбыт готовой продукции задача выбора поставщика данной продукции также является актуальной, так как сбои в поставках приводят к дефициту товаров, а следовательно и к снижению выручки организации.

В настоящее время в практике управления предприятия сложились три способа выбора поставщиков:

- торговым агентом, цель которого увеличение собственного дохода;
- централизованным снабжением (отдел закупок, производственный отдел и отдел технического контроля качества продукции), цель которого – обеспечение эффективности предприятия;
- через посреднические фирмы, цель которых – оказание услуги и закрепление клиента.

При этом каждое из лиц, принимающих решение, использует собственные наборы показателей и их оценки.

Процесс выбора поставщика товарно-материальных ценностей осуществляется на сопоставлении различных показателей, описывающих его состояние в данный момент времени [5].

Как уже было обозначено, данная задача усложняется тем, что для множества этих показателей затруднительно получение количественных оценок. Это обусловлено как недостатком информации о деятельности потенциального поставщика (большинство данных о предприятиях-поставщиках являются закрытыми, поэтому необходимо осуществлять бизнес-разведку, что ведёт к дополнительным затратам), так и выбором шкалы, на которой определяется значение показателя.

Одним из способов преодоления описанных ограничений существующих методов теории принятия решения, является теория нечётких множеств.

Материалы и методы решения задачи

В последнее время, для автоматизации обработки информации, с учетом мнения специалистов предметной области, нечеткости и неполноты имеющихся сведений используются аппарат нечеткой логики и методы нечеткого вывода.

Высокую эффективность в системах классификации и управления при решении задач выбора оптимального решения при многих критериях с учетом неполноты и нечеткости данных показал нечеткий логический вывод [6].

Механизм нечеткого вывода в своей основе имеет базу знаний, формируемую экспертами предметной области в виде совокупности нечетких предикатных правил вида:

P_i : если x есть A_i , тогда y есть B_i ,

где x – входная лингвистическая переменная (ЛП) (имя для известных значе-

ний данных); y – переменная вывода (имя для значений данных, которое будет вычислено); A_i и B_i – нечеткие множества, определенные соответственно на X и Y .

Подбор независимых экспертов проводится методом снежного кома, оценка их компетентности – документальным методом, получение экспертной информации – итеративным методом без взаимодействия, для анализа экспертных суждений используется статистический подход.

Механизм простого нечеткого вывода можно представить следующим образом:

предпосылка :

Π_1 : если x есть A_1 , тогда y есть B_1 ,

Π_2 : если x есть A_2 , тогда y есть B_2 ,

.....

Π_n : если x есть A_n , тогда y есть B_n

факт : x есть A

следствие : y есть B

Знание эксперта $A \rightarrow B$ отражает нечеткое причинное отношение предпосылки и заключения, поэтому его можно назвать нечетким отношением R :

$$R = A \rightarrow B,$$

где символ « $\rightarrow$ » означает нечеткую импликацию.

Приведенная схема логического вывода отражает утверждающий модус (modus ponens) – от утверждения об истинности посылки A с помощью правила $A \rightarrow B$ переходим к выводу об истинности заключения B .

Для решения задачи выбора поставщика предлагается схема модифи-

цированного НЛВ по алгоритму Мамдани [3, 7]. Такие правила в базе знаний Мамдани могут рассматриваться как аналог вербального кодирования, которое, как установили психологи, происходит в человеческом мозге при обучении. Поэтому формирование нечеткой базы знаний типа Мамдани обычно не вызывает трудностей у эксперта. Предлагаемая схема НЛВ состоит из следующих этапов:

1. *Введение нечеткости.* Функции принадлежности, определенные на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для последующего определения степени истинности каждой предпосылки каждого правила.

2. *Нечеткая импликация.* Вычисленное значение истинности для предпосылок каждого правила применяется к заключениям каждого правила. Это приводит к формированию нечеткого подмножества, которое назначается каждой переменной вывода для каждого правила. В качестве правила логического вывода используем операцию *min*.

3. *Приведение к четкости.* На данном этапе осуществляется приведение нечеткого значения функции принадлежности выходной переменной каждого правила к четкому виду. Для этого используется быстрый центроидный метод.

4. *Композиция.* На данном этапе, в отличие от классической схемы вывода (например, по алгоритму Мамдани), для агрегирования выхода каждого продукционного правила с учетом степени их важности для ЛПР предлагается ис-

пользовать оператор упорядоченного взвешенного усреднения (OWA) Ягера (далее OWA-оператор).

OWA-оператором размерности n ассоциированным с вектором $W = (w_1, \dots, w_n)$, называется соотношение вида:

$$H(a_1, a_2, \dots, a_n) = w_1 b_1 + w_2 b_2 + \dots + w_n b_n, \quad (1)$$

где $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, $w_i \geq 0$, весовой

вектор $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, а $b_i (i = 1, \dots, n)$ – эле-

менты вектора $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, упорядоченные по убыванию.

Вычисление значения OWA-оператора состоит из трех шагов [8]:

- 1) переупорядочивание входных параметров;
- 2) определение весов, ассоциированных с OWA-оператором;
- 3) процесс агрегации.

Весовой вектор, ассоциированный с OWA-оператором, задается нечетким правилом большинства голосов (по крайней мере половина), которому соответствует вектор весов, элементы которого задаются следующим образом:

$$w_j = Q\left(\frac{j}{n}\right) - Q\left(\frac{j-1}{n}\right), \quad (2)$$

где Q – значение нечеткого квантификатора, с функциями принадлежности, показанными на рисунке 1.

Таким образом, когда хотя бы половина выходов производственных правил имеют высокие значения, правила с более низкими значениями выходной переменной, оказывающие минимальное вли-

яние на результат логического вывода, не учитываются. Описанные шаги повторяются для каждого поставщика из перечня альтернатив.

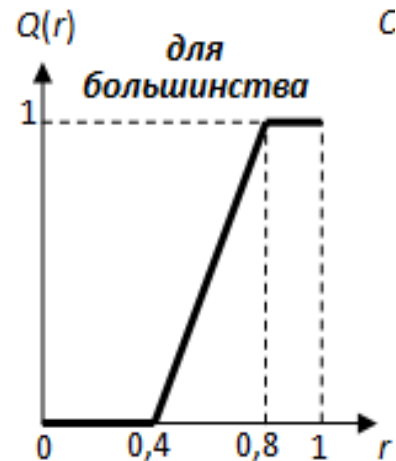


Рис.1. Функция принадлежности нечеткого квантификатора «для большинства»

Поставщик с максимальным значением агрегированного показателя, при условии превышения порога принятия решения, является наиболее предпочтительным. Порог принятия решения устанавливается ЛПР и обычно выбирается в пределах $0,65 \dots 0,8$ [5, 7].

Результаты и их обсуждение

Экспериментальная проверка предложенного прямого нечеткого логического вывода подхода проводилась на примере решения задачи выбора поставщика упаковочных материалов [4 - 7, 9, 10].

Оценка привлекательности поставщиков выполнялась по следующим показателям:

– цена < низкая, среднерыночная, высокая >;

– условия оплаты < аванс, оплата по факту, отсрочка платежа>;

– качество <было существенное нарушение качества, было незначительное нарушение, отсутствие нарушений>;

– сроки поставки <было существенное опоздание, было незначительное опоздание, отсутствие опозданий>;

– удаленность поставщика <близко, средняя удаленность, далеко>;

– условия доставки <самовывоз дешевле доставки транспортом поставщика, стоимость поставки равна затратам на самовывоз, доставка транспортом поставщика дешевле самовывоза>.

Соответствующие каждому показателю нечеткие переменные представлены треугольными функциями принадлежности. Особый интерес представляет лингвистическая переменная «условия оплаты труда». Функции принадлежности её термов представлены на рисунках 2 – 4.

На графиках T – момент времени фактической поставки товара.

На рисунке 5 представлены функции принадлежности выходной лингви-

стической переменной «оценка привлекательности поставщика».

В Matlab с использованием модуля Fuzzy Logic Designer разработана система прямого нечеткого логического вывода. База знаний системы представлена 30 предикатными правилами. Экспертная оценка параметров проводилась по десятибалльной шкале. Агрегирование выходов системы предикатных правил производилось OWA оператором с весовым вектором вида (1).

Для сравнения в таблице представлены результаты выбора поставщика с использованием модифицированного метода НЛВ и классического метода прямого НЛВ по алгоритму Мамдани.

По результатам эксперимента, при оценке привлекательности поставщиков с использованием классического алгоритма Мамдани (столбец *Кл.* графа «Оценка привлекательности» табл.) сложилась следующая система предпочтений:

$$П2 \succ П6 \succ П1 \succ П5 \succ П3 \succ П4,$$

где « $\succ$ » отношение предпочтения.

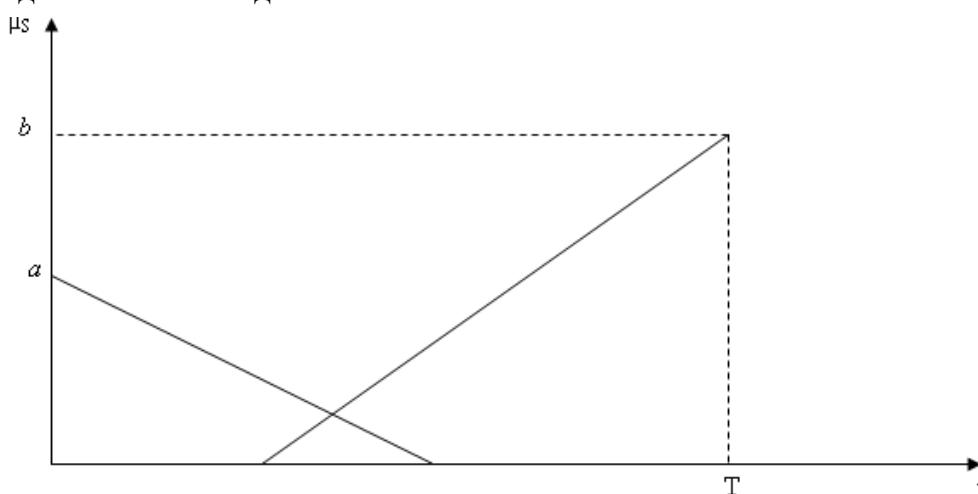


Рис. 2. Функция принадлежности нечеткого значения "аванс" ($a + b = 1$)

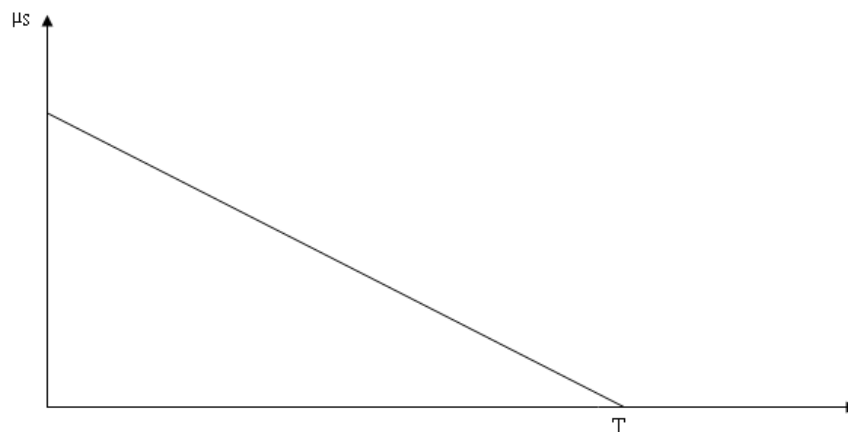


Рис. 3. Функция принадлежности нечеткого значения "оплата по факту"

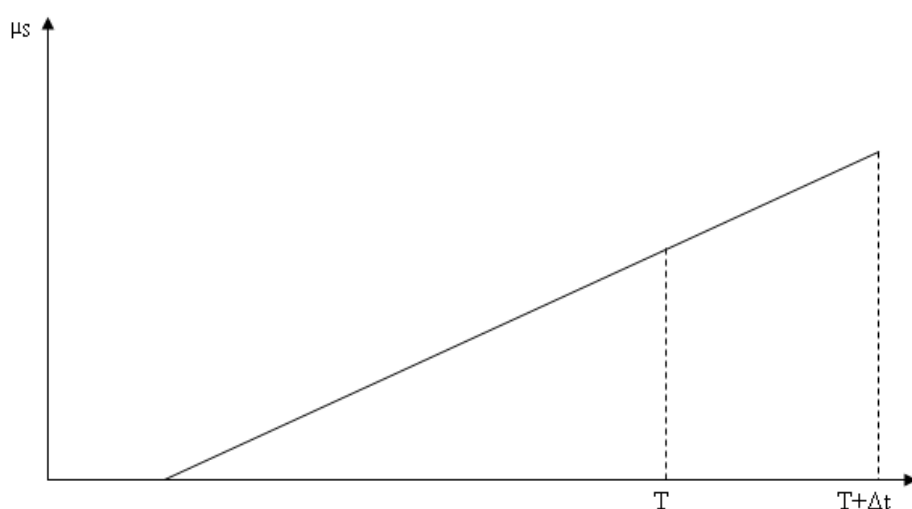
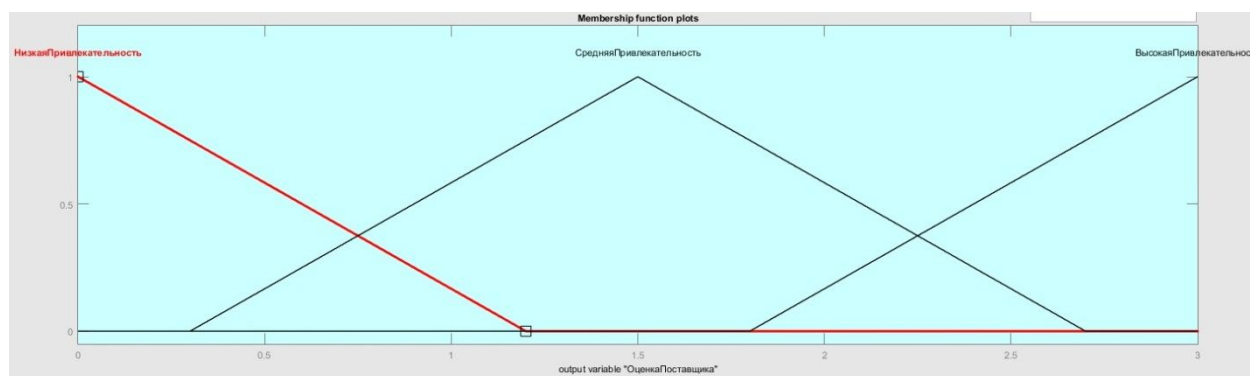
Рис.4. Функция принадлежности нечеткого значения "отсрочка платежа" (Δt – время отсрочки платежа)

Рис. 5. Функция принадлежности нечеткой переменной вывода "оценка привлекательности поставщика"

Система предпочтений при использовании модифицированного алгоритма НЛВ (столбец *Мод.* графа «Оценка при-

влекательности» табл.) выглядит следующим образом:

$$П2 \succ П6 \succ П1 \succ П3 \succ П5 \succ П4.$$

Сравнительная оценка классической и модифицированной модели НЛВ

	Поставщик 1		Поставщик 2		Поставщик 3		Поставщик 4		Поставщик 5		Поставщик 6	
Цена	274		163		262		235		289		90	
Условия оплаты	1		0		0		0		0,5		0	
Качество	3		9		7		5		9		6	
Сроки поставки	10		8		4		6		10		3	
Удаленность поставщика	2		2		3		4		5		9	
Условия доставки	4		8		10		6		9		9	
Итоговая оценка	<i>Мод.</i>	<i>Кл.</i>	<i>Мод.</i>	<i>Кл.</i>	<i>Мод.</i>	<i>Кл.</i>	<i>Мод.</i>	<i>Кл.</i>	<i>Мод.</i>	<i>Кл.</i>	<i>Мод.</i>	<i>Кл.</i>
	1,87	1,5	2,62	2,41	1,13	1,5	0,8	0,61	1,81	1,5	2,32	2,37

Как видно из получившихся систем предпочтений при введении механизма учета мнения ЛПР поставщик 3, выглядит более предпочтительно, чем поставщик 5, а не наоборот, что соответствует объективному ранжированию по показателю «цена» для данной пары вариантов.

Выводы

Таким образом, в статье разработана нечеткая система выбора поставщика, модифицированная введением оператора упорядоченного взвешенного усреднения (OWA) Ягера для агрегирования выходов продукционных правил. Данная нечеткая система в составе СППР позволит специалистам логисти-

ческих отделов компаний [8, 11, 12, 13] осуществлять более обоснованный выбор приоритетного поставщика среди множества вариантов, учитывая взаимовлияния показателей между собой.

Эффективность предложенной системы проверена на типовой задаче расчета рейтинга поставщиков упаковочных материалов для компании, занимающейся выпуском готовой продукции. По итогам оценки определяется поставщик с наиболее предпочтительными значениями показателей, включая, кроме цены, показатели «условия доставки», «условия оплаты» и др. Результаты модельного расчета демонстрируют перспективность предложенного подхода.

Список литературы

1. Комбинированный метод анализа и выбора сложных технических или социально-экономических объектов / В.Л. Бурковский, Б.А. Шиянов, А.В. Гривачев, А.С. Сизов, Е.А. Титенко // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2018. Т. 14. № 2. С. 15-20.
2. Способ оценки вклада общих и индивидуальных показателей для управления техническими и социально-экономическими системами / А.В. Варганов, А.А. Головин, А.В. Гривачев, С.Ю. Сазонов, А.С. Сизов, Е.А. Титенко // Информационные системы и технологии. 2018. № 4 (108). С. 24-31.

3. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности. М.: Изд. центр «Академия», 2010. 314 с.
4. Зёрнушкин А.Е., Сизов А.С., Использование систем нечеткого логического вывода и OWA оператора Ягера для оценки состояния сложных организационно-технических систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т.14. №6. С. 21-28.
5. Имамвердиев Я.Н. Метод объединения результатов ансамбля классификаторов в мультибиометрических системах // Информационные технологии 2011. №9. С. 24-31.
6. Халин Ю.А., Сизов А.С., Игнатенко А.Н. Подход к определению траекторий развития предприятий при управлении конкурентоспособностью // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 1-1 (40). С. 86-92.
7. Халин Ю.А., Сизов А.С., Игнатенко А.Н. Нечётко-множественная модель многокритериальной оценки конкурентоспособности предприятия // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 5 (38). С. 53-57.
8. Халин Ю.А., Киселёва К.А., Альков В.В. Модель информационного взаимодействия конкурирующих предприятий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7. № 3 (24). С. 29-35.
9. Писарева Н.К. Разработка системы выбора поставщика // Экономика и управление: проблемы, тенденции, перспективы развития: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (г. Чебоксары, 10 мая 2017 г.). Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. С. 200-213.
10. Гривачев А.В., Емельянов С.Г., Сазонов С.Ю., Титенко Е.А. Модифицированный метод анализа иерархий для оценки эффективности робототехнических комплексов // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т. 14. № 10. С. 14-18.
11. Yager R.R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decisions making // IEEE Transactoins on Systems, Man Cybernetics. 1988. Vol. 18. N1. P. 183-190.
12. Интеллектуальная обработка данных в задаче систематизации экономико-статистической информации / Я.А. Швецов, В.И. Аверченков, М.Ю. Рытов, В.П. Фёдоров, Г.А. Федяева // Вестник Брянского государственного технического университета. 2017. №8. С. 67-74.
13. Аверченков В.И., Лагерева А.В., Подвесовский А.Г. Представление и обработка нечёткой информации в многокритериальных моделях принятия решений для задач управления социальными и экономическими системами // Вестник Брянского государственного технического университета. 2012. №2. С. 97-104.

Поступила в редакцию 06.02.2019

Подписана в печать 11.03.2019

References

1. Burkovskij V.L., Shijanov B.A., Grivachev A.V., Sizov A.S., Titenko E.A. Kombinirovannyj metod analiza i vybora slozhnyh tehniceskikh ili social'no-jekonomicheskikh ob#ektov. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*, 2018, vol. 14, no. 2, pp. 15-20.
2. Varganov A.V., Golovin A.A., Grivachev A.V., Sazonov S.Ju., Sizov A.S., Titenko E.A. Sposob ocenki vklada obshhix i individual'nyh pokazatelej dlja upravlenija tehniceskimi i social'no-jekonomicheskimi sistemami. *Informacionnye sistemy i tehnologii*, 2018, no. 4 (108), pp. 24-31.
3. Brodeckij G.L. Sistemnyj analiz v logistike. Vybor v uslovijah neoprede-lennosti. Moscow, 2010, 314 p.
4. Zjornushkin A.E., Sizov A.S., Ispol'zovanie sistem nechetkogo logicheskogo vyvoda i OWA operatora Jagera dlja ocenki sostojanija slozhnyh organizacionno-tehniceskikh sistem. *Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy*, 2016, vol.14, no.6, pp. 21-28.
5. Imamverdiev Ja.N. Metod ob#edinenija rezul'tatov ansamblja klassifikatorov v mul'tibiometricheskikh sistemah. *Informacionnye tehnologii*, 2011, no.9, pp. 24-31.
6. Halin Ju.A., Sizov A.S., Ignatenko A.N. Podhod k opredeleniju traektorij razvitija predpriyatij pri upravlenii konkurentosposobnost'ju. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, no. 1-1 (40), pp. 86-92.
7. Halin Ju.A., Kiseljova K.A., Al'kov V.V. Model' informacionnogo vzaimo-dejstvija konkurirujushhix predpriyatij. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie*, 2017, vol. 7. no. 3 (24), pp. 29-35.
8. Halin Ju.A., Sizov A.S., Ignatenko A.N. Nechjotko-mnozhestvennaja model' mnog-okriterial'noj ocenki konkurentosposobnosti predpriyatija. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, № 5 (38), pp. 53-57.
9. Pisareva N.K. Razrabotka sistemy vybora postavshhika. Jekonomika i upravlenie: problemy, tendencii, perspektivy razvitija. Materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Cheboksary, 2017, pp. 200-213.
10. Grivachev A.V., Emel'janov S.G., Sazonov S.Ju., Titenko E.A. Modificirovannyj metod analiza ierarhij dlja ocenki jeffektivnosti robototehniceskikh kompleksov. *Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy*, 2016, vol. 14, no. 10, pp. 14-18.
11. Yager R.R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decisions making. *IEEE Transactoins on Systems, Man Cybernetics*, 1988, vol. 18, no. 1, pp. 183-190.
12. Shvecov Ja.A., Averchenkov V.I., Rytov M.Ju., Fjodorov V.P., Fedjaeva G.A. Intel-lektual'naja obrabotka dannyh v zadache sistematizacii jekonomiko-statisticheskoy informacii. *Vestnik Brjanskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*, 2017, no.8, pp. 67-74.

13. Averchenkov V.I., Lagerev A.V., Podvesovskij A.G. Predstavlenie i obrabotka nechjotkoj informacii v mnogokriterial'nyh modeljah prinjatija reshenij dlja zadach upravlenija social'nymi i jekonomicheskimi sistemami. *Vestnik Brjanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 2012, no. 2, pp. 97-104.

Received 06.02.2019

Accepted 11.03.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Александр Семёнович Сизов, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация

Aleksandr S. Sizov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation

Вячеслав Порфирьевич Добрица, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: dobritsa@mail.ru

Vyacheslav P. Dobritsa, Doctor of Phisico-Mathematical Sciences, Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: dobritsa@mail.ru

Олег Гурьевич Добросердов, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: serfing@yandex.ru

Oleg G. Dobroserdov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Senior Researcher, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Олег Игоревич Атакищев, доктор технических, профессор, заместитель директора, Институт инженерной физики РФ, г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: aoi007@mail.ru

Oleg I. Atakishchev, Doctor of Engineering Sciences, professor, Institute of Engineering Physics of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
e-mail: aoi007@mail.ru

Алексей Евгеньевич Зёрнушкин, адъюнкт, НИИИЦ 18 ЦНИИ МО РФ, г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: zaec83@yandex.ru

Aleksey E. Zernushkin, Adjunct, Research and Test Centre 18 Central Scientific-Research Institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Kursk, Russian Federation,
e-mail: zaec83@yandex.ru

Юрий Алексеевич Халин, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Yuriy A. Khalin, Candidate of Engineering Sciences, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Роман Станиславович Сильченко, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: roman_pc_rs@mail.ru

Roman S. Sylchenko, Post-Graduate Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: roman_pc_rs@mail.ru

УДК 004.056.5

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-107-117

Блокировка пиратского контента и защита авторских прав в сети Интернет

Спеваков А. Г.¹ ✉, Будникова Ю. А.¹

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: aspev@yandex.ru

Резюме

Цель исследования. В ходе исследования определены виды ответственности за нарушение авторских и смежных прав. Также отметим ключевую особенность произведения, благодаря которой объект может быть зарегистрирован как результат интеллектуальной деятельности конкретного автора. Сделан акцент на особенности патентного права.

Методы. В статье предложен метод и алгоритм о решении блокировки сайтов, учитывающий особенности нарушения авторского права в нашей стране. Также предложены способы устранения подобных нарушений. Для этого необходимо, во-первых, четко описать термины, используемые в авторском законодательстве, во-вторых, ввести результаты интеллектуальной деятельности под защиту государства и, в-третьих, блокировать и/или накладывать временные запреты на сайты, нарушающие действующее законодательство.

Результаты. Проведенный анализ существующей системы авторских прав показал следующие недостатки в законодательных актах относительно авторских прав:

- нечёткое определение понятия «информационный посредник»; неоправданное применение закона касательно добросовестных владельцев сайтов и страниц в сети Интернет;
- в законодательстве отсутствуют санкции по отношению к таким результатам интеллектуальной деятельности, как фотографии и товарные знаки, что дискриминирует правообладателей и открывает широкие возможности для нелегальной деятельности правонарушителей;
- процесс обнаружения «пиратских» произведений и блокировка сайта происходит с лишними затратами времени, процесс усложнён;
- иностранные граждане находятся как бы на границе авторских прав, их наказание не регулируется нашим законодательством.

Заключение. Закон о защите авторских прав в Российской Федерации принят не так уж давно, поэтому в нем существуют некоторые недоработки, неточности, но все они могут быть исправлены. С таким бурным развитием информационных технологий приходится в ускоренных темпах следить за изменениями, что не так уж просто. Мошенники придумывают всё более изощрённые способы получения прибыли за счёт чужих произведений, что должно незамедлительно предотвращаться.

Ключевые слова: авторское право; оригинальность; закон; ответственность; интеллектуальная деятельность; «антипиратский» закон; постоянная блокировка; нарушение авторских прав.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Спеваков А.Г., Будникова Ю. А. Блокировка пиратского контента и защита авторских прав в сети Интернет // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 107-117. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-107-117.

© Спеваков А. Г., Будникова Ю. А., 2019

Pirated Content Blocking and Copyright Protection on the Internet

Aleksandr G. Spevakov ¹✉, Yuliya A. Budnikova ¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

✉ e-mail: aspev@yandex.ru

Abstract

Purpose of research. The study is aimed at identifying the types of liability for copyrights and related rights infringement as well as distinguishing the key feature of the product, thanks to which the object can be registered as a result of the intellectual activity of a particular author. The peculiar features of patent law are emphasised.

Methods. The article proposes a method and an algorithm for making decisions concerning blocking websites which takes into account the peculiarities of copyright infringement in Russia. The authors also propose ways to eliminate such violations: first, it is necessary to clearly define the terms used in the copyright law; secondly, it is important to protect the results of intellectual activity by the state; and, thirdly, it is appropriate to block and / or impose temporary bans on websites that violate legislation.

Results. The analysis of the existing system of copyright showed the following shortcomings in the Copyright Law:

- Unclear definition of the concept of 'information mediator'; unjustified application of the law to bona fide owners of websites and webpages on the Internet;
- There are no sanctions against such results of intellectual activities as photographs and trademarks in the legislation, which discriminate right holders and opens up wide possibilities for illegal activities of offenders;
- The process of detecting 'pirated' products and website blocking is time consuming and too complicated;
- Foreign citizens are 'beyond Russian Copyright Law', their punishments are not regulated by Russian legislation.

Conclusion. Copyright Law was introduced in the Russian Federation not so long ago, therefore there are some shortcomings and inaccuracies in it, but all of them can be amended. Such a rapid development of information technology makes it more difficult to follow the changes; fraudsters invent more sophisticated ways of making a profit at the expense of other people's products, which should be immediately prevented.

Key words: copyright; originality; law; responsibility; intellectual activities; 'antipirated' act; constant blocking; copyright violation.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Spevakov A.G., Budnikova Y. A. Pirated Content Blocking and Copyright Protection on the Internet. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* = *Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 107-117 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-107-117.

Введение

В современных реалиях проблема плагиата произведений различного характера стоит довольно остро. В СМИ периодически появляются сообщения о

спорах, возникших на основе нарушения авторского права. В Конституции Российской Федерации прямо говорится, что «интеллектуальная деятельность охраняется законом».

Постановка задачи. Попробуем разобраться, что же мешает грамотному функционированию законов об авторском праве, какие изменения могли бы улучшить систему и что могут сделать простые граждане для поддержания законного существования своего творчества.

Если углубиться в историю Российского законодательства, можно заметить, что Закон «Об авторском праве и смежных правах» был принят в 1993 году, что по меркам существования авторского права в мире совсем малый срок. За это время могла не до конца сформироваться система управления авторскими правами, санкции при их нарушении [1].

Остаётся под вопросом мера допустимого использования авторского объекта в качестве исходника для собственных наработок, отдельных фрагментов, создания аналогии с уже существующим, законно признанным творением. Кроме того, интернет расширяет рамки доступа пользователей к произведению автора, при этом граница дозволенных действий остаётся размытой [2].

Одной из главных особенностей произведения является его оригинальность. Но что именно подразумевается под этим словом в контексте авторства? Важно отделить патентное право, в котором действует принцип новизны. Он подразумевает наличие абсолютно новых характеристик, не присущих аналогичным объектам ранее, либо изобретение совершенно нового объекта. В то

же время принцип оригинальности ставит на главенствующую позицию уникальность подачи объекта. Говоря обобщённо, манера создания произведения отличает одно от другого. Выясняется оригинальность путём сравнения с остальными произведениями [3].

Так как статья посвящена нарушению авторских прав, дадим определение основного понятия. Нарушением авторских прав признается использование произведений науки, искусства, литературы, которые охраняются законодательством, без согласия автора или правообладателей либо с нарушением условий договора об использовании результатов интеллектуальной деятельности. Происходит несанкционированное распространение материалов различной направленности, от музыкальных произведений до программного обеспечения. Создание контрафактных копий, их передача кому-либо или перепродажа другим лицам – основные виды нарушений. Очевидно, что все они направлены на получение прибыли за счёт кражи интеллектуальной собственности граждан [4].

Разберём ответственность, наступающую за нарушение авторских прав. Насчитывается три вида санкций, применяемых для нарушителей данного вида прав. Их выбор осуществляется в зависимости от сущности правонарушения, последствий.

Первый вид – гражданско-правовая ответственность. Нарушения здесь ре-

гулируются согласно Гражданскому кодексу Российской Федерации.

Гражданско-правовая ответственность нацелена на восстановление потерь автора в результате нарушения. Она наступает исключительно по претензии автора или правообладателя и действует в целях защиты его частных интересов.

Второй вид ответственности – административная. Она наступает за нарушение авторских прав, предусмотрена Кодексом РФ об административных правонарушениях. Наказуемо незаконное использование произведений, если информация об авторе искажена, ложна или объект интеллектуальной деятельности является контрафактным; выставление произведений с целью получения дохода. Полагается административный штраф в размере от 1500 до 45000 рублей с изъятием контрафактных изделий.

И самое строгое из предусмотренных наказаний – уголовная ответственность. Уголовная ответственность грозит за плагиат, наносящий ущерб автору. Обязательные работы, штраф или исправительные работы сроком до года назначаются за нарушение неимущественного права автора на имя: правонарушитель выдаёт чужое произведение за своё или не указывает соавтора.

Незаконное использование произведений автора используется непосредственно для получения прибыли в крупных и особо крупных размерах. Самое

строгое наказание за данное деяние – лишение свободы сроком до 6 лет.

В судебной практике не редки случаи, когда правообладатель требует уголовной ответственности для нарушителя, а затем обращается за взысканием компенсации, что относится к гражданско-правовой ответственности.

Рассмотрим тему, касающуюся каждого пользователя интернета. Как же в данной сфере проходит регулировка и соблюдение авторских прав? Можно долго рассуждать на тему того, сколько времени проводят в сети люди, как это влияет на всех, но всё же не это нам нужно. В сеть «залито» огромное количество произведений, защищённых авторским правом. В данное время по статистическим данным количественная характеристика материалов в сети неуклонно растёт, а их разнообразие остаётся на прежнем уровне. Отсюда следует логический вывод, что одна и та же информация перетекает с одного сайта на другой (порой в абсолютно таком же виде, форме, записи). Перенимая информацию с какого-либо ресурса, обладатель другого ресурса может неосознанно нарушать нормы авторского права. Кто-то, наоборот, делает это специально. То есть информация для нашего с вами пользования множится с нарушением прав авторов, причём её качество оставляет желать лучшего [5].

Защита авторских прав в интернете с 1 мая 2015 г. стала проводиться на основе Федерального закона от 12.03.2014

№ 35-ФЗ «О внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации по вопросам защиты интеллектуальных прав в информационно-телекоммуникационных сетях». В повседневной жизни его сокращённо называют антипиратским законом. Данный закон расширил поле действия, взяв под контроль все объекты авторских и смежных прав. Исключением стали фотографии. Принятие Федерального закона сразу же вызвало ряд негативных оценок, что объясняется, прежде всего, тем, что так называемый «информационный посредник» – лицо несколько размытое. Так, статья 1253.1, что вошла после поправок в ГК РФ, гласит: «Лицо, осуществляющее передачу материала в информационно-телекоммуникационной сети, в том числе в сети «Интернет», лицо, предоставляющее возможность размещения материала или информации, необходимой для его получения с использованием информационно-телекоммуникационной сети, лицо, предоставляющее возможность доступа к материалу в этой сети, – информационный посредник – несет ответственность за нарушение интеллектуальных прав в информационно-телекоммуникационной сети на общих основаниях, предусмотренных настоящим Кодексом» [6]. Таким образом, этим лицом, нарушающим право на материалы, может стать случайный человек, вплоть до создателя поисковых сервисов.

Еще одна немаловажная проблема, возникающая на стыке интересов правообладателей и пользователей сети – это неоправданное применение закона во всевозможных сферах:

- использование IP-блокировки интернет-ресурсов путем создания страницы в сети с «пиратским» содержанием с абсолютно совпадающим IP-адресом;

- и, соответственно, размещение ссылок на «пиратский» контент на сайте порядочного обладателя [7].

Кроме того, отсутствует регулировка исполнения закона по отношению к фотографиям, товарным знакам. Как же быть обладателям авторских прав на указанные категории произведений? Получается, любой случайный человек может беспрепятственно использовать результаты интеллектуальной деятельности? Остается надеяться, что данные аспекты в ближайшее время примут к рассмотрению [8].

Есть недоработки и в судебном вмешательстве при нарушении прав. Они касаются постоянной блокировки сайта. На данный момент система устроена по принципу подачи множества исков на один сайт, но за разные объекты. По сути один и тот же ресурс рассматривают гораздо дольше, чем могли бы. Да и нет запрета создания новых сайтов для обладателей уже заблокированных ресурсов, что может повлечь умножение дел о нарушении авторских или смежных прав. Отметим, что дан-

ная проблема довольно распространена в существующей реальности. Возникают новые виды запрещенного контента и пользователи, желающие извлечь максимум выгоды от своих незаконных действий. Всё это может наложить отпечаток на репутацию законопослушных авторов сайтов и страниц в сети Интернет. Особое внимание следует обратить на нарушения в этой области и внимательно отнестись к рассмотрению дел [9].

Несовершенно и законодательство на уровне работы с иностранными гражданами. Если обладателем «пиратского» сайта является лицо, не имеющее российского гражданства, встает вопрос о наказании и его исполнении. Но в данной ситуации мало кто будет разбираться, чем именно недоволен Роскомнадзор, что, вероятно, приведет к игнорированию требований. Воспользовавшись пробелами в нашем законодательстве по данному вопросу, недобросовестные граждане могут воспользоваться переносом сайта на иностранный хостинг [10].

Данный Федеральный закон, безусловно, направлен на защиту интересов авторов, но при его исполнении могут пострадать добросовестные владельцы сайтов, что скажется на их репутации и дальнейшей деятельности; нет чёткого представления о регулировании авторских прав с иностранными гражданами.

Материалы и методы решения задачи

Во-первых, в тексте статей, описывающих авторское право, определения некоторых терминов не раскрываются вовсе, что даёт повод трактовать суть определения, да и всего текста с некой неопределенностью, допускаются разночтения. Самое простое, что здесь можно предложить, – чётко описать все термины, требующие особого внимания.

Во-вторых, относительно категорий, по каким-либо причинам, не внесённым в список регулирования нарушений, можно сказать одно: авторские права защищаются в области музыки, литературы, живописи и т.д., стоит расширить границы и внести все результаты интеллектуальной деятельности под защиту государства.

И в-третьих, сайты с пиратским контентом должны быть тщательно проверены во избежание повторных заявлений на обладателя данного источника информации и лишней траты времени на изучение одного и того же объекта. Возможен временный запрет для постоянных нарушителей на создание сайтов и постоянное отстранение от данного вида деятельности при повторных нарушениях.

Что касается блокировки сайтов, можно предложить простейший алгоритм, учитывающий особенности нарушения. Он поможет устранить существующие недостатки системы. Алгоритм представлен на рисунке 1.

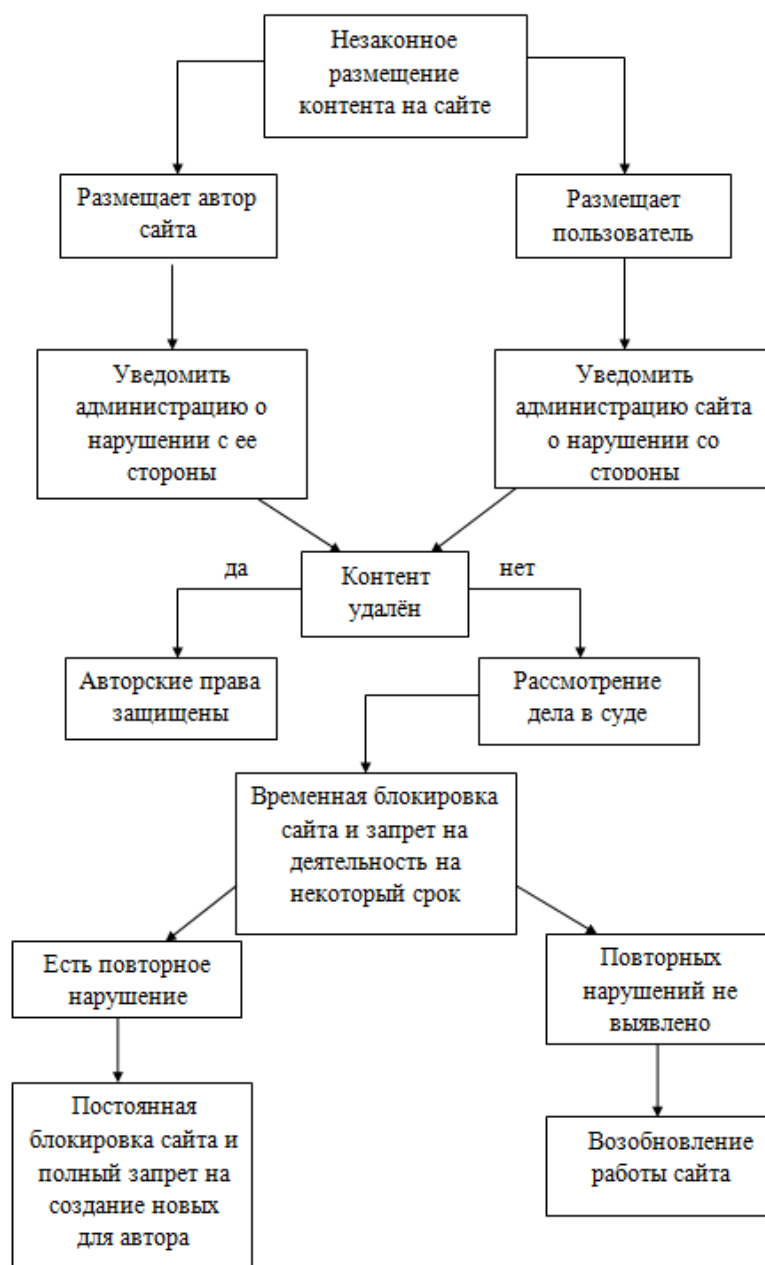


Рис. 1. Метод решения проблемы блокировки сайта

Результаты и их обсуждение

В целях выяснения действенности предложенных изменений был проведен анализ предложенных альтернатив с помощью метода иерархий Саати. В итоге, с учетом изменений системы наказания за пиратство и незаконный контент на сайтах, выяснилось, что

временная блокировка сайта с последующей постоянной при повторном нарушении – самый надёжный вариант решения сложившейся проблемы.

Ниже представлена таблица критериев и альтернатив и сама диаграмма, наглядно демонстрирующая улучшение действующей системы.

Метод иерархий Саати

Критерии		Веса	Полная блокировка	Временная блокировка	Временная, с изменением на постоянную при повторном нарушении	Базовые значения
Репутация автора сайта	A_1	0,10	1	4	4	1,67
Соблюдение авторских прав	A_2	1,00	8	4	8	4,00
Непрерывная работа сайта	A_3	0,25	1	7	6	2,67
Интегральный показатель Q:			8,35	6,15	9,90	

Диаграмма интегрального показателя качества для каждого вида наказаний за нарушение

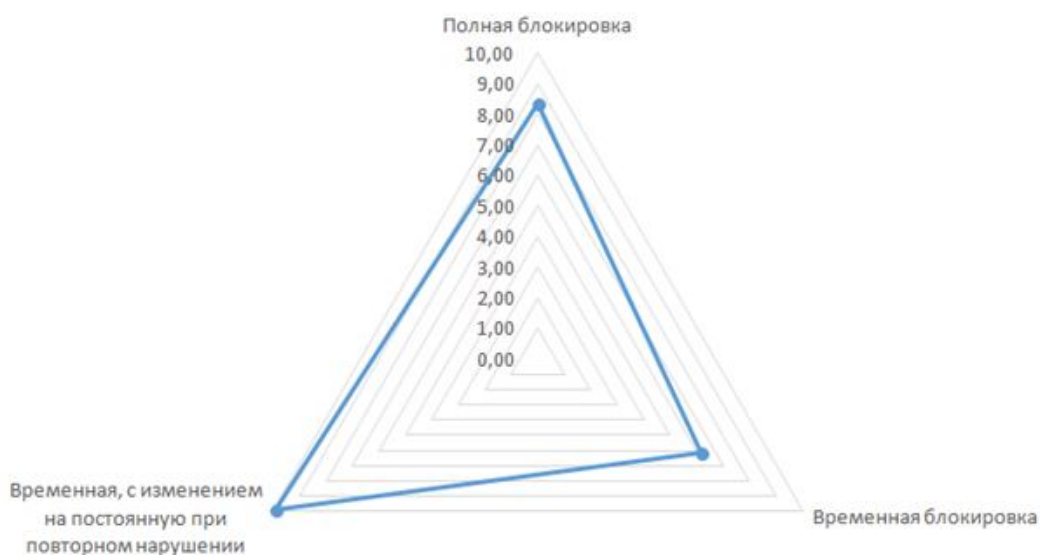


Рис. 2. Диаграмма интегрального показателя качества

Здесь, критерии оцениваются по следующим правилам:

1 – i-ый и j-ый критерий примерно равноценны;

3 – i-ый критерий немного предпочтительнее j-го;

5 – i-ый критерий предпочтительнее j-го;

7- i-ый критерий значительно предпочтительнее j-го;

9 – i-ый критерий явно предпочтительнее j-го.

Для государства важно соблюдение авторских прав, для автора сайта небольшое значение имеет его репутация, беспереывное функционирование сайта весомо и для администрации сайта и для пользователей. На основании этих связей построена таблица.

Выводы

В заключение хотелось бы отметить, что все недостатки исправимы. Но на это нужно время. На данный момент

можно пересмотреть правовое регулирование авторских прав относительно иностранных граждан, внести поправки, учитывающие такие результаты интеллектуальной деятельности, как фотографии и товарные знаки; при наличии блокировки хотя бы одного сайта, должен быть наложен запрет на создание новых сайтов для этого же автора. Кроме того, необходимо упрощение процесса постоянной блокировки сайта. Можно сказать, что интеллектуальная собственность государства – это его репутация на мировой арене, да и уровень научного образования внутри страны. Такая важная система защиты интеллектуальной собственности должна работать бесперебойно, не допуская лазеек для злоумышленников. А самим гражданам следует грамотно оформлять свое авторство, чтобы не возникало ненужных споров из-за невнимательности или неосмотрительности.

Список литературы

1. Спеваков А.Г., Фисун А.П. Основы правового обеспечения информационной безопасности. Курск, 2013.
2. Болдырев С.И. Авторские права в современном информационно-телекоммуникационном пространстве Российской Федерации: гражданско-правовое регулирование и защита. URL: <https://www.twirpx.com/file/2368447/>.
3. Добрица В.П., Спеваков А.Г., Губарев А.А. Алгоритм исключаящего преобразования данных // Известия Юго-Западного государственного университета. 2010. №1(30). С. 49-54.
4. Моделирование защищенных телекоммуникационных систем в дистанционном обучении / А.Г. Спеваков, И.С. Надеина, О.В. Емельянова., И.С. Надеина // Интеллектуальные системы в промышленности и образовании: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Сумы, 2013. С. 107-108.

5. Чеснокова А.А., Калущкий И.В., Спесивов А.Г. Электронный документооборот: безопасность на этапах внедрения и эксплуатации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7. № 4 (25). С. 13-23.
6. Обзор подходов к определению актуальных угроз информации телекоммуникационным системам и предложения по их совершенствованию / М.А. Ефремов, И.В. Калущкий, М.О. Таныгин, А.Г. Фрундин // Телекоммуникации. 2017. № 5. С. 27-33.
7. Обезличивание персональных данных при обработке в автоматизированных информационных системах / А.Г. Спесивов, И.В. Калущкий, Д.А. Никулин, В.Э. Шумайлова // Телекоммуникации. 2016. №10. С. 16-20.
8. Калущкий И.В., Спесивов А.Г. Программно-аппаратные средства защиты информационных систем. Курск, 2014. 182 с.
9. Спесивов А.Г., Таныгин М.О., Панищев В.С. Информационная безопасность. Курск, 2017.
10. Евсеева А.А., Калущкий И.В., Спесивов А.Г. Сравнительный анализ российского и китайского законодательства в области обработки и защиты персональных данных // Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. №7. С.78-84.

Поступила в редакцию 16.01.2019

Подписана в печать 11.02.2019

Reference

1. Spevakov A.G., Fisun A.P. Osnovy pravovogo obespechenija informacionnoj bezopasnosti. Kursk, 2013.
2. Boldyrev S.I. Avtorskie prava v sovremennom informacionno-telekommunikacionnom prostranstve Rossijskoj Federacii: grazhdansko-pravovoe regulirovanie i zashhita. URL: <https://www.twirpx.com/file/2368447/>
3. Dobrica V.P., Spevakov A.G., Gubarev A.A. Algoritm iskljuchajushhego preobrazovaniya dannyh. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2010, no.1(30), pp. 49-54.
4. Spevakov A.G., Nadeina I.S., Emel'janova O.V., Nadeina I.S. Modelirovanie zashhishhjonnyh telekommunikacionnyh sistem v distancionnom obuchenii, 2013, pp. 107-108.
5. Chesnokova A.A., Kaluckij I.V., Spevakov A.G. Jelektronnyj dokumentooborot: bezopasnost' na jetapah vnedrenija i jekspluatacii. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tehnik, informatika. Medicinskoe priborostroenie*, 2017, vol. 7, no. 4 (25), pp. 13-23.

6. Efremov M.A., Kaluckij I.V., Tanygin M.O., Frundin A.G. Obzor podhodov k opredeleniju aktual'nyh ugroz informacii telekommunikacionnym sistemam i predlozhenija po ih sovershenstvovaniju. *Telekommunikacii*, 2017, no. 5, pp. 27-33.

7. Spevakov A.G., Kaluckij I.V., Nikulin D.A., Shumajlova V.Je. Obezlichivanie personal'nyh dannyh pri obrabotke v avtomatizirovannyh informacionnyh sistemah. *Telekommunikacii*, 2016, no.10, pp. 16-20.

8. Kaluckij I.V., Spevakov A.G. Programmno-apparatnye sredstva zashhity informacionnyh sistem. Kursk, 2014. 182 s.

9. Spevakov A.G., Tanygin M.O., Panishhev V.S. Informacionnaja bezopasnost'. Kursk, 2017.

10. Evseeva A.A., Kaluckij I.V., Spevakov A.G. Sravnitel'nyj analiz rossijskogo i kitajskogo zakonodatel'stva v oblasti obrabotki i zashhity personal'nyh dannyh. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, no.7, pp.78-84.

Received 16.01.2019

Accepted 11.02.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Александр Геннадьевич Спеваков, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: aspev@yandex.ru

Aleksandr G. Spevakov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: aspev@yandex.ru

Юлия Александровна Будникова, студентка, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: juli-budni19ok@mail.ru

Yuliya A. Budnikova, Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: juli-budni19ok@mail.ru

Организация системы сетевого мониторинга и оценки состояния информационной безопасности объекта

Марухленко А. Л.¹ ✉, Селезнёв К. Д.¹, Таныгин М. О.¹, Марухленко Л. О.¹

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: proxy33@mail.ru

Резюме

Цель исследования заключается в построении модели системы для эффективного сбора информации об объекте сетевого доступа на базе современных методов защиты информации, а также в создании варианта среды реконфигурации в случае возникновения отказа элементов вычислительной сети или необходимости перераспределения серверной нагрузки.

Методы. Для процессов сбора информации об исследуемом объекте предложен гибкий, управляемый вариант построения системы, позволяющий в автоматизированном режиме выявлять потенциальные уязвимости в области информационной безопасности [1]. Предложено использование анализа состояния объекта на базе метода черного ящика, так как он позволяет воспроизвести действия внешнего злоумышленника, не имеющего информации об объекте на начальном этапе подготовки (что является наиболее распространенным сценарием при добавлении новых сервисов) и провести типовые атаки с последующей оценкой защищенности [2]. Предложена математическая модель, обеспечивающая повышение отказоустойчивости системы и балансирование нагрузки в масштабе реального времени.

Результаты. Итогом проведенных исследований является разработка эффективного построения системы для оценки состояния защищенности объекта. Разработана математическая модель, обеспечивающая возможность реконфигурации среды вычислительных модулей в масштабе реального времени. Проведены экспериментальные исследования, подтверждающие полноту и корректность предложенных решений.

Заключение. Предложенная система предназначена для анализа соответствия объекта защиты требованиям политики информационной безопасности, она включает в себя этапы системного анализа с использованием метода черного ящика и выполняет задачи автоматизированного процесса тестирования, распределенности компонентов системы, взаимозаменяемости модулей системы. В совокупности с разработанной математической моделью по повышению отказоустойчивости и перераспределения нагрузки на вычислительные мощности в случае сбоя работы оборудования и обходов, в случае полной загрузки элементов показала снижение времени на проведение комплексной оценки состояния информационной безопасности сетевого объекта доступа.

Ключевые слова: системный анализ; оценка защищенности; метод черного ящика; математическая модель; информационная безопасность; отказоустойчивость.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Организация системы сетевого мониторинга и оценки состояния информационной безопасности объекта / А.Л. Марухленко, К.Д. Селезнёв, М.О. Таныгин, Л.О. Марухленко // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 118-129. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-118-129.

© Марухленко А. Л., Селезнёв К. Д., Таныгин М. О., Марухленко Л. О., 2019

UDC 004.052

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-118-129

Arrangement of the System of Network Monitoring and Assessment of the State of Information Security of an Object

Anatoliy L. Marukhlenko ¹✉, Kirill D. Seleznyov ¹, Maksim O. Tanygin ¹,
Leonid O. Marukhlenko ¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

✉ e-mail: proxy33@mail.ru

Abstract

Purpose of research is to develop a model of the system for effective collection of information about the network access object based on modern information protection methods as well as to create a kind of the reconfiguration environment in the event of a failure of computer network elements or the need to redistribute the server load.

Methods. A flexible, controlled version of developing a system has been proposed for the process of collecting information about the object under study; it makes it possible to automatically identify potential vulnerabilities in the field of information security [1]. It is proposed to use the analysis of the state of an object based on the black box technique, since it makes it possible to reproduce the actions of an external intruder who does not have any information about the object at the initial stage of preparation (which is the most common scenario when adding new services) and conduct typical attacks with subsequent security evaluation [2]. A mathematical model that improves system fault-tolerance and real-time load balancing is proposed.

Results. The result of the research is the development of an effective construction of a system for assessing the state of object security. A mathematical model that makes it possible to reconfigure the environment of computing modules in real time has been developed. Experimental studies confirming the completeness and correctness of the proposed solutions have been carried out.

Conclusion. The proposed system is designed to analyze the compliance of the protection object with the requirements of an information security policy; it includes the stages of system analysis using the black box technique and performs the tasks of an automated testing process, system components distributions, system modules interchangeability. Together with the developed mathematical model for improving fault-tolerance and redistributing the load on computational power in the event of equipment malfunctions and bypasses in the case of complete load of the elements, the system demonstrated a decrease in the time for conducting a comprehensive assessment of the information security state of the network access object.

Key words: system analysis; security assessment; black box technique; mathematical model; information security; fault-tolerance.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Marukhlenko A. L., Seleznyov K.D., Tanygin M. O., Marukhlenko L.O. Arrangement of the System of Network Monitoring and Assessment of the State of Information Security of an Object. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* = *Proceedings of the Southwest State University*. 2019: 23(1): 118-129 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-118-129.

Введение

Обзор современного состояния в области киберпреступности показал, что каждая вторая крупная организация сталкивается с целевыми атаками и обнаруживает следы присутствия злоумышленников в своей инфраструктуре. Стремительный рост числа атак связан

с тем, что в качестве злоумышленника может выступать ботнет. Например, статистика атаки отказа в обслуживании по данным газеты РБК (рис. 1) в сфере совершения онлайн-платежей показывает увеличение числа нападений всего за один год более чем на 800 %.



Рис. 1. Динамика атак по отраслям в 2018 году (относительно 2017 г.)

Целью работы является построение варианта отказоустойчивой организации системы оценки состояния защищенности объекта сетевого доступа на базе целевых атак с использованием метода черного ящика. Как правило, первым этапом целевой атаки является сбор информации об инфраструктуре, сотрудниках и внешнем сетевом периметре атакуемой организации. В свою очередь, при анализе защищенности специалист по информационной безопасности (эксперт) имитирует действия злоумышленника, поэтому важно собрать как можно больше информации об исследуемом объекте, причем процесс сбора информации должен быть управляемым, гибким, распределенным и автоматизированным, так как в настоящее время компании имеют массивные и защищенные инфраструктуры, предотвращающие активные методы ска-

нирования. Применение неавтоматизированных средств сбора информации об объекте влечет за собой существенное увеличение продолжительности и стоимости оценки, а так же, как правило, значительное снижение качества и применимости полученных результатов [3]. В связи с этим, построение отказоустойчивой модели системы, обеспечивающей вышеописанные требования, является актуальной задачей.

Задача оценки защищенности встает при вводе в эксплуатацию новой информационной системы, которая хранит важные данные или данные, доступ к которым должен быть разграничен [4]. Также к ее решению приходят при обнаружении попыток несанкционированного вторжения, при добавлении новых функций системы, изменения архитектуры среды и т.д. Для определения показателей, определяющих состояние

защищенности информационного объекта, необходимо проведение последовательного ряда этапов, а именно: сформулировать общую концепцию модели программного обеспечения, выбрать общие подходы к проектированию и заданию требований к модели программного обеспечения, формализовать элементы модели, формализовать общий вид модели и взаимосвязь элементов.

Материалы и методы решения задачи

Особенностью предлагаемой схемы построения системы для оценки защищенности объекта является использование легковесной виртуализации, которая позволяет изолированно запускать требуемые инструменты (сканеры пор-

тов, сканеры веб приложений и т.п.) для проведения анализа и сбора информации о внешнем периметре цели. С помощью контейнеров достигаются требуемые характеристики системы: горизонтальное масштабирование, изоляция инструментов, взаимозаменяемость инструментов и сетевых параметров, переносимость инструментов. Эксперт имеет возможность выстраивать логику процесса сбора информации, делая её индивидуальной для каждой системы. Для решения задачи контроля и распределенного запуска все контейнеры с инструментами объединяются в кластеры [5]. На рисунке 2 показан вариант построения системы.

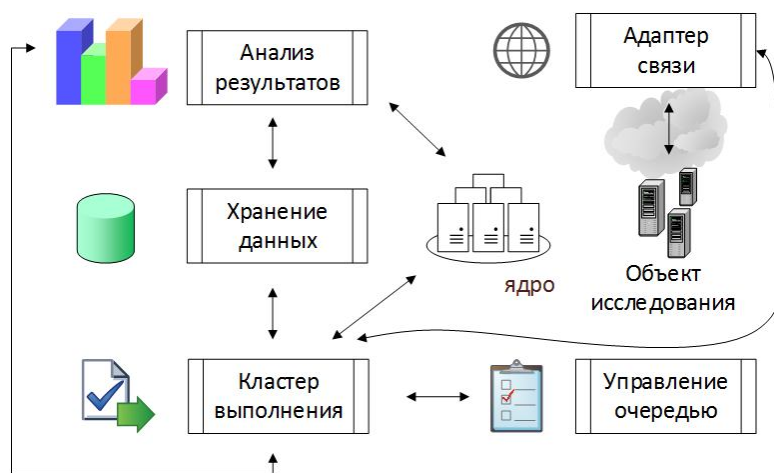


Рис. 2. Общая схема работы системы

В центре находится управляющий модуль ядра. Его основные функции: управление связанными элементами, задачами сканирования, формирование и изменение шаблонов для построения распределенного процесса сбора информации, отображение совокупности проанализированных данных результата выполнения задачи. Входными дан-

ными являются: список доступных контейнеров, информация о завершении работы текущей задачи, о завершении анализа результатов, шаблоны для процесса анализа защищенности, проанализированный результат работы задачи. Результатом работы модуля являются: данные об изменении работы контейнера (или

создании нового), шаблон с порядком и приоритетом запуска контейнеров.

При создании задачи для сканирования ядро предоставляет возможность создания шаблона для процесса сбора информации на основе доступных контейнеров в модуле кластера выполнения или выбор шаблона из модуля хранилища данных [6]. В шаблоне сбора информации указывается порядок и приоритет запуска контейнеров для модуля управления очередью, а также сетевой адаптер контейнеров для модуля адаптера связи. По завершении работы задачи, модуль ядра получает информацию от модуля управления очередью. Модуль ядра использует модель данных задачи сканирования, модель данных шаблона сканирования. Модель данных задачи должна содержать в себе шаблон выполнения подзадач (контейнеров) и сетевые адаптеры контейнеров. Модель шаблона сканирования должна содержать в себе порядок запуска контейнеров, их приоритеты, входные и выходные параметры.

Следующий элемент системы – модуль управления порядком запуска контейнеров (управление очередью). В функции данного модуля входят кроме создания очередей выполнения – контроль над их выполнением и оповещение в случае завершения. Входными данными являются: шаблон с порядком и приоритетом запуска контейнеров, информация о завершении работы определенного контейнера. Выходные данные – информация о завершении работы задачи (всех контейнеров в шаблоне сканирования). Модуль управления очередью взаимодействует с модулем ядра и модулем кластера выполне-

ния. После создания задачи ядро отправляет шаблон с порядком и приоритетом запуска контейнеров модулю управления очередью, который обрабатывает полученные данные и передает команды в модуль кластера выполнения для параллельного или последовательного запуска соответствующих подзадач. По завершении работы контейнера модуль управления очередью получает соответствующую информацию от модуля кластера выполнения, а также оповещает модуль ядра при завершении последней подзадачи в шаблоне сканирования [7].

Функциями модуля кластера выполнения являются: создание, удаление, изменение контейнеров на основе команд, полученных от модуля ядра, получение и временное хранение результата работы контейнера, обработка информации о недоступности или нарушении сетевой связи с объектом исследования. Входными данными являются: информация о новом контейнере или изменении имеющихся контейнеров, параметры для запуска контейнера, информация о недоступности или нарушении сетевой связи с объектом исследования. Выходными данными являются: информация о наличии контейнеров в кластере, информация о завершении работы контейнера, результат работы контейнеров. При создании шаблона сканирования модуль ядра запрашивает доступные для использования контейнеры в модуле кластера выполнения и передает задачу в модуль управления очереди. После формирования последовательности сбора информации модуль управления очередью отправляет ко-

манды запуска с необходимыми параметрами модулю кластера выполнения.

Модуль адаптера связи используется для управления связью контейнеров с объектом исследования [8]. Функциями модуля адаптера связи являются построение инфраструктуры распределенного сетевого доступа. Входные данные – сетевые параметры контейнеров, выходные – информация о сетевой доступности объекта исследования. При запуске определенного контейнера кластер выполнения передает сетевые параметры адаптеру связи для формирования распределенного сетевого доступа к объекту исследования. В случае недоступности или нарушения связи формирует отчет с детализацией причины, передавая информацию модулю кластера выполнения. Модуль адаптера связи использует модель отчета недоступности или нарушения сетевой связи (с детализацией причины) [9].

Модуль анализа результатов сканирования производит анализ и обработку результатов работы контейнеров. Как правило, реализуется с использованием технологий и приемов статистического и корреляционного анализа или машинного обучения. Требованиями для модуля анализа результатов являются: скорость выполнения анализа, прослеживаемость выводов на основе результатов тестирования и достоверность представляемых данных в случае, если произошло зашумление данных или отказ элемента вычислительной среды.

Требованиями для модулей рассмотренной среды является отказоустойчивость, способность выдерживать высокие нагрузки при приеме

входных и отправке выходных данных, возможность реализации гибко настраиваемых очередей задач за счет параллельных запусков подзадач [10].

Поток данных в широком смысле можно представить совокупностью каналов взаимодействия, по которым непрерывно передаются двоичные данные. При отказе на уровне адаптера связи или кластера выполнения необходимо разрешение проблемы обеспечения отказоустойчивой логической среды, позволяющей в том числе распараллелить однотипные блоки вычислителей. Учитывая, что каждый элемент кластера вычислений (сервер или виртуальная машина) выполняет однотипные функции – нет смысла хранить копии программных модулей в каждом элементе. Реконфигурация такой сети сводится к построению непересекающихся маршрутов от отказавших элементов к резервным, восстанавливающих логическую структуру или обход элементов, загруженность которых уже максимальна [11]. Критерием оптимальности при этом является минимизация длин маршрутов, что позволяет свести к минимуму временные задержки. В связи с этим, для обеспечения отказоустойчивой параллельной обработки нескольких блоков входного потока данных разработана универсальная среда элементов (ячеек), расположенных в узлах кристаллической решетки. Особенностью структурной организации среды кластера выполнения является наследование возможностей автоматической реконфигурации. Маршрут достижимости строится в соответствии с системой логических уравнений (1):

$$x_{1s}^{i,j-1,k} = (x_{11}^{ijk} \vee x_{12}^{ijk} \vee x_{13}^{ijk} \vee x_{14}^{ijk} \vee x_{15}^{ijk} \vee x_{16}^{ijk} \vee x_r^{ijk}) \cdot \bar{x}_0^{ijk} \cdot \bar{q}_s^{ijk}, \quad (1)$$

где x_{1s}^{ijk} – достижимость ячейки (ijk), s=1..6;

q_s^{ijk} – значение первого n-D-триггера ячейки (ijk), s=1..6;

x_r^{ijk} – резервная ячейка;

x_0^{ijk} – отказавшая ячейка.

В связи с тем, что необходимо исключить ситуации пересечения маршрутов перестройки введены специальные триггеры:

$$\begin{cases} D_1^{ijk} = x_{21}^{i,j-1,k} \cdot x_l^{ijk} \cdot (x_{22}^{i+1,j,k} \vee x_{23}^{i-1,j,k} \vee x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{26}^{i,j+1,k}) \vee q_1^{ijk} \\ D_2^{ijk} = x_{22}^{i+1,j,k} \cdot \left((x_{23}^{i-1,j,k} \vee x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{26}^{i,j+1,k}) \cdot x_l^{ijk} \vee \right. \\ \left. (x_{23}^{i-1,j,k} \vee x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{21}^{i,j-1,k}) \cdot \bar{x}_l^{ijk} \right) \vee q_2^{ijk} \\ D_3^{ijk} = x_{23}^{i-1,j,k} \cdot \left((x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{26}^{i,j+1,k}) \cdot x_l^{ijk} \vee (x_{24}^{i,j,k-1} \vee \right. \\ \left. x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{21}^{i,j-1,k}) \cdot \bar{x}_l^{ijk} \right) \vee q_3^{ijk} \\ D_4^{ijk} = x_{24}^{i,j,k-1} \cdot \left((x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{26}^{i,j+1,k}) \cdot x_l^{ijk} \vee (x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{21}^{i,j-1,k}) \cdot \bar{x}_l^{ijk} \right) \vee q_4^{ijk} \\ D_5^{ijk} = x_{25}^{i,j,k+1} \cdot \left(x_{26}^{i,j+1,k} \cdot x_l^{ijk} \vee x_{21}^{i,j-1,k} \cdot \bar{x}_l^{ijk} \right) \vee q_5^{ijk} \\ D_6^{ijk} = x_{26}^{i,j+1,k} \cdot \bar{x}_l^{ijk} \cdot (x_{21}^{i,j-1,k} \vee x_{22}^{i+1,j,k} \vee x_{23}^{i-1,j,k} \vee x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1}) \vee q_6^{ijk}, \end{cases} \quad (2)$$

где D_n^{ijk} – функция установления значения n-D-триггера ячейки (ijk), где n=1..6.

Таким образом, модель реконфигурации задает правило обхода перегруженного или отказавшего элемента и примет вид:

$$\begin{cases} x_{21}^{ijk} = (x_0^{ijk} \vee x_{21}^{i,j-1,k} \vee x_{22}^{i+1,j,k} \vee x_{23}^{i-1,j,k} \vee x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{26}^{i,j+1,k}) \cdot \\ x_{11}^{ijk} \cdot (x_l^{ijk} \vee \bar{x}_l^{ijk} \cdot \bar{x}_{12}^{ijk} \cdot \bar{x}_{13}^{ijk} \cdot \bar{x}_{14}^{ijk} \cdot \bar{x}_{15}^{ijk} \cdot \bar{x}_{16}^{ijk}) \cdot \bar{x}_r^{ijk} \\ x_{22}^{ijk} = (x_0^{ijk} \vee x_{21}^{i,j-1,k} \vee x_{22}^{i+1,j,k} \vee x_{23}^{i-1,j,k} \vee x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{26}^{i,j+1,k}) \cdot \\ x_{12}^{ijk} \cdot (x_l^{ijk} \cdot \bar{x}_{11}^{ijk} \vee \bar{x}_l^{ijk} \cdot \bar{x}_{16}^{ijk}) \cdot \bar{x}_r^{ijk} \\ x_{23}^{ijk} = (x_0^{ijk} \vee x_{21}^{i,j-1,k} \vee x_{22}^{i+1,j,k} \vee x_{23}^{i-1,j,k} \vee x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{26}^{i,j+1,k}) \cdot \\ x_{13}^{ijk} \cdot \bar{x}_{12}^{ijk} \cdot (x_l^{ijk} \cdot \bar{x}_{11}^{ijk} \vee \bar{x}_l^{ijk} \cdot \bar{x}_{16}^{ijk}) \cdot \bar{x}_r^{ijk} \\ x_{24}^{ijk} = (x_0^{ijk} \vee x_{21}^{i,j-1,k} \vee x_{22}^{i+1,j,k} \vee x_{23}^{i-1,j,k} \vee x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{26}^{i,j+1,k}) \cdot \\ x_{14}^{ijk} \cdot \bar{x}_{12}^{ijk} \cdot \bar{x}_{13}^{ijk} \cdot (x_l^{ijk} \cdot \bar{x}_{11}^{ijk} \vee \bar{x}_l^{ijk} \cdot \bar{x}_{16}^{ijk}) \cdot \bar{x}_r^{ijk} \\ x_{25}^{ijk} = (x_0^{ijk} \vee x_{21}^{i,j-1,k} \vee x_{22}^{i+1,j,k} \vee x_{23}^{i-1,j,k} \vee x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{26}^{i,j+1,k}) \cdot \\ x_{15}^{ijk} \cdot \bar{x}_{12}^{ijk} \cdot \bar{x}_{13}^{ijk} \cdot \bar{x}_{14}^{ijk} \cdot (x_l^{ijk} \cdot \bar{x}_{11}^{ijk} \vee \bar{x}_l^{ijk} \cdot \bar{x}_{16}^{ijk}) \cdot \bar{x}_r^{ijk} \\ x_{26}^{ijk} = (x_0^{ijk} \vee x_{21}^{i,j-1,k} \vee x_{22}^{i+1,j,k} \vee x_{23}^{i-1,j,k} \vee x_{24}^{i,j,k-1} \vee x_{25}^{i,j,k+1} \vee x_{26}^{i,j+1,k}) \cdot \\ x_{16}^{ijk} \cdot (x_l^{ijk} \cdot \bar{x}_{11}^{ijk} \cdot \bar{x}_{12}^{ijk} \cdot \bar{x}_{13}^{ijk} \cdot \bar{x}_{14}^{ijk} \cdot \bar{x}_{15}^{ijk} \vee \bar{x}_l^{ijk}) \cdot \bar{x}_r^{ijk}, \end{cases} \quad (3)$$

где x_{2y}^{ijk} – передача функций, выполняемых y-ячейкой (ijk), y=1..6; x_l^{ijk} – расположение элемента (ijk) относительно резерва.

Результаты и их обсуждение

В соответствии с разработанной моделью, в рамках экспериментальных исследований проведены типовые проверки на базе метода черного ящика, включающие сканирование портов, подбор паролей, возможности инъекций в запросы к БД и т.д. Экспериментальный

образец включает 8 серверов с одинаковыми мощностями. Результаты моделирования, динамика производительности системы показаны на рисунке 3, здесь за 99% производительности принимается уровень, соответствующий этапу полной загрузки до внесения искусственных изменений в режим работы вычислительной среды.

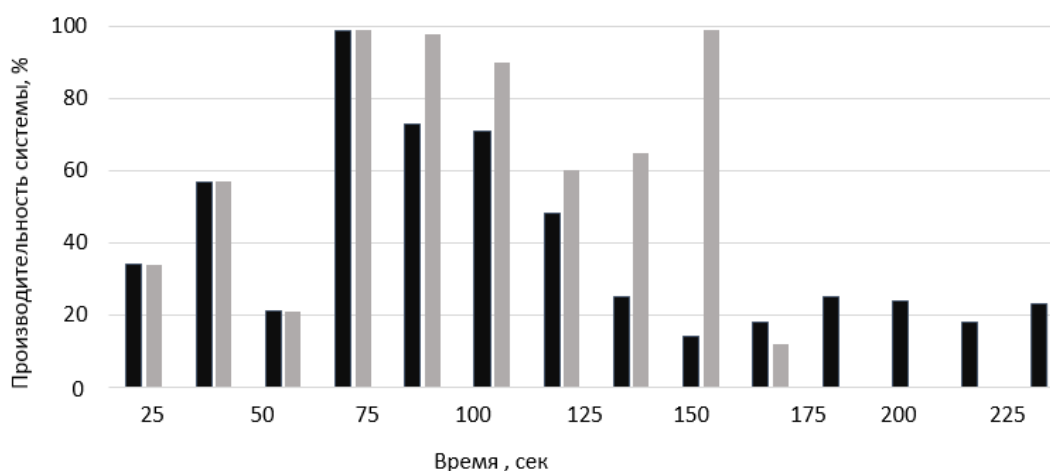


Рис. 3. Экспериментальные исследования

Из графика следует, что первые 50 секунд происходила плавная загрузка аппаратных ресурсов и на 75-секунде она завершилась успешной загрузкой вычислительных мощностей (5 серверов). Далее был отключен один из серверов – случай без использования модели реконфигурации (показан черным цветом) показал закономерное снижение производительности на 27 пунктов, а второй график остался на высоком уровне за счет переключения на свободный сервер. На 120 секунде 3 сервера были отключены (два резервных и 1 загруженный изначально) – в итоге падает производительность обоих графика.

ков, т.к. нет резерва, но уровень отказоустойчивой системы остается выше [12]. На 150 секунде резервный сервер становится доступен, что обеспечивает рост производительности на сером графике, на 175 секунде загрузка которого составляет всего 12%, что ниже уровня черного графика. Это связано с тем, что ядро системы не дает новых задач и этап системного анализа завершен. Интеграл по мощности для эксперимента с отказоустойчивой средой превышает вариант без реконфигурации за счет периодических этапов опроса доступности оборудования и постоянной синхронизации.

Выводы

Предложенная система предназначена для анализа соответствия объекта защиты требованиям политики информационной безопасности, включает в себя этапы системного анализа с использованием метода черного ящика и выполняет задачи автоматизированного процесса тестирования, распределенности компонентов системы, взаимозаменяемости модулей системы. В совокуп-

ности с разработанной математической моделью по повышению отказоустойчивости и перераспределения нагрузки на вычислительные мощности в случае сбоев работы оборудования и обходов, в случае полной загруженности элементов показала снижение времени на проведение комплексной оценки состояния информационной безопасности объекта с привлечением пяти основных и трех резервных серверов на 23%, что особенно актуально в режиме мониторинга.

Список литературы

1. Марухленко А.Л., Мирзаханов П.С. Программный комплекс для моделирования процесса передачи и обработки сетевых потоков данных // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2012. № 2-3. С. 175-180.
2. Dr. Allen Harper, Daniel Regalado, Ryan Linn, Stephen Sims, Branko Spasojevic, Linda Martinez, Michael Baucom, Chris Eagle, The late Shon Harris. Gray Hat Hacking: The Ethical Hacker's Handbook, Fifth Edition. McGraw-Hill Education, 2018. 640 с.
3. Программно-аппаратный комплекс "токси+метео" для оценки последствий возможных аварий с учетом данных о текущих погодных условиях / А.А. Агапов, И.О. Хлобыстова, С.Л. Марухленко, А.Л., Марухленко А.С. Софьин // Безопасность труда в промышленности. 2011. № 1. С. 22-25.
4. Пат. RUS 2421805 РФ. Устройство поиска нижней оценки размещения в полносвязных матричных системах при двунаправленной передаче информации / Д.Б. Борзов, Е.О. Чеснокова, А.Л. Марухленко, М.М.Я. Аль-Ашвал. 24.11.2008.
5. Программный модуль для оценки криптостойкости симметричных методов шифрования с использованием параллельных вычислений / В.П. Добрица, А.Л. Марухленко, Л.О. Марухленко, А.В. Плугатарев // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения: сборник научных статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции / отв. ред. В. Г. Андронов. Курск, 2018. С. 33-38.
6. Анализ потенциальных уязвимостей и современных методов защиты многопользовательских ресурсов / М.О. Таныгин, А.Л. Марухленко, Л.О. Марухленко, Е.Е. Конорева // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и

пути решения: сборник научных статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции / отв. ред. В. Г. Андронов. Курск, 2018. С. 136-140.

7. Технология и программная реализация программного модуля для локализации потенциально опасных объектов на графической подложке с использованием нейронных сетей / М.О. Таныгин, А.Л. Марухленко, Л.О. Марухленко, А.Н. Романов // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения: сборник научных статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции / отв. ред. В. Г. Андронов. Курск, 2018. С. 23-28.

8. Администрирование информационных систем / Д.О. Бобынцев, Л.А. Лисицин, А.Л. Марухленко, С.А. Кужелева. Курск, 2019. 201 с.

9. Разработка защищенных корпоративных систем на базе клиент-серверной технологии / М.А. Ефремов, Ю.А. Халин, А.Л. Марухленко, Л.О. Марухленко. Курск, 2018. 176 с.

10. Комплексная оценка информационной безопасности объекта с применением математической модели для расчета показателей риска / М.А. Ефремов, А.Л. Марухленко, А.В. Плугатарев, Л.О. Марухленко // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2018. Т. 8. № 4 (29). С. 34-40.

11. Вариант обеспечения информационной безопасности за счет повышения отказоустойчивости работы аппаратного межсетевого экрана / Л.О. Марухленко, А.Л. Марухленко, К.М. Керимбаева, А.А. Шамина // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения: сборник научных статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции / отв. ред. В. Г. Андронов. Курск, 2018. С. 10-14.

12. Установление доверительного канала обмена данными между источником и приёмником информации с помощью модифицированного метода одноразовых паролей / М.О. Таныгин, Х.Я. Алшаиа, В.А. Алтухова, А.Л. Марухленко // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2018. Т. 8. № 4 (29). С. 63-71.

Поступила в редакцию 15.01.2019

Подписана в печать 07.02.2019

Reference

1. Maruhlenko A.L., Mirzahanov P.S. Programmnyj kompleks dlja modelirovaniya processa peredachi i obrabotki setevykh potokov dannyh. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie*, 2012, no. 2-3, pp. 175-180.

2. Dr. Allen Harper, Daniel Regalado, Ryan Linn, Stephen Sims, Branko Spasojevic, Linda Martinez, Michael Baucom, Chris Eagle, The late Shon Harris. Gray Hat Hacking: The Ethical Hacker's Handbook, Fifth Edition. McGraw-Hill Education, 2018, 640 p.

3. Agapov A.A., Hlobystova I.O., Maruhlenko S.L., Maruhlenko A.L., Sofin A.S. Programmno-apparatnyj kompleks "toksi+meteo" dlja ocenki posledstvij vozmozhnyh avarij s uchetom dannyh o tekushhix pogodnyh uslovijah. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2011, no. 1, pp. 22-25.

4. Borzov D.B., Chesnokova E.O., Maruhlenko A.L., Al'-Ashval M.M.Ja. Ustrojstvo poiska nizhnej ocenki razmeshhenija v polnosvjaznyh matrichnyh sistemah pri dvunapravlennoj peredache informacii. Patent RF, no. 2421805, 24.11.2008.

5. Dobrica V.P., Maruhlenko A.L., Maruhlenko L.O., Plugatarev A.V. Programmnyj modul' dlja ocenki kriptostojkosti simmetrichnyh metodov shifrovaniya s ispol'zovaniem parallel'nyh vychislenij. Infokommunikacii i kosmicheskie tehnologii: sostojanie, problemy i puti reshenija. Sbornik nauchnyh statej po materialam II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2018, pp. 33-38.

6. Tanygin M.O., Maruhlenko A.L., Maruhlenko L.O., Konoreva E.E. Analiz potencial'nyh ujazvimostej i sovremennyh metodov zashhity mnogopol'zovatel'skih resursov. Infokommunikacii i kosmicheskie tehnologii: sostojanie, problemy i puti reshenija. Sbornik nauchnyh statej po materialam II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2018, pp. 136-140.

7. Tanygin M.O., Maruhlenko A.L., Maruhlenko L.O., Romanov A.N. Tehnologija i programmaja realizacija programmogo modolja dlja lokalizacii potencial'no opasnyh ob#ektov na graficheskoj podlozhke s ispol'zovaniem nejronnyh setej. Infokommunikacii i kosmicheskie tehnologii: sostojanie, problemy i puti reshenija. Sbornik nauchnyh statej po materialam II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2018, pp. 23-28.

8. Bobyncev D.O., Lisicin L.A., Maruhlenko A.L., Kuzheleva S.A. Administrirovanie informacionnyh sistem. Kursk, 2019, 201 p.

9. Efremov M.A., Halin Ju.A., Maruhlenko A.L., Maruhlenko L.O. Razrabotka zashishennyh korporativnyh sistem na baze klientservernoj tehnologii. Kursk, 2018, 176p.

10. Efremov M.A., Maruhlenko A.L., Plugatarev A.V., Maruhlenko L.O. Kompleksnaja ocenka informacionnoj bezopasnosti ob#ekta s primeneniem matematicheskoj modeli dlja rascheta pokazatelej riska. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie*, 2018, vol. 8, no. 4 (29), pp. 34-40.

11. Maruhlenko L.O., Maruhlenko A.L., Kerimbaeva K.M., Shamina A.A. Variant obespechenija informacionnoj bezopasnosti za schet povyshenija otkazoustojchivosti raboty apparatnogo mezhsetevogo jekrana. Infokommunikacii i kosmicheskie tehnologii: sostojanie,

problemy i puti reshenija. Sbornik nauchnyh statej po materialam II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Kursk, 2018, pp. 10-14.

12. Tanygin M.O., Alshaia H.Ja., Altuhova V.A., Marukhlenko A.L. Ustanovlenie doveritel'nogo kanala obmena dannymi mezhdru istochnikom i prijomnikom informacii s pomoshh'ju modifitsirovannogo metoda odnorazovyh parolej. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie*, 2018, vol. 8, no. 4 (29), pp. 63-71.

Received 15.01.2019

Accepted 07.02.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Анатолий Леонидович Марухленко, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: proxy33@mail.ru

Anatoliy L. Marukhlenko, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: proxy33@mail.ru

Кирилл Дмитриевич Селезнёв, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: mhmwq10@gmail.com

Kirill D. Seleznev, Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: mhmwq10@gmail.com

Максим Олегович Таныгин, кандидат технических наук, доцент, завкафедрой информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: tanygin@yandex.ru

Maksim O. Tanygin, Candidate of Engineering Sciences, Associate professor, Head of the Department of Information Security, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: tanygin@yandex.ru

Леонид Олегович Марухленко, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: leonid.marukhlenko@mail.ru

Leonid O. Marukhlenko, Senior Lecturer, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: leonid.marukhlenko@mail.ru

Современные информационно - коммуникационные технологии повышения компьютерной грамотности

Калуцкий И. В.¹ ✉, Панькова Е. С.¹, Спевакова С. В.¹

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

✉ e-mail: igor_kalutsky@mail.ru

Резюме

Цель исследования. В данной статье рассматриваются современные информационно-коммуникационные технологии повышения компьютерной грамотности в России, дается определение понятия компьютерной грамотности и её классификация. Выяснилось, что проблема компьютерной безграмотности очень актуальна на сегодняшний день. Целью работы является разработка метода и алгоритма, позволяющего снизить уровень компьютерной безграмотности.

Методы. Нами был предложен метод, благодаря которому уровень компьютерной грамотности увеличится у определенных групп населения – школьники, пенсионеры, за счет создания определенных учреждений для обучения в области информационных технологий. Данный метод использует в своей основе иерархическую модель Саати. Для анализа исходных данных использованы результаты исследования степени цифровой грамотности жителей Российской Федерации аналитическим центром НАФИ. Рассматриваются программы повышения квалификации в рамках программы «Университет пожилого человека», проекты, по которым обучают пенсионеров и учащихся школ компьютерной грамотности. Проведен сравнительный анализ программ обучения для различных категорий граждан на примере одной из крупнейших в городе Курске организации «Центр социального обслуживания «Участие» города Курска Курской области», которая ежегодно обслуживает более двух тысяч человек пенсионного возраста и инвалидов.

Результаты. Показано, что программа, согласно которой ведется подготовка людей пенсионного возраста компьютерной грамотности, отличается от подобных учебных программ для других категорий граждан. Например, на основе оценки интегрального критерия выяснилось, что компьютерная преступность в сфере компьютерной информации в мире возросла, а самыми уязвимыми слоями населения являются школьники и пенсионеры.

Заключение. В статье приводится численное моделирование предложенного метода и алгоритм для его реализации, приведена диаграмма интегрального показателя качества повышения компьютерной грамотности.

Ключевые слова: компьютерная грамотность; ИКТ; компьютер; компьютерная безграмотность; ПК.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Калуцкий И.В., Панькова Е.С., Спевакова С.В. Современные информационно - коммуникационные технологии повышения компьютерной грамотности // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 130-139. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-130-139.

© Калуцкий И. В., Панькова Е. С., Спевакова С. В., 2019

Modern Information and Communication Technology for Improving Computer Literacy

Igor V. Kalutskiy ¹ ✉, Yekaterina S. Pankova ¹, Svetlana V. Spevakova ¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

✉ e-mail: igor_kalutsky@mail.ru

Abstract

Purpose of research. This article discusses modern information and communication technologies to improve computer literacy in Russia, defines the concept of computer literacy and its classification. It turned out that the problem of computer illiteracy is very relevant today. The aim of the work is to develop a method and algorithm to reduce the level of computer illiteracy.

Methods. We have proposed a method by which the level of computer literacy will increase in certain groups of the population, these are schoolchildren, pensioners, through the creation of certain institutions for training in the field of information technology. This method is based on the hierarchical model of Saati. To analyze the initial data, the results of a study of the degree of digital literacy of residents of the Russian Federation by the analytical center of NAFI were used. Considering programs of professional development within the program "University of the elderly person", projects on which train pensioners and pupils of schools of computer literacy. Eaten a comparative analysis of training programs for different categories of citizens, for example, one of the largest in the city of Kursk organization "Center of social service "Part" of the city of Kursk Kursk region", which annually serves more than two thousand people of retirement age and the disabled.

Results. It is shown that the program, according to which the training of people of retirement age of computer literacy, differs from similar training programs for other categories of citizens. For example, based on the assessment of the integral criterion, it was found that computer crime in the field of computer information in the world has increased, and the most vulnerable segments of the population are schoolchildren and pensioners.

Conclusion. The article presents a computational modelling of the proposed technique and an algorithm for its implementation as well as a diagram of the integral quality indicator for improving computer literacy.

Key words: computer literacy; ICT; computer; computer illiteracy; PC.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Kalutskiy I. V., Pankova Y. S., Spevakova S. V. Modern Information and Communication Technology for Improving Computer Literacy. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2019, 23(1): 130-139 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-130-139.

Введение

В современном обществе информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) развиваются достаточно быст-

рыми темпами. Благодаря этому у людей есть возможность доступа к самой различной информации, они могут ей обмениваться, разговаривать с родственниками и друзьями через разные

приложения в данный момент времени, делать покупки, не выходя из дома.

В жизни человека роль компьютера растет достаточно быстрыми темпами, и он становится практически частью семьи. В настоящее время почти во всех сферах деятельности применяется компьютер. Именно благодаря ему ведется документация, отправка документов по электронной почте, производится безотказная работа приборов. Всемирная сеть позволяет пользователям связываться с людьми не только находящимися в одном учреждении, но и с людьми из одного города, даже из разных регионов [1].

Одним из главных компонентов полноценной жизни в информативном мире и профессиональной деятельности считается компьютерная грамотность. В настоящий период времени современный человек обязан обладать способностью добывать, подвергать обработке и применять данные с поддержкой ПК, то есть, необходимо иметь начальное представление о ПК, его применении и простейших характеристиках.

Аналитический центр НАФИ провел исследование степени компьютерной грамотности жителей Российской Федерации. Из данного эксперимента был сделан вывод - большая часть пользователей предполагают, что работа на ПК не трудная, у 43% опрошенных старше 55 лет присутствуют некоторые проблемы, однако всего 10% людей 18-24 лет и 12% 25-34 лет считают работу

на компьютере трудной. У людей с высшим образованием такая информация усваивается гораздо быстрее и легче (85%), чем у людей, уровень образования которых ниже (74%) [2]. Более 50% опрошенных жителей России имеют возможность оценить технические характеристики компьютера, 75% – используют ПК с целью учебы, досуга или отдыха. Навыки информационной безопасности находятся на низком уровне – более тридцати процентов респондентов не принимают обновления антивирусов, каждый пятый гражданин России осуществляет платежи посредством общественных незащищенных Wi-Fi сетей.

Компьютерная грамотность – владение наименьшим комплектом навыков и знаний работы на компьютере, использования средств вычислительной техники; понимание основ информатики и значения информационной технологии в жизни общества [3].

Рассмотрим подробнее классификацию типов компьютерной грамотности.

Один из видов компьютерной грамотности – бытовая компьютерная грамотность, которая заключается в изучении и освоении навыков обращения с бытовыми приборами новейшего поколения. В скором времени возрастет применение вычислительной техники в быту: микропроцессоры, интегрированные в разнообразные устройства, автоматизирование области сервиса [4]. Компьютер позволяет значительно улучшить и сделать её более насыщенной.

Второй вид – профессиональная компьютерная грамотность. С применением компьютера связано достаточно много профессий, хотя применение этой грамотности в разных сферах деятельности будет различным. Для одних специальностей достаточно простого умения ввода информации, а для других – необходимо знание разработок баз данных, новейших технических и программных средств. Содержание профессиональной компьютерной грамотности считается индивидуально для каждой специальности.

Третий – овладение компьютером как интеллектуальным средством. Для многих людей персональные компьютеры стали средством для написания музыки, баз данных, программного обеспечения, и, что немаловажно, они обеспечивают доступ к разным ценным сведениям.

Компьютерная грамотность содержит в себе умение работать на ПК и других информационных устройствах, пользование главными офисными программами, понимание основных определений, а кроме того, элементарные способности работы с текстом, умение заносить данные в таблицу, управление папками и файлами.

Постановка задачи. Проблема компьютерной безграмотности очень актуальна на сегодняшний день. Некоторые люди, даже работающие в фирмах, не знают о последствиях компьютерной безграмотности. Часто при неправильном пользовании компьютером

теряется важная информация. В основном это личные видеозаписи или фотографии. Если же в вашей семье никто не использует компьютер с профессиональной целью, не работает на нем, а пользуются им только для общения в социальных сетях, просмотра новостей и фильмов и ваш компьютер не содержит ценной информации, то с вашего компьютера нечего удалять. От компьютерной безграмотности сотрудников страдают целые компании: терпят убытки и потерю большей части прибыли. Неграмотность замедляет рабочий процесс, что тоже несет немалые убытки. Одним из последствий компьютерной безграмотности является то, что злоумышленники взламывают учетные записи, а также телефонное мошенничество – SMS-викторины, просьба о помощи. Существует достаточно много мошенников, которые с легкостью обманывают людей с компьютерной неграмотностью [5].

Основной причиной, влияющей на продуктивное использование ИКТ в учебном процессе, считается незначительная степень компьютерной грамотности обучающихся [4]. Важно формировать компьютерную грамотность еще с младших классов. Для этого необходимо сформировать и осуществить общешкольные и персональные проекты, которые будут способствовать развитию компьютерной грамотности подростков; привлечь обучающихся к использованию ИКТ в рамках досугово-формирующей и внешкольной образовательной среды учреждения [6].

Сейчас почти во всех учебных заведениях, начиная с начальных классов, дети готовят презентации, распечатывают на принтере небольшие доклады, делают проекты, создают портфолио. В период уроков ПК используется при объяснении нового материала, повторении и контроле изученного. При изучении нового материала возможно более наглядно объяснять учащимся материал при помощи компьютерных презентаций, позволяющих обратить внимание учащихся на наиболее важные моменты объясняемой информации. Во время проверки контроля знаний учащихся применяются тесты. При наборе ответа на вопрос необходимо оптимальное понимание клавиатуры [7].

Компьютерные курсы для пенсионеров сейчас пользуются большим успехом. Людей, стремящихся научиться пользоваться ПК, достаточно много. Люди пенсионного возраста не хотят быть позади детей, также огромную заинтересованность у них вызывают бесконечные способности сети Интернет. Некоторые желают обучаться сами, но большинство ходят на курсы. Это связано с необходимостью ознакомиться с расписанием электричек в сети Интернет, трамваев, маршруток, отслеживанием их или узнать режим работы заведения, также при помощи Интернета можно записаться к врачу и узнать номер телефона компании, прочитать новости, посетить веб-сайт кулинарии с рецептами и т.д.

В Курске создано Областное бюджетное учреждение социального обслуживания «Центр социального обслуживания «Участие» города Курска Курской области», которое обслуживает ежегодно более двух тысяч людей пенсионного возраста и инвалидов и считается крупнейшим в Курской области. В данной организации слушатели проходят персональное обучение не только в самом учреждении, но и на дому. Благодаря ОБУСО «ЦСО «Участие» города Курска» получатели социальных услуг, не имеющих возможности выходить из дома, могут обучаться работе на ПК у себя дома [8]. С 2015 года студенты – волонтеры Юго-Западного государственного университета города Курска каждую неделю приезжают и делятся своими знаниями по теме компьютерной грамотности, помогают достичь нужных результатов инвалидам и людям пожилого возраста. Благодаря этим занятиям у людей с ограниченными возможностями появляется шанс чувствовать себя более уверенно, находить необходимую им информацию.

Программа, согласно которой ведется подготовка людей пенсионного возраста компьютерной грамотности, отличается от подобных учебных программ для других категорий граждан, например, от программы для школьников. Ключевые отличия в том, что компьютерные курсы для пенсионеров ведутся в наиболее умеренном темпе, с достаточно нередким повторением

пройденного материала, с систематическим возвратом к ранее проработанным проблемам, с персональным подходом. Благодаря этому, компьютерные курсы результативны и увлекательны.

На первоначальной стадии обучения курсы ориентированы на адаптацию слушателей к совершенно новым терминам, к отсутствию чувства боязни и страха компьютерной техники, которое присутствует, можно сказать, у всех людей преклонного возраста, а после уже на изучение основных компонентов. Учащиеся изучают составляющие элементы ПК, основные принципы включения и выключения, осваивают правила безопасности работы на ноутбуке или компьютере. С целью качественного получения знаний необходимо, чтобы в состав групп входило незначительное количество человек, либо занятия проводились индивидуально, в таком случае педагог всем сумеет уделить внимание в надлежащей степени.

Для полного усвоения программы, обучение должно быть таким, чтобы каждый из обучающихся не стеснялся задавать вопросы. При освоении программы необходимо много практики. Именно такие моменты делают обучение увлекательным и результативным. Проведя анализ проделанной организацией работы, можно сделать вывод, что среди пожилых людей возрос интерес к компьютерам, интернету, компьютерной грамотности, а уровень грамотности обучаемых стал выше. Так как с каждым годом возрастает перевод госу-

дарственных заведений на обслуживание клиентов через интернет, пенсионеры тоже стали пользоваться гаджетами, использовать такие приложения, как «Сбербанк Онлайн». Создание системы онлайн-доступа к картам клиентов помогает повысить не только компьютерную, но и финансовую грамотность населения. Также пожилые люди всё больше стали пользоваться порталом «Госуслуги», где очень удобно использовать государственные услуги в электронном виде, без очередей, из любого удобного места, где присутствует интернет.

Многие используют компьютер для развлечения, общения и получения информации. Привлекают их интерес и социальные сети, они стараются найти кого-то из знакомых, одноклассников, смотрят их фотографии, выкладывают свои, общаются. Большинство пенсионеров общается со своими детьми и внуками по видеосвязи, если те находятся далеко и нет возможности увидеть их в реальности. Кроме того, при помощи сети Интернет и компьютера они смотрят новости, сериалы, находят интересующую их информацию [10].

Материалы и метод решения задачи

Для предотвращения компьютерной безграмотности необходимо в первую очередь определить круг лиц, которым необходимо обучение, т.е. это школьники, пенсионеры; создать определенные учреждения, в которых будут обучать компьютерной грамотности;

также нужно, чтобы устранение безграмотности было массовым, т.е. не только в больших городах, но и в маленьких, в сёлах. Учебная государственная программа должна быть едина везде, как в

сельских школах, так и в городских; необходимо определить пошаговую программу для обучения пенсионеров. На рисунке 1 приведен алгоритм предложенного метода для повышения компьютерной грамотности населения.



Рис. 1. Алгоритм предложенного метода

Результаты и их обсуждение

Для проверки предложенного в статье метода были произведены расчеты с помощью метода анализа иерархий (МАИ), или метода иерархий Саати, представлена таблица критериев и альтернатив для улучшения действующей системы, также на рисунке 2 приведена диаграмма интегрального показателя качества повышения компьютерной грамотности.

тернатив для улучшения действующей системы, также на рисунке 2 приведена диаграмма интегрального показателя качества повышения компьютерной грамотности.

Таблица альтернатив и критериев

Критерии		Веса	Определить круг лиц	Создание определенных учреждений	Массовое устранение безграмотности	Базовые значения
Компьютерная преступность	A ₁	0,60	1	3	5	1,80
Безопасность данных	A ₂	0,50	5	7	9	7,00
Использование государственных сайтов	A ₃	0,24	1	1	3	1,67
Интегральный показатель Q:			3,34	5,54	8,22	3,49

Диаграмма интегрального показателя качества повышения компьютерной грамотности

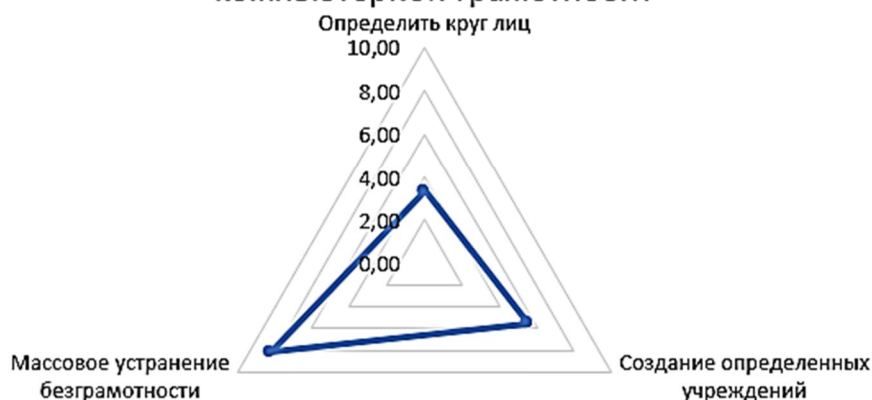


Рис. 2. Результат расчетов, представленный в виде диаграммы

Выводы

В заключение хотелось бы отметить, что нами был предложен, рассмотрен и проанализирован метод повышения компьютерной грамотности, в

работе была обнаружена важность владения компьютерной грамотностью, причины возникновения компьютерной безграмотности и преступности и приведены пути их решения. В результате анализа можно сделать следующий вывод:

- одним из элементов компьютерной грамотности считается осваивание концепции и практики в совокупности;
- для выяснения уровня компьютерной грамотности следует брать во внимание характерные черты пользователя ПК;

- необходимо наличие требуемого ПО, свободный выход в сеть Интернет и т.д;

- учебная государственная программа должна быть едина.

Список литературы

1. Спесовков А.Г., Таныгин М.О., Панищев В.С. Информационная безопасность. Курск, 2017.
2. Пути формирования компьютерной грамотности младших школьников. URL: https://studbooks.net/1815412/pedagogika/puti_formirovaniya_kompyuternoy_gramotnosti_mladshih_shkolnikov (Дата обращения: 22.11.2018).
3. Моделирование защищенных телекоммуникационных систем в дистанционном обучении / А.Г. Спесовков, И.С. Надеина, О.В. Емельянова., И.С. Надеина // Интеллектуальные системы в промышленности и образовании-2013: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. Сумы, 2013. С. 107-108.
4. Калущкий И.В., Спесовков А.Г. Программно-аппаратные средства защиты информационных систем. Курск, 2014.
5. Спесовков А.Г., Фисун А.П. Основы правового обеспечения информационной безопасности. Курск, 2013.
6. Повышение грамотности населения в области ИТ. URL: <https://minsvyaz.ru/ru/activity/directions/430> (Дата обращения: 23.11.2018).
7. Индекс цифровой грамотности россиян. URL: <https://nafi.ru/analytics/tsifrovaya-gramotnost/> (Дата обращения: 23.11.2018).
8. Чеснокова А.А., Калущкий И.В., Спесовков А.Г. Электронный документооборот: безопасность на этапах внедрения и эксплуатации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7. № 4 (25). С. 13-23.
9. «Центр социального обслуживания «Участие» города Курска Курской области». URL: <http://uchastie-kursk.ru/> (Дата обращения: 25.11.2018).

Поступила в редакцию 22.01.2019

Подписана в печать 27.02.2019

Reference

1. Spevakov A.G., Tanygin M.O., Panishhev V.S. Informacionnaja bezopasnost'. Kursk, 2017.

2. Puti formirovaniya komp'yuternoj gramotnosti mladshih shkol'nikov. URL: https://studbooks.net/1815412/pedagogika/puti_formirovaniya_kompyuternoy_gramotnosti_mladshih_shkolnikov (Data obrashheniya: 22.11.2018).

3. Spevakov A.G., Nadeina I.S., Emel'janova O.V., Nadeina I.S. Modelirovanie zashhennykh telekommunikacionnykh sistem v distancionnom obuchenii-Intellectual'nye sistemy v promyshlennosti i obrazovanii-2013. Materialy IV mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Sumy, 2013, pp. 107-108.

4. Kaluckij I.V., Spevakov A.G. Programmno-apparatnye sredstva zashhity informacionnykh sistem. Kursk, 2014.

5. Spevakov A.G., Fisun A.P. Osnovy pravovogo obespecheniya informacionnoj bezopasnosti. Kursk, 2013.

6. Povyshenie gramotnosti naselenija v oblasti IT. URL: <https://minsvyaz.ru/ru/activity/directions/430> (Data obrashheniya: 23.11.2018).

7. Indeks cifrovoj gramotnosti rossijan. URL: <https://nafi.ru/analytics/tsifrovaya-gramotnost>. (Data obrashheniya: 23.11.2018).

8. Chesnokova A.A., Kaluckij I.V., Spevakov A.G. Jelektronnyj dokumentooborot: bezopasnost' na jetapah vnedrenija i jekspluatcii. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie*, 2017, vol. 7, no. 4 (25), pp. 13-23.

9. «Centr social'nogo obsluzhivaniya «Uchastie» goroda Kurska Kurskoj oblasti». URL: <http://uchastie-kursk.ru/> (Data obrashheniya: 25.11.2018).

Received 22.01.2019

Accepted 27.02.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Игорь Владимирович Калуцкий, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: igor_kalutsky@mail.ru

Igor V. Kalutskiy, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: igor_kalutsky@mail.ru

Екатерина Сергеевна Панькова, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: keit.pankova@yandex.ru

Yekaterina S. Pankova, Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: keit.pankova@yandex.ru

Светлана Викторовна Спеваклова, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: sspev@yandex.ru

Svetlana V. Spevakova, Post-Graduate Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: sspev@yandex.ru

К сведению авторов

1. К публикации в журнале «Известия Юго-Западного государственного университета» принимаются актуальные материалы, содержащие новые результаты научных и практических исследований, соответствующие профилю журнала, не опубликованные ранее и не переданные в редакции других журналов.

2 Авторы статей должны представить в редакцию журнала:

- статью, оформленную в соответствии с правилами оформления статей, представляемых для публикации в журнале;
- разрешение на опубликование в открытой печати статьи от учреждения, в котором выполнена работа.

- сведения об авторах (фамилия, имя отчество, место работы, должность, ученая степень, звание, почтовый адрес, телефон, e-mail);

- лицензионный договор.

3. Бумажный вариант статьи подписывается всеми авторами.

4. Редакция не принимает к рассмотрению рукописи, оформленные не по правилам.

5. **Публикация бесплатная.**

6. Основной текст рукописи статьи (кроме аннотации и ключевых слов) набирают в текстовом редакторе MS WORD шрифтом «Times New Roman» размером 14 пт с одинарным интервалом, выравнивание по ширине. Поля с левой стороны листа, сверху и снизу – 2,5 см, с правой стороны – 2 см. Абзацный отступ – 1,5 см.

7. Схема построения публикации: УДК (индекс по универсальной десятичной классификации), фамилия и инициалы автора(ов) с указанием ученой степени, звания, места работы (полностью), электронного адреса (телефона), название (полужирный), аннотация и ключевые слова, текст с рисунками и таблицами, список литературы. Авторы, название, аннотация и ключевые слова, список литературы приводятся на русском и английском языках.

Перед основным текстом печатается аннотация (200-250 слов), отражающая краткое содержание статьи.

Например:

УДК 004.9:519.8

А.Л. Иванов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94) (e-mail: ivanov@gmail.com)

Построение модели прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия

В статье рассматривается агентная модель прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия, основанная на структуризации поведения агента и определения влияния его внутреннего представления об окружающем мире на его деятельность. ...

Ключевые слова: агентное моделирование, градообразующее предприятие, событие.

8. При формировании текста не допускается применение стилей, а также внесение изменения в шаблон или создание собственного шаблона. Слова внутри абзаца следует разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; не допускаются разрядки слов.

9. Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул MathType версии 5.2 и выше с размерами: обычный – 12 пт; крупный индекс 7 пт, мелкий индекс – 5 пт; крупный символ – 18 пт; мелкий символ – 12 пт.

Необходимо учитывать, что **полоса набора – 75 мм**. Если формула имеет больший размер, ее необходимо упростить или разбить на несколько строк. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**

Все русские и греческие буквы (Ω , η , β , μ , ω , ν и др.) в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Обозначения тригонометрических функций ($\sin$, $\cos$, $\tg$ и т.д.) – прямым шрифтом. Латинские буквы – прямым шрифтом.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться.

10. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

11. Рисунки и таблицы располагаются по тексту. Таблицы должны иметь тематические заголовки. Иллюстрации, встраиваемые в текст, должны быть выполнены в одном из стандартных форматов (TIFF, JPEG, PNG) с разрешением не ниже 300 dpi и публикуются в черно-белом (градации серого) варианте. Качество рисунков должно обеспечивать возможность их полиграфического воспроизведения без дополнительной обработки. **Рисунки, выполненные в MS Word, недопустимы.**

Рисунки встраиваются в текст через опцию «Вставка-Рисунок-Из файла» с обтеканием «В тексте» с выравниванием по центру страницы без абзацного отступа. Иные технологии вставки и обтекания **не допускаются.**

12. **Список литературы к статье обязателен** и должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы (не менее 10). Пристатейные библиографические списки оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках.

13. В материале для публикации следует использовать только общепринятые сокращения.

Все материалы направлять по адресу: 305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94. ЮЗГУ, редакционно-издательский отдел.

Тел.(4712) 22-25-26, тел/факс (4712) 50-48-00.

E-mail: rio_kursk@mail.ru

Изменения и дополнения к правилам оформления статей и информацию об опубликованных номерах можно посмотреть на официальном сайте журнала: <https://science.swsu.ru>.