CONFERENCE PROCEEDINGS

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

CONTEMPORARY INNOVATION TECHNIQUE OF THE ENGINEERING PERSONNEL TRAINING FOR THE MINING AND TRANSPORT INDUSTRY

CITEPTMTI'2019

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРНИХ КАДРІВ ДЛЯ ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ТРАНСПОРТУ 2019»

Відкрите Знання

OPEN ACCESS

Учбовий центр «Інфотех»
AUTODESK Silver Partner

26 – 27 April 2019

National Technical University

'Dnipro Polytechnic'

SCI-FORUM NET UA

Ministry of Education and Science of Ukraine	Министерство образования и науки Украины
Dnipro University of Technology (Ukraine)	Национальный технический университет «Днепровская политехника»
Vellore Institute of Technology (India)	Веллорский технологический институт (Индия)
Aktobe Regional State University named after K. Zhubanov (Kazakhstan)	Актюбинский региональный государственный Университет им. К. Жубанова (Казахстан)
Training Center 'Infotech'	Учебный центр «Инфотех»
Public Organization Education Center 'Open Knowledge'	Общественная организация Образовательный центр «Открытое знание»

Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry 2019 **(CITEPTMTI'2019)**

Conference Proceedings

Сборник научных трудов международной конференции

«Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2019»

26-27 April 2019	**26-27 апреля 2019 года**
Ukraine, Dnipro	Украина, Днепр

УДК [[622:378.6]:[005.96:004]](082)

С 232

С 232 Сборник научных трудов международной конференции «Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2019». – Днепр: НТУ «ДП», 2019. – 362 с.

Сборник содержит научно-методические труды студентов, аспирантов, молодых ученых, сотрудников ВУЗов, учебных заведений, представителей предприятий и практикующих специалистов, рассматривающие проблемы и современные инновационные решения в области высшего образования, науки и техники. Всю полноту ответственности за содержание предоставленных материалов и сам факт их публикации несут авторы. Редакция сборника трудов не всегда разделяет мнения авторов и не несет ответственности за недостоверность публикуемых данных. Редакция не несете никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией материалов.

Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry 2019 (CITEPTMTI'2019). Conference Proceedings. (2019) Ukraine, Dnipro: NTUDP, 362 p.

CITEPTMTI'2019 is a comprehensive conference covering all the various topics of High Education, Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry, Innovation Research in Technical Sciences.

Authors are notified, that it is the responsibility of the authors, not the publisher, to determine whether disclosure of their material requires the prior consent of other parties and, if so, to obtain it. Authors are also advised that it shall be acknowledged that statements and opinions given in work published by CITEPTMTI are the expression of the authors. Responsibility for the content of published papers rests upon the authors, not the publisher.

ISSN 2311-147X (CD-ROM)
ISSN 2312-198X (Online)

Design and layouting: Ilya Verner
www.sci-forum.net.ua
Technical support: Laboratory of Informational Technology Design
Department of Machinery Design Fundamentals

© 2019 The Authors. Published by Dnipro University of Technology. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

ORGANIZING COMMITTEE

Chairman – **Peter Pilov,** PhD, Professor, Dnipro University of Technology, Honored Scientist of Ukraine;

Co-chairman – **Zhanabergen Kuzbakov**, PhD, Associate Professor, Aktobe Regional State University named after K. Zhubanov (Kazakhstan);

Secretary – **Vladimir Prociv,** PhD, Professor, Head of Mining Engineering Department, Head of Sector for Rating Educational-Methodical Council Dnipro University of Technology;

SCIENTIFIC COMMITTEE

Dr. **Vladimir Samusya** - PhD, Professor, Head of Mining Mechanics Department, Dnipro University of Technology;

Dr. **Igor Taran** - PhD, Professor, Head of Transportation Management Department, Dnipro University of Technology;

Prof. **S. Kalainathan** - Deputy Director, Center for Crystal Growth, SAS, Vellore Institute of Technology (India);

Dr. **Girish M. Joshi** - Associate Professor in Physics, Polymer Nanocomposite Lab, Center for Crystal Growth, Vellore Institute of Technology (India);

Mr. **Konstantin Bas** - PhD, Associate Professor, Head of Automobiles and Automobile Economy Department, Dnipro University of Technology;

Dr. **Dmitry Kolosov** - PhD, Associate Professor, Head of Structural, Theoretical and Applied Mechanics Department, Dnipro University of Technology;

Mr. **Kirill Ziborov** - PhD, Associate Professor, Head of Machinery Design Fundamentals Department, Dnipro University of Technology;

Ms. **Tatniana Pismenkova** – PhD, Associate Professor, Machinery Design Fundamentals Department, Dnipro University of Technology;

Ms. **Lubov Chernova** – Ph.D., Head of PO EC "Open Knowledge";

Technical editor – **Ilya Verner**, Head of Informational Technology Design Laboratory, Department of Machinery Design Fundamentals, Dnipro University of Technology.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель Оргкомитета конференции – **Пилов П.И.**, доктор технических наук, Национальный технический университет «Днепровская политехника», заслуженный деятель науки и техники Украины;

сопредседатель Оргкомитета конференции – **Кузбаков Ж.И.** кандидат технических наук, доцент Актюбинского государственного университета им. К. Жубанова;

ученый секретарь – **Процив В.В.**, доктор технических наук, заведующий кафедры технологии горного машиностроения, руководитель сектора рейтингования учебно-методического совета, Национальный технический университет «Днепровская политехника»;

Члены оргкомитета конференции:

Самуся В.И. - доктор технических наук, заведующий кафедры горной механики, Национальный технический университет «Днепровская политехника»;

Таран И.А. - доктор технических наук, заведующий кафедры управления на транспорте, Национальный технический университет «Днепровская политехника»;

S. Kalainathan - профессор, Центр исследования кристаллов, SAS, Веллорский технологический институт (Индия);

Girish M. Joshi – кандидат физических наук, Лаборатория нанополимерных композитов, Центр исследования кристаллов, Веллорский технологический институт (Индия);

Басс К.М. - кандидат технических наук, заведующий кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Национальный технический университет «Днепровская политехника»;

Колосов Д.Л. - доктор технических наук, заведующий кафедры строительной теоретической и прикладной механики, Национальный технический университет «Днепровская политехника»;

Зиборов К.А. - кандидат технических наук, заведующий кафедры основ конструирования механизмов и машин, Национальный технический университет «Днепровская политехника»;

Письменкова Т.А. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин, Национальный технический университет «Днепровская политехника»;

Чернова Л.Е. – кандидат философских наук, председатель ОО ОЦ «Открытое знание»;

технический редактор – **Вернер И.В.**, ведущий инженер лаборатории информационных технологий проектирования кафедры основ конструирования механизмов и машин, Национальный технический университет «Днепровская политехника».

Table of Contents | Содержание

Mining and Metallurgical Equipment
Горное и металлургическое оборудование

Zaporozhets Dmitriy, Egrashicheva Diana *Visualization of a Bulk Hydraulic Facility Deformations by Long-Term Geodetic Monitoring Results*	***Запорожец Д.В., Еграшичева Д.Н.*** *Визуализация деформаций насыпного гидротехнического сооружения по результатам многолетнего геодезического мониторинга*	**14**
Lukienko L.V. *Methods of Increase in the Resource of Hard Loaded Mountain Technological Machines*	***Лукиенко Л.В.*** *Методы повышения ресурса тяжело нагруженных горно-технологических машин*	**21**
Fedoskina Helen, Bataev Ilya, Sukhovoy Vladislav *Perspective Directions of the Improvement of the Tilting Working camera of the Vibration Shchekova Crusher*	***Федоскина Е.В., Батаев И., Суховой В.*** *Перспективные направления совершенствования наклонной рабочей камеры вибрационной щёковой дробилки*	**28**
Khrunina Natalya *Study of Natural Mineral Raw Materials With a High Content of Small And Thin Gold*	***Хрунина Н.П.*** *Исследование природного минерального сырья с повышенным содержанием мелкого и тонкого золота*	**35**
Khrunina Natalya *New Approaches to the Disintegration of Minerals with High Content of Small and Fine Gold*	***Хрунина Н.П.*** *Новые подходы к вопросам дезинтеграции минерального сырья с повышенным содержанием мелкого и тонкого золота*	**40**
Cheban Anton *Improving Combined Intra-Carrier Transport with the Application of Modernized Wheel Scrapers*	***Чебан А.Ю.*** *Совершенствование комбинированного внутрикарьерного транспорта с применением модернизированных колесных скреперов*	**46**

Cheban Anton *Underwater Production of Widely Used Minerals in Primorsk Area*	***Чебан А.Ю.*** *Подводная добыча общераспространенных полезных ископаемых в приморье*	***51***

Mechanical Engineering and Engineering Science
Машиностроение и машиноведение

Ziborov Kirill, Fedoriachenko Sergei, Remeslo Mike *Experimental Study of Steel Microstructure*	***Зіборов К.А., Федоряченко С.О., Ремесло М.В.*** *Експериментальне дослідження мікроструктури матеріалу*	***56***
Ziborov Kirill, Fedoriachenko Sergei, Moskalenko Ann *Planning and Conducting the Experiment for the Determination of Carbon Content in Materials*	***Зіборов К.А., Федоряченко С.О., Москаленко А.С.*** *Планування та проведення експерименту з визначення змісту вуглецю в матеріалі*	***60***
Mischuk Dmytro, Boychenko Andriy, Balaka Maxim *Requirements for Working Fluids of Volumetric Hydraulic Drive*	***Міщук Д.О., Бойченко А.В., Балака М.М.*** *Вимоги до робочих рідин об'ємного гідроприводу*	***64***
Mischuk Dmytro, Balaka Maxim, Hodnevich Mykola *Hydraulic Fluids for Automatic Transmissions*	***Міщук Д.О., Балака М.М., Ходневич М.М.*** *Гідравлічні рідини для автоматичних коробок передач*	***73***
Protsiv Vladimir, Matsuk Zahar, Kozechko Viktoria *Lubricant Tests for Wheel Reels and Mobile Stationary Road Lubricating Devices for Rails*	***Проців В.В., Мацук З.М., Козечко В.А.*** *Випробування змащувальних матеріів для гребнезмащувачів та пересувних стаціонарних колійних рейкозмащувачів*	***80***
Tverdostup Mikola *Synthesis of Harmony Converter of Inductivity Magnetite Based on the Combined Operating Scheme*	***Твердоступ М.І.*** *Синтез гармонійного перетворювача індуктивності давача магнетиту на основі комбінованої операційної схеми*	***87***

Kholodniak Yu.S., Kaporovych S.V., Korotenko Ye.D. *Elaboration of a Methodology of Power Calculations of Flat Frames Under Conditions of Forced Oscillations*	***Холодняк Ю.С., Капорович С.В., Коротенко Е.Д.*** *Спрощена методика силового розрахунку плоских рам в умовах вимушених коливаннь*	**92**

Transport Technologies and Equipment
Транспортные технологии и оборудование

Bas Konstantin, Bas Tatiana, Shvaika Vladimir *Determination of Parameters of Automobile Roads for the Spatial Movement of Unclear Vehicles*	***Бас К.М., Бас Т.П., Швайка В.В.*** *Определение параметров автомобильной дороги для пространственного движения беспилотных автомобилей*	**100**
Goryayinov Oleksiy *European Approach to the Preparation of Specialists in the Field of Logistics and Transport on the Example of Danish Technical University*	***Горяинов А.Н.*** *Европейский подход к подготовке специалистов в области логистики и транспорта на примере датского технического университета*	**104**
Protsiv Vladimir, Bas Tatiana, Chernysh Aleksandr *Mathematical Model of the Rear Suspension Hybridized Vehicle*	***Процiв В.В., Бас Т.П., Черниш О.С.*** *Математична модель задньої підвіски гібридизованого автомобіля*	**112**

Resource and Energy Saving Technologies and Materials
Ресурсо - и энергосберегающие технологии и материалы

Gabdrakhmanova Klara, Izmaylova Gylnara, Marupov Sobirdzhan *The Solution of the Problem of Gas Disposal of Molding in the Fellow Space of Extracting Wells Operating SRP*	***Габдрахманова К.Ф., Измайлова Г.Р., Марупов С.Р.*** *Решение проблемы утилизации газа, скапливающегося в затрубном пространстве добывающих скважин эксплуатирующейся ШГН*	**116**
Fedoskin V.A., Yerisov N.N., Kornilenko K.I. *Equipment for Conductive Method of Drying Materials*	***Федоскин В.А., Ерисов Н.Н., Корниленко К.И.*** *Установка кондуктивного способа сушки материалов*	**119**

Khlibyshyn Yuriy, Pochapska Iryna *The Using of Polymer Waste in Road Coverings*	***Хлібишин Ю.Я., Почапська І.Я.*** *Використання полімерних відходів у дорожньому покритті*	**124**

Automation and Mechanization Energy Supply
Автоматизация, энергообеспечение и механизация

Bayasilova Z.A. *Methods for the Conversion of the Power Parameters in Multifunction Sensors*	***Баясилова З.А.*** *Методы преобразования силовых параметров в многофункциональных датчиках*	**129**
Mikhaylov Alexey *Research of the Impact of Vibration on Technical Characteristics of Measuring Converters*	***Михайлов А.П.*** *Исследование влияния вибрации на технические характеристики измерительных преобразователей*	**138**
Pustovetov Mikhail *The Procedure of Sine-Wave Filter Parameters Selection in Case of Increased Frequency of Voltage*	***Пустоветов М.Ю.*** *Процедура выбора параметров синус-фильтра при повышенной частоте напряжения*	**146**
Sokolov A.V. *Modeling of the Metrological Characteristics of the Sensitive Elements of Capacitive Pressure Sensors*	***Соколов А.В.*** *Моделирование метрологических характеристик чувствительных элементов емкостных датчиков давлений*	**152**

Informational Technologies of Design, Modeling, Design, Modern WEB-technologies
Информационные технологии проектирования, моделирования, дизайна, современные WEB-технологии

Balashov Sergey, Nikituk Dmytro, Gorohova Alina *Autodesk Modern Tools in the Machine Parts Design*	***Балашов С.В., Нікітюк Д., Горохова А.Р.*** *Сучасні засоби Autodesk при проектуванні деталей машин*	**158**

Vorontsov Alexander *Mathematical Modelling of Temporary Characteristics of Computer Network in Audience of Higher Education Institution*	***Воронцов А.А.*** *Математическое моделирование временных характеристик компьютерной сети в аудитории вуза*	***162***
Vorontsov Alexander *Thematical Modelling and Calculation of the Tilt Angle of the Plane of the Two-Coordinate Magnetostrictive Tiltmeter of Rather Horizontal Plane*	***Воронцов А.А.*** *Математическое моделирование и расчет угла наклона плоскости двухкоординатного магнитострикционного угломера относительно горизонтальной плоскости*	***171***
Vorontsov Alexander *The Analysis and Mathematical Modelling of Continuous Permanent Magnets Magnetic Fields of Magnetostrictive Converters of Movement*	***Воронцов А.А.*** *Анализ и математическое моделирование магнитных полей сплошных постоянных магнитов магнитострикционных преобразователей перемещения*	***178***
Vorontsov Alexander *To the Question of Application of the Cloud Computing in Educational Process of Higher Education Institution on the Example of the Private Cloud of the PSTU Computer Network*	***Воронцов А.А.*** *К вопросу применения облачных технологий в образовательном процессе вуза на примере частного облака компьютерной сети ПЕНЗГТУ*	***184***
Zvereva Valeriya, Vorontsov Alex *Artificial Neural Networks and Geoinformation Systems in Agriculture*	***Зверева В.И., Воронцов А.А.*** *Искусственные нейронные сети и геоинформационные технологии в сельском хозяйстве*	***191***
Kalashnik Nadezhda *Assessment of Stability of a Bulk Soil Dam of the Seliakka-Yarvi Reservoir by Results of 3D Modeling*	***Калашник Н.А.*** *Оценка устойчивости насыпной грунтовой плотины водохранилища селиакка-ярви по результатам 3D моделирования*	***196***
Dovhal Denis, Verner Ilya, Kozhushkina Tatyana *Morphological Transformation as a Means of Design Art*	***Довгаль Д.О., Вернер І.В., Кожушкіна Т.Л.*** *Морфологічна трансформація як засіб дизайну*	***201***

Loginova Anastasiia, Lytovchenko Artem, Shelkunov Andrey *Economic Efficiency of Artistic Design of Technological Equipment*	***Логінова А.О., Литовченко А.А., Щелкунов А.Ю.*** *Економічна ефективність художньо-конструкторських розробок технологічного обладнання*	**205**
Martyshkin A.I. *Option of Hardware Support of Planning Algorithms and Dispatching Tasks of a Multiple Processor Reconfigurable Computing System*	***Мартышкин А.И.*** *Вариант аппаратной поддержки алгоритмов планирования и диспетчеризации задач многопроцессорной реконфигурируемой вычислительной системы*	**211**
Martyshkin A.I. *Hardware Support and Verification of the Operation of the Taskman Controller of a Multi-processor Reconfigurable Computing System*	***Мартышкин А.И.*** *Аппаратная поддержка и проверка правильности работы диспетчера задач многопроцессорной реконфигурируемой вычислительной системы*	**218**
Martyshkin A.I. *Possible Architecture of the Storage System of Data of the Achievements of the Student of the University Based on Blockchain Technology*	***Мартышкин А.И.*** *Возможная архитектура системы хранения данных достижений студента университета на основе технологии blockchain*	**225**
Martyshkin A.I. *Overview of User Personal Management Programs*	***Мартышкин А.И.*** *Обзор программ управления личным расписанием пользователя*	**232**
Martyshkin A.I. *Opportunities Blockchain Technology in the Application for Creating Distributed Data Registries*	***Мартышкин А.И.*** *Возможности технологии Blockchain в применении для создания распределенных реестров данных*	**238**
Slesarev Yuri, Vorontsov Alexander *The Analysis and Mathematical Modelling of Effectively Conductor Layer in Magnetostrictive Converters of Movements*	***Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А.*** *Анализ и математическое моделирование эффективно проводящего слоя в магнитострикционных преобразователях перемещений*	**248**

Slesarev Yuri *Mathematical Modelling of Magnetic Fields of Permanent Magnets of the Cylindrical Form Near Their Bases in Magnetostrictive Converters of Movements*	***Слесарев Ю.Н.*** *Математическое моделирование магнитных полей постоянных магнитов цилиндрической формы вблизи их оснований в магнитострикционных преобразователях перемещений*	***253***
Slesarev Yuri *Analysis of Distribution and Modelling of Magnetic Fields of Magnetostrictive Converters of Movement*	***Слесарев Ю.Н.*** *Анализ распределения и моделирование магнитных полей магнитострикционных преобразователей перемещения*	***258***
Slesarev Yuri *To the Question of the Research and Mathematical Modelling of Possible Distance From the Wave Guide to the Ring Permanent Magnet*	***Слесарев Ю.Н.*** *К вопросу исследования и математического моделирования возможного расстояния от волновода до кольцевого постоянного магнита*	***264***
Slesarev Yuri *To the Question of the Research and Mathematical Modelling of Possible Distance From the Wave Guide to the Continuous Permanent Magnet*	***Слесарев Ю.Н.*** *К вопросу исследования и математического моделирования возможного расстояния от волновода до сплошного постоянного магнита*	***268***
Slesarev Yuri *Researches and Mathematical Modelling of the Projection of Tension of Magnetic Field of the Inductive Element to Axis 0Z*	***Слесарев Ю.Н.*** *Исследования и математическое моделирование проекции напряженности магнитного поля индуктивного элемента на ось 0Z*	***273***
Tverdohleb Alexander, Verner Ilya, Telipko Alexander *Comparative Analysis of Designing Machine Parts in Compass-3D and Inventor Software*	***Твердохліб О.М., Вернер І.В., Теліпко О.М.*** *Порівняльний аналіз конструювання деталей машин у програмних середовищах Компас-3D та Inventor*	***277***

Applied Geometry, Engineering Graphics, Ergonomics, Life Safety
Прикладная геометрия, инженерная графика, эргономика и безопасность жизнедеятельности

Analiyeva U. *Questions of Development of Monitoring System and Control of Emergency Situations*	***Аналиева А.У.*** *Вопросы разработки системы мониторинга и контроля чрезвычайных ситуаций*	**283**
Kalashnik Anatoly *Mining Objects: Concept of Multilevel Monitoring of Their Geohydromechanical State*	***Калашник А.И.*** *Горнотехнические объекты: концепция многоуровневого мониторинга их геогидромеханического состояния*	**291**
Khodos Olga *Research of comfort of transportation of people to the place of work by the special busses*	***Ходос О.Г.*** *Дослідження комфортабельності перевезення робочих вахтовим автобусом*	**300**

Information Technology in Education
Информационные технологии в образовании

Bershadskaya E.G. *A Formalized Method for Obtaining Quantitative Estimates of Meta-Competences are Influenced Learner Based on His Behavior in Social Networks*	***Бершадская Е.Г.*** *Формализованный метод получения количественных оценок метакомпетенций учащегося на основе его поведения в социальных сетях*	**304**
Gerasimenko Yaroslava, Gerasimenko Tatyana, Meshkov Evgeny *Conduct of Patent Studies in the Preparation of Engineering Staff for the Mining and Metallurgical Industry*	***Герасименко Я.П., Герасименко Т.Е., Мешков Е.И.*** *Проведение патентных исследований при подготовке инженерных кадров для горно-металлургической отрасли*	**311**
Korniichuk Olena *Model of Energy Consumption Through Tornquist Functions*	***Корнійчук О.Е.*** *Модель енергоспоживання через функції торнквіста*	**320**

Mikhailov A.P. *Software-Hardware Training Complex*	***Михайлов А.П.*** *Программно-аппаратный обучающий комплекс*	***235***
Pismenkova Tatiana, Loginova Anastasiia, Verner Ilya *Interactive Training Methods of Future Engineering Specialists*	***Письменкова Т.О., Логінова А.О., Вернер І.В.*** *Інтерактивні методи підготовки майбутніх інженерів*	***331***

Humanities Education Issues

Гуманитарные проблемы образования

Olishevska V.E. *Activation of educational activity bachelors at study of discipline 'construction and operating materials in motor-car industry'*	***Олишевская В.Е.*** *Активизация учебной деятельности бакалавров при изучении дисциплины «конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли»*	***340***
Pakhomova S., Pomelnikova A., Karpukhin S. *Master's Program 'Coating Technology' by Materials Science Direction and Mining Profile*	***Пахомова С.А., Помельникова А.С., Карпухин С.Д.*** *Магистерская программа «технология нанесения покрытий» по направлению материаловедение и профилю горное дело*	***352***
Authors Index	*Авторский указатель*	***360***
About the Conference Organizers	*Организаторы конференции*	***362***

УДК 627:539.3:528.48

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ НАСЫПНОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЛЕТНЕГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Д.В. Запорожец[1], Д.Н. Еграшичева[2]
[1]научный сотрудник, e-mail: zaporojec@goi.kolasc.net.ru
[2]инженер, e-mail: diana-shhukina@yandex.ru
[1,2] Федеральное государственное бюджетного учреждение науки Федеральный исследовательский центр Российской академии наук Горный институт (ГоИ КНЦ РАН)

Аннотация. в статье рассматривается опыт обработки и интерпретации данных многолетнего геодезического мониторинга насыпного гидротехнического сооружения, выполненного для одного из горнорудных предприятий Мурманской области.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, геодезический мониторинг, автоматизация камеральной обработки данных, расчет деформаций, деформационная поверхность, визуализация, программные средства.

VISUALIZATION OF A BULK HYDRAULIC FACILITY DEFORMATIONS BY LONG-TERM GEODETIC MONITORING RESULTS

Dmitriy Zaporozhets[1], Diana Egrashicheva[2]
[1]researcher, e-mail: zaporojec@goi.kolasc.net.ru
[2]engineer, e-mail: diana-shhukina@yandex.ru
[1,2] Mining Institute – Subdivision of the Federal Research Centre 'Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences', Murmansk region, Apatity, Russia

Abstract. The article discusses the experience of processing and interpreting the data of a long-term geodetic monitoring of a bulk hydraulic facility. The monitoring was conducted at a mining enterprise in the Murmansk region.

Keywords: hydraulic facility, geodetic monitoring; automation of laboratory data processing; deformation calculations; deformation surface, visualization, software tools.

Введение. Проведение геодезических режимных наблюдений в составе мониторинга состояния ГТС является необходимым и информативным средством в обеспечение надежности и безопасности ГТС. Результатом обработки геодезических наблюдений являются ведомости плановых и высотных координат контрольных реперов, заложенных в теле ГТС. Сопоставительный анализ результатов наблюдений с базовым циклом мониторинга дает возможность рассчитать количественные характеристики происходящих деформаций и создать эпюры абсолютных, относительных

осадок и смещений контрольных реперов, выделить участки ГТС наиболее подверженные деформациям. Геометрические параметры насыпных дамб могут варьироваться от сотен метров до нескольких километров в длину и до десятков метров в высоту. Для комплексной оценки деформаций ГТС был применен программный продукт CREDO Расчет Деформаций, который на ряду с инструментами визуализации деформаций даёт возможность комплексной оценки состояния дамб с учетом геометрической и атрибутивной информации.

Цель. Гидротехнические сооружения в целом и их отдельные элементы испытывают различного вида деформации вследствие разных причин. Целью данной работы являлось получение новой визуальной информации о деформациях насыпного гидротехнического сооружения горного предприятия при выполнении обработки данных многолетнего геодезического мониторинга, с привлечением программного продукта CREDO Расчет Деформаций.

Материал и результаты исследований. Технология мониторинга деформаций основана на последовательном накоплении и обработке плановых координат и высотных отметок специальных осадочно-деформационных марок, закрепляемых на объекте. Для определения возможных деформаций на дамбах хвостохранилища установлены грунтовые марки в количестве 26 штук, а также семь опорных пунктов. Наблюдения по измерению деформаций были начаты с 2004 года, на данный момент выполнено 17 циклов.

Камеральная обработка геодезических наблюдений, вычисление плановых координат и высотных отметок контрольно-наблюдательных реперов, уравнивание и оценка точности производились на ПК. Данные с электронных носителей тахеометра экспортировались в ПК с созданием базы данных для последующих вычислений. Одновременно выполнялось сравнение данных электронного носителя с данными полевого журнала. По результатам обработки создавались ведомости, в которых оценивалась полученная и допустимая невязки нивелирного и тахеометрического хода, на основании чего производилась оценка класса точности выполненных измерений.

Исследуемый объект ввиду конструктивных особенностей и пространственного расположения состоит из двух насыпных дамб, на каждой из которых установлены контрольные репера и опорные пункты: 9 контрольных реперов и три опорных пункта на северной дамбе; 8 реперов на гор+121м, 9 реперов на гор+129м и 6 опорных пункта расположенных на южной дамбе хвостохранилища.

На этапах обработки для контрольных реперов выполняется анализ деформаций и осадок, для опорных пунктов – анализ устойчивости высотной сети контрольных пунктов, основанного на принципе неизменной отметки наиболее устойчивого репера сети. Расчет устойчивости опорных пунктов выполняется отдельно для плановой и для высотной опорной геодезической сети. Строятся графики и отчетные документы, содержащие информацию о текущем состоянии объекта и динамике осадочно-деформационных процессов.

Методически режимные геодезические наблюдения должны обеспечивать сравнение измеренных и расчетных (прогнозируемых) деформаций, определение деформационных характеристик, выявление причин деформаций. В качестве деформационных характеристик рассматриваются вертикальная составляющая (осадка дамбы) и горизонтальная составляющая (смещение), определение которых выполняется геодезическими методами.

Программа Расчет Деформаций предназначена для обработки результатов многократных (циклических) геодезических наблюдений за деформациями и осадками участков земной поверхности, включая визуализацию и статистический анализ деформационных процессов. После импортирования в программу результатов измерений для каждой марки создаётся график развития осадок во времени с возможностью прогнозирования на любую дату (рис. 1). С помощью аппроксимации данных наблюдений по методу наименьших квадратов программа позволяет установить закономерность изменения отметки одного контрольного репера или опорного пункта. Результат выводится в виде линии тренда на графике развития осадок во времени. Для построенной линии тренда над графиком развития осадок отображается значение достоверности аппроксимации R2.

Существует возможность выполнить прогноз развития осадок на заданную дату с оценкой точности, за пределами выполненных наблюдений. Наиболее вероятная область нахождения пункта отображается на графике штриховой линией. Отмечается также прогнозное максимальное и минимальное значение. Ширина прогнозного диапазона прямо пропорциональна времени с момента последнего цикла и величине достоверности аппроксимации.

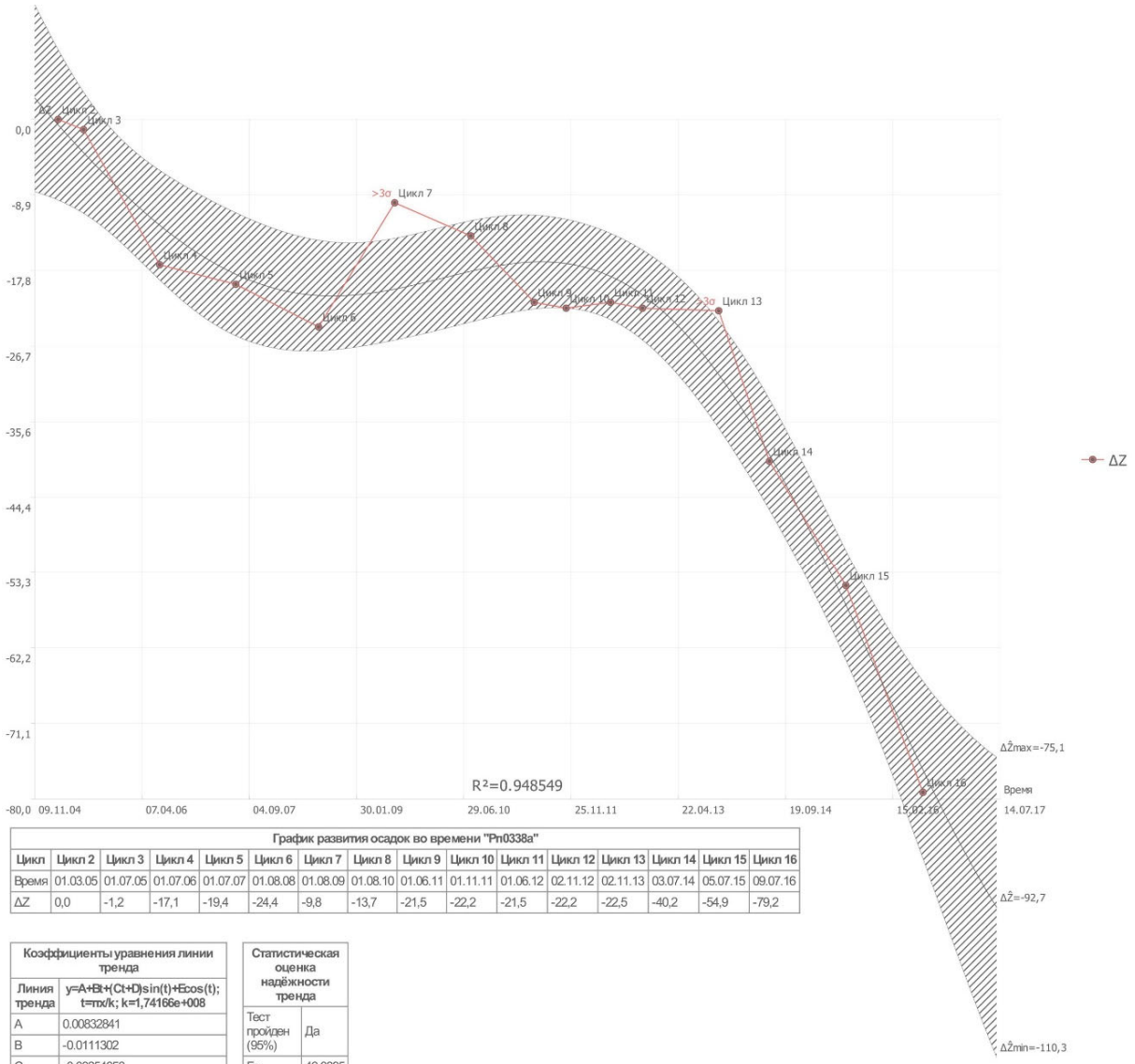


График развития осадок во времени "Pn0338a"																
Цикл	Цикл 2	Цикл 3	Цикл 4	Цикл 5	Цикл 6	Цикл 7	Цикл 8	Цикл 9	Цикл 10	Цикл 11	Цикл 12	Цикл 13	Цикл 14	Цикл 15	Цикл 16
Время	01.03.05	01.07.05	01.07.06	01.07.07	01.08.08	01.08.09	01.08.10	01.06.11	01.11.11	01.06.12	02.11.12	02.11.13	03.07.14	05.07.15	09.07.16
ΔZ	0,0	-1,2	-17,1	-19,4	-24,4	-9,8	-13,7	-21,5	-22,2	-21,5	-22,2	-22,5	-40,2	-54,9	-79,2

Коэффициенты уравнения линии тренда	
Линия тренда	y=A+Bt+(Ct+D)sin(t)+Ecos(t); t=πx/k; k=1,74166e+008
A	0.00832841
B	-0.0111302
C	-0.00254656
D	-0.00651657
E	-0.00896834

Статистическая оценка надёжности тренда	
Тест пройден (95%)	Да
Fp	46.0895
Ft	3.48

Рис. 1. – График развития осадок во времени

В основе решения задачи интерпретации данных наблюдений лежит модель деформационной поверхности, описывающей отклонение точек объекта в текущем цикле относительно начального цикла. Исходными данными для ее построения являются плановые положения марок и их текущие отклонения. На рисунке 2 представлена циклограмма смещения плановых координат во времени одного из контрольных реперов.

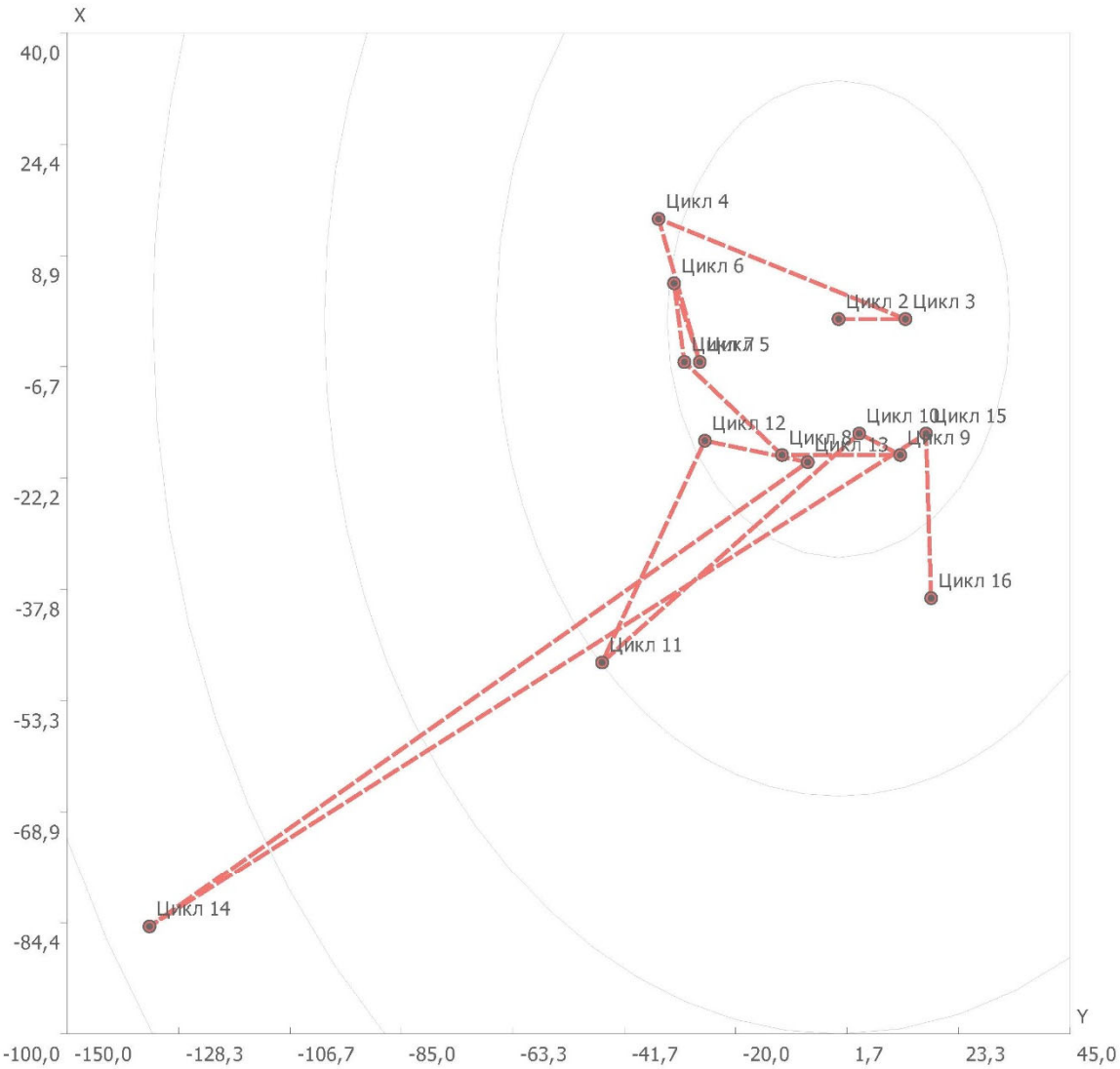


График развития деформаций во времени "Рп0338а"															
Цикл	Цикл 2	Цикл 3	Цикл 4	Цикл 5	Цикл 6	Цикл 7	Цикл 8	Цикл 9	Цикл 10	Цикл 11	Цикл 12	Цикл 13	Цикл 14	Цикл 15	Цикл 16
Y	0,0	13,0	-35,0	-27,0	-32,0	-30,0	-11,0	12,0	4,0	-46,0	-26,0	-6,0	-134,0	17,0	18,0
X	0,0	0,0	14,0	-6,0	5,0	-6,0	-19,0	-19,0	-16,0	-48,0	-17,0	-20,0	-85,0	-16,0	-39,0

Рис. 2. – Циклограмма смещения плановых координат контрольного репера во времени

Локальное изменение площади поверхности называется дилатацией. Поскольку дилатационные процессы непосредственно предшествуют осадкам или вспучиваниям почвы, они являются объектом постоянного мониторинга. В CREDO Расчет Деформаций абсолютные значения дилатации, сжатия и растяжения представлены в виде деформационной поверхности. Относительные вращения отображаются с помощью специальных подписей. На созданной поверхности осадки отображаются при помощи

изолиний и градиентной заливки, что упрощает зрительное восприятие модели (Рис. 3).

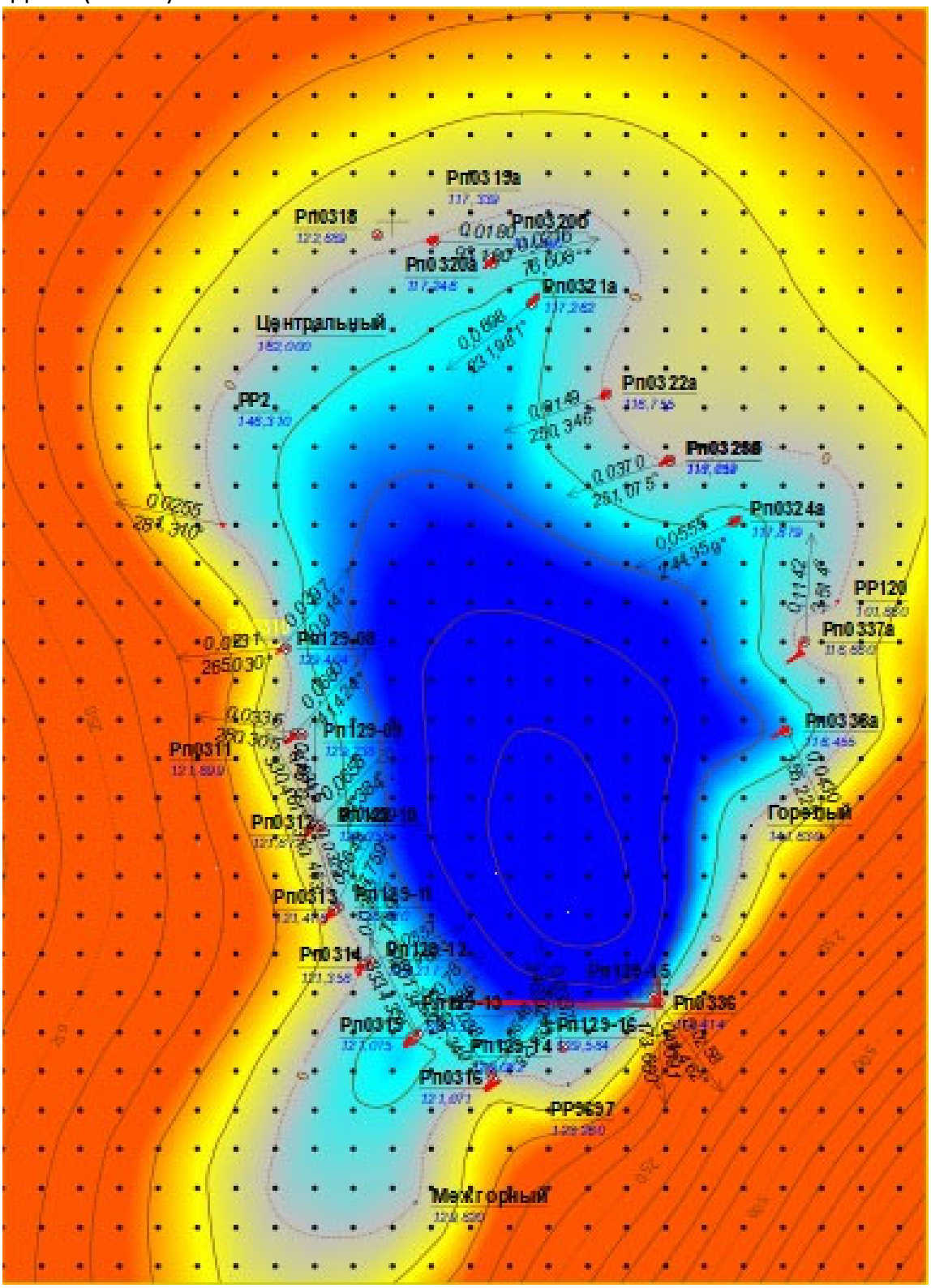


Рис. 3. – Деформационная поверхность

Для отображения деформационной поверхности в программе используется 3D модель (Рис. 4). Что позволяет представить более полную

картину пространственного состояния дамб и наглядней представить области неравномерных осадок всего хвостохранилища.

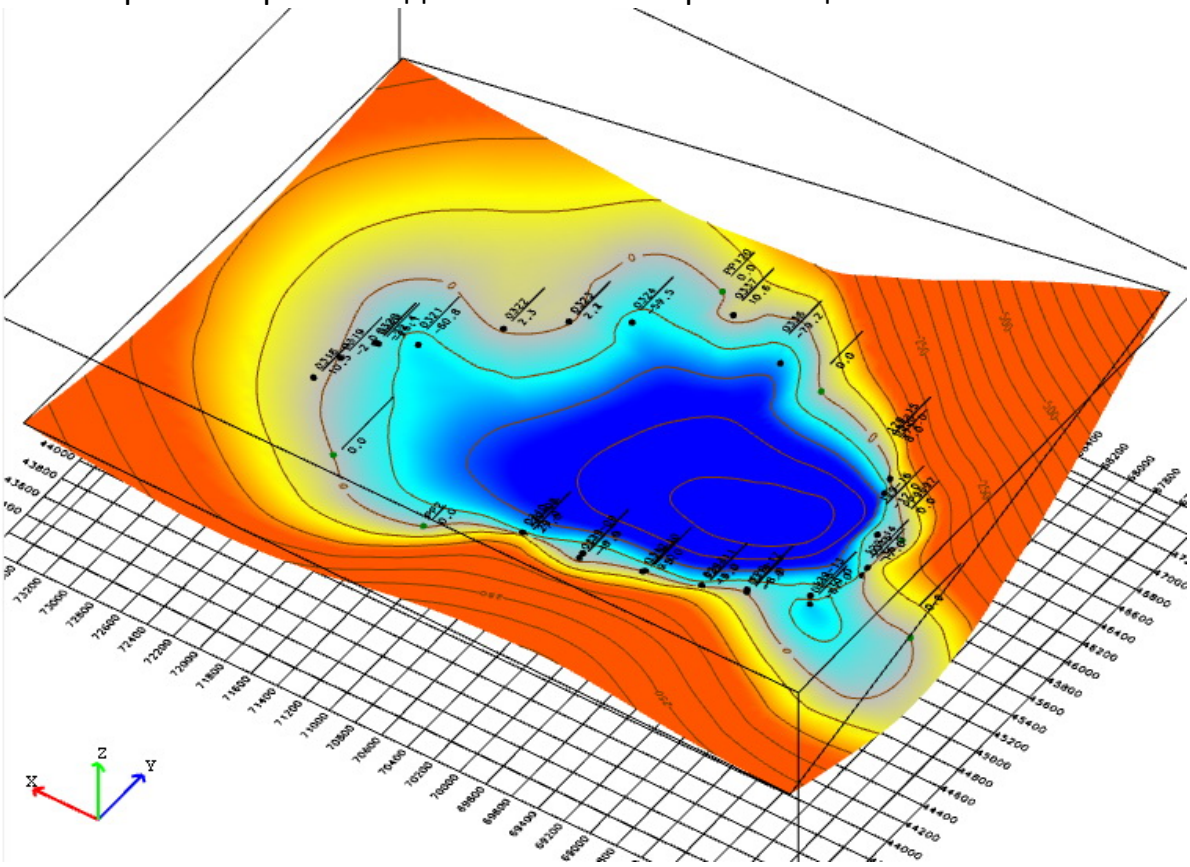


Рис. 4. – Трехмерная модель хвостохранилища

Вывод. Определение величин деформации для оценки устойчивости сооружения и принятия профилактических мер является основной целью наблюдений. Получаемая при мониторинге информация является исходной для анализа происходящих процессов деформаций в насыпных гидротехнических сооружениях. Анализ и сопоставление результатов наблюдений с критериальными значениями деформаций позволяет выполнять адекватную оценку деформационных процессов, принимать оперативные решения по корректировке технологических параметров эксплуатации ГТС.

Своевременная и оперативная обработка данных является актуальной задачей обеспечения безаварийной работы ГТС. Благодаря привлечению современных программных средств, продолжительность обработки результатов исследований сокращается, появляется возможность комплексного учета большого объема данных, в том числе по геологии, гидрологии, погодно-климатическим условиям и текущему состоянию хвостохранилища.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений», № 117-ФЗ от 21.07.1997 г.

2. ПБ 03-438-02 «Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов».

3. СНиП 11-02-96. «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

4. Мельников Н.Н., Калашник А.И., Калашник Н.А., Запорожец Д.В. Применение современных методов для комплексных исследований состояния гидротехнических сооружений региона Баренцева моря // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20. № 1. С. 13-20.

5. Мельников Н.Н., Калашник А.И., Калашник Н.А., Запорожец Д.В. Комплексная многоуровневая система геомониторинга природно-технических объектов горнодобывающих комплексов // ФТПРПИ. 2018. №4. С.1-8.

6. Данилкин А.А., Калашник А.И., Запорожец Д.В., Максимов Д.А. Мониторинг состояния ограждающей дамбы в зоне отработки техногенного месторождения Ковдорского ГОКа // ГИАБ. 2014. № 7. С. 344-352.

7. Гуляев Ю. П. Прогнозирование деформации сооружений на основе результатов геодезических наблюдений: монография. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 256 с.

8. Новоселов Б. А., Новоселов Д. Б. Геодезический контроль строительства и эксплуатации главного корпуса обогатительной фабрики «Распадская» // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10 20 апреля 2012 г.). Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. С. 66–71.

9. Рекомендации по проведению натурных наблюдений за осадками грунтовых плотин / ОАО ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, 2001.

10. CREDO РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ 1.0. Руководство пользователя // Компания «Кредо-Диалог», 2013. – 91 с. © Д. Б. Новоселов, Д. В. Самбурский, 2014

УДК 621.89.017

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ТЯЖЕЛО НАГРУЖЕННЫХ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Л.В. Лукиенко

доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Агроинженерии и техносферной безопасности» ФГБОУ ВО Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула, Россия, e-mail: lukienko_lv@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты сравнительных модельных испытаний триботехнических составов. Показана перспективность их применения для восстановления изношенных деталей тяжело нагруженных горно-технологических машин.

Ключевые слова: изнашивание, триботехнические составы, горно-технологические машины, восстановление.

METHODS OF INCREASE IN THE RESOURCE OF HARD LOADED MOUNTAIN TECHNOLOGICAL MACHINES

L.V. Lukienko
Dr., Ph.D., associate professor, head of the 'Agroengineering and technosphere safety' department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education 'Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University' , Tula, Russia, e-mail: lukienko_lv@mail.ru

Abstract. In this work results of comparative model tests of tribotechnical structures are presented. The prospects of their application for restoration of wear parts of hard loaded mining technological machines are shown.

Keywords: wear, tribotechnical structures, mining technological machines, restoration.

Введение. С появлением триботехнических составов (ХАДО, Ресурс, НИОД, ППМ-21), предназначенных для восстановления деталей тяжело нагруженных горно-технологических машин на различных стадиях изнашивания, решение важной научно-технической проблемы снижения изнашивания тяжело нагруженных ответственных механизмов стало реальностью.

Целью работы является выявление наиболее перспективного метода повышения ресурса тяжело нагруженных горно-технологических машин на основе сравнительных модельных испытаний триботехнических составов.

Материал и результаты исследований. Триботехнический состав НИОД (ТС НИОД) представляет собой многокомпонентные сухие смеси (с дисперсностью частиц от 5 до 50 мкм) на основе силикатов, применение которых позволяет добиться уникального антифрикционного эффекта в любых парах трения, возникающего за счет существенного изменения триботехнических свойств трущихся поверхностей. Принцип действия препарата прост и эффективен: под воздействием трения, давления и температуры компоненты ТС НИОД проникают в поверхностный слой металла трущихся деталей, после чего происходит зачистка поверхности абразивными составляющими (удаляются оксидные пленки, нагар и наклепы металла). Процесс происходит непосредственно в пятне контакта под действием рабочих нагрузок во время нормальной эксплуатации механизма. При обработке на поверхности пар трения в зонах контакта образуется практически идеально гладкий металлокерамический слой (с уменьшением шероховатости до Ra 0,16 и выравниванием твердостей обеих поверхностей до HRC 58…64). Этот слой наращивается только в тех местах и в таком количестве, которое обеспечивает наибольшую гладкость поверхностей и идеальный тепловой зазор между ними с учетом реального режима эксплуатации механизма и его нагрузок. Наращивание происходит на мо-

лекулярном уровне, и поэтому полученное покрытие имеет строение правильной кристаллической решетки, которая обеспечивает его прочность и твердость. Мелкодисперсное вещество, составляющее основу НИОД, сглаживает самые мелкие неровности трущихся поверхностей. Термодинамические процессы, происходящие в зонах трения в присутствии ТС НИОД, способствуют образованию более толстого слоя металлокерамики в местах наибольшей выработки металла. Одновременно в результате диффузии ТС НИОДа с поверхности в глубину металла упрочняется поверхностный слой детали за счет улучшения и укрепления его кристаллической решетки.

Использование ТС НИОД позволяет распределить нагрузки по всей поверхности трения, что ведет к снижению шумов, вибрации и температуры механизма - он начинает работать в оптимальных условиях, способствующих увеличению его ресурса в 2,5 раза. Смысл технологии состоит в том, чтобы донести триботехнический состав до пар трения и активировать его под рабочими нагрузками (не менее 70% от рабочих) определённое время, после чего остатки НИОД должны быть удалены из механизма.

Для того, чтобы произвести обработку изношенного узла системы подачи нужно обеспечить доступ определенного количества вещества НИОД к трущимся поверхностям и продолжить эксплуатацию механизма в нормальном режиме в течение некоторого времени. По окончании этого периода остатки вещества удаляются, и механизм готов к работе. Технология НИОД принципиально отличается от применения масляных присадок, в первую очередь тем, что покрытие, образованное после обработки составами НИОД, представляет собой не пленку, а кристаллическую структуру, которая внедряется в поверхностный слой металла, продолжая структуру его кристаллической решетки и компенсируя износ. Т.е. в процессе восстановления происходит наращивание "оборванных кристаллических связей". Иными словами, происходит восстановление участков поверхности наиболее подвергшихся износу. Необходимо отметить, что класс чистоты образующейся кристаллической поверхности достигает значений, которые практически недоступны для обычных методов (токарная обработка, хонингование, шлифовка и т.п.). Кроме того, присадки действуют только до тех пор, пока они имеются в масле, а покрытие НИОД остается в структуре металлов "навсегда".

Современные горно-технологические машины работают в сложных условиях, со значительной динамической нагрузкой, обусловленной силами сопротивления, возникающими на исполнительных органах, нелинейностью сил трения в опорно-направляющем механизме и элементах зубчато-реечной системы перемещения, а также наличием абразива в зоне

контакта тяжело нагруженных деталей системы перемещения высоко производительных очистных комбайнов, что приводит к преждевременному их изнашиванию. По данным [1-3], более 10% времени добычных смен тратится на устранение отказов машин, более 58% очистных комбайнов ежегодно капитально ремонтируются. При этом внести какие-либо конструктивные изменения, способствующие повышению ресурса эксплуатируемой машины в целом, не представляется возможным. Кроме того, в настоящее время наблюдается тенденция значительного роста необходимых усилия (на 30%) и скорости подачи (в два раза), что неизбежно приведёт к увеличению нагруженности элементов системы подачи: тягового органа, движителя БСП и опорно-направляющего механизма. Поэтому работа, посвящённая повышению прочности и увеличения ресурса деталей очистных комбайнов, является актуальной.

Добиться решения поставленной задачи обычными конструкторско-технологическими методами за счёт увеличения металлоёмкости деталей машин, учитывая весьма жёсткие требования к габаритам очистных комбайнов, затруднительно. Необходимо отметить, что повышение прочности материалов, из которых изготовлены элементы системы подачи, также не принесёт существенных результатов.

Одним из путей увеличения ресурса систем перемещения очистных комбайнов, поддержания их работоспособности, а также снижения затрат на ремонт является применение триботехнических составов (ТС) НИОД разработки НПИФ «Энион-Балтика» и ППМ-21 (разработчик НИИХИММАШ) в качестве антифрикционной присадки к смазке.

Для подтверждения эффективности применения ТС НИОД и ТС ППМ-21 были проведены сравнительные экспериментальные исследования на модельных триботехнических системах (ТТС). Для очистных комбайнов характерны триботехнические системы, в которых реализовано трение качения с проскальзыванием (зубчатые передачи в редукторах системы подачи и режущей части, элементы зубчато-реечной системы подачи). Поэтому в качестве объекта исследования была принята модельная триботехническая система диск – диск, а структура реализованных при исследовании ТТС описана в табл. 1 [5].

Исследования проведены с использованием трибометра СМЦ-2, работающего по схеме с замкнутым кинематическим контуром. В модельной ТТС трение качения с проскальзыванием было достигнуто за счёт разности частоты вращения образца и контртела.

Таблица 1 - Структура реализованных модельных ТТС

№ модельной ТТС	Тело№1 (Контртело)	Тело №2 (Образец)	Условия подготовки к испытаниям	Условия контактного нагружения	Цель исследования
1	Ролик ∅60 мм, S_1=10 мм	Ролик ∅60 мм, S_2=10 мм	1. ЛИТОЛ 2. ЛИТОЛ + НИОД	n_1=1000 мин$^{-1}$ n_2=800 мин$^{-1}$ F=350 Н; q=35 Н/мм; p=271 МПа	Трение качения по металлу
2	Ролик ∅30мм, S_1=10 мм	Ролик ∅30 мм, S_2=10 мм	1 ЛИТОЛ + НИОД 2 ЛИТОЛ + ППМ-21	n_1=300 мин$^{-1}$ n_2=240 мин$^{-1}$ F=800 Н; q=80 Н/мм; p=542 МПа	Зубчатое зацепление

Таблица 2 - Режимы термообработки исследованных сталей

Образец	Марка стали	Диаметр образца, мм	Термообработка	Твёрдость $HRC_э$	Модельная ТТС
2	20	60	Цементация, закалка, отпуск	55÷60	Зубчатое зацепление
3	20Х2Н4А	30	Цементация на глубину 1,2…1,6 мм	56÷62	Зубчатое зацепление
4	40Х	30	Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ	56÷62	Зубчатое зацепление
5	30ХГСА	30	Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ	56÷62	Зубчатое зацепление

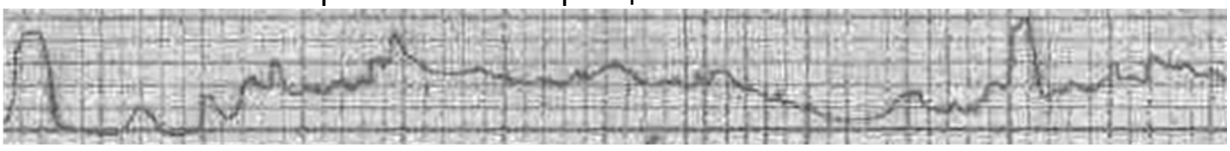
Образцы обкатывались при нормальной нагрузке F=200Н, затем образцы обезжиривались для удаления продуктов износа и смазочных материалов. Таким образом, исследования модельных ТТС проводились в условиях сухого трения. В результате испытаний определяли количественные характеристики изнашивания, а также исследовали свойства поверхностного слоя и топографию поверхности трения.

Использование триботехнических составов оказывает существенное влияние на формирование эксплуатационной шероховатости поверхности трения (рис. 1).

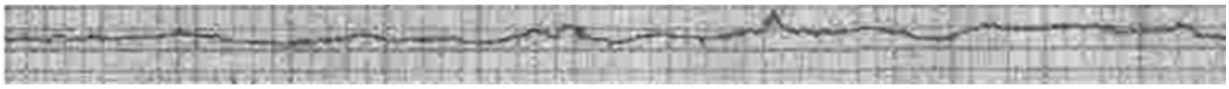
Рис.1. – Формирование эксплуатационной шероховатости поверхности трения в модельных триботехнических системах.

Таким образом, параметр шероховатости Ra при обработке ТС НИОД (ТС ППМ-21) снижается для стали 45 на 62% (42%), для стали 20 на 7%(9%), для стали 20Х2Н4А на 31% (10%), для стали 30ХГСА на 20% (22%). Это обстоятельство связано, по-видимому, с пластифицированием материала в зоне пятна контакта, а также с эффектом облегчения прирабатываемости поверхности образца под влиянием компонентов триботехнических составов.

Образцы профилограмм, полученных при испытании на изнашивание (рис. 2), наглядно иллюстрируют положительное влияние триботехнических составов на шероховатость образца.



а



б

Рис.2. – Профилограммы поверхности образца а), б) (сталь 45) до и после обработки тс ниод

На первом этапе эксперимента (режимы контактного нагружения см. табл. 4.2) одна пара образцов ТТС №1 была обработана консистентной смазкой ЛИТОЛ, а другая ТС НИОД, растворённым в ЛИТОЛЕ. Анализируя полученные результаты, можно отметить, что после обработки испытуемых деталей в ТС ЛИТОЛ+НИОД на первом этапе эксперимента при механическом изнашивании, когда в контактной зоне присутствует слой консистентной смазки ЛИТОЛ интенсивности изнашивания материалов обработанных ТС НИОД с ЛИТОЛ и одной смазкой ЛИТОЛ соизмеримы. В процессе эксперимента при контактном взаимодействии под нагрузкой, а также при обезжиривании образцов перед взвешиванием происходит удаление

масляной плёнки, после чего интенсивность изнашивания возрастает в 2…6 раз (когда для смазки использован только один ЛИТОЛ).

Необходимо отметить, что применение ТС НИОД также способствует снижению коэффициента трения. Так, по результатам эксперимента в паре трения, обработанной ТС НИОД, коэффициент трения в среднем был в 3.2 раза меньше, чем в паре трения, обработанной ЛИТОЛ.

Установленное влияние триботехнических составов на микротвёрдость и топографию поверхности трения интегрально проявляется в эффекте снижения интенсивности изнашивания образцов, обработанных в модельных триботехнических системах. интенсивность изнашивания может быть описана уравнением регрессии (коэффициент детерминации составляет R^2=0,7462):

$$I = 2 \cdot 10^{-5} \cdot S^3 - 0{,}0009 \cdot S^2 + 0{,}0102 \cdot S - 0{,}0044$$

где S – путь трения, м.

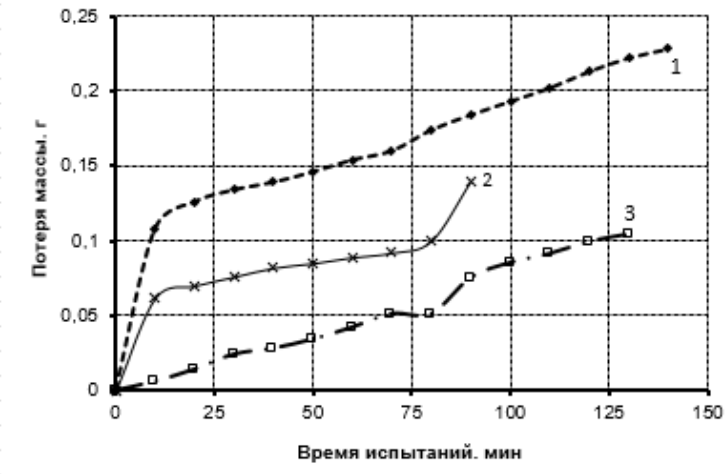


Рис. 3. – Сравнение различных способов упрочнения поверхностных слоёв детали:
1 – Сталь 20Х2Н4А цементованная без смазки; 2 – Сталь 20 с наплавкой; 3 – Сталь 20Х2Н4А с НИОД

Вывод. Проведённый комплекс ускоренных модельных экспериментальных исследований позволяет сделать следующие выводы о перспективности применении триботехнических составов: значительно уменьшается износ пар трения, следовательно увеличивается ресурс работы машин; уменьшается шероховатость рабочих поверхностей, а значит снижается потребление электрической энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красников Ю.Д., Солод С.В., Хазанов Х.И. Повышение надёжности горных выемочных машин. – М.: Недра, 1989. – 215 с.
2. Силовые зубчатые трансмиссии угольных комбайнов. Теория и проектирование / П.Г. Сидоров, С.В. Козлов, В.А. Крюков, Л.П. Полосатов; под общ. Ред. Сидорова. – М. Машиностроение, 1995. – 296 с.
3. Стационарные и тормозные режимы работы бесцепных систем перемещения очистных комбайнов / В.А. Бреннер, К.А. Головин, Т.В. Ковалёва, Л.В. Лукиенко, А.Е. Пушкарёв. – Тула: изд-во ТулГУ, 2007. – 220 с.
4. Буйносов А.П., Фетисова Н.Г. Наноматериал увеличивает ресурс бандажей колёсных пар электроподвижного состава. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. №2, 2014, С. 59-64.
5. О применении триботехнических составов для повышения ресурса тяжело нагруженных деталей машин // Сафонов Б.П., Трещёв С.Г., Лукиенко Л.В., Сазонов В.Д. Вестник машиностроения. 2003, №6, С. 39-42.
6. Р.Ю. Соловьев, Д.А. Гительман, А.К. Ольховацкий. Экспресс-метод выбора рационального триботехнического состава для безызносной эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. Технологические рекомендации по техническому сервису ДВС для специалистов сервисных предприятий и владельцев автотракторной техники и легковых автомобилей Москва, ГОСНИТИ – 2015.

УДК 621.926.2

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАКЛОННОЙ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ ВИБРАЦИОННОЙ ЩЁКОВОЙ ДРОБИЛКИ

Е.В. Федоскина[1], И. Батаев[2], В. Суховой[3]

[1]кандидат технических наук, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин, Национальный технический университет «Днепровская политехника» Днепр, Украина, e-mail: fedoskina.ev@gmail.com

[2]студент гр. 132м-18, Национальный технический университет «Днепровская политехника» Днепр, Украина

Аннотация. В работе показаны направления совершенствования наклонной рабочей камеры вибрационной щёковой дробилки и представлены некоторые конструктивные решения.

Ключевые слова: виброщёковая дробилка, рабочая камера, пассивная щека, совершенствование.

PERSPECTIVE DIRECTIONS OF THE IMPROVEMENT OF THE TILTING WORKING CAMERA OF THE VIBRATION SHCHEKOVA CRUSHER

Helen Fedoskina[1], Ilya bataev[2], Vladislav Sukhovoy[3]

[1]Ph.D., Assistant of the Machinery Design Bases Department, National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine, e-mail: fedoskina.ev@gmail.com

[2,3]Student, National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper considers the installation of a conductive method of drying the material in which the basic requirements of layer formation and its interaction with the heated surface are realized, uniform distribution of the material across the box width throughout the transportation path is ensured, the path of transportation and intensive mixing of the material is increased. The result of this is a significant increase in the drying efficiency of the material and a reduction in coolant flow.

Keywords: vibrotransporter, material drying, layer.

Введение. Разрушение материала в наклонной камере вибрационной щековой дробилки, как и в других типах щековых дробилок, может осуществляться только при наличии двух составляющих: транспортировки материала по пассивной (нижней) щеке и силовом воздействии на материал со стороны активной (верхней) щеки. Эти факторы определяют основные показатели дробилки – производительность и гранулометрический состав дроблёного продукта. Однако, эффективность работы дробилки и качество готового продукта существенно зависит также от определения и реализации рациональных параметров рабочей камеры.

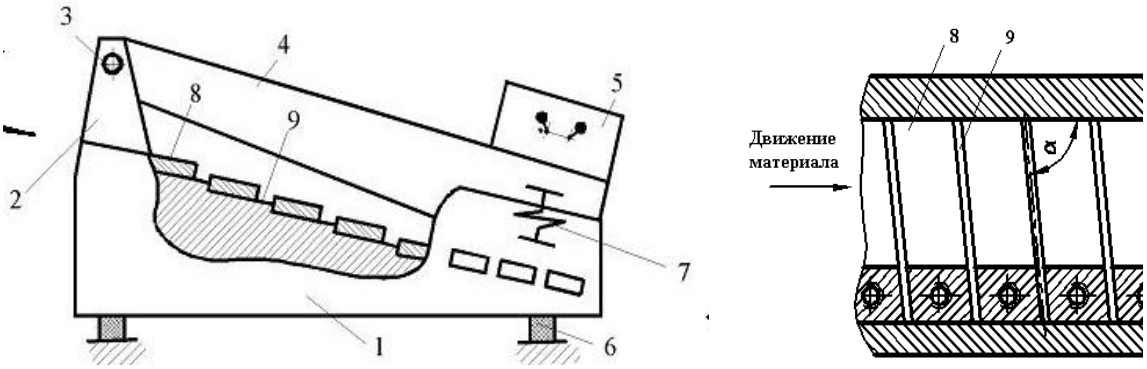
Цель работы. Определение направлений и представление конструктивных решений совершенствования рабочей камеры дробилки.

Материал и результаты исследований. Исходя из результатов выполненных ранее исследований [1, 2, 3], вытекает ряд направлений совершенствования рабочей камеры, позволяющих повысить эффективность её использования, а именно:

1. Удаление готового продукта из рабочей камеры по мере его образования.
2. Разработка рабочих поверхностей щёк
3. Установление требуемой скорости движения материала на разных участках рабочей камеры
4. Профилирование рабочей камеры в зависимости от свойств дробимого материала
5. Установление требуемой амплитуды колебаний активной щеки на разных участках рабочей камеры

Некоторые направления реализованы в конструктивных решениях, рассмотренных ниже.

Первое направление реализуется в дробилке [4], содержащей пассивную щеку 1, снабженную стойками 2 в которых посредством оси подвеса 3 установлена активная щека 4 с вибровозбудителем 5. Дробилка расположена на опорных амортизаторах 6, а щеки 1и 4 связаны упругим элементом 7 (Рисунок 1,а).



а б

Рисунок 1 - Конструктивная схема дробилки с выводом готового продукта

Рабочая поверхность активной щеки (Рисунок 1,б) образована набором футеровочных плит 8, образующих разгрузочные щели 9 которые соединены с соответствующими окнами, выполненными в боковой поверхности пассивной щеки.

Поступающий в камеру дробления материал перемещается к разгрузочному окну дробилки по рабочей поверхности щеки 1 и подвергается высокочастотному ударному нагружению со стороны активной щеки, совершающей колебательное движение под действием вибровозбудителя 5.

Взаимодействие куска материала со щекой 4 приводит к появлению фракций материала требуемой крупности, дальнейшее разрушение которых нецелесообразно, так как ведет к их переизмельчению, снижению эффективности дробления оставшейся массы за счет демпфирования разрушенного слоя и уменьшению коэффициента эффективности работы камеры дробления. Данный класс материала опускается под действием

вибрации и гравитационных сил на рабочую поверхность щеки 1 и, перемещаясь вместе с крупными кусками в направлении разгрузочного окна дробилки, попадает в разгрузочные щели 9 и удаляется из камеры.

Ширина щели принимается равной максимальной крупности готового продукта и задается соответствующей установкой футеровочных плит 8.

С целью устранения перемещение крупных кусков вдоль разгрузочных щелей они расположены под углом ξ к боковой поверхности пассивной щеки. Конструкция дробилки позволяет разгрузочные щели 9 расположить по всей длине щеки равномерно, либо расстояние между ними может быть различным. Это связано со значением коэффициента эффективности использования i- го участка камеры дробления.

Если на дробление поступает исходный материал со значительным содержанием готовых фракций, целесообразно расстояние между зазорами в зоне загрузки принять минимальным. При предварительном грохочении в зоне загрузки исходного питания выход готовых фракций незна-

чительный и расстояние между разгрузочными щелями 9 принимается наибольшим для данной рабочей поверхности щеки.

Второе направление реализовано в вибрационной щековой дробилке [5], обеспечивающей селективное дробление материала. Дробилка (Рисунок 2,а) содержит нижнюю щеку 1, снабженную стойками 2, в которых посредством оси подвеса 3 установлена верхняя щека 4 с вибровозбудителем 5. Дробилка расположена на амортизаторах 6, а щеки 1 и 4 связаны упругим элементом 7. Верхняя щека 4 имеет футеровочную плиту 8, рабочая поверхность которой образуется набором стержней 9 расположенных с зазором между собой(Рисунок 2,б)

Поступающий в приемное окно дробилки исходный материал транспортируется к разгрузочному окну по пассивной щеке 1, подвергаясь высокочастотному ударному нагружению со стороны стержней, образующих рабочую поверхность активной щеки. В результате этого материал получает точечное приложение нагрузки заданной величины. Начинается скалывание частиц материала с поверхности куска (Рисунок 2,в), разрушение его по границам зерен входящим компонентов и образование слоя материала, состоящего из фракций, крупность которых может значительно различаться между собой. В дальнейшем стержни материала (Рисунок 2,г), проникая в его глубину, сохраняют в целостности прочные (заранее определенные согласно техническим требованиям) компоненты и разрушают менее крепкие составляющие. Угол $\alpha=90^0$ (Рисунок 2,а), является рациональным углом установки стержней 9 к основанию футеровочной плиты 8. Однако работоспособность дробилки сохраняется и при углах, отличных от $\pi/2$.

Данная конструкция дробилки позволяет эффективно выделить крепкий компонент без его разрушения, повышает интенсивность процесса дробления, снижает энергозатраты как на дробление, так и на последующую классификацию дробленого продукта.

Особенностью работы дробилки [6] для переработки плёночного и тонколистового материала является создание растягивающих усилий в обрабатываемом материале.

Дробилка (Рисунок 3) содержит пассивную щеку 1 в стойках которой, посредством осей подвеса 3, установлена активная щека 2 с вибровозбудителем 4. В заданном положении активная щека удерживаются упругими элементами 6. Рабочая поверхность активной щеки 2 имеет рифления, которые представляют собой секции уложенных друг в друга ромбов. Рабочая поверхность пассивной щеки снабжена полостью, заполненной эластомером 7.

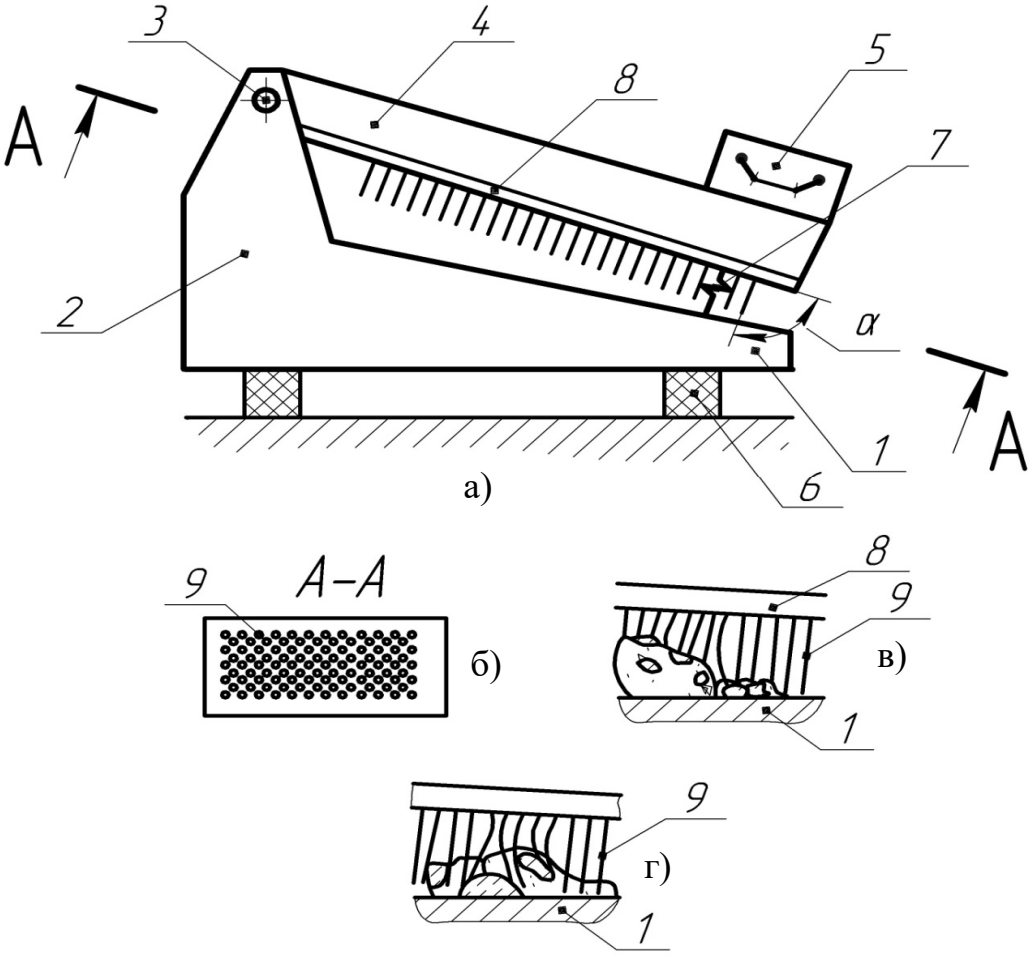


Рисунок 2 - Конструктивная схема дробилки со стержневой поверхностью

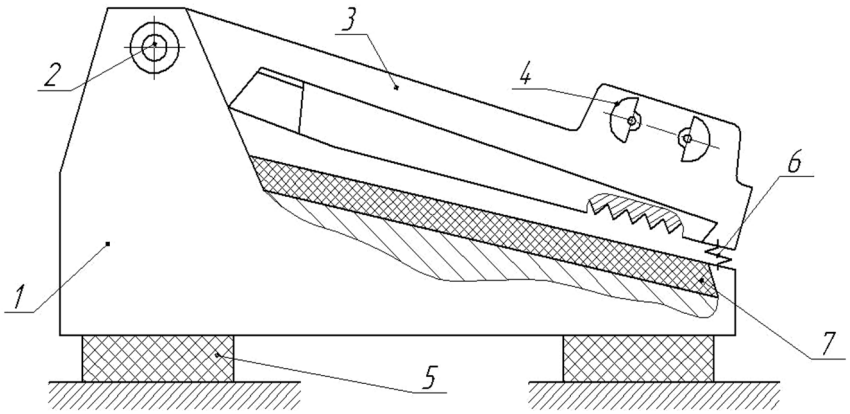


Рисунок 3 - Конструктивная схема дробилки с эластомерным покрытие

Загружаемый в дробилку материал перемещается к разгрузочному окну, подвергаясь периодическому ударному воздействию со стороны дробящих щек. При сближении щек, материал одной плоскостью контактирует с зубьями активной щеки 1, а противоположной – с поверхностью из эластомера пассивной щеки. Это приводит к тому, что материал вдавливается в эластомерное покрытие по кромке зубьев, где создается

наибольшая концентрация напряжений. В этот же период поверхность, находящегося в замкнутом объеме эластомера, приобретает выпуклую форму, что приводит к созданию в обрабатываемом материале растягивающих усилий и разрыву его по месту контакта с кромками зубьев. Наличие значительных сил трения по плоскости прилегания обрабатываемого материала с эластомером устраняет взаимное проскальзывание. В период отхода щек друг от друга частицы раздробленного материала перемещаются к разгрузочному окну. С целью уменьшения вероятности попадания частиц материала в межзубчатые впадины без контакта с кромками зубьев, рифления рабочей поверхности активной щеки выполнены в виде ромбов, боковая сторона которых в поперечном сечении имеет форму треугольника. Ромбы формируются в секции по принципу укладки один в один. Расстояние между смежными сторонами ромбов определяет крупность дробленых частиц.

Пятое направление имеет место в конструкции дробилки (Рисунок 4) позволяющей реализацию нескольких схем силового воздействия на материал со стороны активной щеки [7]. Вибрационная щековая дробилка включает пассивную щеку 1, расположенную на виброизолирующих амортизаторах 5. В корпусе дробилки, посредством оси подвеса 3, установлена активная щека 2 с инерционным вибровозбудителем 4. В заданном положении, активная щека удерживается упругим элементом 6.

Загружаемый в дробилку материал, в процессе перемещения к разгрузочному окну камеры дробления 7, подвергается периодическому ударному воздействию со стороны рабочей поверхности активной щеки.

Выводы. Камера дробления по отношению к оси подвеса щеки может занимать ряд положений, влияющих на процесс дробления. При положении продольной оси симметрии камеры дробления параллельно оси подвеса ($l_1 = l_2$) амплитуды колебаний всех точек рабочей поверхности активной щеки идентичны. Это позволяет создать равнозначные условия силового нагружения материала по всей камере дробления, начиная от области загрузки и заканчивая разгрузкой дробленого продукта.

При расположении продольной оси симметрии камеры дробления под углом к оси подвеса щеки таким образом, что $l_1 > l_2$ амплитуда колебаний рабочей поверхности активной щеки в области загрузки будет больше, чем в области разгрузки материала. Такой режим работы дробилки целесообразно принимать при дроблении пористых материалов.

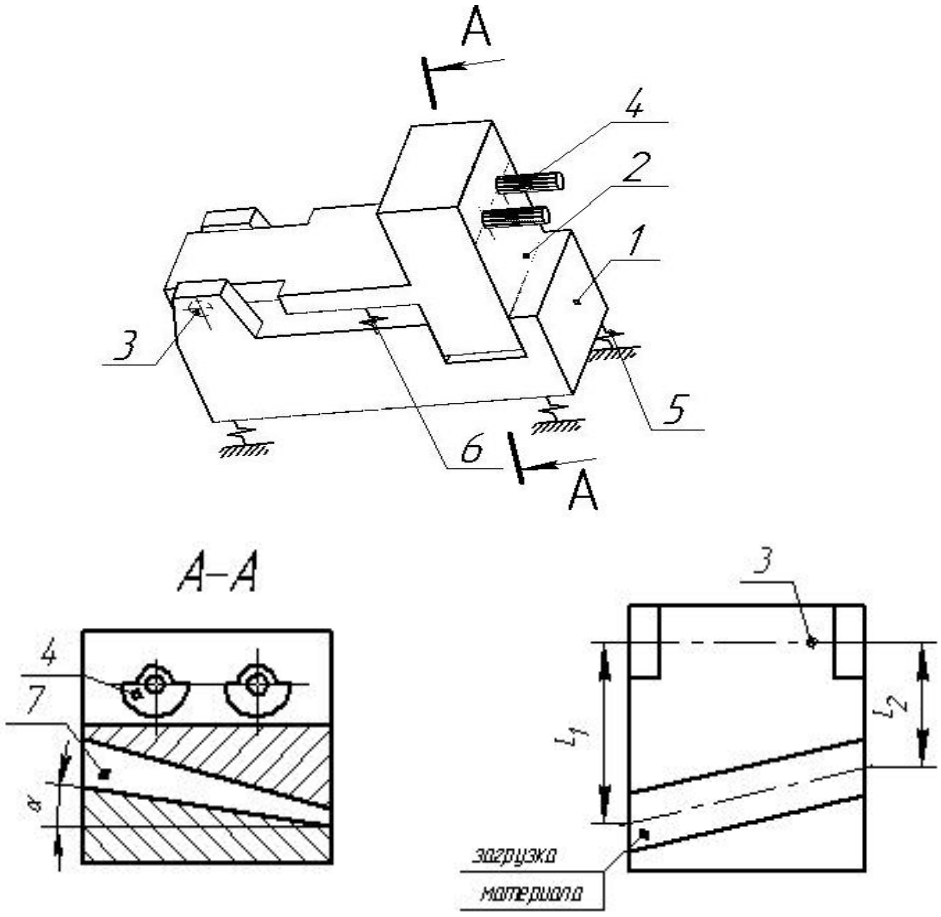


Рисунок 4 - Конструктивная схема дробилки с регулируемым силовым полем

Если имеет место расположение камеры дробления при котором $l_1 < l_2$ то амплитуда колебаний рабочей поверхности активной щеки в области загрузки будет меньше, чем в области разгрузки материала. Такой режим работы дробилки целесообразно принимать при получении порошковых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плахотник В.В. Особенности движения материала в наклонной камере дробления вибрационной щёковой дробилки / В.В.Плахотник, Е.В.Федоскина // Теория и практика процессов измельчения и разделения. Материалы конференции. Ч1. Одесса, 1994-С.87-89.

2. Федоскина Е.В Пути повышения производительности вибрационных щёковых дробилок VI Международная научно-техническая конференция«Проблемы механики горно-металлургического комплекса. Днепропетровск, 2004

3. Франчук В.П., К вопросу эффективности дробления материала в вибрационной щёковой дробилке / В.П.Франчук, В.В.Плахотник, Е.В.Федоскина// Збагачення корисних копалин, вип.33 (74), 2008-С.56-61.

4. Патент на винахід 89439C2 Україна, B02C1/00 Вібраційна щокова дробарка / В.П.Франчук, О.В.Федоскіна; заявн. і патентовл. Державний ВНЗ «НГУ» - a200805585; заявл. 29.04.2008; опубл.25.01.2010, Бюл. №2.

5. Патент на винахід 111339C2 Україна, B02C1/02 Вібраційна щокова дробарка / В.П.Франчук, О.В.Федоскіна; заявн. і патентовл. Державний ВНЗ «НГУ» - a201303709; заявл. 26.03.2013; опубл.25.04.2016, Бюл. №8.

6. Декл. пат.на винахід 70113A Україна B02C1/02 Вібраційна щокова дробарка / В.П.Франчук, В.В.Плахотнік, О.В.Федоскіна; заявн. і патентовл. Державний ВНЗ «НГУ» - 20031212573; заявл. 26.12.2003; опубл.15.09.2004, Бюл. №9.

7. ПАТЕНТ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ. №32607U УКРАЇНА , B02C19/00, B02C1/00 ВІБРАЦІЙНА ЩОКОВА ДРОБАРКА / В.П.ФРАНЧУК, О.В.ФЕДОСКІНА; ЗАЯВН. І ПАТЕНТОВЛ. ДЕРЖАВНИЙ ВНЗ «НГУ» - U200714974; ЗАЯВЛ. 28.12.2007; ОПУБЛ.26.05.2008, БЮЛ. №10.

УДК 622.271.1:236.73

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ МЕЛКОГО И ТОНКОГО ЗОЛОТА

Н.П. Хрунина

кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории разработки россыпных месторождений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: npetx@mail.ru

Аннотация. Получены данные о составе и свойствах глинистых конгломератов комплексного месторождения ДВ региона. Выполнена оценка изменения физических характеристик в образцах исследуемого месторождения при водонасыщении. Результаты исследования позволили оценить интенсивность протекания процесса микродезинтеграции песков для извлечения мелких и тонких частиц ценных компонентов.

Ключевые слова: энергодисперсионный микроанализ, фазовый анализ, модуль сдвига, волновое сопротивление песков.

STUDY OF NATURAL MINERAL RAW MATERIALS WITH A HIGH CONTENT OF SMALL AND THIN GOLD

Natalya Khrunina

Ph.D., researcher at the laboratory of placer deposits, Federal State budgetary institution of Science Mining Institute of Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, e-mail: npetx@mail.ru

Abstract. Obtained data on the composition and properties of the clayey conglomerate integrated ore-placer deposits DV region. Assessment changes the physical characteristics of the samples the investigated deposits. The results of the study made it

possible to assess the intensity of the process micro disintegration sands to extract small and fine particles of valuable components.

Keywords: energy dispersive microanalysis, phase analysis, shear modulus, impedance sands.

Введение. На основе многофакторного анализа и изучения вещественных и других признаков можно выделить объекты золотороссыпных месторождений Дальневосточного региона, включение в эксплуатацию которых сдерживается недостаточным уровнем техники и технологии добычи из-за высокого содержания мелкого и весьма мелкого золота и повышенной глинистости золотосодержащего пласта песков [1]. Согласно данным геологических исследований и анализа эксплуатационных работ, золотоносные россыпи Дальнего Востока России содержат в некоторых случаях до 90 % глинистой фракции. Наиболее высоким содержанием глин из выделенных объектов обладают многие участки месторождений в пойме рек Нагима, Улунга и ручьев Ерничного, Генриховского, Кутума, Болотистого, Бешеного, Колчан и других. Ввиду стандартных и несовершенных технологий дражной и гидравлической разработки золотоносных песков отмечаются значительные потери золота, особенно мелкого, тонкого и в сростках [2-7]. А сочетание таких характерных факторов, как высокая глинистость, мелкое и весьма мелкое золото, создает особые трудности.

Цель работы. В статье рассматриваются результаты исследования проб глинистых конгломератов с повышенным содержанием мелкого и тонкого золота комплексного месторождения рудно-россыпного узла для предварительной оценки и выработки подходов по прогнозированию микродезинтеграции глинистых песков при гравитационном обогащении для максимального исключения химических реагентов, загрязняюих окружающую среду.

Методы и результаты исследований. С помощью сканирующего электронного микроскопа JCM-6000 PLUS NEOSCOPE (JEOL, Япония) осуществлен энергодисперсионный микроанализ образцов пород, отобранных на участках комплексного месторождения рудно-россыпного узла. Для определения глинистого состава проб с помощью дифрактометра ДРОН-7 (НПП «Буревестник», г. Санкт-Петербург) производился фазовый анализ. Напряжение трубки – 40 кВ, ток накала – 20 μA, шаг сканирования по углу 2Theta – 0,05 град. Для идентификации линий рентгеновских спектров использовался программный пакет PDWin (НПП «Буревестник»). Гранулометрический анализ песков выполнен стандартным ситовым методом. Масса фракций (+2; –2 +1; –1 +0,5; –0,5 мм) определялась на лабораторных электронных весах «OHAUS Scout Pro SPU202» (Mettler Toledo,

Китай) с систематической погрешностью ±0,001 г. Исходная масса проб составляла от 300 до 320 г. Дисперсность фракции < 0,5 мм устанавливали с помощью спектра Фурье в среде минеральной гидросмеси посредством лазерного дифракционного микроанализатора «Analysette 22 MicroTec Plus» (Fritsch GmbH, Германия), работающего на основе сходящегося лазерного луча и использующего физический принцип рассеяния электромагнитных волн для определения распределения частиц по размерам. Для определения упругих характеристик песков с помощью прибора «Пульсар – 1.1» (НПП «Интерприбор», г. Челябинск) методом сквозного прозвучивания измерялась скорость продольных волн в образцах с естественной влажностью. Рабочая частота составляла 60 кГц. Эксперимент проводился при средней температуре воздуха 21^0 С и относительной влажности 69 %. Плотность и влажность образцов определялись стандартными методами. Естественная влажность проб определялась по ГОСТ 5180-84 с использованием лабораторных электронных весов OHAUS Scout Pro SPU202 (Mettler Toledo, Китай) с систематической погрешностью ± 0,001. Плотность определялась при естественной влажности проб с использованием лабораторных электронных весов OHAUS Scout Pro SPU202. Надежность и точность результатов основывалась, в том числе на методических рекомендациях [8]. Систематическая погрешность сканирующего электронного микроскопа JEOL JCM-6000 PLUS NEOSCOPE при выполнении всех требований, включая юстировку и проверку функционирования элементов, в пределах 0,01-0,001. Чувствительность к содержанию вещества у дифрактометра ДРОН-7 составляет 2-3 %, погрешность угла луча $0,3^0$. Использование указанных электронных весов в экспериментах исключает систематические погрешности выше ± 0,001 г. Оценка случайных погрешностей выполнялась на основе метода Стьюдента [8-9] при величине надежности 0,95 и количестве измерений n=5, а исключение грубых ошибок статистического ряда – по правилу трех сигм. Выполненная проверка не выявила грубых ошибок статистического ряда экспериментальных данных.

В результате энергодисперсионного микроанализа в пробах выявлены микроэлементы широкого спектра благородных, в том числе платины, серебра, золота, редкоземельных и других элементов, рис. 1-2.

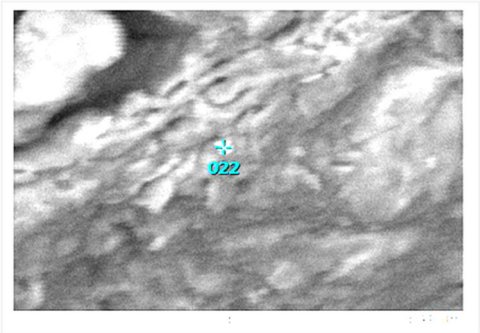


Рисунок 1 - Изображение сканируемой поверхности исследуемой пробы

При определении глинистого состава проб исследуемого месторождения установлены минералы: nontronite $Na0.3Fe_2Si_4O_{10}(OH)_2*xH_2O$; gerasimovskite $NbTi(OH)_9$; qilianshanite (киляншанит) $NaH_4(BO_3)(CO_3)*2H_2O$; albite, calcian $(Na,Ca)Al(Si,Al)_3O_8$, muscovite $H_2KAl_3Si_3O_{12}$, jacobsite $Mn0.98Mg0.006Fe2.009O_4$, облегченный $2K_2O*3MgO*Al_2O_3*24SiO_2*12H_2O$, tazheranite $(Zr,Ca,Ti)O_2$, almandine $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$, quartz SiO_2. Нонтронит (nontronite) - минерал из группы монтмориллонита - вермикулита. Присутствие глинистых минералов, которые образуют трудноразрушаемые структурные связи, а также выявленное преобладание в пробах соединений железа Fe, предопределяет усложнение процесса глубокой дезинтеграции песков физико-механическими методами.

Дисперсным анализами выявлено содержание фракций < 0,5 мм от 79 до 84 % от общей массы образцов. Установлено содержание частиц диаметром менее 300 мкм – 99,1 %, менее 200 мкм – 98,4%, менее 5 мкм – 94,9%. Для данного участка со средней естественной влажностью 4% требуется значительное увеличение интенсивности упругих колебаний для водонасыщения и последующей микродезинтеграции песков при экологически безопасных гравитационных способах переработки.

Экспериментальным путем с помощью прибора «Пульсар – 1.1» методом сквозного прозвучивания определялась скорость V_P прохождения ультразвукового импульса в продольной волне в образцах с естественной влажностью и волновое сопротивление песков. Изменения модуля сдвига в зависимости от волнового сопротивления и влажности образцов показало высокие значения.

Для решения вопроса микродезинтеграции, с целью извлечения мелкого и тонкого золота более технологически эффективными средствами, могут быть использованы новые системы, в основе которых лежат процессы кавитационно-акустического воздействия на минеральную составляющую гидросмеси с низкой степенью энергозатратности [10-12].

Вывод. В результате экспериментальных исследований элементного состава, фазового анализа высокоглинистых песков россыпного сложного

комплексного месторождения установлено наличие трудно разрушаемых глинистых минералов. Это позволяет отнести исследуемый объект к достаточно сложному для дезинтеграции и извлечения мелких и тонких частиц ценных компонентов при переработке песков. Учитывая также акустические характеристики песков, становится очевидным, что полное разрушение жестких структурных связей известными методами будет происходить с низкой эффективностью.

Решение проблемы возможно посредством внедрения новых установок, включающих процессы кавитационно-гидродинимического воздействия, для снижения энергозатрат и обеспечения экологической безопасности

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы Приморского края: состояние и перспективы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2010. - ОВ №4. - С. 464-475.

2. Хрунина Н.П., Чебан А.Ю. Совершенствование процессов микродезинтеграции песков комплексного месторождения благородных металлов с высокими прочностными характеристиками // Изв. вузов. Цвет. металлургия. - 2017. - No. 3. - С. 4-10. DOI: dx.doi.org/10.17073/0021-3438-2017-3-4-10.

3. N. P. Khrunina, A. Yu. Cheban, Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova. - 20154, 50-55. ().

4. Мамаев Ю. А., Хрунина Н. П. Перспективы освоения глинистых россыпей Приамурья // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 5. – С. 47– 57.

5. Хрунина Н. П., Чебан А. Ю. Обоснование гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси высокоглинистых песков россыпей благородных металлов // Георесурсы. - 2018. - Т. 20. - № 1. С. 51-56.

6. Кисляков В.Е., Никитин А.В. Подготовка глинистых песков россыпных месторождений к дезинтеграции управляемым водонасыщением // Горный журнал. - 2010. - № 2. - С. 28-30.

7. Хрунина Н.П., Чебан А.Ю. Концептуальный подход к теоретическому обоснованию гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси на примере предлагаемой установки // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. Украина, Днепропетровск, - 2015. - № 1 (2). - С. 49-56.

8. Беспалько А.А., Яворович Л.В., Федотов П.И. Связь параметров электромагнитных сигналов с электрическими характеристиками горных пород при акустическом и квазистатическом воздействиях // Известия Томского политехнического университета. - 2005. - Т. 308. - № 7. - С. 18-23.

9. Курленя М. В., Вострецов А. Г., Кулаков Г. И., Яковицкая Г. Е. О структуре сигналов электромагнитного излучения и связанных с ними актах разрушения образцов горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 2000. - № 1. - С. 5-11.

10. Пат. 2634148 РФ, МПК B03B 5/00. Способ кавитационно-гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси / Хрунина Н.П.; заявитель и патентообладатель ИГД ДВО РАН. - № 2016139082; заявл. 04.10.2016; опубл. 24.10.2017. – Бюл. № 30.

11. Пат. 2506128 РФ, МПК B03B5/00. Способ дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси в условиях резонансных акустических явлений в гидропотоке и геотехнологический комплекс для его осуществления / Н.П. Хрунина; заявитель и патентообладатель ИГД ДВО РАН. № 2012140887/03; заявл. 24.09.2012; опубл. 10.02.2014. – Бюл. № 4.

12. Пат. 2506127 РФ, МПК B03B5/00. Способ струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси и гидродинамический генератор акустических колебаний / Н.П. Хрунина; заявитель и патентообладатель ИГД ДВО РАН. № 2012140610/03; заявл. 21.09.2012; опубл. 10.02.2014. – Бюл. № 4.

УДК 622.271.1:236.73

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ВОПРОСАМ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ МЕЛКОГО И ТОНКОГО ЗОЛОТА

Н.П. Хрунина

кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории разработки россыпных месторождений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: npetx@mail.ru

Аннотация. Отмечено недостаточное развитие технических средств по переработке высокоглинистых песков золотоносных россыпей с преобладанием мелкого золота. Представлен анализ новых систем, в основе которых лежат гидродинамические и кавитационные процессы. Предложены разработки, обеспечивающие повышение технологической, экономической и экологической эффективности.

Ключевые слова: высокоглинистые пески, золото, микродезинтеграция, кавитация.

NEW APPROACHES TO THE DISINTEGRATION OF MINERALS WITH HIGH CONTENT OF SMALL AND FINE GOLD

Natalya Khrunina

Ph.D., researcher at the laboratory of placer deposits, Federal State budgetary institution of Science Mining Institute of Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, e-mail: npetx@mail.ru

Abstract. Noted insufficient development of technical means for processing highly clay sands goldfields, with a predominance of small gold. An analysis of new systems, based on

hydrodynamic and cavitation processes. Proposed development, providing increase of technological, economic and environmental efficiency.

Ключевые слова: highly clay sands, gold, micro disintegration, cavitation.

Введение. Анализ технологических возможностей золотодобывающих предприятий показал, что применяемые технические средства не обеспечат эффективную дезинтеграцию высокоглинистых песков для последующего извлечения частиц золота мелких и тонких классов. Известно, что колебания в природе и технике весьма разнообразны. Вызванные в среде тем или иным источником, они обусловливают возникновение волн. Упругие механические колебания, колебания атомов и молекул, вызванные тепловыми флуктуациями, электромагнитные и другие виды колебаний широко используются в современной технике. Умение управлять колебаниями и волновыми процессами позволяет решать ряд важных научных и технических задач [1-6]. К интенсифицирующим гидродинамические процессы факторам можно отнести высокие сдвиговые напряжения в потоке гидросмеси, интенсивную кавитацию, развитую турбулентность, гидравлические удары и др.

В способе первичного обогащения россыпного золота мелких классов, включающего дезинтеграцию и промывку исходного материала в скруббер-бутаре, классификацию на виброгрохотах по классу - 2 мм, обработку материала в дезинтеграторе роторного типа и обогащение на винтовых шлюзах [7], основу процесса глубокой дезинтеграции составляет использование аппарата роторного типа, который эффективно работает в узком размерном диапазоне компонентов твердого в пульпе за счет очень малых зазоров между ротором и статором, а также щелей, обеспечивающих пульсации в гидропотоке. Но дезинтегратор имеет недостаточный уровень надежности, требуемую долговечность эксплуатации и энергозатратен.

В способе кавитационной обработки потока жидкости с использованием реактора [8] поток жидкости пропускают сквозь резонансную ячейку реактора, где в жидкости устанавливают стоячую акустическую волну с заданным средним значением объемной плотности мощности, вызывающую возникновение в ней кавитации в виде одной или нескольких стационарных кавитационных областей. Плотность потенциальной энергии, выделяющейся за период акустической волны, в любой точке периметра любого сечения потока внутри реактора устанавливают не превышающей ее максимального значения на стенках резонансной ячейки. Реактор содержит резонансную ячейку и корпус, диафрагму с отверстием, размещенную в плоскости, параллельной колебательным смещениям стенок резонансной ячейки. Известен также другой способ кавитационно-акустического

разупрочнения и дезинтеграции глинистых песков золотоносных россыпей [9], основанный на использовании энергозатратных ультразвуковых систем, потребляющих электрическую энергию и имеющих ограничение по максимальной развиваемой мощности и производительности при изменении влияния обрабатываемых сред даже при наличии системы автоматической подстройки рабочей частоты. Недостатком данных технологий является использование энергозатратных ультразвуковых систем, потребляющих электрическую энергию и имеющих ограничение по максимальной развиваемой мощности и производительности.

Цель работы. Создать концептуальную модель развития технологий и технических средств для обеспечения глубокой дезинтеграции частиц минеральной составляющей гидросмеси глинистых песков россыпей путем использования первичной гидродинамической и вторичной акустической кавитации в гидропотоке посредством стационарных элементов гидродинамического излучателя и дополнительных кавитационных элементов.

Методы и результаты исследований. На основе феноменологического подхода к процессу создания технологии для достижения поставленной цели, решалась задача создания средств, способных инициировать кавитационные эффекты для дезинтеграции микрочастиц. Условием также являлось обеспечение высокой производительности переработки горной массы и экологической безопасности.

В основе процесса, обеспечивающего необходимые параметры кавитации, должна лежать зависимость интенсивности воздействия кавитирующих процессов, разрушающих минеральную составляющую гидросмеси, и скорости водного потока. Установлено, что эта зависимость [10]

$$I=(V-V_{кр})^n,$$

где V - начальная скорость потока при входе в конфузор; $V_{кр}$- критическая скорость, соответствующая моменту начала кавитационных разрушений; n – показатель степени, равный (по экспериментальным данным) от 5 до 6.

В разработанном в ИГД ДВО РАН способе дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси в условиях резонансных акустических явлений в гидропотоке [11] осуществляется предварительный размыв и классификация песков, а также - отделение пустой породы, напорное гидротранспортирование между операциями, скоростная подача струи в кавитационный реактор, обработка материала в условиях активных гидродинамических воздействий, разделение в тонкослойных потоках на винтовых шлюзах, классификация песков, которую производят по классу – 60 мм. Глубокую дезинтеграцию минеральной составляющей гидросмеси до микроуровня (1-2 мкм) осуществляют посредством преобразования кине-

тической энергии потока жидкости в энергию акустических колебаний в кавитационном реакторе. Схема добычного гидромеханизированного комплекса изображена на рисунке 1.

Работа кавитационного реактора [11] осуществляется следующим образом. На входе реактора, который изображен на рисунке 2, создают высокоскоростную струю, формирующую посредством отражательной сферической поверхности гидродинамического излучателя тороидальную кавитационную зону с возникновением полей первичной гидродинамической и вторичной акустической кавитации.

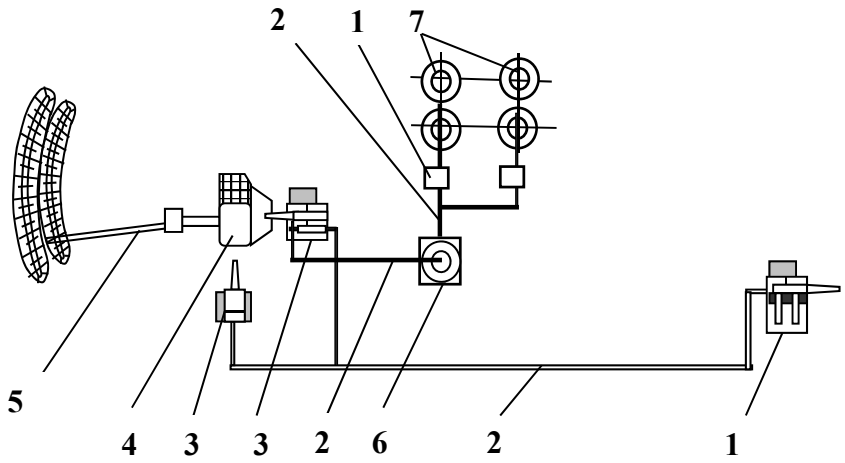


Рисунок 1 - Добычной гидромеханизированный комплекс [11]:
1 - насосные установки; 2 - системы напорного гидротранспортирования;
3 – гидромонитор; 4 – гидровашгерд; 5 – отвалообразователь;
6 - кавитационный реактор; 7 - винтовые шлюзы

С помощью стенок кавитационного реактора, образующих зоны расширения - диффузор и сужения - конфузор, пластинчатых кавитационных элементов, распределенных по контуру цилиндрической части верхнего корпуса в два ряда, щелевых отверстий гидродинамического излучателя, отражательной стенки и соединительного элемента нижнего корпуса с гидродинамическим излучателем осуществляются последующие мощные гидродинамические возмущения в виде импульсов сжатия и разряжения, которые производят вторичные акустические микропотоки с заданным средним значением объемной плотности мощности для обеспечения градиента давления с превышением предела прочности микрочастиц.

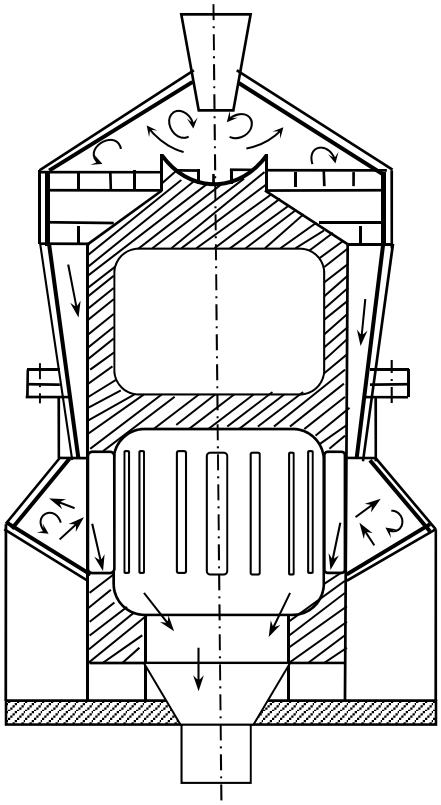


Рисунок 2 - Кавитационный реактор [11]

Для решения вопроса микродезинтеграции, с целью извлечения мелкого и тонкого золота более экологически и технологически эффективными средствами, авторами разработаны и предлагаются системы, моделирующие процессы многоступенчатой струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси [12 –13].

Воздействие на пески и гидросмеси волновых и колебательных процессов способно существенно снизить эксплуатационные и технологические потери золота, повысить рентабельность, технологическую эффективность производства и экологическую безопасность.

Вывод. Для решения вопроса микродезинтеграции высокоглинистых песков с целью извлечения золота, редких металлов и других ценных минералов более экологически и технологически эффективными средствами может стать технология, включающая менее энергозатратное гидродинамическое воздействие, инициируемое акустическими эффектами, а также технологии, основанные на многоступенчатом гидродинамическом воздействии. Развиваемое направление совершенствования процессов на основе гидроакустического и многоступенчатого гидродинамического эффектов обладает значительными технологическими, экономическими и экологическими преимуществами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хрунина Н.П., Чебан А.Ю. Совершенствование процессов микродезинтеграции песков комплексного месторождения благородных металлов с высокими прочностными характеристиками // Изв. вузов. Цвет. металлургия. - 2017. - No. 3. - С. 4-10. DOI: dx.doi.org/10.17073/0021-3438-2017-3-4-10.

2. N. P. Khrunina, A. Yu. Cheban, Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova. - 20154, 50-55. ().

3. Мамаев Ю. А., Хрунина Н. П. Перспективы освоения глинистых россыпей Приамурья // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 5. – С. 47– 57.

4. Хрунина Н. П., Чебан А. Ю. Обоснование гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси высокоглинистых песков россыпей благородных металлов // Георесурсы. - 2018. - Т. 20. - № 1. С. 51-56.

5. Кисляков В.Е., Никитин А.В. Подготовка глинистых песков россыпных месторождений к дезинтеграции управляемым водонасыщением // Горный журнал. - 2010. - № 2. - С. 28-30.

6. Хрунина Н.П., Чебан А.Ю. Концептуальный подход к теоретическому обоснованию гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси на примере предлагаемой установки // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. Украина, Днепропетровск, - 2015. - № 1 (2). - С. 49-56.

7. Патент № 2024318 РФ, МПК B03B7/00. Способ первичного обогащения россыпного золота мелких классов / Усков Н.Н., Остащенко Б.А. – опубл. 15.12.1994.

8. Патент № 2246347 РФ, МПК B01J19/10. Способ кавитационной обработки потока жидкости и реактор для его осуществления / Шестаков С.Д. – опубл. 20.02.2005. Бюл. № 5.

9. Патент № 2426595 РФ, МПК B03B 5/00, E21C 41/30. Способ кавитационно-акустического разупрочнения и дезинтеграции глинистых песков золотоносных россыпей / Хрунина Н.П., Рассказов И.Ю. – опубл. 20.08.2011. Бюл. №2.

10. Кулагин В.А. Суперкавитация в энергетике и гидротехнике: Монография. Красноярск: КГТУ, 2000. - 157 с.

11. Пат. 2506128 РФ, МПК B03B5/00. Способ дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси в условиях резонансных акустических явлений в гидропотоке и геотехнологический комплекс для его осуществления / Н.П. Хрунина. - опубл. 10.02.2014. – Бюл. № 4.

12. Пат. 2634148 РФ, МПК B03B 5/00. Способ кавитационно-гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси / Хрунина Н.П. - опубл. 24.10.2017. – Бюл. № 30.

13. Пат. 2506127 РФ, МПК B03B5/00. Способ струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси и гидродинамический генератор акустических колебаний / Н.П. Хрунина. - опубл. 10.02.2014. – Бюл. № 4.

УДК 622.271

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ВНУТРИКАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ КОЛЕСНЫХ СКРЕПЕРОВ

А.Ю. Чебан
кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории геотехнологии и горной теплофизики, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: chebanay@mail.ru

Аннотация. В статье предлагается комплекс горно-транспортного оборудования для работы совместно с горными фрезами. На участках расположенных вблизи перегрузочного комплекса выемку и транспортировку горной массы предполагается вести посредством модернизированных колесных скреперов, а с удаленных участков выемку и транспортировку горной массы производить одноковшовыми погрузчиками и автосамосвалами. Выемка различными комплектами горного оборудования в зависимости от дальности транспортировки разрыхленной горными фрезами породы позволяет оптимизировать затраты на функционирование сборочного карьерного транспорта и повысить рентабельность горного производства.

Ключевые слова: горные фрезы, одноковшовые погрузчики, автосамосвалы, конвейер, эффективность.

IMPROVING COMBINED INTRA-CARRIER TRANSPORT WITH THE APPLICATION OF MODERNIZED WHEEL SCRAPERS

Anton Cheban
Ph.D., researcher at the laboratory of geotechnology and mountain thermophysics Federal State budgetary institution of Science Mining Institute of Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, e-mail: chebanay@mail.ru

Abstract. The article proposes a complex of mining and transportation equipment for working together with milling machines. In the areas located near the transshipment complex, the excavation and transportation of the rock mass is supposed to be carried out by means of modernized wheel scrapers, and from remote sites the excavation and transportation of the rock mass is carried out by single-bucket loaders and dump trucks. Excavation of various sets of mining equipment, depending on the distance of transportation of the rock mass loosened by milling machines, allows optimizing the costs of the operation of an assembly mine transport and increasing the profitability of mining production.

Key words: mining mills, single-bucket loaders, dump trucks, conveyor, efficiency.

Введение. В настоящее время большая часть твердых полезных ископаемых добывается открытым способом [1-2]. Все большее распространение при ведении открытых горных работ получают машины послойного фрезерования, позволяющих без применения буровзрывных работ вести выемку относительно прочных горных пород [3-5]. Карьерными комбайнами и горными фрезами разрабатываются месторождения угля, бокситов, фосфоритов, известняков и многих других полезных ископаемых [6-11]. Горные фрезы в отличие от карьерных комбайнов не имеют погрузочных транспортеров и оставляют разрыхленную горную массу в отрытой траншее, они обычно работают совместно с выемочно-транспортирующими машинами или погрузочными машинами и автосамосвалами [12-14]. Для перевалки горной массы из автосамосвалов и скреперов на конвейерный транспорт применяются перегрузочные пункты, представляющие собой крупногабаритные конструкции, в виде мощных подпорных стенок или эстакад [15], однако строительство данных сооружений для удержания нагрузок от веса груженых автосамосвалов и колесных скреперов требует значительных капитальных затрат. Известны перегрузочные комплексы, включающие поворотные приемные бункеры, расположенные с двух сторон от рамы, гидроцилиндры управления, просеивающую поверхность, питатель [15].

В случае если на карьере добычные участки, на которых задействованы горные фрезы, расположены на различных расстояниях от перегрузочного пункта конвейерного транспорта, может быть экономически целесообразным вести выемочно-транспортировочные работы различными комплектами машин. На ближних участках посредством колесных скреперов, а на удаленных участках одноковшовыми погрузчиками и автосамосвалами. Однако разгрузка колесных скреперов с принудительной выгрузкой горной массы посредством задней стенки при открытой передней заслонке в приемные бункеры перегрузочных комплексов невозможна, поскольку данные комплексы предназначены для работы с автосамосвалами, осуществляющими заднюю разгрузку.

Цель работы. Совершенствование технологии применения колесных скреперов в качестве сборочного транспорта для работы совместно с перегрузочными комплексами ленточных конвейеров, а также модернизация конструкции колесного скрепера для эффективной выемки и последующей перегрузки, разрыхленной горной фрезой горной массы.

Материал и результаты исследований. Автором предлагается усовершенствованная схема внутрикарьерного комбинированного транспорта с применением модернизированных колесных скреперов 1, автосамосвалов 2, перевалочной установки 3 и конвейера 4 (рисунок 1).

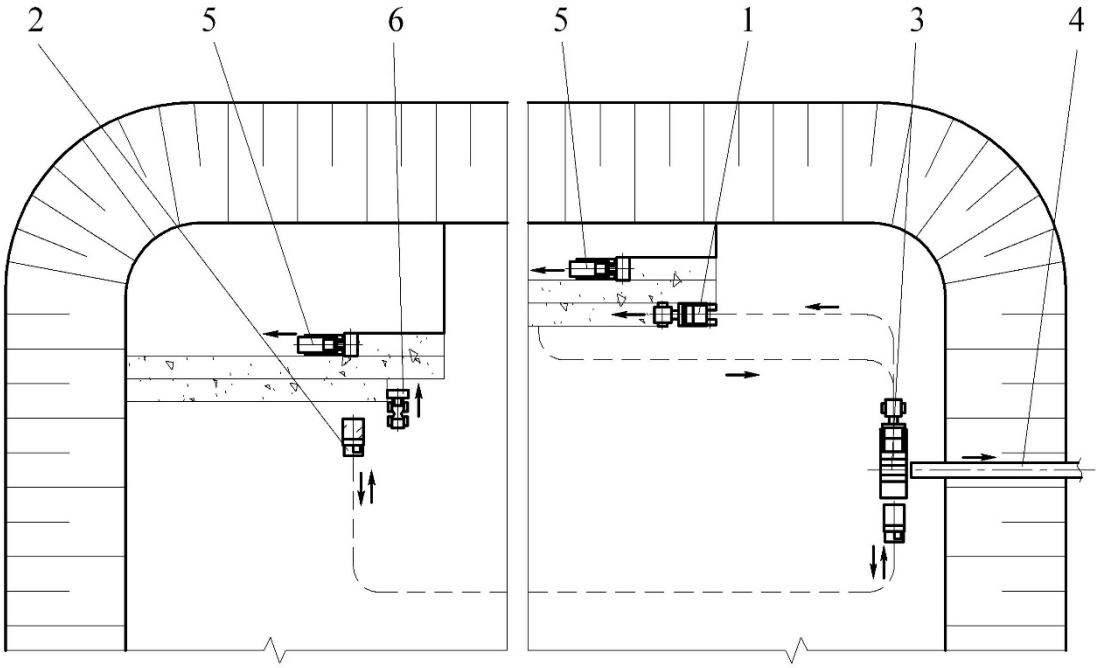


Рисунок 1 - Схема внутрикарьерного комбинированного транспорта

Рыхление массива, для обеспечения необходимой производительности карьера и конвейера, одновременно ведется несколькими горными фрезами 5. Для обеспечения минимальной себестоимости погрузочно-транспортных работ на участках, расположенных вблизи с конвейером 4, выемка из траншей разрыхленной горной массы ведется модернизированными колесными скреперами 1. С удаленных участков горная масса транспортируется автосамосвалами 2, которые загружаются одноковшовыми погрузчиками 6. Грузоподъемность автосамосвалов 2 и модернизированных колесных скреперов 1 одинакова. Модернизированные колесные скреперы 2 и автосамосвалы 4 поочередно могут разгружаться в любой из двух приемных бункеров перевалочной установки 3.

Для улучшения заполнения ковша разрыхленной горной массой, модернизированный колесный скрепер 1 может быть оборудован интенсификатором загрузки, например, активной заслонкой 2 (рисунок 2). При разгрузке горной массы в бункеры 3, 4 перевалочной установки 5, автосамосвал 6 или модернизированный колесный скрепер 1 задним ходом частично въезжают в один из бункеров.

При разгрузке ковша 7 колесного скрепера 1 гидроцилиндры подъема-опускания 8 ковша 7 полностью выдвигаются, при этом ковш 7 скрепера 1 на кронштейнах 9 поворачивается относительно задней оси 10, в результате чего происходит гравитационная разгрузка горной массы из ковша 7. После выгрузки горной массы транспортные средства 1, 6 выезжают из бункеров 3, 4 перевалочной установки 5.

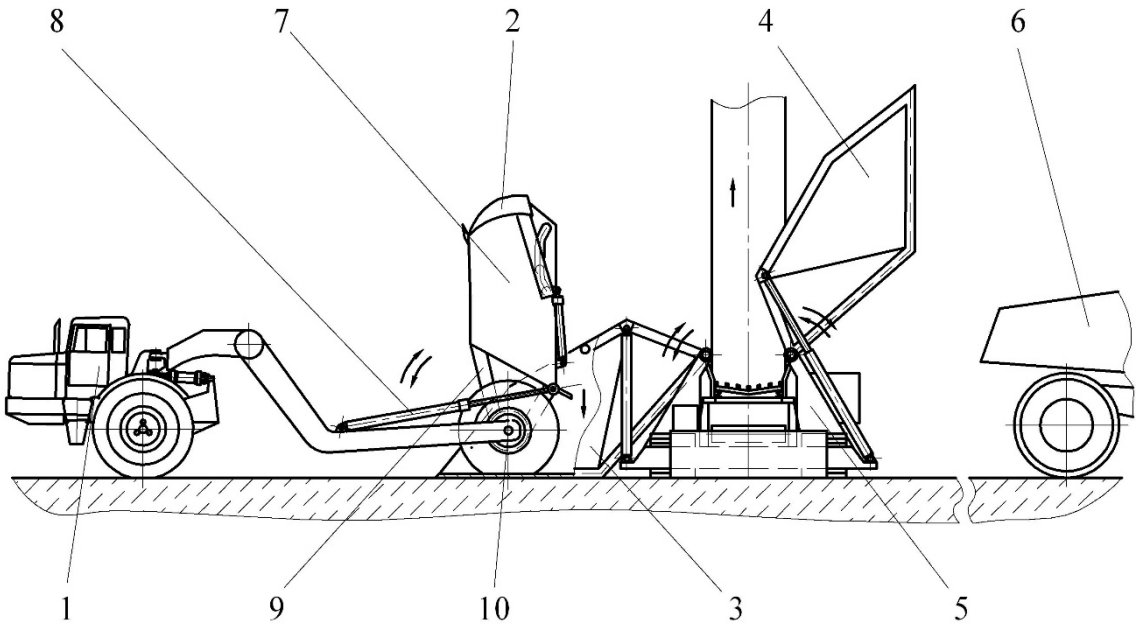


Рисунок 2 - Разгрузка транспортных средств в бункеры перевалочной установки

Выводы. Совершенствование конструкций горного оборудования и технологических схем его применения позволяет снизить себестоимость ведения добычных и транспортных работ. Развитие схем перегрузочного процесса с использованием комплексов с приемными бункерами, повышает технико-экономические показатели горного производства. Выемка различными комплектами горного оборудования в зависимости от дальности транспортировки разрыхленной фрезерными машинами горной массы позволяет оптимизировать эксплуатационные затраты на функционирование сборочного карьерного транспорта. Предлагаемая конструкция модернизированного колесного скрепера позволяет вести выемку горной массы из траншеи с высоким коэффициентом наполнения ковша и наравне с автосамосвалами осуществлять разгрузку в приемные бункеры перегрузочного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трубецкой К.Н., Корнилков С.В., Яковлев В.Л. О новых подходах к обеспечению устойчивого развития горного производства // Горный журнал. – 2012. – № 1. – С. 15 – 19.

2. Яковлев В.Л. Состояние, проблемы и пути совершенствования открытых горных разработок // Горный журнал. – 2009. – № 11. – С. 11 – 14.

3. Чебан А.Ю. К вопросу об определении производительности карьерных комбайнов в различных условиях эксплуатации // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 3. – С. 145 – 148.

4. Клементьева И.Н., Кузиев Д.А. Современное состояние и перспективы развития конструкций карьерных комбайнов для безвзрывной послойной выемки прочных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № 2. – С. 123 – 128.

5. Чебан А.Ю. Способ доработки глубокого карьера с применением фрезерных машин // Маркшейдерия и недропользование. – 2017. – № 4. – С. 23 – 29.

6. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus / Russia. Zement-Kalk-Gips Int. – 2014. – Vol. 67. – no. 10, P. 18-19.

7. Чебан А.Ю. Совершенствование техники и технологий безвзрывной разработки горных пород : моногр. / А. Ю. Чебан. – Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2017. – 260 с.

8. Панкевич Ю.Б., Хартман Г. Опыт эксплуатации карьерных комбайнов Surface Miner фирмы Wirtgen на гипсовых карьерах мира // Горная промышленность. – 1997. – № 1. – С. 4 – 9.

9. Пихлер М., Дикк Ф., Панкевич Ю.Б. Комбайны Wirtgen Surfase Miner на добыче алмазов на Аляске // Горная промышленность. – 2009. – № 4. – С. 14 – 15.

10. Чебан А.Ю. Экспериментальные исследования процесса разрушения породы резцами фрезерного рабочего органа // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2012. – № 1. – С. 125 – 128.

11. Фризен А.П. Vermeer T 1255TL – универсальные машины для выполнения вскрышных и добычных работ в карьерах // Горная промышленность. – 2012. – № 3. – С. 56 – 57.

12. Чебан А.Ю. Скрепер с комбинированной интенсификацией загрузки ковша // Механизация строительства. – 2015. – № 4. – С. 4 – 6.

13. Анистратов Ю.И. Справочник по открытым горным работам / Ю.И. Анистратов, К.Ю. Анистратов, М.И. Щадов. – М.: НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с.

14. Трубецкой К.Н., Леонов Е.Р., Панкевич Ю.Б. Комплексы мобильного оборудования на открытых горных работах. – М.: Недра, 1990. – 255с.

15. Санакулов К.С., Шелепов В.И. Глубокие вводы поточного звена ЦПТ в каптере «Мурунтау» // Рациональное освоение недр. – 2011. – № 4. – С. 52 – 57.

16. Чебан А.Ю., Шемякин С.А. Параметры скреперов для внедрения послойно-полосовые технологии открытых горных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень(научно-технический журнал). – 2007. – Т. 10. – № 12. – С. 285 – 294.

17. Чебан А.Ю., Шемякин С.А. Сопротивление разгрузке удлиненных ковшей скреперов // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 6. – С. 45 – 48.

УДК 622.271

ПОДВОДНАЯ ДОБЫЧА ОБЩЕРАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ПРИМОРЬЕ

А.Ю. Чебан
кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории геотехнологии и горной теплофизики, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: chebanay@mail.ru

Аннотация. В статье анализируется состояние добычи гидромеханизированным способом кварцевого песка и песчано-гравийной смеси в Приморском крае. Указываются предприятия, ведущие добычные работы и используемые при этом технические средства. Описывается технология ведения подготовительных и добычных работ с применением землесосных снарядов.

Ключевые слова: кварцевый песок, песчано-гравийная смесь, землесосный снаряд, транспортировка.

UNDERWATER PRODUCTION OF WIDELY USED MINERALS IN PRIMORSK AREA

Anton Cheban
Ph.D., researcher at the laboratory of geotechnology and mountain thermophysics Federal State budgetary institution of Science Mining Institute of Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, e-mail: chebanay@mail.ru

Abstract. The article analyzes the state of mining by the hydromechanized method of quartz sand and sand and gravel in the Primorsky Territory. Indicates the company, leading mining operations and used with the technical means. Describes the technology of the conduct of preparatory and mining work using suction shells.

Keywords: quartz sand, sand and gravel mix, suction projectile, transportation.

Введение. К общераспространенным полезным ископаемым относятся строительный песок и песчано-гравийные смеси, гравий, глины и суглинки, строительный камень и некоторые другие полезные ископаемые [1-3]. Разработка общераспространенных полезных ископаемых в основном ведется открытым способом, при этом добыча строительного камня осуществляется с применением буровзрывных работ [4-8]. Рыхлые и мягкие общераспространенные полезные ископаемые добываются с помощью выемочных, выемочно-транспортирующих машин и средств гидромеханизации [10-12].

Гидромеханизированная подводная разработка полезных ископаемых получила довольно большое распространение, при этом наиболее значительные объемы приходятся на добычу кварцевого песка и песчано-гравийных материалов [13-15]. Их добыча ведется на материковых и шельфовых месторождениях. Кварцевый песок и песчано-гравийные материалы потребляются в больших объемах при ведении различных видов строительных работ, а также в качестве сырья для производства многих строительных материалов. Строительная отрасль является одним из ускорителей экономического развития регионов, вовлекая в свою орбиту различные отрасли промышленного производства и транспорта, так или иначе связанные со строительством.

В Приморье ресурсный потенциал обводненных месторождений кварцевого песка и песчано-гравийных смесей достаточно велик и может обеспечить потребности строительной отрасли края при текущем уровне потребления на многие годы вперед.

Цель работы. Проведение анализа технической оснащенности предприятий Приморского края, занимающихся разработкой русловых и обводненных месторождений рыхлых строительных горных пород.

Материал и результаты исследований. Из русловых и обводненных месторождений добывается более половины кварцевого песка и около 40% песчано-гравийных материалов в Приморском крае. Кварцевые пески и песчано-гравийные материалы русловых и обводненных месторождений Приморья в основном используются в транспортном строительстве для устройства дорожного полотна, а также после отсева крупных фракций в качестве мелкого заполнителя в строительные растворы и в сухие строительные смеси. Основные объекты для подводной добычи песка и песчано-гравийных материалов расположены в бассейне реки Раздольная на юге Приморского края.

Крупнейшими предприятиями, осуществляющими разработку русловых и обводненных месторождений полезных ископаемых, являются ООО «Гидрокомплекс» и ООО «Универсал-Сервис». Всего в Приморье подводная добыча рыхлых строительных горных пород ведется пятью организациями на семи месторождениях и участках. Предприятия при подводной добыче строительных горных пород используют как собственную добычную, перегрузочную, транспортирующую и вспомогательную речную технику, так и арендованную.

Добыча песка и песчано-гравийных материалов из русел рек, озер и водохранилищ с помощью землесосных снарядов в сравнении с открытой разработкой имеет ряд преимуществ, в частности: при подводной добыче не требуется вывода земель сельскохозяйственного и лесного назначения

под создание карьеров и других объектов горного производства; речной песок в большинстве случаев имеет высокую степень очистки, в нем практически нет посторонних включений в виде глинистых примесей и органики, что значительно повышает его функциональные свойства.

В Приморском крае на разработке русловых и обводненных месторождений песка и песчано-гравийных материалов применяются землесосные снаряды марок «С-42А» и «180-60». Землесосные снаряды состоят из корпуса в виде понтонов, на котором размещено рабочее оборудование и установлена палубная надстройка. Рабочее оборудование включает грунтовый насос, грунтозаборное устройство с разрыхлителями, всасывающий трубопровод, стрелу для подъема-опускания грунтозаборного устройства, лебедки для маневрирования землесосного снаряда, а также другое оборудование. Подача поднятой со дна пульпы может осуществляться в баржи или по плавучим пульпопроводам непосредственно на карты намыва. Тип грунтозаборного устройства землесосного снаряда зависит от категории разрабатываемого грунта. Грунтовый насос определяет главный параметр землесосного снаряда – производительность по пульпе, $м^3$/час. Использование землесосных снарядов является наиболее распространенным способом добычи и переработки больших объемов рыхлых строительных горных пород.

Наибольшее распространение в крае получили землесосные снаряды типа «С-42А» (рисунок 1).

Рисунок 1 - Землесосный снаряд «С-42А»

Производительность землесосного снаряда С-42А составляет 1800 $м^3$/час, масса - 110 тонн, длина составляет около 20м, а ширина – 8,6м, осадка -0,9м, установленная мощность электрооборудования – 1080кВт.

На землесосном снаряде установлены гидравлические и фрезерные разрыхлители грунта. Данные землесосные снаряды представляют разборные конструкции, которые по частям можно транспортировать по железной дороге или на трейлере, при этом вес наиболее тяжелой из транспортируемых частей земснаряда не превышает 7,5 тонн. Добычные работы осуществляются параллельными заходками с обеспечением безопасных условий производства работ. Разработка кварцевого песка или песчано-гравийных смесей ведется одним уступом на полную глубину полезной толщи и составляет 8-12м. В качестве вспомогательного оборудования при ведении работ на воде используются буксирно-моторные катера БМК-150. Транспортировка пульпы осуществляется по трубам (обычно диаметр 0,53м) пульпопровода на карты намыва. Первичное и попутное обвалование участка выполняется бульдозерами среднего класса на базе тракторов Т-130 и Т-170 с использованием местного грунта.

При освоении обводненных месторождений строительных горных пород применяется комбинированный способ отработки: открытым способом с применением бульдозеров и экскаваторов удаляется почвенно-растительный слой и вскрышные породы (представленные супесями, глинами и суглинками) сверху перекрывающие полезное ископаемое; подводным гидромеханическим способом с использованием землесосного снаряда отрабатываются вскрытые ликвидные рыхлые строительные горные породы.

На некоторых предприятиях целью повышения качества полезных ископаемых, поставляемых потребителям, осуществляются процессы обогащения (для удаления илистых и глинистых включений) и классификации. Отгрузка песка потребителям в автотранспорт осуществляется с помощью погрузчиков или экскаваторов.

Выводы. Разработка русловых и обводненных месторождений рыхлых строительных горных пород с использованием высокопроизводительных выемочных и транспортирующих машин непрерывного действия позволяет достигать низкой себестоимости добычи полезных ископаемых и высокой рентабельности горного производства. Необходимо отметить, что при разработке месторождений Приморского края задействовано менее крупное добычное и перегрузочное оборудование, чем на аналогичных предприятиях расположенных в бассейне реки Амур в Хабаровском крае и Амурской области. Подводная разработка месторождений с применением землесосных снарядов обеспечивает снабжение строительной индустрии качественными, очищенными от посторонних включений материалами в виде кварцевого песка и песчано-гравийной смеси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шпанский О.В. Технология и комплексная механизация добычи нерудного сырья для производства строительных материалов / О.В. Шпанский, Ю.Д. Буянов // М.: Недра, 1996. – 462 с.

2. Буткевич Г.Р. Этапы развития промышленности нерудных строительных материалов России // Строительные материалы. – 2011. - № 1. – С. 3 - 5.

3. Чебан А.Ю. Техническое оснащение предприятий по добыче нерудных строительных материалов в Хабаровском крае // Механизация строительства. – 2017. – № 2. С. 23 - 26.

4. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Винницкий К.Е., Мельников Н.Н. и др. Справочник. Открытые горные работы / - М.: Горное бюро, 1994. 590 с.

5. Чебан А.Ю. Добычной комплекс для открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых // Горное оборудование и электромеханика. – 2017. – № 3. – С. 8 - 11.

6. Буткевич Г.Р. Развитие промышленности нерудных строительных материалов России и США. Прошлое и перспективы // Строительные материалы. – 2013. – № 10. С. 4 - 9.

7. Чебан А.Ю. Совершенствование технологий открытой разработки месторождений с использованием карьерных комбайнов и отвалообразователей // Записки горного института. – 2015. – Т. 214. – С. 23 - 27.

8. Чебан А.Ю. Способ подготовки прочных горных пород к выемке при ведении строительных и добычных работ // Механизация строительства. – 2017. – № 9. – С. 20 - 23.

9. Кононенко Е.А., Мишин Ю.М. Перспективы и технология выделения строительных материалов из гидросмеси вскрышных пород угольных // Маркшейдерия и недропользование. – 2009. – № 1. – С. 44 - 47.

10. Чебан А.Ю. Комплекс для перегрузки насыпных строительных материалов в средства водного транспорта // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2015. – № 5 (33). – С. 43 - 47.

11. Бондаренко А.А. Комбинированный комплекс добычи и переработки для освоения месторождений строительных песков // Известия вузов. Горный журнал. – 2016. – № 2. – С. 14 - 19.

12. Чебан А.Ю. Устройство для перегрузки насыпных строительных материалов из автосамосвалов в железнодорожный транспорт // Механизация строительства. – 2016. – Т. 77. – № 2. – С. 33-36.

13. Деревяшкин И.В., Чаплыгин В.В., Исаев О.Н. Земснаряды на карьерах, их возможности и перспектива // Маркшейдерия и недропользование. - 2016. - № 4. - С. 39 - 43.

14. Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров / Мин-во природных ресурсов и экологии РФ, СТО ФГБУ «ГГИ» 52.08.31. – 2012.

15. Чебан А.Ю. Гидромеханизированная добыча строительных горных пород в бассейне реки амур // Вестник государственного университета морского и речного флота им. С.О. Макарова. – 2016. – № 2 (36). – С. 73 - 78.

УДК 669.295-004

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ МАТЕРІАЛУ

К.А. Зіборов[1], С.О. Федоряченко[2], М.В. Ремесло[3]

[1,2] кандидат технічних наук, доцент кафедри основ конструювання механізмів та машин, НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: ziborov@nmu.org.ua

[3] студент спеціальності «132 Матеріалознавство», НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

Анотація. У статті наведено данні з дослідження мікроструктури матеріалу (уламок зуба вала-шестерні редуктора турбогенератора типу SST-110) та проведення експерименту із застосуванням металографічного мікроскопа NEOPHOT-21.

Ключові слова: мікроструктура, сталь, експеримент, дослідження.

EXPERIMENTAL STUDY OF STEEL MICROSTRUCTURE

Kirill Ziborov[1], Sergei Fedoriachenko[2], Mike Remeslo[3]

[1,2] Ph.D, Associated Professor of Machinery Design Fundamentals Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: ziborov@nmu.org.ua

[3] Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. This article present the data of the material microstructure (shaft of the shaft gear-gear gearbox of the turbogenerator type SST-110) and an experiment using the metallographic microscope NEOPHOT-21.

Keywords: microstructure, steel, experiment, research.

Вступ. Фізичні і фізико-хімічні методи аналізу є засобами контролю виробництва та якості продукції, ефективності технологічних процесів, що широко використовуються в промисловості, становлять основу науково-дослідної роботи в галузі матеріалознавства. Експеримент займає визначальне місце серед способів отримання інформації про об'єкт, що досліджується в природничо-наукової галузі знання [1]. Властивості функціональних матеріалів для деталей і вузлів сучасних машин і механізмів визначаються не тільки складом і властивостями присутніх фаз, але і мікроструктурою виробів, яка залежить від технології виробництва матеріалу, мірі встановлення фазового рівноваги, кінетики фазових перетворень і зростання зерен, спікання і т. д. У ряді випадків параметри мікроструктури роблять значний вплив на кінетику процесів, що відбуваються при роботі машини або реалізації технологічного процесу. Сталь - сплав заліза з вуглецем (та іншими елементами). Завдяки своїм властивостям сталь знаходить широке застосу-

вання в машинобудуванні. Деталі й вузли сучасних машин характеризуються різноманіттям форм, розмірів, різними умовами роботи. Хімічний склад сталі і режими її кристалізації й подальшої обробки (термообробки, обробки тиском) визначають її структуру, а структура стали визначає її властивості, а знання властивостей необхідно при проектуванні виробів зі сталі. Тому контролю або вивчення мікроструктури металів приділяється багато уваги [2].

Мета роботи полягає в експериментальному дослідженні мікроструктури матеріалу.

Матеріали досліджень. Будь-який метал механічно не представляє собою однорідне тіло. Його структура залежить, в першу чергу, від умов його виникнення. Визначальними факторами цього процесу є: умови, при яких застиг метал, температура нагріву, спосіб охолодження і механічна обробка. При всіх цих процесах виникає внутрішня напруга, яка змінює механічні властивості металу в різних частинах його поперечного перерізу. Тому для отримання повної інформації про властивості металу недостатньо знати його хімічний склад і результати механічних випробувань, але необхідно досліджувати його структуру. При таких дослідженнях використовують мікроскоп, фотографії з якого відтворюють мікроскопічні зображення і наочно представляють будову металу у збільшеному вигляді. Кожен мікроскопічний компонент має під мікроскопом характерного вигляду, що дозволяє оцінювати і аналізувати мікроструктуру. До цих мікроскопічним компонентів відносяться: фази - ферит, аустеніт, цементит і невідпущенний мартенсит; суміші фаз - перліт, бейнит і відпущений мартенсит. Як експериментальний зразок використовуємо уламок зуба вала-шестерні редуктора (рис.1) турбогенератора типу SST-110 (TWIN - AFA 46 GTG). Хімічний аналіз матеріалу на предмет визначення елементного складу бланках (Зламаний зуб) Виконано рентгенофлуоресцентним методом на аналізаторі хімічного складу металів EXPERT 4L (сертифікація в ДП «Укрметртестстандарт». Свід. №12-14665, при Міністерстві економічного Розвитку України). Визначення вмісту вуглецю у зразку проведено кулонометрічнім методом на аналізаторі вуглецю АН-7529.

Результати хімічного складу згідно ГОСТ 28033-89, 22536.1-88 наведені в таблиці 1 і відповідають Сталі марки 5ХНМ.

Для мікроскопічних досліджень застосовували металографічний мікроскоп NEOPHOT-21 (рис. 2). Використовували збільшення від ×100 до ×500. Фотографування здійснювали з використанням цифрового фотоапарата, що оснащений адаптером для підключення до тубусу мікроскопа.

Таблиця 1 – вміст хімічних елементів

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Mo, %
0.57	0.71	0.29	1.11	0.13	0.13	0.49

Рис.1. – Уламок зуба вала-шестерні редуктора турбогенератора типу SST-110

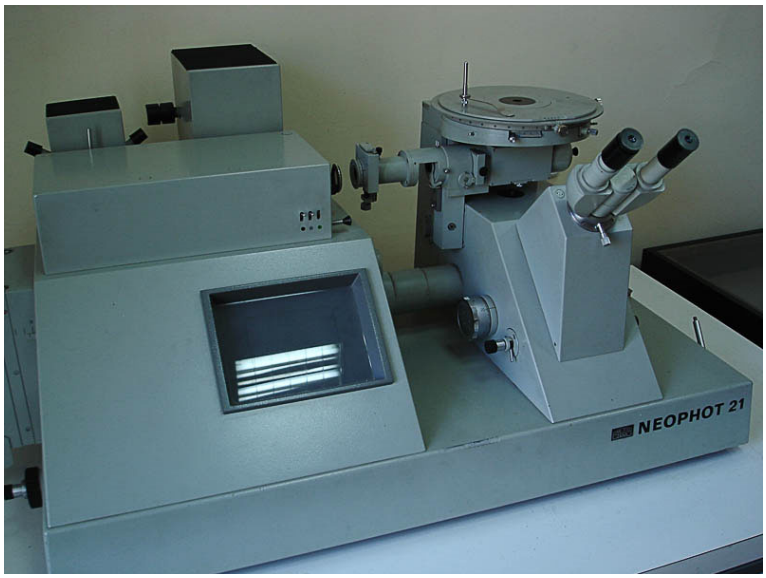
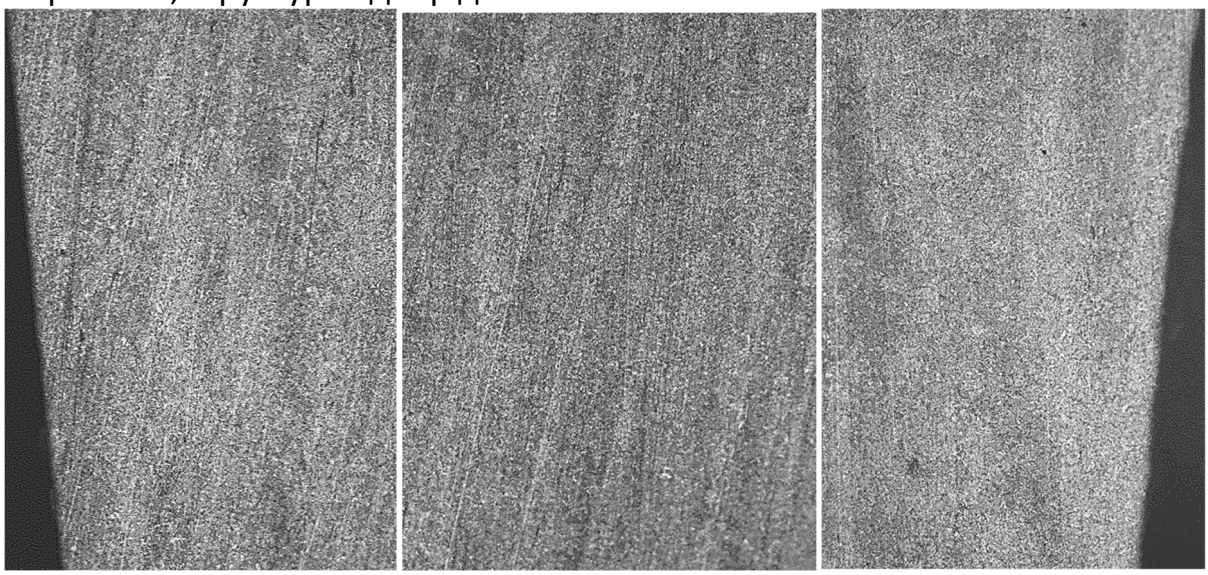


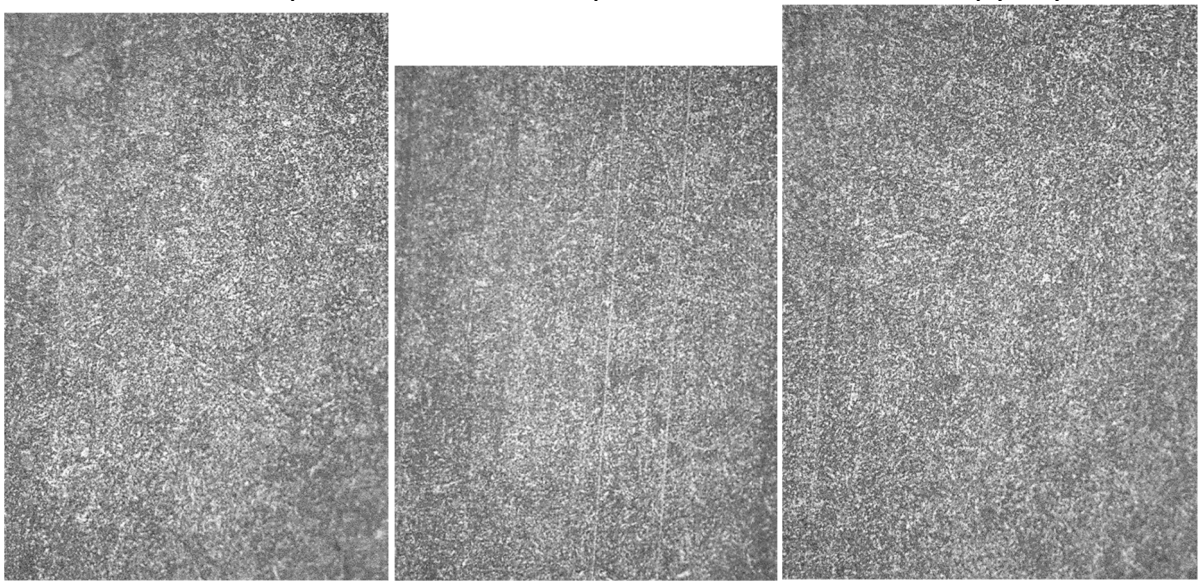
Рис. 2. – Металографічний мікроскоп NEOPHOT-21

Перед проведенням аналізу установку наводимо в робочий стан відповідно до інструкції, що додається до приладу. Мікроструктуру визначаємо шляхом огляду полірованої і труєнної поверхні стали. Досліджуваний матеріал було протравлено у 4% спиртовому розчині азотної кислоти. На мал.3

представлена мікроструктура досліджуваного матеріалу по всьому перерізу бланках при ×100 і ×500-кратному збільшенні. Мікроструктура - відпущений мартенсит, структура однорідна.



а – зовнішня поверхня б – центральна в – зона руйнування



г – зовнішня поверхня д – центральна е – зона руйнування

Рис. 3. – Мікроструктура по всьому перерізу зразка (а-в ×100; г- е ×500)

Так як вміст вуглецю у сталі 5ХНМ становить 0,57%, то мартенсит буде дуже крихким, що істотно обмежує сферу застосування даної сталі. Особливо це стосується роботи машин в умовах можливого виникнення ударних навантажень.

Висновок. Для дослідження мікроструктури матеріалу (осколок зуба вала-шестерні редуктора турбогенератора типу SST-110) проведено експеримент із застосуванням металографічного мікроскопа NEOPHOT-21. Виявлено мікростуктура - відпущений мартенсит з однорідною структурою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ананьев М. В. Теоретические и экспериментальные методы исследования в химии. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2015. – 76 с.

2.http://perwerts.ru/baza-znanij/proizvodstvo-i-xarakteristika-stalej/ ximicheskij-sostav-stali.html

3. Бялік О.М. та ін. Металознавство: Підручник. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2001. – 375 с.

УДК 620: 669

ПЛАНУВАННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІСТУ ВУГЛЕЦЮ В МАТЕРІАЛІ

К.А. Зіборов[1], С.О. Федоряченко[2], А.С. Москаленко[3]

[1,2] кандидат технічних наук, доцент кафедри основ конструювання механізмів та машин, НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: ziborov@nmu.org.ua

[3] студент спеціальності «132 Матеріалознавство», НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: nyuta_moskalenko@gmail.com

Анотація. В роботі описано планування та проведення експерименту з визначення вмісту вуглецю в осколку зуба вала-шестерні редуктора турбогенератора типу SST-110 (TWIN - AFA 46 GTG), за допомогою кулонометричної установки типу АН 7529.1, та визначено відповідність вуглецю до ГОСТ 12344-2003.

Ключові слова: Вміси вуглецю, кулонометрична установка, леговані та високолеговані сталі.

PLANNING AND CONDUCTING THE EXPERIMENT FOR THE DETERMINATION OF CARBON CONTENT IN MATERIALS

Kirill Ziborov[1], Sergei Fedoriachenko[2], Ann Moskalenko[3]

[1,2] Ph.D, Associated Professor of Machinery Design Bases Department, National TU Dnipro Polytechnic, Dnipro, Ukraine, e-mail: ziborov@nmu.org.ua

[3]Student, National TU Dnipro Polytechnic, Dnipro, Ukraine, e-mail: nyuta_moskalenko@gmail.com

Abstract. The work describes the planning and conduction of an experiment to determine the carbon content of the shaft gear gearbox of a SST-110 turbogenerator (TWIN-AFA 46 GTG) using a coulometric unit of the type AN 7529.1, and the carbon correspondence to ISO GOST 12344-2003 has been determined.

Keywords: carbon, coulometric, doped and high-aluminum steel.

Вступ. Планування експерименту - це постановка дослідів за деякою, заздалегідь складеною програмою (планом), що відповідає певним вимо-

гам. Методи планування експериментів дозволяють звести до мінімуму число необхідних дослідів і одночасно виявити оптимальне значення функції яку знаходять. Вибір плану визначається постановкою завдання дослідження і особливостями об'єкта. Процес дослідження зазвичай розбивається на окремі етапи. Інформація, отримана після кожного етапу, визначає подальшу стратегію експерименту - таким чином виникає можливість оптимального управління експериментом. Планування експерименту дає можливість варіювати одночасно всі фактори і отримувати кількісні оцінки основних ефектів і ефектів взаємодії [1].

Вуглець є найважливішим компонентом, який визначає великий комплекс механічних і фізико-хімічних властивостей сталей. Вплив цього елемента на властивості конструкційних сплавів в основному визначається властивостями цементиту і пов'язане зі зміною співвідношення між двома основними структурними складовими - фериту і цементиту. З ростом вмісту вуглецю в структурі сталі збільшується кількість цементиту, при одночасному зниженні частки фериту. При цьому знижуються в'язкість і характеристики пластичності - відносне подовження і відносне звуження. Підвищення вмісту вуглецю також погіршує ливарні властивості сталі, тому гарну зварюваність і пластичністю відрізняються низьковуглецевих сталі, а хорошими ріжучими властивостями володіють високовуглецеві сплави. Таким чином, розробка методів аналізу вмісту вуглецю в конструкційних сталях є в даний час актуальною проблемою промисловості [2].

Мета роботи полягає в постановці і проведенні експерименту з визначення вмісту вуглецю в матеріалі.

Матеріали досліджень. Кулонометричний метод визначення вуглецю в легованих і високолегованих сталях заснований на спалюванні навішення стали в струмі кисню в присутності плавня при температурі 1300 °С - 1400 °С, поглинанні утворилася двоокису вуглецю поглинювальним розчином з певним початковим значенням pH і подальшому вимірі (на установці для кулонометрического титрування) кількості електрики, витраченого для відновлення початкового значення pH, яке пропорційно масовій частці вуглецю в навішуванні проби.

Кулонометрична установка типу АН 7529.1 (рис.1) складається зі стійки з електродної системою pH-метра і генераторними електродами, а також приводом мішалки (1), пристрої спалювання УС-7077 для спалювання проб металів в потоці кисню з блоком газоподготовки (2) і вимірювального блоку (3), що забезпечує необхідну точність результатів аналізу.

Рис. 1. - Кулонометрична установка типу АН 7529.1

Перед проведенням аналізу установку наводимо в робочий стан відповідно до інструкції, що додається до приладу. Виконуємо градуювання приладу зі стандартних зразків вуглецевих сталей.

Як досвідченого зразка використовуємо осколок зуба вала-шестерні редуктора (рис.2) турбогенератора типу SST-110 (TWIN - AFA 46 GTG). Експериментальне дослідження виконуємо згідно рекомендацій ГОСТ 12344-2003. Стали леговані та високолеговані. Методи визначення вуглецю [3].

Рис.2. – Осколок зуба вала-шестерні редуктора турбогенератора типу SST-110

Наважку стали масою 0,35 г поміщаємо в прокалений порцеляновий човник і додаємо 1,5 г суміші плавнів, що складаються з окису міді і заліза, взятих у співвідношенні 1:2. Човник з навішуванням металу і плавня встановлюємо в найбільш нагріту частина порцелянової трубки, яку швидко закриваємо металевим затвором. Натискаємо на кнопку «скидання», при цьому свідчення індикаторного цифрового табло встановлюємо на «нуль». В процесі спалювання навішування металу на цифровому табло йде безперервний рахунок.

Аналіз вважається закінченим, якщо показання на табло не змінюється протягом однієї хвилини або змінюється на величину холостого рахунки приладу.

Для внесення відповідної поправки в результат аналізу проби проводимо контрольний тест. Для цього в прокалений порцеляновий човник поміщаємо суміш плавнів окису міді (ГОСТ 546-79) і заліза карбонильного радіотехнічного (ГОСТ 13610-79) і спалюємо його при робочій температурі протягом часу, що витрачається на спалювання навішування аналізованого матеріалу.

Зміна pH розчину фіксується електродної парою pH-метра аналізатора АН 7529.1 (мал.1), автоматично пов'язаного с джерелом стабілізованого генераторного струму. Кількість електрики, витрачений на генерацію іонів OH^- до початкового значення pH, пропорційно кількості поглиненого вуглекислого газу і фіксується пристроєм, градуйованим в масових частках вуглецю.

Масову частку вуглецю *C,* %, обчислимо за формулою:

$$C = \frac{m_1(a - a_1)}{m},$$

де m_1 – маса навішення, при якій відградуйовану прилад, г;

a – показання приладу, отримані в результаті спалювання навішування аналізованого матеріалу,%;

a_1 – середньоарифметичне значення показань приладу, отримане в результаті спалювання плавня при проведенні контрольного досвіду,%;

m – маса аналізованої навішування металу, г.

Для заданого матеріалу отримуємо вміст вуглецю ***C*, %=**0.57.

Нормативи оперативного контролю збіжності, відтворюваності і точності визначення масової частки вуглецю наведені в таблиці 1 стандарту [3]. В якості остаточного приймаємо результат, що задовольняє вимогам п.2.6.2. [3].

Висновок. Для визначення вмісту вуглецю в матеріалі (осколок зуба вала-шестерні редуктора турбогенератора типу SST-110) розроблений і проведений (згідно рекомендацій ГОСТ 12344-2003) експеримент. Виявлено вміст вуглецю в матеріалі **С, %=**0.57.

ЛІТЕРАТУРА

1. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. – Минск: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.

2. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь, 2002. – 328с.

3. ДСТУ ГОСТ 12344-2003. Стали легированные и высоколегированные: Методы определения углерода**.** Офиц. изд. - М.: Изд-во стандартов, 2004. - Т. III, 12 с. (Межгос. стандарт).

УДК 621.891

ВИМОГИ ДО РОБОЧИХ РІДИН ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДУ

Д.О. Міщук[1], А.В. Бойченко[2], М.М. Балака[3]

[1]кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: tdmid@ukr.net

[2]студент групи БМО-22с, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: boychenko.av@ukr.net

[3]асистент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: maxim.balaka@gmail.com

Анотація. В роботі розглянуто вимоги до застосування гідравлічних рідин в об'ємному гідроприводі. Проаналізовано ряд властивостей, що впливають на якість робочих рідин під час експлуатації автотракторної та будівельної техніки. Надано класифікацію та позначення робочих рідин у відповідності до вітчизняних і закордонних стандартів.

Ключові слова: об'ємний гідропривід, робоча рідина, властивість.

REQUIREMENTS FOR WORKING FLUIDS OF VOLUMETRIC HYDRAULIC DRIVE

Dmytro Mischuk[1], Andriy Boychenko[2], Maxim Balaka[3]

[1]Ph.D., assistant professor of Building Machinery, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: tdmid@ukr.net

[2]Student of group BMO-22s, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: boychenko.av@ukr.net

[3]Assistant of Building Machinery, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: maxim.balaka@gmail.com

Abstract. The requirements for the use of hydraulic fluids in volumetric hydraulic drive are considers in paper. A number of properties that influence the quality of working fluids during the operation of automotive and construction machinery are analyzed. Classification and designation of working fluids according to domestic and foreign standards are provided.

Keywords: volumetric hydraulic drive, working fluid, property.

Вступ. Обов'язковим для об'ємного гідроприводу є те, що робоча рідина в системі знаходиться під високим тиском. Переміщення рідини під тиском в гідросистемі примушує працювати гідродвигуни. Робоча рідина в об'ємному гідроприводі є одночасно носієм енергії та змащенням. При цьому вона піддається дії високих тисків, швидкостей та температур. Нормальна експлуатація об'ємного гідроприводу, і як наслідок довготривала робота автотракторної та будівельної техніки, можлива під час використання таких робочих рідин, що можуть виконувати різноманітні функції та задовольняти певним вимогам до їх застосування.

Мета роботи. Розглянути вимоги до застосування гідравлічних рідин в об'ємному гідроприводі. Проаналізувати ряд властивостей, на яких ґрунтується оцінка якості гідравлічних рідин під час експлуатації техніки.

Матеріал та результати досліджень. У відповідності до призначення гідравлічних рідин (для об'ємного гідроприводу, автоматичних коробок передач чи ін.) змінюються і вимоги до їх фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей. Враховуючи великий тиск у системах об'ємного гідроприводу (до 35 МПа), значний перепад робочих температур (від -60 до 50 ^{o}C), а також постійний контакт робочого тіла з різними конструкційними матеріалами (чорними і кольоровими металами, гумою і полімерами), висувають певні вимоги до гідравлічних рідин, які частково відрізняються від вимог до моторних і трансмісійних олив.

Таким чином, гідравлічні (робочі) рідини для об'ємного гідроприводу (ОГП) повинні задовольняти таким вимогам [1]:

- мати за відповідних експлуатаційних умов певну в'язкість;
- мати пологу в'язкісно-температурну характеристику;
- мати добрі мастильні, охолоджувальні та ущільнювальні властивості;
- не викликати корозію металевих деталей і не руйнувати ущільнювальні матеріали вузлів гідравлічної системи;
- мати низьку температуру застигання і незначне стиснення;
- містити невелику кількість води і стійкість до утворення емульсії;
- володіти високою протипінною стійкістю;
- не виділяти парів при робочих температурах;
- не виділяти та не поглинати повітря;

– володіти високою протиокисною стабільністю при тривалому зберіганні та застосуванні;
– бути нетоксичними, дешевими і недефіцитними.

До функцій гідравлічної рідини в ОГП відносяться:

– передача енергії від вхідної ланки гідравлічного насосу до вихідної ланки гідравлічного двигуна (зворотно-поступової дії – штока гідроциліндра, обертової дії – валу гідромотора);
– мащення та охолодження рухомих деталей гідравлічних систем;
– ущільнювання зазорів у сполученнях;
– захист деталей гідравлічних систем від корозії.

Розглянемо показники фізико-хімічних властивостей робочих рідин.

Густина – це фізична величина, що визначається відношенням маси речовини до її об'єму. Одиниця вимірювання густини – кг/м^3. Густина робочих рідин залежить від температури і тиску, вона має велике значення при розрахунку швидкості течії рідини крізь місцеві опори, оскільки втрати тиску залежать від густини рідини.

В'язкість – найбільш важлива фізична властивість робочої рідини, яка визначає можливість її використання в гідравлічних машинах. У відповідності до ГОСТ 27674-88 в'язкість (viscosity) – об'ємна властивість рідинної, напіврідинної або напівтвердої речовини чинити опір при течії (опір взаємному переміщенню шарів речовини під дією зовнішньої сили).

В'язкість характеризується наступними показниками: динамічною (dynamic viscosity), кінематичною (kinematic viscosity) і умовною в'язкістю:

- динамічна в'язкість – коефіцієнт внутрішнього тертя, Па·с;
- кінематична в'язкість – питомий коефіцієнт внутрішнього тертя або відношення динамічної в'язкості до густини, мм^2/с;
- умовна в'язкість – величина, яка показує в скільки разів в'язкість нафтопродукту при температурі вимірювання більша або менша в'язкості дистильованої води при температурі 20 °С.

В'язкість гідравлічної рідини залежить від хімічного складу, температури та тиску. Найбільш важливим чинником є температура. Разом з тим, в'язкість робочих рідин збільшується з підвищенням тиску, що особливо важливо для гідрооб'ємних передач високого тиску. З підвищенням тиску від 0,1 до 40 МПа при постійній температурі 50 °С в'язкість робочих рідин марок ВМГЗ і МГ-30 збільшується в 1,6...2,3 рази, а зниженні температури на 20 °С в'язкість збільшується в 2,0...2,5 рази [2]. Для більш в'язкої робочої рідини зі зниженням температури при постійному тиску в'язкість зростає більш інтенсивніше.

Стисливість робочої рідини – це спроможність під дією всебічного зовнішнього тиску змінювати свій об'єм зворотнім напрямом, тобто після припинення дії зовнішнього тиску відновлювати початковий об'єм рідини.

При збільшенні тиску коефіцієнт стисливості рідини зменшується, а при підвищенні температури – збільшується, причому коефіцієнт стисливості для більш в'язкої рідини (МГ-30 з 10 мм^2/с).

Температурний коефіцієнт об'ємного розширення – це відносна зміна об'єму рідини при зміні температури на 1 °С (°С$^{-1}$). Враховуючи, що температурні коефіцієнти об'ємного розширення робочих рідин та металів, з яких виготовлено елементи гідропередач, відрізняються, можливе руйнування гідросистем з замкненою циркуляцією потоку. Розрахунки В. А. Васильченка [2] виявили, що при підвищенні температури робочої рідини на 1 °С тиск в замкненому об'ємі може збільшитися приблизно на 0,97 МПа, що слід враховувати при проектуванні відповідних типів гідросистем.

Питома теплоємність робочої рідини – це кількість тепла, необхідного для підвищення температури одиниці маси на 1 °С. Одиниця вимірювання питомої теплоємності – Дж/(кг·°С). Цей показник характеризує інтенсивність підвищення температури в гідросистемі. З підвищенням температури питома теплоємність робочих рідин змінюється незначно, але, наприклад, гідравлічна рідина МГ-30, в'язкість якої в три рази більше в'язкості ВМГЗ, має в чотири рази більш високі значення питомої теплоємності [2].

Теплопровідність рідини – це кількість теплоти, що проходить за одиницю часу через одиницю поверхні на одиницю товщини шару. Одиниця вимірювання теплопровідності – Вт/(м·°С). Теплопровідність гідравлічних рідин ВМГЗ і МГ-30 при збільшенні температури зменшується.

В'язкісно-температурні властивості. Для підвищення гідравлічного коефіцієнта корисної дії необхідно застосовувати гідравлічну рідину з малою в'язкістю, оскільки течія рідини завжди супроводжується тертям внутрішніх шарів і гідравлічними витратами на місцеві опори. Однак надмірне зниження в'язкості рідини при позитивній температурі не забезпечує гідродинамічне мащення і не дозволяє запобігти контактуванню і зносу робочих деталей гідропривода. Мінімальна кінематична в'язкість гідравлічних рідин для використання в гідросистемах з різними типами насосів не повинна бути нижче: для шестерінчастих – 15 мм^2/с, для пластинчастих – 12 мм^2/с і для поршневих – 8 мм^2/с [1].

Експлуатаційні властивості робочих рідин для ОГП при низьких температурах характеризуються допустимою в'язкістю і прогиністю. При надмірно високій в'язкості порушується суцільність потоку, оскільки рідина не може підніматися по трубопроводам і у всмоктувальні лінії, виникає явище

кавітації, відбувається незаповнення робочих камер насосу, знижується подача та його ресурс. При зниженні температури навколишнього повітря в'язкість робочої рідини підвищується тим інтенсивніше, чим нижче індекс в'язкості (viscosity index), а при збільшенні в'язкості робочої рідини понад допустимої зростають втрати тиску і настає часткова чи повна втрата працездатності машини. Щоб цього не трапилося, робоча рідина повинна мати пологу в'язкісно-температурну характеристику, а температура застигання зимових робочих рідин має бути на 10...15 °С нижчою від температури навколишнього повітря [2]. Температура робочої рідини для ОГП у зимовий час стабілізується лише через 1,5...2,5 год безперервної роботи [3].

Використовувати робочу рідину з підвищеною в'язкістю найбільш доцільно в ОГП високого тиску від 25 МПа і вище, оскільки при цьому зменшуються об'ємні втрати через малі щілини в парах тертя, що ковзають. Однак, слід враховувати, що у гідроагрегатів з невеликими щілинами в парах ковзання підвищена в'язкість викликає збільшення витрат потужності на тертя у зв'язку з тим, що останні прямо пропорційні в'язкості.

Змащувальні властивості гідравлічних рідин пов'язані з щільністю оливної плівки і здатністю її чинити опір розриву. Чим більше в'язкість, тим більше міцність оливної плівки при зсуві. Гідравлічна рідина повинна запобігати контактуванню і схоплюванню поверхонь, що проковзають, при незначних швидкостях ковзання в умовах граничного режиму мащення.

Таким чином, гідравлічна рідина повинна, по-перше, мати *протизадирні властивості*, а по-друге, зменшувати знос поверхонь тертя за рахунок утворення гідродинамічного режиму мащення, тобто мати *протизношувальні властивості*. Це досягається за рахунок додавання до гідравлічної рідини протизадирних та протизношувальних присадок, наприклад, ЛЗ-23К за ГОСТ 11883-77 і ЭФО за ГОСТ 14625-78 відповідно.

Стабільність властивостей – це здатність рідини зберігати робочий стан протягом заданого часу при зміні первісних властивостей у допустимих межах. Стабільність характеризується протиокисною здатністю і однорідністю робочої рідини. В процесі експлуатації гідравлічної рідини не повинні виділяти продукти окиснення у вигляді нерозчинних осадів. Стабільність проти окиснення досягається введенням 0,2...0,5 % присадки «іонол» (трекрезольної і бутиленової фракції газів крекінга). Для забезпечення протиокисних і антикорозійних властивостей в гідравлічні рідини також додають багатофункціональну присадку ДФ-11 за ОСТ 33.129-73.

Протипінні властивості характеризують здатність робочої рідини виділяти повітря або інші гази без утворення піни. Здатність протистояння піноутворенню підсилюють додаванням до рідини протипінної присадки ПМС-200А за ТУ 6.02.718-72 в кількості від 0,003 до 0,005 %.

Стійкість робочої рідини до утворення емульсії характеризується здатністю розшаруватися та відділятися від води, яка потрапила в неї. Для підвищення цього в робочі рідини додають спеціальні присадки-деемульгатори, які руйнують оливні емульсії та ускладнюють змішування з водою.

Сполученість робочих рідин з металами, з яких виготовлено гідрообладнання, характеризується відсутністю корозії, а також стабільністю фізико-хімічних властивостей робочої рідини. Сполученість гідравлічних рідин з гумотехнічними виробами оцінюють за показником припустимого набухання гуми марки УИМ-1, а також втрати міцності та еластичності. Вважається нормальним, якщо рідина спричинює набухання гуми на 1...6 % [3].

Біологічний розклад (biodegradability) – це здатність речовини підлягати руйнуванню мікроорганізмами на нетоксичні водорозчинні сполуки. Звичайні нафтові оливи та інші нафтопродукти, а також деякі синтетичні оливи біологічно не розкладаються та завдають суттєву шкоду навколишньому середовищу протягом тривалого часу.

У США розроблено нову методику визначення біологічного розкладу (ASTM D5864), згідно з якою біорозкладними є оливи, які за 28 днів (не вважаючи акліматизаційного періоду) розкладаються на 60 %. В Європі не має такого методу і біологічний розклад терміново визначається за методикою CEC (CEC-L-33-A-93) для олив двотактних двигунів, а також за галузевим стандартом Німеччини VDMA 24 568 щодо гідравлічних рідин [4].

Для поліпшення біорозкладу нафтові оливи піддають хімічній модифікації, а на упаковках наносять відповідні знаки (рис. 1).

Класифікація гідравлічних рідин для ОГП рухомої наземної техніки, що експлуатується на відкритому повітрі, здійснюється в країнах СНД згідно з міждержавним стандартом ГОСТ 17479.3-85. Класифікація не поширюється на гідравлічні рідини промислового обладнання за ГОСТ 17479.4-87.

В залежності від рівня кінематичної в'язкості при 40 °С робочі рідини поділяються на 10 класів (табл. 1), а в залежності від експлуатаційних властивостей і рекомендованої сфери застосування – на 3 групи (табл. 2) [1].

Для гідравлічної рідини надається позначення (код), що складається з літерних та цифрових індексів (трьох груп знаків), які визначають призначення, сферу застосування і клас в'язкості. Після основного позначення бувають і додаткові знаки, що характеризують відмінні особливості рідини.

а *б* *в* *г* *д* *е*

є *ж* *з* *і* *к* *л*

Рисунок 1 – Знаки екологічних продуктів: *а* – країн Євросоюзу; *б* – США; *в* – Скандинавських країн; *г* – Канади; *д* – Німеччини; *е* – Японії; *є* – України; *ж* – Росії; *з* – Австралії; *і* – Ізраїлю; *к* – Китаю; *л* – Бразилії

Таблиця 1 – Класи кінематичної в'язкості гідравлічних рідин

Клас в'яз-кості	Кінематична в'язкість ($мм^2/с$) при 40 °С	Клас в'яз-кості	Кінематична в'язкість ($мм^2/с$) при 40 °С
5	4,14...5,06	32	28,80...35,20
7	6,12...7,48	46	41,40...50,60
10	9,00...11,00	68	61,20...74,80
15	13,50...16,50	100	90,00...110,00
22	19,80...24,20	150	135,00...165,00

Наведемо структуру позначення гідравлічної рідини за ГОСТ 17479.3-85 (рис. 2), в якій є наступні позначки: **МГ** (мінеральна гідравлічна); **І** – клас в'язкості (арабськими цифрами), див. табл. 1; **ІІ** – група за експлуатаційними властивостями і рекомендованою сферою застосування, див. табл. 2.

В якості прикладу МГ-15Б, де 15 – клас в'язкості (кінематична в'язкість від 13,5 до 16,5 $мм^2/с$ при 40 °С), Б – рідина на основі нафтової оливи з протиокисними та антикорозійними присадками для гідросистем з насосами всіх типів, що працюють при тиску менше 25 МПа і температурі рідини в системі не вище 90 °С.

Таблиця 2 – Групи гідравлічних рідин за експлуатаційними властивостями та рекомендованою сферою застосування за ГОСТ 17479.3-85

Група	Склад	Рекомендована сфера застосування
А	Нафтові оливи без присадок	Гідросистеми з шестеренними та поршневими насосами, що працюють при тиску менше 15 МПа і температурі рідини в системі не вище 80 °С
Б	Нафтові оливи з протиокисними і антикорозійними присадками	Гідросистеми з насосами всіх типів, що працюють при тиску менше 25 МПа і температурі рідини в системі не вище 90 °С
В	Нафтові оливи з протиокисними, антикорозійними і протизношувальними присадками	Гідросистеми з насосами всіх типів, що працюють при тиску вище 25 МПа і температурі рідини в системі вище 90 °С

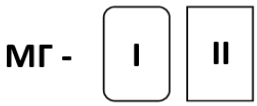


Рисунок 2 – Позначення гідравлічної рідини за ГОСТ 17479.3-85

За кордоном найбільш поширена класифікація гідравлічних рідин для ОГП за системами ISO: відповідно до ISO 3448:1992 гідравлічні рідини поділяються на 18 класів за кінематичною в'язкістю при 40 °С (табл. 3), а у відповідності до ISO 6743/4-82 (ГОСТ 28549.5-90) – на 17 категорій продуктів за експлуатаційними властивостями та рекомендованою сферою застосування (табл. 4).

Для гідравлічної рідини за стандартом ISO 6743/4-82 (ГОСТ 28549.5-90) надається позначення (код), що складається з літер латинського алфавіту і арабських цифр, які визначають сферу застосування і клас в'язкості за ISO 3448:1992.

Таблиця 3 – Класи кінематичної в'язкості рідин за ISO 3448:1992

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість ($мм^2/с$) при 40 °С	Клас в'язкості	Кінематична в'язкість ($мм^2/с$) при 40 °С
ISO VG2	1,98...2,42	ISO VG68	61,2...74,8
ISO VG3	2,88...3,52	ISO VG100	90,0...110,0
ISO VG5	4,15...5,06	ISO VG150	135...165
ISO VG7	6,12...7,48	ISO VG220	198...242
ISO VG10	9,0...11,0	ISO VG320	288...352
ISO VG15	13,5...16,5	ISO VG460	414...506
ISO VG22	19,8...24,2	ISO VG680	612...748

ISO VG32	28,8...35,2	ISO VG1000	900...1100
ISO VG46	41,4...50,6	ISO VG1500	1350...1650
Примітки: 1. Клас в'язкості за ISO 3448 (ISO Viscosity Grades – ISO VG) позначається цілим числом, близьким до середнього показника кінематичної в'язкості. 2. Десять класів в'язкості (від 5 до 150) гідравлічних рідин за ГОСТ 17479.3-85 (див. табл. 1) практично співпадають з класами в'язкості ISO VG5...ISO VG150.			

Таблиця 4 – Категорії продуктів (гідравлічних рідин) за експлуатаційними властивостями і рекомендованою сферою застосування за ISO 6743/4-82

Категорія продукту	Характеристика продукту	Сфера застосування	Відповідність групи рідини за ГОСТ 17479.3-85
HH	Очищені нафтові оливи без присадок		А
HL	Очищені нафтові оливи з поліпшеними антикорозійними і протиокисними властивостями		Б
HM	Оливи категорії HL з поліпшеними протизносними властивостями	Гідравлічні системи з вузлами під високим навантаженням	В
HR	Оливи категорії HL з поліпшеними в'язкісно-температурними властивостями		—
HV	Оливи категорії HM з поліпшеними в'язкісно-температурними властивостями	Будівельна та морська техніка (спеціальні властивості)	В(з)
HG	Оливи категорії HM з протистрибковими властивостями	Гідравлічні приводи з рівномірним рухом виконавчих органів з малою швидкістю та великим зусиллям	—
Примітка. Перша буква категорії продукту (H) ідентифікує гідравлічні рідини			

Наведемо структуру позначення гідравлічної рідини за ISO 6743/4-82 (рис. 3), в якій є наступні позначки: **ISO** – абревіатура міжнародної організації стандартів; **L** – клас мастильних матеріалів; **I** – символ категорії продукту (див. табл. 3); **II** – клас в'язкості за ISO 3448:1992 (див. табл. 4).

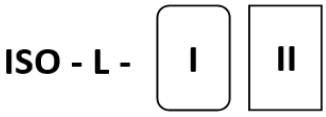


Рисунок 3 – Позначення гідравлічної рідини за ISO 6743/4-82

В якості прикладу ISO-L-HL 46, де HL – очищені нафтові оливи з поліпшеними антикорозійними та протиокисними властивостями, 46 – клас в'язкості (ISO VG46), кінематична в'язкість від 41,4 до 50,6 мм^2/с при 40 ^{o}C.

У відповідності до міжвідомчих технічних вимог у гідрообладнанні рухомої наземної техніки, яка експлуатується на відкритому повітрі при температурі від -40 до 45 ^{o}C, слід застосовувати не більше двох сортів гідравлічних рідин [2]. В країнах СНД до них відносять гідравлічні рідини (оливи) ВМГЗ (МГ-15В) за ТУ 38 101479-74 та МГ-30 (МГ-46В) за ТУ 38 10150-79.

Висновки. Багато властивостей робочих рідин можна забезпечити введенням в основу рідини різноманітних присадок (протикорозійних, протизносних, протизадирочних, протипінних, миючих та ін.). Найбільш суттєве значення під час вибору робочої рідини мають в'язкість, стисливість, температура запалення, застигання та окислюваність.

Водночас важливу роль у широкому застосуванні гідравлічних рідин з поліпшеними екологічними і експлуатаційними властивостями відводиться державним відомствам паливно-енергетичного комплексу та екологічної безпеки багатьох країн світу. Для поліпшення біорозкладу нафтові оливи піддають хімічній модифікації, а на упаковках наносять відповідні знаки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пелевін Л. Є., Міщук Д. О., Рашківський В. П., Горбатюк Є. В., Аржаєв Г. О., Красніков В. Ф. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика. – К. : Вид-во КНУБА, 2015. – 340 с.

2. Васильченко В. А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник. – М. : Машиностроение, 1983. – 301 с.

3. Полянський С. К., Коваленко В. М. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин. – К. : Либідь, 2005. – 504 с.

4. Балтенас Р., Сафонов А. С., Ушаков А. И., Шергалис В. Моторные масла: производство, свойства, классификация, применение. – М.-СПб. : Альфа-Лаб, 2000. – 272 с.

УДК 621.891

ГІДРАВЛІЧНІ РІДИНИ ДЛЯ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Д.О. Міщук[1], М.М. Балака[2], М.М. Ходневич[3]

[1]кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: tdmid@ukr.net

[2]асистент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: maxim.balaka@gmail.com

[3]студент групи БМО-22с, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: m.hodnevich@gmail.com

Анотація. В роботі проаналізовано властивості, функції та вимоги до застосування гідравлічних рідин в автоматичних коробках передач для потужних автомобілів, тягачів і тракторів. Наведено їх типові характеристики та порівняльна оцінка експлуатаційних властивостей з трансмісійними оливами.

Ключові слова: трансмісійна олива, рідина для автоматичної коробки передач.

HYDRAULIC FLUIDS FOR AUTOMATIC TRANSMISSIONS

Dmytro Mischuk[1], Maxim Balaka[2], Mykola Hodnevich[3]

[1]Ph.D., assistant professor of Building Machinery, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: tdmid@ukr.net

[2]Assistant of Building Machinery, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: maxim.balaka@gmail.com

[3]Student of group BMO-22s, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: m.hodnevich@gmail.com

Abstract. The properties, functions and requirements for the use of hydraulic fluids in automatic transmissions for powerful vehicles and industrial tractors are analyzed in this paper. Their typical characteristics and comparative evaluation of operational properties with transmission oils are given.

Keywords: transmission oil, automatic transmission fluid (ATF).

Вступ. Гідравлічні рідини застосовуються в якості робочого тіла в гідравлічних об'ємних приводах різноманітного призначення, гідромеханічних передачах (гідромуфтах, гідротрансформаторах і механізмах систем автоматичного керування шестерінчастими коробками передач), а також гідропідсилювачів кермового керування легкових, вантажних і потужних автомобілів, автобусів, тракторів, сільськогосподарської, будівельної техніки та інших наземних мобільних технічних засобів. Гідравлічні рідини одержують з базових нафтових і синтетичних олив або їх сумішей, до яких додають різні функціональні або багатофункціональні присадки.

Мета роботи. Проаналізувати властивості та вимоги до гідравлічних рідин, що застосовуються в автоматичних коробках передач.

Матеріал та результати досліджень. Серед багатьох властивостей, за якими оцінюється якість гідравлічних рідин, найважливішими є ті, що виявляються під час експлуатації техніки. До них належать фізико-хімічні (густина, в'язкість, температурний коефіцієнт об'ємного розширення, питома теплоємкість та теплопровідність), експлуатаційні (в'язкісно-температурні, змащувальні, антикорозійні, термостабільні, протипінні) та екологічні властивості (виявляються в процесі взаємодії з навколишнім середовищем).

У відповідності до призначення гідравлічних рідин змінюються вимоги до їх фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей.

До основних функцій гідравлічної рідини в автоматичних коробках перемикання передач – ATF (automatic transmission fluid) відносяться:

– передача енергії від вхідної ланки гідродинамічної передачі (гідромуфти, гідротрансформатора) до її вихідної ланки, тобто від валу насосного колеса до валу турбінного колеса;

– безступенева зміна частоти обертання і крутного моменту турбінного колеса при передачі через гідродинамічну передачу потоку потужності;

– трансмісійна олива для мащення, охолодження і захисту від корозії вузлів тертя гідромеханічних коробок передач;

– робоче тіло гідрооб'ємних передач систем автоматичного керування гідромеханічною коробкою передач.

Для забезпечення високого коефіцієнта корисної дії гідродинамічної коробки передач ATF робоче тіло – гідравлічна рідина повинна мати низьку в'язкість 7…8 мм^2/с при 100 ^{o}С тоді як для мащення шестерень гідромеханічної коробки передач – відносно висока в'язкість 20...30 мм^2/с [1].

Середня робоча температура гідравлічної рідини (оливи) в картері ATF складає 80...95 ^{o}С, а в жарку погоду під час руху по місту – до 150 ^{o}С. Конструкція ATF така, що якщо з колінчастого валу двигуна внутрішнього згоряння знімається потужність більше ніж потрібна для подолання дорожнього опору, то її надлишок витрачається на внутрішнє тертя рідини (оливи), яке ще більше нагрівається.

Високі швидкості руху потоків рідини в гідродинамічних передачах і температура спричиняють інтенсивну аерацію, яка викликає вспінення, що створює сприятливі умови для окиснення рідини (оливи) і корозії металів. Різноманітність матеріалів у парах тертя («сталь – сталь», «сталь – металокераміка», «сталь – бронза», «сталь – фрикційна накладка») утруднює при цьому підбір антифрикційних присадок. Крім того різні конструкційні матеріали, кисень, вода і олива утворюють електрохімічні пари та активізують корозійний знос.

Від коефіцієнта тертя залежить сила зчеплення та якість роботи фрикційних механізмів гідромеханічних коробок передач ATF, тобто плавне переключення і безшумна робота передач на всіх режимах, величинах крутного моменту і температур. Такі умови можуть забезпечувати тільки рідини (оливи) з поліпшеними фрикційними властивостями, які містять в собі модифікатори тертя; в специфікаціях OEM's вони мають загальну назву «для гальма мокрого типу» (wet brakes, oil-immersed brakes).

Що стосується здібності рідин ATF виконувати функції трансмісійної оливи в гідромеханічній коробці передач ATF, то в таблиці 1 наведено порівняльна оцінка їх експлуатаційних властивостей [1].

Таблиця 1 – Порівняльна оцінка експлуатаційних властивостей трансмісійних олив і рідин ATF

Властивості	Трансмісійні оливи	Рідини ATF
Високотемпературна в'язкість	добре	прийнято
Низькотемпературна в'язкість	прийнято	відмінно
Стійкість до термоокиснення	те саме	те саме
Навантажувальна здібність	відмінно	прийнято
Піттінг зубів шестерень	добре	те саме
Характеристика синхронізації	відмінно	те саме

Зауважимо, що рідини ATF повинні задовольняти таким складним та суперечливим вимогам:

– мати добрі низькотемпературні властивості та високий індекс в'язкості (180 і більше), протизношувальні та ущільнювальні властивості, мале піноутворення і добру деаерацію, високу термоокисну стабільність;

– забезпечувати необхідні статичний та динамічний коефіцієнти тертя при малих і великих швидкостях проковзування пар тертя фрикційних механізмів, мінімальну залежність коефіцієнта тертя від температури, плавну роботу і стримувати вібрації пар тертя фрикційних механізмів;

– не викликати корозію металевих деталей та не руйнувати ущільнювальні матеріали вузлів ATF;

– забезпечувати ефективний відбір тепла, а також вимивання та видалення продуктів зношення і забруднень з поверхонь тертя;

– бути нетоксичними, дешевими і недефіцитними.

Для гідротрансформаторів та автоматичних коробок передач автомобілів, будівельної та спеціальної техніки країн СНД випускається олива А за ТУ 38 1011282-89, що не має замінника, а для гідромеханічних коробок передач – олива МГТ за ТУ 38 1011103-90 (таблиця 2).

Олива марки А виробляється з глибокоочищених дистилятних олив із додаванням протизношувальної та протиокисної (ДФ-1 за ГОСТ 10644-77), депресорної (ПМА-Д ТУ 6.01.270-74), протипінної (ПМС-200А ТУ 6.02.718-72) присадок і застосовується щорічно за температури повітря від -35 °С.

Олива марки МГТ виробляється з глибокоочищених нафтових олив із додаванням пакету високоякісних функціональних присадок, які забезпечують оливі високий індекс в'язкості та добрі в'язкісно-температурні власти-

вості; застосовується в гідромеханічних коробках передач колісної та гусеничної техніки за температури повітря від -45 °С і контактних напруженнях до 2000 МПа.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники олив марок А і МГТ

Показник	Олива А	Олива МГТ
В'язкість кінематична ($мм^2/с$) при °С:		
100 (в межах)	–	6...7
50 (в межах)	23...30	–
-20	≤ 2100	–
В'язкість динамічна при -50 °С, Па·с	–	≤ 40
Індекс в'язкості, не менше	160	175
Температура, °С:		
застигання (не вище)	-40	-55
спалаху у відкритому тиглі (не менше)	160	175
Трибологічні характеристики на чотири кулькові машини при 20±5 °С:		
індекс задиру, не менше	38	40
ступінь зносу на вісь при 392,4 Н, мм	–	0,5
Вміст:		
водорозчинні кислоти та луги	допуск. лужна реакція	
вода	–	сліди
механічні домішки, % (не більше)	0,01	0,01
Зольність, % (не менше)	0,6	–
Вплив на гуму при (125...130)°С, %:		
зміна об'єму	–	0...8
зміна маси	–	0...7
Густина при 20 °С, $кг/м^3$	870	860

Рідини ATF не підрозділяються за експлуатаційними властивостями та в'язкістю, тому для всіх умов, будь-яких режимів роботи і потужності машини застосовують одні і ті ж гідравлічні рідини.

Виняток становлять тільки кліматичні умови. В залежності від природи базової оливи і складу депресорних присадок вони відрізняються за індексом в'язкості та температурою застигання. Для регіонів лютої зими в якості ATF застосовують тільки синтетичні оливи.

За кордоном для ATF використовують гідравлічні рідини двох типів, які відповідають вимогам основних виробників автомобілів – «General Motors» (GM) та «Ford» (таблиця 3). Вони мають відповідно фірмові назви – Dexron і Mercon [1].

Таблиця 3 – Сорти і етапи розвитку рідин ATF

«General Motors»		«Ford»	
Модифікація	Рік схва-лення	Модифікація	Рік схва-лення
Type A	1949	M2C33-B	1959
Type A, Suffix A (TASA)	1957	M2C33-D	1961
Dexron B	1967	M2C33-F (Type F)	1967
Dexron IIC	1973	M2C33-G (Type G)	1972
Dexron IID	1981	M2C138-CI (Type CI)	1975
Dexron IIE	1991	ESPM-2C166-H (Type H)	1981
Dexron III(F)	1993	Mercon	1987
Dexron III(G)	1997	Mercon	1993
Dexron IV	1999	Mercon V (Type B)	1998

Рідини ATF фарбують в червоний колір, щоб вони відрізнялися від інших олив, а також для виявлення місць їх витікання.

Споживачам рідин ATF потрібно знати, що рідини Dexron і Mercon відрізняються коефіцієнтами тертя. Фірма «Ford» (рідини Mercon) віддає перевагу коефіцієнту тертя, який збільшується зі зменшенням швидкості ковзання, а фірма «General Motors» (рідини Dexron) вимагає зменшення коефіцієнта тертя в цьому випадку. Цей параметр дуже важливий, оскільки значно впливає на процес зміни передач без ривків. Рідини за специфікаціями M2C33-F і M2C33-G значно відрізняються за коефіцієнтом тертя від рідин Dexron, а рідини за специфікаціями M2C138-CI і M2C166-H можна частково заміняти рідинами Dexron II (таблиця 4).

Таблиця 4 – Типові характеристики рідин ATF

Властивість	Типове значення рідин ATF	Межа	
		Dexron III	Mercon
Кінематична в'язкість (мм^2/с) при °С:			
40	37,7	протокол	–
100	8,1	те саме	6,8(min)
Індекс в'язкості	197	–	–
В'язкість по Брукфільду (сП) при °С:			
-10	448	протокол	протокол
-20	1280	1500(max)	1500(max)
-30	4250	5000(max)	протокол
-40	15800	20000(max)	20000(max)
Температура, °С:			
спалаху	200	170(min)	177(min)

Властивість	Типове значення рідин ATF	Межа	
		Dexron III	Mercon
самозаймання	231	185(min)	–
Питома густина (60/60°F)	0,87	–	–
Склад, ppm[1)]:			
бор (B)	130	протокол	протокол
кальцій (Ca)	28	те саме	те саме
азот (N)	960	– // –	– // –
фосфор (P)	250	– // –	– // –
сірка (S)	3500	– // –	– // –
1) ppm (past per million) – часток на мільйон, млн$^{-1}$			

Остання модифікація рідини Mercon V (M2C202-B Type B) має особливі властивості та з іншими рідинами ATF не взаємозамінне [2].

Рідини ATF легкових автомобілів за їх властивостями суттєво відрізняються від рідин для потужних тягачей, тракторів та інших транспортно-технологічних засобів. Вимоги до якості наведено фірмовим OEM's: в Європі – ZFTE-ML14, MAN339, MB236.6; у Північній Америці – Allison C-3, C-4, Caterpillar TO-2, TO-4, John Deere IDM20A, Massey-Ferguson M 1135, M 1139.

Висновки. Для забезпечення довговічності трансмісії та її належного функціонування необхідно підтримувати оптимальний рівень рідини. Термін експлуатації рідини ATF багато в чому залежить від пробігу, умов експлуатації, а також віку транспортно-технологічного засобу. Через екстремальні умови експлуатації рідина ATF має порівняно недовгий ресурс, тому доводиться періодично її доливати або проводити повну заміну.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балтенас Р., Сафонов А. С., Ушаков А. И., Шергалис В. Трансмиссионные масла. Пластичные смазки : состав, свойства, классификация, применение. – СПб. : Изд-во ДНК, 2001. – 206 с.

2. Гнатченко И. И., Бородин В. А., Репников В. Р. Автомобильные масла, смазки, присадки : справочное пособие. – М. : Изд-во АСТ; СПб. : Изд-во Полигон, 2000. – 360 с.

УДК 620.179:534.6;629.4.082.053

ВИПРОБУВАННЯ ЗМАЩУВАЛЬНИХ МАТЕРІВ ДЛЯ ГРЕБНЕЗМАЩУВАЧІВ ТА ПЕРЕСУВНИХ СТАЦІОНАРНИХ КОЛІЙНИХ РЕЙКОЗМАЩУВАЧІВ

В.В. Проців[1], З.М. Мацук[2], В.А. Козечко[3]

[1]доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: protsiv@ukr.net

[2]директор, ТОВ "МОДІФІК", м. Дніпро, Україна, e-mail: modific@ukr.net

[3]кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: kozechkova@ukr.net

Анотація. У роботі наведені результати порівняльних випробувань штатних і перспективних (модифікованих) змащувальних матеріалів виробництва ТОВ "МОДІФІК" для гребнезмащувачів та пересувних (стаціонарних) колійних рейкозмащувачів шляхів промислових підприємств і Укрзалізниці, що проведені 17.04-18.04.2019 у лабораторії кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» у присутності провідних фахівців АТ «Укрзалізниця».

Ключові слова: рейкова колія, гребінь колеса, мастила, реборда, змащувач.

LUBRICANT TESTS FOR WHEEL REELS AND MOBILE STATIONARY ROAD LUBRICATING DEVICES FOR RAILS

Vladimir Protsiv[1], Zahar Matsuk[2], Viktoria Kozechko[2]

[1]Ph.D., Professor, Head of the Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies, National Technical University ‘Dnipro Polytechnic’, Dnipro, Ukraine, e-mail: protsiv@ukr.net

[2]Director, MODIFIK Ltd, Dnipro, Ukraine, e-mail: modific@ukr.net

[3]Ph.D., Associate Professor of the Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies, National Technical University ‘Dnipro Polytechnic’, Dnipro, Ukraine, e-mail: kozechkova@ukr.net

Abstract. The results of comparative tests of standard and promising (modified) lubricants produced by MODIFIK Ltd for combing machines and mobile (stationary) rail track lubricants of industrial enterprises and Ukrainian Railways, conducted in the laboratory of the Department of Materials Science and Technology of Machine Building of the National Technical University ‘Dnipro Polytechnic’ in the presence of leading specialists of State Enterprise ‘Ukrainian Railways’.

Keywords: railroad tracks, wheel comb, grease, wheel reel, lubricant.

Вступ. Щорічно Укрзалізниця витрачає сотні мільйонів гривень на ремонт і заміну колісних пар локомотивів та вагонів через сточування реборд коліс, підтримку і ремонт рейкової колії, у тому числі на заміну рейок унаслідок їх зносу на криволінійних ланках шляху [1]. Нормативні документи [2] передбачають регулярне змащування гребнів коліс локомотивів та внутрішніх поверхонь рейок на закругленнях рейкової колії, перш за все на кривих малого радіусу. Для цього давно розроблені та впроваджені на локомотивний рухомий склад гребнезмащувачи [3], що використовують мастила марки Рельсол-М та Рельсол-ГС виробництва ТОВ «НВО Агрінол» [4]. Рейки змащують стаціонарними приладами на кривих ланках колії мастилом марки РС-6. [5]

Мета роботи. Оцінка протизношувальних властивостей змащувальних матеріалів марок ЗМГЗ НТ30-63 та ЗМРЗ НТ30-63 [6] виробництва ТОВ «МОДІФІК» у порівнянні з базовими (штатними) змащувальними матеріалами, а також аналіз доцільності їх застосування в процесі змащування гребнів коліс та бокових поверхонь рейок за допомогою гребне- та пересувних (стаціонарних) колійних рейкозмащувачів, що експлуатуються на підприємствах залізничного транспорту.

Матеріал и результати досліджень.

Для досягнення мети дослідження використовувався комплекс методів – експеримент, спостереження, обробка експериментальних даних, графічне представлення отриманих результатів, звіт про проведення випробувань, рекомендації. Схеми розміщення зразків на машині тертя у випробуваннях наведені на рисунках 1 та 2.

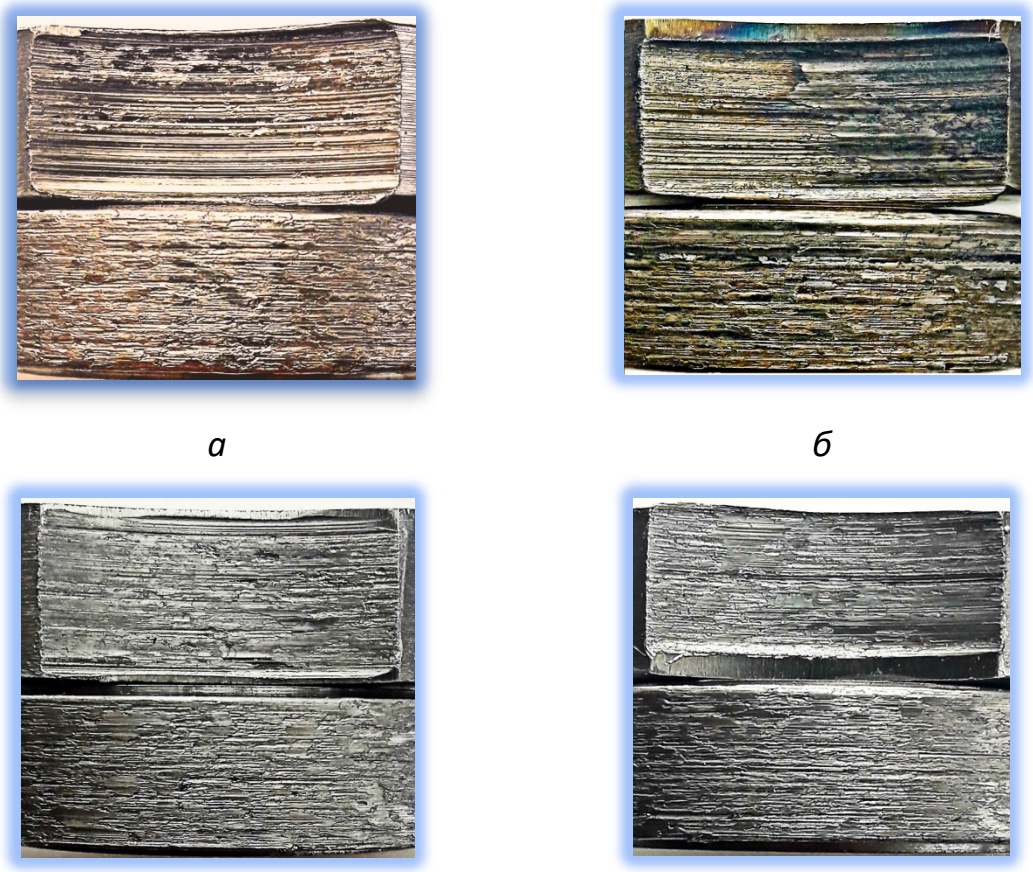
Рисунок 1 – Схема взаємодії зразків

Рисунок 1 – Розміщення зразків на машині тертя СМЦ-2

Під час випробувань використовувалися рухомі (сталь марки 45) та нерухомі (сталь марки 40Х) зразки стандартних розмірів, виготовлені з конструкційних сталей, що були встановлені на машині тертя СМЦ-2. Схема випробування – «рухомий диск по нерухомому диску». Тривалість випробувань зі змащувальним матеріалом становила три години. Швидкість обертання рухомого зразку дорівнювала 300 $хв^{-1}$, навантаження на зразки встановлювалися на рівні 450 Н або 560 Н.

Випробовувані змащувальні матеріали подавалися до зони тертя примусово, дозовано, впорскуванням (по два впорскування на хвилину по 0,0025 $см^3$ змащувального матеріалу за одне впорскування).

Візуальний огляд зразків після завершення випробувань довів кращі змащувальні властивості нових матеріалів марок ЗМГЗ НТ30-63 та ЗМРЗ НТ30-63 [6] виробництва ТОВ «МОДІФІК» у порівнянні з базовими змащувальними матеріалами Рельсол-М та РС-6. Поверхні тертя зразків, що терлися з модифікованими мастилами, мали меншу шорсткість, не виявляли ознак перегріву (кольори мінливості при перегріванні). Це видно з рисунку 3.



а *б*

в *г*

Рисунок 3 – Поверхні тертя зразків після випробувань з різними мастилами: *а* – Рельсол-М; *б* – РС-6; *в* – ЗМГЗ НТ30-63; *г* – ЗМРЗ НТ30-63

Визначення зносу виконувалося методом гравіметрії – шляхом зважування зразків до початку та після закінчення випробувань на лабораторних вагах, а також проводили періодичне зважування зразків (один раз на годину). Об'ємно-ваговим методом визначалася витрата змащувального матеріалу, що підлягав випробуванню. Усі вимірювання здійснювалися приладами та інструментами, повіреними і атестованими у встановленому чинними нормативними документами порядку.

Результати випробувань наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювань ваги зразків у порівняльних випробуваннях мастильних матеріалів (17.04-18.04.2019, НТУ "ДП")

№ зразка	Позначення зразка	Маса на повірених вагах УДХТУ, г	Результати зважування, процент погодинної втрати маси з початку випробувань						Загальна втрата маси за час випробувань		Маса на повірених вагах УДХТУ, г	Мастильний матеріал
			1 година		2 година		3 година		г	%		
		початкові	маса, г	втрата, %	маса, г	втрата, %	маса, г	втрата, %			остаточні	
1	1/45	155,0881	154,8902	0,1276	154,8607	0,0190	154,8550	0,0037	0,2331	0,1503	154,8550	Рельсол М
2	1/40	141,6507	140,6606	0,6990	140,0903	0,4054	139,5124	0,4125	2,1383	1,5096	139,5124	Рельсол М
3	2/45	147,8521	147,8204	0,0214	147,8103	0,0068	147,7839	0,0179	0,0682	0,0461	147,7839	ЗМГЗ НТ 30-63
4	2/40	142,8129	142,6806	0,0926	142,6407	0,0280	142,6055	0,0247	0,2074	0,1452	142,6055	ЗМГЗ НТ 30-63
5	3/45	149,6706	149,6002	0,0470	149,5800	0,0135	149,5449	0,0235	0,1257	0,0840	149,5449	ЗМРЗ НТ 30-63
6	3/40	140,9075	140,4305	0,3385	140,3603	0,0500	140,3289	0,0224	0,5786	0,4106	140,3289	ЗМРЗ НТ 30-63
7	4/45	150,4818	150,3232	0,1054	150,2672	0,0373	150,2669	0,0002	0,2149	0,1428	150,2669	РС-6
8	4/40	140,6351	139,5573	0,7664	139,4611	0,0689	139,4274	0,0242	1,2077	0,8587	139,4274	РС-6

Графічно результати зносу (втрати маси) рухомого й нерухомого зразків під час випробувань з різними мастилами можливо представити діаграмами (рисунки 4 та 5).

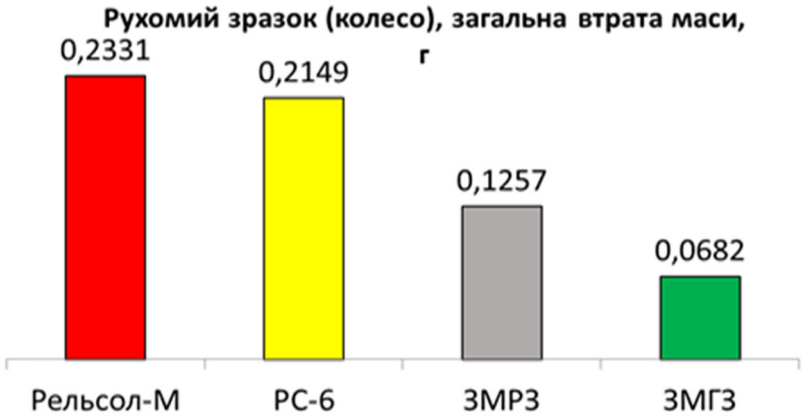


Рисунок – 4 Діаграма втрати маси рухомими зразками

Чисельні результати ефективності використання модифікованих змащувальних матеріалів подані у таблицях 2 та 3.

Таблиця 2 – Ефективність використання модифікованих змащувальних матеріалів (втрати маси рухомими зразками) у порівнянні зі штатними мастилами

Найменування штатного мастильного матеріалу	Найменування мастильного матеріалу, що випробовувався	Відносна ефективність складів ТОВ «МОДІФІК», %
Рельсол-М	ЗМГЗ НТ 30-63	341
РС-6	ЗМГЗ НТ 30-63	315
Рельсол-М	ЗМР3 НТ 30-63	185
РС-6	ЗМР3 НТ 30-63	170

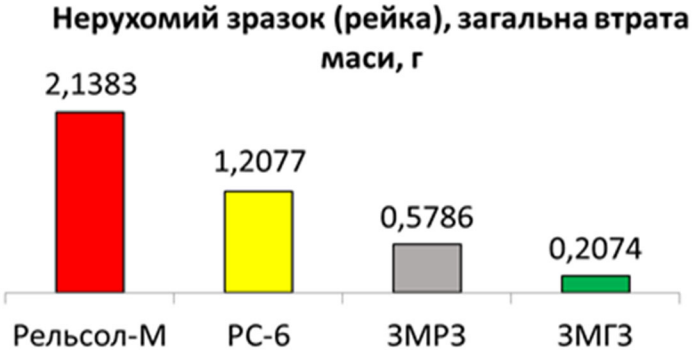


Рисунок – 5 Діаграма втрати маси нерухомими зразками

Таблиця 3 – Ефективність використання модифікованих змащувальних матеріалів (втрати маси нерухомими зразками) у порівнянні зі штатними мастилами

Найменування штатного мастильного матеріалу	Найменування мастильного матеріалу, що випробовувався	Відносна ефективність складів ТОВ «МОДІФІК», %
Рельсол-М	ЗМГЗ НТ 30-63	1031
РС-6	ЗМГЗ НТ 30-63	582
Рельсол-М	ЗМРЗ НТ 30-63	369
РС-6	ЗМРЗ НТ 30-63	208

Узагальнення результатів випробувань

1) Випробування проведені згідно програми і методики приймальних випробувань «Змащувальні матеріали для гребне- і рейкозмащувачів. Оцінка властивостей змащувальних матеріалів», погодженої АТ «Укрзалізниця» та НТУ «Дніпровська політехніка» і затвердженої ТОВ «МОДІФІК».

2) За результатами випробувань встановлено, що втрата маси рухомого зразку (реборда колеса) за період випробувань із мастилом Рельсол-М становить 341 %, у порівнянні із втратою маси аналогічного зразку зі змащувальним матеріалом ЗМГЗ НТ 30-63, а у нерухомого зразку (рейка) – 1 031 % відповідно.

3) За результатами випробувань встановлено, що втрата маси рухомого зразку (реборда колеса) за період випробувань із мастилом РС-6 становить 315 %, у порівнянні із втратою маси аналогічного зразку зі змащувальним матеріалом ЗМГЗ НТ 30-63, а у нерухомого зразку (рейка) – 582 % відповідно.

4) За результатами випробувань встановлено, що втрата маси рухомого зразку (реборда колеса) за період випробувань із мастилом Рельсол-М становить 185 %, у порівнянні зі змащувальним матеріалом ЗМРЗ НТ 30-63, а у нерухомого зразку (рейка) – 369 % відповідно.

5) За результатами випробувань встановлено, що втрата маси рухомого зразку (реборда колеса) за період випробувань з мастилом РС-6 становить 170 %, у порівнянні зі змащувальним матеріалом ЗМРЗ НТ 30-63, а у нерухомого зразку (рейка) – 208 % відповідно.

Висновки. 1 За результатами випробувань зроблені такі висновки:

– змащувальні матеріали Рельсол-М та Рельсол-ГС виготовляються у відповідності до вимог ТУ У 23.2-30802090-055:2006 та відрізняються між собою незначною мірою (лише показниками пенетрації);

– графітовмісна змащувальна композиція РС-6 не забезпечує стабільних змащувальних властивостей у зв'язку зі специфікою процесу її підготовки до застосування та особливостей нанесення на поверхні рейок;

– змащувальний матеріал ЗМРЗ НТ 30-63 поступається своїми триботехнічними властивостями змащувальному матеріалу ЗМГЗ НТ 30-63 як під час змащування рухомого зразку (колесо), так і нерухомого зразку (рейка).

2 За підсумками розгляду результатів випробувань можливо визнати матеріал ЗМГЗ НТ 30-63 найкращим та універсальним змащувальним матеріалом як для гребнезмащувачів локомотивів, так і для стаціонарних рейкозмащувачів, які працюють на змащувальних матеріалах Рельсол-М та Рельсол-ГС відповідно.

3 Разом з цим, можливо рекомендувати застосування змащувального матеріалу ЗМРЗ НТ 30-63 для змащення поверхонь рейок за допомогою пересувних колійних рейкозмащувачів як повноцінну заміну штатної змащувальної графітовмісної композиції РС-6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гетьман Г.К., Афанасов А.М., Швец А.В. Статистический анализ износа гребней колесных пар локомотивов на Приднепровской железной дороге // Труды IX Междунар. конф. “Проблемы механики железнодорожного транспорта”. – 1996. – С.69.

2. Даніленко Е.І., Яковлєв В.О., Костюк М.Д. та ін. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП/0138).-К.:Транспорт України, 2006. 336 с.

3. Афанасов А.М. Анализ кинетики смазочных слоев на свободной поверхности гребня колеса рельсового транспортного средства / Підвищення ефективності роботи приладів електричного транспорту. Міжвузівський збірник наукових праць. Дніпропетровськ, 1999. – С. 154 – 159.

4. ТУ У 23.2-30802090-055:2006 «Мастила «Агрінол Рельсол» Технічні умови».

5. ТУ 2113-131-05015182. «Графитосодержащий состав для рельсовой смазки марок РС-6 «В», РС-6 «ВУ». Технические условия».

6 ТУ У 20.5-42277844-001:2019 «Наповнювачі твердозмащувальні. Технічні умови».

УДК 621.373 – 187.4

СИНТЕЗ ГАРМОНІЙНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІНДУКТИВНОСТІ ДАВАЧА МАГНЕТИТУ НА ОСНОВІ КОМБІНОВАНОЇ ОПЕРАЦІЙНОЇ СХЕМИ

М.І. Твердоступ
кандидат технічних наук, доцент кафедри електронних обчислювальних машин, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна, e-mail: tven72@ukr.net

Анотація. На основі узагальненої моделі перетворювачів імпедансу синтезовано F-метричний перетворювач індуктивності давача магнетиту в частоту гармонійних коливань, для якого немає принципового обмеження чутливості до варіації індуктивності.

Ключові слова: синтез, індуктивний давач, магнетит, перетворювач імпедансу, операційна схема, зворотний зв'язок, F-метр.

SYNTHESIS OF HARMONY CONVERTER OF INDUCTIVITY MAGNETITE BASED ON THE COMBINED OPERATING SCHEME

Mikola Tverdostup
Ph.D., associate professor of department of electronic calculable machines, Oles Gonchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine, e-mail: tven72@ukr.net

Abstract. Based on the generalized model, the impedance converters are synthesized F-metric converter of inductance of the magnetite sensor to the frequency of harmonic oscillations, for which there is no fundamental limitation of the sensitivity to the variation of the inductance.

Keywords: synthesis, inductive sensor, magnet, impedance converter, operating circuit, feedback, F-meter.

Вступ. Актуальною задачею є створення надійних вимірювальних пристроїв для контролю якості залізорудної сировини за її магнітною проникністю. Для вирішення цієї задачі використовують метод *F*-метра, який надає можливість досить просто перетворити реактанс індуктивного давача магнетиту в частоту гармонійних коливань[1]. Метод *F*-метра також надзвичайно зручний для узгодження з комп'ютерними пристроями обробки інформації, проте його суттєвим недоліком є невелика чутливість до контрольованого параметру, що обмежує використання методу для контролю слабомагнітної сировини (залізорудна пульпа, ‘’хвости”). Це викликає необхідність створення засобів для підвищення чутливості контролю методом *F*-метра. Перспективними для вирішення цієї задачі є перетворювачі імпе-

дансу[2], розробка яких, з урахуванням вимог конкретного завдання, істотно спрощується при наявності їх базової моделі. В [3] наведена узагальнена модель перетворювачів імпедансу, яку доцільно використати в якості базової для синтезу *F*-метричного перетворювача індуктивного імпедансу.

Мета роботи. Метою роботи є визначення можливостей використання узагальненої моделі перетворювачів імпедансу для синтезу гармонійного перетворювача індуктивності давача для контролю вмісту магнетиту.

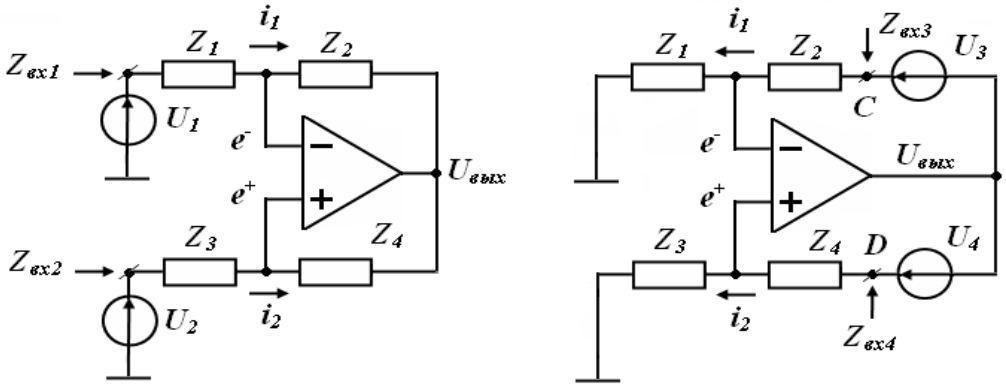
Матеріали і результати дослідження. Синтез гармонійного перетворювача індуктивного імпедансу проведемо на основі узагальненої моделі перетворювачів імпедансу [3], яка надана у вигляді операційного підсилювача з комбінованим зворотним зв'язком (рис.1). Така лінійна комбінована операційна схема (ЛКОС) має функціонально повний набір вхідних імпедансів у вигляді

$$Z^{\cdot}_\text{вх1} = (Z^{\cdot}_1 \ \llbracket - Z^{\cdot} \rrbracket _2\, Z^{\cdot}_3 / Z^{\cdot}_4)/(1-n), \quad (1)$$

$$(Z)^{\cdot}_\text{вх2} = (Z^{\cdot}_(3) \ \llbracket - Z^{\cdot} \rrbracket _1\, Z^{\cdot}_4 / Z^{\cdot}_2)/(1-l), \quad (2)$$

$$Z^{\cdot}_\text{вх3} = (Z^{\cdot}_2 \ \llbracket - Z^{\cdot} \rrbracket _1\, Z^{\cdot}_4 / Z^{\cdot}_3)/(1-k), \quad (3)$$

$$Z^{\cdot}_\text{вх4} = (Z^{\cdot}_4 \ \llbracket - Z^{\cdot} \rrbracket _2\, Z^{\cdot}_3 / Z^{\cdot}_1)/(1-p), \quad (4)$$



а) *б)*

Рисунок 1 – Лінійна комбінована операційна схема (ЛКОС) з заземленими (а) і зваженими (б) джерелами напруги збудження

де $Z^{\cdot}_1, Z^{\cdot}_2, Z^{\cdot}_3, Z^{\cdot}_4$ – лінійні імпеданси довільного характеру, U_1, U_2, U_3, U_4 – джерела напруги збудження, $n = U_2/U_1$, $l = U_1/U_2$, $k = U_4/U_3$, $p = U_3/U_4$. Величини і знаки складових вхідного імпедансу визначаються амплітудними і фазовими співвідношеннями між напругами джерел збудження.

Для імпедансу $Z^{\cdot}_\text{вх1}$ при синфазних напругах U_1 і U_2 $n > 0$. Вибравши $Z_1 = 0$ і $0 < n < 1$ отримуємо, що $Z^{\cdot}_\text{вх1} = \llbracket - Z^{\cdot} \rrbracket _2\, Z^{\cdot}_3 / Z^{\cdot}_4 / (1-n)$. Звідси випливає, що ЛКОС перетворює імпеданси Z_2 і Z_3 змінюючи їх величини і знаки, тобто виконує функцію конвертора негативного імпедансу (КНІ). Імпеданс Z_4 схема перетворює змінюючи його величину, знак і характер, отже, відносно Z_4 ЛКОС є інвертором негативного імпедансу (ІНІ). Якщо $Z_1 = 0$ і $n >$

1 вхідний імпеданс ЛКОС позитивний $Z_{вх1} > 0$, в цьому випадку схема перетворює імпеданси Z_2, Z_3 із зміною їх величин і збереженням знаків, тобто виконує функцію конвертора позитивного імпедансу (КПІ). Імпеданс Z_4 перетворюється із зміною характеру величини і збереженням знаку, тобто відносно Z_4 ЛКОС є інвертором позитивного імпедансу (ІПІ).

При $Z_1 \neq 0$, $Z_4 = \infty$ (або $Z_2 = Z_3 = 0$) і $0 < n < 1$ вхідний імпеданс дорівнює $Z_вх1 = Z_1/(1-n)$, отже, щодо Z_1 ЛКОС є КПІ з коефіцієнтом передачі, що залежить від значення n. У разі $n > 1$ вхідний імпеданс стає негативним

$Z_{вх1} < 0$ і схема перетворюється в КНІ.

Подібний аналіз вхідних імпедансів $Z_вх2$, $Z_вх3$, $Z_вх4$ дає результати, аналогічні попереднім, що вказує на можливість синтезу різноманітних перетворювачів імпедансу, заснованих на узагальненій моделі у вигляді ЛКОС.

Розглянемо синтез на основі ЛКОС *F*-метричного перетворювача індуктивності давача, який використовують для контролю вмісту магнетиту в залізорудній сировині при визначенні її якості.

Вимірювальний генератор *F*-метричного перетворювача (рис. 2) створюємо на основі ЛКОС, у якої вхідний імпеданс згідно (1) дорівнює

$$Z_вх = (Z_1 \parallel R_2 R_3/Z_4)/(1-n), \quad (5)$$

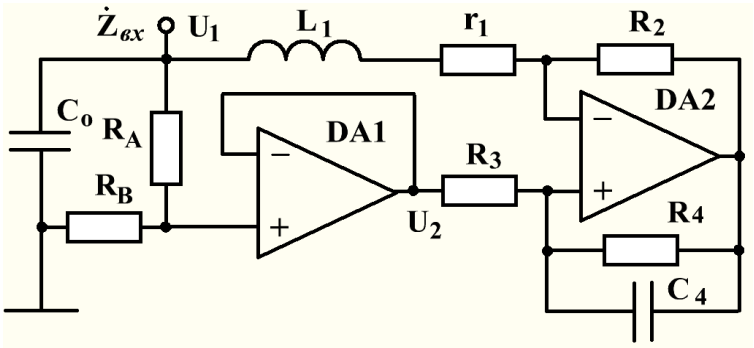


Рисунок 2 – Вимірювальний генератор *F*-метричного перетворювача індуктивності давача L_1

де $Z_1 = r_1 + j\omega L_1$ – комплексний імпеданс давача з індуктивністю L_1 і активним опором r_1; R_2, R_3 – активні опори кола комбінованого оберненого зв'язку підсилювача DA2; $Z_4 = R_4/(1 + j\omega C_4 R_4)$ – комплексний імпеданс паралельно з'єднаних опору R_4 і ємності C_4. Повторювач на підсилювачі DA1 з резистивним дільником R_A, R_B є джерелом напруги збудження U_2, синфазного джерелу напруги U_1 на вході ЛКОС. Відношення n для цього

випадку має вигляд $n = R_B / ((R_A + R_B).)$ При таких умовах вхідний імпеданс ЛКОС дорівнює

$$Z_вх = (1 + R_B/R_A)(r_1 + j\omega L_1 - R_2R_3/R_4 - j\omega C_4R_2R_3). \quad (6)$$

Із (6) випливають вирази активної $r_{вх}$ та індуктивної $L_{вх}$ складових вхідного імпедансу $\dot{Z}_{вх}$

$$r_{вх} = (1 + R_B/R_A)(r_1 - R_2R_3/R_4), \quad (7)$$

$$L_{вх} = (1 + R_B/R_A)(L_1 - C_4R_2R_3), \quad (8)$$

які вказують, що індуктивність L_1 і активний опір r_1 давача магнетиту перетворюються у вхідну індуктивність $L_{вх}$ і опір $r_{вх}$ з коефіцієнтом помноження $m = (1 + R_B/R_A)$. Із (7) випливає, що множення опору r_1 супроводжується його компенсацією від'ємною активною складовою вхідного імпедансу ЛКОС, яка дорівнює $R_{(-)} = -R_2R_3/R_4$, причому при $R_{(-)} \rightarrow r_1$ вхідний опір $r_{вх} \rightarrow 0$, що вказує на можливість істотного підвищення добротності вхідної індуктивності. Із (8) випливає , що множення індуктивності L_1 на коефіцієнт m відбувається одночасно із зменшенням її значення на величину $C_4R_2R_3$, яку надалі будемо називати компенсуючою індуктивністю $L_к$.

Припустимо, що під впливом магнітної проникності руди з певним вмістом магнетиту індуктивність давача L_1 змінюється на величину ΔL_1, тоді вхідна індуктивність ЛКОС стає рівною

$$L_{вх} + \Delta L_{вх} = m(L_1 + \Delta L_1 - L_к). \quad (9)$$

Із (8) і (9) випливає, що абсолютне та відносне збільшення вхідної індуктивності складають $\Delta L_{вх} = m\Delta L_1$ та $\Delta L_{вх}/L_{вх} = \Delta L_1/(L_1 - L_к)$, причому, при $L_к \rightarrow L_1$ $\Delta L_{вх}/L_{вх} \rightarrow \infty$. Видно, що абсолютне збільшення $\Delta L_{вх}$ визначається коефіцієнтом помноження m, а відносне $\Delta L_{вх}/L_{вх}$ – величиною компенсуючої індуктивності $L_к$. Це показує, що в ЛКОС реалізуються масштабування індуктивності давача і управління величиною чутливості до вимірюваного параметру.

До входу ЛКОС підключена ємність C_0, яка сумісно із вхідною індуктивністю $L_{вх}$ утворюють коливальний контур. Із (7) виходить, що при виконанні умови $r_1 < R_2R_3/R_4$ в контурі присутня негативна активна складова вхідного опору ЛКОС, яка компенсує активні втрати в контурі і забезпечує стаціонарні гармонійні коливання на резонансній частоті

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{m(L_1 - L_к)C_0}}. \quad (10)$$

При зміні величини індуктивності L_1 давача в залежності від вмісту магнетиту приріст частоти складає

$$\Delta f = \frac{df}{dL_{вх}}\Delta L_{вх} = -\frac{1}{4\pi\sqrt{m(L_1 - L_к)C_0}} \cdot \frac{\Delta L_1}{(L_1 - L_к)}. \quad (11)$$

Із (11) видно, що приріст частоти істотно збільшується при $L_к \to L_1$. Це обґрунтовує можливість суттєвого підвищення чутливості *F*-метра на основі ЛКОС до зміни індуктивності L_1 давача вмісту магнетиту.

Експериментальна перевірка виразу (11) проведена на вимірювальному генераторі (рис. 2), який було зібрано на операційних підсилювачах ICL7650 з індуктивністю L_1 = 21 мГн, ємністю C_0 = 1,106 мкФ і початковою частотою коливань 460 Гц. На рис. 3 показані експериментальні залежності модуля збільшення частоти *Δf* генератора від збільшення індуктивності ΔL_1

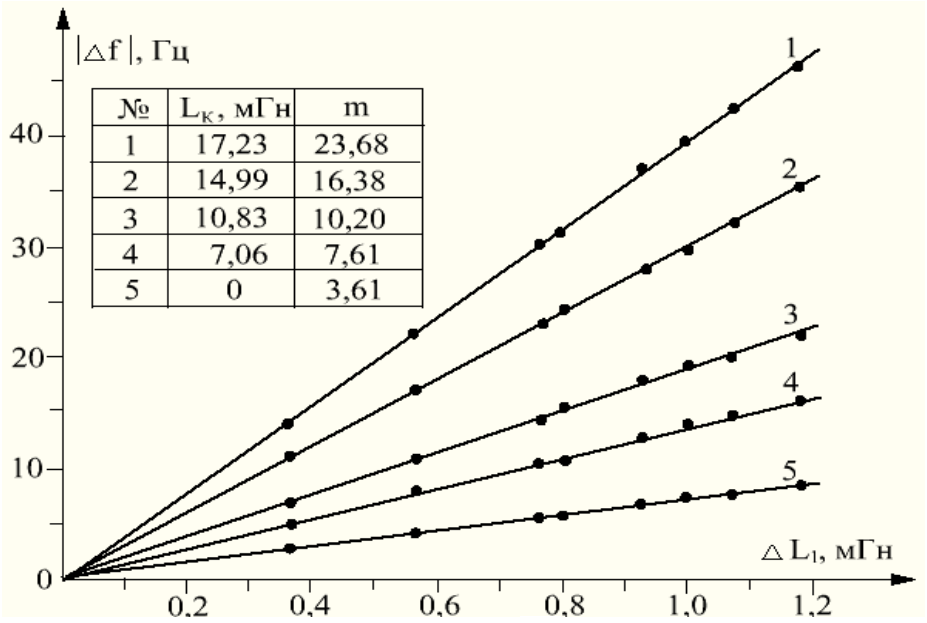


Рисунок 3 – Збільшення частоты Δf генератора як функція збільшення індуктивності ΔL_1 давача вмісту магнетиту

давача вмісту магнетиту при варіації значень компенсуючої індуктивності $L_к$ від 0 до 17,23 мГн. Видно, що при значенні $L_к = 0$ (залежність 5) чутливість до ΔL_1 мінімальна і становить 7,5 Гц/мГн, при збільшенні зна-

чення $L_к$ чутливість зростає, причому при $L_к$=17,23 мГн (залежність 1) чутливість збільшується в п'ять разів до 39,2 Гц/мГн. Це підтверджує, що величиною компенсуючої індуктивності $L_к$ можна управляти чутливістю вимірювального генератора в межах виконання умови $L_1 - L_к > 0$. Розрахункова залежність (11) досить добре узгоджується з експериментальними даними, відмінність не перевищує 5%.

Висновки. В результаті проведеного дослідження встановлене наступне:

– синтез на основі лінійної комбінованої операційної схеми дозволив створити вимірювальний пристрій у вигляді *F*-метра, у якого, на відміну від традиційного методу, немає принципового обмеження чутливості до вимірюваного параметру, причому, чутливістю можна керувати шляхом зміни коефіцієнта помноження та величини компенсуючої індуктивності;

– узагальнена модель перетворювачів імпедансу у вигляді ЛКОС може використовуватися в якості базової схеми для синтезу гармонійних перетворювачів індуктивного імпедансу;

– синтезована на основі перетворювачів імпедансу схема *F*-метра завдяки високій чутливості є перспективною для побудови пристроїв контролю якості залізорудної сировини, особливо з малим вмістом магнетиту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Марюта, А.Н. Контроль качества железорудного сырья [Текст] / А.Н. Марюта, И.К. Младецкий, П.А. Новицкий. – К.: Техніка, 1976. – 220 с.

2. Филановский, И.М. Схемы с преобразователями сопротивления [Текст] / И.М. Филановский, А. Ю. Персианов, В.К. Рыбин – Л.: Энергия, 1973. – 192 с.

3. Твердоступ, Н.И. Обобщенная модель преобразователей импеданса [Текст] / Н.И. Твердоступ // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Фізика. Радіоелектроніка. – 2010. – Вип. 17, №2. – С. 103 - 108.

UDC 539.3 / 6

ELABORATION OF A METHODOLOGY OF POWER CALCULATIONS OF FLAT FRAMES UNDER CONDITIONS OF FORCED OSCILLATIONS

Yu.S. Kholodniak[1], S.V. Kaporovych[2], Ye.D. Korotenko[3]

[1] Ph.D., Associate Professor of Technical Mechanics Department, Head of Technical Mechanics Department, e-mail: texmex@dgma.donetsk.ua, holodhjak.yuri@gmail.com

[2] Ph.D., Senior Lecturer of Technical Mechanics Department, e-mail: kaporovych@gmail.com

[3] Ph.D., Head of Language Training Department, e-mail: yevgendk@gmail.com

[1, 2, 3] Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine

Abstract. The mathematical model proposed in this paper describes oscillations of a weightless frame with a point mass and simultaneous action of vertical and horizontal harmonic disturbing forces. The model is based on the method of forces, which establishes the relationship between the movement of the frame and the forces acting on it. Together with the model, dependences were obtained for calculating resonant frequencies of the oscillating system. The completed developments allow to determine dynamic characteristics of the oscillation process and to calculate frames for strength and rigidity. The methodology for this calculation is implemented in the Mathcad 15 environment and has been successfully tested on a number of learning tasks. The results of the work may be useful to students and teachers of technical universities, as well as practitioners who perform power calculations.

Keywords: plane frame, forced oscillation, mathematical model, resonant frequency, power calculation.

СПРОЩЕНА МЕТОДИКА СИЛОВОГО РОЗРАХУНКУ ПЛОСКИХ РАМ В УМОВАХ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАННЬ

Ю.С. Холодняк[1], С.В. Капорович[2], Е.Д. Коротенко[3]

[1] кандидат технічних наук, доцент, зав. кафедрою технічної механіки, e-mail: texmex@dgma.donetsk.ua, holodhjak.yuri@gmail.com

[2] кандидат технічних наук, ст.викладач кафедри технічної механіки, e-mail: kaporovych@gmail.com

[3] кандидат філософських наук, зав. кафедрою мовної підготовки, e-mail: yevgendk@gmail.com

[1, 2, 3] Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Анотація. Математична модель, що запропонована в роботі, описує коливання невагомої рами з точковою масою при одночасній дії на них вертикальної й горизонтальної гармонійних збурюючих сил. У основу моделі покладений метод сил, що встановлює зв'язок переміщень рами з силами, які на неї діють. Разом з моделлю отримані залежності для обчислення резонансних частот коливальної системи. Виконані розробки дозволяють визначати динамічні характеристики коливального процесу і розраховувати рами на міцність і жорсткість. Методика такого розрахунку реалізована у середовищі Mathcad15. Результати роботи можуть бути корисними студентам і викладачам технічних ВНЗ, також фахівцям - практикам, що виконують силові розрахунки.

Ключевые слова: плоскі рами, вимушені коливання, математична модель, резонансні частоти, силові розрахунки.

Introduction. Scientific and technological progress requires designers to apply increasingly sophisticated calculation methods relating to the strength and power requirements for the created products. The most relevant are the requirements for the structures exposed to the variables of time and external loads.

Beams and flat frames are well-known core structures in engineering and construction, which operate under conditions of forced oscillations, arising as a result of the so-called perturbing forces. The most common source of such forces

is functioning of various equipment installed on these constructions – such as pumps, presses, pile drivers, etc. Perturbing forces arise as a result of the movement of the center of masses of such equipment and they are of periodic, often harmonious, nature. In structures under conditions of forced oscillations there are additional (dynamic) forces and stresses, which in some cases reach dangerous values. Hence the importance of their adequate consideration for power calculations of the named structures.

Typically, the teaching and methodological literature on the resistance of materials highlights forced oscillations of a weightless beam with a point mass fixed to it [1-3]. Such a model of oscillatory system, despite its simplicity, usually provides an acceptable accuracy of power calculations for practical use. In addition, cases of forced oscillations of beams with distributed or multiple discrete masses are also analyzed in university courses of resistance of materials and construction mechanics [4-6]. However, the proposed methods of calculation for a broad practical application are quite complex, since they require in-depth mathematical training, which goes beyond the curricula of conventional engineering universities.

Similar (refined) calculation methods relating to forced fluctuations of flat frames are usually given consideration by university courses of structural mechanics [7-9]. They are also quite complicated and therefore less suitable for widespread use in engineering and other industries. To do this, we need more simple calculation methods, which do not require special mathematical training, but at the same time provide acceptable accuracy for practical use.

Formulation of the problem. The purpose of this work is to develop a simplified two-dimensional mathematical model of forced fluctuations of flat frames, followed by implementation of this model into power calculations.

Solution of the problem. To realize this goal we take the simplest L-shaped frame (Fig. 1) and analyze its deformation.

Let the forces P_1 and P_2, which cause the displacements Δ_1 and Δ_2 (see Fig. 1), influence on an oscillating mass m at any given time:

$$\Delta_1 = P_1 \cdot \delta_{11} + P_2 \cdot \delta_{12}, \quad (1)$$

$$\Delta_2 = P_2 \cdot \delta_{22} + P_1 \cdot \delta_{21}, \quad (2)$$

where δ_{11}, δ_{12}, δ_{22}, δ_{21} are the displacements of the oscillating mass under the action of unit forces $P_1 = 1$ and $P_2 = 1$, which are determined by means of the diagrams of bending moments from these forces - $\bar{M}_1$ and $\bar{M}_2$ [4].

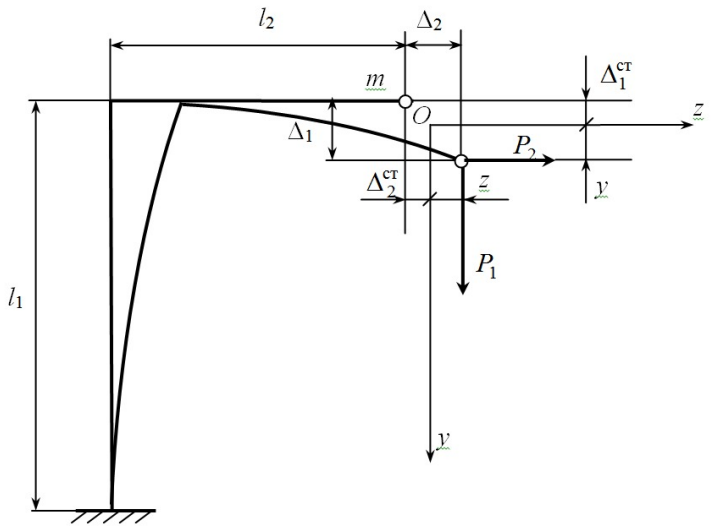


Figure 1 – Frame Scheme

Fluctuations of the mass occur relative to the position of static equilibrium (point 0 in Fig. 1). In this position:

$$P_1^{st} = mg, \tag{3}$$

$$P_2^{st} = 0. \tag{4}$$

According to (1) and (2) there is:

$$\Delta_1^{st} = P_1^{st} \cdot \delta_{11} = mg \cdot \delta_{11}, \tag{5}$$

$$\Delta_2^{st} = P_1^{st} \cdot \delta_{21} = mg \cdot \delta_{21}. \tag{6}$$

During oscillations (see Fig. 1):

$$\Delta_1 = \Delta_1^{st} + y = mg \cdot \delta_{11} + y, \tag{7}$$

$$\Delta_2 = \Delta_2^{st} + z = mg \cdot \delta_{21} + z. \tag{8}$$

Substituting expressions (7) and (8) in formulas (1) and (2) we obtain:

$$\begin{cases} mg \cdot \delta_{11} + y = P_1 \cdot \delta_{11} + P_2 \cdot \delta_{12}, \\ mg \cdot \delta_{21} + z = P_2 \cdot \delta_{22} + P_1 \cdot \delta_{21}. \end{cases} \tag{9}$$

By solving the system of equations (9), we obtain the dependencies P_1 and P_2 on the current coordinates of the oscillatory mass:

$$P_1 = f_1(y,z) = mg + \frac{z}{\delta_{21}} - \frac{y \cdot \delta_{21} - z \cdot \delta_{11}}{\delta_{21}^2 - \delta_{22} \cdot \delta_{11}} \cdot \frac{\delta_{22}}{\delta_{21}}, \tag{10}$$

$$P_2 = f_2(y,z) = \frac{y \cdot \delta_{21} - z \cdot \delta_{11}}{\delta_{21}^2 - \delta_{22} \cdot \delta_{11}}. \tag{11}$$

Taking into consideration that P_1 and P_2 are the forces deforming the frame, so the corresponding response of the frame equals to the following forces:

$$R_1 = P_1 = f_1(y,z), \tag{12}$$

$$R_2 = P_2 = f_2(y,z). \tag{13}$$

Let's specify the problem. For an oscillatory mass we accept, as the authors of a number of works [1, 10 and 11] do, an electric motor with statically unbalanced rotor. Its angular velocity is ω, and the disturbing force module is H.

Let's apply to the specified mass the force of gravity $m\bar{g}$, the frame reactions $\bar{R}_1$ and $\bar{R}_2$, disturbing force $\bar{H}$, forces of inertia $\bar{\Phi}_1$ and $\bar{\Phi}_2$ and the forces of resistance of the medium $\bar{F}_1$ and $\bar{F}_2$ (Fig. 2).

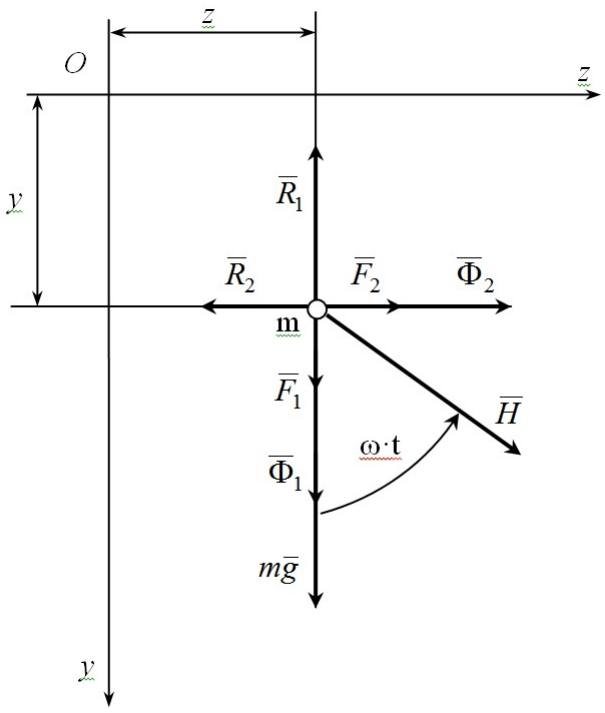


Figure 2 – Scheme of oscillating mass load

Under the action of these forces, the mass m is in the position of kinetic and static equilibrium:

$$m\bar{g}+\bar{R}_1+\bar{R}_2+\bar{H}+\bar{\Phi}_1+\bar{\Phi}_2+\bar{F}_1+\bar{F}_2=0. \quad (14)$$

By imposing the vector equation projection (14) on the axes y and z, we obtain:

$$\begin{aligned}(y):&mg+R_1^y+H\cdot\cos\omega t+\Phi_1^y+F_1^y=\\&=mg-f_1(y,z)+H\cdot\cos\omega t-m\cdot\ddot{y}-\mu\cdot\dot{y}=0,\end{aligned} \quad (15)$$

$$(z):R_2^z+H\cdot\sin\omega t+\Phi_2^z+F_2^z=-f_2(y,z)+H\cdot\sin\omega t-m\cdot\ddot{z}-\mu\cdot\dot{z}=0. \quad (16)$$

After transformations (15) and (16) we obtain the final form of the differential equations of motion of the mass m:

$$m\cdot\ddot{y}+\mu\cdot\dot{y}+f_1(y,z)=mg+H\cdot\cos\omega t, \quad (17)$$

$$m\cdot\ddot{z}+\mu\cdot\dot{z}+f_2(y,z)=H\cdot\sin\omega t, \quad (18)$$

where $\ddot{y}$ and $\ddot{z}$ are projections of the oscillating mass acceleration on the axis of coordinates;

$\dot{y}$ and $\dot{z}$ are projections of the velocity of this mass on the axis of coordinates;

μ is the resistance coefficient of the medium;

t is time from the beginning of the movement (the output of mass m from the position of static equilibrium).

It should be noted that equations (17) and (18) are universal ones, not depending directly on geometric parameters of the frame: these parameters are related only to the values δ_{11}, δ_{22}, $\delta_{12} = \delta_{21}$. For the frame represented in Figure 1 it is easy to calculate their values using Vereshchagin's rule by "multiplying" the diagrams $\bar{M}_1$ and $\bar{M}_2$ (Figs 3, 4):

$$\delta_{11} = \bar{M}_1 \times \bar{M}_1 = \frac{1}{E \cdot J_x} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \ell_2 \cdot \ell_2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \ell_2 + \ell_1 \cdot \ell_2 \cdot \ell_2\right) = \frac{1}{E \cdot J_x} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \ell_2^3 + \ell_1 \cdot \ell_2^2\right) \quad (19)$$

,

$$\delta_{22} = \bar{M}_2 \times \bar{M}_2 = \frac{1}{E \cdot J_x} \cdot \frac{1}{2} \cdot \ell_1 \cdot \ell_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot \ell_1 = \frac{\ell_1^3}{3E \cdot J_x}, \quad (20)$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \bar{M}_1 \times \bar{M}_2 = \frac{1}{E \cdot J_x} \cdot \ell_1 \cdot \ell_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \ell_1 = \frac{\ell_1^2 \cdot \ell_2}{2E \cdot J_x}, \quad (21)$$

where EJ_x is stiffness of the sections of rods of the frame.

For another frame shape, the formulas for calculating the above mentioned values are different, but the procedure for their determination remains unchanged.

The found values of the displacements δ_{11}, δ_{22} and δ_{12} also allow to determine resonant frequencies of the system fluctuations.

The basis for this definition is the formula for calculating resonant frequencies of oscillations of a frame with two point masses m_1 and m_2 fixed to it, each of which can move in one direction [12]. This formula is as follows:

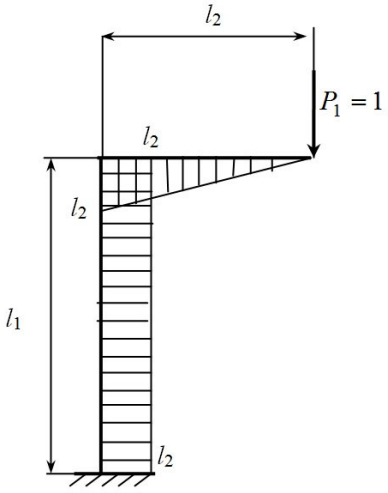


Figure 3 – Diagram $\bar{M}_1$

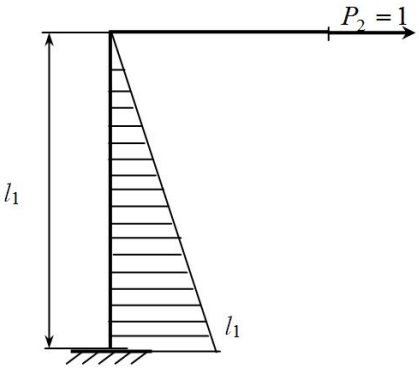


Figure 4 – Diagram $\bar{M}_2$

$$\omega_{1,2} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{(m_1 \cdot \delta_{11} + m_2 \cdot \delta_{22}) \pm \sqrt{(m_1 \cdot \delta_{11} + m_2 \cdot \delta_{22})^2 - 4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot (\delta_{11} \cdot \delta_{22} - \delta_{12}^2)}}}. \quad (22)$$

In our case, one mass m is fixed to the frame, but it moves in two directions – vertical and horizontal. To take this circumstance into account, we introduce into the formula (22) $m_1 = m_2 = m$.

Then, after simple transformations, formula (22) takes the form:

$$\omega_{1,2} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{m \cdot (\delta_{11} + \delta_{22}) \pm m \cdot \sqrt{(\delta_{11} + \delta_{22})^2 - 4 \cdot (\delta_{11} \cdot \delta_{22} - \delta_{12}^2)}}}. \quad (23)$$

In order to assess the adequacy of the proposed model, a comparison of the results has been done, obtained by means of the proposed model with those published in [13], where, based on the implementation of the classical model of forced oscillations of a system with one degree of freedom, the parameters of vertical vibrations of a weightless cantilever beam (I-beam 20, $\ell = 3\,m$) with installed motor (m = 1000 kg, n = 1000 rpm) with statically unbalanced rotor creating a disturbing force $H = 0{,}3mg$. In this paper, the circular frequency of the system's own oscillations is k = 20.220 sec^{-1}, and the maximum normal tension in the beam is σ_{max} = 171 MPa. An alternative calculation according to the proposed method was performed by Mathcad 15 [14, 15] in relation to the frame diagram presented in Fig. 1, but with its maximum approximation in shape and size to the foregoing beam: $\ell_1 = 0.1\,m$, $\ell_2 = 3\,m$. Other system parameters are the same as in [13]. The calculation results are presented in Fig. 5.

Breakout of results in σ_{max} (in spots of frame and beam jamming):

$$\Delta(\sigma_{max}) = \frac{167.416 - 171}{171} \cdot 100 = -2.096\,\%,$$

by the resonant frequency (ω_1 and k):

$$\Delta(\omega_1) = \frac{19.28 - 20.22}{20.22} \cdot 100 = -4.649\,\%.$$

As one can see, the results of both calculations are close enough to each other.

For further verification of the proposed method, a series of similar calculations for an L-shaped frame (see Fig. 1) with $\ell_1 = 3\,m$, $\ell_2 = 2\,m$ and variation of values ω in the range from 3 sec^{-1} to 300 sec^{-1} was carried out. Based on the results of these calculations, the graphs of the dependencies of M_{max} and σ_{max} on ω were constructed, which experimentally confirm the presence of two resonant peaks in each of them (Fig. 6). In order to clarify the coordinates of their highest points, detailed graphs of these dependencies were additionally constructed near the resonant frequencies ω_1 and ω_2 (Figs 7, 8). The trace of these graphs determines the experimental values of the resonant frequencies:

$$\omega_1' = 13.115\,sec^{-1},$$

$$\omega_2' = 39.168\,\text{sec}^{-1}.$$

Calculated values of the resonant frequencies: ω_1 = 13.154 sec^{-1}, ω_2 = 39.175 sec^{-1}.

Comparison of experimental and calculated values of resonant frequencies shows their practically complete identity:

$$\Delta(\omega_1) = \frac{\omega_1 - \omega_1'}{\omega_1} \cdot 100 = \frac{13.154 - 13.115}{13.154} \cdot 100 = 0.296\ \%$$

$$\Delta(\omega_2) = \frac{\omega_2 - \omega_2'}{\omega_2} \cdot 100 = \frac{39.175 - 39.168}{39.175} \cdot 100 = 0.018\ \%\ .$$

This result indicates the acceptability of the proposed calculation method for practical purposes, since it not only accurately determines the values of ω_1 and ω_2, but also provides robust power results confirming this accuracy.

In conclusion it should be noted that the capabilities of the developed methodology are not limited to the specified types of calculation tasks. For its development further research is needed.

Conclusions. A new, simplified method of power calculation of flat frames under conditions of forced oscillations is proposed, which allows to calculate the values of maximum normal stresses occurring in frames and to determine their resonant frequencies.

The method is implemented in Mathcad 15 and has successfully passed a large-scale testing.

The completed development may be useful for students and teachers of technical universities, as well as for practitioners who perform power calculations.

Further research in the direction of elaboration of the development will contribute to the deepening of existing theoretical concepts and to the creation of more advanced methods of power calculations and calculation tools.

REFERENCES

1. Ковтун В.В. Опір матеріалів. Розрахункові роботи: Навчальний посібник / В. В. Ковтун. – Львів: Афіша, 2002. – 280 с.

2. Ицкович Г. М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов: Учебное пособие для вузов / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров. – 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. шк., 2001. – 592 с.

3. Дарков А. В. Сопротивление материалов: Учеб. для техн. ВУЗов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. – М.: Высш. шк., 1989. – 624 с.

4. Писаренко Г. С. Опір матеріалів: Підр. для техн. ВНЗ / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.

5. Шевченко Ф. Л. Курс опору матеріалів. Порада до вивчення теорії та розв'язання задач: Навч. посібник / Ф. Л. Шевченко. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – 260 с.

6. Ламси Б. Б. Сборник задач и упражнений по динамике стержневых систем: Учеб. пособие / Б. Б. Ламси и др. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2016. – 96 с.

7. Довнар Е. П. Расчет рам на статические и динамические нагрузки: Учеб. пособие / Е. П. Довнар, Л. Б. Климова. – Минск: БНТУ, 2004. – 186 с.

8. Поляков А. А. Строительная механика: Учеб. пособие / А. А. Поляков, Ф. Г. Лялина, Р. Г. Игнатов. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 424 с.

9. Гайджуров П. П. Расчет стержневых систем на устойчивость и колебания: Учеб. пособие / П. П. Гайджуров. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2009. – 195 с.

10. Кочетов В. Т. Сопротивление материалов: Учеб. пособие / В. Т. Кочетов. – Ростов-на-Дону, Феникс, 2001. – 368 с.

11. Кутовий Л. В. Збірник розрахунково-графічних завдань з курсу "Опір матеріалів" (для студентів всіх механічних спеціальностей денної форми навчання) / Л. В. Кутовий та ін. – Краматорськ ДДМА, 2007. – 220 с.

12. Старцева Л. В. Строительная механика в примерах и задачах: Учеб. пособие / Л. В. Стацева, В. Г. Архипов, А. А. Семенов. – М.: Изд-во АСВ, 2013. – 224 с.

13. Холодняк Ю. С. Особенности прочностных расчетов стержневых конструкций, подверженных вынужденным колебаниям / Ю. С. Холодняк, А. В. Периг, И. А. Матвеев. – Краматорськ: Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. №1(34), 2015. – С.96-102.

14. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в Mathcad 15: Учебный курс / Е. Г. Макаров. – СПб.: Питер, 2011. – 400 с.

15. Макаров Е. Г. Сопротивление материалов на базе Mathcad / Е. Г. Макаров. – СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 512 с.

УДК 629.015:625.72

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

К.М. Бас[1], Т.П. Бас[2], В.В. Швайка[3]

[1]кандидат технических наук, профессор кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Национальный технический университет «Днепровская политехника», г. Днепр, Украина, e-mail: bas.k.m@nmu.one

[2]аспирант кафедры технологий горного машиностроения, Национальный технический университет «Днепровская политехника», г. Днепр, Украина, e-mail: bastp2017@gmail.com

[3]аспирант кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Национальный технический университет «Днепровская политехника», г. Днепр, Украина, e-mail: shvayka.92@mail.ru

Аннотация. Траектория движения беспилотных автомобилей и их производительность определяются технологическими процессами. В работе рассматривается вопрос нахождения кривизны и кручения автомобильной дороги, позволяющей реализовать заданную траекторию движения.

Ключевые слова: орты натурального триэдра, кривизна, кручение, программная трасса, годограф.

DETERMINATION OF PARAMETERS OF AUTOMOBILE ROADS FOR THE SPATIAL MOVEMENT OF UNCLEAR VEHICLES

Konstantin Bas[1], Tatiana Bas[2], Vladimir Shvaika[3]

[1]Ph.D., Professor of the Department of Automobiles and Automobile Economy, National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine, e-mail: bas.k.m@nmu.one

[2]Postgraduate student of the Department of Technology of Mining Engineering, National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine, e-mail: bastp2017@gmail.com

[3] Postgraduate student of the Department of Automobiles and Automobile Economy, National Technical University "Dnipro Polytechnic", Dnipro, Ukraine, e-mail: e-mail: shvayka.92@mail.ru

Abstract. The trajectory of the movement of unmanned vehicles and their performance are determined by technological processes. The question of finding the curvature and torsion of a road that allows one to realize a given trajectory is considered.

Keywords: orts of a natural trihedr, curvature, torsion, program line, hodograph.

Введение. В настоящее время беспилотные автомобили широко используются для обеспечения технологических перевозок на ограниченных производственных площадях с максимально комфортными условиями. Уже осуществлен запуск опытных моделей беспилотных автомобилей на дроги общего пользования [1]. Но отдельно стоит вопрос о расширении использования беспилотных автомобилей промышленными предприятиями, дороги которых, изменяя положение транспортного средства в пространстве, регулярно перестраиваются в зависимости от производственной необходимости. Построение адекватной этой задаче математической модели, адаптированной к компьютерным технологиям, составляет актуальную общую проблему прикладной механики и математики [2, 3].

Цель работы. Создание алгоритма определения кривизны и кручения автомобильной дороги, обеспечивающей пространственное движение беспилотного автомобиля по заданному годографу.

Материалы и результаты исследований. Внутризаводские и внутрикарьерные автомобильные дороги являются частью схемы технологических транспортных коммуникаций по обслуживанию производственного процесса предприятия и характеризуются специфическими условиями эксплуатации и особенностями конструкции.

Схемы, трассы и устройство карьерных автодорог определяются горнотехническими условиями разработки месторождения, направлением

и расстоянием транспортировки вскрышных пород, полезного ископаемого и объемом перевозок.

Рассмотрим движение автомобилей по серпантину.

Граничные условия для этой схемы:

$$t=0,\ t=t_k, \tag{1}$$

$$\bar{r}_A=\bar{i}r_{1A}+\bar{k}r_{3A},\ \bar{r}_B=\bar{j}r_{2B}+\bar{k}r_{3B}, \tag{2}$$

$$\bar{V}_A=\bar{i}V_{1A}+\bar{j}V_{2A}+\bar{k}V_{3A},\ \bar{V}_B=-\bar{i}V_{1B}+\bar{j}V_{2B}+\bar{k}V_{3B} \tag{3}$$

Полагаем, что $\omega t_k=\frac{\pi}{2}$, т.е. поворот осуществляется на прямой угол.

Тогда годограф движения автомобиля на подъем ($r_{3B}-r_{3A}>0$) и повороте на заданный угол ($\varphi_0=\frac{\pi}{2}$) по пространственной магистрали имеет вид:

$$\bar{r}(t)=\left\|\rho_0\ \rho_1\ \rho_2\ \rho_3\right\|\begin{Vmatrix}1\\t\\t^2\\t^3\end{Vmatrix}\left(\bar{i}\cos(\omega t)+\bar{j}\sin(\omega t)\right)+\left\|h_0\ h_1\ h_2\ h_3\right\|\begin{Vmatrix}1\\t\\t^2\\t^3\end{Vmatrix}\bar{k}. \tag{4}$$

Компоненты радиус-вектора $\bar{r}(t)$ программного движения записываются в виде:

$$r_1(t)=\left(\rho_0+\rho_1t+\rho_2t^2+\rho_3t^3\right)\cos(\omega t), \tag{5}$$

$$r_2(t)=\left(\rho_0+\rho_1t+\rho_2t^2+\rho_3t^3\right)\sin(\omega t), \tag{6}$$

$$r_3(t)=h_0+h_1t+h_2t^2+h_3t^3. \tag{7}$$

Рассмотрим поворот с подъемом при следующих начальных условиях:

$r_{1A}=100м$, $r_{2A}=0м$, $r_{3A}=0м$, $r_{1B}=0м$, $r_{2B}=200м$, $r_{3B}=20м$, $V_{1A}=0\,м/с$, $V_{2A}=36\,м/с$, $V_{3A}=0\,м/с$, $V_{1B}=-36\,м/с$, $V_{2B}=0\,м/с$, $V_{3B}=0\,м/с$, $\varphi_0=90^0$. Соответственно получаем, что: $\rho_0=100$, $\rho_1=0$, $\rho_2=0$, $\rho_3=0$; $h_0=0$, $h_1=0$, $h_2=3.152$, $h_з=-0{,}482$.

Кривизна автомагистрали по заданному годографу движения и кручение автомагистрали по заданному годографу движения показаны соответственно на рисунках 1 и 2.

Рисунок 1 - Кривизна автомагистрали по заданному годографу движения

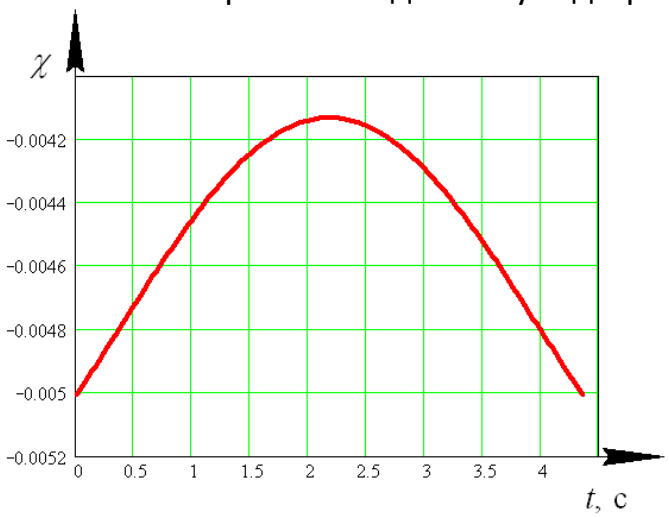


Рисунок 2 - Кручение автомагистрали по заданному годографу движения

Вывод. Для обеспечения движения беспилотного автомобиля в условиях карьера определены кривизна и кручение программной трассы в зависимости от заданной траектории движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tasha Keeney (2017), Mobility-As-A-Service: Why Self-Driving Cars Could Change Everything, ARC Investment Research (http://research.ark-invest.com); at http://bit.ly/2xz6PNV.

2. Kravets, V.V., Bass, K.M., Kravets, T.V., Tokar, L.V. Dynamic design of ground transport with the help of computational experiment, *MMSE Journal*, 1, October 2015, p.p. 105-111. ISSN 2412-5954, Open access www.mmse.xyz, DOI 10.13140/RG.2.1.2466.6643.

3. Kravets V., Kravets T., Bas K., Tokar L. *Mathematical model of a path and hodograpf of surface transport* // Transport Problems. - 2014. – P.830-841.

УДК 378.1;656;658

ЕВРОПЕЙСКИЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЛОГИСТИКИ И ТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ ДАТСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

А.Н. Горяинов
кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных технологий и логистики, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина, e-mail: goryainov@ukr.net

Аннотация. Проведен анализ магистерской программы Датского технического университета. Название программы: «Магистр инженерных наук (транспорт и логистика)». Определены отличия от специальности в Украине «Транспортные технологии».

Ключевые слова: магистерская программа, Дания, университет, транспорт, логистика

EUROPEAN APPROACH TO THE PREPARATION OF SPECIALISTS IN THE FIELD OF LOGISTICS AND TRANSPORT ON THE EXAMPLE OF DANISH TECHNICAL UNIVERSITY

Oleksiy Goryayinov
Ph.D., Associate Professor of the Transport Technologies and Logistics Department, Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine, e-mail: goryainov@ukr.net

Abstract. The analysis of the master program of the Danish Technical University is made. Program Name: " Master of Science in Engineering (Transport and Logistics)". The differences from the specialty in Ukraine "Transport Technologies" are identified.

Keywords: master program, Denmark, university, transport, logistics.

Введение. Безвизовый режим с Евросоюзом открыл новые горизонты для сотрудничества и развития деловых, образовательных, научных и других видов отношений. На фоне тотальной цифровизации всех сфер деятельности человека неминуемо происходит глобализация систем подготовки специалистов. Важным становится адекватное оценивание уровня собственных систем образования и перенимание новаций от лидеров отрасли.

Одной из первых попыток разобраться в вопросе схожести и различий между системой подготовки специалистов в области транспорта и логистики в Украине и развитыми странами мира является работа [1]. В работе представлена классификация стран с позиции совместимости со специаль-

ностью «Транспортные технологии». По прошествии двух лет с момента указанной публикации открылись новые горизонты исследований. Интересным видится вопрос обучения в области транспорта и логистики в Дании.

Обратить внимание на образование в Дании обусловила встреча в марте 2019 года со студентом Датского технического университета (Technical University of Denmark), который обучается по специальности «Транспорт и логистика» (Transport and Logistics) [2]. Уникальность данной встречи обусловлена тем, что сам студент в 2009 году получил высшее образование в Харькове по специальности «Транспортные системы». Следовательно, имеем редкий случай соединения в одном лице носителя образовательной культуры разных стран. Причем комбинация Украина-Дания в вопросе обучения по транспорту и логистике на сегодняшний день достаточно редкая комбинация.

Цель работы. Раскрыть структуру и показать основные черты программы подготовки специалистов в области транспорта и логистики в Дании (на примере Датского технического университета).

Материал и результаты исследований. В Датском техническом университете (далее DTU) подготовка области транспорта и логистики осуществляется на уровне бакалавра и магистра. Бакалаврская программа называется «Бакалавр инженерных наук (Мобильность, Транспорт и Логистика)» (Bachelor of Engineering (Mobility, Transport and Logistics)). Данная программа преподается на датском языке и весь материал для анализа также представлен на датском языке. Магистерская программа называется «Магистр инженерных наук (транспорт и логистика)» (Master of Science in Engineering (Transport and Logistics)) [2]. Подробнее остановимся на данной программе.

Согласно данным [2] рассматриваемая магистерская программа являет одной из немногих среди европейских университетов, которая посвящена исключительно вопросам транспорта и логистики. Информация про специализации представлена в табл.1.

Таблица 1 – Характеристика специализаций программы «Транспорт и логистика» [2]

Специализация	Характеристика
Оптимизация логистики и транспорта (Logistics and Transport Optimization)	Оптимизация транспорта, товарных потоков и логистических сетей. Например, планирование и оптимизация транспортных парков (судов, самолетов, железных дорог или грузовых автомобилей), распределительных сетей, локализации производства и средств доставки, а также проектирование транспортных сетей или систем общественного транспорта.

Транспортное планирование и устойчивое развитие (Transport Planning and Sustainability)	Планирование движения является основой решений о новой транспортной инфраструктуре и общественном транспорте. Обеспечение максимально возможной выгоды из краткосрочных крупных инвестиций в новую транспортную систему с точки зрения, как планирования, так и устойчивости. Поиск решений для систем планирования общественного транспорта, дорожных сетей, а также систем грузового и железнодорожного транспорта будущего.
Смарт мобильность и транспортное моделирование (Smart Mobility and Transport Modelling)	Проектирование и разработка передовых моделей транспорта, которые имеют основополагающее значение для повседневной эксплуатации транспорта и планирования транспорта. Смарт мобильность - это исследование того, как технологии могут способствовать тому, чтобы локальные и глобальные транспортные системы завтрашнего дня для пассажирских и грузовых перевозок были эффективными и гибкими. Компьютерные математические модели используются для оценки транспортных и социально-экономических последствий новых инициатив в области инфраструктуры и транспортной политики.
Железнодорожный менеджмент и инженерия (Railway Management and Engineering)	Специализация на транспортных технологиях, которые могут перевозить больше людей и товаров более устойчиво, чем любые другие виды транспорта. Большая часть инвестиций в будущую инфраструктуру предназначена для улучшения железнодорожных сетей и железнодорожных услуг.

В качестве типичных областей работы, в которых выпускник магистерской программы может реализовываться, выделены: управление поставками и производством, планирование, разработка программного обеспечения, поддержка принятия решений, консультирование, анализ, разработка моделей и управление как в транспортном, так и в логистическом секторах, а также в других отраслях. В сравнении с украинскими реалиями, отметим особо «разработка программного обеспечения» и «разработка моделей». Данные компетенции в стандартах украинских магистерских программ транспортного направления в явном виде не учитываются.

На магистерскую программу в области транспорта и логистики принимаются кандидаты, которые имеют степень бакалавра по инженерии или естественным наукам в таких областях: гражданское строительство, машиностроение, промышленный инжиниринг, математика, информатика, экономика, разработка программного обеспечения и т. д. Основным требованием для поступления на программу является достаточное образование в рамках: математики, прикладной математики (статистики или исследовании операций).

Приведем примеры занимаемых должностей выпускников по программе Transport and Logistics DTU [2]:

- аналитик трафика (traffic analyst at pana Denmark);
- менеджер отдела консультаций по сделкам (manager of Ernst & Youngs Transaction Advisory Services);
- младший инженер проекта, 26 лет (Junior Project Engineer in Rail Control Solutions (RCS), Bombardier);
- руководитель проекта, 45 лет (Project Manager at the European Environment Agency);
- системный администратор и руководитель проекта, 25 лет (Systems administrator and project leader at BaneDanmark (Rail Net Denmark));
- специалист технической поддержки строительства путей, 26 лет (Technical supporter for track constructions, Banedanmark (Rail Net Denmark));
- руководитель проекта и консультант (project manager and advisor, McKinsey & Company);
- консультант, 39 лет (Consultant at Mckinsey & Co);
- коммерческий инженер (Commercial Engineer at DONG Energy);
- гражданский инженер (Civil engineer, Planning and Traffic COWI).

Из представленного перечня видно, что достаточно распространенным является проектная и консалтинговая сфера. Поэтому в украинских реалиях следует уделять внимание проектной подготовке специалистов (управление проектами на транспорте и логистике, консалтинговые проекты).

Магистерская программа рассчитана на два года с общим объемом 120 кредитов ECTS. Делится на 4-ре категории по 30 кредитов ECTS каждая:

- общие компетенции (general competencies);
- технологическая специализация (technological specialization);
- выборочные дисциплины (electives);
- диссертация (thesis).

Рассмотрим далее пример структуризации научных исследований, которые используются для выполнения бакалаврских и магистерских диссертаций. Для анализа используем [3]. Согласно [3] все исследования разделены на 9-ть областей:

- устойчивый транспорт (sustainable transport);
- экономика транспорта (transport economics);
- поведение в пути и безопасность движения (travel behaviour and traffic safety);
- транспортное планирование (transport planning);
- оптимизация транспорта и транспортная логистика (transport optimisation and transport logistics);
- общественный транспорт (public transport);
- моделирование транспорта (transport modeling);

- интеллектуальные транспортные системы (intelligent transport systems).

Если совместить информацию про специализации магистерской программы с данными про области исследований, то можно предложить следующие взаимосвязи – табл. 2.

Таблица 2 – Связь специализаций программы с областями исследований (предлагается)

Название специализации	Область исследований
Оптимизация логистики и транспорта	- оптимизация транспорта и транспортная логистика; - экономика транспорта
Транспортное планирование и устойчивое развитие	- устойчивый транспорт; - транспортное планирование; - поведение в пути и безопасность движения
Смарт мобильность и транспортное моделирование	- общественный транспорт; - моделирование транспорта; - интеллектуальные транспортные системы
Железнодорожный менеджмент и инженерия	По отдельному направлению

Отметим, что закрепление в табл.2 является приблизительным. Специализация «Железнодорожный менеджмент и инженерия» развивается в рамках специализированного центра, который занимается вопросами железнодорожного транспорта. Также в университете существует отдельно «морской центр».

Более детально рассмотрим область исследования «оптимизация транспорта и транспортная логистика» - табл. 3.

Таблица 3 – Характеристика тем исследований для области «оптимизация транспорта и транспортная логистика» [3]

Название темы	Пререквизиты (необходимые предпосылки)
Использование (коммерческих) решателей для крупномасштабного поиска окрестностей (Using (Commercial) Solvers for a Large Scale Neighbourhood search)	Любой курс программирования с использованием Java, C ++ или аналогичного.
Проблемы маршрутизации и расположения для электромобилей (Routing and Locating Problems for Electrical Vehicles)	Математическое моделирование; опыт программирования на C ++, Java или C # может быть полезным.
Матеуристика для задачи о маршрутизации транспортного средства с ограничением по грузоподъемности (Matheuristics for the Capacitated Vehicle Routing Problem)	Курс 13442, Маршрутизация транспортных средств и планирование распределения.

	Навыки математического моделирования; Опыт программирования на C ++, Java или C # может быть полезным.
Оптимизация городской логистики (Optimization of city logistics)	Любой курс программирования с использованием Java, C ++ или аналогичного. Опыт работы с локальными поисковыми эвристиками.
Динамические транспортные проблемы с имитацией просмотра (Dynamic transport problems with simulated lookahead)	Любой курс программирования с использованием Java, C ++ или аналогичного.
Оптимизация технического обслуживания ветроэлектростанции в море и планирование операций (Optimization of Offshore Wind Farm Maintenance & Operations Planning)	Независимо от варианта проекта необходимы курсы по линейному и целочисленному программированию
Согласованность в маршрутизации транспортных средств (Consistency in Vehicle Routing)	Курс 13442, Маршрутизация транспортных средств и планирование распределения; Опыт программирования на C ++ или аналогичном языке.
Реальные проблемы с маршрутизацией на участках дорог (Real-Life Arc Routing Problems)	Опыт программирования на C / C ++ / C # / Java.
Открытые проблемы в динамической маршрутизации транспортных средств (Open Problems in Dynamic Vehicle Routing)	Знание языка программирования (C ++, Java или др.)
ТрансЕвропейская транспортная сеть: Оценка потребностей грузоотправителей в связи с мультимодальными транспортными услугами в Скандинавии (TEN-Ts: Assessment of shipper needs in relation to multimodal transport services in Scandinavia)	Разрешение консультанта, или 42884 Зеленая транспортная логистика
Анализ затрат и выгод планов зеленого порта (A cost benefit analysis of green ports agendas)	42885 Морская логистика, 42884 Зеленая транспортная логистика. Опыт программирования на C #, VBA или аналогичном языке.
Оптимизация дорожного сигнала (Traffic signal optimization)	Опыт использования инструмента моделирования может быть полезным, но не обязательным. Курс 13450 «Интеллектуальные транспортные системы - моделирование и анализ» может быть полезным, но не обязательным.

Для рассмотренной области исследований (табл.3) характерным является наличие навыков программирования. Что характерно, указываемые

языки программирования являются платными. Хотя последние тенденции, которые можно наблюдать в обучении – использование бесплатных программных продуктов (например, [4]). Однако сам факт необходимости иметь навыки программирования принципиально отличает программы подготовки специалистов в Дании и Украине в области транспорта и логистики.

Далее остановимся на некоторых характеристиках магистерской программы для 2018-2019 годов, используя материалы [5]. Рассмотрим дисциплины, которые относятся к категории технологическая специализация (technological specialization) – табл. 4.

Таблица 4 – Дисциплины технологической специализации (technological specialization) для 2018-2019 гг [5]

Номер и название курса	Количество кредитов ECTS	Номер и название курса	Количество кредитов ECTS
02409 Multivariate Statistics	5	42195 Transport economics	5
02424 Advanced Data analysis and Statistical Modeling	5	42274 Sustainable Development Indicators and Sustainable Urban Development	5
02431 Risk Management	5	42275 Sustainable Urban Development: a project oriented approach	5
02441 Applied Statistics and Statistical Software	5	42280 Smart, Connected, and Livable Cities	5
02443 Stochastic Simulation	5	42371 Design of Lean Production and Service Systems	10
34345 Signaling systems and technology for railways	5	42372 Life Cycle Assessment of Products and Systems	10
42114 Integer Programming	5	42417 Simulation in Operations Management	5
42115 Network Optimization	5	42457 Supply Chain Management	5
42136 Large Scale Optimization using Decomposition	5	42459 Planning and Scheduling in Manufacturing and Services	5
42137 Optimization using metaheuristics	5	42877 Railway Design and Maintenance	10
42179 Transport Models and Simulation	5	42878 Future Trains: Railway Fleet Acquisition and Management	5
42180 Quantitative modeling of behaviour	5	42879 Decision Support and Risk Analysis	5
42181 Network Modeling and Route Choice	5	42880 Railway Operations and Management	5
42182 Road safety - behavior analysis and modelling	5	42881 Optimization in public transport	5
42183 Projects for Mobility in the Smart City	5	42883 Programming and transport optimization	5
42184 Data Science and GIS for Mobility	5	42884 Green Transport Logistics	5

42185 Planning and Modeling of Public Transport	5	42885 Maritime Logistics	5
42186 Model-based machine learning	5	42887 Advanced Operations Research methods for vehicle routing and distribution planning	5

Из представленных дисциплин (табл.4) общим количеством 195 кредитов ECTS магистрант должен выбрать 30 кредитов. Выбор должен осуществляться с учетом расписания проведения занятий – табл. 5.

Таблица 5 – Расписание занятий по дисциплинам технологической специализации (technological specialization) для 2018-2019 гг [5]

День недели и время	Номера дисциплин по периодам учебного процесса			
	Осень (13 недель)	Январь (3 недели)	Весна (13 недель)	Июнь (3 недели)
Monday 8-12	02409; 42182; 42372	02431; 02441; 42883	02424; 42195; 42371	02443; 42183; 42417; 42878
Monday 13-17	42179; 42184; 42274; 42884		42137; 42275	
Tuesday 8-12	34345; 42457		42180; 42185; 42459	
Tuesday 13-17	42114; 42280			
Wednesday 8-17			42877	
Thursday 8-12	42879		42136; 42885	
Thursday 13-17	42372; 42880; 42887		42371; 42881	
Friday 8-12	42115; 42181		42186	

Для университета характерным является преподавание дисциплин блоками по 4-ре часа. Например, дисциплина 42195 Transport economics (экономика транспорта) преподается в весеннем семестре по понедельникам с 8 до 12 часов. Длительность осеннего и весеннего семестров – 13 недель. Во многих дисциплинах помимо лекций, практических заданий присутствует также проектная работа.

Вывод. Анализ магистерской программы «Магистр инженерных наук (транспорт и логистика)» Датского технического университета позволил определить ряд отличий в сравнении со специальностью «Транспортные технологии» в Украине:

1) развитость компетенций по управлению проектами, разработкой программных продуктов, разработкой моделей;

2) большой выбор дисциплин технологической направленности (представлены 36 дисциплин общим объемом 195 кредитов ECTS, а выбрать необходимо 30 кредитов);

3) расписания занятий ориентированы на отдельные специализации, а не стационарные группы студентов. Студент является мобильной единицей в учебном процессе. Например, одну дисциплину студент может изучать с

одним составом студентов, а другую с другим. Это должно способствовать развитию самостоятельности и мобильности. Пример одного из студентов показывает, что возможно даже совмещение с работой (например, работа до 12.00, а учеба с 13.00 и до позднего вечера);

4) материал предоставляется в рамках учебных дисциплин блоками по 4-ре часа.

Материалы исследования могут быть использованы для разработки образовательных программ для специальности «транспортные технологии», а также программ, которые связаны с транспортом и логистикой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горяинов А.Н. Вхождение специальности «Транспортные технологии» в образовательное интернет-пространство логистической направленности / А.Н. Горяинов // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка, 2017. – №9. - С.78-95 (107с.) http://bit.ly/Article-192-2017-Goryainov

2. The MSc programme in Transport and Logistics https://www.dtu.dk/english/education/msc/programmes/transport_and_logistics - 28.03.2019

3. Thesis proposals in Transport and Logistics 2016-2017 - https://www.dtu.dk/english/education/msc/programmes/transport_and_logistics#study-programme - 01.04.2019

4. Горяинов А.Н. Опыт использования языка программирования R при решении задач городской логистики (обзор курса Sustainable urban freight transport) [Электронный ресурс] // Проблеми підготовки професійних кадрів з логістики в умовах глобального конкурентного середовища: XV МНПК 26-27 жовтня 2018 р. Зб. доп. / Відп. ред. М.Ю. Григорак, Л.В. Савченко. - К.: Сік Груп Україна, 2018. – С.69-71 (272 с.) - http://bit.ly/Article-212-2018-Goryainov

5. MSc in Transportation and Logistics - https://sdb.dtu.dk/2018/35/715 28.03.2019

УДК 629.015:625.72

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАДНЬОЇ ПІДВІСКИ ГІБРИДИЗОВАНОГО АВТОМОБІЛЯ

В.В. Проців[1], Т.П. Бас[2], О.С. Черниш[3]

[1]доктор технічних наук, професор кафедри технологій гірничого машинобудування, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: protsiv@ukr.net

[2]аспірант кафедри технологій гірничого машинобудування, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: bastp2017@gmail.com

[3]викладач, Дніпровський транспортно-економічний коледж, м. Дніпро, Україна

Анотація. Пропонується математична модель задньої підвіски гібридизованого автомобіля, яка дозволяє розраховувати динамічні властивості підвіски та підбирати необхідні агрегати для її модернізації.

Ключові слова: підвіска, гібридизований автомобіль, математична модель.

MATHEMATICAL MODEL OF THE REAR SUSPENSION HYBRIDIZED VEHICLE

Vladimir Protsiv[1], Tatiana Bas[2], Aleksandr Chernysh[3]
[1]Ph.D., Professor of the Department of Technology of Mining Engineering, National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine, e-mail: protsiv@ukr.net
[2]Postgraduate student of the Department of Technology of Mining Engineering, National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine, e-mail: bastp2017@gmail.com
[3]lecturer, Dniprovsky Transport and Economical College, Dnipro, Ukraine

Abstract. The mathematical model of the rear suspension of a hybridized vehicle which allows you to calculate the dynamic properties of the suspension and select the necessary units for its modernization is proposed.

Keywords: suspension, hybridized car, mathematical model.

Вступ. Автомобіль є масовим і найбільш поширеним транспортним засобом і, водночас, одним з головних джерел забруднення навколишнього середовища. Затрати на паливо складають значну частку сукупних витрат середньої родини, у власності якої є автомобіль. Ефективність підприємств, основною сферою діяльності яких є транспорті послуги, також суттєво залежить від витрат на паливо. Таким чином, навіть невелике скорочення споживання палива транспортними засобами суттєво поліпшує економічні показники підприємств та окремих громадян.

Між тим, технологія традиційних автомобілів на основі двигунів внутрішнього згоряння розвинута, фактично, до свого насичення. Сучасний ДВЗ має коефіцієнт корисної дії на рівні 25-35%, що знаходиться в зоні теоретичного максимуму Подальше удосконалення не може призвести до суттєвого збільшення ККД. Водночас, використання електричного транспортного засобу є економічно невиправданим. Це обумовлено відсутністю інфраструктури з заряджання акумуляторів, і, власне, самих акумуляторів достатньої ємності[1].

Отже, вирішення економічних і екологічних питань в галузі автомобільного транспорту вимагає принципово нового підходу. А саме, використання комбінованої силової установки (гібридного приводу) є одним із рішень даної проблеми [2].

Переобладнання серійного автомобіля в гібридний шляхом установки мотор – коліс, контролерів і системи керування електроприводу, а також елементів живлення призводить до збільшення маси задньої підвіски автомобіля, що суттєво впливає на параметри стійкості та керованості транспор-

тного засобу. Тому розробка ефективного метода, який дозволяв би розраховувати динамічні властивості підвіски гібридизованого автомобіля є необхідною і важливою.

Мета роботи. Створити математичну модель для вивчення поведінки задньої підвіски гібридизованого автомобіля і визначення її раціональних параметрів.

Матеріали і результати досліджень. Для опису руху задньої підвіски гібридизованого автомобіля (мається на увазі вертикальні та поперечно – кутові коливання системи) використаємо рівняння Лагранжа:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial W_к}{\partial \xi_i}\right)-\frac{\partial W_к}{\partial \xi_i}+\frac{\partial W_n}{\partial \xi_i}+\frac{\partial \Phi}{\partial \xi_i}=Q_i, \tag{1}$$

де $W_к$, W_n - кінетична і потенційна енергії відповідно; Φ - дисипативна функція; ξ_i - узагальнені координати; Q_i - узагальнена сила, що відповідає i-й узагальненій координаті.

Динамічна схема системи, що розглядається, наведена на рисунку 1.

Необхідні складові рівнянь вертикальних та поперечно – кутових коливань системи отримаємо з виразів (2 – 4), що визначають кінетичну, потенційну енергії і дисипативну функцію:

$$W_к=\frac{m_1\dot{z}_1^2}{2}+\frac{m_2\dot{z}_2^2}{2}+\frac{I_1\dot{\varphi}_1^2}{2}+\frac{I_2\dot{\varphi}_2^2}{2} \tag{2}$$

$$W_n=\frac{C_p}{2}\left(z_1-z_2+\frac{l_1}{2}\varphi_1-\frac{l_2}{2}\varphi_2\right)^2+\frac{C_p}{2}\left(z_1-z_2-\frac{l_1}{2}\varphi_1+\frac{l_2}{2}\varphi_2\right)^2+$$
$$+\frac{C_ш}{2}\left(z_2-z_{31}+\frac{l_2}{2}\varphi_2\right)^2+\frac{C_ш}{2}\left(z_2-z_{32}-\frac{l_2}{2}\varphi_2\right)^2; \tag{3}$$

$$\Phi=\frac{\mu_a}{2}\left(\dot{z}_1-\dot{z}_2+\frac{l_1}{2}\dot{\varphi}_1-\frac{l_2}{2}\dot{\varphi}_2\right)^2+\frac{\mu_a}{2}\left(\dot{z}_1-\dot{z}_2-\frac{l_1}{2}\dot{\varphi}_1+\frac{l_2}{2}\dot{\varphi}_2\right)^2+$$
$$+\frac{\mu_ш}{2}\left(\dot{z}_2+\frac{l_2}{2}\dot{\varphi}_2\right)^2+\frac{\mu_ш}{2}\left(\dot{z}_2-\frac{l_2}{2}\dot{\varphi}_2\right)^2. \tag{4}$$

В цих рівняннях позначено: m_1 - підресорена маса; m_2 - непідресорена маса; $C_p, C_ш$ - коефіцієнти жорсткості ресори та шини відповідно; $\mu_a, \mu_ш$ - коефіцієнти дисипації амортизатора та шини відповідно; φ_1, φ_2 - кути поворотів підресореної і непідресореної мас відносно центрів маги відповідно; z_1 - вертикальні переміщення підресореної маси; z_2 - вертикальні переміщення непідресореної маси; z_{31}, z_{32} - висоти профілю дороги під лівим і правим колесами відповідно; l_1 - відстань між стійками; l_2 - колія (відстань між колесами).

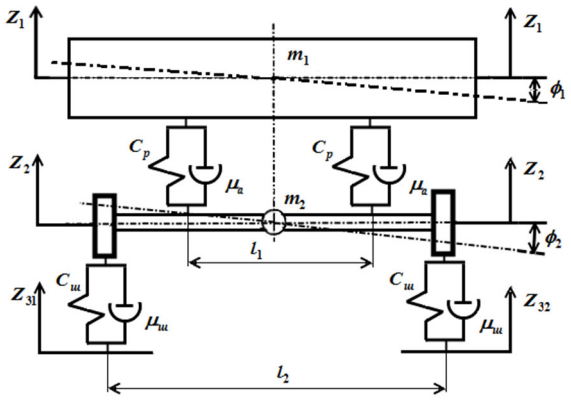


Рисунок 1 - Динамічна схема задньої підвіски гібридизованого

Диференціюючи вирази (2 – 4) за змінними z_1, z_2, φ_1 та φ_2 і підставляючи отримані похідні в рівняння (5) отримаємо систему диференціальних рівнянь (5), що описують рух задньої підвіски гібридизованого автомобіля.

$$\left.\begin{aligned} m_1\ddot{z}_1 + 2C_p(z_1 - z_2) + 2\mu_a(\dot{z}_1 - \dot{z}_2) &= 0; \\ m_2\ddot{z}_2 + C_ш(z_2 - z_{31}) + C_ш(z_2 - z_{32}) + 2\mu_ш\dot{z}_2 &= 2C_p(z_1 - z_2) + 2\mu_a(\dot{z}_1 - \dot{z}_2); \\ I_1\ddot{\varphi}_1 + C_p\frac{l_1}{2}(\varphi_1 l_1 - \varphi_2 l_2) + \mu_a\frac{l_1}{2}(\dot{\varphi}_1 l_1 - \dot{\varphi}_2 l_2) &= 0; \\ I_2\ddot{\varphi}_2 + C_ш\frac{l_2^2\varphi_2}{2} + \mu_ш\frac{l_2^2\dot{\varphi}_2}{2} = C_p\frac{l_2}{2}(\varphi_1 l_1 - \varphi_2 l_2) + \mu_a\frac{l_2}{2}(\dot{\varphi}_1 l_1 - \dot{\varphi}_2 l_2). \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Розв'язання отриманої системи дозволяє визначити параметри стійок задньої підвіски гібридизованого автомобіля і покращити його динамічні властивості.

Висновок. Розроблена математична модель задньої підвіски гібридизованого автомобіля дозволяє визначити її раціональні параметри та підібрати необхідні агрегати для її модернізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ehsani M., Gao Y., Emadi A. (2010) Modern electric, hybrid electric and fuel cell vehicles: fundamentals, theory and design. Second edition. ©CRC Press Taylor&Francis Group – 558 p.

2. Hasser H. (2014) Vehicle Dynamics Conversion into Power (Dynapower): AASRI Conference on Power end Energy Systems, pp 32-37.

УДК 538.566.2:621.372.8

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ГАЗА, СКАПЛИВАЮЩЕГОСЯ В ЗАТРУБНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕЙСЯ ШГН

К.Ф. Габдрахманова[1], Г.Р.Измайлова[2] , С.Р. Марупов[3]
[1]кандидат педагогических наук, доцент кафедры ИТМЕН, e-mail: klara47@mail.ru
[2]кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры РРГНМ, e-mail: gulena-86@mail.ru
[3]студент БГР-16-12, 3-ий курс, e-mail: marupov.sobir@mail.ru
[1,2,3]филиал ФГБОУ Уфимского государственного технического университета в г. Октябрьском, г. Октябрьский, Башкортостан, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье приведены новые подходы к решению одной из проблем встречающейся на многих нефтяных месторождениях, которые являются проблемой утилизации газа, скапливающегося в затрубном пространстве добывающих скважин эксплуатирующейся штанговыми глубинными насосами. Акцент делается на технико-экономической эффективности предполагаемого метода утилизации попутного газа.

Ключевые слова: затрубный газ, затрубное давление, использование нефтяного попутного, экология.

THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF GAS DISPOSAL OF MOLDING IN THE FELLOW SPACE OF EXTRACTING WELLS OPERATING SRP

Klara Gabdrakhmanova[1], Gylnara Izmaylova[2], Sobirdzhan Marupov[3]
[1]Ph.D., Professor Department ITMEN, e-mail: klara47@mail.ru
[2]Ph.D., Senior Lecturer, Department RRGNM, e-mail: gulena-86@mail.ru
[3]Student BGR-16-12 group, e-mail: sobir@mail.ru
[1,2,3]Ufa State Petroleum Technological University, Branch of the University in the City of Oktyabrsky, Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russian Federation

Abstract. This article presents new approaches to solving one of the problems encountered in many oil fields, which are a problem of utilization of gas accumulating in the annulus of production wells operated by sucker-rod deep well pumps. The focus is on the technical and economic efficiency of the proposed method of associated gas utilization.

Keywords: annular gas, annular pressure, use of associated petroleum, ecology.

Введение. На сегодняшний день при эксплуатации скважин ШГН сталкиваются с фактом повышения давления в затрубном пространстве. Данные исследования приведены в работах [1 - 4]. Согласно исследованиям [5], этот вопрос актуален, поскольку скопление газа и повышение его давления, вли-

яет на снижение депрессии и падение динамического уровня жидкости, отрицательно сказывается на работе глубинно-насосного оборудования. Традиционно для приведения давления затрубного газа в соответствие с линейным использовались обратные устьевые клапана, устанавливаемые в устьевую арматуру скважины. Согласно исследованиям [6,7], при помощи математического моделирования возможно учитывать затрубное давление. Применение данных клапанов понижает давление затрубного газа, но не решает проблему его последующей утилизации.

Цель работы. Разработать метод использования затрубного газа.

Материал и результаты исследований. В настоящее время для утилизации попутного нефтяного газа содержащего сероводород используются:

- утилизация сероводородсодержащего ПНГ (попутного нефтяного газа) для выработки тепловой энергии, с использованием печей подогрева;
- использование нефтяного попутного газа для выработки электроэнергии, с использованием газопоршневых электростанций или газотурбинных станций.

Однако эти способы имеют ряд отрицательных сторон:

1. При использовании обратного клапана затрубное давление возможно стравить только до значения линейного давления в выкидном нефтепроводе.

2. Отсутствие системы сбора и подготовки ПНГ особенно с мелких месторождений содержащих сероводород ведет к сжиганию ценного сырья на факельных установках. Как следствие ухудшение экологической обстановки в регионах разрабатываемых месторождений, ужесточение экологических требований.

3. Отсутствие качественного отечественного оборудования для использования попутного нефтяного газа, содержащего сероводород.

Все это указывает на необходимость поиска новых способов утилизации попутно добываемого газа. С целью снижения затрубного давления предлагается способ решения проблемы связанной с накоплением и повышением давления газа в затрубном пространстве добывающих скважин, а так же его утилизации (рис.1).

Предлагается способ, позволяющий снизить затрубное давление. Производим подбор участка для применения технологии в районе, где затрубное давление достигает критически высоких значений из-за высокого литейного давления в нефтепроводах (табл. 1).

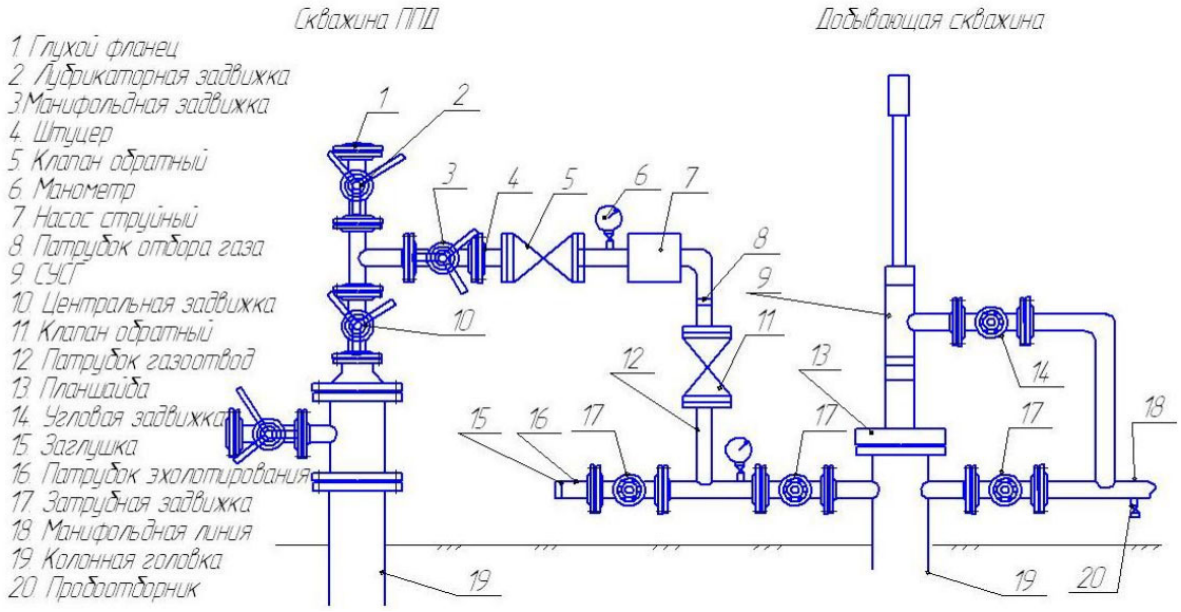


Рисунок 1 – Способ использования утилизации затрубного газ

Таблица 1. Участок для внедрения способа снижения давления затрубного газа в добывающих скважинах путем утилизации в системе ППД

Добывающие скважины						
№ п/п	№ Скв.	№ ГЗУ	Р лин.	Н подв.	Рз дин.	Рз ст.
1	4871	ГЗУ 25Д	19	1125	19	21
2	4870	ГЗУ 25Д	19	1039	19	9
3	4873	ГЗУ 25Д	19	1062	19	7,9
Скважина системы ППД						
№ п/п	№ Скв.	№ КНС	Р зак.	Агент	Q зак.	
1	4874	25	46	Пресн.	41	

На данных скважинах так же можно отметить низкий динамический уровень жидкости, что может привести к срыву подачи и отказу ШГН. Нагнетательные скважины работают от КНС, давление закачки устьевое – 46 атм. Скважины расположены на местности по одной оси, расстояние между устьями крайних – 56 м.

Вывод. Решение проблемы связанной с накоплением и повышением давления газа в затрубном пространстве добывающих скважин, а так же его утилизации является актуальной задачей. В данной работе предлагается способ снижения затрубного давления газа путем части его закачки в рядом расположенную скважину ППД.

Предлагаемый способ позволит решить следующие проблемы, возникающие при эксплуатации добывающих скважин насосным способом:

1. Накопление и повышение давления газа в затрубном пространстве.

2. Снижение динамического уровня жидкости в стволе скважины.
3. Уменьшение притока жидкости.
4. Срыв подачи глубинно-насосного оборудования

ЛИТЕРАТУРА

1. Thomas Wiersberg and Jörg Erzinger Real-time Mud Gas Monitoring: A Technique to Obtain Technique to Obtain Information on the Composition and Distribution of Gases at Depth While Drilling DOI: 10.2204/iodp.sd.s01.36.2007 Scientific Drilling, Special issue №1. – 2007. – p.71-72.

2 . Vieira, P., Torres, F., Qamar, R. A., & Marin, G. E. (2012, January 1). Down Hole Pressure Uncertainties Related to Deep Wells Drilling are Safely and Precisely Ascertained Using Automated MPD Technology. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/150944-MS.

3. Yuanhua Lin, Xiangwei Kong, Yijie Qiu, and Qiji Yuan. Calculation Analysis of Pressure Wave Velocity in Gas and Drilling Mud Two-Phase Fluid in Annulus during Drilling Operations /Volume 2013, Article ID 318912, 17 pages http://dx.doi.org/10.1155/2013/318912.

4. Iclodean. C. D., Mariasiu, F., Possibility to Increase Biofuels Energy Efficiency used for Compression Ig-nition Engines Fueling,TEM Journal, 3(2014), 1, pp. 36-41.

5. Gao Li, Ying-Feng Meng, Na Wei, Zhao-Yang Xu, Hong-Tao Li, Gui-Lin Xiao, And Yu-Rui Zhang Gas reservoir evaluation for underbalanced horizontal drilling / Gao Li, Ying-Feng Meng, Na Wei, Zhao-Yang Xu, Hong-Tao Li, Gui-Lin Xiao, And Yu-Rui Zhang/ THERMAL SCIENCE, Year 2014, Vol. 18, No. 5, pp. 1691-1694.

6. Nomogram method as means for resource potential efficiency predicative aid of petrothermal energy [Text] / K.F. Gabdrakhmanova, G.R. Izmailova, P.A. Larin, E.R. Vasilyeva, M.A. Madjidov, S.R. Marupov // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1015. – № 3. – Номерстатьи: 032036. – Pp. 1-5.

7.Gabdrakhmanova, K.F.The way of using geothermal resources for generating electric energy in wells at a late stage of operation[Text] / K.F.Gabdrakhmanova, G.R.Izmaylova, P.A.Larin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 194. – № 8. – Номерстатьи 082012. – Pp. 1-9.

УДК 622.868:621.926.22

УСТАНОВКА КОНДУКТИВНОГО СПОСОБА СУШКИ МАТЕРИАЛОВ

В.А.Федоскин[1], Н.Н. Ерисов[2], К.И. Корниленко[3]

[1]кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Национальный технический университет «Днепровская политехника» Днепр, Украина, e-mail. Fedoskin_va@ukr.net

[2]ассистент кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Национальный технический университет «Днепровская политехника» Днепр, Украина, e-mail. erisov@ukr.net

[3]аспирант кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Национальный технический университет «Днепровская политехника» Днепр, Украина, e-mail. kornilenko.k@gmail.com

Аннотация В работе рассмотрена установка кондуктивного способа сушки материала в которой реализованы основные требования формирования слоя и взаимодействия его с разогретой поверхностью, обеспечено равномерное распределение материала по ширине короба на всём пути транспортирования, увеличен путь транспортирования и интенсивное перемешивание материала. Результатом этого является существенное повышение эффективности сушки материала и снижение расхода теплоносителя.

Ключевые слова: вибротранспортёр, сушка материала, слой.

EQUIPMENT FOR CONDUCTIVE METHOD OF DRYING MATERIALS

V.A. Fedoskin[1], N.N. Yerisov[2], K.I. Kornilenko[3]

[1]Ph.D., Associate Professor of the Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Ukraine, e-mail: Fedoskin_va@ukr.net

[2]Assistant of the Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Ukraine, e-mail: erisov@ukr.net

[3] Postgraduate student of the Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Ukraine, e-mail: kornilenko.k@gmail.com

Annotation. The paper considers the installation of a conductive material drying method in which the basic requirements of layer formation and its interaction with a heated surface are realized, uniform distribution of the material across the box width throughout the transportation path is ensured, the transportation path and intensive mixing of the material is increased. The result of this is a significant increase in the drying efficiency of the material and a reduction in coolant flow.

Keywords: vibrotransporter, material drying, layer.

Введение. Сушка материалов используется практически во всех отраслях промышленности [1; 2] и в настоящее время разработано значительное количество типов сушильных установок. Это связано с тем, что сушке подвергаются материалы с различными физико-механическими свойствами и требованиями к конечному продукту. Однако технологическая схема их практически одинакова. В общем виде сушильная установка включает бункер исходного материала, питатель, герметизатор, сушильную камеру, теплогенератор, батарею циклонов, вентилятор. Схемы могут отличатся количеством оборудования, вводом дополнительного – дробильно-измельчительного, сортировочного, транспортирующего и т.п. оборудования. Однако во всех технологических схемах обязательным элементом является сушильное устройство, в котором предусматривается подача теплоносителя к движущемся потоку материала.

От выбора типа устройства и эффективности его работы существенно зависят технико-экономические показатели всей линии. В качестве сушильного устройства используются сушильные барабаны, распылительные, петлевые, вихревые и ряд других типов сушилок.

Исследованиями авторов [3, 4] показано преимущество сушки мелкодисперсного материала при использовании вибрационного воздействия, позволяющего создать в рабочей камере виброкипящий слой, что значительно увеличивает скорость сушки.

Цель работы. Обоснование процесса формирования слоя в лотке вибротранспортёра с кондуктивным методом сушки материала и его конструктивного решения.

Материал и результаты исследований.

В НТУ «Днепровская политехника» создана установка конвективного способа сушки с вибротранспортером горизонтального типа (Рисунок 1) и рабочей поверхностью, выполненной в виде жалюзей [5]. Вибротранспортёр включает опорную раму 1, упругие элементы 2, колеблющуюся раму 3, рабочую камеру 4, вибровозбудитель 5.

Рабочая камера 4 вибротранспортера разделена газораспределительной решеткой на две части. Нижняя часть камеры предназначена для подвода теплоносителя, а в верхней части материал, под действием направленного вибрационного возмущения, перемещается по решетчатой поверхности, через щели которой продувается горячим воздухом.

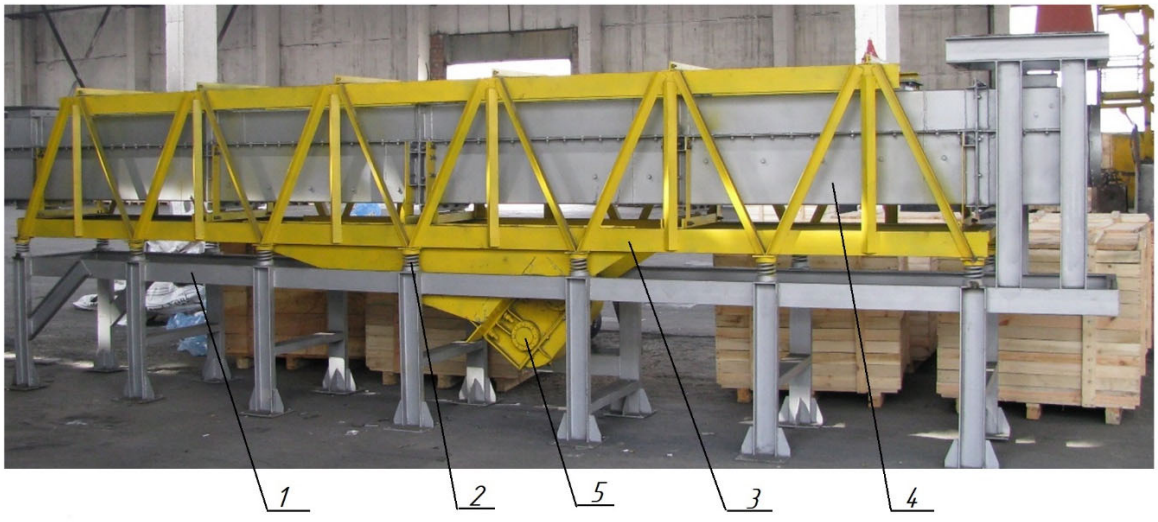


Рисунок 1 - Вибротранспортёр сушильной установки

Разработанная установка может быть использована и для кондуктивного метода сушки посредством замены газораспределительной решетки на сплошной лист. При этом движение материала ровным слоем не обеспечивает получение высоких технико-экономических показателей. Повышение эффективность сушки при кондуктивном методе может быть достигнуто

путём: повышения времени контакта каждой частицей материала с нагретой поверхностью, перемешиванием слоя по пути транспортирования, увеличением температуры рабочей поверхности вибротранспортёра (не для всех материалов).

Такие требования к формированию слоя материала реализованы в конструкции вибротранспортёра сушильной установки [6] который включает рабочую камеру 1, расположенную на упругих элементах 2, загрузочное 3 и разгрузочное окно 4, рабочую поверхность 5, продольные полосы 6, имеющие вид ломаной пилообразной линии, вибровозбудитель 7 (Рисунок 2).

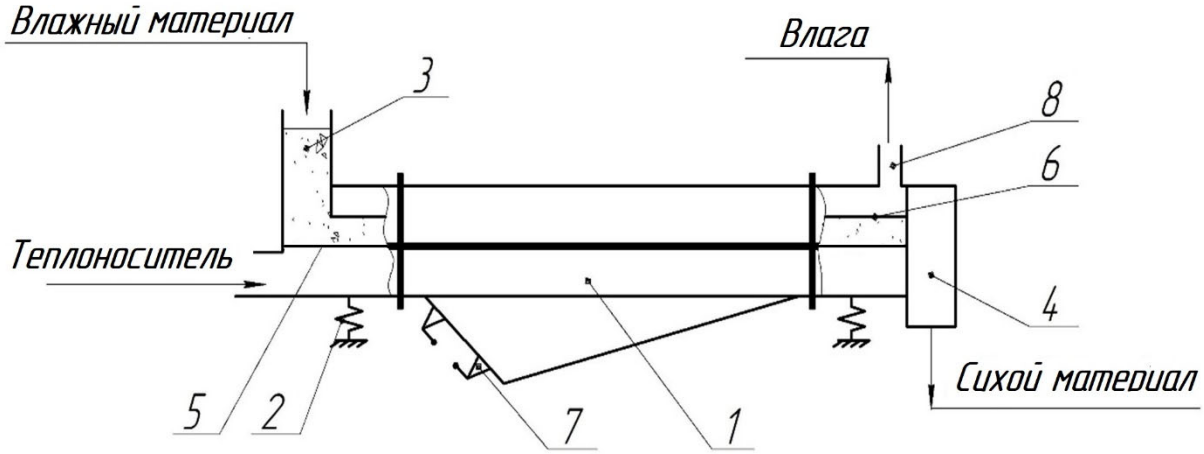


Рисунок 2 - Конструктивная схема вибротранспортёра кондуктивной сушки

Рабочая поверхность (Рисунок 3) состоит из основания 9 и продольных полос 6, которые образуют криволинейные профильные желоба 10. Условно рабочую поверхность можно разделить на секции длинна которых соответствует длине отрезка ломаной полосы. В загрузочной секции отрезки 11 полосы 6 расположены параллельно продольной оси симметрии камеры, а в последующих секциях под углом таким образом, что профильные желоба смежных секций имеют противоположное направление.

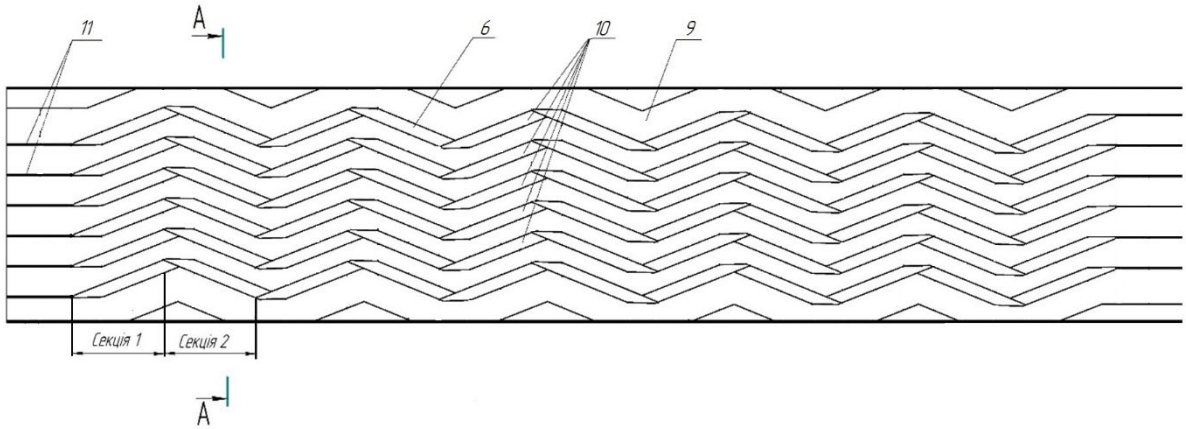


Рисунок 3 - Конструктивная схема рабочей поверхности

Полоса 6 в поперечном сечении имеет криволинейный профиль (Рисунок 4) выполненный таким образом, что вогнутость (выпуклость) смежных отрезков ломаной полосы расположены противоположно.

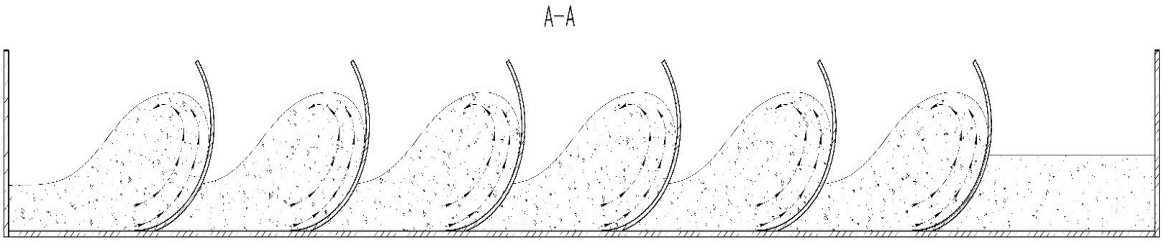


Рисунок 4 - Схема перемешивания материала

Вибрационная сушилка работает следующим образом.

Подлежащий сушке материал, через загрузочное окно 3, подаётся на рабочую поверхность 5 равномерным слоем по всей её ширине. Под действием направленных колебаний, создаваемых вибровозбудителем 7, материал начинает транспортироваться по рабочей поверхности, создавая в загрузочной секции равномерное заполнение желобов. Поток материала движется прямолинейно до момента контакта с боковой поверхностью жёлоба, расположенного под углом к направлению движения материала. В дальнейшем материал перемещается вдоль боковой поверхности жёлоба, при этом вогнутый профиль полосы обеспечивает его вращение. Пройдя одну секцию, материал переходит в смежную секцию. Здесь жёлоб и вогнутая поверхность полосы расположены противоположно соответствующим элементам смежных секций, что обеспечивает закручивание материала в другую сторону. Последовательно пройдя все секции, изменяя направление вращения в каждой из них, материал разгружается через окно 4.

В процессе транспортирования, сушка материала осуществляется посредством, контакта материала с рабочей поверхностью и боковыми поверхностями желобов.

Влага удаляется через вытяжной патрубок 8, а высушенный материал разгружается через окно 4.

Вывод. В разработанной установке кондуктивного способа сушки материала реализованы основные требования формирования слоя и взаимодействия его с разогретой поверхностью, обеспечено равномерное распределение материала по ширине короба на всём пути транспортирования, увеличен путь транспортирования и интенсивное перемешивание материала. Результатом этого является существенное повышение эффективности сушки материала и снижение расхода теплоносителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лыков М.В. Сушка в химической пормышленности. – М.:Химия,1970. – 432 с.
2. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.:Химия,1984. – 320 с.
3. Членов В.А., Михайлов Н.В. Виброкипящий слой. - М.: Наука, 1972.- 341 с.
4. Гончаревич И.Ф., Фролов К.В. Теория вибрационной техники и технологии.- М.: Наука, 1981.- 320 с.
5. Патент на винахід 69063С2 Україна, МПК F26B 17/10, F26B 17/26 Вібраційна сушарка/ В.О. Федоскін, В.П. Франчук, В.В. Плахотнік, В.Г. Кузнецов, Д.С. Хаддад; заявн.і патентовл. Державний ВНЗ «НГУ» - a2003119981; заявл.05.11.2003; опубл.15.12.2006, Бюл.№12
6. Патент на винахід 112811 Україна, МПК F26B 17/10; F26B 17/26; F26B3/02. Вібраційна сушарка/ В.О. Федоскін, М.М. Єрісов; заявн.і патентовл. Державний ВНЗ «НГУ» - a201502616; заявл. 23.03.15; опубл. 25.10.16, Бюл.№ 20.

УДК 665.7.03

ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ У ДОРОЖНЬОМУ ПОКРИТТІ

Ю.Я. Хлібишин[1], І.Я. Почапська[2]
[1]кандидат технічних наук, доцент кафедри технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, e-mail: yuriy_h@polynet.lviv.ua
[2] кандидат технічних наук, доцент кафедри цивільної безпеки, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, e-mail: iryna.y.pochapska@lpnu.ua

Анотація. Описано засоби підвищення якості дорожніх бітумів. Досліджено процес модифікації бітумів промисловими полімерами. Показано можливість модифікування бітумів гумовою крихтою та встановлено її оптимальну кількість.

Ключові слова: полімерні відходи, гумова крихта, бітум.

THE USING OF POLYMER WASTE IN ROAD COVERINGS

Yuriy Khlibyshyn[1], Iryna Pochapska[2]
[1]Ph.D., Associate professor, Department of Organic Products Technology, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: yuriy_h@polynet.lviv.ua
[2]Ph.D., Associate professor, Department of Civil Safety, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: iryna.y.pochapska@lpnu.ua

Abstract. The means by improving the quality of road bitumen are described. The process modification of bitumen by industrial polymers is investigated. The possibility of modifying bitumen with rubber crumb and the optimal amount of rubber crumb in this process is determined.

Keywords: polymer waste, crumb rubber, bitumen.

Вступ. Дорожні бітуми марок БНД (за ДСТУ 4044-2001) не відповідають вимогам дорожнього будівництва за теплостійкістю, еластичністю, стійкістю до низьких температур, адгезійними властивостями (особливо до поверхні мінеральних матеріалів з кислих гірських порід), стійкістю до старіння.

Підвищення якості дорожніх бітумів можна досягнути регулюванням їх властивостей застосуванням різних модифікуючих добавок, таких як полімери, гумова крихта, адгезійні добавки, сірка та ін. Модифікація бітумів полімерами належить до найбільш активно впроваджуваних технологій будівництва і ремонту покриттів автомобільних доріг.

Першим еластомером, який застосовувався як модифікатор бітуму при виробництві асфальтобетонних сумішей, був природний каучук. У США та Канаді в 1950-х роках для модифікації дорожнього бітуму почали застосовувати неопреновий латекс у вигляді емульсії каучуку у воді.

Ділянки доріг, які побудовані з використанням модифікованих бітумів добре зарекомендували себе в умовах інтенсивного вантажопотоку.

Для модифікації бітумів застосовують каучуки (полібутадієнові, натуральний, хлоропреновий, бутилкаучук), термопластичні полімери (поліетилен, поліпропілен, етиленвінілацетат), сірку, гумову крихту, термопластичні каучуки (поліуретан, олефінових сополімери, блоксополімери стирол-бутадієн-стирол). Найбільш широко застосовують ПБЗ на основі блоккополімерів стирол-бутадієн-стирол.

Численні відходи виробництва і споживання створюють великі екологічні проблеми, як в Україні так і за кордоном. Сьогодні обсяги захоронення відходів на звалищах і полігонах постійно зростають, у зв'язку з цим виникає проблема утилізації відходів. Використання відходів, насамперед, залежить від їх кількості; хімічного складу відходів, існуючих технологій для переробки,а також попиту на отриману продукцію з використанням конкретних відходів.

Актуальною постає проблема відпрацьованих автомобільних шин, оскільки вони є потужним джерелом забруднення довкілля. Викинуті на звалища, або закопані, шини розкладаються в природних умовах не менше 100 років. Контакт шин з дощовими опадами та з ґрунтовими водами супроводжується вимиванням ряду токсичних органічних сполук: дифеніламіну, дибутилфталату, фенантрену і ін.

Відпрацьовані автомобільні шини є цінною вторинною сировиною з вмістом гуми (каучуку) - 65-70%, технічного вуглецю - 15-25%, металу - 10-15%.

Економічне значення використання відпрацьованих шин визначається тим, що видобуток природних ресурсів стає все більш дорогим, а в ряді випадків - обмеженим. Утилізація зношених автошин дозволить істотно зни-

зити споживання деяких дефіцитних природних ресурсів. Тому використання відпрацьованих шин набуває все більшої значущості. Методам утилізації шин присвячені численні роботи серед яких [1-7].

Мета роботи. Дослідження впливу різних модифікуючих добавок на властивості бітумів, отриманих з гудронів парафінистих нафт, а також використання гумової крихти як модифікатора та порівняння якості отриманих продуктів за пластичністю, температурою розм'якшення, дуктильністю, пенетрацією.

Матеріал і результати досліджень. Гудрони парафінистих нафт є невідповідною сировиною для виробництва бітумів. Високий вміст парафінових вуглеводнів негативно впливає на процес одержання окиснених бітумів, а одержані бітуми мають погані низькотемпературні властивості та еластичність, що загалом зменшує довговічність усіх типів бітумних покрить. Відомо, що для розширення температурного інтервалу пластичності бітумів та для покращення його еластичних властивостей використовують спеціальні типи каучуків, а також гуму. Проте, ефективність цієї групи модифікаторів за умови введення їх у бітуми, одержані з парафінистої сировини залишається невивченою. Тому вирішення цієї науково-практичної проблеми є надзвичайно важливим для українських виробників бітумів, оскільки більшість нафтових бітумів в Україні одержують саме з парафінистих залишків.

Однак недостатньо вивченим є процес модифікування еластомерами бітумів, отриманих на основі залишків переробки парафінистих нафт. Застосування відпрацьованих шин як модифікуючого агенту є перспективним напрямком досліджень, проте різні автори по-різному реалізовують цей процес [2-3], а його механізм– практично не описаний і не встановлений.

Для дослідження відібрано зразки бітумів БНД різних марок за ДСТУ 4044-2001, отримані на установці виробництва окиснених бітумів ПАТ «Укртатнафта» м. Кременчук (Полтавської обл.), бітум БНБ-70/30 за ДСТУ 4148-2003, отриманий із залишків переробки парафінистих нафт на установці виробництва окиснених бітумів ПАТ "НПК-Галичина" (м. Дрогобич Львівської обл.). Як модифікатори використовували такі типи промислових продуктів, як Butonal, Elvaloy, Kraton, а також гумову крихту, одержану подрібненням відпрацьованих автомобільних шин.

Дослідженнями встановлено, що при введенні в бітум промислових модифікаторів спостерігається збільшення температури розм'якшення, дуктильності та зменшення пенетрації бітумів. Причому при використанні для модифікування бітуму полімеру Butonal NS 198 досягаються найкращі показники. Саме цей модифікатор було обрано для подальших дослідів.

Проведеними дослідженнями встановлено, що використовуючи для модифікування катіонний латекс Butonal NS 198, отримують бітуми, які відповідають існуючим вимогам до бітумів модифікованих полімерами. Покращення основних показників модифікованих бітумів при введенні такого модифікатора в залежності від його кількості та температури приготування, свідчить про можливість регулювання його властивостей у виробничих умовах. На основі проведених досліджень показано, що катіонний латекс Butonal NS 198 може бути використано для модифікування дорожніх нафтових бітумів, одержаних з залишків переробки парафінистих нафт з метою покращення їх експлуатаційних характеристик і, особливо, підвищення еластичності.

Хоча модифікування бітумів, одержаних з залишків переробки парафінистих нафт, різними типами каучуків позитивно впливає на їхні основні властивості, вартість модифікованих бітумів при цьому різко зростає, оскільки каучуки є досить дорогими – значно дорожчими за бітум. Тому необхідно було здійснити пошук дешевих модифікаторів з групи еластомерів. Таким модифікатором є гумова крихта, яку одержують подрібненням відпрацьованих автомобільних шин, вартість яких є набагато менша від вартості каучуків і латексів. Використовуючи гумову крихту в бітумному виробництві можна також частково вирішити важливу екологічну проблему, якою є утилізація зношених автомобільних шин, яких на даний час є дуже багато і з кожним роком кількість їх зростає [5].

В літературних джерелах описано процес модифікування бітуму гумовою крихтою [5-7]. Не зважаючи на наявність публікацій щодо використання гумової крихти у бітумному виробництві, механізм процесу модифікування бітумів гумовою крихтою вивчений недостатньо. Тому необхідно детально проаналізувати процес модифікування та вивчити закономірності процесу розчинення гумової крихти в бітумі.

Відомо, що гума – це вулканізат каучуку, що при звичайних умовах знаходиться у вигляді тривимірної структури, який не може розчинятися в бітумі за низьких температур, проте при нагріванні до високих температур можливе руйнування тривимірної структури гуми та подальше розчинення утворених лінійних фрагментів в бітумі.

Під час модифікування бітумів гумовою крихтою, відбуваються процеси набухання гумової крихти, а також її часткове або повне розчинення в бітумі. Процес набухання і розчинення гумової крихти в бітумі вивчали за температур 150 ^{o}C та 250 ^{o}C впродовж 9 год. В результаті попередніх досліджень встановлено, що з усіх груп компонентів бітуму тільки оливні компоненти можуть взаємодіяти з гумовою крихтою.

Проведеними дослідженнями встановлено, що спочатку відбувається набухання гумової крихти завдяки поглинанню частини оливних компонентів, які входять до складу бітуму. Далі маса гумової крихти зменшується, що вказує на поступову її деструкцію та розчинення у бітумі. Впродовж першої години модифікування відбувається різке збільшення маси гумової крихти. Найефективніше гумова крихта розчиняється впродовж перших п'яти годин, відтак швидкість подальшого розчинення різко зменшується, що підтверджується одержаними даними.

З метою більш точного вивчення основних закономірностей процесу розчинення гумової крихти проводили золь-гель аналіз. Дослідженнями встановлено, що вміст гель-фракції при збільшенні тривалості розчинення гумової крихти в бітумі знижується, що також свідчить про проходження процесу девулканізації гуми та її розчинення в середовищі бітуму.

Результатами досліджень доведено принципову можливість застосування гумової крихти для модифікації бітумів, одержаних з залишків переробки парафінистих нафт.

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено можливість застосування гумової крихти як модифікатора бітумів, одержаних з залишків переробки парафінистих нафт. Встановлено, що додавання гумової крихти покращує основні властивості бітумів як еластичність, температура розм'якшення, пенетрація. Це дає можливість заміни дорогих еластомерів гумовою крихтою при одержанні модифікованих бітумів і разом з цим частково вирішити екологічні проблеми відходів, зокрема відпрацьованих гумових шин.

Доведено, що додавання до окиснених нафтових бітумів гумової крихти в кількості 5-12 % мас., дозволяє отримувати полімермодифіковані бітуми, які відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-135:2014.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасова, Т. Ф. Экологическое значение и решение проблемы переработки изношенных автошин / Т. Ф. Тарасова, Д.И. Чапалда // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 2. – С. 130-135.

2. Житов Р. Г. Кижняев В. Н., Смирнов А. И. Полимеризация виниловых мономеров в битиме // Пластмассы со специальными свойствами : сб. науч. тр. / под. ред. Лаврова Н. А. - СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. С. 93-94.

3.Христофорова А.А. Перспективные направления создания композиционных материалов с применением резиновой крошки вяжущем [Текст] / Христофорова А.А., Соколова М.Д. // VII школа-семинар молодых ученых России: Материалы докладов. - Улан-Удэ, 2013. - С. 306-307.

4. Вольфсон, С. И. Методы утилизации шин и резинотехнических изделий / С. И. Вольфсон, Е. А. Фафурина, А. В. Фафурин // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 1. – С. 74-79.

5. Хлібишин Ю.Я. Дослідження модифікації дорожніх бітумів гумовою крихтою /

Хлібишин Ю.Я., Почапська І.Я., Гринишин О.Б., Нагурський А.О. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» № 787 – Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2014. – С.144-148.

6. Гринишин О. Б., Нагурський А. О., Почапська І. Я., Хлібишин Ю. Я. Модифікування дорожніх бітумів гумовою крихтою відпрацьованих шин // Екологічні науки. – 2017. – № 3/4 (18/19). – С. 64–70.

7. Волынкина, Е. П. Использование отработанных автомобильных покрышек / Е.П.Волынкина, С. А. Кудашкина, А. В. Незамаев // Экология и промышленность России. – 2004. – № 1. – С. 40-44.

УДК 681.586

МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДАТЧИКАХ

З.А. Баясилова
аспирантка Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева г. Алматы, Казахстан, e-mail: zuhra_bayasilova@mail.ru

Аннотация. Большинство многофункциональных датчиков измеряет, как правило, два параметра – это механическую величину (деформацию, давление и силу) и температуру. Измеряемые при этом неэлектрические величины - давление и температура имеют разную динамику и величину и размерность. Поэтому необходимо выбрать такие принципы преобразования, чтобы они были совместимы физически, информационно, энергетически и конструктивно. Рассмотрены и проанализированы различные принципы преобразования неэлектрических величин - силы и давления в электрическую величину-ток, напряжение, сопротивление, частоту. Представлены математические модели, описывающие функции преобразования, проанализированы условия их адекватности.

Ключевые слова модель, метод, преобразование, величина, давление, сила, деформация, ток, напряжение.

METHODS FOR THE CONVERSION OF THE POWER PARAMETERS IN MULTIFUNCTION SENSORS

Z.A. Bayasilova
post-graduate student, Kazakh National Research Technical University K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: zuhra_bayasilova@mail.ru

Abstract. Most multi-function sensors usually measure two parameters - a mechanical value (deformation, pressure and force) and temperature. The measured non-electric values - pressure and temperature have different dynamics and magnitude and dimension. Therefore it is necessary to choose such principles of transformation that they were compatible physically, information, energetically and constructively. Various principles of transformation of non - electric quantities-force and pressure into electric quantity-current, voltage, resistance,

frequency are considered and analyzed. Mathematical models describing the transformation functions are presented, the conditions of their adequacy are analyzed.

Keywords model, method, transformation, magnitude, pressure, force, deformation, current, voltage.

Введение. Измерения теплоэнергетических величин (температура, теплопроводность, тепловые потоки) и силовых величин (давление, деформация, сила, крутящий момент), в зависимости от отрасли, изделий и систем, занимают от 30 до 60% от всех проводимых измерений. Объединение в одном датчике функций одновременного измерения в одной точке температуры и давления, позволит добиться нескольких целей: сократить номенклатуру датчиков, повысить информативность измерений, уменьшить стоимость измерительных процедур и увеличить точность измерений основного параметра за счет внесения температурных поправок в функцию преобразования и результаты измерения.

Целью работы является выбор и обоснование наиболее приемлемых методах преобразования силовых величин в многофункциональных (совмещенных) датчиках физических величин (ДФВ).

Основной материал.

В зависимости от скорости изменения давления, т.е. характера зависимости $p(t)$, все разнообразие задач измерения давления можно свести к трем вариантам: измерение статических и медленноменяющихся давлений, измерение быстроменяющихся давлений и измерение импульсных давлений (рис. 1) [1].

На практике к группе статических принято относить давления, значение которых остается неизменным за время проведения измерений. Медленноменяющееся давление - это процесс, содержащий постоянную составляющую и гармонические составляющие с частотами до 20...30 Гц.

К быстроменяющимся и импульсным давлениям относят процессы со случайными и гармоническими составляющими в частотном диапазоне от десятков до сотен тысяч герц.

Характер изменения медленноменяющихся давлений во времени различен: $p(\tau)$ может представлять собой сложную функцию, постоянная составляющая которой апроксимируется, например, трапецеидальным импульсом с различными временами нарастания и спада (рисунок 1,а).

Быстроменяющиеся давления (рисунок 1, б) включают в себя периодически меняющиеся и переходные процессы. Пульсация давления жидкости и газа и акустические шумы часто представляют собой случайный колебательный процесс (рисунок 1, б, г).

Импульсные давления имеют вид одиночных или периодически повторяющихся импульсов и характеризуются значительной амплитудой импульсов и коротким временем нарастания и спада процесса. Чаще всего эти процессы не имеют постоянной составляющей (рисунки 1, д–ж).

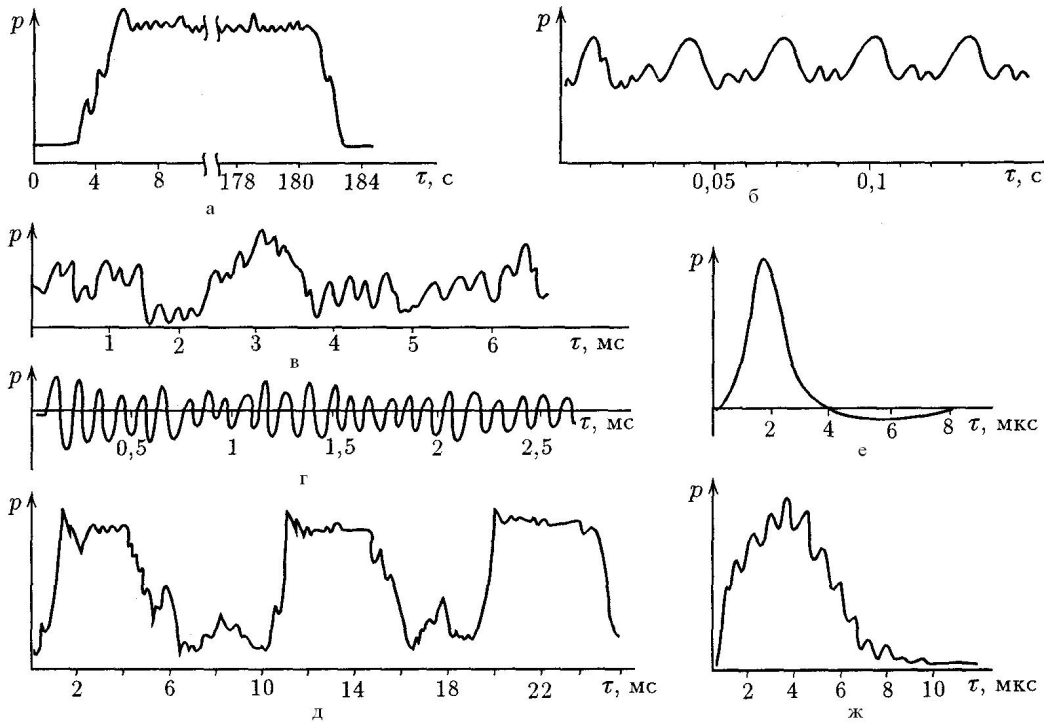


Рисунок 1 – Характер изменения давления во времени для типов давлений: а – медленноменяющегося; б – медленноменяющегося, сопровождаемого пульсацией; в – быстроменяющегося с постоянной составляющей; г – быстроменяющегося без постоянной составляющей; д – импульсного; е, ж – ударного или взрывного

Наиболее жесткие метрологические требования предъявляются к датчикам и системам, измеряющим статические и медленноменяющиеся процессы. Это объясняется тем, что датчики должны с допускаемыми погрешностями одновременно измерять переходные процессы и установившиеся давления, сопровождаемые пульсацией. Эти требования противоречивы, и во многих случаях, плохо совместимы в одном датчике, так как для измерения переходных процессов с малой погрешностью необходима высокая частота собственных колебаний и малая степень успокоения, а для малой погрешности измерения установившегося давления, сопровождаемого высокочастотной пульсацией, необходима низкая частота собственных колебаний и большая степень успокоения. Датчики, предназначенные для измерения быстроменяющихся и пульсирующих давлений, должны обладать

малыми динамическими погрешностями, т. е. высокой частотой собственных колебаний и отсутствием механических и электрических резонансов в рабочем диапазоне частот измерения давлений и дестабилизирующих факторов. При этом для обеспечения допускаемых динамических погрешностей системы в целом все элементы системы (датчик–усилитель–преобразователь–регистратор) должны быть согласованы по частотным диапазонам измерений [2].

Деформационный чувствительный элемент (ДЧЭ) один из ключевых элементов датчиков давления и силы. Кроме того, ДЧЭ используются для различных целей: измерения уровня деформаций и механических напряжений, возникающих в узлах и конструкциях технологического оборудования, изделий летной и ракетно-космической техники.

Обобщенная структура датчика силы (ДС) приведена на рисунке 2, где условно показана входная величина деформации ε_x, которая, воздействуя на несущий элемент (подложку, пластинку, балку), вызывает в нем механические напряжения (σ_x), передающиеся на чувствительный элемент (ЧЭ). С другой стороны на ЧЭ от внешнего источника питания (ИП) подается поток энергии (Э) в виде напряжения, тока или частоты, который модулируется изменяющимися параметрами ЧЭ, зависящими, в свою очередь, от ε_x. Кроме того, в реальных условиях на ДС воздействуют параметры внешней среды, в частности, температура ($T_{вн}$), вибрации, удары и проч., которые изменяет его характеристики. Таким образом, на выходе ДС возникает сигнал *Y*, функционально связанный с ε_x, Э, $T_{вн}$:

$$Y = F(\varepsilon_X, \acute{Y}, \grave{O}_{\acute{A}\acute{I}}) \quad (1)$$

Чаще всего роль ЧЭ выполняют тензорезисторы (ТР), которые закрепляются на подложке или объекте измерения специальными клеями или клеевыми композициями.

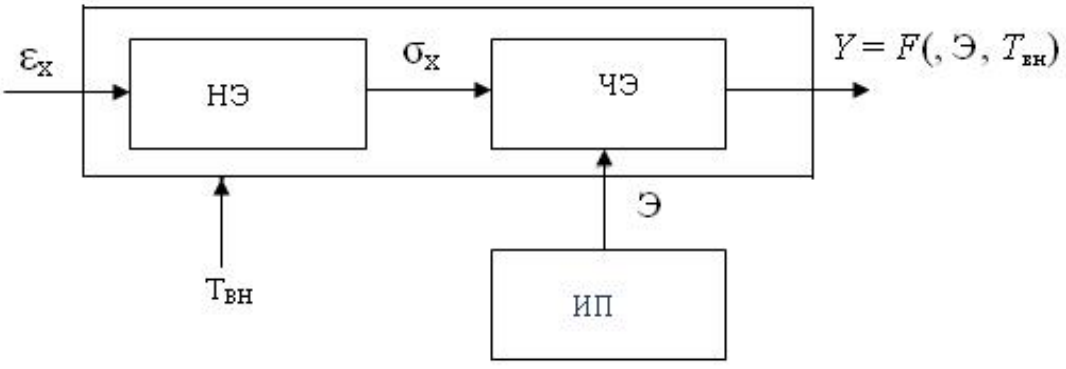


Рисунок 2 – Структурная схема датчика силы

Рассмотрим более подробно ТР, которые являются базовыми элементами ДС. В настоящее время на практике используются проволочные, фольговые и полупроводниковые ТР, особенно часто первые и вторые. Кратко

опишем принцип работы ТР и приведем их основные математические модели (ММ) [3].

Проволочные ТР представляют собой проволоку из высокоомного металлического сплава, сопротивление которой изменяется под действием напряжения, растяжения или сжатия.

Зависимость сопротивления проволоки ТР можно представить в виде:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}, \tag{2}$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление материала проволоки; *L* и *S* – соответственно длина проволоки и площадь ее поперечного сечения.

При растяжении ТР его сопротивление изменится (возрастет или уменьшится) на величину ΔR и составит $R \pm \Delta R$, поэтому относительное изменение сопротивления может быть представлено ММ:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta L}{L} \cdot (1 + 2\mu) + \frac{\Delta \rho}{\rho}, \tag{3}$$

где ΔL – изменение длины ТР; Δρ – изменение удельного электрического сопротивления; μ – коэффициент Пуассона.

Для применяемых металлических материалов $\Delta\rho/\rho$ – величина второго порядка малости, поэтому ей пренебрегают, тогда ММ (3) будет выглядеть:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta L}{L}(1 + 2\mu). \tag{4}$$

Так как $\frac{\Delta L}{L} = \varepsilon$ – относительная деформация ТР, то окончательно получим:

$$\frac{\Delta R / R}{\Delta L / L} = \frac{1 + 2\mu}{\varepsilon} = k, \tag{5}$$

где k – коэффициент тензочувствительности, который зависит от свойств материала и технологии изготовления ТР. Как правило, для большинства металлов μ = 0,4…0,6 , поэтому *k* = 2 + 0,2.

Устройство проволочного ТР схематично представлено на рисунке 3,а.

ТР состоит из подложки-основы 1, тензопроволоки 2, уложенной в виде решетки и приклеенной к основе, защитной пленки 3 и электрических выводов 4. Длина активной части ТР, которая изменяет свое сопротивление, называется базой ТР и обозначается как l_6.

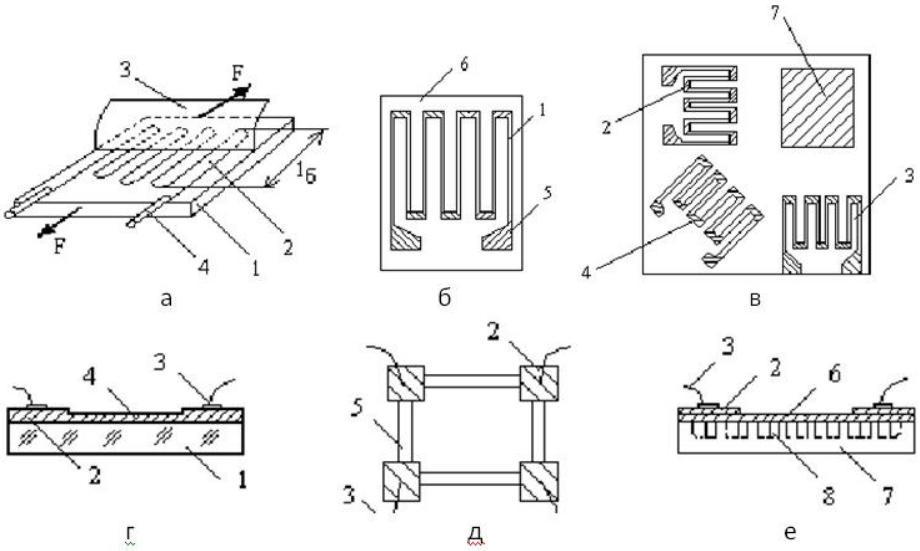


Рисунок 3 – Конструкции тензо- и пьезорезистивных ДЧЭ

В качестве основы (подложки) используют тонкую бумагу или пленку из бакелитового лака, клея БФ-2. На основе БФ-2 ТР работоспособны в диапазоне от - 40 до +70°С, а на бакелитовом лаке - до +200°С. Для обеспечения работоспособности ТР при более высоких температурах используются высокотемпературные клеи или цементы.

Материалом тензопроволоки служат высокоомные сплавы, имеющие высокий коэффициент тензочувствительности и малый температурный коэффициент сопротивления (ТКС). Этим требованиям отвечают ТР на основе сплавов хрома и никеля с кремнием (нихром, константан, сплав НМ23ХЮ и др.). Диаметр тензопроволоки 0,01…0,05 мм [4].

Следует отметить, что проволочные ТР отличаются сравнительно несложной технологией изготовления, поэтому могут изготавливаться самостоятельно на различных предприятиях для обеспечения собственных нужд.

Пленочные ТР более технологичны при изготовлении и применении, чем проволочные ТР. Конструктивно они представляют собой одиночный ТР или розетку из ТР, сформированных на изоляционной основе-пленке методом вакуумного напыления (тонкопленочный ТР) или травлением тонкой металлической фольги, наклеенной на изоляционную основу (фольговый ТР) (рисунок 3б, в).

Розеточный вариант пленочного ТР позволяет фиксировать не только величину, но и направление механических напряжений. Топология (конфигурация) пленочных ТР может быть самой различной: меандровая, круговая, смешанная. В качестве основы пленочных и фольговых ТР используется полиимидная пленка (неметаллизированная и металлизированная).

Достоинством пленочных ТР является отсутствие клеевой прослойки между ТР и изоляционной пленкой, поэтому они имеют очень малые гистерезис и временной дрейф, что определяет их высокую временную стабильность. Недостатки по сравнению с фольговыми ТР – более высокое значение ТКС и большой разброс по номиналам, что требует необходимости использования в СД балансировочных резисторов. Материалами для ТР служат специальные сплавы на основе никеля, хрома с кремнием, которые для повышения стабильности легируются определенными металлами (ванадием, рением и др.) [5].

Полупроводниковые тензорезисторы обладают коэффициентом тензочувствительности более чем на порядок большим, чем у проволочных и фольговых ТР. Кроме того, механизм изменения их сопротивления немного иной, чем у металлических ТР, вследствие чего их называют пьезорезисторами (ПР) [6].

Так, если у металлических ТР основной вклад в изменение сопротивления вносит изменение геометрических размеров ($\Delta L/L$ в ММ (3)), а составляющая от изменения удельного сопротивления $\Delta\rho/\rho$ мала, то у ПР – все наоборот: основная составляющая изменения сопротивления обусловлена изменением удельного сопротивления ($\Delta\rho/\rho$).

Это объясняется значительным влиянием смещения энергетических уровней полупроводника при деформации.

Слабой стороной ПР, которая является общей практически для всех полупроводников, является их недостаточная термостабильность и ограниченный температурный диапазон работы [7].

ПР, как правило, используются в тех случаях, когда уровни измеряемых деформаций или очень малы, или необходимы точечные измерения на малых площадях.

Полупроводниковые ДС чаще всего изготавливаются или в виде полупроводникового кристалла (балка, мембрана, подложка), в теле которого методами микроэлектронной технологии сформированы ПР, контактные площадки и проводники, или в виде одиночных ПР, или полупроводниковой пленочной мезаструктуры [8]. Полупроводниковые кристалл или пленка закрепляются на воспринимающем элементе (ВЭ) сенсора деформации. Съем электрического сигнала осуществляется с контактных площадок ПР. Схематичные конструкции нескольких типов полупроводниковых ДЧЭ приведены на рисунке 3, г–е, где приняты следующие обозначения:

1 - кремниевый ПР; 2 - контактные площадки; 3 - электрические выводы; 4 - защитная пленка; 5-полупроводниковая (кремниевая) пленка;

6 - слой двуокиси кремния; 7 - кремниевая подложка;

8 - диффузионный ПР.

ДЧЭ монтируются на воспринимающих элементах (ВЭ) ДС путем приклейки или приварки, а для полупроводниковых ДС, в случае выполнения УЭ из кремния, ДЧЭ формируется на нем путем внедрения легирующей примеси в объем полупроводника, или на его поверхности.

Следует отметить, что максимальное применение в ДЧЭ по многим причинам нашел тензометрический принцип преобразования, так как тензорезисторные ДЧЭ наиболее технологически отработаны, ТР выпускаются серийно, с ними не сложно проводить измерения и т. д. Поэтому в дальнейшем уделим основное внимание именно тензорезистивным ДС. Рассмотрим некоторые базовые конструкции тензорезистивных силочувствительных элементов, схематично изображенных на рисунке 4 [9, 10].

Так как при измерениях силовых параметров ВЭ должен работать в пределах упругих деформаций (с целью обеспечения линейности и механической надежности), в ДС конфигурация ВЭ, который называется упругим элементом (УЭ), имеет определенные закономерности. УЭ может быть выполнен как в виде простой консольной балки (рисунок 4,а) для ДС малой точности, так и в виде элементов сложных форм: балок равного сопротивления; профилированных балок; кольцевых конструкций (рисунок 4,б), для точных ДС (рисунок 4,д). Усложнение конструкции УЭ диктуется требованиями точности и диапазоном измеряемых усилий и весов. Тензорезисторы, как отдельные, так и в виде ДС, закрепляются на поверхности УЭ в тех местах, где уровни механических напряжений максимальны, а их неравномерность минимальна. На балке равного сопротивления (рисунок 4,б) ТР могут монтироваться в любом месте УЭ, так как в ней механические напряжения одинаковы по всей длине. Для увеличения чувствительности УЭ ДС специальным образом профилируются, путем создания концентраторов механического напряжения в теле УЭ (выемки, проточки, пазы) – рисунки в и г. Кроме того, сам УЭ может быть выполнен в виде тонкостенного кольца с силопередающими приливами (рисунок 4,д).

Для расширения функциональных возможностей, с целью обеспечения одновременного измерения и силы и температуры, на УЭ монтируются тонкопленочные терморезисторы или термопары, которые измеряют температуру среды [11].

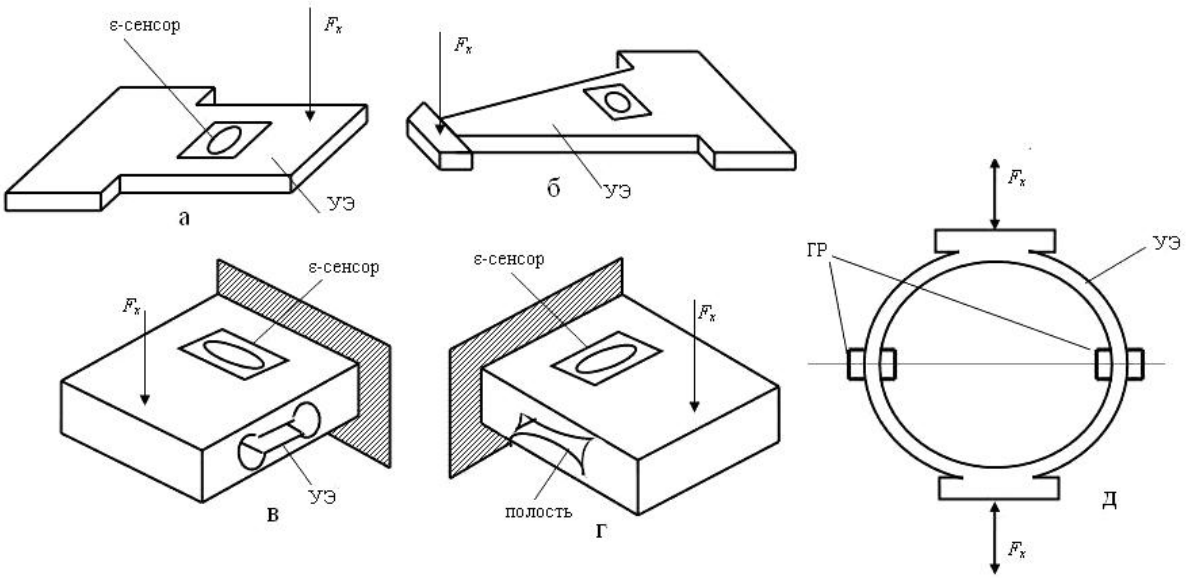


Рисунок 4 – Конструкции силочувствительных элементов

Вывод. Основным узлом многофункциональных датчиков является его чувствительный элемент, на котором размещены или интегрированы (для полупроводникового ЧЭ), деформационно-чувствительные и термочувствительные элементы. ЧЭ в основном определяет метрологические характеристики всего датчика. В качестве ДЧЭ в датчиках давления и температуры чаще всего используются тензорезисторные и пьезорезисторные структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Датчики теплофизических и механических параметров: справочник: в 2 т. / под ред. Е. Е. Багдатьева, А. В. Гориша, Я. В. Малкова. — М.: ИПРЖР, 1998 – 458 с.

2. Ломтев Е.А., Михайлов П.Г., Аналиева А.У. и др. Многофункциональные датчики физических величин. Принципы построения, модели и конструкции // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. — 2015. — № 2 (12). — С. 57–65.

3. Проектирование датчиков для измерения механических величин. Под общей редакцией д.т.н., профессора Осадчего Е.П. / М.: Машиностроение, 1979.

4. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. Справочник пер. с англ. / М.: Техносфера, 2007. -380 с

5. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник: пер. с англ. / М.: Техносфера, 2005. – 588с.

6. Баясилова З.А., Михайлов П.Г., Фадеев Е.Д., Шайханова А.К.. Новый подход к разработке и изготовлению датчиков физических величин. // Вестник Государственного Университета имени Шакарима города Семей. – № 1 (85), 2019. – С. 3-6.

7. Баясилова З.А., Бактыбаев М.К., Михайлов П.Г., Шайханова А.К.. Моделирование мембранного датчика давления // Вестник Государственного Университета имени Шакарима города Семей. – №4 (76), 1 том, 2016. – С. 68-71.

8. Bayasilova Z.A., Baktybayev M.K., Mikhaylov P.G., Shaikhanova A.K.. Development of a combined pressure and temperature membrane sensor. // Вестник Государственного Университета имени Шакарима города Семей. – №3 (79), 2017. –С. 3-7

9. Михайлов П.Г., Ожикенов К.А., Касимов А.О., Аналиева А.У. Узлы и компоненты микроэлектронных датчиков // Известия Южного федерального университета. Технические науки. № 3(164) 2015 С. 184-193.

10. Тихоненков В.А., Тихонов А.И. Теория, расчет и основы проектирования датчиков механических величин. Учебное пособие /Ульяновск, УлГТУ. 2000. 452 с.

11. P. Mikhailov, M. Baktybayev, Z. Bayasilova, M. Tatiyeva and A. Seidildayeva. Multi-functional sensors for control systems and monitoring. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Volume 9, Issue 13, December 2018, pp. 959–967, Article ID: IJMET_09_13_101.

УДК 368.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А.П.Михайлов

ведущий специалист ООО ПЛК Система г. Москва РФ, e-mail: krendeleschik@gmail.com

Аннотация. Вибрационные испытания являются обязательным этапом при разработке и модернизации любой аппаратуры приборостроения, в том числе и измерительных преобразователей (датчиков) различных физических параметров: давления, температуры, линейных и угловых ускорений и проч. Основными задаваемыми параметрами при вибрационных испытаниях являются частота, амплитуда и время, а также закон изменения частоты и амплитуды. В качестве выходных параметров принимаются информативные сигналы, фиксируемые внешними электроизмерительными приборами, а также качественные показатели механической прочности преобразователя.

Ключевые слова: преобразователь, измерение, вибрации, частота, амплитуда, вибростенд.

RESEARCH OF THE IMPACT OF VIBRATION ON TECHNICAL CHARACTERISTICS OF MEASURING CONVERTERS

Alexey Mikhaylov

Leading Specialist PLC SYSTEM Ltd Moscow RF, e-mail: krendeleschik@gmail.com

Abstract. Vibration testing is an obligatory stage in the development and modernization of any instrument making instrument, including measuring transducers (sensors) of various physical parameters: pressure, temperature, linear and angular accelerations and so on. The main parameters set by vibration tests are frequency, amplitude and time, as well as the law of frequency and amplitude changes. The output parameters are taken informative signals recorded by external electrical devices, as well as quality indicators of the mechanical strength of the transducer.

Keywords: transducer, measurement, vibration, frequency, amplitude, shaker.

Введение. Испытания продукции приборостроения на устойчивость к воздействию дестабилизирующих внешних факторов (ДВФ): температуры, ударов, вибраций, термоциклы, перегрузок и проч., из которых одним из основных ДФВ являются виброперегрузка. Поэтому при разработке любой новой аппаратуры, а также при модернизации существующей, особенно это относится к авиационной и транспортной аппаратуре, всегда проводятся вибрационные испытания на вибростендах. Вибростенды обеспечивают задание вибронагрузок с различными частотами и уровнями вибраций.

Целью работы является изучение оборудования и методики проведения виброиспытаний, а также оценка влияния вибраций на технические характеристики измерительных преобразователей. Необходимость проведения этих исследований состоит в том, чтобы ознакомить студентов и обучающихся с испытательным оборудованием и методиками, используемыми в реальном производстве продукции приборостроения.

Основной материал. Современная радиоэлектронная и измерительная аппаратура различного назначения при эксплуатации и транспортировке обычно подвергается динамическим воздействиям: вибрации, ударным и линейным перегрузкам, влиянию акустических шумов, частотные и амплитудные диапазоны которых весьма широки [1]. Эти воздействия передаются на элементы аппаратуры, вызывая нарушение нормального режима работы и механические повреждения элементов. В последнее время опасность механических повреждений увеличилась из-за постоянного обогащения акустического спектра подвижных объектов высокочастотными составляющими, которые, более эффективно воздействуя на физико-механические свойства материалов, изменяют рабочие характеристики аппаратуры [2].

Например, мощность акустических нагрузок, генерируемых двигателями современного реактивного самолета, доходит до сотен киловатт, а суммарные мощности акустических нагрузок, возникающих при работе двигателей космических ракет, достигли сотен мегаватт. Шумы реактивной струи и пульсации обтекания создают у поверхности летательных аппаратов уровни переменных давлений порядка 170…190 дБ с расширением частотного диапазона вибрационного воздействия до 5000 Гц [3].

На рис. 1 в обобщенном виде представлены диапазоны ударных, вибрационных и акустических воздействий, которым подвергаются элементы и узлы современной аппаратуры различного назначения [4].

Нормативно-техническая документация на измерительные приборы и преобразователи содержит требования по следующим видам механических нагрузок []:

- вибрационным (на фиксированной частоте и в диапазоне частот);
- ударным (многократные и одиночные);
- линейным;
- акустическим шумам.

Устойчивость приборов к механическим нагрузкам высоких уровней должна быть обеспечена на протяжении всего их срока службы.

Воздействие перечисленных факторов и в первую очередь вибраций приводит к появлению знакопеременных деформаций элементов приборов и, в конечном итоге, к постепенным и катастрофическим отказам аппаратуры [5].

Кроме того, для многих измерительных приборов влияние вибрации и ударов даже небольших уровней приводит к появлению дополнительных погрешностей измерения. Особенно характерно такое влияние на линейные и угловые акселерометры малых ускорений.

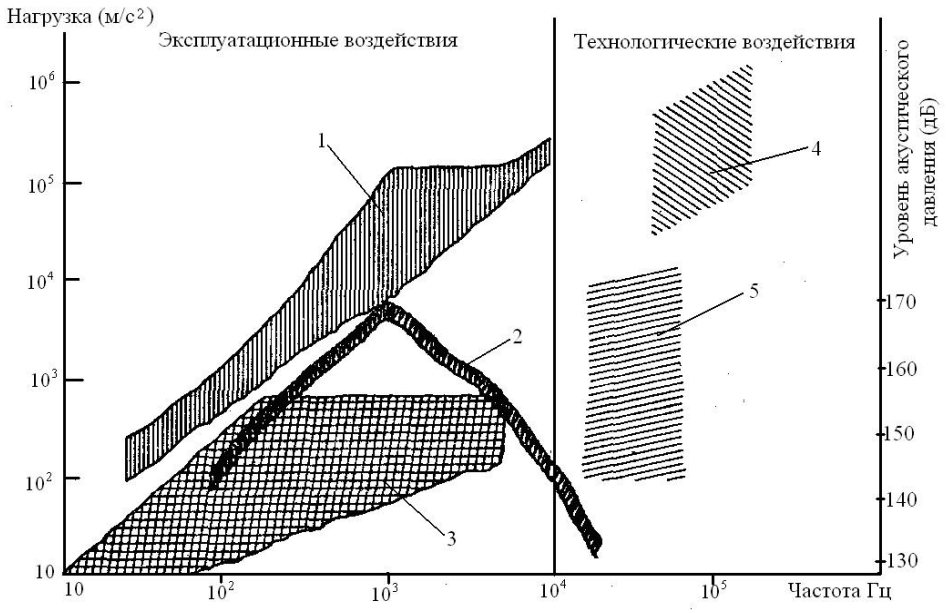


Рисунок 1 – Уровни вибрационных и акустических воздействий, которым подвергаются приборы в составе аппаратуры и при производстве: 1-удары; 2 - акустический шум; 3-вибрация; 4 - ультразвуковая сварка; 5- ультразвуковая очистка деталей приборов.

Рассмотрим используемое при виброиспытаниях оборудование и методику их проведении. Следует отметить, что методика виброиспытаний, вне зависимости от используемой виброзадающей и измерительной аппаратуры, имеет много совпадающих процедур.

В качестве виброзадающей аппаратуры чаще всего используются вибраторы электродинамического типа, которые преобразуют электрическую энергию усилителя мощности в механическую.

Кратко рассмотрим работу и особенности конструкций вибраторов указанного типа (рис. 2).

Вибратор снабжен подвижной системой с электродинамическим приводом. Принцип работы вибратора заключается в следующем.

В кольцевой зазор электромагнита, питаемого постоянным током, помещается катушка, закрепленная на упругой подвижной системе. При пропускании через катушку переменного тока, амплитуда и частота которого могут быть регулируемыми, она начинает выталкиваться из зазора или втягиваться в него в такт с частотой пропускаемого тока. Величина (амплитуда) линейного перемещения катушки зависит от величины пропускаемого через нее переменного тока и величины тока подмагничивания электромагнита.

Катушка жестко связана с механической подвижной системой на направляющих пружинах.

Сила, развиваемая вибратором [6]

$$F_0 = B \cdot L \cdot i_0 \cdot \sin \omega t \,, \qquad (1)$$

где B - магнитная индукция в кольцевом зазоре магнитопровода; L - общая длина проводя подвижной катушки; $i_0 \cdot \sin\omega \cdot t$ - переменный ток, протекающий в подвижной катушке.

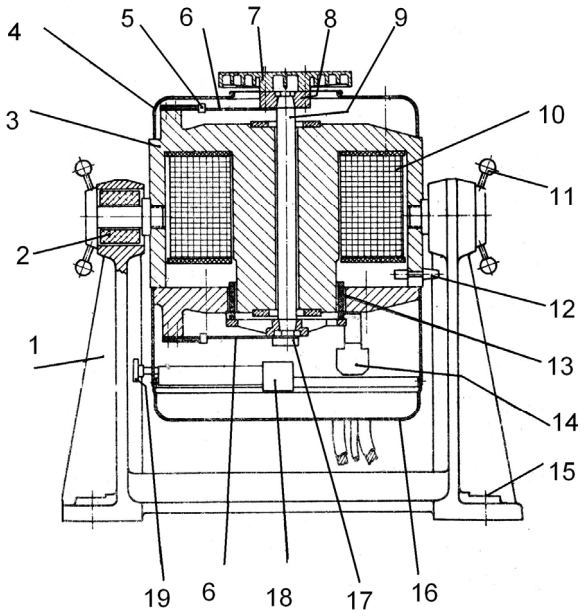


Рисунок 2 – Вибратор электродинамический : 1-станина; 2, 5 – амортизаторы; 3-магнитопровод; 4, 16 - защитные колпаки; 6-плоские пружины; 7-Планшайба для испытаний объекта; 8-Фланец присоединения; 9- Стержень; 10, 13-Катушки подмагничивания и управляющая; 11-

зажимной рычаг; 12-Штуцер воздушного охлаждения; 14, 15- клеммы контактные и заземления; 17, 18 -Датчик ускорения и осциллятор; 19-Ручка настройки «нуля» датчика ускорения.

Отметим наиболее важные особенности конструкции и работы вибратора.

Вибратор может быть повернут от вертикального положения в диапазоне углов от 0° до ± 90^0. Эластичные амортизаторы передают лишь в незначительной мере остаточные вибрации на основание, потому для вибростенда не требуется особого фундамента.

Магнитопровод вибратора построен по принципу громкоговорителя. Внутри корпуса магнитопровода на сердечнике уложена обмотка подмагничивания 10 для создания постоянного магнитного поля. В воздушном зазоре магнитопровода помещена катушка управления 13, которая закреплена на несущем стержне 9 с фланцем 8, на котором может быть закреплена одна из сменных планшайб 7.

Для ограничений колебаний подвижной системы в резонансной области, упругие элементы снабжены ограничителями-амортизаторами 5. Испытываемый объект можно прикрепить с помощью 4-х винтов либо к фланцу 8 (применяя, например, легкий по жесткости стержень, либо к одной из сменных планшайб 7).

Вибрирующая катушка размещена в нижней части магнитопровода для уменьшения нежелательного воздействия на испытываемый объект потоков рассеяния магнитного поля в зазоре магнитопровода.

К подвижной системе жестко присоединен емкостной датчик ускорения 17, а к корпусу - осциллятор 18 измерительного устройства ускорения 40. Анодный ток покоя осциллятора 18 устанавливается, вдавливая и поворачивая ручку регулировки 19. Два зажимных рычага 11 фиксируют положение наклона стола в необходимом положении от 0 до 90^0.

При продолжительной работе с максимальной нагрузкой, предусмотрена возможность для воздушного охлаждения катушки с помощью вентилятора.

Электрические величины (ток I и напряжение U в катушке) связаны с механическими величинами (скоростью V_m подвижной системы и скоростью $V_м$ корпуса вибратора) следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} U = z_{\text{эл}} \cdot I + \Theta(V_{\text{m}} - V_M) \\ z_{\text{M}} V_M + z^{\text{Г}} (V_{\text{M}} - V_m) + \Theta I = 0 \\ z_{\text{M}} V_M + z^{\text{Г}} (V_{\text{m}} - V_M) - \Theta I = z^{\text{г}} V_m \end{cases}, \quad (2)$$

где $\Theta = B \cdot l$ - коэффициент электромеханической связи (B - индукция в зазоре, l - длина провода); $z_{эл} = r + j \cdot \omega \cdot l$ - электрическое сопротивление обмотки; $z_m = j \cdot \omega \cdot m$, $z_M = j \cdot \omega \cdot M$, $z^п = k^п (1 + i \cdot \lambda^п) / j \cdot \omega$ - механические сопротивления подвижной системы, корпуса и упругой подвески $\lambda^п$ - коэффициент потерь; $z^н$ — входное сопротивление испытуемого объекта (нагрузка), U, I, V - комплексные амплитуды.

При $M \to \infty$ первое и третье уравнения системы (2) совпадают с уравнениями электромеханического преобразователя.

Вибратор может работать в режиме заданного тока $i = I_0 \cdot e^{jwt}$, I_0=const или в режиме заданного напряжения $U = U_0 \cdot e^{jwt}$, U_0=const.

На основании упрощенной системы уравнений (3)

$$\begin{cases} RI + a\omega = LU \\ \beta\omega + c\varphi = KI \end{cases} \quad (3)$$

была построена модель электродинамического вибратора (рис. 3) в *MATLAB* [7].

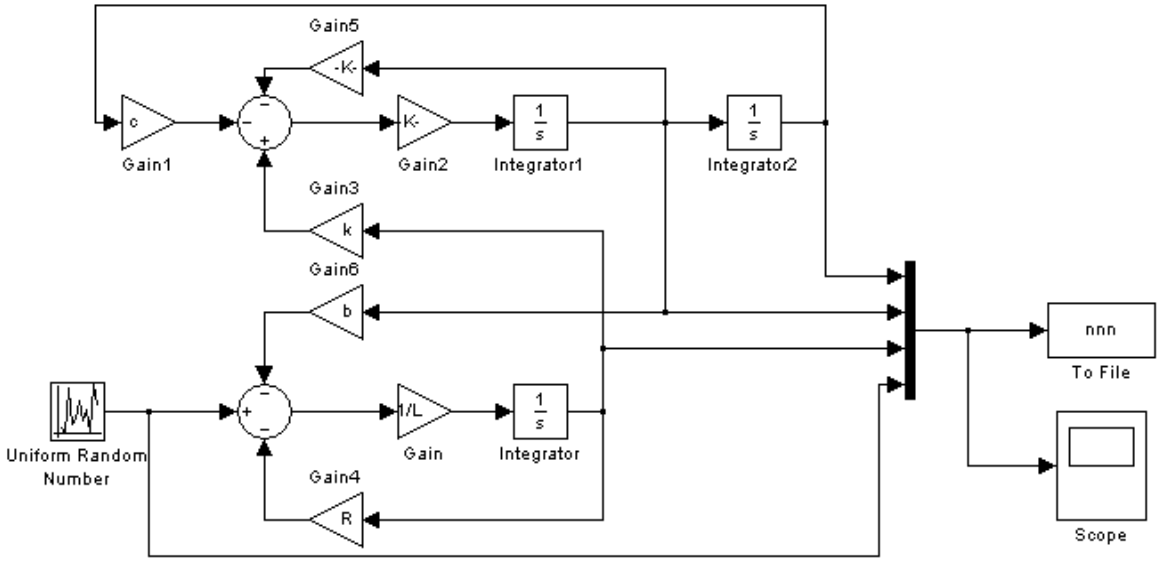


Рисунок 3 – Модель электродинамического вибратора

Для расширения диапазона амплитуд задаваемых ускорений, используют испытательные приспособления, которые при определенных частотах

(резонансных) способны значительно увеличить амплитуду и, соответственно, виброускоений без увеличения мощности генератора. Такие приспособления называют усилителями вибраций.

Это связано с необходимостью получения на отдельных частотах при испытаниях датчиков более значительные виброперемещения (виброускорения) чем те, которые обеспечивают сами вибраторы.

Виброусилительное устройство (ВУУ) предназначено для усиления виброускорений при испытаниях приборов на воздействие вибраций.

Принцип работы ВУУ основан на усилении амплитуды колебаний инерционной массы испытуемого датчика, закрепленной, на упругом элементе ВУУ, на его резонансных частотах или близких к ним. ВУУ с закрепленным на нем испытуемом датчике крепится на столе вибростенда, который является возбудителем колебаний.

Пример конструктивного исполнения ВУУ приведен на рис. 4.

ВУУ состоит из корпуса 2, шпильки 3, грузов 4 и болтов 1. Корпус 2 выполняет роль упругого элемента и может быть сменным.

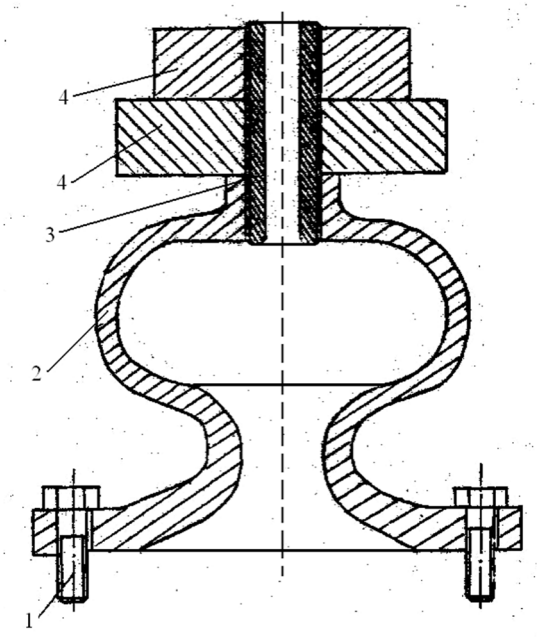


Рисунок 4 – Общий вид виброусилительного устройства

Поэтому каждый корпус имеет собственную резонансную частоту, которая может изменяться в узких пределах в зависимости от изменений массы грузов 4. Резонансные частоты каждого корпуса образуют определенный спектр, соответствующий набору различных масс грузов. При добавлении массы испытуемого датчика этот спектр, изменяется в сторону низких частот.

Таким образом, резонансные частоты ВУУ можно менять двумя способами:

1. заменой корпуса 2;

2. изменением массы дополнительного груза 4.

С помощью болтов 1 корпус 2 крепится к столу вибростенда. Грузы 4 крепятся к корпусу с помощью шпильки 3, а испытуемый датчик закрепляется или на шпильке 3, или непосредственно в резьбовом отверстии корпуса 2 с помощью установочного приспособления.

Перед работой на ВУУ выбирается его корпус в зависимости от требуемой частоты и массы испытуемого датчика.

Испытуемый датчик закрепляется на шпильке или непосредственно в резьбовом отверстии корпуса ВУУ таким образом, чтобы его нижняя поверхность была прижата к верхней плоскости корпуса.

Работа с ВУУ производится в следующей последовательности.

Включить вибростенд и изменяя частоту колебаний, установить резонансную частоту. На этой частоте амплитуда виброускорений на ВУУ максимальна. После этого необходимо установить требуемую амплитуду на ВУУ. Если фактическая резонансная частота незначительно отличается от номинальной, её можно изменить за счет изменения количества грузов. Если же фактическая резонансная частота значительно отличается от номинальной, то заменяется корпус ВУУ.

Вывод. Рассмотренные методики виброиспытаний и их аппаратное оснащение с использованием электродинамических вибростендов и виброусилительных устройств, позволяют обеспечить полный цикл вибронагрузок при разработке и модернизации аппаратуры и приборов для большинства отраслей. При этом, знание особенностей конструкции вибростенда и систем измерения и регулирования параметров вибрации, способствуют расширению номенклатуры и типов испытуемых приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. Справочник пер. с англ. / М.: Техносфера, 2007. -380 с.

2. ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

3. Юрков, Н.К. Жаднов В.В. Особенности конструирования бортовой космической аппаратуры учеб. пособие / Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. – 112 с.

4. Чернышов А.А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем / М.: Радио и связь, 1988.

5. Герасимов, О. Н. О Юрков Н. К. Применении испытаний РЭС на воздействие внешних дестабилизирующих факторов на заключительных этапах производственного контроля // Надежность и качество сложных систем. – 2015. –№ 4 (12). – С. 116–121

6. Bushmelev P, Pivkin A., Lysenko A., Study Algorithm Speed Signal Generating Feedbackfor Information- measuring System Control Active Vibration Protection // International 2015. – Vol. 10, № 23. – P. Journal of Applied Engineering Research.

7. Дьяконов В.П. MATLAB Simulink 5/6/7. Основы применения. - 2-е изд., перераб. и доп./ М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. - 800 с.

УДК 621.314.5

ПРОЦЕДУРА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ СИНУС-ФИЛЬТРА ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЕ НАПРЯЖЕНИЯ

М.Ю. Пустоветов

кандидат технических наук, докторант кафедры «Электропоезда и локомотивы», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта (МИИТ)", г. Москва, Россия, e-mail: mgsn2006@yandex.ru

Аннотация. В работе предложена и поэтапно рассмотрена процедура выбора параметров синус-фильтра для случая повышенной (400 … 1000 Гц) частоты напряжения. Обсуждены вопросы ограничений и специфических требований, оказывающих влияние на выбор компонентов синус-фильтра.

Ключевые слова: преобразователь частоты, синус-фильтр, компьютерное моделирование.

THE PROCEDURE OF SINE-WAVE FILTER PARAMETERS SELECTION IN CASE OF INCREASED FREQUENCY OF VOLTAGE

Mikhail Pustovetov

Ph.D., doctoral student of the «Electric trains and locomotives» department of Federal State Institution of Higher Education «Russian University of Transport», Moscow, Russia, e-mail: mgsn2006@yandex.ru

Abstract. The paper proposes and gradually considers the procedure for selecting the parameters of the sine-wave filter for the case of increased (400 ... 1000 Hz) voltage frequency. Limitations and specific requirements affecting the choice of sine-wave filter components discussed.

Keywords: frequency converter, sine-wave filter, simulation.

Введение. Для современного электрического привода переменного тока, а также систем электроснабжения, имеющих в своем составе преобразователь частоты (ПЧ), проблема электромагнитной совместимости является одной из ключевых ввиду характерных особенностей современной технологии формирования напряжения импульсными полупроводниковыми

преобразователями. Напряжение формируется как набор трапецеидальных импульсов с очень крутыми фронтами и содержит широкий спектр высших временных гармоник, вызывающих потери энергии во всех элементах передающего тракта от выхода преобразователя частоты до питаемой нагрузки. Одним из технических решений, позволяющих максимально избавиться от высших временных гармоник в спектре напряжения, является установка синус-фильтров [1, 2] на выходе ПЧ. В [3, 4] рассмотрены примеры выбора параметров синус-фильтров при питании напряжением частотой до 50 Гц. В качестве нагрузки выступали устройства типа асинхронных двигателей и трансформаторов. На практике встречаются случаи, когда требуется использование синус-фильтра при повышенных частотах питающего напряжения 400…1000 Гц, а нагрузкой является диодный выпрямитель, в свою очередь нагруженный на емкость и автономный инвертор, включенные параллельно друг другу [5]. Нагрузка системы электроснабжения может изменяться от холостого хода до перегрузки. В этом случае нецелесообразно использовать методику расчета параметров синус-фильтра «от емкости» [4].

Цель работы. Требуется предложить процедуру выбора параметров синус-фильтра в случае повышенной частоты напряжения, учитывая возможность эксплуатации оборудования в диапазоне частот основной гармоники.

Исходные данные и ограничения. Пусть имеется трехфазная система электроснабжения, в которой нагрузка питается от ПЧ. В установившемся режиме работы частота основной гармоники напряжения на выходе ПЧ составляет $f_1 = 400…600$ Гц. Несущая частота широтно-импульсной модуляции (ШИМ) напряжения составляет $f_{\text{ШИМ}} = 14$ кГц. Мощность ПЧ ограничена. Это означает, что ограничено действующее значение тока на выходе ПЧ в длительном режиме. Такой же ток $I_{L\Sigma}$ будет протекать через индуктивность L фазы синус-фильтра. Величина L ограничивается допустимым падением напряжения ΔU_L на ней от протекания тока в длительном режиме (например, 10 % от действующего значения первой гармоники фазного напряжения). Здесь нужно иметь в виду, что действующим значением тока на выходе ПЧ $I_{L\Sigma}$ будет действующее значение спектра гармоник тока. Падение же напряжения на индуктивности для каждой гармоники тока прямо пропорционально частоте гармоники. Поэтому, удобно принимать в качестве ограничения для расчетов L, что допустимое падение напряжения должно происходить только от протекания лишь первой гармоники тока I_{L1} через индуктивность. Оценить величину действующего значения первой гармоники тока на выходе преобразователя можно исходя из номинальной мощности нагрузки, получающей питание от трехфазной системы электро-

снабжения, учитывая КПД устройств, последовательно включенных в передающий тракт (трансформаторы, кабель, выпрямитель). Активное сопротивление катушки индуктивности фазы синус-фильтра можно ориентировочно определить согласно [6].

Последовательность выбора параметров синус-фильтра.

1. Определяем L по допустимому падению напряжения от протекания I_{L1}. Рекомендуется $\Delta U_L = 10\%$.

2. Задаемся кратностью частот $\frac{f_{\text{ШИМ}}}{f_{\text{рез}}}$, где $f_{\text{рез}}$ - резонансная частота фильтра. Рекомендуется $\frac{f_{\text{ШИМ}}}{f_{\text{рез}}} = 5\ldots7$ для ранее указанных величин f_1 и $f_{\text{ШИМ}}$. В общем случае кратность частот должна быть такова, чтобы обеспечивалось затухание высших гармонических составляющих напряжения ПЧ, связанных с $f_{\text{ШИМ}}$ (они имеют высокие амплитуды). Вычисляем

$$f_{\text{рез}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_{\text{Y}}}}. \quad (1)$$

3. По $f_{\text{рез}}$ и L рассчитываем емкость на фазу синус-фильтра C_{Y} для случая соединения по схеме звезда. Для случая соединения фаз емкости по схеме треугольник будет верно $C_{\Delta} = \frac{C_{\text{Y}}}{3}$.

4. Проверяем синус-фильтр с рассчитанными параметрами на отсутствие в рабочем диапазоне f_1 резонансных явлений, связанных со значительным увеличением амплитуды напряжения на выходе фильтра. Для этого рекомендуется собрать имитационную компьютерную модель системы электроснабжения. Далее провести вычислительный эксперимент, при котором частота и напряжение ПЧ сначала увеличиваются до максимальных значений (восходящий участок кривой 1 на рис 1 и 2), затем следует установившийся режим (горизонтальный участок кривой 1 на рис 1 и 2), затем при максимальном напряжении ПЧ его частота медленно снижается до нижней границы f_1 (нисходящий участок кривой 1 на рис 1 и 2). В первую очередь, вычислительный эксперимент следует провести в режиме холостого хода – в этом случае резонансные явления, если они есть, проявляются в наибольшей мере. Дополнительно можно провести аналогичное моделирование под нагрузкой. Если резонансные явления обнаружены, чтобы сдвинуть их из рабочего диапазона f_1, целесообразно увеличивать индуктивность. Если это нежелательно, можно уменьшать емкость фильтра. Нужно помнить, что при одинаковой индуктивности снижение емкости приводит к ухудшению фильтрующих свойств, а увеличение емкости, хотя и

приближает форму выходного напряжения фильтра к синусоидальной, но ведет к увеличению тока через емкость, в том числе за счет увеличения первой гармоники тока через емкость, а значит и к увеличению тока через индуктивность фильтра, то есть тока, потребляемого от ПЧ, что может привести к перегрузке и отключению ПЧ. Увеличение как емкости, так и индуктивности ведет к увеличению знаменателя в выражении (1), то есть к снижению $f_{\text{рез}}$ и ее приближению к f_1. Это может вызвать усиление основной гармоники напряжения, что при неизменной нагрузке приведет к повышению I_{L1} и $I_{L\Sigma}$.

5. Проверяем расчетом потери в элементах синус-фильтра и суммарные потери мощности. При отсутствии демпфирующих резисторов в ветвях с емкостями можно оценить последовательное с емкостью фазы активное сопротивление величиной порядка единиц или десятых долей мкОм. Направленность на достижение энергоэффективности оборудования, например, в [7] формулируется следующим образом: «Для двухуровневых преобразователей в отсутствие различного рода фильтров эти (дополнительные из-за несинусоидальности напряжения питания) потери могут составить … 1-2% от номинальной мощности двигателя. … в фильтре возникают потери, но они будут ниже, чем сокращение дополнительных потерь из-за питания от преобразователя. Таким образом, полный к.п.д. электропривода увеличивается».

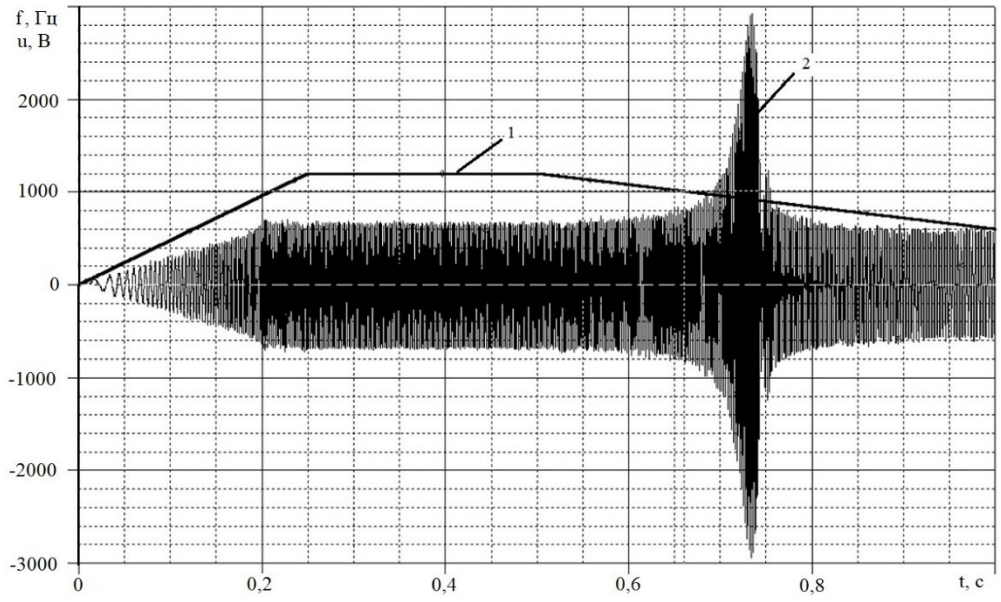


Рисунок 1 – Результаты моделирования выходного напряжения синус-фильтра в режиме холостого хода при разных f_1. Виден резонанс напряжения, приходящийся на 440 … 500 Гц, что лежит в рабочем диапазоне f_1

На рис 1 и 2 использованы следующие обозначения: 1 – график $2f_1$, Гц; 2 – график мгновенных значений линейного напряжения на выходе синус-фильтра.

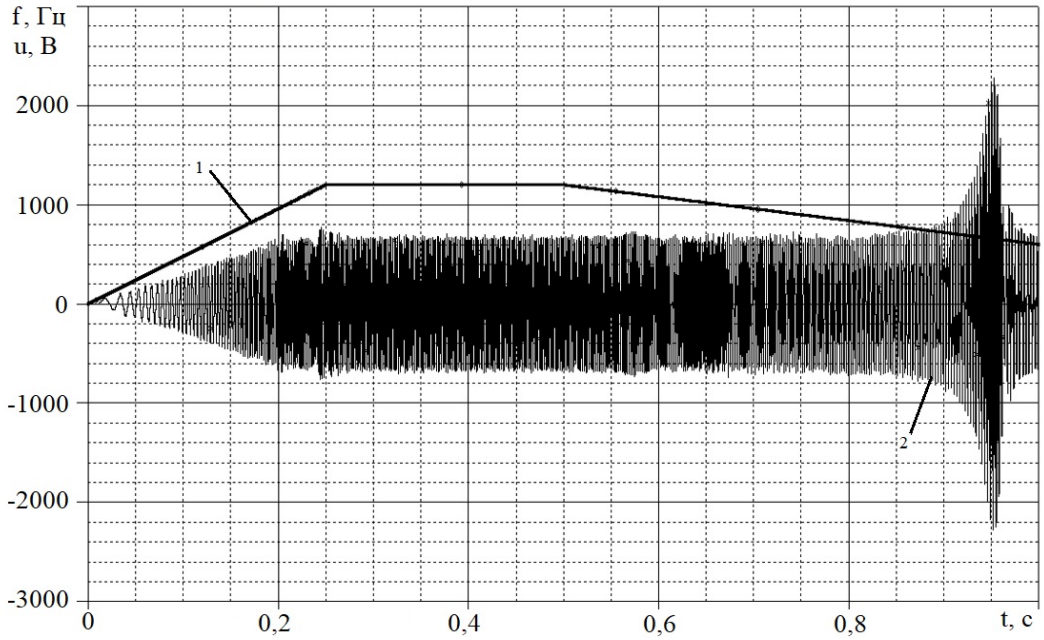


Рисунок 2 – Результаты моделирования выходного напряжения синус-фильтра в режиме холостого хода при разных f_1. Резонанс напряжения за счет увеличения L выведен ниже рабочего диапазона f_1

Выбор компонентов синус-фильтра.

1. Выбор дросселя (индуктивности синус-фильтра) можно осуществлять из номенклатуры готовых изделий типа моторных дросселей. Они предназначены для включения на выходе ПЧ, поэтому их конструкция учитывает присутствие широкого спектра гармонических составляющих напряжения и дополнительный нагрев ввиду несинусоидальности токов, изоляция обладает стойкостью к быстрому циклическому изменению напряжения. В случае отсутствия моторных дросселей на повышенную частоту напряжения, возможно использование изделий, рассчитанных на номинальную $f_1 = 50…60$ Гц, но рекомендуется с целью улучшения охлаждения выбирать дроссель на номинал действующего значения тока на ступень больший, чем расчетный. Следует учитывать толщину скин-слоя материала обмотки дросселя при повышенных частотах f_1 для выбора рационального сечения элементарных проводников обмотки. Рекомендуется использовать для намотки проводники с короностойкой изоляцией класса *H* по нагревостойкости [8].

2. Для формирования емкости подходят фильтровые конденсаторы переменного тока (*AC filtering capacitors*). Основными характеристиками для выбора конденсаторов служат амплитуда напряжения на конденсаторе и амплитуда тока через конденсатор (эти напряжение и ток растут с увеличением нагрузки). В случае несинусоидальных сигналов амплитудные значения могут отличаться от действующих не в $\sqrt{2}$, а в большее количество раз. Для корректного определения этих величин нужны данные компьютерного моделирования, поскольку ввиду различных фазовых углов временных гармоник сумма их мгновенных значений может давать различающиеся результаты в зависимости от номиналов компонентов фильтра и подключенной к системе электроснабжения нагрузки.

Вывод. Используя вышеописанную процедуру выбора параметров, можно сконструировать синус-фильтр с удовлетворительными характеристиками. Наибольшие трудности вызывает подавление 5-й и 7-й высших временных гармоник напряжения. В некоторых случаях одна из них или обе могут усиливаться в выходном напряжении синус-фильтра по сравнению со входным. Наиболее близкая к синусоиде форма выходного напряжения фильтра достигается в режиме холостого хода. При заданной емкости действующее значение 1-й гармоники тока через емкость синус-фильтра практически не зависит от нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черекбашев Р. Расчет теплового баланса при установке синусоидальных фильтров в шкафы управления с частотными преобразователями / Р. Черекбашев, В. Хаймин // Силовая электроника, 2015. – Т. 3., № 54. – С. 25 – 28.

2. Турпак А.М. Выбор индуктивности и емкости синус-фильтра для вентильных двигателей при питании от ШИМ-инвертора / А.М. Турпак, А.Т. Ключников, А.Д. Коротаев, Д.А. Чирков // Автоматизация в электроэнергетике и электротехнике, 2016. – Т. 1. – С. 150 – 153.

3. Пустоветов, М.Ю. Опыт разработки синус-фильтра для силовой схемы частотно-регулируемого асинхронного электропривода / М.Ю. Пустоветов // Известия Томского политехнического университета, 2014. – Т.324, №4. – С. 87 – 95.

4. Пустоветов М.Ю. О параметрах фильтров для частотно-регулируемого электропривода с асинхронными двигателями / М.Ю. Пустоветов // Электричество, 2013. – №5. – С. 41 – 44.

5. Рулевский В.М. Синтез субоптимального регулятора напряжения в системе электропитания глубоководного аппарата /В.М. Рулевский, В.Г. Букреев, Е.Б. Шандарова // Электротехнические системы и комплексы, 2018. – № 3 (40). – С. 47 – 54.

6. Пустоветов М.Ю. Компьютерное моделирование фильтра du/dt, не содержащего демпфирующих резисторов /М.Ю. Пустоветов // Энергия – XXI век, 2018. – № 3 (103). – С. 46 – 49.

7. ГОСТ Р 55136-2012/IEC/TS 60034-25:2007 Машины электрические вращающиеся. Часть 25. Руководство по конструкции и характеристикам машин переменного тока, специально предназначенных для питания от преобразователей. — М. : Стандартинформ, 2014. 62 с.

8. Коробцов А.А. применение эмалированных проводов в обмотках асинхронных двигателей с частотным управлением / А.А. Коробцов, А.П. Леонов, Ю.П. Похолков, Е.Ю. Солдатенко, А.И. Кочетков // Кабели и провода, 2013. – № 3 (340). – С. 16 – 18.

УДК 681.5.017; 681.5.03.23.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЙ

А.В. Соколов

Инспектор РГСН, Пенза, Россия, e-mail: sokolov_av_avto@mail.ru

Аннотация. Чувствительные элементы (ЧЭ) и измерительные модули (ИМ) в датчиках физических величин является основными конструктивными и функциональными узлами, определяющими большинство метрологических характеристик датчиков: точность измерения, метрологическую надежность и информативность. В связи с этим, ЧЭ и ИМ подвергаются моделированию, расчету и испытаниям на всех этапах разработки измерительного канала. В статье рассмотрены вопросы моделирования ЧЭ квазидифференциального типа, используемых в емкостных датчиках давлений (ЕДД).

Ключевые слова: емкость, чувствительный элемент, модель, датчик, квазидифференциальный.

MODELING OF THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SENSITIVE ELEMENTS OF CAPACITIVE PRESSURE SENSORS

A.V. Sokolov

Inspector RSCS, Penza, Russia, e-mail: sokolov_av_avto@mail.ru

Abstract. Sensitive elements (CE) and measuring modules (MI) in the sensors of physical quantities are the main structural and functional units that determine most of the metrological characteristics of the sensors: measurement accuracy, metrological reliability and information content. In this regard, CHE and IM are subjected to modeling, calculation and testing at all stages of the development of the measuring channel. In the article the questions of modeling Jae quasidifferentiable type used in a capacitive pressure sensor (EDD).

Keywords: capacity, sensor, model, sensor, quasidifferential.

Введение. Из большого разнообразия датчиков физических величин, ЕДД отличаются высокими техническими характеристиками: временной

стабильностью, сверхмалым энергопотреблением, стойкостью к агрессивным средам и проч. [1]. При создании большинства конструкций ЕДД преимущественное распространение на практике нашли дифференциальные конструкции емкостных чувствительных элементов (ЕЧЭ) с изменением зазора между электродами, представляющие по своей конструктивной сущности емкостные преобразователи микроперемещений. Рассмотрим более подробно данный тип конструктивного исполнения ЕЧЭ.

Цель работы рассмотреть вопросы моделирования ЧЭ квазидифференциального типа, используемых в емкостных датчиках давлений.

Материал и результаты исследований. Известно, что в целях достижения высокой линейности и точности функция преобразования ЕЧЭ перемещения в виде дифференциального плоскопараллельного конденсатора (рисунок 1,а) должна представляться следующим выражением [2]:

$$y = k \cdot \left(\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \right), \qquad 1)$$

где k - коэффициент пропорциональности ($k = const$), C_1, C_2 - емкости конденсаторов.

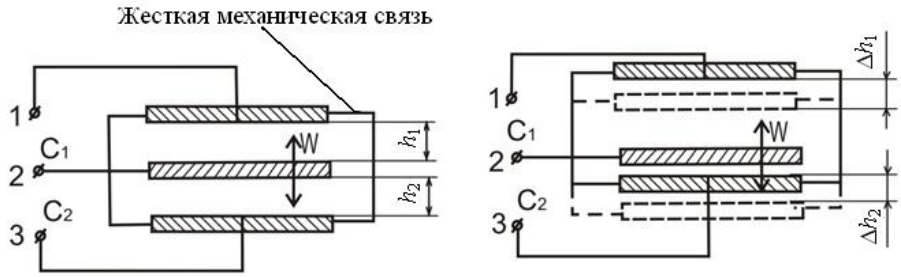


Рисунок 1 – Модель дифференциального емкостного преобразователя перемещения: а – исходное состояние; б-со смещением (паразитным) электродов

Покажем нерациональность дифференциальной конструкции ЕЧЭ с точки зрения принципиальной невозможности минимизации его аддитивной погрешности.

Емкости плоских конденсаторов C_1 и C_2 дифференциального ЕЧЭ (рисунок 1а) равны

$$C_1 = \frac{\varepsilon_1 S_1}{h_1}, \qquad (2)$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_2 S_2}{h_2} \qquad (3)$$

где S_1, S_2 - эффективные площади электродов конденсаторов; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - диэлектрические проницаемости межэлектродной среды; h_1, h_2 - расстояния между электродами конденсаторов.

Подставив в (1) выражения (2) и (3), при условии $S_1 = S_2$ и $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$, функцию преобразования (1) можно выразить в более удобном для дальнейшего анализа виде:

$$y = k \cdot \left(\frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} \right) \tag{4}$$

Предположим, что по какой-либо причине произойдет смещение нерабочего электрода 1 на величину Δh (рисунок 1,б). Поскольку в дифференциальных конструкциях ЕЧЭ электрод 1, как правило, жестко (механически) связан с электродом 3, то одновременно произойдет и смещение последнего на величину Δh. С учетом величины смещения Δh, функцию преобразования (4) можно представить в виде

$$y = k \cdot \frac{(h_2 - \Delta h) - (h_1 + \Delta h)}{(h_2 - \Delta h) + (h_1 + \Delta h)} = \left(y = k \cdot \frac{2\Delta h}{h_2 + h_1} \right) \tag{5}$$

Принимая во внимание, что в исходном состоянии выполняется условие $h_1 = h_2 = h$, получим приращение функции (5) в виде

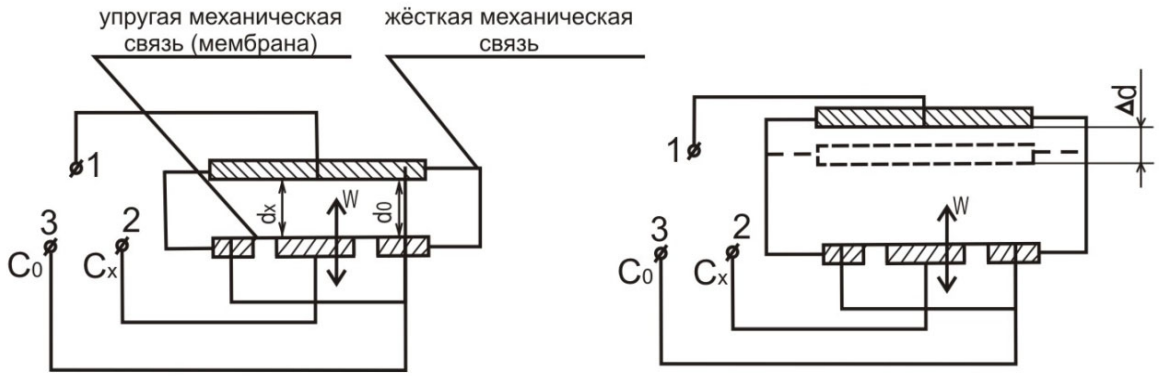
$$|\Delta y| = k \cdot \frac{\Delta h}{h} \tag{6}$$

Из выражения (6) следует, что любое относительное паразитное смещение Δh электродов 1, 3 и 2 дифференциального ЕЧЭ неизбежно вызовет аддитивную погрешность преобразования, пропорциональную величине этого смещения. Это обстоятельство указывает на нерациональность проектирования прецизионных ЕДД на основе дифференциальных ЕЧЭ.

На рисунке 2,а представлена модифицированная модель квазидифференциального ЕЧЭ ЭДД.

Поясним, что под квазидифференциальной конструкцией, понимается конструкция ЕЧЭ, в котором имеются два конденсатора: один рабочий C_x, а другой опорный C_0. Причем последний, в целях обеспечения изоморфности с рабочим конденсатором к влияющим величинам, объединен с ним конструктивно и электрически в автокомпенсационную измерительную электрическую цепь (ИЭЦ) на базе операционного усилителя (ОУ), реализующую преобразование отношения емкостей [3, 4]:

$$y = k \cdot \frac{C_0}{C_x} \tag{7}$$



а б

Рисунок 2 – Модель квазидифференциального ЕЧЭ с упругим элементом в виде мембраны с жестким центром: 1, 2 – круговые электроды, 3 – кольцевой электрод: а – исходное состояние; б – со смещением (паразитным) общего электрода 1

Аналогично рассмотрим влияние паразитного смещения Δh нерабочего общего электрода 1 квазидифференциального ЕЧЭ (рисунок 1,б) на погрешность преобразования.

Подставив величины C_0 и C_x, выраженные через значения соответствующих им зазоров h_0 и h_x, в выражение (7), получим функцию в виде:

$$y = k \cdot \frac{h_x}{h_0} \tag{8}$$

С учетом смещения электрода 1 на величину Δh, функция преобразования (8) будет иметь вид:

$$y = k \cdot \frac{h_x + \Delta h}{h_0 + \Delta h} = y \frac{\left(1 + \frac{\Delta h}{h_x}\right)}{\left(1 + \frac{\Delta h}{h_0}\right)} \tag{9}$$

При $h_0 = h_x$, что практически просто реализуется, смещение электрода 1 на Δh, не повлечет за собой приращения функции $y = k \cdot \frac{h_x}{h_0}$.

Отсюда следует, что аддитивная погрешность квазидифференциального ЕЧЭ в сочетании с ИЭЦ, реализующей преобразование отношения емкостей, теоретически близка к нулю. Это обстоятельство является исключительно важным, поскольку методы снижения аддитивной погрешности преобразователей давлений наиболее сложны.

На рисунке 3 показана другая модель квазидифференциального ЕЧЭ, отличающаяся типом упругого элемента в виде плоской мембраны, широко используемой в датчиках давления [5].

Нетрудно убедиться, что и для указанной конструкции ЕЧЭ справедливо выражение (9) и утверждение того, что аддитивная погрешность преобразования близка к нулю.

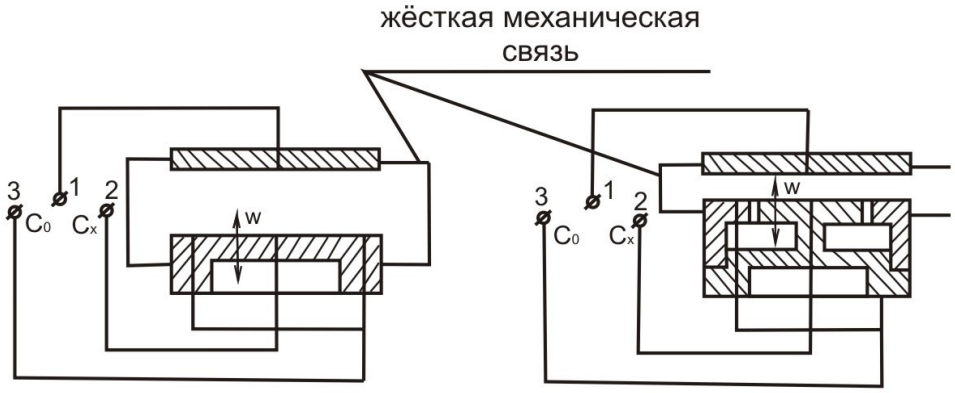


Рисунок 3 – Модель квазидифференциального ЕЧЭ: а) с упругим ЧЭ в виде плоской мембраны; б) с упругим ЧЭ в виде сложнопрофилированной мембраны с жёстким центром

На основании изложенного можно заключить, что квазидифференциальные ЕЧЭ, работающие в соответствии с функцией (7), являются более рациональными по сравнению с дифференциальными ЕЧЭ, работающими в соответствии с функцией (1). Кроме того, в новых конструкциях ЕЧЭ легко реализуется условие $\frac{W}{\ell_1 + \ell_2} \to 1$ обеспечения малой погрешности преобразования, в том числе ее температурной составляющей.

Заметим также, что в дифференциальной конструкции ЕЧЭ, в целях достижения малой нелинейности функции преобразования, должна быть обеспечена идентичность гиперболических функций обеих его частей. Непросто добиться идентичности двух линейных функций, а добиться идентичности двух гиперболических функций при $\frac{W}{h} \approx 1$ вообще трудно разрешимая задача. Поэтому в реальных дифференциальных емкостных датчиках модуляция рабочего зазора редко превышала 30% [6].

В заключение приведем реальную конструкцию емкостного датчика давления, который был разработан на основе методики и моделей, изложенных в данной статье.

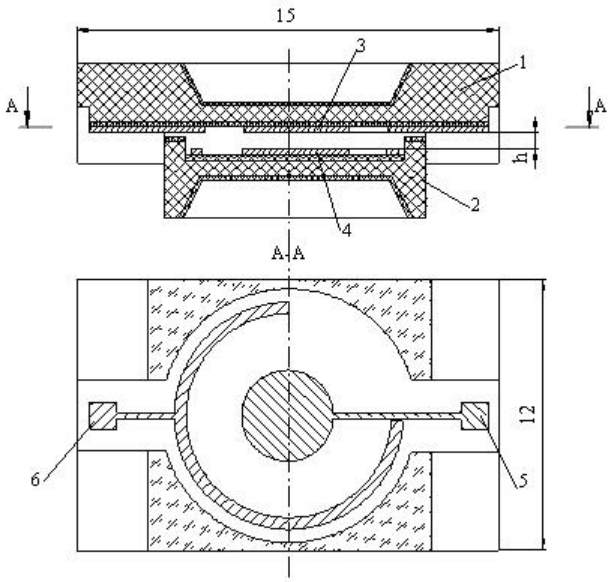


Рисунок 4 – Емкостный датчик малых давлений с квазидифференциальным кремниевым ЕЧЭ: 1-верхняя мембрана, 2-нижняя мембрана, 3, 4 –пленочные электроды, 5, 6 – контактные площадки

Вывод. Разработаны и проанализированы математические модели ЕЧЭ различных конструкций, доказано, что у ЕЧЭ, реализованных по квазидифференциальной конструктивной модели, точностные параметры выше, чем у иных конструктивных реализаций. Это позволяет рекомендовать их использование в прецизионных емкостных датчиках, предназначенных для применения в экстремальных условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Форейт И. Емкостные датчики неэлектрических величин / М. Л.: Энергия, 1966. - 160 с.
2. Горбунов С.Ф. Цыпин Б.В. Линеаризация градуировочных характеристик емкостных датчиков давления // Измерительная техника. - 2010. - №10. - С. 23 - 25.
3. Аш Ж. и др. Датчики измерительных систем / М.: Мир, 1992. - 480 с.
4. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. / М.: Техносфера, 2007. - 380 с.
5. Осадчий, Е.П. Проектирование датчиков для измерения механических величин / - М.: Машиностроение, 1979. - 480 с.
6. Ицкович, Э. Современные датчики и тенденции их развития //Электронные компоненты. - 2003. -№2. - С. 23 - 26.

УДК 514.18; 004.896

СУЧАСНІ ЗАСОБИ AUTODESK ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

С.В. Балашов[1], Д. Нікітюк[2], А.Р. Горохова[3]
[1]кандидат технічних наук, доцент кафедри основ конструювання механізмів і машин, e-mail: balashov_s_v@mail.ru
[2,3]студент групи 132м-18 і 133-16-1
[1,2,3]Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядаються можливості використання найбільш поширеної у світі САПР системи AutoCad на прикладі конструювання складної поверхні Wind ротора. Розглянута задача апробована в якості завдання з графіки при навчанні студентів молодших курсів.

Ключові слова: САПР, Autodesk, Autocad, освіта, проектування.

AUTODESK MODERN TOOLS IN THE MACHINE PARTS DESIGN

Sergey Balashov[1], Dmytro Nikituk[2], Alina Gorohova[3]
[1]Ph.D., Machinery Design Bases Department, e-mail: balashov_s_v@mail.ru
[2,3]Student
[1,2,3] National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper considers the overview of using possibilities the most common in the world CAD systems on the example of constructing a complex surface of the Wind rotor. The considered problem is tested as an exercise in the engineering drawings subject during the training of junior students.

Keywords: CAD, Autodesk, AutoCad, education, design.

Вступ. В даний час неможлива ефективна робота машинобудівних підприємств без застосування програмних комплексів реалізують комп'ютерні технології проектування – CAD. З точки зору інженерної освіти системи тривимірного моделювання, що застосовуються більшістю CAD систем, радикально змінюють техніку виконання процесу проектування, а параметрична технологія дозволяє швидко одержувати моделі типових виробів на основі спроектованого одноразово прототипу. Робота з такими комплексами вимагає крім знання предметної області також знань і умінь володіти самим інструментом, в якості якого виступає не креслярська дошка, олівець і гумка, а складні багатофункціональні програмні комплекси, засновані на сучасних інформаційних технологіях.

Компанія Autodesk розробляє рішення для промислового і цивільного будівництва, машинобудування, ринку засобів інформації та розваг, впроваджуючи в них передові 3D-технології для візуалізації, моделювання і аналізу поведінки конструкцій на ранніх стадіях проектування. На даний час САПР системами від неї у світі користуються більш ніж 4 млн. фахівців, и ця цифра тільки збільшується.

Найбільш відомим продуктом компанії є система автоматизованого проектування AutoCAD. Цей програмний пакет включає в себе повний набір засобів, що забезпечують комплексне тривимірне моделювання, зокрема роботу з довільними формами, створення і редагування 3D-моделей тіл і поверхонь, поліпшену 3D-навігацію і ефективні засоби випуску робочої документації.

Крім AutoCAD портфель Autodesk включає в себе цілий ряд продуктів, більшість з яких об'єднані в галузеві колекції. Однак оскільки базою для розробки конструкторської документації є саме AutoCAD, ми розглянемо приклад використання даної системи при проектуванні об’єкта складної форми.

Мета роботи. Метою роботи є продемонструвати можливості сучасної системи AutoCad при проектуванні складних поверхонь елементів обладнання що користуються попитом у аерокосмічній сфері.

Матеріал і результат досліджень. Розглянемо можливості системи Autodesk Autocad для проектування елементів Wind ротора, з можливістю використання технології 3D друку в наступному для створення. За цією технологією на 3D принтерах вже виготовлені тисячі деталей. І ці технології продовжують розвиватися вражаючими темпами. Так, у сфері космічних досліджень лідери індустрії компанія SpaceX Ілона Маска і НАСА використовують всі можливості 3D-друку з металу для виробництва частин ракетних кораблів, що дозволяє їм значно скоротити витрати і одночасно поліпшити експлуатаційні характеристики. SpaceX широко використовує металеві деталі для камери згоряння двигуна SpaceX SuperDraco.

НАСА змогло розробити турбонасос для свого ракетного двигуна, що містить на 45% менше деталей, ніж насоси, виготовлені за традиційними технологіями виробництва. Схоже, незабаром весь ракетний двигун можна буде «зібрати» на 3D-принтері. Це тільки питання часу. На сьогодні гігант літакобудування корпорація BOEING випустила понад 20 000 деталей, виготовлених по адитивної технології для успішно реалізованих літаків.

Для того, щоб якісно надрукувати виріб на 3D принтері, в першу чергу необхідна правильна твердотіла 3D модель об'єкта. Розглянемо створення такої моделі в системі AutoCAD [1]. Модель побудуємо на основі просторової конічної спіральної кривої (спіралі) [2]. На горизонтальній площині проекцій ця крива вироджується в спіраль Архімеда. Зауважимо, що вихідні

дані для побудови спіралі не мають значення, так як питання розглядається в принципі.

Отже, починаємо з установки робочого простору 3D моделювання і виставляємо робочий вид, наприклад, ЮЗ ізометрія. Будуємо в довільному місці коло радіусом 40 мм. Після команди «Спираль» призначаємо параметри спіралі: радіус нижньої основи 40 мм, радіус верхнього підстави 0 мм, кількість витків 0,5 і висота спіралі 90 мм. Після введення даних буде побудована крива, показана на рис. 1, а.

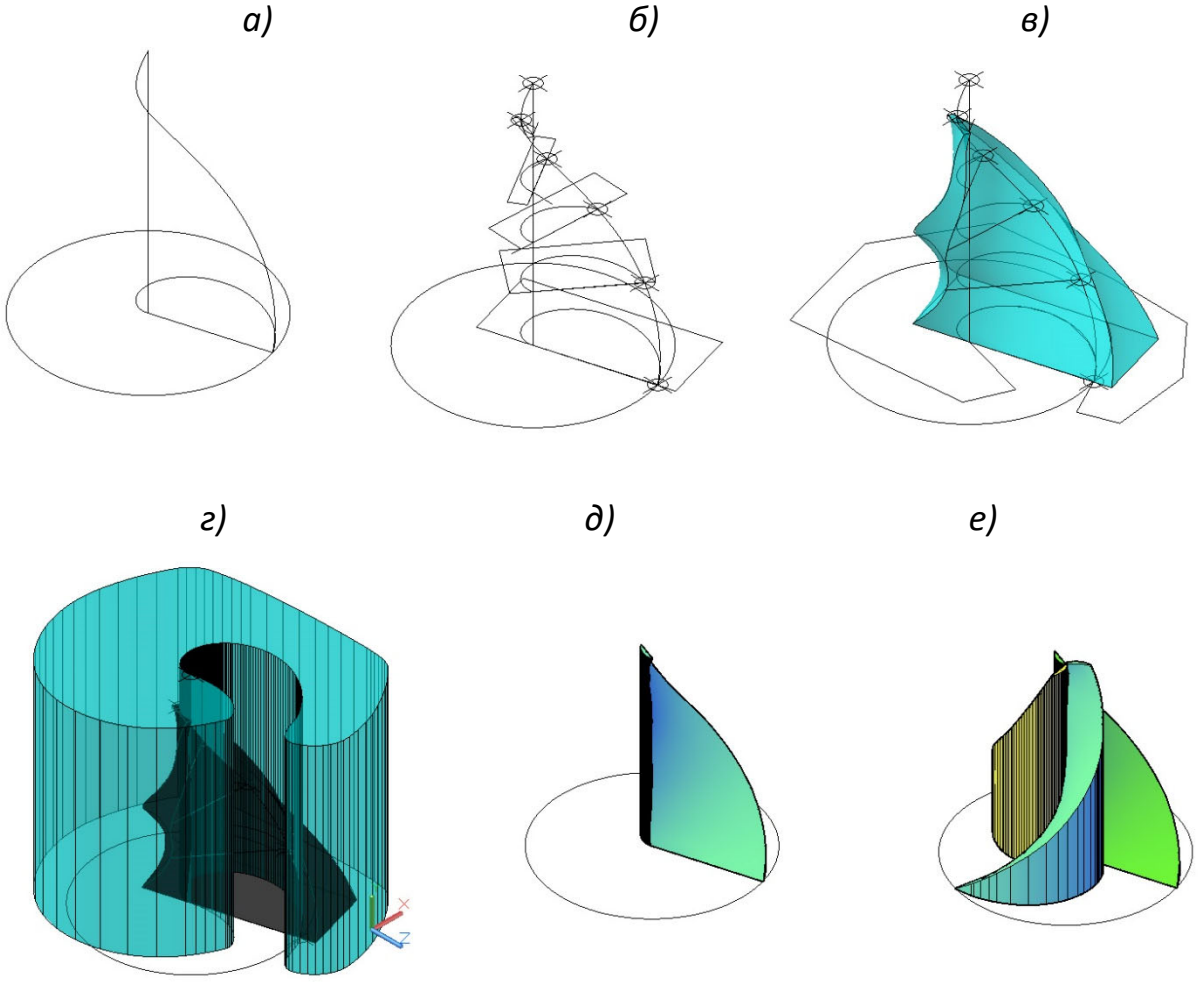


Рис. 1. – Етапи створення 3D моделі ротора

Далі побудуємо проекцію цієї спіралі на підставі ротора. Проекція спіралі і її хорда будуть першим перетином твердої моделі пелюстки ротора. На спіралі намітимо кілька точок і теж проведемо через них перетин, паралельній між собою. Хорди повинні бути перпендикулярні висоті спіралі (рис. 1, б). У площині кожного перетину, щоб обійтися без їх обведення полілінією і без спотворення прямолінійності хорд при згладжуванні замкнутого кон-

туру, частиною якого вони є, побудуємо прямокутники. Одна сторона прямокутника в кожному перетині повинна збігатися з хордою, а інша не повинна перетинати криву контуру перетину, тобто перетини повинні повністю опинитися всередині свого прямокутника. Застосувавши інструмент «Лофт» (по перетинах), створимо тверду модель тіла (рис. 1, в). Якщо надати моделі видової стиль, наприклад, «Концептуальний», то побачимо тіло, яке зовсім не нагадує твердотілу пелюстку ротора. Однак тіло що утворилося містить грань, яка є кривою поверхнею пелюстки, яка повинна сприймати тиск вітрового потоку. Сформуємо зовнішню циліндричну поверхню пелюстки. Для цього на рівні площини підстави, тобто першого перетину, створимо плоский замкнутий контур. Зрозуміло, контур проводимо полілінією так, щоб вона повторювала криву перетину і не перетинала проекцію створеного тіла. Після операції «Згладжування» полілінії видавимо контур на висоту спіралі (рис. 1, г). Застосувавши логічну операцію «Віднімання», віднімемо тіло видавлювання зі створеного раніше. Результатом буде твердотіла модель пелюстки (рис. 1, д). Створюємо кругової масив, що складається з трьох пелюсток (рис. 1, е) і операцією «Об'єднання» створюємо тривимірне тіло ротора.

Для створення документа по котрому здійснюється друк на принтері модель потрібно експортувати у stl формат засобами Autocad. Залишається зробити конструкторське доопрацювання і виготовити механізм.

Висновки. Використання сучасних систем Autodesk при проектуванні деталей обладнання, а також у навчальному процесі ВНЗ дозволяє готувати фахівців високої кваліфікації, озброєних передовими знаннями і навичками роботи в найбільш широко поширених у світовій практиці системах автоматизованого проектування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жарков Н.В. AutoCAD 2016.- Л.: Наука и техника, 2016.- 624 с.
2. Гордон В.О. и Семенцов – Огиевский А.М. Курс начертательной геометрии.- М.: Наука, 1973. – 366 с.

УДК 519.711.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ В АУДИТОРИИ ВУЗА

А.А. Воронцов[1]

[1]кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Аннотация. Целью работы является анализ возможности использования локальных сетей с синхронным временем доступа в компьютерных аудиториях ВУЗа. Рассматриваются вопросы, связанные с эффективностью локальных сетей, на основании анализа ее временных характеристик, таких как среднее квадратическое отклонение и дисперсию линии задержки в непрерывном времени, а также среднее время задержки пакета данных с учетом требований, предъявляемых к современным локальным сетям. Выполнено соответствующее моделирование и получены результаты.

Ключевые слова: локальная сеть, временные характеристики, компьютерная аудитория, моделирование, синхронный доступ, время доступа, компьютерное моделирование.

MATHEMATICAL MODELLING OF TEMPORARY CHARACTERISTICS OF COMPUTER NETWORK IN AUDIENCE OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Alexander Vorontsov[1]

[1]Ph.D., associate professor "Computers and systems", federal state-funded educational institution of the highest education "Penza state technological university", Penza, Russia, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Abstract. The aim of the work is to analyze the possibility of using local networks with synchronous access time in the computer rooms of the university. Issues related to the efficiency of local networks are considered based on an analysis of its time characteristics, such as the standard deviation and dispersion of the delay line in continuous time, as well as the average delay time of the data packet, taking into account the requirements for modern local networks. The corresponding simulation was performed and the results obtained.

Keywords: local network, time characteristics, computer audience, modeling, synchronous access, access time, computer simulation.

Введение. На сегодняшний день практически каждая организация имеет свою локальную сеть. Перспективность их создания обусловлена возможностью совместного доступа узлов сети, суммирования вычислительных мощностей, организация доступа к единым базам данных, повышения

эффективности работы организации в целом. Каждую из локальных сетей можно представить, как совокупность ее частей, то есть сегментов, в состав которых входит множество устройств, таких как компьютеры, ноутбуки, принтеры, сканеры, промежуточные сетевые устройства и т.д.

Существует множество вариантов построения локальных сетей с использованием различных топологий. Наиболее распространенными в локальных сетях топологиями на данный момент являются пассивные “звезда” и “дерево”, однако в случае использования небольшого количества узлов и ограниченного бюджета на реализацию сети, в ней возможна реализация и топологии “шина”. К преимуществам последней можно также отнести возможность отключения и подключения узлов сети даже во время работы остальных узлов.

На данный момент в учебных заведениях, в частности в ВУЗах создаются и активно используются компьютерные аудитории, содержащих от нескольких единиц до нескольких десятков узлов, то есть компьютеров, принтеров и т.д. При сравнительно небольших передачах данных между ними в таких аудиториях возможно их соединение по топологии “шина”.

Одним из важных вопросов, которые необходимо учитывать при работе в локальной сети, в частности в компьютерных аудиториях ВУЗов, являются вопросы, связанные с синхронизацией передачи данных и целостности передаваемой информации.

Существует множество методов управления передачи данных в локальных сетях, наиболее простым с точки зрения реализации из которых является метод синхронного времени доступа узлов к сети, в котором каждому из устройств для передачи данных отводится квант времени, по истечению которого передача данных осуществляется следующим устройством. Данный метод можно использовать в локальных сетях с небольшим количеством узлов, в частности в компьютерных аудиториях ВУЗов.

Оценка эффективности работы в таких сетях при передаче данных также является важной задачей, реализация которой возможна при исследовании временных характеристик, основными из которых являются среднее время и дисперсия времени задержки данных в непрерывном времени, а также его среднее квадратическое отклонение.

Целью работы является уточнение существующих математических моделей временных характеристик локальных сетей и их адаптация к требованиям, предъявляемым к современным локальным вычислительным сетям на примере компьютерной аудитории ВУЗа.

Материал и результаты исследований.

Как уже было ранее отмечено, к основным временным характеристикам в локальных сетях можно отнести среднее время и дисперсия времени

задержки данных в непрерывном времени, а также его среднее квадратическое отклонение. Их для локальных сетей с синхронным временным доступом можно определить по известным выражениям, например из [1].

Так, согласно указанному источнику среднее время задержки пакета данных можно определить по формуле:

$$\overline{t_q} = \frac{N \cdot n_{ok} \cdot (2 - q_i \cdot (N+1)}{2 \cdot V_c \cdot (Q_c - q_i \cdot N)}, \quad (1)$$

где N – количество узлов сети; V_c - скорость передачи данных в сети.

Параметр сети Q_c можно определить по формуле $Q_c = (1-p)^{n_k}$, где p - вероятность возникновения ошибки в канале связи при обслуживании пакета данных а n_k - количество разрядов кадра, определяемое согласно выражению:

$$n_k = r_a + r_y + r_k + k, \quad (2)$$

где r_a - количество разрядов в поле адреса пакета данных, $r_a = 2 \cdot \log_2 N$, r_y - количество разрядов управления в пакете данных, r_k - количество контрольных разрядов пакета данных, k - количество разрядов пакета данных.

Необходимо отметить, что в современных локальных сетях количество разрядов пакета данных в среднем составляет 1024 бита, а согласно требованиям к локальным сетям [2] вероятность возникновения ошибки должна быть не более 10^{-8}…10^{-12}. Учитывая эти факты, параметр сети Q_c можно в расчетах брать равным $Q_c = 1$.

Коэффициент n_{ok} можно определить как $n_{ok} = \overline{n_k} + n_{kv} + n_{pm}$, в котором n_{kv} - количество разрядов, передаваемых по обратной связи (квитанция) для контроля ошибок в компьютерной сети, n_{pm} - коэффициент, зависящий от выбранной топологии сети, определяемый для топологии шина по известной формуле:

$$n_{pm} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot D_m \cdot V_c, \quad (3)$$

где D_m - длина канала связи, V_c - скорость передачи данных в сети.

Коэффициент $\overline{n_k}$ можно определить согласно выражению:

$$\overline{n_k} = n_k + r_{pr} + r_f, \quad (4)$$

где r_{pr} и r_f - количество разрядов преамбулы и флага пакета данных соответственно.

Вероятность появления заявки на такте q_i можно определить согласно выражению[1]:

$$q_i = \lambda_i \cdot T_0, \tag{5}$$

где λ_i - интенсивность поступления потока заявок в буфер. T_0 - длительность тактового интервала передачи данных, определяемый по формуле:

$$T_0 = (\overline{n_k} + n_{pm} + n_{kv}) \cdot V_c^{-1}, \tag{6}$$

Учитывая выражения (2),(4) и (6) формулу (1) можно привести к следующему виду:

$$\overline{t_q} = \frac{N \cdot T_0 \cdot (2 - q_i \cdot (N+1)}{2 \cdot (Q_c - q_i \cdot N)} \tag{7}$$

Дисперсия линии задержки в непрерывном времени можно определить согласно известного выражения [1]:

$$D_{t_q} = T_0^2 \cdot \left(\frac{\frac{3N \cdot (2N - Q_c - NQ_c)}{Q_c^2} \cdot \frac{2Q_c^2(1-\Theta) + q_i^2 N(2N - Q_c - NQ_c)}{Q_c^2}}{6 \cdot (1-\Theta)^2} + \right.$$
$$+ \frac{\frac{2q_i \cdot (1-\Theta)(NQ_c(N-1)(4NQ_c - 2Q_c - 3N) + 3NP_c(2N - Q_c - NQ_c)}{Q_c^3}}{6 \cdot (1-\Theta)^2} +$$
$$\left. + \left(\frac{N}{Q_c} + \frac{q_i N(2N - Q_c - NQ_c)}{2 \cdot (1-\Theta) Q_c^2} - \left(\frac{N}{Q_c} + \frac{q_i N(2N - Q_c - NQ_c)}{2 \cdot (1-\Theta) Q_c^2} \right)^2 \right) \right), \tag{8}$$

где P_c - коэффициент, $P_c = 1 - Q_c$, Θ - вероятность того, что буфер занят, определяемая по формуле:

$$\Theta = q_i * N / Q_c, \tag{9}$$

С учетом того, что параметр сети Q_c можно в расчетах брать равным Q_c=1, а также известных математических операций, выражении (8) возможно привести к следующему виду:

$$D_{t_q} = T_0^2 \cdot \left(\begin{array}{l} \dfrac{3N \cdot (2N - Q_c - NQ_c) \cdot 2Q_c^2 (1-\Theta) + q_i^2 N(2N - Q_c - NQ_c)}{6Q_c^4 \cdot (1-\Theta)^2} + \\ + \dfrac{2q_i \cdot (1-\Theta)(NQ_c(N-1)(4NQ_c - 2Q_c - 3N)}{6Q_c^4 \cdot (1-\Theta)^2} + \\ + \left(\dfrac{N}{Q_c} + \dfrac{q_i N(2N - Q_c - NQ_c)}{2 \cdot (1-\Theta) Q_c^2} - \left(\dfrac{N}{Q_c} + \dfrac{q_i N(2N - Q_c - NQ_c)}{2 \cdot (1-\Theta) Q_c^2} \right)^2 \right) \end{array} \right) \quad (10)$$

В выражении (10) возможны и дальнейшие упрощения, однако именно в этом виде будем его использовать для последующих вычислительных экспериментов.

Расчет немаловажной характеристики среднего квадратического отклонения будет производиться по известной формуле:

$$\sigma = \sqrt{D_{t_q}} \quad (11)$$

Так как время задержки пакета не должно быть отрицательным, то в формуле (1) должно выполняться условие $Q_c > q_i \cdot N$. определим максимально возможные значения q_i при различных значениях *N*.

Количество узлов в сети *N*=32 является на сегодняшний день вполне приемлемым значением для компьютерного класса. Исходя из этого значения и с учетом того, что значение Q_c можно в расчетах брать равным Q_c=1, значение $q_i < 1/32$. Это вносит согласно выражению (5) ограничения на значение λ_i - интенсивности поступления потока заявок в буфер. Необходимо отметить, что максимально возможное значение λ_i для количества узлов в локальной сети равного 32 и других значений, подробно описываемых для основного варианта локальной сети в эксперименте будет ограничено значением 76, поэтому в эксперименте указанное значение будет не превышать 60 пакетов в секунду.

Определимся со значениями всех переменных, входящих в состав выражений (1)-(10) для основного варианта локальной сети. Под термином основной вариант будем понимать значения переменных, которые будем

брать для моделирования в дальнейшем. Выберем следующие значения величин, входящих в состав выражений (1)-(10):

- количество разрядов пакета данных k=1024 бита;
- количество узлов сети N=32;
- скорость передачи данных в сети V_c =100Мбит;
- количество разрядов в поле адреса пакета данных $r_a = 2\log_2 N$=10 бит;
- количество разрядов управления в пакете данных r_y=16 бит;
- количество контрольных разрядов пакета данных, r_k=16 бит;
- вероятность возникновения ошибки в канале связи при обслуживании пакета данных $p = 10^{-9}$;
- - количество разрядов, передаваемых по обратной связи (квитанция) для контроля ошибок в компьютерной сети n_{kv}=32 бит;
- длина канала связи *Dm*=100м;
- количество разрядов преамбулы пакета данных r_{pr} =32 бита;
- количество разрядов флага пакета данных r_f =8 бит;
- интенсивность поступления потока заявок в буфер λ_i =60 пакетов/сек.

Результаты моделирования зависимости дисперсии линии задержки в непрерывном времени D_{t_q}, среднего квадратического отклонения σ и среднее время задержки пакета данных $\overline{t_q}$ от длины канала связи *Dm* для различных значений интенсивности поступления потока заявок в буфер λ_i приведены на рисунках 1, 2 и 3 соответственно. На них кривая 1 получена для значения λ_i =10, кривые 2, 3, 4 и 5 для значений 20, 30, 40 и 60 пакетов в секунду соответственно. Длина канала связи *Dm* измеряется в метрах, дисперсия линии задержки в непрерывном времени D_{t_q} - в $с^2$, среднее квадратическое отклонения σ и среднее время задержки пакета данных $\overline{t_q}$ в секундах.

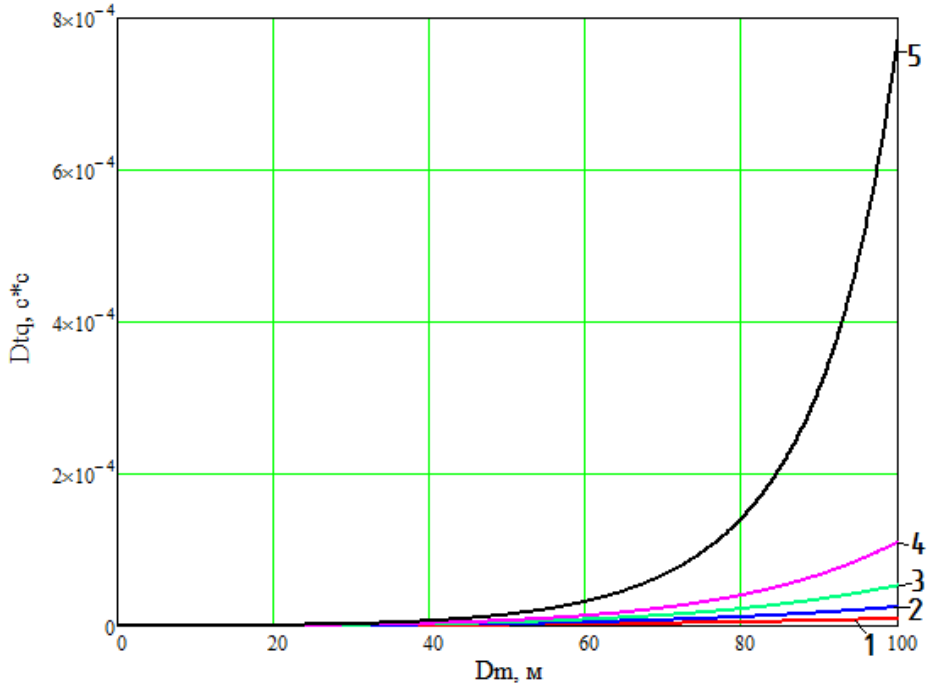


Рисунок 1 – Результаты моделирования зависимости дисперсии линии задержки пакета данных в непрерывном времени от длины канала связи *Dm* для различных значений интенсивности поступления потока заявок в буфер λ_i

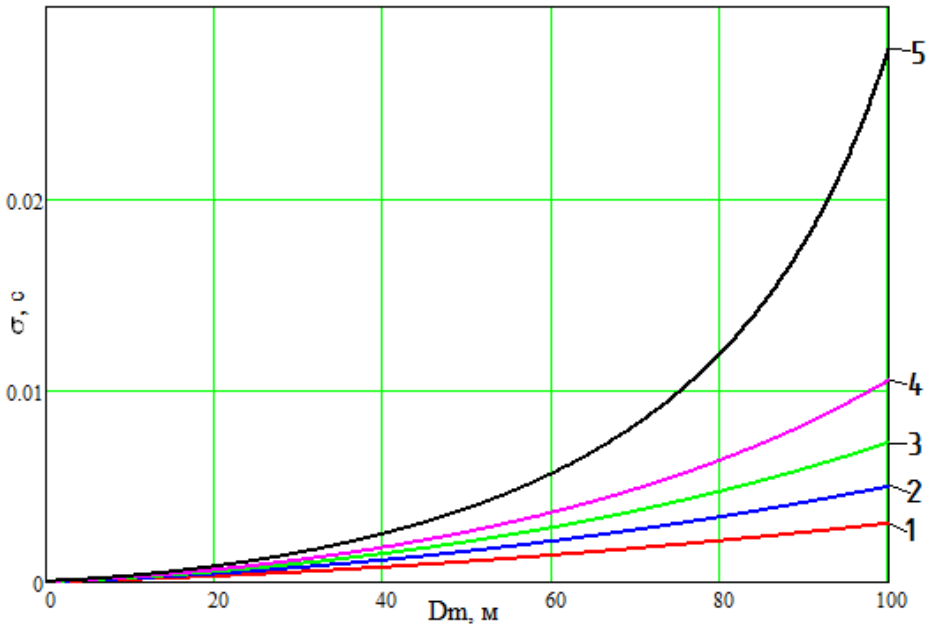


Рисунок 2 – Результаты среднего квадратического отклонения σ времени задержки пакета данных от длины канала связи *Dm* для различных значений интенсивности поступления потока заявок в буфер λ_i

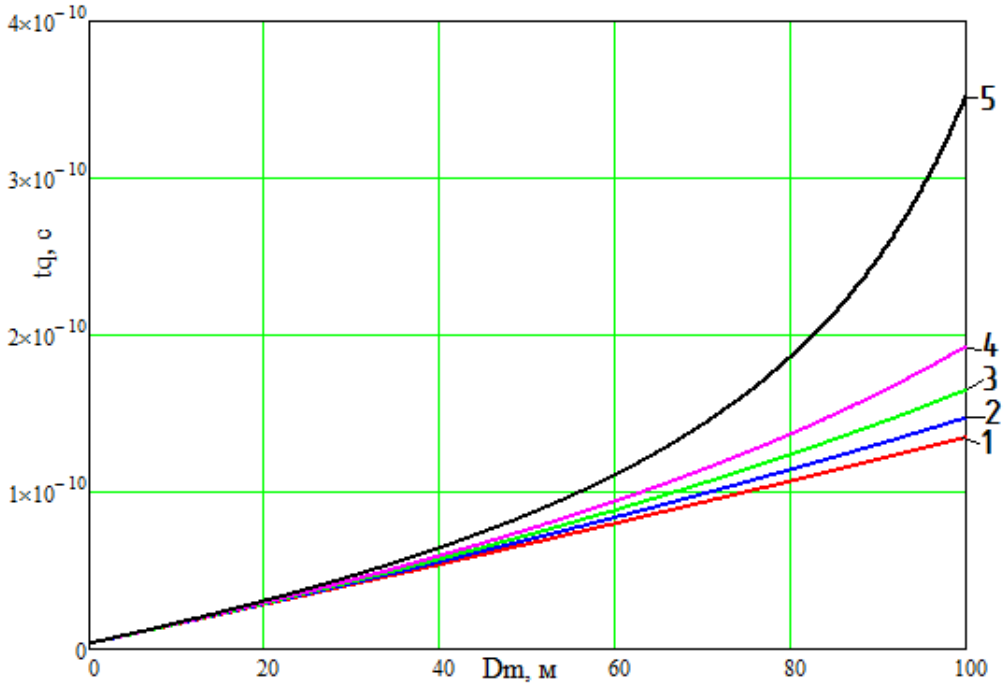


Рисунок 3 – Результаты моделирования зависимости среднего времени задержки пакета данных $\overline{t_q}$ от длины канала связи *Dm* для различных значений интенсивности поступления потока заявок в буфер λ_i

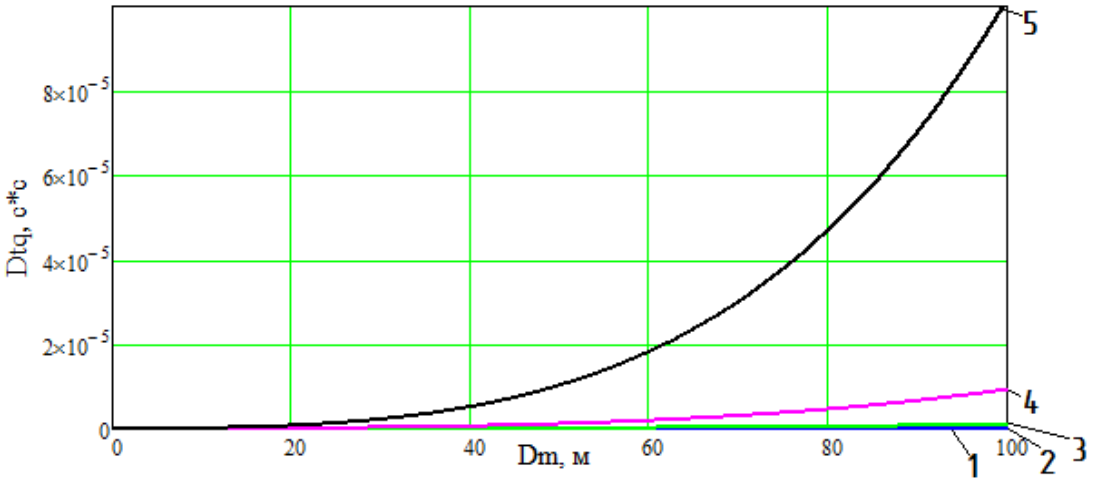


Рисунок 4 – Результаты моделирования зависимости дисперсии линии задержки пакета данных в непрерывном времени от длины канала связи *Dm* для различных значений количества узлов сети *N*

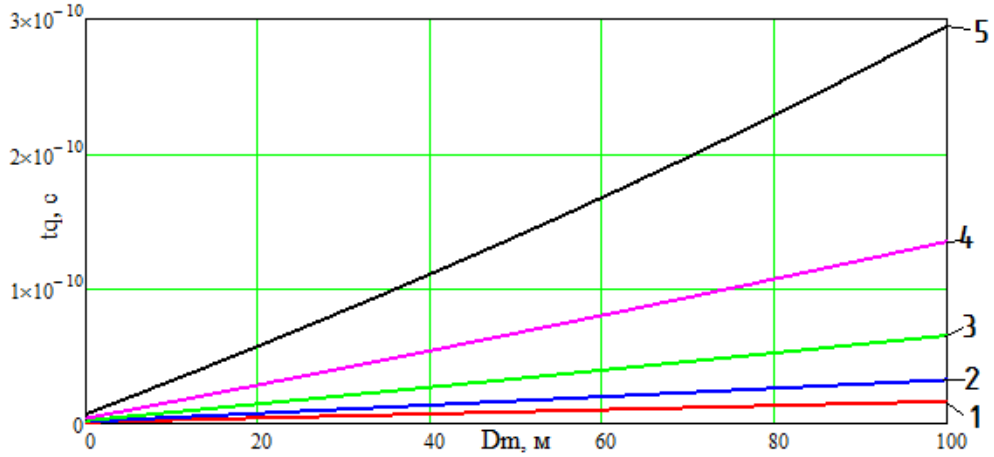


Рисунок 5 – Результаты среднего квадратического отклонения σ времени задержки пакета данных от длины канала связи *Dm* для различных значений количества узлов сети *N*

Вычислительный эксперимент, результаты которого приведены на рисунках 1 – 3 показали, что с увеличением длины канала связи и количества пакетов заявок наблюдается увеличение исследуемых временных характеристик. Наиболее ощутимые изменения наблюдаются для значения $Q_c \approx q_i \cdot N$ (при условии, что $Q_c > q_i \cdot N$).

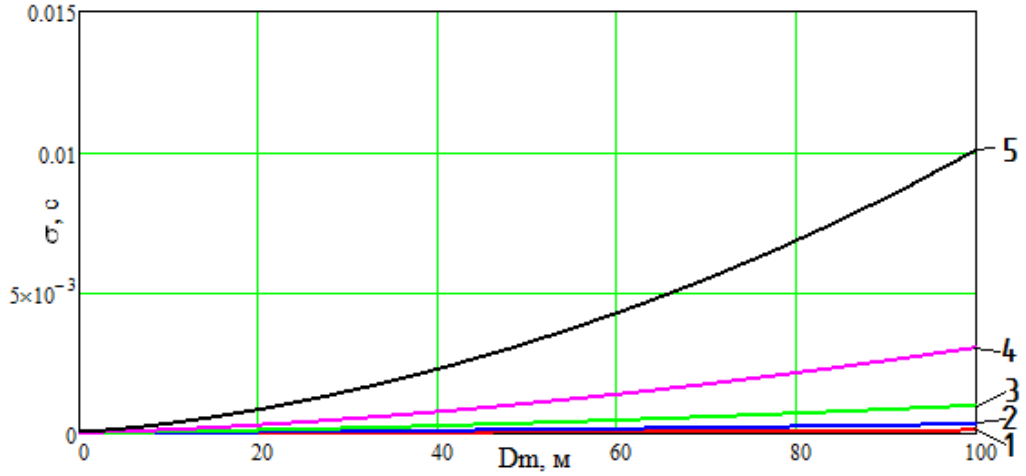


Рисунок 6 – Результаты моделирования зависимости среднего времени задержки пакета данных $\overline{t_q}$ от длины канала связи *Dm* для различных значений количества узлов сети *N*

Подобные результаты наблюдались при исследовании при изменении количества узлов *N* для значения интенсивности поступления потока заявок в буфер λ_i=10 пакетов/сек, для количества узлов в локальной сети *N*1=4(кривая 1), *N*2=8 (кривая 2), *N*3=16(кривая 3), *N*4=32(кривая 4), *N*5 =64

(кривая 5) в результатах моделирования зависимости дисперсии линии задержки в непрерывном времени D_{t_q}, среднего квадратического отклонения σ и среднее время задержки пакета данных $\overline{t_q}$ от длины канала связи *Dm,* приведенных на рисунках 4, 5 и 6 соответственно.

Вывод. В заключении необходимо отметить, что количество бит пакета данных и полей из которых он состоит, а также их длины отличны у сетей, работающих по интернет протоколу (IPv4 или IPv6), однако эти изменения будут отражены лишь в численных значениях коэффициентов, выражения (1),(3),(5),(7)-(11) останутся неизменными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорочинская К.В. Модели и методы расчета локальных сетей реального времени : автореферат ... кандидата технических наук : 05.12.13.- Санкт-Петербург, 2001.- 267 с.
2. Компьютерные сети. 5-е изд. / Э. Таненбаум. — СПб.: Питер, 2012. - 992 с.

УДК 519.711.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УГЛА НАКЛОНА ПЛОСКОСТИ ДВУХКООРДИНАТНОГО МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО УГЛОМЕРА ОТНОСИТЕЛЬНО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

А.А. Воронцов[1]

[1]кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Аннотация. В данной статье получена расчетная формула угла наклона плоскости двухкоординатного магнитострикционного угломера через углы наклона во взаимно перпендикулярных плоскостях α и β. Совпадение численных значений результатов, полученных при моделировании и экспериментальным методом свидетельствует об адекватности расчетной формулы.

Ключевые слова: угол наклона плоскости, расчет угла наклона, двухкоординатный магнитострикционный угломер, магнитострикционный угломер.

THEMATICAL MODELLING AND CALCULATION OF THE TILT ANGLE OF THE PLANE OF THE TWO-COORDINATE MAGNETOSTRICTIVE TILTMETER OF RATHER HORIZONTAL PLANE

Alexander Vorontsov[1]

[1]Ph.D., associate professor 'Computers and systems', federal state-funded educational institution of the highest education 'Penza state technological university', Penza, Russia, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Abstract. In this article the settlement formula of a tilt angle of the plane of a two-coordinate magnetostrictive goniometer through tilt angles in mutually perpendicular planes is received. Coincidence of numerical values of the results received when modeling and an experimental method demonstrates adequacy of a settlement formula.

Keywords: plane tilt angle, calculation of a tilt angle, two-coordinate magnetostrictive goniometer, magnetostrictive tiltmeter.

Введение. Магнитострикционные приборы нашли применение во многих отраслях современной промышленности. Работая в составе систем автоматического регулирования, они позволяют решать широкий круг задач и гарантируют высокую точность полученных результатов. Их отличает широкая область возможного применения, низкая себестоимость, простота конструкции, высокое быстродействие и разрешающая способность [1-2]. Так, например, для определения угла наклона объекта относительно горизонтали или вертикали используют приборы или устройства, называемые наклономерами.

Магнитострикционные угломеры можно условно разделить на две основные группы – однокоординатные (ОМУ) и двухкоординатные (ДМУ). ДМУ позволяют проводить одновременное измерение двух углов наклона объекта во взаимноперпендикулярных плоскостях относительно вертикали или горизонтали.

Один из вариантов реализации первичного преобразователя двухкоординатного магнитострикционного угломера приведен на рисунке 1.

Он содержит магнитострикционный преобразователь перемещений, выполненный в виде сферического корпуса 1 из немагнитного материала, например пластика, с заполненной наполовину рабочей жидкостью 2, поплавковым элементом 3 с кольцевым постоянным магнитом 4, однотипными С-образными волнодами 5, 6 из магнитострикционного материала [2].

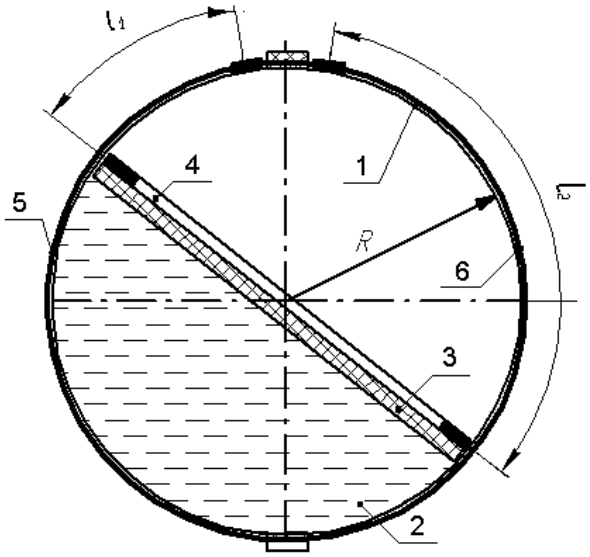


Рисунок 1 – Первичный преобразователь двухкоординатного магнитострикционного угломера.

Одной из возможностей предложенной конструкции двухкоординатного магнитострикционного угломера является возможность косвенного определения кодов величины и знака угла наклона объекта в отклоняемой плоскости γ по рассчитанным значениям кодов углов отклонения объекта в двух взаимно перпендикулярных плоскостях относительно горизонтали (рисунок 2, углы α и β соответственно), о чем не сказано в упомянутом источнике.

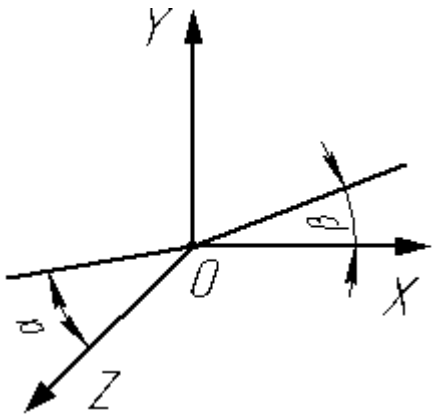
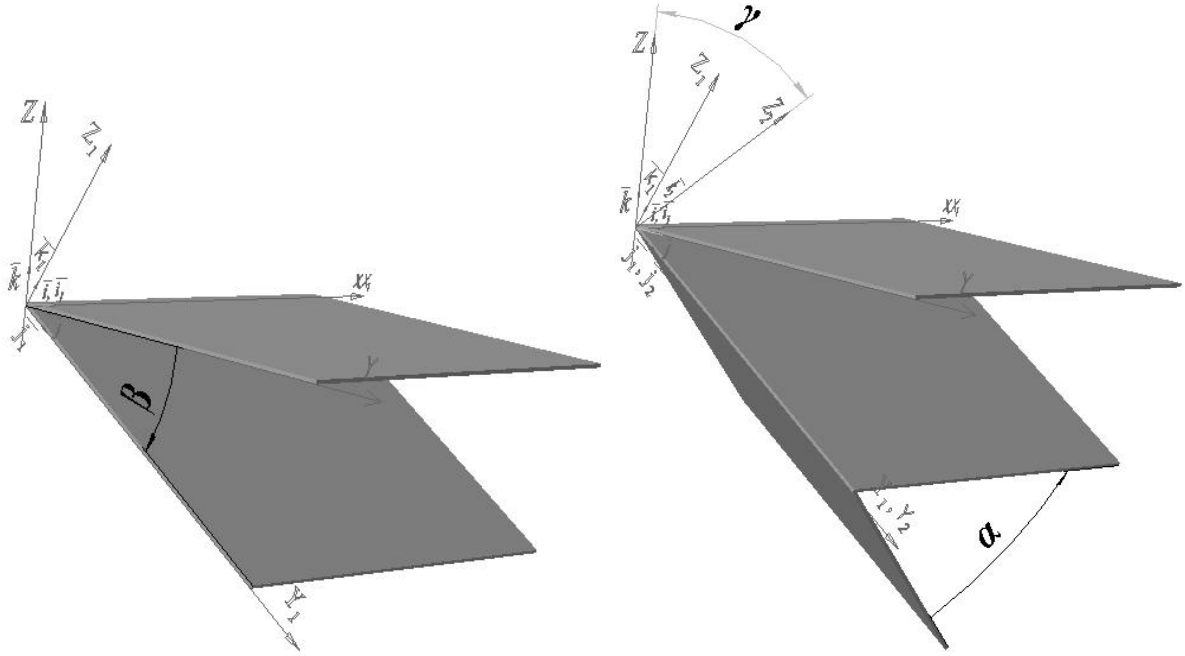


Рисунок 2 – Углы наклона объекта относительно вертикальной плоскости

Целью работы является вывод, проверка и моделирование формулы расчета угла γ через α и β. Это позволит расширить диапазон применения описанных устройств.

Материал и результаты исследований.

Представим ДМУ в виде горизонтальной плоскости П1 с базисными векторами $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ (рисунок 3а).



а) б)

Рисунок 3 – Поворот ДМУ в одной и двух взаимноперпендикулярных плоскостях

Перейдем к новой системе координат К1 с репером <0, i_1, j_1, k_1>, смещенной на произвольный угол α в плоскости YOZ относительно К. Базисные вектора систем координат К и К1 будут связаны между собой в соответствии с выражением (1):

$$\begin{cases} \overline{i_1} = \bar{i} \\ \overline{j_1} = 0 \cdot \bar{i} + \cos\alpha \cdot \bar{j} + \cos(\frac{\pi}{2} + \alpha) \cdot \bar{k} \\ \overline{k_1} = 0 \cdot \bar{i} + \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha) \cdot \bar{j} + \cos\alpha \cdot \bar{k} \end{cases} \quad (1)$$

Поворачивая систему координат К1 на произвольный угол β (рисунок 3б) в плоскости XOZ, получаем систему координат К2 с репером <0, i_2, j_2, k_2>. Базисные вектора систем координат К1 и К2 будут связаны между собой соответственно:

$$\begin{cases} \overline{i_2} = \overline{i_1} \cdot \cos\beta + 0 \cdot \overline{j_1} + \cos(\frac{\pi}{2} + \beta) \cdot \overline{k_1} \\ \overline{j_2} = \overline{j_1} \\ \overline{k_2} = \cos(\frac{\pi}{2} - \beta) \cdot \overline{i_1} + 0 \cdot \overline{j_1} + \cos\beta \cdot \overline{k_1} \end{cases} \quad (2)$$

Связь между старым базисом ($\overline{k}$) и новым ($\overline{k_2}$) базисными векторами, согласно (1)и (2), определяется выражением (3), где коэффициент перед $\overline{k}$ и есть направляющий косинус угла γ (4).

$$\overline{k_2} = \sin\beta \cdot \overline{i} + \cos\beta \cdot (\sin\alpha \cdot \overline{j} + \cos\alpha \cdot \overline{k}) = \sin\beta \cdot \overline{i} + \cos\beta \cdot \sin\alpha \cdot \overline{j} + \cos\beta \cdot \cos\alpha \cdot \overline{k} \quad (3)$$

$$\cos\gamma = \cos\beta \cdot \cos\alpha \Rightarrow \gamma = \arccos(\cos\beta \cdot \cos\alpha) \quad (4)$$

Знак угла γ, а также четверть, в которой происходит отклонение поляризатора относительно вертикальной плоскости можно узнать по отклонениям углов α и β.

Для численной проверки формулы (4) авторами статьи была собрана экспериментальная установка, изображение которой приведено на рисунке 4, состоящей из пластины из оргстекла 1, имитирующей плоскость отклонения ДМУ от горизонтальной поверхности, представленной поверхностью стола, трех транспортиров 2, предназначенных для фиксации углов отклонения во взаимноперпендикулярных плоскостях α и β относительно горизонтальной плоскости, а также угла наклона плоскости ДМУ относительно последней γ.

Так как угол наклона плоскости удобнее измерять над поверхностью пластины 1, то для задания горизонтальной плоскости, относительно которой и определялся угол наклона плоскости γ был использован жидкостный однокоординатный уровень 3. Для определения направления отклонения плоскости в конструкцию был использован жидкостный двухкоординатный уровень 4.

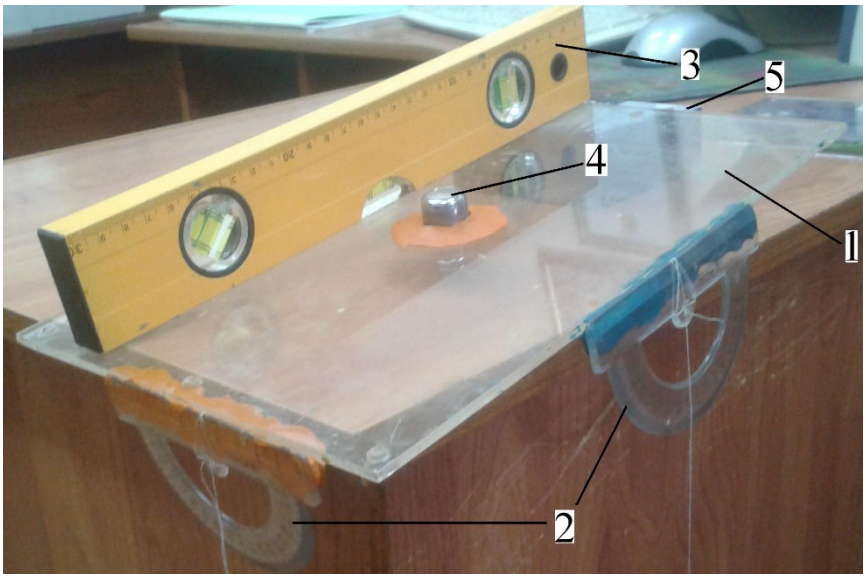


Рисунок 4 – Экспериментальная установка

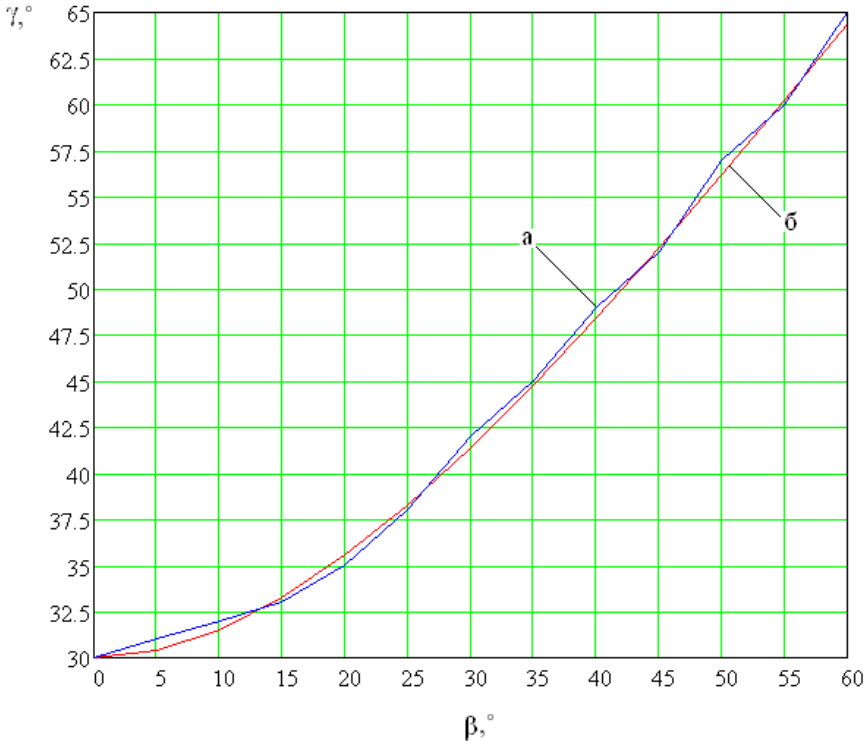


Рисунок 5 – Зависимость угла наклона плоскости ДМУ γ от β при α=30˚, полученная по расчетной формуле(а) и экспериментальным путем(б)

Так, для одного из опытов при изменении одного из углов отклонения β с помощью книг разной толщины 5 и при неизменном значении второго угла наклона α были получены результаты, приведенные на рисунке 5. Как видно, полученные экспериментальным путем значения отличаются не более 2˚ от рассчитанных по формуле (4), что свидетельствует о достоверности полученной формулы.

Данная погрешность вычислений вполне допустима для приведенного стенда, так как систематическая погрешность каждого из транспортиров составляет 0,5˚. Также нужно учитывать случайную погрешность, вызванную несовершенством органов чувств наблюдателя.

Вывод. Таким образом, в данной статье была получена и экспериментально проверена расчетная формула по определению угла наклона плоскости ДМУ относительно горизонтальной плоскости. Это позволяет существенно увеличить область применения приборов данного класса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М: Гардарики, 2001. – 317 с.

2. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.2/ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. – СПб.: Питер, 2009. – 432 с.

3. Купалян С.Д. Теоретические основы электротехники. Ч.3. Электромагнитное поле. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М.: Энергия, 1970. – 248 с.

4. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухко-ординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда/ Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин// Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – т.19. – №1. – С.25-29.

5. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А.,Карпухин Э.В. Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19. – № 1. – С. 25–29

6. Mathematical Modeling of Magnetic Fields of the Permanent Magnets and Solenoids, and Comparing the Results Obtained. Slesarev U.N., Mikhajlov P.G. and Vorontsov A.A. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 11, Number 20 (2016) pp. 10338–10342

УДК 519.711.3

АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СПЛОШНЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

А.А. Воронцов[1]

[1]кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Аннотация. В работе подробно рассмотрен анализ основных факторов, влияющих на формирование магнитных полей магнитострикционных преобразователей перемещения при использовании в них сплошного постоянного магнита. Выполнен анализ влияния каждого фактора. Исследованы расчетные формулы напряженностей магнитных полей, созданных сплошным постоянным магнитом.

Ключевые слова: сплошной постоянный магнит, напряженность магнитного поля, магнитное поле сплошного магнита, математическое моделирование магнитных полей.

THE ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELLING OF CONTINUOUS PERMANENT MAGNETS MAGNETIC FIELDS OF MAGNETOSTRICTIVE CONVERTERS OF MOVEMENT

Alexander Vorontsov[1]

[1]Ph.D., associate professor 'Computers and systems', federal state-funded educational institution of the highest education 'Penza state technological university', Penza, Russia, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Abstract. In work the analysis of the major factors influencing formation of magnetic fields of magnetostrictive converters of movement when using to them a continuous permanent magnet is in detail considered. The analysis of influence of each factor is made. Settlement formulas of tensions of the magnetic fields created by a continuous permanent magnet are investigated.

Keywords: continuous constant magnet, intensity of a magnetic field, a magnetic field of continuous constant magnet, mathematical modelling of magnetic fields.

Введение. Результирующее магнитное поле, формируемое в магнитострикционных преобразователях перемещений, состоит из двух составляющих – созданной токовым импульсом при протекании им в среде волновода (ВЛ) и созданной постоянным магнитом (ПМ) [1-4]. Последняя состав-

ляющая представляет наибольший интерес, так как она зависит от множества факторов, основными из которых являются форма и размеры ПМ, а также значение остаточной намагниченности B_r и коэрцитивной силы H_C.

Целью работы является оценка влияния каждого из основных факторов, влияющих на формирование магнитного поля созданных сплошным (СПМ) ПМ, используемого в магнитострикционных преобразователях перемещения методом математического моделирования. Это позволит улучшить характеристики магнитострикционного преобразователя перемещений и снизить его себестоимость.

Материал и результаты исследований.

Одним из способов аналитического преобразования уравнений магнитного поля является их предварительное сведение к уравнению относительно скалярного магнитного потенциала [4]. Данный метод расчета является наиболее эффективным, так как скалярными здесь являются не только рассчитываемая величина, но и решаемое уравнение в целом.

Для моделирования магнитных полей, созданных сплошным ПМ, выведем соответствующую формулу расчета с учетом влияния перечисленных факторов указанным методом применительно к различным конструкциям магнитострикционных преобразователей перемещения (МПП).

Известно, что напряженность магнитного поля $\overline{H}$, созданного фиктивными поверхностными зарядами сплошного ПМ с плотностью $\sigma'_M = M$, согласно рисунку 1, определяется по формуле [5]

$$\overline{H} = \int \frac{dp_m}{R_1^2} \cdot \overline{R}_0, \qquad (1)$$

где dp_m - элементарный магнитный момент; $\overline{R}_1$- вектор, направленный из точки A(x,y,z), расположенной на верхней или нижней поверхности ПМ в точку B(x', y', z'), расчета напряженности магнитного поля; $\overline{R}_0$ - единичный вектор в направлении $\overline{R}_1$.

Элементарный магнитный момент dp_m можно рассчитать согласно [5] по формуле

$$dp_m = \overline{n} \cdot \overline{M} \cdot ds, \qquad (2)$$

где $\overline{n}$ - нормаль к плоскости ПМ, $\overline{M}$ - вектор намагниченности, ds - элементарная площадь ПМ.

С учетом того, что косинус угла θ между векторами $\bar{n}$ и $\bar{R}_0$ согласно рисунка 1, можно записать как $\cos\theta = \bar{n} \cdot \bar{R}_0 = (z - z')/R_1$, формулы (2), а также, что $z' = \pm h_M / 2$, $z = 0$, напряженность магнитного поля $\bar{H}$ из (1) определится выражением:

$$\bar{H} = -\frac{h_M}{2}\int\frac{\bar{M}\cdot ds}{R_1^3} - \frac{h_M}{2}\int\frac{\bar{M}\cdot ds}{R_1^3} = -h_M\int\frac{\bar{M}\cdot ds}{R_1^3}, \qquad (3)$$

где h_M - высота ПМ.

Так как проекции векторов намагниченности и напряженности магнитного поля на ось Z равны $H_Z = \bar{H}\cdot\bar{n}$ и $M_Z = \bar{M}\cdot\bar{n}$, то выражение (3) для проекции H_z можно записать:

$$H_Z = -h_M\int\frac{M_Z\cdot ds}{R_1^3} \qquad (4)$$

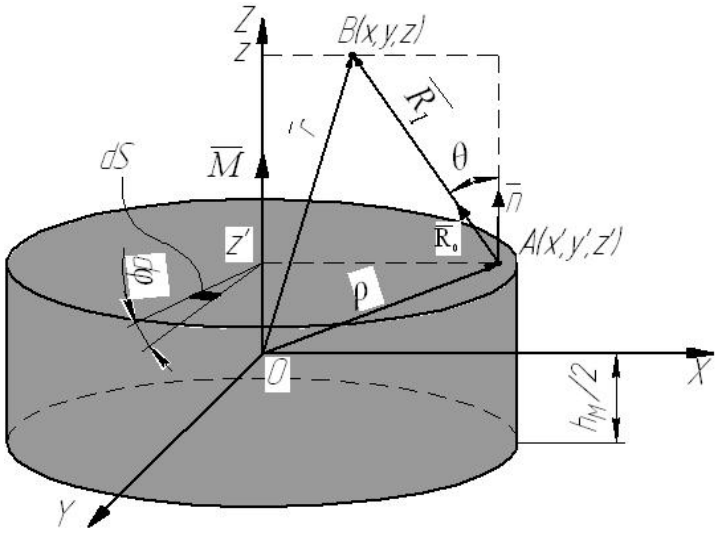


Рисунок 1 – Поясняющий рисунок к расчету магнитного поля ПМ цилиндрической формы

В цилиндрической системе координат выражение (4) имеет вид:

$$H_Z(r) = -h_M \cdot M\int_{R_M}^{\infty}\int_0^{2\pi}\frac{\rho\cdot d\rho\cdot d\varphi}{(r^2+\rho^2-2\cdot r\cdot\rho\cdot\cos\varphi+\frac{h_M^2}{4})^{\frac{3}{2}}}, \qquad (5)$$

где r - расстояние от центра ПМ до точки расчета напряженности магнитного поля, $r = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$; ρ - полярный радиус, определяемый расстоянием от центра ПМ до точки, лежащей на его верхней или нижней поверхности, $\rho = \sqrt{x'^2+y'^2+z'^2}$; R_M - радиус ПМ.

Выражение (5) можно упростить, используя известное равенство [4]:

$$\int_0^{2\pi} \frac{d\gamma'}{(a' + b'\cos\gamma')^{\frac{3}{2}}} = \frac{1}{(a'^2 - b'^2)} \int_0^{2\pi} (a' + b')^{\frac{1}{2}} d\gamma', \quad (6)$$

где a' и b' - константы, γ' - угол.

Окончательно, проекция вектора напряженности магнитного поля на ось Z, созданного ПМ радиусом R_M и высотой h_M будет рассчитываться:

$$H_Z(r) = 4h_M \cdot \mathrm{M} \int_{R_M}^{\infty} \frac{E(k_2)\rho \cdot d\rho}{[(r-\rho)^2 + \frac{h_M^2}{4})] \cdot [(r+\rho)^2 + \frac{h_M^2}{4})]^{\frac{1}{2}}}, \quad (7)$$

где $E(k_2) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{(1 - k_2^2 (\sin\varphi)^2 d\varphi}$ - полный эллиптический интеграл второго рода, $k_2^2 = \frac{4 \cdot r \cdot \rho}{(r+\rho)^2 + \frac{h_M^2}{4}}$.

На основании формулы (7) можно сделать вывод, что напряженность магнитного поля, созданная ПМ в разной степени зависит от его размеров и величины остаточной намагниченности.

Это также наглядно демонстрируют результаты моделирования зависимостей напряженности магнитного поля, созданные сплошным ПМ от высоты h_M (рисунок 2), диаметра D_M СПМ (рисунок 3) а также марки ПМ (рисунок 3). Для моделирования в качестве основного был выбран СПМ с размерами D_M x h_M =110x5мм соответственно со значением остаточной индукции B_r =0,35Тл. Моделируемое значение напряженности определялось вдоль оси абсцисс, совмещенной с центром ПМ.

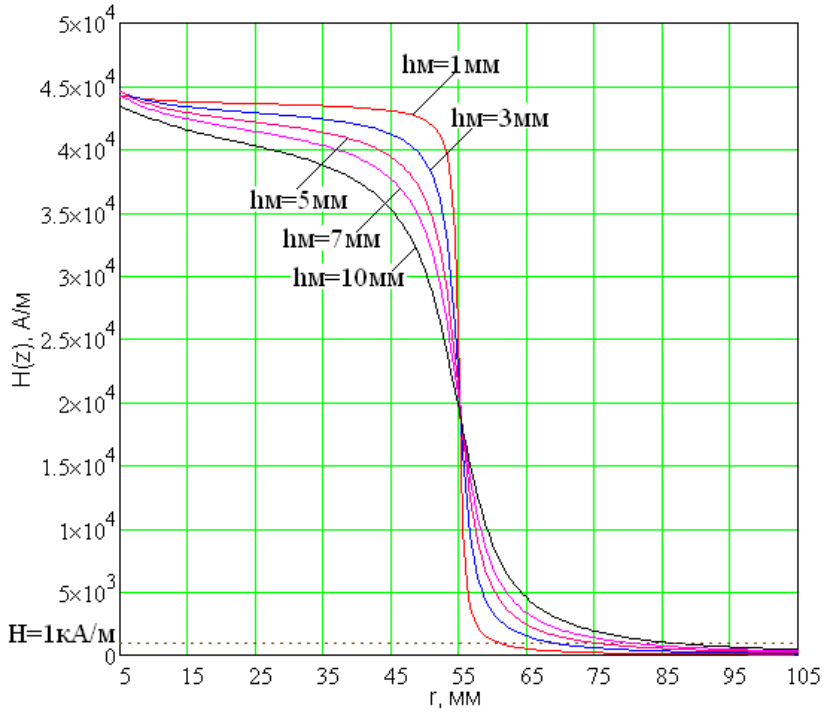


Рисунок 2 – Зависимость напряженности магнитного поля от высоты СПМ

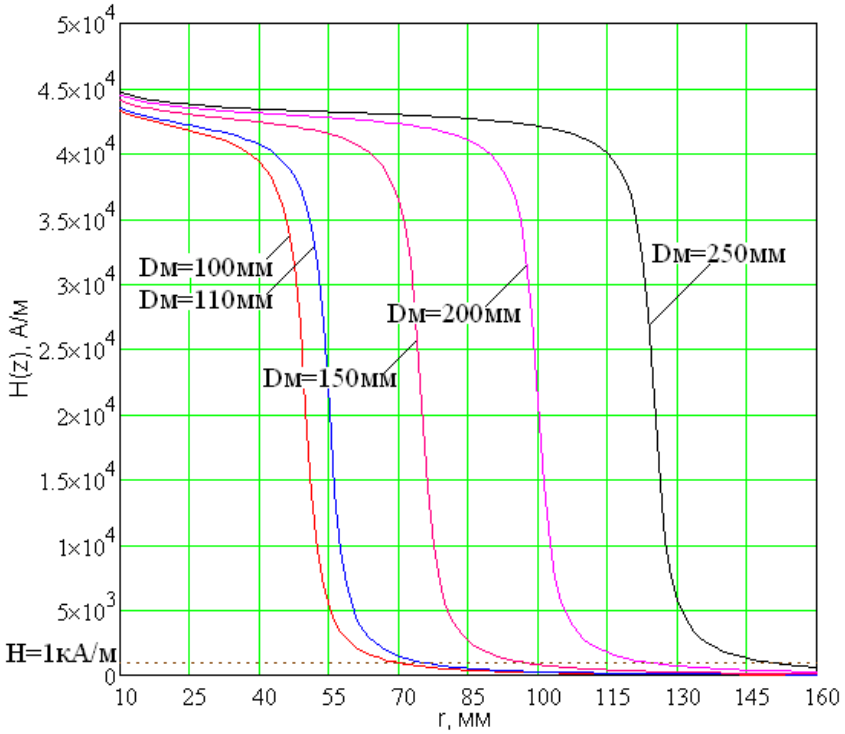


Рисунок 3 – Зависимость напряженности магнитного поля от диаметра СПМ

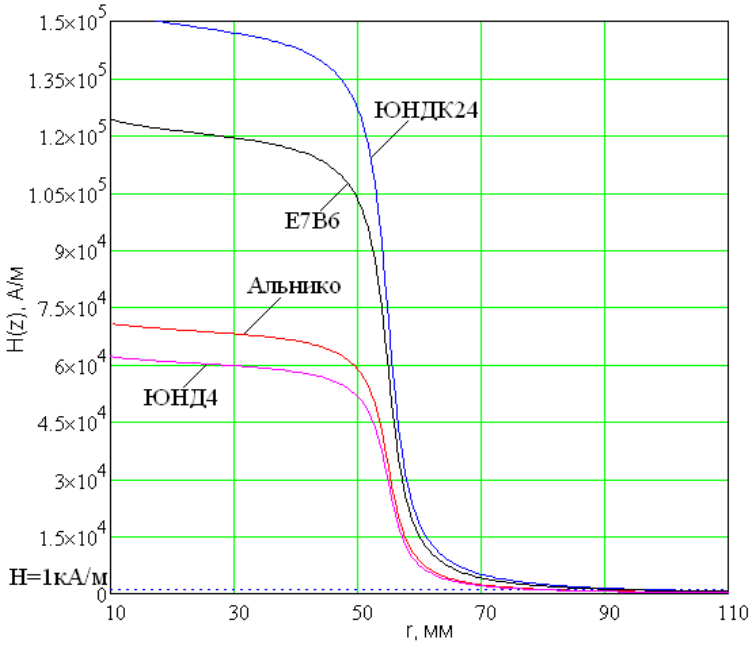


Рисунок 4 – Зависимость напряженности магнитного поля от марки СПМ

Вывод. Анализ результатов моделирования, приведенных на рисунках 2 –4, позволяет сделать вывод, что наиболее эффективным способом изменения напряженности магнитного поля вне ПМ является изменение значения остаточной индукции, определяемой маркой ПМ и высоты.

Изменение диаметра ПМ при значениях D_M >5мм сопровождается незначительным изменением значения напряженности магнитного поля вне ПМ. Поэтому дальнейшее увеличение этого значения является необоснованным.

Также необходимо отметить, что максимальное значение напряженности магнитного поля было зафиксировано в центре ПМ.

Таким образом, полученные в результате теоретического исследования математические формулы позволяют найти оптимальное значение параметров конструкции, что позволяет подобрать оптимальное значение массы и габаритов МПП, уменьшая при этом его себестоимость изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М: Гардарики, 2001. – 317 с.

2. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.2/ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. – СПб.: Питер, 2009. – 432 с.

3. Brown W.F. Magnetostatic principles in ferromagnetism.- N.Y.: North Holland Publishing Company, 1962. - 202 p.

4. Huth B.G. Calculations of stable domain radii produced by termomagnetic writing// IBM J. Res. Develop. - 1974.-Vol.18, №2.-P. 100-109.

УДК 519.711.3

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА НА ПРИМЕРЕ ЧАСТНОГО ОБЛАКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ПЕНЗГТУ

А.А. Воронцов[1]

[1]кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Аннотация. В данной статье выполняется анализ возможных перспектив использования облачных технологий в образовательной среде на примере частного облака ПензГТУ. Рассматриваются вопросы, связанные с эффективностью применения услуг, предоставляемых ПензГТУ преподавателям и студентам при проведении занятий (платформа и программное обеспечение, то есть PAAS и SAAS).

Ключевые слова: облачные технологии, ПензГТУ, частное облако, перспективы использования, образовательная среда, локальные сети, глобальные сети.

TO THE QUESTION OF APPLICATION OF THE CLOUD COMPUTING IN EDUCATIONAL PROCESS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION ON THE EXAMPLE OF THE PRIVATE CLOUD OF THE PSTU COMPUTER NETWORK

Alexander Vorontsov[1]

[1]Ph.D., associate professor 'Computers and systems', federal state-funded educational institution of the highest education 'Penza state technological university', Penza, Russia, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Abstract. In this article the analysis of possible prospects of use of a cloud computing in the educational environment on the example of a private cloud of PSTU is made. The questions connected with efficiency of application of the services provided to PSTU to teachers and students when training (the platform and the software, that is PAAS and SAAS) are considered.

Keywords: cloud computing, PSTU, private cloud, prospects of use, educational environment, local networks, global networks.

Введение. Постоянная модернизация образования требует постоянного усовершенствования процесса обучения. В частности, для этих целей создаются информационные ресурсы, позволяющие студентам визуально воспринимать информацию с помощью аудио, видео, текстовых файлов и

изображений. Одним из перспективных направлений в последние годы стало использование в образовании облачных технологий.

Под облачными технологиями подразумеваются различные аппаратные и программные средства, которые предоставляются пользователю для реализации своих целей, задач и проектов. В зависимости от предоставляемых услуг, облачные технологии подразделяются на три основных вида: инфраструктура как услуга (IAAS), платформа как услуга (PAAS) и программное обеспечение как услуга (SAAS). Во всех трех видах услуг пользователям предоставляется доступ к виртуальным машинам, то есть компьютерам и оборудованию провайдера (поставщика услуг). В первом случае (IAAS) пользователь услуги может запускать и развертывать произвольное программное обеспечение, в том числе и операционные системы, во втором – развертывать программное обеспечение, поддерживаемого облачным провайдером, в третьем – пользователю предоставляется доступ к программному обеспечению, развернутому на виртуальных машинах провайдера.

В Пензенском государственном технологическом университете (ПензГТУ) студентам и преподавателям предоставляется возможность работы с частным облаком по всем трем видам услуг.

Целью работы является анализ возможностей при работе с частным облаком ПензГТУ, а также перспективам развития облачных технологий при изучении дисциплин ВУЗов.

Материал и результаты исследований.

Облачные технологии стремительно развиваются. Так, по прогнозам аналитической компании IDC, в 2015 году объем рынка облачных услуг в мире вырос более чем в три раза по сравнению с 2010 годом — с 21,5 миллиарда до 72,9 миллиардов долларов, как это представлено на рисунке 1. К 2020 году этот показатель может достигнуть 240 миллиардов.

Россия по внедрению облачных технологий по состоянию на 2011 год занимала 34-е место с показателем 250 миллионов долларов, на сегодняшний день объем рынка облачных вычислений в России приблизительно составляет 5 миллиардов долларов.

На сегодняшний день практически каждый уже работает с облачными технологиями, возможно не задумываясь об этом [1-3]. С ними мы сталкиваемся при работе с электронной почте, при разговоре по телефону, а также при работе в локальных сетях и сети интернет.

Рисунок 1 – Динамика привлечения капиталов к облачным технологиям согласно данным и прогнозам IDC (International Data Corporation) — аналитической фирмы, специализирующейся на исследованиях рынка

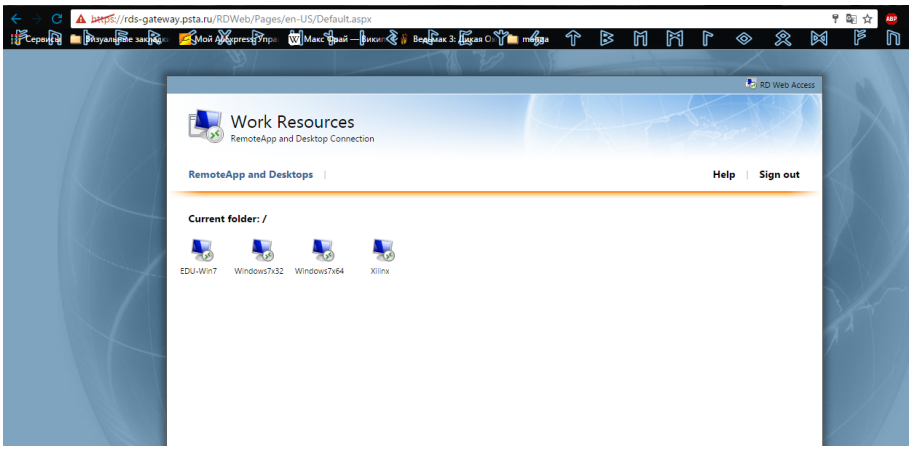


Рисунок 2 – Подключение к виртуальным машинам с ОС Windows 7 и с различными наборами установленного ПО

Для работы в уже созданном частном облаке ПензГТУ необходим ноутбук, планшет, компьютер или телефон с выходом в интернет и браузер. Если студент планирует выйти в интернет в любой точке планеты, где конечно есть интернет, то ему еще необходимо установить сертификат, чтобы сервер понимал, что пользователь, который к нему обратился – это студент или преподаватель и ему можно работать на виртуальной машине в частном облаке ВУЗа.

К основным видам сервисов, предоставляемых обучающимся и преподавателям ПензГТУ можно отнести возможность работы с различными версиями операционных систем Linux и Windows (рисунок 2), как с 32 (x32), так и с 64-разрядными (x64), например с Windows 7 x64 (рисунок 3).

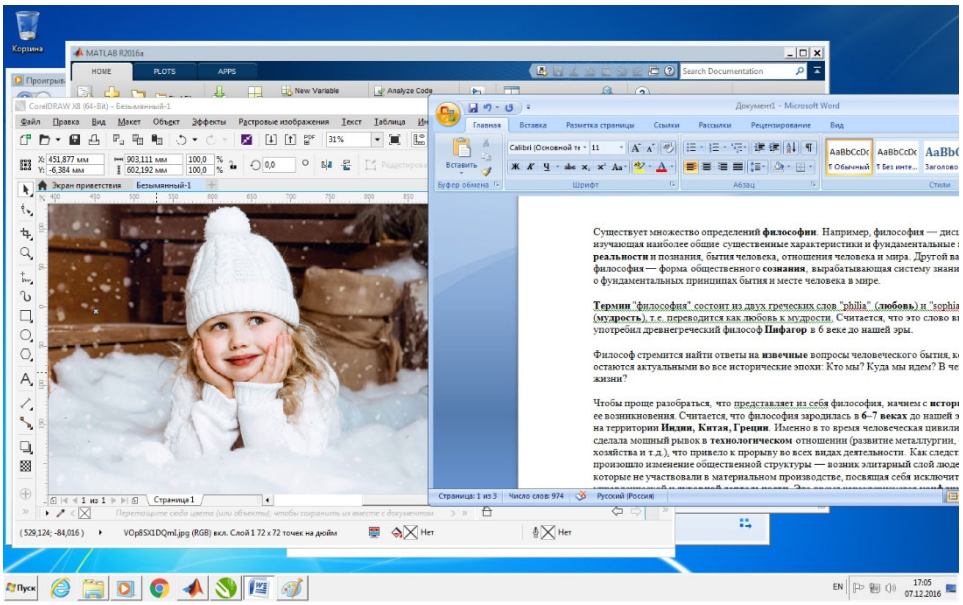


Рисунок 3 – Подключение к удаленному рабочему столу виртуальной машины с ОС Windows 7

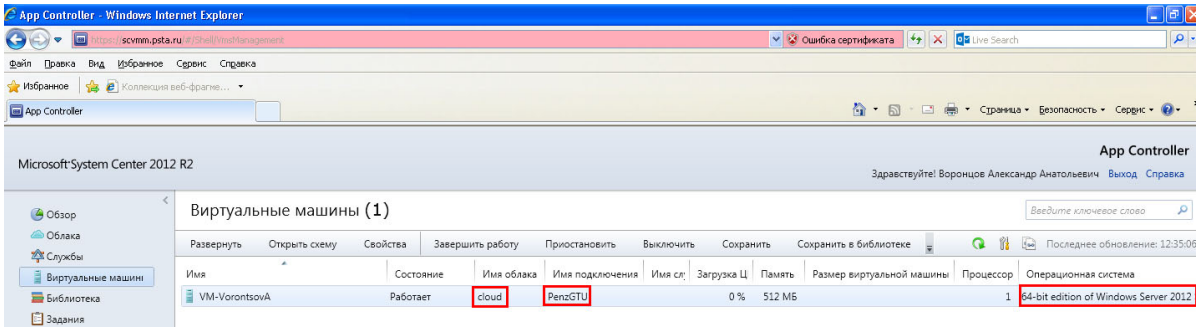
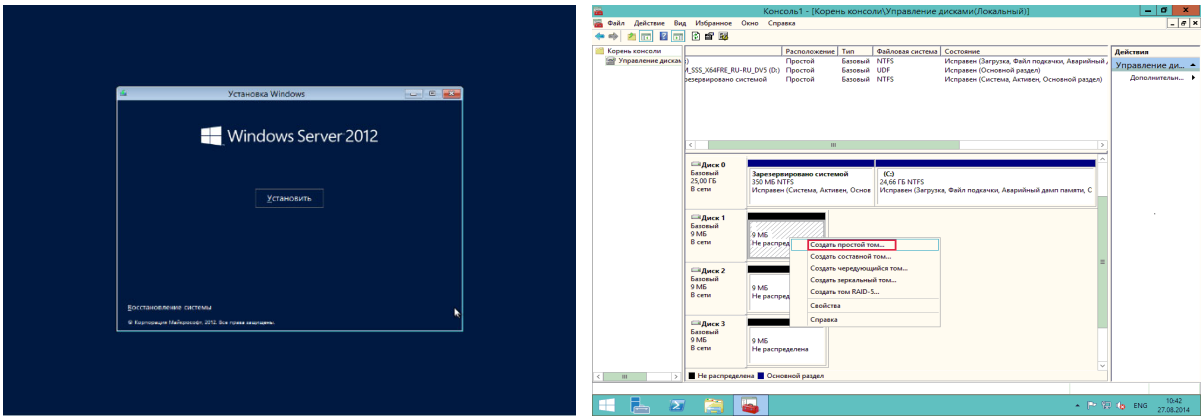


Рисунок 4 – Подключение к виртуальной машине частного облака ПензГТУ для последующего развертывания ОС Windows Server 2012

Также студенты и преподаватели ПензГТУ имеют возможность на лабораторных и практических занятиях развертывать операционные системы, в том числе и серверные (рисунок 4) и настраивать их компоненты (рисунок 5).

В [3] упоминается, что при работе с виртуальными машинами частного облака все вычислительные операции осуществляются на сервере, а по сети Internet передаются лишь результаты вычислений, что приводит к различной загрузке процессора и оперативной памяти даже при работе с одним и тем же программным продуктом локально и по сети.



а) б)

Рисунок 5 –Развертывание на виртуальной машине частного облака ПензГТУ ОС Windows Server 2012, а) Установка и б) настройка компонентов операционной системы

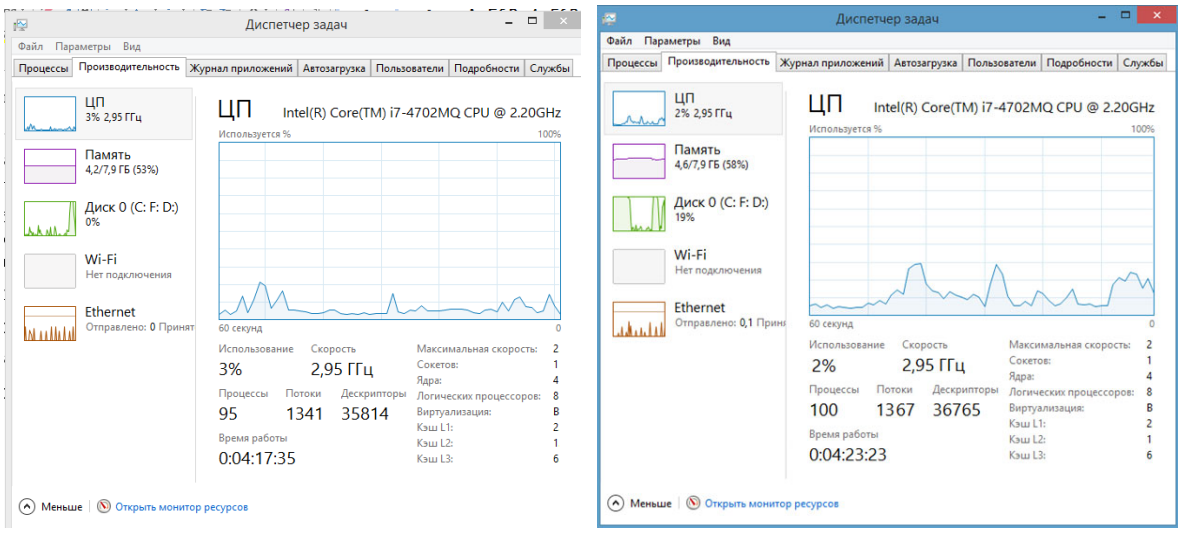


Рисунок 6 – Исследование изменения загрузки процессора и оперативной памяти при одновременном запуске программ MathLab R2016a, CorelDraw X8, Windows Media, Compas 3D v16 а) на локальном компьютере и б) на виртуальной машине частного облака ПензГТУ

Так, одновременный запуск программ MathLab R2016a, CorelDraw X8, Windows Media, Compas 3D v16 на одном из компьютеров локально и при подключении к удаленному рабочему столу (УРС) виртуальной машины (ВМ) Windows 7 x64 (рисунок 6) способствовал изменению загрузки процессора на 1% (с 3% до 2%) и оперативной памяти на 5% (с 53% до 58%). Подключение к УРС ВМ на другом по производительности компьютере дал бы совершенно другие результаты, так как необходимо учитывать производительность устройства, с помощью которого осуществляется подключение, в частности емкость оперативной памяти, частоту процессора и количество ядер, емкость жесткого диска, скорость Интернет соединения и т.д.

Для исследования изменения загрузки процессора и оперативной памяти в процессе подключения к УРС ВМ частного облака ПензГТУ, проведем вычислительные эксперименты.

Для исследований изменения загрузки процессора и оперативной памяти будем использовать следующие условия:

1. Скорость Интернет-соединения является достаточной для передачи данных (в вычислительных экспериментах она составляла более 1Мбит/сек).

2. Емкость свободного пространства на жестком диске и оперативной памяти давала возможность комфортно работать в процессе работы с частным облаком ПензГТУ.

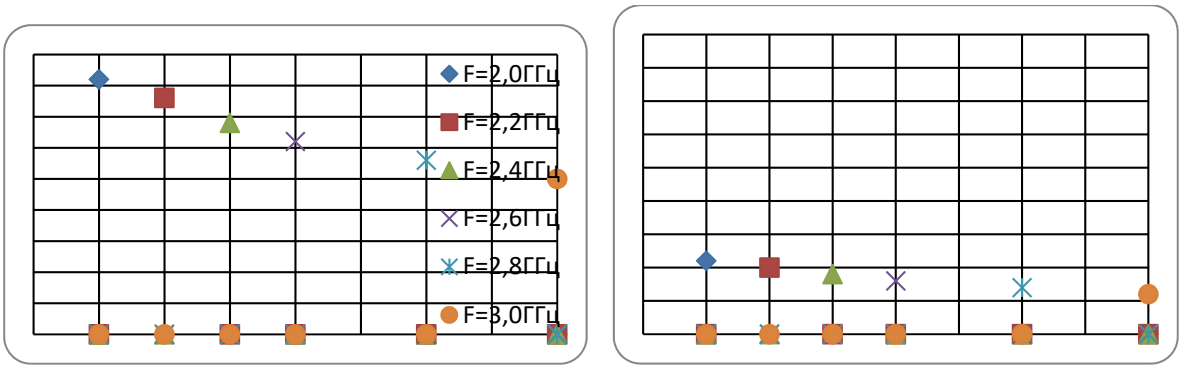
3. Подключение осуществляется к удаленным рабочим столам (УРС) виртуальных машин (ВМ) с установленной на них 64 разрядной операционной системой (ОС) Windows 7 (Windows 7 x64) и из-под управления ОС Windows 7 x64.

4. Вычислительные эксперименты до подключения на устройстве пользователя и в процессе подключения на виртуальной машине осуществляются при параллельном запуске программ Windows Media, Microsoft Office Word 2007, Mathlab R2016a и 64-битной версии программы Corel Draw X8 (рисунок 3).

Таблица 1 - Характеристики и загрузка устройств, используемых для подключения к рабочим столам виртуальных машин с ОС Windows 7 x64

№ устройства	Количество ядер ЦП	частота работы каждого ядра ЦП, ГГц	Емкость оперативной памяти, ГБ	Загрузка ЦП до подключения, %	Загрузка ОП до подключения, %	Загрузка ЦП после подключения, %	Загрузка ОП после подключения, %
1.	1	2,8	0,5	100	137*	37	182*
2.	2	2,0	1	41	50	11	80
3.	2	2,2	2	38	44	10	65
4.	2	2,4	3	34	38	9	61
5.	2	2,6	4	31	36	8	55
6.	2	2,8	6	28	32	7	47
7.	2	3,0	8	25	27	6	41
8.	4	2,2	8	3	53	2	58
9.	4	4,2	8	2	16	2	21

* - с использованием файлов подкачки

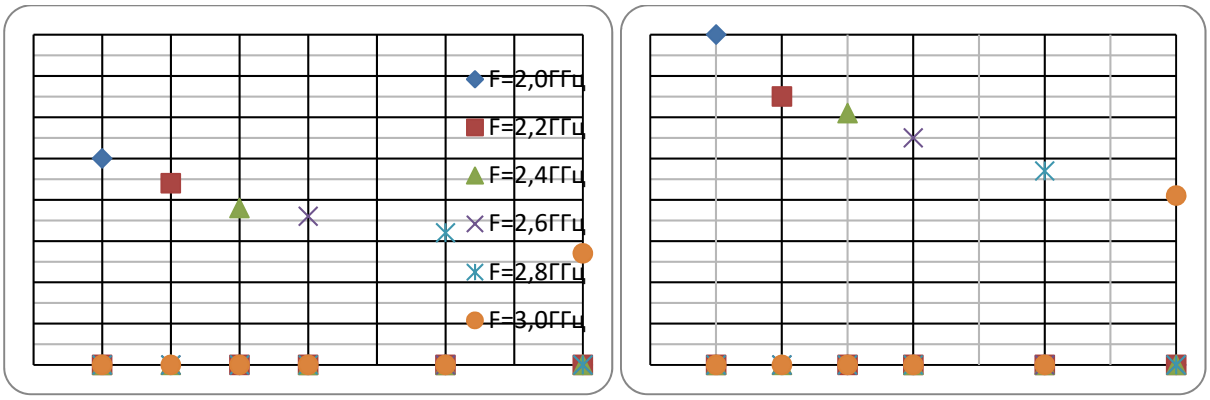


а) б)

Рисунок 7 – Зависимость процента загрузки процессора от емкости оперативной памяти для различных частот F работы ядер процессора до (а) и после (б) подключения к УРС ВМ частного облака ПензГТУ

Результаты вычислительных экспериментов приведены в таблице 1.

Результаты исследований для устройств, содержащих с количеством ядер ЦП=2, приведенных в таблице 1 можно привести к графикам зависимостей загруженности процессора и оперативной памяти от емкостей оперативной памяти и частоты работы ядер процессора, приведенных на рисунках 7 и 8 соответственно.



а) б)

Рисунок 8 – Зависимость процента загрузки оперативной памяти от емкости оперативной памяти для различных частот F работы ядер процессора до (а) и после (б) подключения к УРС ВМ частного облака ПензГТУ

Анализ рисунков 7 и 8 позволяет сделать вывод, что изменение емкости оперативной памяти и частоты работы процессора позволяют более эффективно работать с УРС ВМ частного облака ПензГТУ. И пусть увеличение как емкости оперативной памяти, так и частоты работы каждого ядра процессора могут способствовать к изменениям их загрузки не более, чем на 1%, особенно при использовании 4-х и более ядерных процессоров, тем не менее, работа с частными облаками позволяет комфортно работать как с

лицензионным ПО, отсутствующем на устройстве пользователя, но имеющемся на виртуальных машинах, так и проводить исследования и изучения различных операционных систем частных облаков. Работа с виртуальными машинами возможна и на “слабых” компьютерах, что позволяет реже обновлять парк компьютеров и ноутбуков как студентов и преподавателей, так и в учебных учреждениях в целом.

Вывод. В заключении необходимо отметить, что изменение загрузки процессора и оперативной памяти, происходящее в результате удаленного подключения также зависит от используемого видеоадаптера, коэффициента передачи данных, частоты работы шин данных, входящей и исходящей скорости Интернет-соединения и быстродействия устройств частного облака ПензГТУ. Проработка этих вопросов, а также оценка степени значимости каждого из этих факторов требует дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорочинская К.В. Модели и методы расчета локальных сетей реального времени: автореферат ... кандидата технических наук: 05.12.13. - Санкт-Петербург, 2001. - 267 с.

2. Компьютерные сети. 5-е изд. / Э. Таненбаум. — СПб.: Питер, 2012. - 992 с.

3. Воронцов А.А. Исследование изменения быстродействия при удаленном подключении по сети интернет к рабочему столу виртуальной машины частного облака ПензГТУ XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ, 2016. № 3 (31). С. 173-178.

УДК 631.171

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В.И. Зверева[1], А.А. Воронцов[2]

[1] Студент группы 17ИВ1м, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: valeri_zvereva@mail.ru

[2]Кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Аннотация. За последнее десятилетие существенно активизировались исследования в области дистанционного зондирования, которое применяют в различных отраслях народного хозяйства, в частности для сельского и лесного хозяйства. Работа посвящена методам предотвращения глобальных потерь урожая сельскохозяйственных культур, исчисляемых в сотнях и тысячах гектаров.

Ключевые слова: Информационные технологии, искусственные нейронные сети, дистанционное зондирование, геоинформационные системы (ГИС), картографические данные.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND GEOINFORMATION SYSTEMS IN AGRICULTURE

Valeriya Zvereva[1], Alex Vorontsov[2]

[1]Student of group 17IV1m, Federal State-funded Educational Institution of the Highest Education 'Penza state technological university', Penza, Russia, e-mail: valeri_zvereva@mail.ru

[2]Ph.D., associate professor 'Computers and systems', federal state-funded educational institution of the highest education 'Penza state technological university', Penza, Russia, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Abstract. In the last decade, research in the field of remote sensing has been intensified significantly. It is used in various sectors of the national economy, in particular for agriculture and forestry. The main question, which should be solved with the help of such developments: «How to prevent global losses of harvests, that are calculated in hundreds and thousands of hectares?». This article is devoted to this problem.

Keywords: Information technology, artificial neural networks, remote sensing, geoinformation systems (GIS), cartographic data.

Введение. Сельскохозяйственное производство практически во всем мире отличается нестабильностью. Особенно заметно это проявляется в условиях глобальных климатических изменений, а также в странах с преобладанием экстенсивных методов возделывания сельскохозяйственных культур.

В условиях подобной нестабильности высокое значение приобретает получение объективной информации о состоянии сельскохозяйственного производства, в том числе, заблаговременное прогнозирование и точная оценка объемов производства сельскохозяйственной продукции.

Создание систем распознавания в выбранной предметной области является актуальным, так как: это является неотъемлемым элементом современной сельскохозяйственной промышленности; это наиболее эффективный способ получения информации о состоянии посевов и почвенной среды.

Цель работы. Исследование состоит в изучении принципов действия систем распознавания, разрабатываемых для увеличения масштабов деятельности без риска увеличения потерь, с возможностью анализа состояния сельскохозяйственных культур по цветовым данным, полученным с изображений.

Материал и результаты исследований.

В системах распознавания и прогнозирования преимущественно используются методы дистанционного мониторинга в совокупности с дальнейшим распознаванием с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС). Однако, существует несколько наиболее востребованных методов оценки состояния сельскохозяйственных посевов по данным, полученным с изображений.

1. Данные дистанционного мониторинга со спутниковых систем.

Дистанционный мониторинг (иногда его называют аэрокосмическим) представляет собой систему регулярных планомерных наблюдений, сбора информации и оценки среды с использованием средств авиации, спутников и спутниковых систем. Данные дистанционного мониторинга, применимые в сельском хозяйстве, могут быть получены как с помощью традиционных методов зонирования – спутниковых и авиационных систем, так и с помощью приборов сельскохозяйственной техники.

Отличительной чертой космических снимков является высокая степень обзорности, охват одним снимком больших площадей поверхности. В зависимости от типа применяемой аппаратуры и фотопленок, фотографирование может производиться во всем видимом диапазоне электромагнитного спектра, в отдельных его зонах, а также в ближнем инфракрасном диапазоне [1].

2. Применение средств авиации для получения данных дистанционного мониторинга.

Одним из наиболее актуальных методов сбора геопространственной информации в настоящее время является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Отличительной особенностью БПЛА, помимо отсутствия экипажа на борту, является возможность проведения подоблачной съемки. Снимки, полученные путем аэрофотосъемки, обладают более высокой точностью и являются более актуальными по сравнению с космическими снимками. Однако уступают последним в масштабах охвата территории. Использование БПЛА будет оправдано в тех случаях, когда необходимо оперативно получить точную информацию о небольшой территории.

3. Использование датчиков и приборов сельскохозяйственной техники.

С развитием информационных технологий и устройств появилась возможность использовать сельскохозяйственную спецтехнику с целью картирования урожайности. Картирование урожайности представляет собой технологию точного земледелия, основной задачей которой является определение неоднородности показателя урожайности. Преимуществом проведения подобных обследований является возможность проведения работ в условиях туманна и дождя, что является нередким во время весенне-летних и осенних полевых работ [2].

Каждый из рассмотренных методов получения изображений имеет свои преимущества и недостатки, благодаря чему можно выявить, в каком случае целесообразно использовать тот или иной способ.

Для распознавания и идентификации получаемых изображений могут анализироваться многие признаки, в зависимости от поддерживаемой сложности используемой системы. Зачастую в качестве подобных признаков используется цветовая характеристика.

Самым простым преобразованием является бинаризация изображения по порогу. Для изображений RGB и в градациях серого таким порогом является значение яркости. Выбор порога, определяющего бинаризацию, определяет вид самого процесса. Как правило, бинаризация происходит при алгоритме аддитивного выбора порога. Например, таким алгоритмом может стать выбор математического ожидания или моды, а также наибольшего пика гистограммы [3].

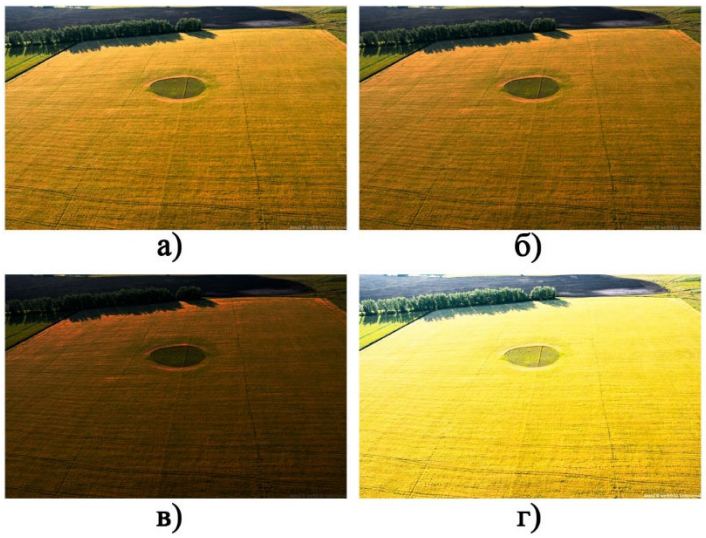
При осуществлении анализа необходимо оценивать не только получаемые цветовые значения, но и учитывать такой параметр, как яркость, а также его влияние на конечный результат распознавания.

Для исследования возьмем 15 вариантов яркости одного изображения и проанализируем, каким образом будут изменяться цветовые данные в зависимости от изменяемого параметра.

На рисунке 1 показаны варианты колебаний яркости.

Полученные данные и значение параметра яркости занесем в таблицу 1, где R – значение красного, G – значение зеленого, B – значение синего, L – значение яркости.

Таким образом, по полученным данным можно построить диаграмму изменения цвета объекта от яркости, показанную на рисунке 2.



а) б) в) г)

Рисунок 1 – а) исходное изображение; б) незначительное изменение яркости (затемнение);
в) значительное затемнение; г) значительное увеличение яркости

Таблица 1 – значение параметров изображения при разных уровнях яркости

№	Значение параметра			
	R	G	B	L
1	217,7888	152,7888	98,45551	166,8009
2	198,3443	122,3443	74,34439	150,9078
3	159,3443	87,56661	48,45551	120,7122
4	211,5666	127,5666	79,67773	161,1685
5	244,2332	193,5666	147,6777	189,5093
6	241,011	185,3443	136,011	186,8238
7	225,2332	162,4555	109,3443	174,0986
8	178,5666	106,5666	57,56662	136,8962
9	158,7888	90,67773	49,34439	121,8141
10	222,6777	158,6777	111,011	172,6355
11	208,4555	132,4555	85,45551	160,7828
12	173,6777	100,1221	57,12217	133,7841
13	244,011	209,6777	165,7888	192,212
14	209,3443	146,011	98,01106	163,0335
15	246,2332	209,2332	158,1221	194,1947

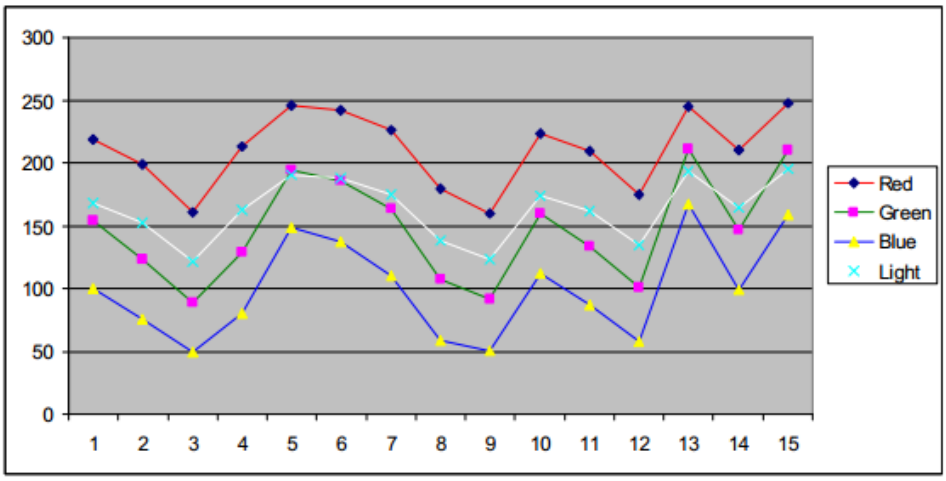


Рисунок 2 - Диаграмма изменения распознавания цвета объекта от яркости

В данном случае рассмотрены возможные колебания и погрешности в распознавании цвета в 15 экспериментах с одним изображением цветовой модели RGB при разных уровнях яркости.

Вывод. Распознавание и классификация данных признаков осуществляется в совокупности с нейросетевыми методами. ИНС, применяемая в современном программном обеспечении (ПО), представляет собой математическую модель параллельных вычислений, содержащую взаимодействующие между собой простые процессорные элементы – искусственные нейроны. Преимуществом нейронных сетей перед традиционными алгоритмами является возможность их обучения.

Благодаря совместному использованию рассмотренных методов можно вовремя зарегистрировать отклонения в ходе взращивания сельскохозяйственных культур, что позволит минимизировать потери.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булавицкий В.Ф. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории: учеб. пособие / В.Ф. Булавицкий, Н. В. Жукова. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. - 113 с.

2. Манухов В. Ф., Кислякова Н. А., Варфоломеев А. Ф. Информационные технологии в аэрокосмической подготовке выпускников географов-картографов // Педагогическая информатика. – 2013. – № 2. – С. 27–33.

3. Росяйкина Е. А., Ивлиева Н. Г. Управление данными дистанционного зондирования Земли в среде ГИС-пакета ArcGIS // Картография и геодезия в современном мире: мат-лы 2-й Всерос. науч.-практ. конф., Саранск, 8 апр. 2014 г. / редкол.:
В. Ф. Манухов (отв. ред.) и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 150–154.

УДК 622.271.63:627.514:004

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ НАСЫПНОЙ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ ВОДОХРАНИЛИЩА СЕЛИАККА-ЯРВИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

Н.А. Калашник
научный сотрудник лаборатории Геофлюидомеханики, Горный институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия, e-mail: kanad2805@mail.ru

Аннотация. Выполнена оценка устойчивости насыпной грунтовой плотины водохранилища Селиакка-Ярви, являющегося основным и важным источником производственного водоснабжения г. Заполярный и промышленных объектов АО «Кольская ГМК». Исследования выполнены на основе компьютерного 3D моделирования и натурных гидрогеологических и визуальных определений. Выявлены значения и размеры зон полных смещений грунтов плотины и подстилающего геологического основания. Определены значения коэффициента устойчивости (безопасности) плотины, на основании чего сделан вывод о ее состоянии для рассматриваемых условий.

Ключевые слова: водохранилище, плотина, моделирование, перемещения грунтов, устойчивость.

ASSESSMENT OF STABILITY OF A BULK SOIL DAM OF THE SELIAKKA-YARVI RESERVOIR BY RESULTS OF 3D MODELING

Nadezhda Kalashnik
Research Associate of Geoflyuidomechanikal Laboratory, Mining institute KNC RAS, Apatity, Russia, e-mail: kanad2805@mail.ru

Abstract. Assessment of stability of a bulk soil dam of the Seliakka-Yarvi reservoir which is the main and important source of production water supply of is executed for sity Zapolyarnyi and industrial facilities of JSC Kola MMC. Researches are executed on the basis of computer 3D modeling and natural hydrogeological and visual definitions. Values and the sizes of zones of full shifts of soil of a dam and the spreading geological basis are revealed. Values of coefficient of stability (safety) of a dam are defined on the basis of what the conclusion is drawn on its state for the considered conditions.

Keywords: reservoir, dam, modeling, movements of soil, stability.

Введение. Необходимость и актуальность данного исследования определяются тем, что водохранилище Селиакка-Ярви является основным и важным источником производственного водоснабжения. Забор водных ресурсов из водохранилища осуществляется для технических нужд и нужд горячего водоснабжения г. Заполярный, а также для расположенных здесь промышленных объектов АО «Кольская ГМК» [1].

Водохранилище Селиакка-Ярви сформировано в пределах расширения реки Селиакка-Ярви (Быстрая) в ее среднем течении. Сооруженная насыпная грунтовая плотина перегораживает суженную часть долины, сложенную перемежающимися аллювиальными и водно-ледниковыми образованиями. Кристаллические породы геологического основания интенсивно трещиноваты, на отдельных участках раздроблены.

Плотина водохранилища Селиакка-Ярви характеризуется следующими основными параметрами: высота плотины - 18,0 м; длина плотины по гребню - 510,0 м; ширина плотины по гребню - 20,0-50,0 м; ширина плотины по подошве - 120,0 м; отметка гребня - 201,2 м. Водохранилище имеет полный объем 3,2 млн. м^3, площадь зеркала при около 0,6 км^2; при этом отметка нормального подпорного уровня на верхнем бьефе плотины составляет 198,4 м.

Гребень плотины, отсыпанный песчано-глыбовым материалом, представляет собой уплощенную волнистую поверхность с небольшим (0,5-0,7 м) перепадом высот. Водоприемная часть (верхний бьеф) плотины представляет собой склон под углом около 45^o, сложенный крупноглыбовым и

валунным материалом местных пород. Упорная часть (нижний бьеф) плотины представляет собой склон под углом от 55° до 75°, сверху отсыпанный крупноглыбовым и валунным материалом практически до нижнего бьефа плотины. Вдоль бьефа, в песчано-гравийных отложениях, прослеживается небольшое понижение, к которому приурочены несколько водотоков и водоемов, сформировавшихся вследствие инфильтрационного просачивания воды водохранилища через тело плотины.

Цель исследований. Целью данной работы являлась оценка устойчивости насыпной грунтовой плотины озера водохранилище озера Селиакка-Ярви. Для достижения поставленной цели была построена 3D модель системы «водохранилище-плотина-геологическое основание» и выполнено компьютерное исследование фильтрационно-деформационных условий ее работы. По результатам 3D компьютерного моделирования определены расчетные значения смещений грунтов плотины и геологического основания и выполнена оценка устойчивости плотины в целом.

3D модель. Для выполнения исследований была построена 3D модель системы «водохранилище-плотина-геологическое основание». Вначале была создана геометрически подобная схема, с выделением основных слоев грунтов в геологическом основании и в теле плотины, для которых, на основании данных натурных инженерно-геологических условий, были заданы соответствующие параметры физико-механических свойств [2, 3] (рис. 1).

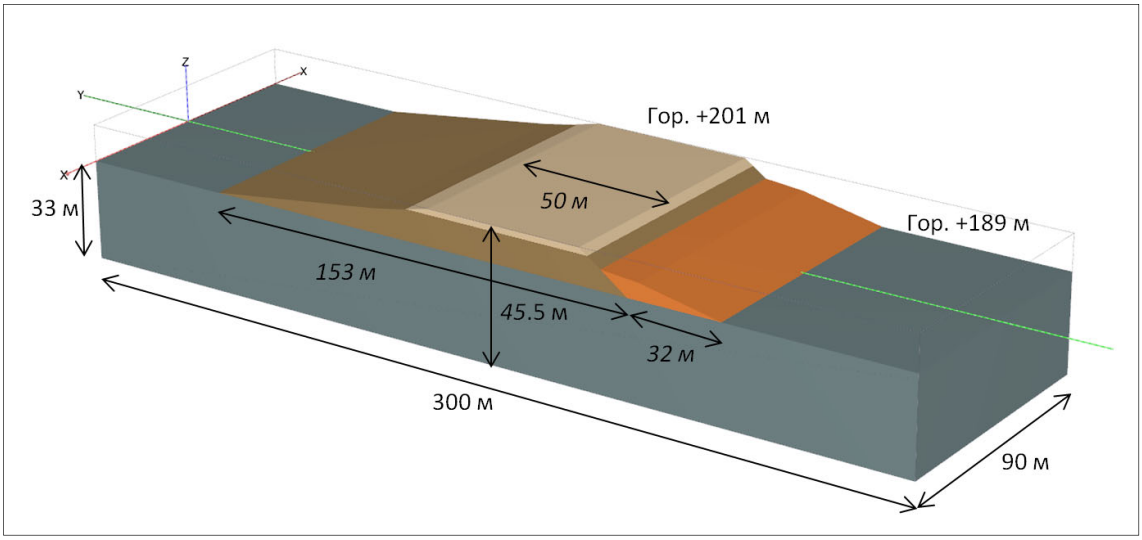


Рисунок 1 – Геометрическая схема компьютерной 3D модели «плотина-геологическое основание»

Затем, для проведения расчетов, геометрическая модель была разбита на отдельные элементы. Основными элементами в трехмерной сетке конечных элементов являются десятиузловые элементы-тетраэдры. Автором

сетка конечных элементов была построена в автоматическом режиме с использованием опции *Element distribution* как *very fain* (очень мелкая), включала: конечных элементов – 48082; узлов – 70653. При этом средний размер элемента был подобен 5,318 м; максимальный размер элемента в основании - 14,66 м; минимальный размер элемента в теле плотины - 0,286 м, что свидетельствует о достаточной детализации исследований.

Далее задавался уровень воды в водохранилище на отметке +198,9 м, и строилась, по гидрогеологическим данным, депрессионная поверхность в теле плотины.

Результаты 3D моделирования. На основе созданной 3D модели «водохранилище-плотина-геологическое основание» были выполнены многовариантные параметрические расчеты, по результатам которых были построены цветные картины смещений грунтов плотины и геологического основания. На рис.2 приведена объемная картина общих (полных) расчетных перемещений грунтов для рассматриваемых исходных условий, а на рис.3. – геометрические размеры зон одинаковых значений смещений как вкрест простирания плотины, так и по глубине, от гребня в глубь геологического основания.

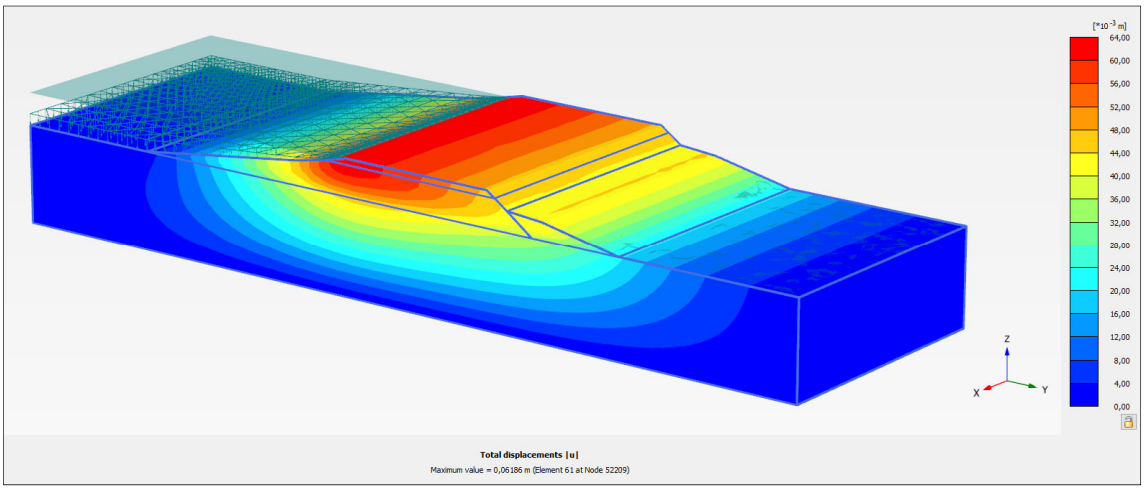


Рисунок 2 – Объемная картина общих (полных) расчетных перемещений грунтов плотины и геологического основания

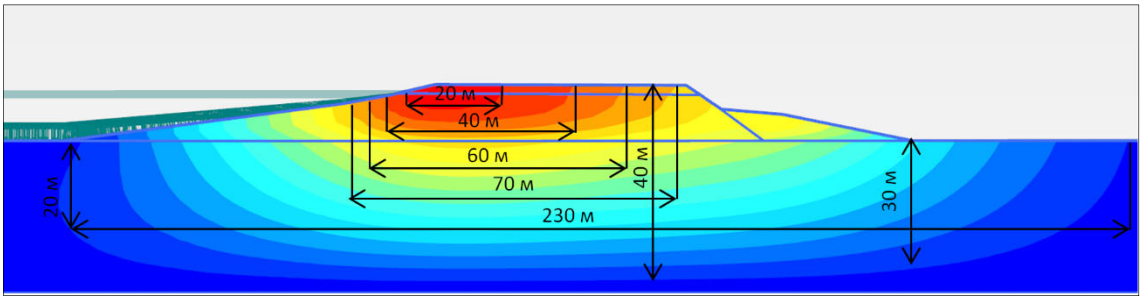


Рисунок 3 – Геометрические размеры зон по изогипсам перемещений

Анализ рисунков показывает, что максимальные смещения (до 0,065 м) локализуются на сопряжении гребня плотины и верхнего. Размеры этой зоны могут достигать 20 м в плане и 5-6 м по глубине. Следует заметить, что гребень плотины в целом подвержен относительно большим смещениям (до 0,05 м) на глубину до 10-12 м. В целом, смещениям подвержены не только грунты плотины, но и геологического основания: горизонтальный размер зоны смещений достигает 230 м, а вертикальный - 40 м (что более чем в 2 раза превышает высоту непосредственно плотины).

По результатам компьютерного моделирования и выполненных многовариантных параметрических расчетов была выполнена оценка устойчивости (безопасности), базирующаяся на отношении полученных значений сдвиговой прочности к минимальной сдвиговой прочности, необходимой для равновесия [2, 4, 5]. Было определено, что для рассматриваемых условий работы системы «водохранилище-плотина-геологическое основание», при отметке гребня плотины +201 м и при уровне воды в водохранилище +198,9 м, устойчивость плотины обеспечивается для всех рассмотренных вариантов со значениями коэффициента устойчивости (безопасности) *Кбез,* большими нормативного коэффициента $Кбез_н$ (согласно нормативным требованиям [6] $Кбез_н$ должен быть не мене 1.5). Вместе с тем, локально, на сопряжении нижнего бьефа плотины и подстилающего основания, значения коэффициента устойчивости могут быть ниже [7], что и подтверждается выявленными здесь визуальными наблюдениями зонами повышенной фильтрации воды (происходит высачивание фильтрационного потока и локальное понижение устойчивости на нижней кромке).

Выводы. Выполненные расчётные исследования устойчивости плотины комплекса гидротехнических сооружений водохранилища оз. Селиакка-Ярви при отметке гребня плотины +201 м и уровне воды в озере +198,9 м, показали, что устойчивость плотины обеспечивается для всех рассмотренных параметрических вариантов с большим нормативного коэффициентом (*Кбез*>1.5). Вместе с тем, локально, на сопряжении нижнего бьефа плотины и подстилающего основания, значения коэффициента устойчивости могут быть ниже, что и подтверждается выявленными здесь визуальными наблюдениями зонами повышенной фильтрации воды (происходит высачивание фильтрационного потока и локальное понижение устойчивости на нижней кромке).

ЛИТЕРАТУРА

1. Научно-технический прогресс на горнорудных предприятиях Заполярья / Н.Н. Мельников, П.А. Усачев, Ю.В. Демидов и др. - Л.: Наука: Ленингр. отд-ние, 1988. – 239с.

2. Калашник Н.А. Компьютерное моделирование механической прочности и противофильтрационной функциональности ограждающей дамбы хвостохранилища / Н.А. Калашник // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. – Днепропетровск, 2016. - № 3. - С. 304-308.

3. Калашник А.И. Исследования ограждающего насыпного гидротехнического сооружения как прототипа дамбы хвостохранилища горно-обогатительного предприятия / А.И. Калашник, Н.А. Калашник // Вестник Кольского научного центра РАН. - 2013. - № 1 (12). - С. 27-30.

4. Данилкин А.А. Мониторинг состояния ограждающей дамбы в зоне отработки техногенного месторождения Ковдорского ГОКа / А.А. Данилкин, А.И. Калашник, ДВ. Запорожец, ДА. Максимов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2014. - № 7. -С. 344-351.

5. Калашник А.И. Компьютерное 3D моделирование фильтрационно-деформационного состояния ограждающей дамбы хвостохранилища Ковдорского ГОКа / А.И. Калашник, Н.А. Калашник, О.В. Смирнова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2017. - Спецвыпуск 23. - С. 292-298.

6. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. – Утв. МинрегионРоссии 29.12.2011.

7. Калашник А.И. Идентификация фильтрационно-деформационных процессов в теле ограждающей дамбы хвостохранилища / А.И. Калашник, Д.В. Запорожец, Н.А. Калашник // Вестник Кольского научного центра РАН. - 2013. - № 2 (13). - С. 13-16.

УДК 747.012

МОРФОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ДИЗАЙНУ

Д.О. Довгаль[1], І.В. Вернер[2], Т.Л. Кожушкіна[3]

[1]кандидат технічних наук, доцент, Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна, e-mail: dovhal.d.o@donntu.edu.ua

[2]асистент кафедри основ конструювання механізмів и машин, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: ill3@mail.ru

[3]директор Дніпровського державного коледжу технологій та дизайну, м. Дніпро, Україна

Анотація. В работі наведені основні принципи та приклади, що обумовлюють перспективність розвитку творчого використання принципу морфологічної трансформації в практиці формоутворення та при вирішенні завдань сучасного дизайну. Показано переваги методу морфологічної трансформації, як засобу функціональної трансформації та надання функціональної багатозначності речі або предметному середовищу.

Ключові слова: морфологічна трансформація, дизайн, принципи формоутворення.

MORPHOLOGICAL TRANSFORMATION AS A MEANS OF DESIGN

Denis Dovhal[1], Ilya Verner[2], Tatyana Kozhushkina[3]

[1]Ph.D, Associated Professor, Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine, e-mail: dovhal.d.o@donntu.edu.ua

[3]Assistant of Machinery Design Bases Fundamentals Department, Dnipro University of Technologies, Dnipro, Ukraine, e-mail: ill3@mail.ru

[3]Director of the Technology and Design Arts Dniprovsk State College, Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper presents the basic principles and examples that determine the prospects for the development of the creative use of the principle of morphological transformation in the practice of shaping and in solving problems of modern design. The advantages of the method of morphological transformation, as a means of functional transformation and the provision of functional polysemy of a thing or subject environment are shown.

Keywords: morphologic transform, design arts, shape creations.

Вступ. Створення предметів зі структурою здатною до видозмін завжди становило один із найсуттєвіших напрямків у формоутворенні предметного світу. Із цим напрямком було пов'язано забезпечення багатьох важливих функцій людської життєдіяльності. Структура здатна до трансформації створювалася для певного способу життя та життєвих ситуацій, що характеризуються динамічністю та частою зміною функціональних процесів. Наприклад, декорації бродячого театру, юрта кочівників, похідне спорядження для армії і т.д.

Однак, до порівняно недавнього часу, цей напрямок був периферійним для культури: в центрі залишалася статична форма, не здатна до трансформацій. Особливо, це є характерним для архаїчних культур, заснованих на каноні (культури стародавнього Єгипту, Греції, середньовіччя). Ідея вічності, абсолютності, завершеності втілювалася передусім в грандіозних, монументальних спорудженнях, що слугували культурними зразками принципів формоутворення, які розповсюджувалися і на інші предметні форми (звісно в якості загальних принципів). Річ, що трансформується існувала за межами офіційної культури, вона втілювала у собі ідею неоднозначності і принципової відкритості форми, тоді як в середині культури річ відтворювалась у суворій відповідності із призначенням, що надавалося їй каноном, і там, де мали існувати дві речі, створювалися дві, а не одна із двома суміщеними функціями. Дотримування канону вважалося необхідною умовою додержання досконалості при створенні речі, а порушення його меж вважалося спотворенням її суті і якості.[1]

Символом сучасної культури є річ, що трансформується: меблі; обладнання спортзалів, виставок, промислових дільниць; оснащення залізничних вагонів, автобусів, космічних кораблів і т.д. Можна зробити висновок, що принцип трансформації має фундаментальне значення у формоутворенні сучасного предметного світу. Тож не випадково, останнім часом з'являється все більше публікацій автори яких намагаються різнобічно розглянути феномен речей, що трансформуються. Ці праці освічують те величезне значення, що має принцип морфологічної трансформації в сучасному дизайні, і його практично невичерпні можливості в плані пошуку творчих рішень багатофункціональної форми [2,3].

Мета роботи. Аналіз принципу морфологічної трансформації як оптимального засобу для рішення питань формоутворення на сучасному етапі розвитку дизайнерського мистецтва.

Матеріал та результати досліджень. В науковій свідомості, і в практичному освоєнні і розвитку принципу морфологічної трансформації настав такий момент, коли потрібно зміна підходу до проблеми в цілому. В практиці проектування накопичилось багато рішень на основі морфологічної трансформації, що не є, на сьогоднішній день, узагальненими і, таким чином, залишаються обмеженими в професійному використанні. Потрібна систематизація рішень, що розкривають морфологічну трансформацію як один із фундаментальних принципів дизайнерського мислення. Тільки в цьому випадку можна розраховувати на творче використання і розвиток принципу морфологічної трансформації в практиці формоутворення.

Передусім уточнимо, в якому саме сенсі ми говоримо про речі, що трансформуються, протиставлячи їх речам, що не трансформується. В основі цього протиставлення лежить уявлення про збереження або зміну якісної визначеності речей. Якщо річ має рухому структуру, що дозволяє їй перетворюватись в іншу річ або суттєво змінювати свої властивості, то таку річ можна назвати такою, що трансформується. Наприклад медичне крісло, може перетворюватись на ліжко, ноші, коляску, операційний стіл і т.д., є зразком речі, що трансформується. При цьому такі речі, як гончарний круг, вітряк або візок, що також мають відносну рухливість їх елементів, завжди зберігають свою якісну ідентичність, тобто належність до визначеного типу речей, що пов'язаний із головною функцією, і тому вони не є такими, що трансформуються. Річ, що трансформується – це річ, що є функціонально багатозначною.

Таким чином, очевидно, що з точки зору дизайну морфологічна трансформація – є засобом функціональної трансформації, засобом надання функціональної багатозначності речі або предметному середовищу. Поза відношенням до функції морфологічна трансформація не має дизайнерського

сенсу. На сьогоднішній день, найбільш авангардні дизайнерські ідеї, що визначають стиль сучасного проектного мислення, прямо або опосередковано містять в собі принцип морфологічної трансформації [2,3,4].

Можна стверджувати, що у певному сенсі в принципі морфологічної трансформації моделюється сам механізм проектного мислення і проектного формоутворення предметного світу сучасної культури. Класичним прикладом є ідея «конструктора», що є дуже поширеною. Суть її в тому, що проектується не багато різних поодиноких речей, а одна річ-конструктор, що містить в собі ідею необхідного комплексу речей, кожна із яких являє собою певну комбінацію деталей «конструктора». Цей принцип є особливо ефективним при проектуванні предметів споріднених в технічному плані і з точки зору процесів споживання.

Якщо принцип морфологічної трансформації набуває в проектній культурі все більшого значення, то це означає, що він стає носієм і засобом втілення матеріальних цінностей та ідеалів цієї культури, а не тільки технічним прийомом рішення функціональних задач. Інакше кажучи, важливо розуміти принцип морфологічної трансформації, як суттєвий елемент дизайнерської концепції предметного середовища. А дизайнерська концепція середовища включає в себе: естетику, образ людини, художню модель середовища, принципи формоутворення предметних елементів. В такому контексті принцип морфологічної трансформації постає як невід'ємна складова частина естетичного підходу дизайнера і його художнього методу. Ідея матеріальної установки Б. Кушнера – це не технічна, а естетична ідея, це художній ідеал середовища. [4] Проектні ідеї середовища, що трансформується Дж. Коломбо – це естетика функціонального комфорту в умовах мобільного стилю життя. [5] Абсолютно інший сенс має принцип трансформації в концепції вільного планування життєвого простору Ф.Л. Райта: органічність, пластична неперервність життєвого простору, природність поведінки людини в середовищі [4].

Для дизайнера питання використання або невикористання принципу морфологічної трансформації для вирішення задачі – питання не тільки технічне, але і концептуальне, етико-естетичне.

Якщо відійти від функціональних та естетичних аспектів і розглянути морфологічну трансформацію в «чистому вигляді», то вона зводиться до простої схеми (рис. 1):

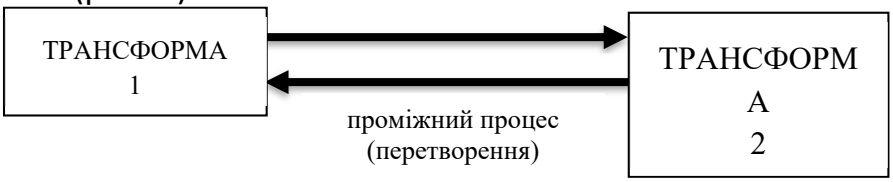


Рис.1. – Схема морфологічної трансформації

Характер трансформації визначається типом проміжного процесу, саме він є головним предметом проектування. Для прикладу порівняємо принцип «конструктора» із принципом «матрьошки». Відмінність між ними полягає саме в схемі проміжного процесу. «Конструктор» – це система, що має здатність до трансформації деякою кількістю можливих станів, що отримуються на основі комбінаторного процесу із елементами системи по відомим (заданим в проекті) правилам. «Матрьошка» – це розмірний ряд подібних за конфігурацією предметів, найменший з яких є модулем ряду, що трансформуються за лінійним принципом. За принципом «матрьошки» спроектовані, наприклад, антени транзисторного приймача та спеціалізований туристичний посуд і т.д.

Висновок. Узагальнюючи вищезазначене, можна сказати, що морфологічна трансформація – це один із найперспективніших принципів дизайнерського формоутворення предметного світу, що виражається в створенні багатофункціональних речей на основі динамічної матеріальної структури в рамках певної концепції об'єкта, що розглядається в трьох площинах: споживання, виробництво, проектування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тимофієнко В.І. Історія архітектури. Стародавній світ: підручник для вузів. –К.: КНУБА, 2002 р.

2. Васин С.А., Талащук А.Ю., Бандорин В.Г., Грабовенко Ю.А., Морозова Л.А., Редько В.А. Проектирование и моделирование промышленных изделий: учеб. для ВУЗов / Под ред. С.А. Васина, А.Ю. Талащука. – М.: Машиностроение – 1, 2004, 692 с.

3. Минервин Г.Б., Шимко В.Т., Ефимов А.Ф. и др. Дизайн. Иллюстрированный словарь-справочник / под общ.ред. Г.Б. Минервина и В.Т. Шимко. – М.: Архитектура-С, 2004, 288 с.

4. Arkhpova T., Arkhpova A. Introduction to the profession. Fashion-design, environmental design. – Raleigh, North Carolina, USA: Lulu Press, 2015 – 128 p.

5. Інтернет ресурс: https://oselya.ua/designers/dzho-kolombo-lyudyam-nuzhno-novoe-prostranstvo

УДК 747.012

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ХУДОЖНЬО-КОНСТРУКТОРСЬКИХ РОЗРОБОК ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

А.О. Логінова[1], А.А. Литовченко[2], А.Ю. Щелкунов[3]

[1]кандидат технічних наук, доцент кафедри основ конструювання механізмів и машин, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: An.O.Loginova@gmail.com

[2]заступник директора Дніпровського державного коледжу технологій та дизайну, м. Дніпро, Україна
[3] студент групи 132-16-1, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

Анотація. В роботі розглянуті точні критерії оцінки економічної ефективності художньо-конструкторської розробки виробу, а також показано, що підвищення естетичних та ергономічних показників спеціального технологічного обладнання підвищує його комплексні показники якості і позитивно впливає на умови праці оператора. Показано, що такий підхід дозволяє дизайнерам розуміти, що відбувається в економічному аспекті в сфері проектування, виробництва та експлуатації при впровадженні методів художнього конструювання.

Ключові слова: якість, художньо-конструкторські розробки дизайн, естетичність обладнання, ергономічність обладнання, економічна ефективність обладнання.

ECONOMIC EFFICIENCY OF ARTISTIC DESIGN OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Anastasiia Loginova[1], Artem Lytovchenko[2], Andrey Shelkunov[3]
[1]Ph.D, Associated Professor of Machinery Design Bases Department, National TU Dnipro Polytechnic, Dnipro, Ukraine, e-mail: An.O.Loginova@gmail.com
[2] Deputy Director of the Technology and Design Arts Dniprovsk State College, Dnipro, Ukraine
[3]student of group 132-16-1, National TU Dnipro Polytechnic, Dnipro, Ukraine

Abstract. The article considers the exact criteria for assessing the economic efficiency of the design and development of the product, and also shows that the increase of aesthetic and ergonomic indicators of special technological equipment increases its complex quality indicators and positively affects the working conditions of the operator. It is shown that this approach allows designers to understand, which takes place in the economic aspect in the field of design, production and operation of the implementation of methods of artistic design.

Keywords: quality, art design development, aesthetics of equipment, ergonomics of equipment, economic efficiency of equipment.

Вступ. Природнім і очевидним результатом розвитку в галузі художньо-конструкторських розробок спеціального технологічного обладнання є підвищення його комплексної якості, що сприяє росту економічної ефективності обладнання.

На сьогоднішній день наявність прямої залежності конкретної сутності і ефективності від ступеню поліпшення ергономічних і естетичних властивостей обладнання не потребує додаткових аргументів – вид виробу каже сам за себе.

Передусім треба зазначити, що найбільше такі зміни з'являються в сфері експлуатації, так як вимоги технічної естетики в значній мірі направлені на забезпечення споживчих якостей обладнання: оперативності та безпеки в роботі, естетичної виразності і т.д. [1]

Мета роботи. Виявлення та аналіз шляхів до підвищення економічної ефективності спеціального технологічного обладнання через підвищення його естетичного та ергономічного показників.

Матеріал та результати досліджень. Якщо враховувати, що однією з найважливіших сторін споживчих якостей спеціального технологічного обладнання є надійність обладнання в експлуатації та зручність його обслуговування людиною-оператором, то цілком природньо допускати певні додаткові витрати на підвищення художньо-конструкторського рівня обладнання і сферах проектування і виробництва, щоб отримати потім вагомий виграш в сфері його експлуатації. Таким чином з поліпшенням технічних і художньо-конструкторських характеристик обладнання вартість його розробки, як правило, збільшується.

Вартість розробки B_p даного типу обладнання, що включає науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, виготовлення та випробування зразків, зазвичай виражається:

$$K_p = \frac{B_p}{B_з} \quad (1)$$

де K_p – коефіцієнт ефективності розробки; $B_з$ – вартість виробництва першого зразка.

При цьому величина коефіцієнта K_p тим вище, чим більше використано нових технічних і художньо-конструкторських ідей, рішень, прийомів при створенні обладнання. Це, в свою чергу, пов'язано із вдосконаленням функціонального рівня обладнання та, відповідно, із ростом його ефективності E в порівнянні із відповідним значенням E_o аналога.

Таким чином, витрати на проектування, як правило збільшуються. В той самий час, використовуючи для досягнення високих споживчих якостей методів дизайну, ми впроваджуємо в процес конструювання сучасні принципи компоновки та композиційного рішення для розробки форми обладнання, використовуємо нові інженерні ідеї, нові технологічні процеси і матеріали, прагнемо до побудови простої та лаконічної структури композиції і т.д. Все це призводить до підвищення економічної ефективності проектування та виробництва, стимулюючи до постійної модернізації виробництва (завдяки використанню нових технологічних процесів та матеріалів) і вдосконалення методів проектування, зменшення їх трудомісткості (шляхом використання

прогресивних методів формоутворення конструкції, типових прийомів компоновки, методів уніфікації, побудови розмірно-параметричних рядів тощо).

Таким чином, можна вважати, що методи художнього конструювання, направлені на підвищення комплексної якості обладнання, сприяють загальному прогресу в проектуванні, виробництві та експлуатації обладнання, а відповідно є економічно ефективними.

Розглянемо, як конкретно впливає зміна художньо-конструкторського рівня обладнання, що виражено в узагальнених показниках $\Pi_{\text{ерг}}$ та $\Pi_{\text{ест}}$, на підвищення його ефективності в сферах проектування, виробництва та експлуатації. [2]

Забезпечення високого узагальненого ергономічного показника $\Pi_{\text{ерг}}$ пов'язано з деякими додатковими витратами на ергономічне проектування обладнання, тобто із підвищенням приведених витрат $K_p^{\text{прив}}$. Однак, при цьому в сфері експлуатації буде забезпечена економія поточних витрат завдяки зручності, оперативності і безпеці обслуговування обладнання людиною. Поліпшення ергономічних показників буде сприяти підвищенню якості та продуктивності праці оператора. При цьому навіть при відносно невеликих витратах на поліпшення ергономічних показників обладнання в процесі проектування може відбутися досить відчутний зріст економічних показників в сфері експлуатації.

Таким чином, буде забезпечено переважний зріст *E* по відношенню до $K_p^{\text{прив}}$, тобто показник ефективності в сфері проектування

$$\text{E}_{\text{п}} = \frac{\text{E}}{K_p^{\text{прив}}} \qquad (2)$$

буде збільшуватися.

Значне збільшення $K_p^{\text{прив}}$ буде спостерігатися лише за умови впровадження принципово нових ергономічних рішень. При розробці типових рішень $K_p^{\text{прив}}$ буде зменшуватися, а відповідно, ефективність в сфері проектування $E_п$ буде зростати.

В сфері виробництва поліпшення ергономічних рішень обладнання може призводити, з одного боку, до зменшення економії поточних витрат на виробництва ΔС, а з іншого боку, до збільшення цієї економії (завдяки застосуванню типових технологічних процесів для типових художньо- конструкторських рішень).

Таким чином, рентабельність виробництва

$$P_{\text{в}} = \frac{\Delta C}{\Delta K} \qquad (3)$$

за умови незмінних додаткових капітальних вкладень ΔK не буде змінюватися через збалансованість ΔС.

В сфері експлуатації поліпшення ергономічного рівня обладнання $\Pi_{\text{ерг}}$ буде призводити до підвищення рентабельності експлуатації:

$$P_{\text{е}} = \frac{\Delta C}{\text{В}_o} \quad (4)$$

так як економія поточних витрат на експлуатацію обладнання ΔC буде збільшуватися, а вартість обладнання залишатися В_o незмінною.

Забезпечення високого естетичного показника $\Pi_{\text{ест}}$ пов'язано композиційним відпрацюванням форми, поліпшенням пропорцій, ритму, масштабу, кольору тощо.

В процесі проектування композиційне відпрацювання конструкції тісно пов'язане із певним збільшенням витрат (особливо для принципово нових художньо-конструкторських рішень). Суттєвих змін ефективності на розробки $E_п$ (2) на стадії проектування від зміни показника $\Pi_{\text{ест}}$ не відбувається.

В сфері виробництва підвищення показника $\Pi_{\text{ест}}$ призводить, вочевидь, до підвищення економії поточних витрат на виробництво ΔС, так як форма обладнання, оптимальна за точки зору композиції, завжди є лаконічною, має просту об'ємно-просторову структуру, тобто, як правило, є технологічною в виготовленні та збиранні, складається із мінімального числа навантажених та формоутворюючих конструкції (кришки, панелі тощо), орієнтована на прогресивні технології. При підвищенні ΔС підвищується рентабельність виробництва $P_{\text{в}}$ (3) (за умови незмінності капітальних вкладень в виробництво).

При експлуатації обладнання в результаті композиційного відпрацювання поліпшуються розмірне та компоновочні рішення, підвищуються естетичні показники форми обладнання, тобто відбувається не лише поліпшення функціональних якостей обладнання, але й формується позитивний естетичний вплив на оператора, поліпшуються загальні умови його праці, процес праці стає менш виснажливим. При цьому знижуються поточні витрати на експлуатацію обладнання, підвищується продуктивність праці.

Ефективність в сфері експлуатації підвищується також завдяки поліпшенню розмірних рішень форми (оптимальні габаритні на приєднувальні розміри), що дозволяє раціонально використовувати виробничі площі; поліпшенню компонованчих рішень обладнання, що підвищує ремонтопридатність і зручність профілактичного обслуговування обладнання. Все це вказує на збільшення економії поточних витрат на експлуатацію ΔC. Таким чином підвищується рентабельність експлуатації $P_{\text{е}}$ (4) за незмінної вартості обладнання.

Окремо необхідно сказати про якість виготовлення та обробки обладнання. Показник якості виготовлення не впливає на збільшення наведених

витрат на розробку обладнання в сфері проектування. Однак в сфері виробництва прагнення забезпечити високу якість виготовлення призводить до деякого зниження економії поточних витрат на виробництво ΔC, а відповідно, й до деякого зниження рентабельності виробництва $P_{\text{в}}$. Однак таке зниження рентабельності компенсується більш високою якістю обладнання, поліпшенням його комплексних споживчих якостей. В сфері експлуатації підвищення якості виготовлення обладнання, що фактично збільшує його довговічність, забезпечує зріст економічної ефективності.

Експертна оцінка художньо-конструкторського рішення спеціального технологічного обладнання, проведена в роботах [3,4,5] показала, що ергономічні та естетичні показники можуть бути значно покращені шляхом:

- розробки художньо-конструкторських типажів обладнання за видами на основі гармонічних рядів пропорційних розмірів, розробки параметричних рядів, схем, типових рішень, що водночас дозволяють забезпечити і єдиний стиль обладнання;
- розробки типових прийомів художньо-конструкторської компоновки;
- розробки типових конструкції навантажених та формоутворюючих елементів обладнання – каркасів, кришок, кожухів, панелей і т.д. – і методів конструювання обладнання шляхом агрегатування із типових конструкцій;
- підвищення ступеня автоматизації обладнання, що призводить до спрощення обслуговування обладнання оператором і забезпечує ефективне використання його біомеханічних та психофізіологічних функцій в процесі експлуатації обладнання;
- підвищення ергономічності обладнання завдяки розробці і використанню і використанню нових конструкцій пристроїв відображення інформації і органів керування на лицевих панелях (мнемосхеми, графічні символи тощо);
- використання сучасних прийомів компоновки лицевих панелей;
- розробки й застосування рядів нормальних розмірів та прийомів пропорціонування для побудови оптимальних габаритних та приєднувальних розмірів обладнання;
- подальшого розвитку функціонально-блочного способу проектування електричних та кінематичних схем обладнання, розробки уніфікованих електромеханічних, механічних та електронних вузлів та блоків обладнання, що дозволяє поліпшити його компоновку і, зокрема, коефіцієнт використання об'єму;
- широкого впровадження нових видів декоративних та оздоблюваних матеріалів, зокрема ударостійких полімерів та еластомерів із підвищеними декоративними якостями, для формоутворюючих поверхонь

обладнання; застосування гарячого способу нанесення декоративних плівок на металічні формоутворюючі поверхні обладнання і т.д.

Висновок. Для підвищення естетичних та ергономічних показників спеціального технологічного обладнання має бути посилено авторський нагляд за розробкою конструкторської документації із виготовленням дослідних зразків у відповідності до художньо-конструкторських проектів.

Рішення задачі підвищення ефективності обладнання потребує також постійного вдосконалення організаційної структури, науково-методичних, координаційних та проектних функцій сучасної системи художнього конструювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондар О.В. Актуальні аспекти управління інноваційною діяльністю машинобудівних підприємств в період трансформації економіки України // Регіональні перспективи. - 2004. - № 3-4 (22-23). - С. 36-37.
2. Галущак М.П., Оксентюк А.О., Гевко І.Б. Організація виробництва у прикладах та задачах: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2010. – 214 с.
3. Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А. Теорія технічних систем. Навчальний посібник. Тернопіль: ТПІ, 1997. – 310 с.
4. Мелешина Г.А., Аристов Б.Н. Реинжиниринг как напрвление автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства // Автоматизация и современные технологии. - 2001. - № 3. - С. 34-41.

Твисс Б. Управление научно-техническими нововведениями: Сокр. пер. с англ. – М.: Экономика, 2005. – 271 с.

УДК 004.451

ВАРИАНТ АППАРАТНОЙ ПОДДЕРЖКИ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ЗАДАЧ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

А.И. Мартышкин
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры вычислительных машин и систем, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Аннотация. В работе представлен один из возможных вариантов аппаратной поддержки алгоритмов подсистемы планирования и диспетчеризации задач в многопроцессорной реконфигурируемой системе. В ходе проведенного исследования получено, что применение аппаратной поддержки алгоритмов планирования и диспетчеризации дает возможность намного быстрее определять, какая задача из очереди готовых к выполнению должна получить процессорное время следующей, чем программная реализация тех же самых алгоритмов внутри планировщика операционной системы.

Ключевые слова: аппаратная поддержка, реконфигурируемая вычислительная система, процессор, диспетчер задач, планировщик, операционная система.

OPTION OF HARDWARE SUPPORT OF PLANNING ALGORITHMS AND DISPATCHING TASKS OF A MULTIPLE PROCESSOR RECONFIGURABLE COMPUTING SYSTEM

A.I. Martyshkin
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computers and Systems, FGBOU VO 'Penza State Technological University', Penza, Russia, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Abstract. The paper presents one of the possible options for hardware support of algorithms for the subsystem of scheduling and scheduling tasks in a multiprocessor reconfigurable system. In the course of the study, it was found that the use of hardware support for scheduling and dispatching algorithms makes it possible to much faster determine which task from the ready-to-run queue should receive the next processor time than the software implementation of the same algorithms inside the operating system scheduler.

Keywords: hardware support, reconfigurable computing system, processor, task manager, scheduler, operating system.

Введение. Анализ развития средств вычислительной техники позволяет выявить тенденцию к постепенному переходу от программной реализации ряда выполняемых ЭВМ алгоритмов к аппаратной. Многие зарубежные специалисты считают, что наступает время аппаратной реализации алгоритмов операционных систем [1].

Цель работы. В статье приводится один из вариантов аппаратной поддержки алгоритмов планирования и диспетчеризации задач многопроцессорной реконфигурируемой вычислительной системы, необходимый для повышения быстродействия реконфигурируемой вычислительной системы.

Материал и результаты исследований. Как уже отмечалось ранее [2], в аппаратном диспетчере задач присутствует блок, который отвечает за выбор новой задачи. Данный блок реализует несколько различных дисциплин (вариантов) планирования. Выбор задачи осуществляется за один такт и не зависит от дисциплины планирования. Схема выбора новой задачи состоит из ячеек, каждая из которых связана с одним из регистров очереди готовых задач. Ячейка устроена следующим образом (рисунок 1).

В ячейку поступают данные двух регистров очереди задач. Первый регистр содержит данные на выходе из соседней ячейки, второй регистр подается напрямую из очереди готовых задач. Ячейка производит сравнение этих данных и выдает на выход данные только одного из регистров. Ячейка принимает управляющие сигналы от блока управления, который указывает, над

какими из полей регистров очереди задач проводить операцию сравнения, а также вид операции сравнения (больше или меньше). Также возможно полностью запретить сравнение и отключить вход для данных из соседней ячейки, тогда на выход будет напрямую транслироваться данные регистра очереди задач. Ячейка сравнивает следующие поля регистра очереди задач: PRIORITY, COUNTER, а также возможно сравнение объединенного поля, PRIORITY+COUNTER. Благодаря этому реализуются различные варианты планирования [3]. Как это происходит, будет подробно описано далее. Множество ячеек объединяются в схему, вид которой представлен на рисунке 2. Схема за один такт сравнивает данные всех регистров очереди задач и выдает на выход данные регистра той задачи, которая при заданной дисциплине планирования, является первым кандидатом на обслуживание.

Рисунок 1 – Вид ячейки схемы выбора новой задачи.

Теперь обратимся к различным алгоритмам планирования, используемым в операционных системах, и опишем их реализацию в аппаратном диспетчере задач [4, 5].

Аппаратный диспетчер задач поддерживает следующие варианты планирования: «первым пришел – первым обслужен», «кратчайшая задача – первая», циклическое планирование, приоритетное планирование, приоритетное планирование с классами.

«Первым пришел – первым обслужен».

При таком планировании значения в поле PRIORITY и в поле COUNTER объединяется в одно. Это значение указывает очередность поступления задач в очередь готовых процессов. Схема выбора новой задачи обеспечивает сравнение этого значения у всех регистров очереди задач и выбирает тот регистр, у которого значение в объединенном поле является минимальным. Та-

ким образом, очередь готовых задач работает по принципу памяти FIFO. Первой поступившей задаче присваивается значение 0, следующей 1, и так далее. При этом по умолчанию значения в поле у незанятых регистров очереди равняются максимальному числу, то есть во всех разрядах присутствуют единицы. Также отметим что, в очереди нет регистров с одинаковыми значениями в объединенном поле, кроме свободных регистров.

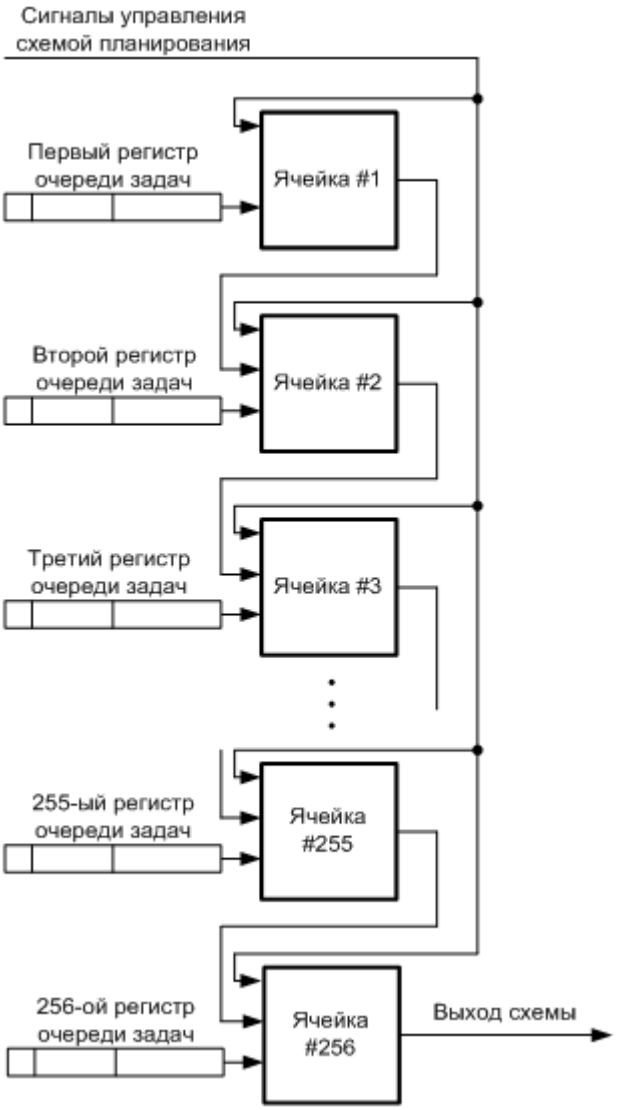


Рисунок 2 – Схема выбора новой задачи.

Отметим что, объединенные поля PRIORITY и COUNTER заполняются аппаратным диспетчером задач.

«Кратчайшая задача – первая».

При планировании такого рода в поле COUNTER записано значение временного отрезка работы процесса. При этом ищется задача, регистр которой содержит минимальное значение в поле COUNTER. Таких задач может быть несколько, тогда они выбираются последовательно. Главным отличием от

реализации предыдущего метода планирования является то, что поле COUNTER формирует не аппаратный диспетчер задач, а операционная система. Диспетчер задач лишь использует эту информацию, для организации такого алгоритма планирования. Определение того, какой из ожидающих процессов является самым коротким, представляется серьёзной проблемой, которую невозможно решить аппаратными средствами. Данную задачу решает операционная система. Затем диспетчер задач, основываясь на имеющейся информации, определяет задачу, которая должна идти следующей. У этой задачи значение в поле COUNTER является наименьшим во всей очереди.

Упомянутые алгоритмы планирования используют, как правило, в системах пакетной обработки данных. Рассмотрим алгоритмы планирования, которые применяются в интерактивных системах. Эти алгоритмы могут применяться в качестве планировщика процессоров в системах пакетной обработки.

Циклическое планирование.

Одним из наиболее старых, простых, справедливых и часто используемых является алгоритм циклического планирования. Каждому процессу предоставляется некоторый интервал времени процессора, так называемый квант времени. Если к концу кванта времени процесс все еще работает, он прерывается, а управление передается другому процессу. Планировщику нужно всего лишь поддерживать список процессов в состоянии готовности согласно рисунку 3, а. Когда процесс исчерпал свой лимит времени, он отправляется в конец списка (рисунок 3, б).

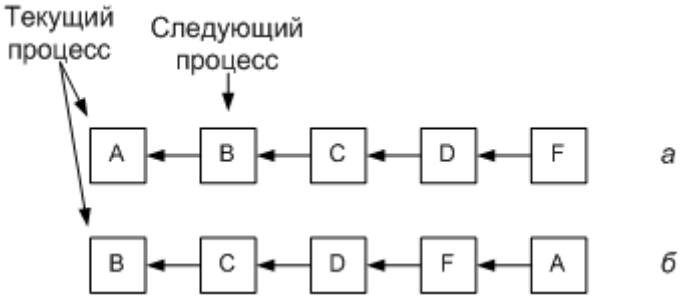


Рисунок 3 – Алгоритм циклического планирования: процессы в состоянии готовности (а); процессы в состоянии готовности, когда процесс А исчерпал свой квант времени (б).

Единственным интересным моментом этого алгоритма является длина кванта, значение которого в пределах 20-50 мс зачастую является разумным компромиссом.

Однако, аппаратный диспетчер задач, как уже отмечалось, не контролирует то, сколько задача обслуживается процессором, то есть не выбирает значение кванта и не следит за тем, истекло ли отведенное время. Поэтому

алгоритм циклического планирования реализуется аппаратным диспетчером аналогично алгоритму «первым пришел – первым обслужен». Как и в алгоритме «первым пришел» диспетчер задач формирует очередь готовых задач и задачи отправляются на обслуживание в процессоры в порядке их поступления в очередь. То, сколько по времени отрабатывается задача на процессоре, контролирует программный планировщик.

Ориентируясь по тому, в каком из регистров очереди задач поле COUNTER содержит наименьшее значение, можно организовать аппаратную поддержку алгоритма планирования, называемого справедливым. В этом случае в поле COUNTER фиксируется то, сколько процессорного времени было предоставлено процессу. При этом выбираются те задачи, которые меньше всего обслуживались в процессоре. У них поле COUNTER будет содержать наименьшее значение. При таком планировании система стремится равномерно распределить процессорное время между всеми активными процессами.

Приоритетное планирование.

В циклическом алгоритме планирования есть важное допущение о том, что все процессы равнозначны. Однако есть ситуации, когда обслуживание происходит по приоритетам процессов, которые могут присваиваться статически или динамически.

Приоритет процесса при приоритетном планировании записан в поле PRIORITY регистра задачи. Приоритет процессу назначает операционная система, аппаратный диспетчер задач использует это значение чтобы, выбирать процессы с наивысшим приоритетом. Схема выбора задач отыскивает ту задачу, в регистре которой указано наибольшее значение в поле PRIORITY. Если таких задач несколько их выбор осуществляется случайным образом. Затем выбираются задачи, у которых приоритеты ниже.

Часто бывает удобно сгруппировать процессы в классы по приоритетам и использовать приоритетное планирование среди классов, но циклическое планирование внутри каждого класса. На рисунке 4 представлена система с четырьмя классами приоритетов. Алгоритм планирования выглядит следующим образом: пока в классе 4 есть готовые к запуску процессы, они запускаются один за другим согласно алгоритму циклического планирования, и каждому отводится квант времени. При этом классы с более низким приоритетом не будут их беспокоить. Если в классе 4 нет готовых к запуску процессов, запускаются процессы класса 3 и т. д. Если приоритеты постоянны, до процессов класса 1 процессор может не дойти никогда. Но за этим следит операционная система.

Аппаратный диспетчер задач при приоритетном планировании с классами таким же образом выбирает процесс с наивысшим значением в поле

PRIORITY, как и при простом приоритетном планировании. Но, если таких процессов несколько выбор осуществляется уже не случайным образом, а по времени поступления задачи. На то какой по счету задача поступила в очередь, указывает поле COUNTER. При этом за значение в поле PRIORITY продолжает отвечать операционная система, в то время как аппаратный диспетчер задач фиксирует порядок поступления задачи в поле COUNTER. Сначала выбирается задача с наивысшим приоритетом, а затем если таких несколько выбирается та задача, которая стоит в начале списка, другими словами, поступила раньше остальных задач с тем же приоритетом.

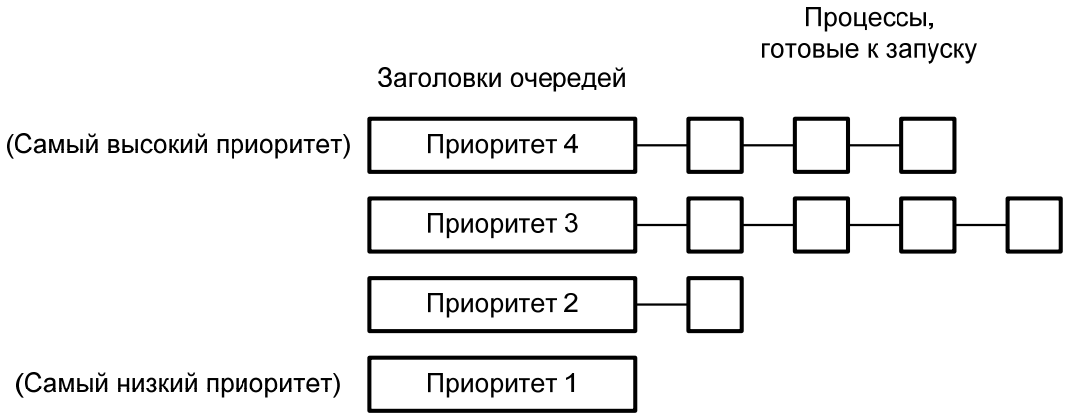


Рисунок 4 – Приоритетный алгоритм планирования с четырьмя классами приоритетов.

Вывод. Следуя вышесказанному, сделаем вывод, что аппаратная реализация алгоритмов планирования позволяет значительно быстрее определять, какая задача из списка готовых должна получить процессорное время следующей, нежели программная реализация тех же самых алгоритмов внутри планировщика операционной системы. Но какая бы дисциплина планирования не была выбрана, аппаратный диспетчер задач всегда работает в тесном взаимодействии с программным планировщиком, так как реализует лишь некоторые функции планирования и диспетчеризации, связанные с переключением процессов. Все остальные действия выполняет программный планировщик операционной системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам на 2018-2020 гг. (СП-68.2018.5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 599 с.

2. Вашкевич Н.П. Аппаратная реализация функций синхронизации параллельных процессов при обращении к разделяемому ресурсу на основе ПЛИС/ Н.П. Вашкевич,

Р.А. Бикташев, Е.И. Гурин // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки – 2007. – № 2. – С.3–12.

3. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э.Таненбаум, М. ван Стеен // СПБ: Питер, 2003. – 877 с.

4. Мартышкин А.И. Исследование алгоритмов планирования процессов в системах реального времени // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XIII Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией И.И. Сальникова. – 2015. – С. 118-124.

Мартышкин А.И., Мартенс-Атюшев Д.С. Разработка подсистемы планирования и назначения задач реконфигурируемой вычислительной системы для цифровой обработки сигнала // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: сборник статей XIV Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией И.И. Сальникова. – 2016. – С. 115-119.

УДК 004.451

АППАРАТНАЯ ПОДДЕРЖКА И ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ РАБОТЫ ДИСПЕТЧЕРА ЗАДАЧ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

А.И. Мартышкин

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры вычислительных машин и систем, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Аннотация. В статье представлена возможность аппаратной реализации и проверки правильности работы диспетчера задач многопроцессорной реконфигурируемой вычислительной системы Приводится методика верификации в программе SMV. В ходе исследования получена кодировка недетерминированного автомата НДА на входном языке SMV в соответствии с описанной методикой.

Ключевые слова: реконфигурируемая вычислительная система, диспетчер задач, верификация алгоритмов, синхронизация процессов, операционная система, программа SMV.

HARDWARE SUPPORT AND VERIFICATION OF THE OPERATION OF THE TASKMAN CONTROLLER OF A MULTI-PROCESSOR RECONFIGURABLE COMPUTING SYSTEM

A.I. Martyshkin

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computers and Systems, FGBOU VO 'Penza State Technological University', Penza, Russia, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Abstract. The article presents the possibility of hardware implementation and verification of the correctness of the work of the task manager of a multiprocessor reconfigurable

computing system. The verification method in the SMV program is given. In the course of the study, a non-deterministic NDA automaton encoding was obtained in the input language SMV in accordance with the described method.

Keywords: reconfigurable computing system, task manager, algorithm verification, process synchronization, operating system, SMV program.

Введение. При проектировании операционных систем для высокопроизводительных вычислительных (многопроцессорных и реконфигурируемых) систем, зачастую остро стоит проблема уменьшения накладных расходов, возникающих при планировании процессов. Частью планировщика является функция диспетчеризации задач (процессов, потоков) при их назначении по процессорным узлам. Реализация этой функции тесно связана с необходимостью синхронизации взаимодействующих процессов [1].

Цель работы. В статье приводится способ аппаратной поддержки и результаты проверки правильности функционирования диспетчера задач многопроцессорной реконфигурируемой вычислительной системы, в совокупности способствующие повышению быстродействия реконфигурируемой вычислительной системы.

Материал и результаты исследований. Примем, что t – время выполнения основной части программы в однопроцессорном режиме, а время выполнения этой же программы на N-процессорной реконфигурируемой системе составит

$$t^* = t/N. \quad (1)$$

Примем, что τ – время, необходимое для синхронизации процессов. Тогда время выполнения программы с учетом синхронизации для однопроцессорного варианта составит (t+τ), а для многопроцессорного соответственно (t*+ τ).

Коэффициент использования производительности η, показывающий какая доля мощности одного процессора задействована при реализации одного из параллельных процессов, в результате выполнения которого возникают временные потери при осуществлении синхронизации, составит

- для однопроцессорного варианта

$$\eta = t/(t+\tau), \quad (2)$$

- для N – процессорного варианта

$$\eta^* = t^*/(t^*+\tau) = t/(t+N\tau), \quad (3)$$

где τ и Nτ – непроизводительное время, затрачиваемое на синхронизацию процессов в однопроцессорном и многопроцессорном режимах работы. Как следует из (2) и (3) временные затраты на синхронизацию в многопроцессорном режиме увеличиваются относительно однопроцессорного в N раз.

Традиционно планировщик и диспетчер задач выполняются программно и реализуются в SMP-системах методом вызова этих функций из общей памяти, где хранится программа операционной системы [1]. Практическая программная реализация предполагает два варианта: 1) в пространстве пользователя; 2) в пространстве ядра.

Программная реализация в пространстве пользователя хотя и является быстрой, но вызывает некоторые затруднения, ввиду того, что для выполнения сопряженной с диспетчеризацией процедуры синхронизации необходимы 3 семафора: один – счётчик для подсчета числа мест, занятых готовыми для выполнения задачами; другой – счётчик для подсчета числа процессоров, занятых обслуживанием; третий – мьютекс для реализации взаимного исключения, предотвращающего одновременный доступ нескольких свободных процессоров к единственной (глобальной) очереди, в данном случае играющей роль общего ресурса. Очевидным и безусловным выходом из такой ситуации является реализация процедуры синхронизации в пространстве ядра. Однако возрастающие при этом временные затраты резко уменьшают производительность реконфигурируемой системы.

В статье для проверки алгоритма работы диспетчера задач предлагается использовать систему SMV (Symbolic Model Verifier) [2] фирмы Cadence, которая широко применяется в промышленности и научных исследованиях. В частности, такие известные фирмы, как AT&T, Fujitsu, Intel, IBM, Motorola и другие используют SMV для верификации алгоритмов функционирования своих разработок. В предлагаемой методике верификации недетерминированный автомат (НДА) [3] описывается в соответствии с определенными правилами на входном языке SMV, а проверяемые свойства системы специфицируются в виде формул временных логик CTL в терминах состояний НДА. Важной задачей при этом является разработка адекватного описания НДА на входном языке SMV. Возможность подобного подхода подтверждается существованием методик верификации в SMV для других моделей переходов состояний, например, цветных сетей Петри [4].

Ниже приведена методика верификации систем, построенных на основе НДА, с использованием метода Model Checking в системе SMV. Основные шаги методики представлены на рисунке 1, особенность которой состоит в том, что она (в отличие, например, от [5]) не требуется явного построения структуры Крипке для модели НДА, включающей все возможные состояния, поскольку система SMV сама «развертывает» структуру Крипке (в виде BDD) в процессе доказательства исходя из символьного описания на входном языке. Возможность подобного подхода подтверждается существованием методик верификации в SMV для моделей переходов состояний, отличных от НДА, например, цветных сетей Петри [4]. Тем не менее,

возможен подход к верификации систем на основе НДА, в котором используется «явная» структура Крипке, в качестве которой выступает НДА после проведения процедуры детерминизации (то есть детерминированный автомат) [6, 7]. Важным моментом в предложенной методике является построение адекватного описания НДА на входном языке SMV. Основой такой «адекватности» является то, что как язык SMV (в рамках процесса), так и НДА обладают свойствами синхронных моделей.

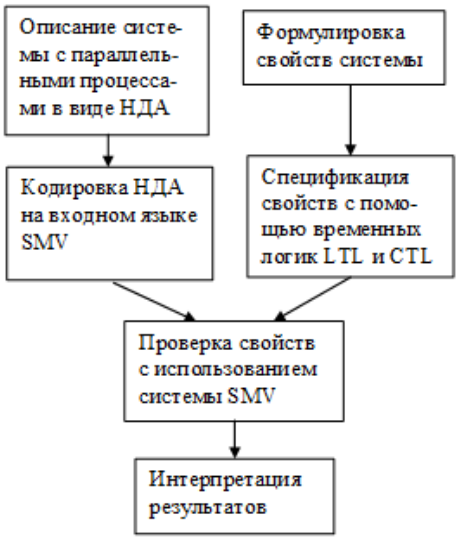


Рисунок 1 – Методика верификации систем на основе НДА

Правила описания СКУ НДА на языке SVM просты. НДА оформляется в виде одного модуля SMV. Входные переменные, а также события НДА, зависящие от внешнего окружения, представляются как параметры модуля. Считается, что они могут принимать произвольные значения. Каждому событию в НДА ставится в соответствие булева переменная. Начальные единичные значения устанавливаются для тех переменных, которые соответствуют начальным состояниям. Начальные значения остальных булевых переменных устанавливаются в ноль.

Реализации режимов A и B несколько различаются. Сначала рассмотрим основной режим (режим A). Уравнения СКУ один к одному транслируются в операторы присваивания SMV, причем для представления события, стоящего в левой части уравнения, используется конструкция next в левой части оператора присваивания. Правая часть уравнения СКУ определяется как логическое выражение языка SMV. Операторы присваивания, соответствующие СКУ, объединяются в составной оператор, который предваряется конструкцией default. Операторы присваивания, стоящие в этой конструкции, сбрасывают все переменные, соответствующие событиям НДА, в ноль. Смысл default-оператора в данном контексте означает, что все события, которые не устанавливаются в следующем такте работы системы, удаляются

из совокупного состояния. Для представления НДА, функционирующего в режиме B, для каждого события si НДА вводятся два условия: условие установки (set_si) и условие сброса (reset_si) события. Условия установки события эквиваленты правой части соответствующего уравнения СКУ. Условия сброса определяются поиском сбрасываемого события в правых частях в системе уравнений СКУ и определения условий установки событий, стоящих в левых частях найденных уравнений. Условие сброса формируется путем дизъюнкции этих условий установки. Для формирования условий сброса удобно пользоваться сетевым представлением НДА, позволяющим наглядно представить причинно-следственные связи между событиями. Для каждого события si формируется оператор присваивания SMV следующего вида: next(si):= set_si | (~set_si & ~reset_si & si), вычисляющий статус события si в следующий момент времени.

Свойства системы первоначально формулируются на естественном языке. Все свойства можно разделить на общие и частные. В отношении систем с параллельными процессами обычно выделяют следующие общие свойства: безопасности, живости и справедливости (fairness). В системе SMV свойства формулируются с помощью линейной временной логики LTL или логики дерева вычислений CTL [8]. В логике LTL определены линейные временные операторы X (в следующий момент времени), F (возможно в будущем), G (всегда) и U (пока не). В логике CTL в дополнение к этому используется квантификация путей. При этом кванторы E и A предваряют линейные временные операторы (например, AG, EF, AX и т.п.). Атомарные высказывания формулируются на основе событий НДА. Причем существует два элементарных вида высказываний: событие НДА входит в совокупное состояние и событие не входит в совокупное состояние.

Перейдём непосредственно к верификации алгоритма синхронизации процессов при диспетчеризации задач в многопроцессорных реконфигурируемых системах с использованием механизма рандеву [3]. Система канонических уравнений, описывающих данный алгоритм, включает в себя три части: процесс «клиент», процесс «сервер», и система канонических уравнений, описывающих события после рандеву.

Ниже представлен фрагмент кодировки НДА (режим A) на входном языке SMV, полученный в соответствии с методикой, описанной ранее в этом разделе. Количество процессоров в системе возьмём равным 4.

```
next(Sp_0):= Sp1_0 | Sp2_0 | Sp3_0 | Sp4_0;
next(Sp1_BK):=Sp1_0 & Sk_0 & Sp1_P;
next(Sp2_BK):=Sp2_0 & Sk_0 & Sp2_P;
next(Sp3_BK):=Sp3_0 & Sk_0 & Sp3_P;
next(Sp4_BK):=Sp4_0 & Sk_0 & Sp4_P;
next(Sp1_S):=(Sp1_0 & (~Sk_0)) | (Sp1_S & Sp1_P & (~Sk_BP1));
```

```
next(Sp2_S):=(Sp2_0 & (~Sk_0)) | (Sp2_S & Sp2_P & (~Sk_BP2));
next(Sp3_S):=(Sp3_0 & (~Sk_0)) | (Sp3_S & Sp3_P & (~Sk_BP3));
next(Sp4_S):=(Sp4_0 & (~Sk_0)) | (Sp4_S & Sp4_P & (~Sk_BP4));
next(Sp1_OK):=(Sp1_S) & Sp1_P & Sk_BP1;
next(Sp2_OK):=(Sp2_S) & Sp2_P & Sk_BP2;
next(Sp3_OK):=(Sp3_S) & Sp3_P & Sk_BP3;
next(Sp4_OK):=(Sp4_S) & Sp4_P & Sk_BP4;
next(Sp1_g):=((Sp1_BK | Sp1_OK) & Sk_KP1) | (Sp1_g & (~Sk_g));
next(Sp2_g):=((Sp2_BK | Sp2_OK) & Sk_KP2) | (Sp2_g & (~Sk_g));
next(Sp3_g):=((Sp3_BK | Sp3_OK) & Sk_KP3) | (Sp3_g & (~Sk_g));
next(Sp4_g):=((Sp4_BK | Sp4_OK) & Sk_KP4) | (Sp4_g & (~Sk_g));
```

Проверим свойство достижимости состояний в процессе «клиент», процессе «сервер» (для одного процессора) и процессе «после рандеву». Данные свойства выражаются с помощью следующих формул временной логики:

```
SPEC EF Sk_0;
SPEC EF Sk_BP1;
SPEC EF Sk_KP1;
SPEC EF Sk_g;
SPEC EF Sk_S;
SPEC EF Sp_0;
SPEC EF Sp1_BK;
SPEC EF Sp1_S;
SPEC EF Sp1_OK;
SPEC EF Sp1_g;
SPEC EF Sp1_ST;
SPEC EF Sk_OK;
SPEC EF Sp1_OD;
SPEC EF Sp1_ZD;
SPEC EF Sk_U;
```

SMV дает следующий ответ (рисунок 2): все указанные состояния достижимы при определенных начальных условиях, то есть, в системе нет состояний, которые никогда бы не были достижимы из начальных состояний.

Вывод. Следуя вышесказанному, сделаем вывод, что аппаратная реализация алгоритмов планирования дает возможность быстрее определять задачу, которая должна получить процессорное время следующей, чем программная реализация тех же самых алгоритмов внутри планировщика операционной системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам на 2018-2020 гг. (СП-68.2018.5).

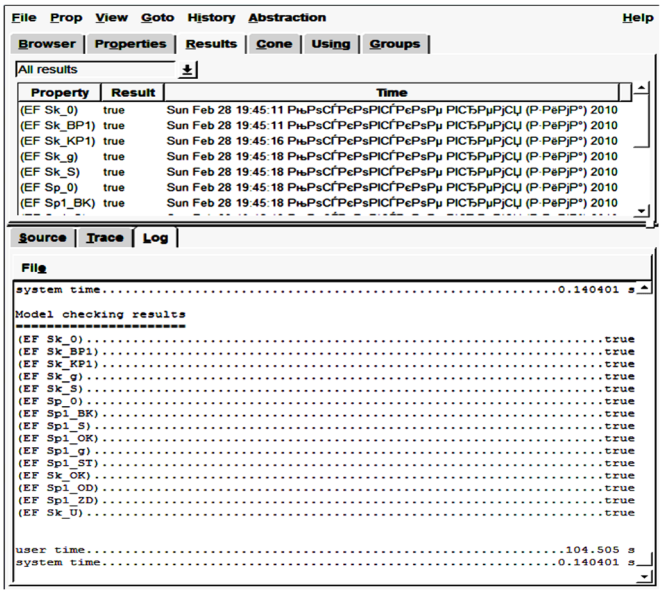


Рисунок 2 – Верификация НДА алгоритма функционирования диспетчера в системе SMV

ЛИТЕРАТУРА

1. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2015. – 1120 с.: ил. – (Серия «Классика computer science»).

2. SMV. Symbolic Model Verifier. [Электронный ресурс]. URL: www.cs.cmu.edu (дата обращения: 21.03.2019).

3. Вашкевич, Н. П. Недетерминированные автоматы и их использование для реализации систем параллельной обработки информации: монография / Н. П. Вашкевич, Р. А. Бикташев. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2016. – 394 с.

4. Stotts D., Navon J. Model checking cobweb protocols for verification of HTML frames behavior // Proc. 11th Int.Conf. on World Wide Web (WWW'02), Honolulu, Hawaii, 2002. - P.182-190

5. Кузьмин Е.В., Соколов В.А. Моделирование, спецификация и верификация "автоматных" программ // Программирование. – № 1. – 2008. – С.38-60.

6. Вашкевич Н.П. Недетерминированные автоматы в проектировании систем параллельной обработки: учеб. пособие. - Пенза: изд-во Пенз. гос.ун-та, 2004. – 280 с.

7. Вашкевич Н.П. Недетерминированные автоматы и их использование для синтеза систем управления. Ч.1 / Н.П. Вашкевич, С.Н. Вашкевич // Эквивалентные преобразования недетерминированных автоматов: Учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 1996. – 88 с.

8. Кларк Э., Грамберг О., Пелед Д. Верификация моделей программ: Model Checking. М.: МЦНМО. 2002.

УДК 004.7

ВОЗМОЖНАЯ АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ СТУДЕНТА УНИВЕРСИТЕТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ BLOCKCHAIN

А.И. Мартышкин
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры вычислительных машин и систем, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Аннотация. В статье проводится результат исследования применимости технологии Blockchain для реализации распределенных реестров личных данных, на примере реестра достижений студента университета. Рассматривается организация взаимодействия в системе. Приводится выражение для расчета Хэша транзакции.

Ключевые слова: распределенные системы, блокчейн, криптовалюта, информационные технологии, реестр, токен, хэш-идентификатор.

POSSIBLE ARCHITECTURE OF THE STORAGE SYSTEM OF DATA OF THE ACHIEVEMENTS OF THE STUDENT OF THE UNIVERSITY BASED ON BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

A.I. Martyshkin
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computers and Systems, FGBOU VO 'Penza State Technological University', Penza, Russia, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Abstract. The article presents the result of a study of the applicability of the Blockchain technology for the implementation of distributed registries of personal data, based on the example of the university student achievement register. The organization of interaction in the system is considered. An expression is provided to calculate the transaction hash.

Keywords: distributed systems, blockchain, cryptocurrency, information technology, registry, token, hash identifier.

Введение. Внимание к технологии Blockchain привлекла возросшая популярность основанных на ней криптовалют. В 2009 году Сатоси Накамото опубликовал исходный код биткоина.

Цель работы. Цель работы заключается в исследовании применимости технологии Blockchain для реализации распределенных реестров личных данных, на примере реестра достижений студента университета.

Материал и результаты исследований. Реестр (хранилище) данных в данной работе будет представлять собой «визуальное резюме». В нем будет отражаться уровень квалификации, опыта и профессиональных качеств его обладателя. Для реализации будем использовать зачётную книжку. Это

документ, содержащий записи об успехах студента – сдаче зачётов и экзаменов, прохождения различных практик, а также отметок о сдаче курсовых, ВКР, диплома или диссертаций. Далее рассмотрим состав реестра достижений студента.

Для реализации заданного реестра рассмотрим компоненты, необходимые для создания системы хранения и подтверждения подлинности достижений студентов университета. Это модули межсетевого взаимодействия, модуль работы с записями (вычисление ключей, сверка данных и пр.), модуль работы с базой данных. В ходе работы реализуется два приложения. Первое – для пользователей, с помощью которого будут добавляться транзакции, а также просматривать данные. Второе приложение – валидатор, для него должен предоставляться доступ к базе данных университета.

Модуль межсетевого взаимодействия проектируется на основе технологии peer-to-peer. Технология P2P отличается от стандартных методов развертки сетевых инфраструктур. Когда применяется подход "равный-равный" то, коммуникация осуществляется не по пути клиент-сервер, а по пути нахождения других клиентов в сети, в этом случае они могут обмениваться данными между собой напрямую [1].

Возьмем в качестве примера для взаимодействия сайт www.penzgtu.ru. Приемная комиссия университета выложили список поступивших на бюджет. Соответственно, накануне размещения списка сайт практически в одно время посетит большое число абитуриентов. Как только список будет опубликован, будущие студенты в этот момент будут загружать его и есть вероятность, что сервер университета не выдержит нагрузки и «ляжет». Чтобы не допустить такой ситуации, оптимально было бы применить технологию peer-to-peer. Файл вместо загрузки каждым участником с сервера, сначала рассылается небольшому числу пользователей, а остальные пользователи будут загружать его от тех, у кого он уже есть и так далее. Этот процесс можно дополнительно ускорить, если разбить файл на мелкие части и разные части файла скачивать из разных источников. По похожей технологии работают Torrent-системы [1].

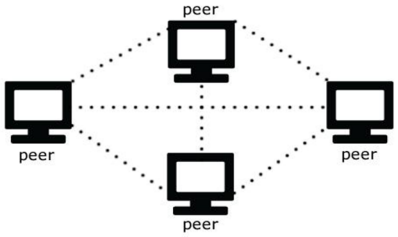


Рисунок 1 – Peer-to-Peer

Каждый участник сети должен иметь возможность выполнять такие функции, как нахождение других пиров; соединение с другими пирами; обмен данными с другими пирами.

От модуля работы с записями требуется выполнять вычисления устойчивых ключей на основе SHA-256. Хэш-функции семейства SHA-256 вычисляются на базе структуры Меркла-Дамгарда. Исходное сообщение делится на блоки, один блок – 16 слов. Структура пропускает блоки через цикл с 64 или 80 итерациями. В ходе итерации 2 слова преобразуются, функцию преобразования задается остальными словами. Затем результаты вычисления каждого блока суммируются, сумма и будет значением хэш-функции.

Модуль работы с базой данных должен иметь возможность проводить стандартные операции с базой данных и используя модуль межсетевого взаимодействия сообщать другим пользователям сети об изменения в базе данных. В качестве СУБД будем использовать MySQL

Рисунок 2 – Схема архитектуры системы

Рассмотрим подробнее организацию взаимодействия в приложении на диаграмме последовательности, которая представлена на рисунке 3.

Допустим, участник сети решил добавить запись (рисунок 4). Для этого он заполняет необходимые поля: сетевой адрес студента, сетевой адрес преподавателя, наименование предмета, вид аттестации и оценка.

Сетевой адрес студента формируется так. При регистрации в сети блокчейн создается пара закрытый - открытый ключ. Закрытый ключ знает лишь владелец, а открытый может размещаться в сети. По открытому ключу и выполняется хэширование. Затем результат хэширования ещё раз хэшируется и преобразуется в Base58. Это и есть сетевой адрес [2]. После заполнения всех полей, для проверки подлинности записи, отправляется сообщение на узлы валидатора, находящиеся в сети (рисунок 5).

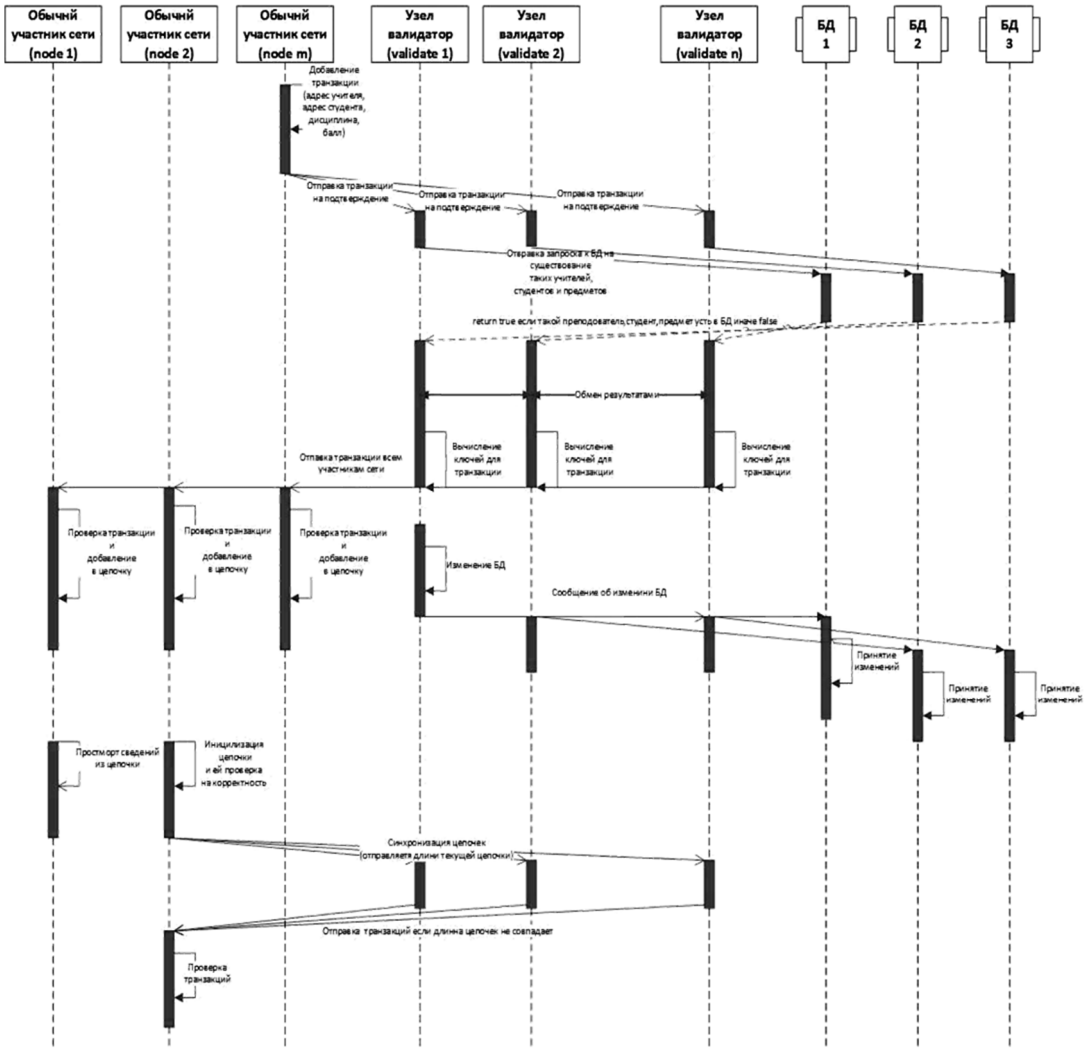


Рисунок 3 – Диаграмма последовательности

Рисунок 4 – Диаграмма добавления записи

Узлам-валидаторам необходимо наличие доступа к базе данных с информацией о студентах университета, а также преподавателях, для возможности проверки записи, то что существует студент, которому выставляется оценка, существует этот преподаватель в университете, есть такой предмет

и что этот преподаватель может выставлять оценки по этому предмету. Процесс изображен на рисунке 6.

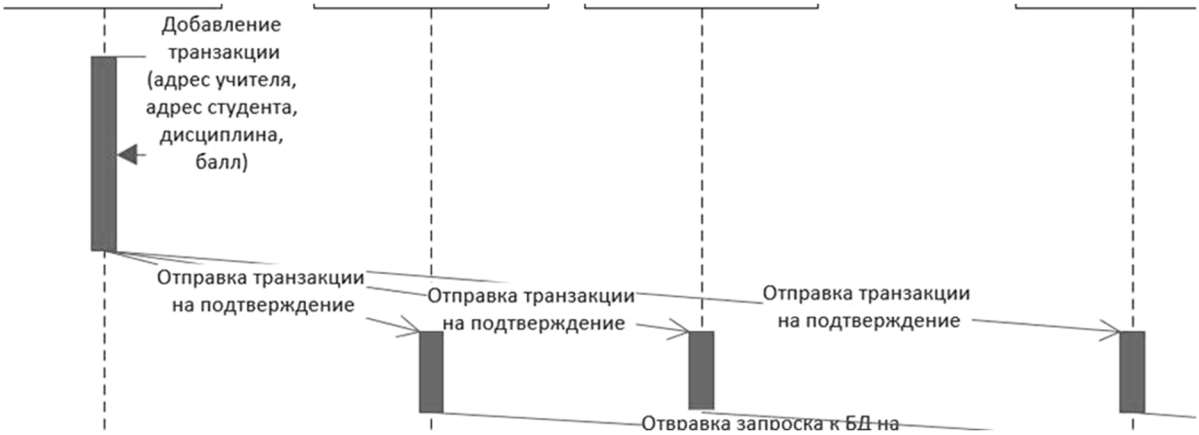


Рисунок 5 – Диаграмма отправки записи

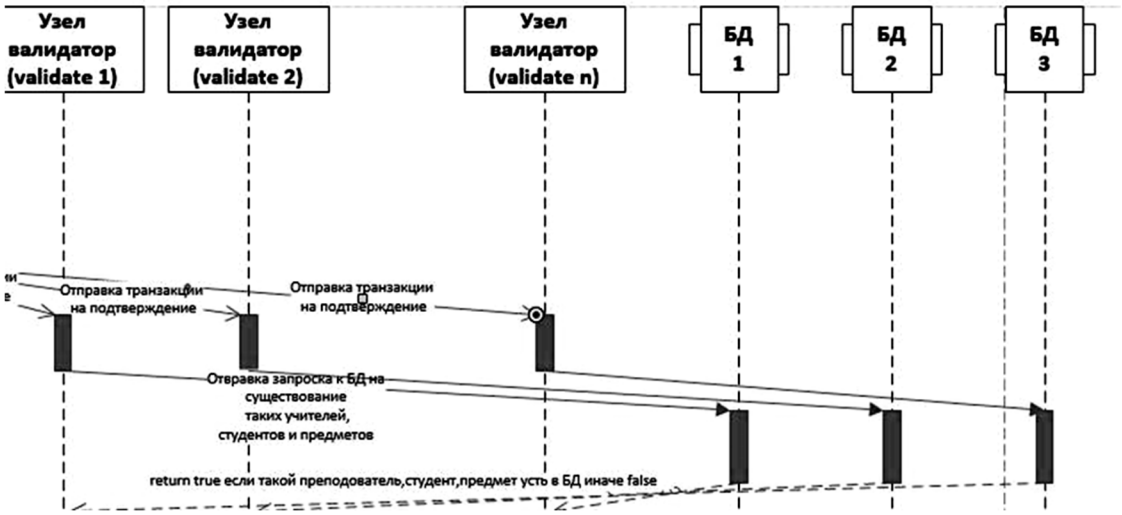


Рисунок 6 – Диаграмма последовательности взаимодействия с базой данных

После проведения проверки, все валидаторы передают друг другу сообщения с результатами. Таким образом у каждого валидатора есть набор данных о результатах всех проверок, и если большая часть валидаторов подтвердит законность транзакции, то начинается процесс расчета ключей (рисунок 7).

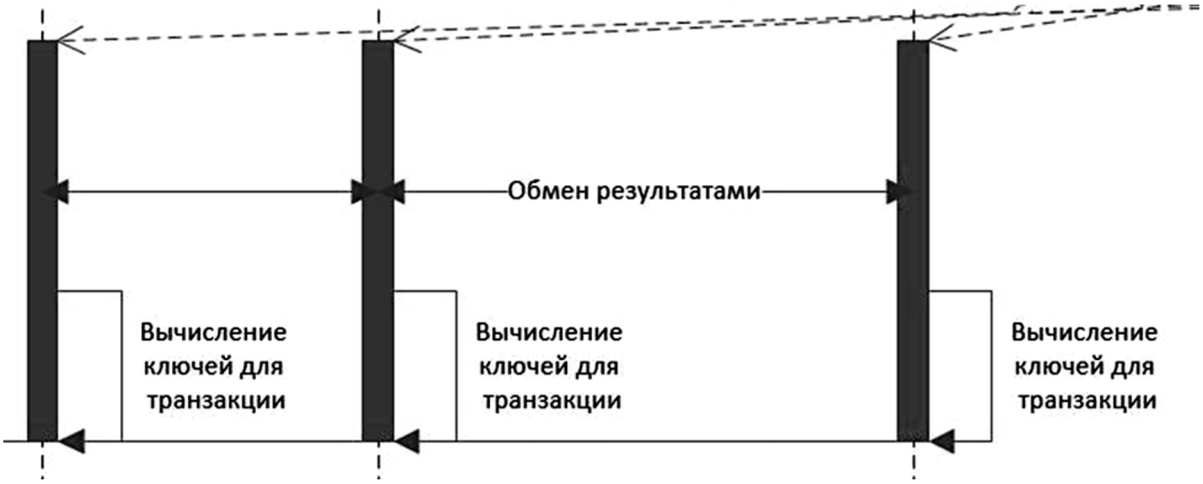


Рисунок 7 – Диаграмма последовательности подтверждения законности записи

Запись, или транзакция имеет следующее представление (рисунок 8).

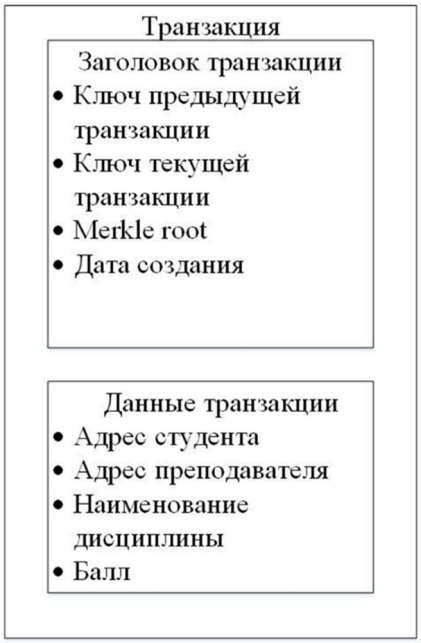


Рисунок 8 – Схема транзакции

Хэш транзакции высчитывается согласно выражению

$$H_{i+1} = SHA-256(SHA-256(M_{i+1}) + SHA-256(H_i)), \quad (1)$$

где Hi+1 – текущая транзакция, Mi+1 –дерево Меркла для текущей транзакции.

Дерево Меркла – один из видов структуры данных, также известная как бинарное дерево [3]. Для исследуемой системы оно строится таким образом: на первом этапе рассчитывается хэш от дисциплины. Далее рассчитывается хэш количества баллов. Затем рассчитывается хэш от суммы хэшей предыдущих пунктов. Полученное значение называется кумулятивный хэш (merkle_root).

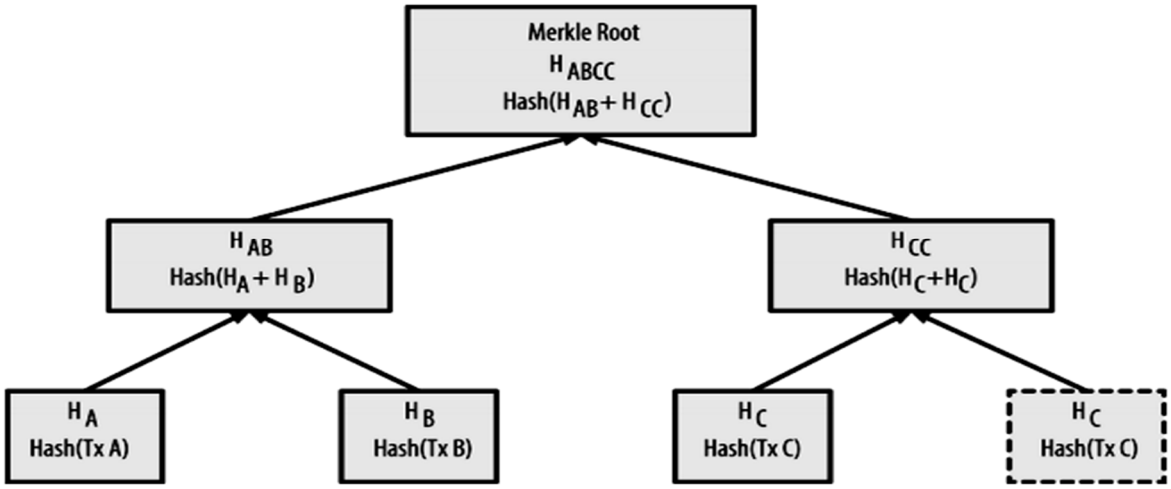


Рисунок 9 – Кумулятивный хэш

Необходимо уточнить, во-первых, зачем эти усложнения и во-вторых, почему мы не используем один валидатор. Так как технология blockchain достаточно новая, требуется её постепенная интеграция в имеющиеся системы хранения данных. По этой причине мы будем использовать компромисс между blockchain и традиционными системами. Поэтому узел валидатору необходимо наличие доступа к БД. А наличие нескольких узлов валидаторов требуется для выполнения условия децентрализации, такая модель имеет более высокую защиту от взлома и подделки данных.

Для просмотра данных о любом студенте, достаточно увидеть имеющеюся цепочку по его сетевому адресу. При запуске программы происходит инициализация цепочки из файла. json. В этот момент идет проверка на корректность данных (не вносились ли изменения в файл). Если проверка не пройдена, то цепочка остаётся пустой. После инициализации системы происходит синхронизация цепочек с другими узлами сети. Текущая длина цепочки отправляется на узлы валидаторы. Когда длина цепочки узла короче, чем у валидатора, то недостающие записи подгружаются на узел, после чего система готова к дальнейшей работе (рисунок 10).

Вывод. следуя вышесказанному, сделаем вывод, что при помощи технологии blockchain возможно построить систему хранения, либо реестр хранения данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ «Конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований» (Грант № 19-07-00516 А).

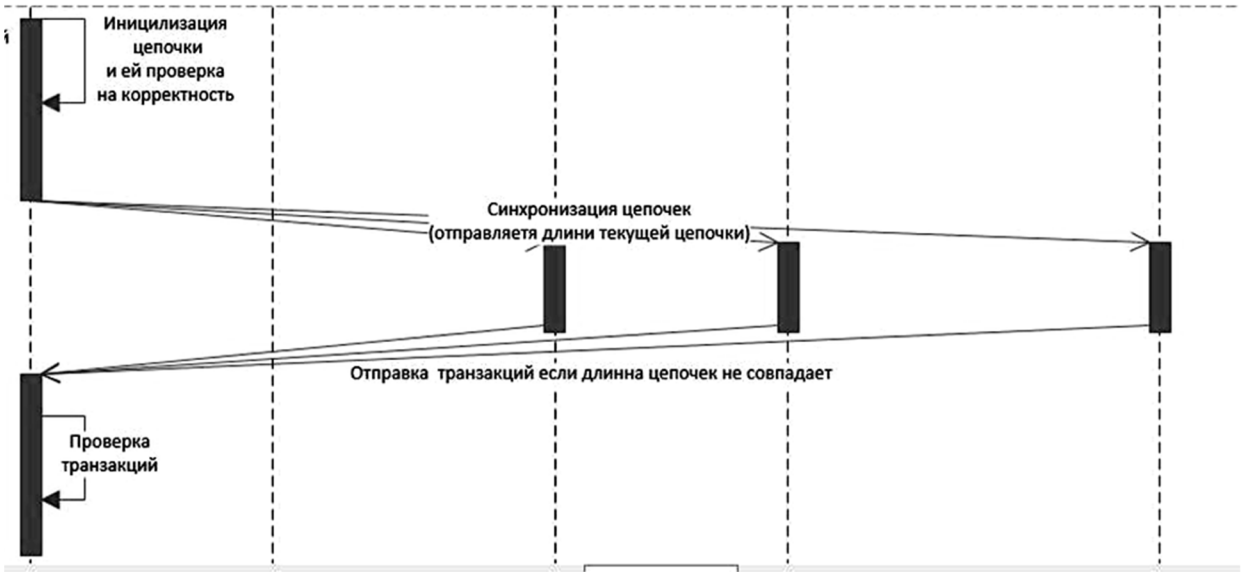


Рисунок 10 – Диаграмма последовательности синхронизация цепочек

ЛИТЕРАТУРА

1. SHA-256 [Электронный ресурс]. URL: http://www.iwar.org.uk/comsec/resources/ cipher/sha256-384-512.pdf (дата обращения: 28.03.2019).

2. Proof of work. [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ Доказательство_выполнения_работы (дата обращения: 25.03.2019).

3. «Токены vs Пароли» [Электронный ресурс]. URL: https://habrahabr.ru/post/126828/ (дата обращения: 20.03.2019).

УДК 004.421

ОБЗОР ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ ЛИЧНЫМ РАСПИСАНИЕМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

А.И. Мартышкин

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры вычислительных машин и систем, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются некоторые существующие программы управления личным расписанием пользователя. Приводятся и анализируются известные существующие программы, в которых выделяются достоинства и недостатки. В заключение, сделан вывод о том, что все представленные в работе программы имеют избыточную функциональность, поэтому целесообразно разработать простой и функциональный органайзер.

Ключевые слова: планирование, личное расписание, органайзер, программа, оповещение, напоминание.

OVERVIEW OF USER PERSONAL MANAGEMENT PROGRAMS

A.I. Martyshkin
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computers and Systems, FGBOU VO 'Penza State Technological University', Penza, Russia, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Abstract. The article discusses some of the existing programs for managing the user's personal schedule. Well-known existing programs are given and analyzed, in which advantages and disadvantages are highlighted. In conclusion, it was concluded that all the programs presented in the work have excessive functionality, therefore it is advisable to develop a simple and functional organizer.

Keywords: planning, personal schedule, organizer, program, alert, reminder.

Введение. Ритм жизни современного человека диктует условия, при которых последний должен все успевать. Именно для того, чтобы планировать свои дела и распределять задачи в течение дня, а также для хранения контактной информации друзей и коллег придуманы программы-органайзеры [1, 2].

Эти программы позволяют вести учет различных дел, распределяя их по категориям. Также обычно доступна фильтрация дел по различным параметрам. Кроме того, некоторые из этих программ содержат интегрированные функции будильника, для напоминания дел. Органайзер позволяет учитывать и распределять собственные дела.

Цель работы. Цель работы заключается в исследовании известных и широко применяемых программ управления личным расписанием пользователя.

Материал и результаты исследований. Органайзер – изначально небольшая книга, содержащая календарь, адресную книгу и блокнот, служащая для организации информации о персональных контактах и событиях. С развитием информационных технологий книга стала заменяться карманными персональными компьютерами, компьютерными программами и онлайн органайзерами, обладающими дополнительными функциями: напоминание о предстоящих событиях, защита и синхронизация информации.

Функции типичной компьютерной программы-органайзера связаны с обеспечением работы следующих основных подразделов [3]: календарь; менеджер контактов; записная книжка и листки-заметки (аналог бумажных листков-липучек).

Некоторые программы-органайзеры могут как не иметь какого-либо из перечисленных подразделов, так и обеспечивать дополнительную функциональность, например, как Microsoft Outlook, который позволяет работать с электронной почтой, таким образом выполняя функции почтового клиента.

Рассмотрим аналогичные программы, представленные на рынке [4, 5].

Программа LeaderTask.

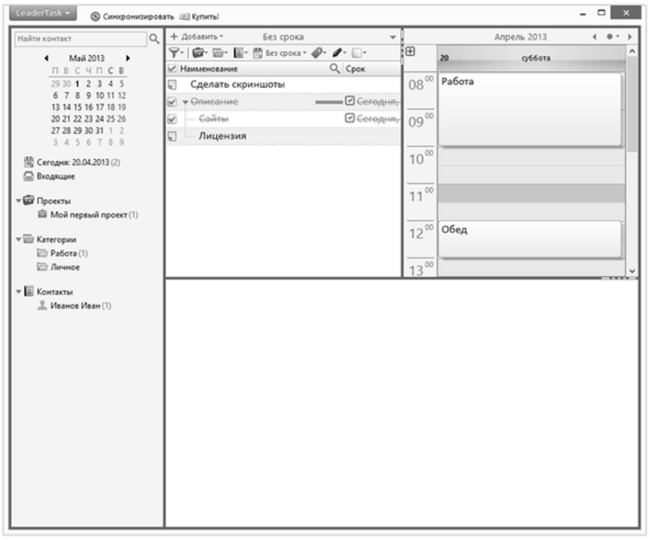


Рисунок 1 – Главное окно LeaderTask

Согласно статистике, представленной разработчиками, LeaderTask пользуются сотрудники известных организаций — около 1500 компаний. Этот факт заставляет задуматься, в какой мере LeaderTask является органайзером, а насколько он силен в управлении проектами. Опять же, среди заявленных функций управление проектами присутствует, что весьма любопытно.

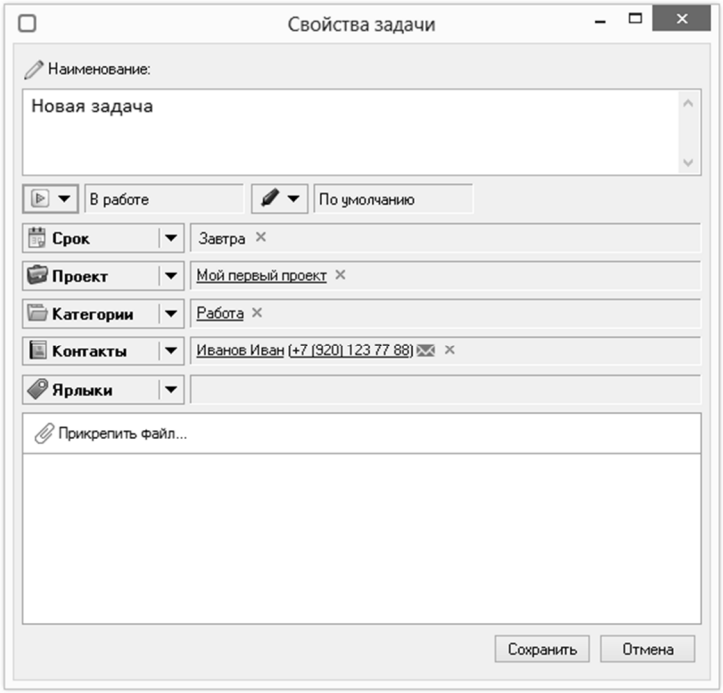


Рисунок 2 – Свойства задачи LeaderTask

Редактор заметок не очень функционален — при том, что в органайзере этот инструмент является одним из важнейших, панель форматирования, возможно, следовало реализовать иначе.

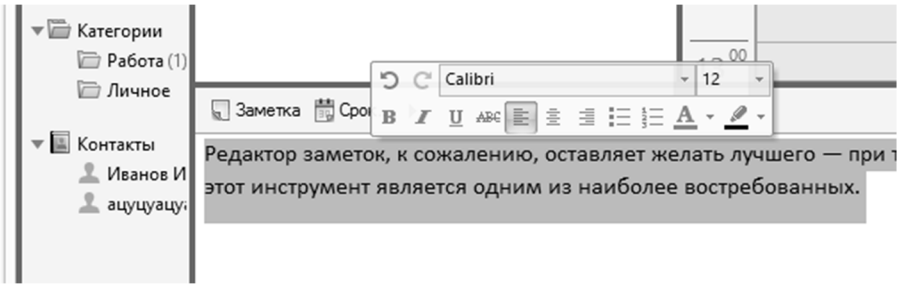


Рисунок 3 – Редактор заметок

Уведомления отображаются при изменении статуса или создании задачи — в виде всплывающего окна со звуковым эффектом. В настройках органайзера можно изменить внешний вид, звук уведомления, указать интервал повторения. Однако при этом нельзя настроить способ уведомления: скажем, SMS или email.

Программа C-Organizer.

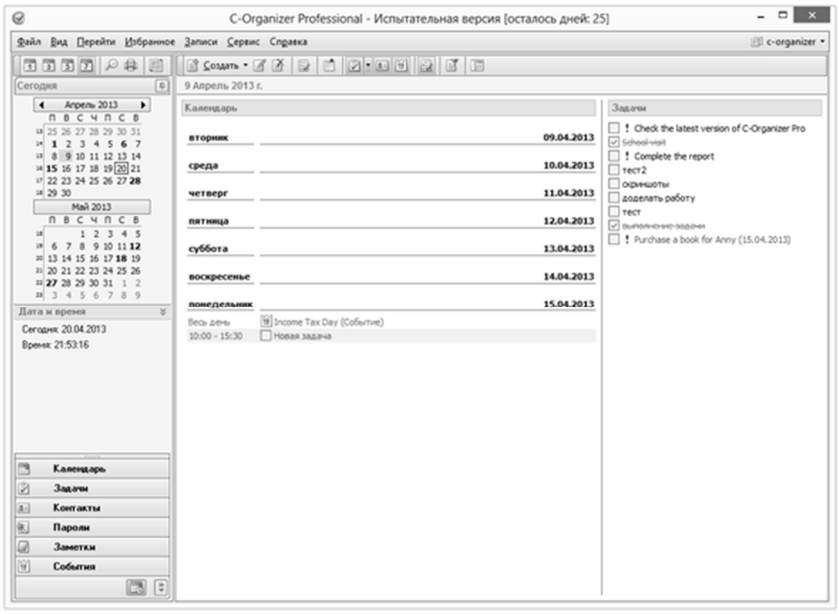


Рисунок 4 – Главное окно C-Organizer

Разработчики описывают C-Organizer как персональный органайзер, однако в описании заявлена поддержка совместного сетевой доступа. Программа интегрируется с веб-сервисами, имеет в наличии удобный планировщик, записную книжку, менеджер паролей и другие необходимые инструменты.

Интерфейс C-Organizer разительно отличается от LeaderTask, привлекая компактностью и приятным оформлением. Среди внушительного списка доступных локализаций присутствует русский язык. Кнопки на панели инструментов, в лучших традициях настольных приложений, настраиваются, ко-

лонки скрываются, освобождая рабочее пространство; возможно переключение меню на Ribbon (лента в стиле Office 2007 и выше) Одним словом, для этих удобств пользователю будет более чем достаточно.

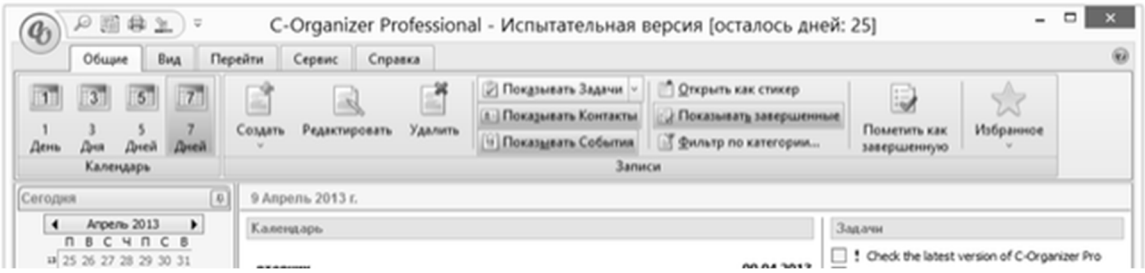


Рисунок 5 – Панель инструментов C-Organizer

Удобно управлять органайзером, используя горячие клавиши, назначенные для основных команд C-Organizer. Есть всплывающие подсказки, но отдельного раздела с параметрами, которые можно изменить, не нашлось, также, как и нет глобальных сочетаний клавиш. При создании новой задачи, в свойствах можно задать приоритет, повторяемость, добавить категорию, процент завершенности и включить напоминание. Во вкладке «Описание» находится редактор заметок, содержащий все необходимые опции форматирования. К любой задаче также можно прикрепить файл.

При создании задачи пользователь не может указать исполнителя, несмотря на заявленную возможность совместной работы по сети. Нет подзадач и подзаметок. Тем не менее, to-do можно объединять в глобальные списки и группы.

В календаре, по аналогии с задачами, можно создавать назначения. При этом под рукой находятся те, и другие. Назначения, которые длятся весь день, расположены вверху календаря. Для указания праздников и дат предназначены события — для них также настраиваются уведомления.

Любую запись можно разместить на Рабочем столе («Записи — Открыть как стикер»), активировать оповещение в связке с действием (например, запуск приложения или перезагрузка).

Программа AM Notebook.

AM Notebook – классический десктоп органайзер с 4 наиважнейшими инструментами: заметки, задачи, календарь и адресная книга. Интерфейс AM Notebook поддерживает вкладки. Вроде бы небольшое дополнение, но работать становится комфортнее. В случае с AM Notebook, нюанс следующий: вкладки доступны только в заметках и в календаре, но и в данном случае независимо друг от друга. Изменить язык интерфейса можно в настройках, русская локализация есть, хотя и с явными с огрехами в переводе. Для основных команд предусмотрены подсказки по горячим клавишам, отдельного раздела меню с их конфигурацией нет.

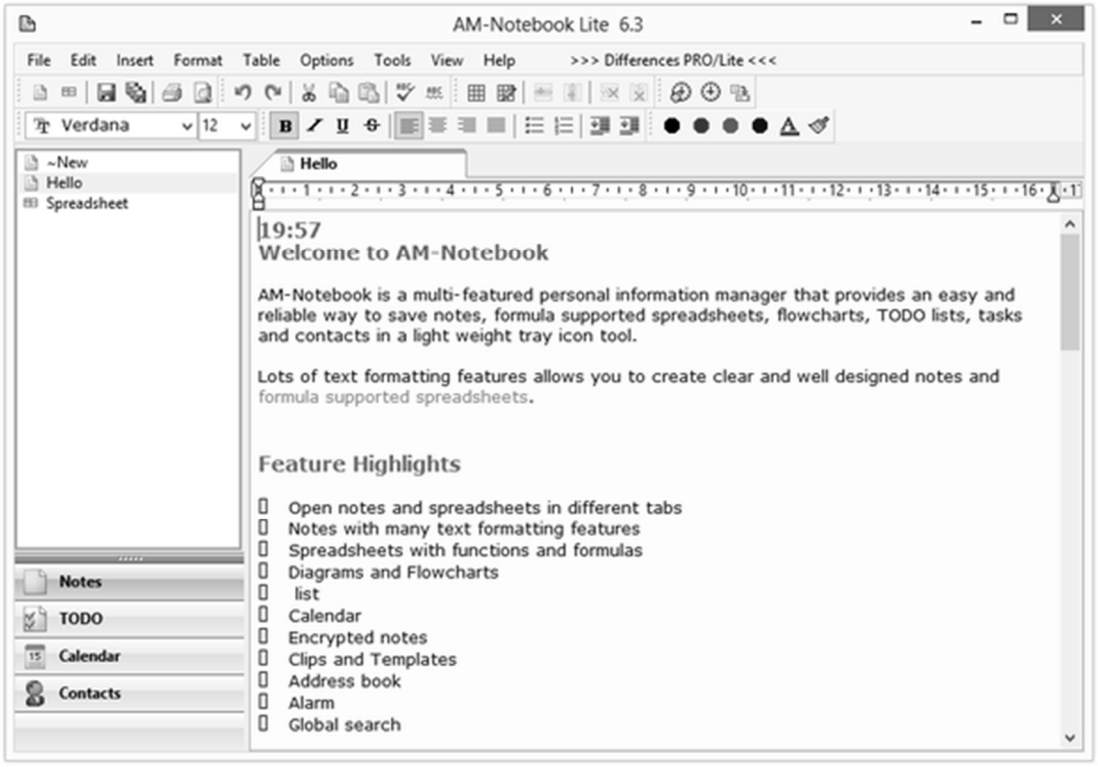


Рисунок 6 – Интерфейс AM Notebook

Вывод. Все описанные программы обладают некоторой избыточной функциональностью, которая большинству пользователей просто не нужна. Кроме того, они стоят достаточно больших денег. Поэтому целесообразно разработать простой и функциональный органайзер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобылева М.П. Вопросы анализа документооборота организации в условиях использования автоматизированных систем. Делопроизводство 2011. №1. С. 36-41.

2. Гайдамакин Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. М: Гелиос АРВ, 2011.

3. Заботина Н.Н. Проектирование информационных систем: Учебное пособие / Н.Н. Заботина. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 331 с.

4. Колдаев В.Д. Структуры и алгоритмы обработки данных: Учебное пособие / В.Д. Колдаев. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 296 с.

5. Румянцева Е.Л., Слюсарь В.В. Информационные технологии: Учебное пособие / Е.Л. Румянцева, В.В. Слюсарь; Под ред. Л.Г. Гагариной. – М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. – 256 с.

УДК 004.7

ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ BLOCKCHAIN В ПРИМЕНЕНИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ ДАННЫХ

А.И. Мартышкин
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры вычислительных машин и систем, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Аннотация. В статье описывается возможность применения технологии Блокчейн (blockchain) для реализации распределенных реестров данных. приводится классификация распределенных реестров. Рассматриваются вопросы, касаемые устойчивости технологии блокчейн к попыткам подделки данных.

Ключевые слова: распределенные системы, блокчейн, криптовалюта, информационные технологии, реестр, токен, хэш-идентификатор.

OPPORTUNITIES BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE APPLICATION FOR CREATING DISTRIBUTED DATA REGISTRIES

A.I. Martyshkin
Ph.D. Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computers and Systems, FGBOU VO 'Penza State Technological University', Penza, Russia, e-mail: Alexey314@yandex.ru

Abstract. The article presents the result of a study of the applicability of the Blockchain technology for the implementation of distributed registries of personal data, based on the example of the university student achievement register. The organization of interaction in the system is considered. An expression is provided to calculate the transaction hash.

Keywords: distributed systems, blockchain, cryptocurrency, information technology, registry, token, hash identifier.

Введение. Внимание к технологии Блокчейн привлекла возросшая популярность основанных на ней криптовалют. В 2009 году Сатоси Накамото опубликовал исходный код биткоина. На тот моментстоимостьэтой криптовалюты составляла 0,003 доллара за 1000 единиц. Спустя 9 лет она выросла в несколько сотен тысяч раз, пробив отметку в 20000 долларов за 1 единицу. Однако понятие и сферы применения блокчейна гораздо шире криптовалют. Особенности технологии распределенного реестра позволяют использовать его в большом числе отраслей.

Цель работы заключается в исследовании возможности технологии blockchain применененительно к созданию распределенных реестров данных.

Материал и результаты исследований. Новинки в сфере информационных технологий уже давно активно внедряются в различные сферы деятельности человека. Использование локальных и глобальных сетей продемонстрировало людям новые способы обмена информацией. Изначально такие сети проектировались для использования в специализированных целях (государственные, военные каналы и т.д.), но дальнейшее развитие сетей предоставило возможность использования Интернета как канала для хранения и передачи данных почти для каждого человека. Для записей данных таких как активы, деньги, имущество или любых других уже давно используются реестры. Однако сейчас технологии позволяют создавать цифровые распределенные реестры, которые обладают качествами, превосходящими традиционные бумажные реестры. Далее будут рассмотрены виды реестров.

Распределенный реестр. В базовом представлении являет собой БД, которая хранится, редактируется и обновляется независимо каждым участником (или узлом) в большой сети. Распределение уникально: записи не обмениваются через различные узлы центрального органа, а строятся и удерживаются каждым узлом независимо друг от друга. Это значит, что каждый узел в сети обрабатывает каждую транзакцию, делая свои выводы. По этим данным далее проводится голосование, с целью убедиться, что большинство участников сети подтверждают выводы. Все участники сети имеют полную, идентичную для всех, копию всех записей. Изменения в реестре повлекут изменения копий для всех участников сети в течение нескольких минут. Проверка достоверности записей в реестре происходит с использованием криптографических "ключей" и подписей, позволяющие управлять доступом к реестру. Права на изменения записей в реестре могут быть либо у всех участников, либо у нескольких выбранных, в зависимости от правил, принятых в сети [1].

Распределённый реестр может использоваться для выдачи паспортов гражданам и обеспечивать открытость, точность записей о государственной деятельности. Способы управления информацией, применяемые в наше время, предполагают её использование в каком-то отдельном учреждении. В связи с этим необходимо создание систем управления сетью, передачи сообщений и организации связи со внешними системами, которые увеличивают стоимость реализации и обслуживания всей системы в целом.

Системы, где используется централизованная модель обработки данных, при любом сбое потребует больших затрат для восстановления работоспособности системы. Они могут быть уязвимы для кибератак, а данные часто не синхронизированы, неактуальны или попросту некорректны. В распределённых реестрах вместо единой базы данных существует множество

копий реестра, а это значит, чтобы провести успешную атаку на распределённый реестр, нужно провести атаку на все копии, что крайне затруднительно. Технология распределенного реестра также устойчива от внесения подложных данных, так как участники сети в тот же момент обнаружат изменения в части реестра (рисунок 1). Кроме того, методы, используемые для защиты и редактирования информации, подразумевают, что участники сети делятся данными и могут быть уверенными, что все копии реестра совпадают друг с другом независимо от времени [1].

Но нельзя сказать, что распределённые реестры являются 100% защитой от кибератак. В случае, если злоумышленник найдёт способ “легально” внести изменения в реестр, то все копии реестра примут эти изменения.

Технология распределенного реестра предоставляет платформу для снижения объемов мошенничества, ошибок и стоимости процессов, интенсивно работающих с бумажными документами. Она обладает потенциалом на изменение взаимоотношений между государством и гражданином по вопросам совместного использования данных, точности и прозрачности. Также она применима и для частного сектора.

Неконтролируемые реестры, такие как Bitcoin, не имеют единственного владельца. В нем отсутствует возможность владения реестром. Для такого реестра характерна возможность любому лицу вносить в него данные и предоставлять возможность для тех, в чьем распоряжении находится реестр, получать его полные копии. Это предотвращает возможные попытки контроля данных. Никакой участник не может помешать добавлению транзакции в реестр. Игроки подтверждают точность информации в реестре с помощью достижения консенсуса в отношении его состояния. Неконтролируемые реестры могут используют для создания записей без возможности изменения данных. К примеру, для составления завещания или внесения других важных документов [1].

Контролируемые реестры имеют владельца. Их может быть один или несколько. При добавлении записи в транзакцию целостность реестра проверяется методом ограниченного процесса достижения консенсуса. Процесс осуществляют доверенные участники – к таким относятся государственные органы или банки. Это значительно упрощает поддержку совместной записи в отличии от процесса получения консенсуса, который используется для неконтролируемых реестров.

Контролируемые блокчейны предоставляют такие данные, которые легко верифицировать, поскольку процесс получения консенсуса позволяет создавать цифровую подпись, которую может быть проверена любой стороной. Необходимость валидации записей несколькими госорганами

предоставляет большую уверенность в ее безопасности. В отличие от текущих решений, когда организации зачастую обмениваются данными на бумажных носителях. Операции с применением контролируемого реестра часто исполняются быстрее, чем с применением неконтролируемого [1].

Теперь стоит рассмотреть вопрос, касаемый системы доверия в Интернете, где доверие базируется на двух требованиях: докажи мне, что ты тот, кем ты являешься (аутентификация); и подтверди, что у тебя есть необходимые права, для выполнения того, что тебе требуется (авторизация). В ответ я дам подтверждение, что мне можно доверять, и я могу предоставлять тебе услуги или продукты безопасно, эффективно и надежно. Аутентификация и идентификация связаны между собой, но есть различия. Первое не требует четко знать твою личность, но для нее необходимо, предоставление опознавательного ключа (токен), который точно связан с личностью. Это может быть PIN-код от банковской карты, отпечаток пальца и другие данные, связанные с личностью.

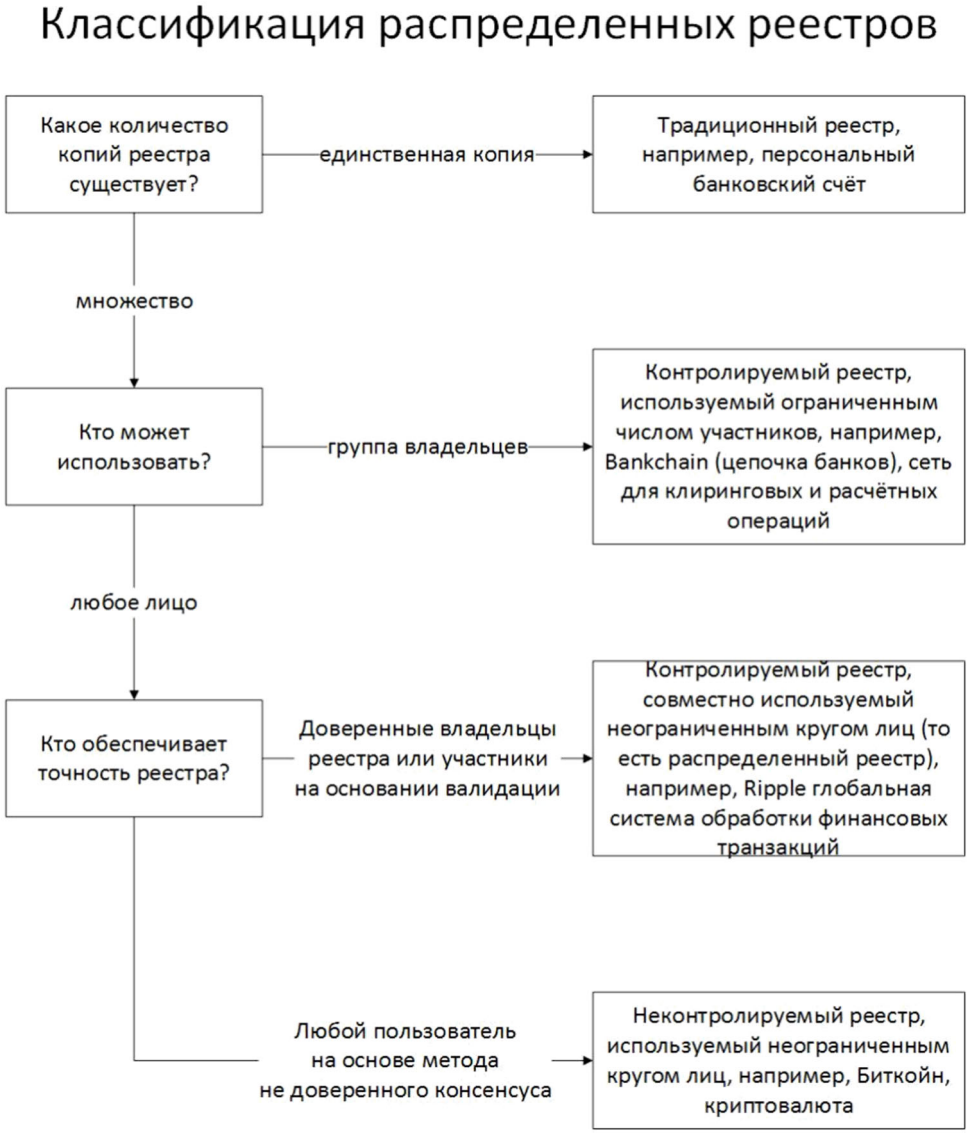


Рисунок 1 – Классификация распределенных реестров

А для предоставления опознавательного ключа нужны гарантии, что я предоставляю его нужному человеку или организации, то есть гарантии, что предоставляю тому, за кого себя выдают. Таким образом так же важно, чтобы организации предоставляли своим пользователям аутентификацию, как для физлиц, так и для юрлиц.

Блокчейн как технология передачи информации и совершения финансовых транзакций. Блокчейн – такой тип БД, где записи группируются в блоки. Блоки связаны друг с другом с использованием хэша. Таким образом Блокчейн можно использовать как распределённый реестр, доступ к которому устанавливается с учетом прав на запись или обновление. Есть немало способов достижения консенсуса. К примеру, для подтверждения записи в Bitcoin используется «майнинг». Реальная новинка Блокчейн в возможности устанавливать бизнес-логику непосредственно в самой транзакции. В этом её отличие от традиционных БД, в которых бизнес-логика задается в самой базе данных или в ПО.

Блок содержит в себе набор данных (рисунок 2). А новые блоки всегда включаются в конец цепочки [2].

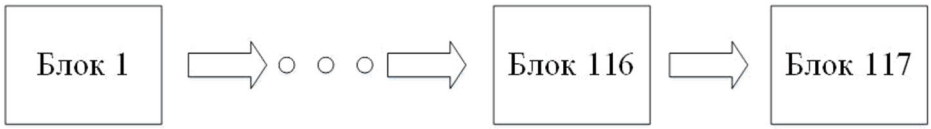


Рисунок 2 – Цепочка блоков

В Блокчейн используются 4 основных принципа.

Сверка данных с применением криптографии.

Различные учреждения обмениваются между собой сообщениями для передачи подробных сведений о транзакциях. После получения каждого такого сообщения организация обновляет свой реестр. К сожалению, пока нет быстрого и эффективного способа для обеспечения соответствия копий сообщений. Технология Блокчейн может решать эту задачу. Любые участники сети между собой приходят к достижению консенсуса в отношении записей в блоке с использованием различных алгоритмов достижения консенсуса (например, Proof-of-Work, Proof-of-Stake) [1, 3, 4, 5].

Распространение копий между различных участников.

Копия всех или определенной части записей передается всем участникам, что уменьшает возможность появления критической ошибки на одном из узлов. Одно из преимуществ применения Блокчейн заключается в том, что в случае повреждения в одной из копий, остальные копии не пострадают. Участники сети могут подтверждать возможные внесения определенных данных в ходе собственной проверки [1].

Децентрализованный контроль доступа.

В распределенных реестрах требуются "ключи" и подписи для предоставления определенным пользователям прав на создание, изменение, обновление или других действий в общем реестре. Возможно, регулятор будет иметь специальный "ключ для просмотра", который позволит ему видеть все транзакции своего учреждения, однако только в случае, когда этот ключ, который находится у законного владельца, дает регулятору разрешение (контроль) для выполнения таких действий.

Децентрализованная прозрачность и конфиденциальность.

Так как все стороны получают в свои базы копию реестра и выполняют верификацию каждой отдельной записи, общий реестр гарантирует повышенный уровень прозрачности. Это позволяет регулятору быть уверенным, что содержимое БД не было отредактировано или изменено мошенническим способом. Добавление записей происходит с применением уникальной криптографической подписи, которая подтверждает факт того, что данный участник внес запись согласно с применяемым правилам.

Блок в системе Блокчейн включает заголовок и тело блока (рисунок 3) [2].

Рисунок 3 – Структура блока

Тело блока содержит список транзакций. А заголовок блока формируется следующим образом. Блоки в системе Блокчейн связываются между собой при помощи хэша идентификатора блока. В каждом заголовке блока содержится хэш ID предыдущего блока. Это относительно несложное технологическое решение и создает защищенность и надёжность технологии Блокчейн (рисунок 4).

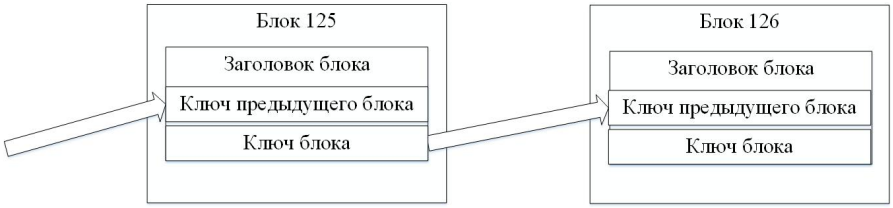


Рисунок 4 – Связь блоков

Хэш ID каждого блока цепочки вычисляется из кумулятивного хэша информации из всего блока и хэша ID предыдущего блокацепочки. Соответственно, в ID каждого блока кодируется информация о всех предыдущих блоках и данных (рисунок 5). Из этого следует, что нетрудно отследить хоть какое-либо изменение данных в любом блоке. При внесении изменений в данные в одном блоке пришлось бы пересчитать ID всех последующих, а это сделать довольно сложно [2].

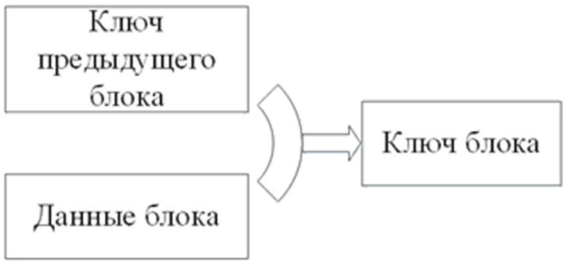


Рисунок 5 – Образование ключей

Соответственно, имея цепочку транзакций и ключ одного из блоков можно проверить: корректность информации в блоке, настоящая ли это цепочка, есть или нет пропущенные блоки, возможное наличие «левых» блоков в цепочке.

Достижение консенсуса относительно добавления изменений в цепочку транзакций происходит с использованием методов Prow-of-Work (PoW) или Proof-of-Stake (PoS).

Prow-of-Work – способ защиты распределенных систем отDDoS или иныхвозможных атак. Он основывается на выполнение одной стороной трудоемкой задачи, долгой по времени, а результат выполнения может быть оперативно проверен другой стороной. Расхождение затрат по времени даёт хорошую защиту. Хэш id блока должен соответствовать определенному условию, которое и задаёт сложность задачи. К примеру, в биткоине хэш id блока должен иметь в начале 10 нулей [3].

Proof-of-stake —Доказательство доли владения – способ защиты в криптовалютах. Основан на том, что вероятность создания участником очередного блока в блокчейне соответствует доле, которую составляют количество владеемой им криптовалюты от всего её объема. Такой способ защиты является альтернативой Prow-of-Work - подтверждения выполнения работы, у которого у обладателя более мощного оборудования более высокая вероятность создания очередного блока. В методе Proof-of-stake алгоритм формирования блока не зависит от мощности оборудования. Однако более вероятно, что блок сформирует тот участник, у которого баланс больше. Так участник, имеющий 1 % валюты от общего объема, в среднем сможет формировать 1 % новых блоков

Майнер – участник блокчейн-сети. Он выполняет создание и добавление новых блоков. Когда он получает записи от других участников сети, он составляет их вместе и пытается сформировать заголовок следующего блока. В этот момент он просчитывает хэш id блока. Допустим, по итогам первого просчёта был получен результат “57487654531244123274 9237564923”, но этот результат не соответствует условиям безопасности [2, 3]. Для возможности изменения результата вычисления, в блоке есть специальное поле nonce, по умолчанию оно равно нулю. Для получения такого результата, который соответствовал бы условиям безопасности, майнер производит перерасчет хэша, изменяя полеnonce, до тех пор, пока он не удовлетворит заданным условиям.

Чтобы найти такой хэш, майнеру требуется выполнить очень большое число расчетов. Как только подходящий хэш вычислен, блок сохраняется и передается остальным участникам сети. В итоге данные в блоке подтверждены и защищены, а внести изменения в предыдущие блоки почти невозможно [3].

Майнинг имеет следующую особенность. Независимо от количества перерасчётов, которые были исполнены, вероятность расчета необходимого хэша примерно равна. В свою очередь, становится невозможным провести предварительный расчёт или запись результата расчётов для последующего, возможно мошеннического использования. Поэтому все майнеры равноправны между собой.

За каждый созданный блок майнер получает небольшой процент. Это такое поощрение, за выполнение ресурсоёмкой задачи. Такой метод расчета хэша id блока намного усложняет создание поддельных блоков.

Устойчивость технологии Блокчейн к попыткам подделки данных.

К примеру, у нас есть цепочка блоков (рисунок 6).

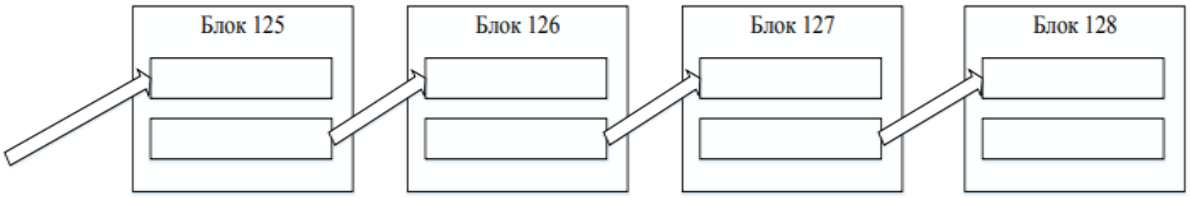


Рисунок 6 – Цепочка блоков

Мошенник пытается добавить фальшивый (поддельный) блок между двух неподдельных блоков цепочки (рисунок 7).

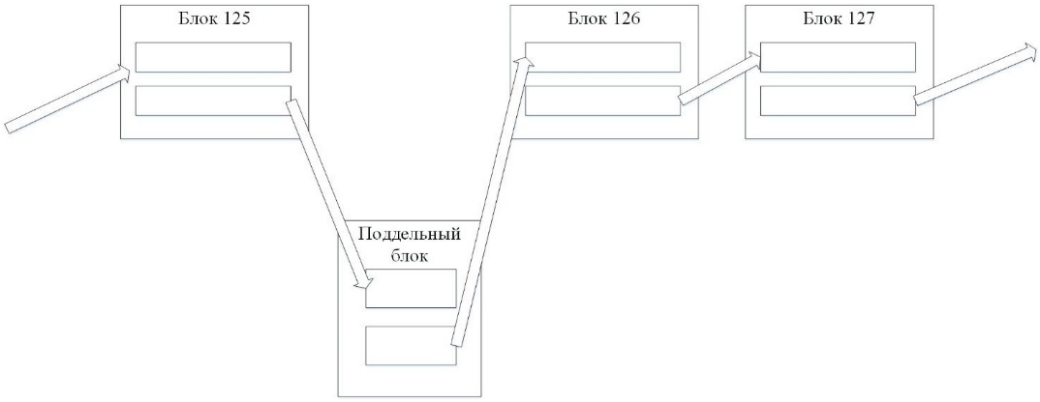


Рисунок 7 – Поддельный блок

В заголовок фальшивого блока он вписывает хэш id предыдущего блока и делает рассылку своего блока. Обман сразу же вскроется, так как в хэше блока 126 не закодирован поддельный блок.

Единственный способ провести такой вид атаки – это проделать майнинги всех блоков после поддельного, но это невозможно из-за Prow-of-Work, рассмотренного выше.

Так как поддельный блок внедрить не удалось, возможно получится подделать записи в блоке (рисунок 8).

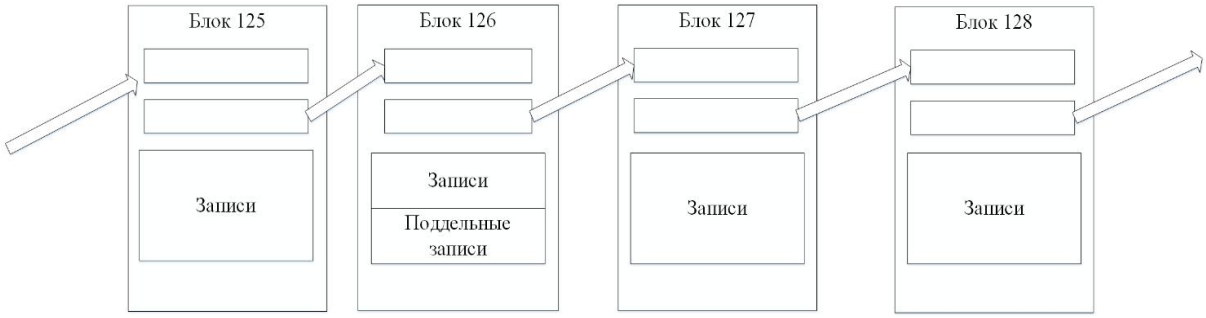


Рисунок 8 – Поддельные записи

Такой способ тоже не поможет, так как при внесении изменений в записи блока будет изменен и кумулятивный хэш. Вместе с ним меняется и хэш id блока. Только в цепочке уже зафиксирован верный ключ, а значит обнаружить поддельный блок будет легко обнаружить. Поскольку фальсифицировать данные невозможно ни добавлением блока, ни изменением данных внутри него, может есть возможность повлиять на правила? Раз пользователи равноправны, то один из них добавит запись “перевод всех средств пользователя Б на счёт пользователя А”. Блокчейн не позволит провести и такую ситуацию. Каждая запись имеет “начало” и “конец”.

Рисунок 9 – Источник и результат

“Начало” – это ссылка к предыдущей сделки. А “конец” – результат текущей сделки. Допустим, записана транзакция “перевод 50 рублей”. Результат сделки защищается уникальным ключом, известный только владельцу, которому был сделан перевод (рисунок 10). Только он в дальнейшем сможет по этому ключу создавать транзакции, ссылаясь в качестве “начала” на предыдущий перевод [6].

Рисунок 10 – Цепочка правил

В случае указания неправильного ключа, такая запись не войдет в блок и соответственно в цепочку блоков.

Вывод. В работе проведен обзор применения технологии Блокчейн для реализации распределенных реестров данных

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ «Конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований» (Грант № 19-07-00516 А).

ЛИТЕРАТУРА

1. «Как понять нужно ли интегрировать blockchain в ваш продукт?» URL: https://habrahabr.ru/company/web_payment_ru/blog/301972/ (дата обращения: 29.03.2019).
2. Как blockchain изменит нашу жизнь? URL: http://rb.ru/opinion/blockchain/ (дата обращения: 25.03.2019).
3. «Proof-of-Work» Proves Not to Work, Ben Laurie, Richard Clayton, 2004
4. Proof of work. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ Доказательство_выполнения_работы (дата обращения: 28.03.2019).
5. Proof of Stake. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Доказательство_доли_владения (дата обращения: 06.04.2019).

6. Peer-to-peer. URL: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf (дата обращения: 08.04.2019).

УДК 519.711.3

АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНО ПРОВОДЯЩЕГО СЛОЯ В МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Ю.Н. Слесарев[1], А.А. Воронцов[2]

[1]доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: slesarevun@gmail.com

[2]кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Аннотация. В работе подробно рассмотрен явление, получившее название скин или поверхностный эффект, проявляющийся в протекании переменного электрического тока в поверхностном слое волновода, называемом также эффективно проводящим Zэ-слоем. Выполнен анализ основных факторов, влияющих на толщину поверхностного слоя. Проведено математическое моделирование поверхностного эффекта и оценка толщины Zэ-слоя при различных значениях частоты колебаний переменного электрического тока.

Ключевые слова: скин эффект, магнитострикционный преобразователь, эффективно проводящий слой, поверхностный эффект, моделирование скин эффекта.

THE ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELLING OF EFFECTIVELY CONDUCTOR LAYER IN MAGNETOSTRICTIVE CONVERTERS OF MOVEMENTS

Yuri Slesarev[1], Alexander Vorontsov[2]

[1]Dr., Ph.D., professor of Automation and Management department, federal state-funded educational institution of the higher education "Penza state technological university", Penza, Russia, e-mail: slesarevun@gmail.com

[2]Ph.D., associate professor "Computers and systems", federal state-funded educational institution of the highest education "Penza state technological university", Penza, Russia, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Abstract. In work it is in detail considered the phenomenon which received the name the skin or a skin effect which is shown in course of alternating electric current in the wave guide surface layer called by also effectively carrying out Ze-layer. The analysis of the pacing factors influencing thickness of a surface layer is made. Mathematical modeling of a skin effect and assessment of thickness of a Ze-layer at different frequency rates of fluctuations of alternating electric current is carried out.

Keywords: skin effect, magnetostrictive converter, effectively conductor layer, superficial effect, modeling of skin-effect.

Введение. Одним из факторов, который необходимо учитывать при расчетах магнитных полей магнитострикционных преобразователей перемещений, является поверхностный эффект [1,2]. Он проявляется в неравномерном распределении переменного тока по сечению волновода из-за индукционного взаимодействия различных элементов тока между собой, что приводит к сосредоточению электрического тока в поверхностном слое, называемом также эффективно проводящим $z_Э$-слоем.

Целью работы является исследование распределения тока по поверхности волновода.

Материал и результаты исследований.

Для анализа распределения тока по поперечному сечению волновода введем понятие абсолютного значения плотности тока $\dot{\delta}$, называемого также согласно [1] в дальнейшем плотностью тока.

В цилиндрической системе координат плотность тока определяется согласно выражению[1]:

$$\frac{d^2\dot{\delta}}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{d\dot{\delta}}{dr}=j\omega\mu_a\gamma\cdot\dot{\delta}, \qquad (1)$$

где r - текущий или рассматриваемый радиус волновода; μ_a, γ – абсолютная магнитная проницаемость и удельная проводимость материала волновода, $\mu_a=\mu\mu_0$; ω – циклическая частота токового импульса, $\omega=2\cdot\pi\cdot f$, f-частота колебаний токового импульса; $j=\sqrt{-1}$ – мнимая единица.

Выражение (1) заменой переменных $q=\sqrt{-j\omega\mu_a\gamma}$ можно свести к более простому виду[1]:

$$\frac{d^2\dot{\delta}}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{d\dot{\delta}}{dr}+q^2\dot{\delta}=0 \qquad (2)$$

или

$$\frac{d^2\dot{\delta}}{d(qr)^2}+\frac{1}{qr}\frac{d\dot{\delta}}{d(qr)}+\dot{\delta}=0, \qquad (3)$$

являющегося частным случаем уравнения Бесселя.

Решение уравнения (3) может быть найдено в следующем виде [1]:

$$\overset{\bullet}{\delta} = AJ_0(qr) + BN_0(qr), \quad (4)$$

где A, B – постоянные интегрирования, $J_0(qr)$ – функция Бесселя первого рода нулевого порядка, $N_0(qr)$ – функция Бесселя нулевого порядка второго рода.

Функция $N_0(qr)$ обладает особенностью, заключающейся в том, что при $qr = 0$, т.е на оси волновода при *r*=0 она обращается в бесконечность.

Так как из физических соображений ясно, что плотность тока должна быть всюду конечна, в том числе на оси провода, то слагаемое $N_0(qr)$ из уравнения (4) можно отбросить, в результате чего оно перепишется в виде [1]:

$$\overset{\bullet}{\delta} = AJ_0(qr). \quad (5)$$

Для определения постоянной интегрирования A, выразим согласно [1], используя свою систему обозначений, амплитуду токового импульса в волноводе I_m через плотность тока $\overset{\bullet}{\delta}$:

$$I_m = \int_s \overset{\bullet}{\delta}\, dS = \int_0^{r_{ВЛ}} AJ_0(\sqrt{qr})2\pi r dr = A\frac{2\pi \cdot r_{ВЛ}}{q} J_1(qr_{ВЛ}), \quad (6)$$

откуда искомая постоянная интегрирования A определится как

$$A = \frac{I_m \cdot q}{2\pi \cdot r_{ВЛ} \cdot J_1(qr_{ВЛ})} \quad (7)$$

Плотность тока $\overset{\bullet}{\delta}$, определяемая уравнением (5), с учетом значения постоянной интегрирования A, полученного в (7), перепишется следующим образом:

$$\overset{\bullet}{\delta} = \frac{I_m \cdot q}{2\pi \cdot r_{ВЛ} \cdot J_1(qr_{ВЛ})} J_0(qr). \quad (8)$$

На основании формулы (8) было проведено математическое моделирование зависимости плотности тока $\overset{\bullet}{\delta}$ от рассматриваемого (текущего) радиуса волновода r для различных значений частоты токового импульса, результаты моделирования которого для значений $r_{ВЛ}$ =0,5мм ($5 \cdot 10^{-4}$ м), $\mu_a = 1{,}25 \cdot 10^{-4}$, I_m =0.1А, $\gamma = 10^7$ См/м, приведены на рисунке 1

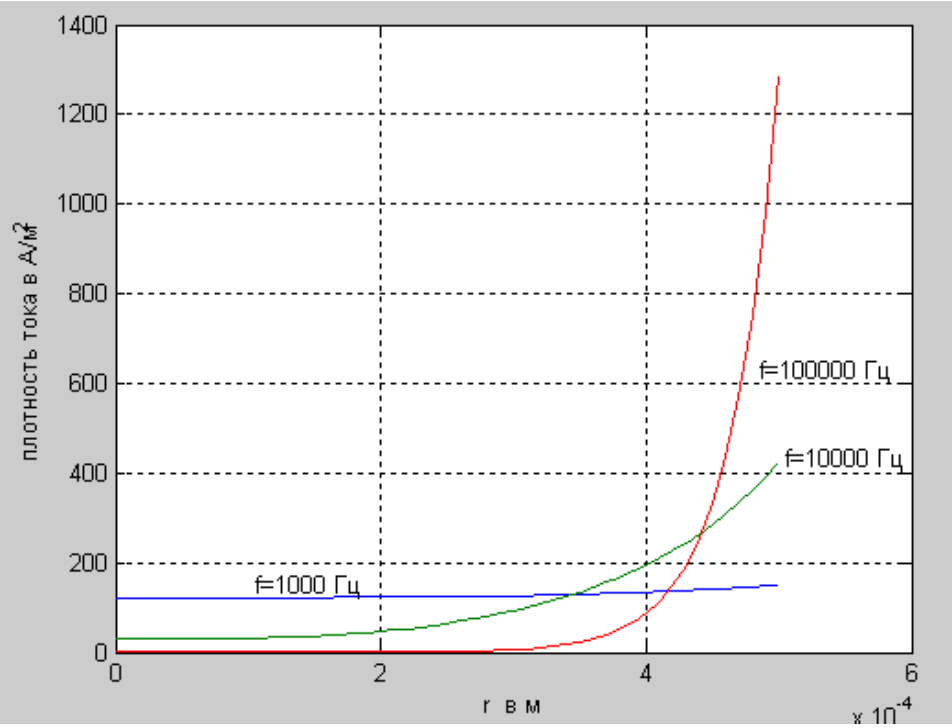


Рисунок 1 - Зависимость плотности тока от частоты токового импульса и расстояния от оси цилиндрического волновода в плоскости его сечения.

Анализ результатов моделирования, приведенных на рисунке 1, позволяет сделать вывод, что с увеличением частоты колебаний токового импульса f происходит резкое увеличение плотности тока вблизи поверхности волновода, что приводит к уменьшению толщины эффективно проводящего $z_Э$-слоя. Так, на частоте 100КГц указанная толщина составляет 0,2мм при радиусе волновода $r_{ВЛ}$ =0,5мм, причем на глубине 0,1мм значение плотности тока уже уменьшается на порядок по сравнению с его значением на поверхности волновода.

Для расчетов толщины эффективно проводящего $z_Э$-слоя возможно использование следующего известного выражения [2]:

$$z_Э = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu_a \gamma}}, \qquad (9)$$

где γ - удельная проводимость, измеряемая в См/м.

На основании формулы (9) было проведено моделирование зависимости толщины эффективно проводящего $z_Э$-слоя от частоты колебаний токового импульса, результаты моделирования которого приведены на рисунке 2. Анализ результатов моделирования позволяет сделать вывод о необхо-

димости учета поверхностного эффекта при моделировании магнитных полей магнитострикционных преобразователей перемещений уже на частотах составляющих десятки КГц.

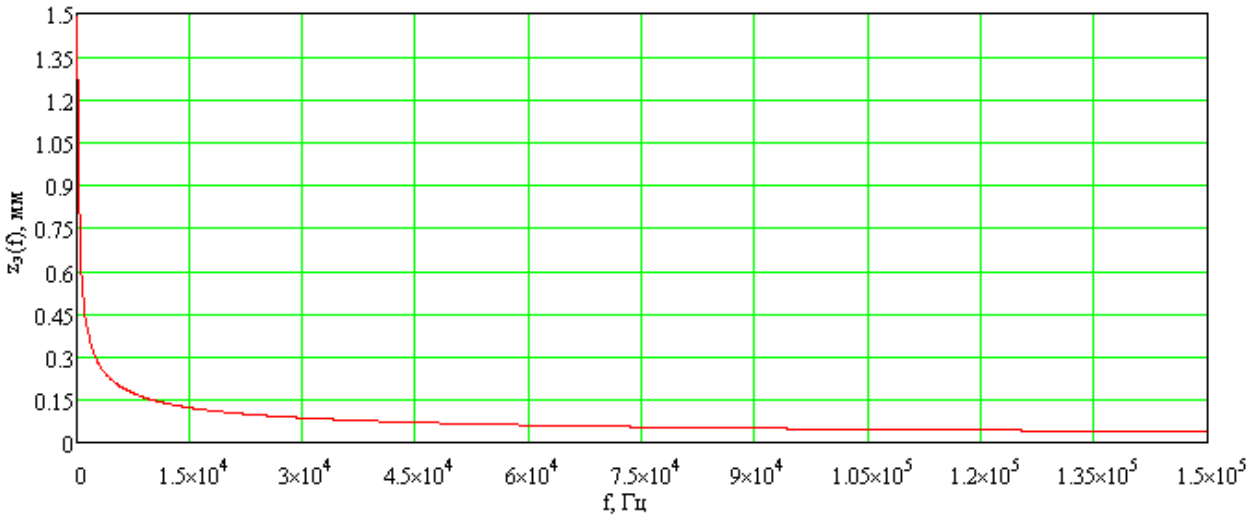


Рисунок 2 - Зависимость толщины эффективно проводящего $z_Э$-слоя в мм от частоты токовых импульсов в Гц для цилиндрического волновода при $\gamma = 1.15 \cdot 10^7$ См/м, $\mu_a = 1{,}25 \cdot 10^{-4}$

Вывод. Анализ результатов моделирования, приведенных на рисунках 1 и 2 позволяет сделать вывод, что с увеличением частоты колебаний переменного тока происходит резкое уменьшение толщины эффективно проводящего $z_Э$-слоя. Это должно быть учтено при разработке и анализе конструкций магнитострикционных преобразователей перемещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М: Гардарики, 2001. – 317 с.

2. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.2/ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. – СПб.: Питер, 2009. – 432 с.

УДК 519.711.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ВБЛИЗИ ИХ ОСНОВАНИЙ В МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Ю.Н. Слесарев[1]

[1]доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: slesarevun@gmail.com

Аннотация. В работе подробно рассмотрено моделирование магнитных полей вблизи оснований постоянных магнитов цилиндрической формы. На основании результатов моделирования приведены рекомендации по предотвращению формирования ультразвуковых волн кручения в точках, не предусмотренных расчетами.

Ключевые слова: постоянный магнит, напряженность магнитного поля, магнитное поле постоянного магнита, напряженность вблизи основания постоянного магнита.

MATHEMATICAL MODELLING OF MAGNETIC FIELDS OF PERMANENT MAGNETS OF THE CYLINDRICAL FORM NEAR THEIR BASES IN MAGNETOSTRICTIVE CONVERTERS OF MOVEMENTS

Yuri Slesarev[1]

[1]Dr., Ph.D., professor of Automation and Management department, federal state-funded educational institution of the higher education 'Penza state technological university', Penza, Russia, e-mail: slesarevun@gmail.com

Abstract. permanent magnet, tension of magnetic field, magnetic field of a permanent magnet, tension near the basis of a permanent magnet.

Keywords: inductive element, tension of magnetic field, magnetic field, dependence of tension on Z coordinate.

Введение. Для определения положения различных высотных сооружений, плотин, определения величины прогибов и деформаций опор и балок, контроля углов наклона автомобильных и железных дорог при их строительстве, ремонте и эксплуатации, определения угла наклона дорожных грейдеров, асфальтоукладчиков, подъемников, кранов и экскаваторов применяются приборы, называемые угломерами. В последние годы для этих целей все чаще находят применение магнитострикционные угломеры (МУ).

На данный момент наиболее проработанными являются конструкции МУ на продольных и крутильных УЗВ. Это подтверждается опубликованными работами [1-2].

МУ на крутильных упругих УЗВ можно условно разделить на однокоординатные (ОМУ) и двухкоординатные (ДМУ), позволяющие измерение двух углов наклона во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Магнитные поля, формируемые ДМУ зависят от многих параметров конструкции ДМУ, основными из которых являются параметры постоянных магнитов (ПМ). Необходимо отметить, что напряженность магнитного поля, созданного вблизи оснований ПМ, будет отличным от нуля. При создании опытных образцов ДМУ необходимо учитывать численное значение напряженности магнитного поля вблизи оснований ПМ, так как это может привести к формированию ультразвуковых волн в точках волновода, не предусмотренных расчетами.

Целью работы является математическое моделирование напряженностей магнитного поля, созданных кольцевым (КПМ) и сплошным (СПМ) ПМ.

Материал и результаты исследований.

Одним из способов аналитического преобразования уравнений магнитного поля является их предварительное сведение к уравнению относительно скалярного магнитного потенциала. Данный метод расчета является наиболее эффективным, так как скалярными здесь являются не только рассчитываемая величина, но и решаемое уравнение в целом.

Для моделирования магнитных полей, созданных КПМ и СПМ, воспользуемся формулой проекции вектора напряженности магнитного поля на ось Z, созданного ПМ радиусом R_M и высотой h_M:

$$H_Z(r) = 4h_M \cdot \mathrm{M} \int_{R_M}^{\infty} \frac{E(k_2)\rho \cdot d\rho}{[(r-\rho)^2 + \frac{h_M^2}{4})] \cdot [(r+\rho)^2 + \frac{h_M^2}{4})]^{\frac{1}{2}}}, \quad (1)$$

где $E(k_2) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{(1 - k_2^2 (\sin\varphi)^2 d\varphi}$ - полный эллиптический интеграл второго рода, $k_2^2 = \frac{4 \cdot r \cdot \rho}{(r+\rho)^2 + \frac{h_M^2}{4}}$.

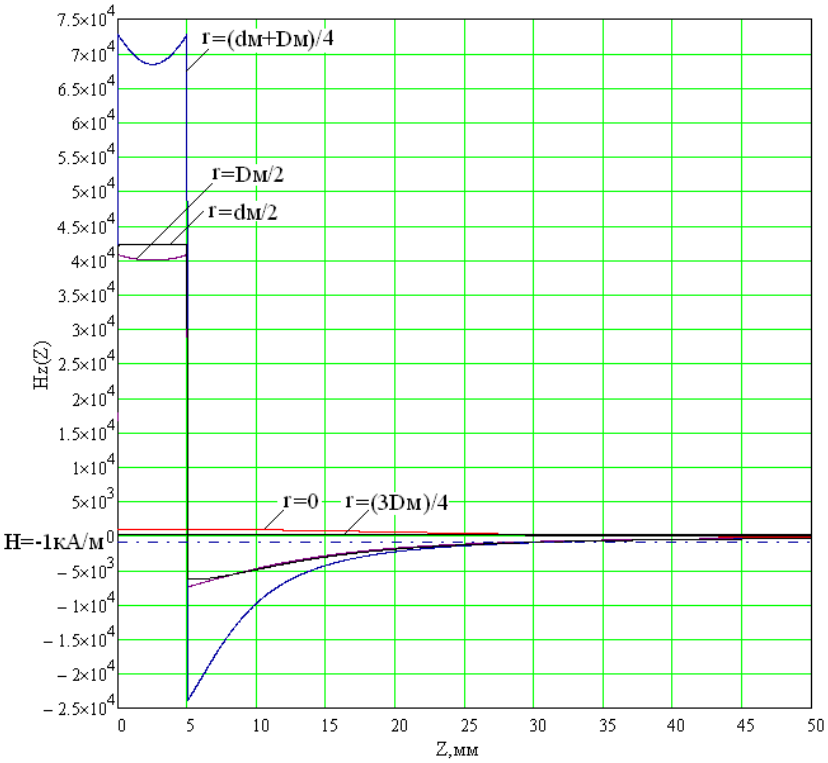


Рисунок 1 – Зависимость напряженностей магнитного поля СПМ от высоты на фиксированном расстоянии r от центра ПМ

Зависимости напряженностей магнитного поля ПМ указанных форм от высоты на фиксированном расстоянии r от центра ПМ, рассчитанные по формуле (1) приведены на рисунках 1 и 2.

Анализ результатов моделирования зависимости напряженностей магнитного поля СПМ и КПМ от высоты на фиксированном расстоянии r от центра ПМ (рисунки 1 и 2), рассчитанных по формуле (1), позволяет сделать вывод о необходимости предотвращения возможности формирования УЗВ кручения в точках, не предусмотренных расчетами углов наклона ДМН относительно горизонтали, расположенных вблизи его оснований, таких как A, B, C и D для КПМ и E и F для СПМ (рисунок 3).

Этого можно добиться подбором соответствующих размеров и марки ПМ, либо экранированием ПМ, как это показано на рисунке 4.

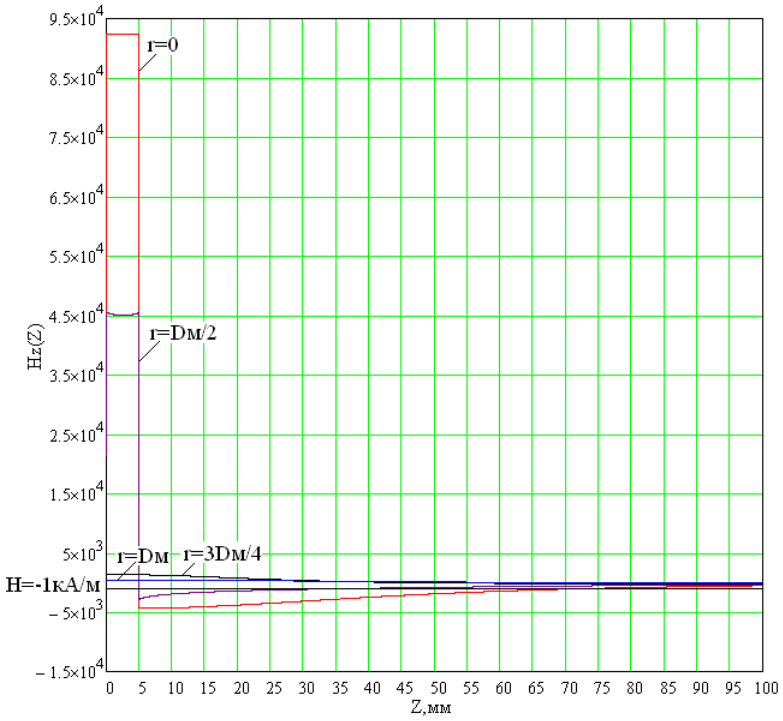


Рисунок 2 – Зависимость напряженностей магнитного поля КПМ от высоты на фиксированном расстоянии r от центра ПМ

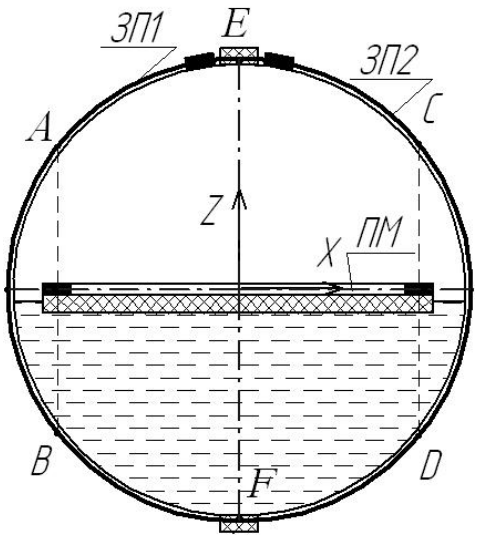


Рисунок 3 – Точки возможного формирования УЗВ СПМ и КПМ

Результирующее значение напряженности магнитного поля, согласно закону полного тока, определится по формуле[7]

$$H_{\Gamma}^2 = \mathrm{H}_{О.П.}^2 + \mathrm{H}_{К}^2 \qquad (8)$$

, где H_{Γ} - напряженность результирующего поля, $\mathrm{H}_{О.П.}$ - составляющая напряженности магнитного поля, созданная ПМ и рассчитываемая по

формуле (7), H_K - составляющая напряженности магнитного поля, созданная токовым импульсом *i* при протекании им в среде волновода; $H_K = \frac{i}{2 \cdot \pi \cdot R}$, где R- радиус волновода.

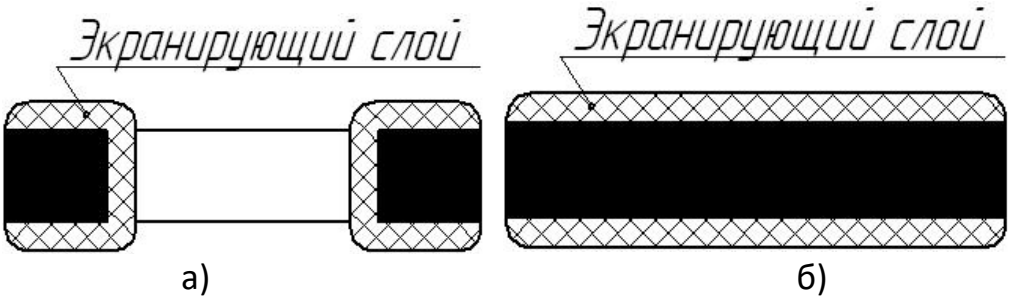


Рисунок 4 – Кольцевой(а) и сплошной(б) ПМ с экранирующим слоем

Следует отметить, что вследствие малости значений амплитуды токового импульса *i* составляющих несколько десятков миллиампер, значение напряженности магнитного поля H_K получается на несколько порядков меньше $H_{O.П.}$. Исходя из этого, можно сделать вывод, что результирующее значение напряженности магнитного поля для рассматриваемых на рисунках 1-2 случаев моделирования будет незначительно отличаться от значения напряженности H_K.

Вывод. Таким образом, моделирование показало необходимость учета значения напряженностей магнитного поля вблизи оснований ПМ, например, их экранированием. Полученные в результате теоретического исследования математические формулы позволяют найти оптимальное значение параметров конструкции, что позволяет подобрать оптимальное значение массы и габаритов ДМУ уменьшая при этом его себестоимость изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда/ Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин// Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – т.19. – №1. – С.25-29.

Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А.,Карпухин Э.В. Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19. – № 1. – С. 25–29.

УДК 519.711.3

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Ю.Н. Слесарев[1]

[1]доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: slesarevun@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрено моделирование магнитных полей магнитострикционных преобразователей перемещения. Проведено математическое моделирование результирующей напряженности магнитного поля магнитострикционных преобразователей перемещения и ее составляющих – созданных токовым импульсом и постоянным магнитом.

Ключевые слова: магнитное поле, моделирование магнитных полей, магнитострикционный преобразователь, напряженность магнитного поля, расчет напряженности.

ANALYSIS OF DISTRIBUTION AND MODELLING OF MAGNETIC FIELDS OF MAGNETOSTRICTIVE CONVERTERS OF MOVEMENT

Yuri Slesarev[1]

[1]Ph.D., professor of Automation and Management department, federal state-funded educational institution of the higher education 'Penza state technological university', Penza, Russia, e-mail: slesarevun@gmail.com

Abstract. In this article modeling of magnetic fields of magnetostrictive converters of movement is considered. Mathematical modeling of resultant tension of magnetic field of magnetostrictive converters of movement and its components – created by a current impulse and a permanent magnet is carried out.

Keywords: magnetic field, modeling of magnetic fields, magnetostrictive converter, tension of magnetic field, tension calculation.

Введение. Чувствительность, разрешающая способность и диапазон измерений магнитострикционных устройств и приборов непосредственно зависят от используемого в них первичного преобразователя [1,2,3,4]. Основными элементами первичного магнитострикционного преобразователя перемещений (ПМПП) состоит из волновода, источника импульсного тока и постоянного магнита (ПМ).

Целью работы является анализ распределения и моделирование магнитных полей магнитострикционных преобразователей перемещения.

Материал и результаты исследований.

При протекании в магнитострикционном преобразователе перемещения в среде волновода (ВЛ) токового импульса создается круговое магнитное поле напряженностью $\overline{H}_{KP}$ вдоль всей длины волновода. В месте взаимодействия кругового магнитного поля $\overline{H}_{KP}$ и поля, созданного постоянным магнитом $\overline{H}_{П}$, формируется результирующее магнитное поле $\overline{H}_{r}$, которое находится в соответствии с рисунком 1 в виде векторной суммы напряженностей двух полей (принцип суперпозиций для напряженностей магнитного поля) согласно выражению [1-7]

$$\overline{H}_{r} = \overline{H}_{П} + \overline{H}_{KP}, \quad (1)$$

абсолютное значение которого с учетом взаимноперпендикулярности векторов $\overline{H}_{П}$ и $\overline{H}_{KP}$ определится в соответствии с выражением

$$H_{r}^{2} = H_{П}^{2} + H_{KP}^{2}. \quad (2)$$

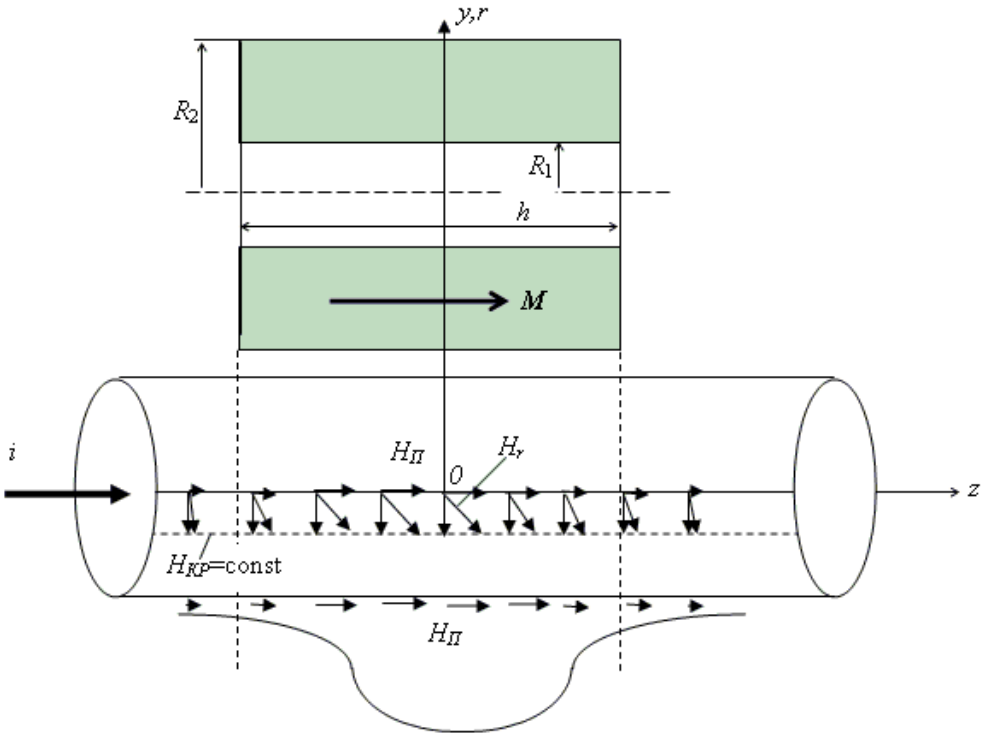


Рисунок 1 - Формирование крутильных колебаний

Одну из составляющих результирующей напряженности магнитного поля, созданную токовым импульсом $\overline{H}_{KP}$, можно рассчитать согласно известным выражениям, определяемым по закону полного тока [4]:

$$\bar{H}_{KP} = \frac{i \cdot \bar{j}}{2 \cdot \pi \cdot r_{ВЛ}} \quad (3)$$

и

$$\bar{H}_{KPB} = \frac{r \cdot i \cdot \bar{j}}{2 \cdot \pi \cdot r_{ВЛ}^2}, \quad (4)$$

где $\overline{H}_{KP}$ - напряженность магнитного поля, созданного токовым импульсом вне ВЛ; $\overline{H}_{KPB}$ - напряженность магнитного поля, созданного токовым импульсом внутри ВЛ; i - амплитудное значение токового импульса, измеряемое в Амперах; $r_{ВЛ}$ - радиус ВЛ в м; r - текущий радиус внутри проводника в м; j - единичный вектор по касательной к окружности.

Результаты моделирования зависимости напряженности магнитного поля, созданного токовым импульсом от расстояния r, отсчитываемого от центра ВЛ в плоскости его сечения, приведены на рисунке 2. Для моделирования был использован ВЛ радиусом $r_{ВЛ}$ =0,5мм и токовый импульс i =100мА.

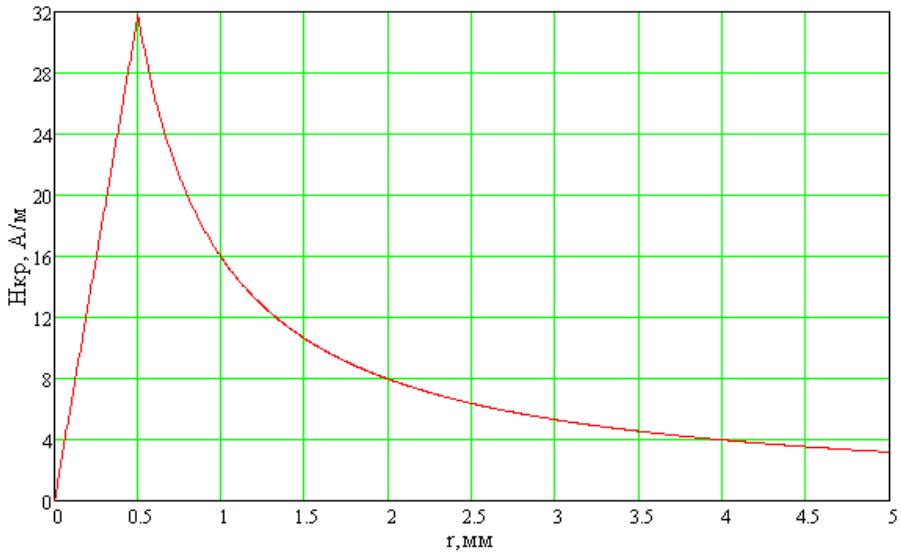


Рисунок 2 – Результаты моделирования зависимости напряженности магнитного поля $\bar{H}_{KP}$, созданного токовым импульсом от расстояния r, отсчитываемого от центра ВЛ в плоскости его сечения

Составляющую напряженности магнитного поля, созданную ПМ $\overline{H}_{П}$ различной формы, можно рассчитать по формулам, изложенным в [1,2].

Так, для кольцевого постоянного магнита (КПМ) согласно [1] ее значение определится по формуле:

$$H_Z(r) = \frac{1}{\pi} h_M \cdot \mathrm{M} \int_{d_M}^{D_M} \frac{E(k_2)\rho \cdot d\rho}{[(r-\rho)^2 + \frac{h_M^2}{4})] \cdot [(r+\rho)^2 + \frac{h_M^2}{4})]^{\frac{1}{2}}}, \quad (5)$$

где $H_Z(r)$ - проекция вектора напряженности КПМ на ось 0Z, r - расстояние от центра КПМ до точки расчета напряженности магнитного поля , D_M , d_M - соответственно внешний и внутренний радиусы КПМ, h_M -высота КПМ, М – намагниченность, ρ - полярный радиус, $E(k_2) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{(1 - k_2^2 (\sin\varphi)^2 d\varphi}$ - полный эллиптический интеграл второго рода, $k_2^2 = \frac{4 \cdot r \cdot \rho}{(r+\rho)^2 + \frac{h_M^2}{4}}$.

Результаты моделирования зависимости напряженности магнитного поля, созданного КПМ от расстояния r, отсчитываемого от боковой поверхности КПМ в горизонтальной плоскости, проходящей через его центр, рассчитанные согласно выражению 5, приведены на рисунке 3. Для моделирования был использован КПМ с внешним D_M и внутренним d_M диаметрами равными D_M =110мм и d_M =90мм соответственно, высотой h_M =1мм и значением остаточной индукции B_r =0,01 Тл.

Наложение магнитных полей, созданных токовым импульсом и постоянным магнитом (ПМ), порождает результирующее магнитное поле, результаты моделирования зависимости напряженности которого от расстояния r, для рассматриваемых примеров (рисунки 2 и 3), приведены на рисунке 4. Расстояние r отсчитывается от боковой поверхности ПМ до ближайшей точки на поверхности ВЛ в горизонтальной плоскости, проходящей через центр ПМ и измеряется в метрах.

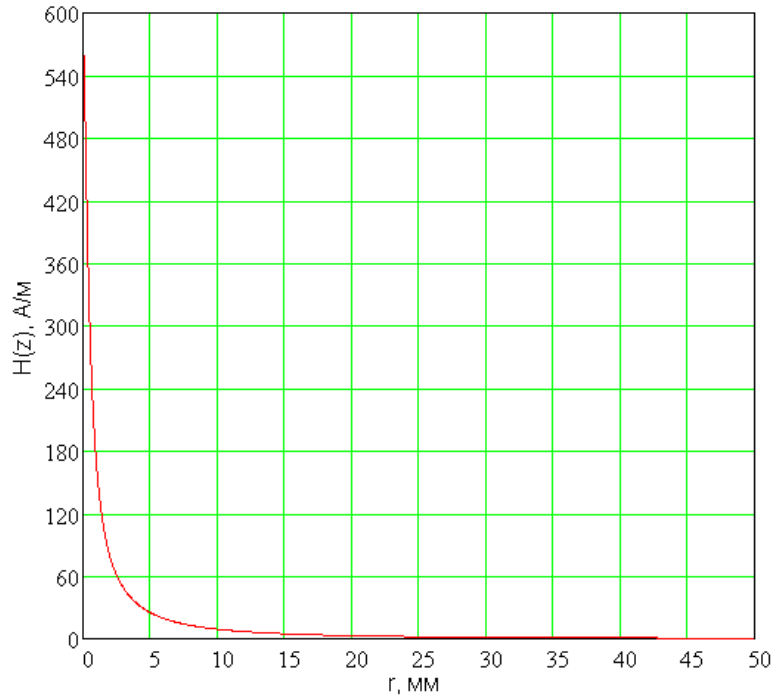


Рисунок 3 – Результаты моделирования зависимости напряженности магнитного поля $\bar{H}_{\Pi}$, созданного КПМ от расстояния r, отсчитываемого от боковой поверхности ПМ в горизонтальной плоскости, проходящей через его центр

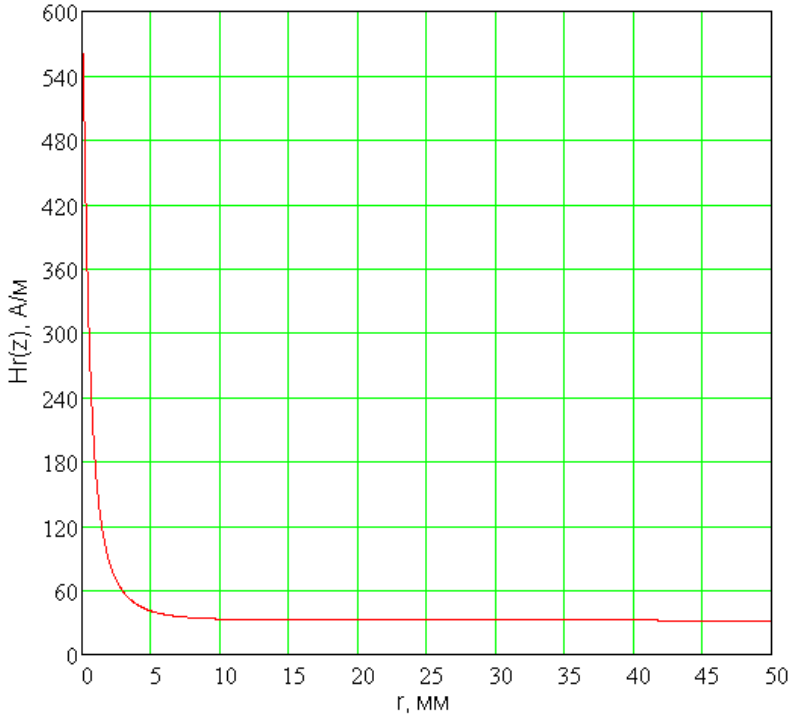


Рисунок 4 – Результаты моделирования зависимости результирующей напряженности магнитного поля, $\bar{H}_{r}$ от расстояния r, отсчитываемого от боковой поверхности ПМ в горизонтальной плоскости, проходящей через центр ПМ

Вывод. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что существенные отличия в значениях напряженностей магнитных полей, созданных ПМ и результирующей (рисунки 3 и 4) наблюдаются лишь при отдалении ВЛ от ПМ (в приведенных примерах r>2мм).

Таким образом, влияние составляющих на значение результирующей напряженности магнитного поля будет зависеть от многих факторов, основными из которых являются размеры ПМ и его значение остаточной намагниченности, диаметр ВЛ и значение токового импульса, а также расстояние от ВЛ до ПМ.

В заключении необходимо отметить, что под воздействием магнитного поля со значением результирующей напряженности $\overline{H}_r$ происходит формирование ультразвуковой волны кручения, являющейся носителем информации об измеряемой величине. Это свидетельствует об актуальности приведенных математических моделей и методиках расчета магнитных полей магнитострикционных преобразователей перемещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М: Гардарики, 2001. – 317 с.

2. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.2/ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. – СПб.: Питер, 2009. – 432 с.

3. Купалян С.Д. Теоретические основы электротехники. Ч.3. Электромагнитное поле. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М.: Энергия, 1970. – 248 с.

4. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда/ Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин// Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – т.19. – №1. – С.25-29.

5. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А., Карпухин Э.В. Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19. – № 1. – С. 25–29

6. Mathematical Modeling of Magnetic Fields of the Permanent Magnets and Solenoids, and Comparing the Results Obtained. Slesarev U.N., Mikhajlov P.G. and Vorontsov A.A. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 11, Number 20 (2016) pp. 10338–10342

Повышение эффективности расчета параметров акустических трактов магнитострикционных преобразователей перемещения. Слесарев Ю.Н., Воронцов А.В., Родионов С.В Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2016.№2 (Выпуск 56). С. 169–175.

УДК 519.711.3

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗМОЖНОГО РАССТОЯНИЯ ОТ ВОЛНОВОДА ДО КОЛЬЦЕВОГО ПОСТОЯННОГО МАГНИТА

Ю.Н. Слесарев[1]

[1]доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: slesarevun@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрено моделирование в магнитострикционных угломерах возможных расстояний от кольцевого постоянного магнита до волновода, необходимого для уверенного формирования ультразвуковой волны кручения. Моделирование осуществляется с помощью разработанного программного комплекса “Двухкоординатный МН”, ориентированного на анализ магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных угломеров. Расчет оптимальных расстояний осуществляется по предложенной методике определения допустимых значений результирующей напряженности магнитного поля.

Ключевые слова: кольцевой магнит, расстояние от постоянного магнита до волновода, моделирование магнитных полей, расчет напряженности, оптимальное расстояние.

TO THE QUESTION OF THE RESEARCH AND MATHEMATICAL MODELLING OF POSSIBLE DISTANCE FROM THE WAVE GUIDE TO THE RING PERMANENT MAGNET

Yuri Slesarev[1]

[1]Dr., Ph.D., professor of Automation and Management department, federal state-funded educational institution of the higher education ‘Penza state technological university’, Penza, Russia, e-mail: slesarevun@gmail.com

Abstract. In work modeling in magnetostrictive tiltmeters of possible distances from a ring permanent magnet to the wave guide necessary for sure formation of an ultrasonic wave of torsion is considered. Modeling is carried out by means of the developed program complex "Two-coordinate MN" focused on the analysis of magnetic fields of two-coordinate magnetostrictive tiltmeters. Calculation of optimum distances is performed by the offered technique of determination of permissible values of resultant tension of magnetic field.

Keywords: ring magnet, distance from a permanent magnet to a wave guide, modeling of magnetic fields, tension calculation, optimum distance.

Введение. Для определения положения различных высотных сооружений, плотин, определения величины прогибов и деформаций опор и балок, контроля углов наклона автомобильных и железных дорог при их строительстве, ремонте и эксплуатации, определения угла наклона дорожных грейдеров, асфальтоукладчиков, подъемников, кранов и экскаваторов применяются приборы, называемые угломерами. В последние годы для этих целей все чаще находят применение магнитострикционные угломеры (МУ). По количеству одновременно измеряемых углов МУ можно подразделить на однокоординатные (ОМУ) и двухкоординатные (ДМУ).

Принцип работы МУ основан на преобразовании временного интервала распространения ультразвуковой волны (УЗВ) кручения в среде волновода (ВЛ) в цифровой код, содержащий информацию об измеряемой величине [1-6]. Возбуждение УЗВ кручения является результатом наложения магнитных полей, созданных одним или несколькими постоянными магнитами и токовым импульсом при протекании в среде ВЛ. Для формирования УЗВ кручения согласно [1-3] необходимо, чтобы значение результирующего магнитного поля H_r находилось в интервале $H_1 \le H_r \le H_S$, где согласно указанным источникам H_1 и H_S - значения напряженности магнитного поля, лежащие на линейном участке начальной петли гистерезиса. Отсутствие справочных данных об указанных значениях H_1 и H_S ограничивают использование данной математической модели.

Целью работы является исследование и математическое моделирование возможного расстояния от волновода до кольцевого постоянного магнита.

Материал и результаты исследований.

Для анализа магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных угломеров авторами был написан многофункциональный комплекс программ (КП) “Двухкоординатный МН”, согласно математической модели (МД) которого значение результирующей напряженности магнитного поля, необходимое для уверенного формирования УЗВ кручения должно определяться из условия $H_{MIN} \le H_r \le H_{MAX}$, где согласно разработанной МД $H_{MIN} = H_C$ и $H_{MAX} = Hs$ - минимально и максимально допустимые значения результирующей напряженности магнитного поля, H_C и Hs - коэрцитивная сила и напряженность насыщения ПМ.

Отличием предложенной математической модели от известных [1] является возможность определения возможных значений результирующей напряженности магнитного поля используя справочные данные. Так, значение коэрцитивной силы ПМ H_C в разработанной МО определяется справочно из [1]. Значение напряженности насыщения Hs рассчитывается по

формуле $Hs = B_S / \mu\mu_0$, где B_s, μ и μ_0 - индукция насыщения, магнитная проницаемость вещества и магнитная постоянная соответственно, определяемые из справочных данных, например из [1].

В разработанной математической модели МО вводится понятие оптимального значения результирующей напряженности $H_{ОПТ}$, определяемое по формуле $H_{ОПТ} = \frac{H_C + Hs}{2}$.

Так как значение составляющей результирующего магнитного поля зависит от расстояния до ПМ [1,2], то одним из важных этапов математического моделирования магнитных полей ДМН является расчет минимального r_{MIN}, максимального r_{MAX} и оптимального расстояния от волновода (ВЛ) до боковой поверхности ПМ, где r_{MIN}, $r_{ОПТ}$ и r_{MAX} - расстояния вдоль горизонтальной прямой, проходящей через центр ПМ, от боковой поверхности ПМ до точек на поверхности ВЛ со значениями напряженностей результирующего магнитного поля H_r равными $H_r = Hs = H_{MAX}$, $H_r = \frac{H_C + Hs}{2} = H_{ОПТ}$ и $H_r = H_C = H_{MIN}$ соответственно.

Определим экспериментально расстояния r_{MIN}, $r_{ОПТ}$ и r_{MAX}, в ДМН с использованием кольцевых ПМ (КПМ) и проанализируем, как изменяются их значения при изменении размеров элементов конструкции рассматриваемых моделей ДМУ, а также их свойств.

Проведем эксперимент по определению расстояний r_{MIN}, $r_{ОПТ}$ и r_{MAX} с использованием КПМ различных размеров и значений остаточных индукций B_r. В качестве базового выбираем КПМ марки 8БИ230 со значением остаточной индукции B_r=0,21 Тл и коэрцитивной силы H_C=220 кА/м [1], внешним D_M и внутренним d_M диаметрами D_M=110мм и d_M=90мм соответственно, высотой h_M=5мм. В качестве основного будем использовать ВЛ диаметром $d_{ВЛ}$=1мм из сплава 42НХТЮ с $H_{МИН} = H_C$=60А/м[**1**], $H_{MAX} = Hs \approx$404 А/м и $H_{ОПТ}$=232А/м с протекающим по нему токовым импульсом прямоугольной формы амплитудой I_m=50мА.

Результаты эксперимента, для данных, рассчитанных комплексом программ “Двухкоординатный МН” и интегрированных в систему MathCad по определению $r_{МИН}$, $r_{ОПТ}$ и r_{MAX} для КПМ с различным значением высоты h_M приведены на рисунке 1.

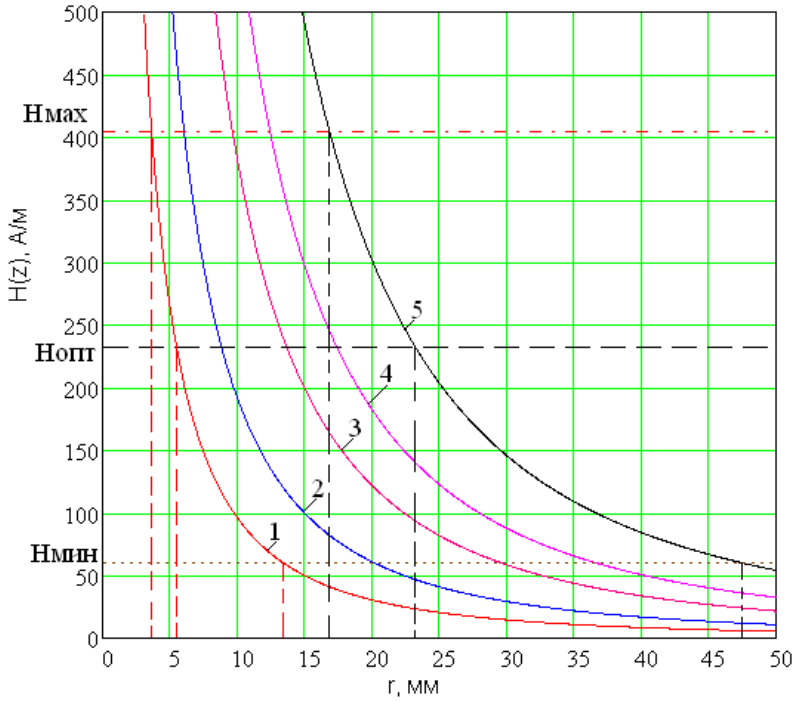


Рисунок 1 - Результаты исследования значений r_{MIN}, $r_{ОПТ}$ и r_{MAX} при изменении высоты h_M КПМ высотой h_M равной: 1 - h_M =0,5мм, 2 - h_M =1мм, 3 - h_M =2мм, 4 - h_M =3мм, 5 - h_M =5мм

Анализ данных, полученных в результате эксперимента, позволяет сделать вывод, что изменение высоты ПМ позволяет в несколько раз изменить допустимое расстояние от боковой поверхности КПМ до ВЛ при условии уверенного формирования в среде ВЛ УЗВ кручения. Так, изменение высоты КПМ с h_M =0,5мм до h_M =5мм в рассматриваемых примерах позволяет удалить ВЛ от боковой поверхности с оптимального расстояния $r_{ОПТ}$ =6мм до $r_{ОПТ}$ =24мм, что соответствует увеличению расстояния в 4 раза.

Вывод. Результаты проведенных экспериментов по выбору оптимального расстояния от КПМ до ВЛ, приведенные на рисунке 1 позволяют сделать вывод, что указанное расстояние должно быть в диапазоне $r_{МИН} \le r \le r_{MAX}$ и зависит от геометрических размеров ПМ и ВЛ, их остаточной намагниченности и токового импульса. Выбор расстояния r в указанном интервале способствует уверенному возбуждению УЗВ кручения в среде ВЛ, что является необходимым условием работы ДМУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М: Гардарики, 2001. – 317 с.

2. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.2/ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. – СПб.: Питер, 2009. – 432 с.

3. Купалян С.Д. Теоретические основы электротехники. Ч.3. Электромагнитное поле. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М.: Энергия, 1970. – 248 с.

4. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухко-ординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда/ Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин// Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – т.19. – №1. – С.25-29.

5. Mathematical Modeling of Magnetic Fields of the Permanent Magnets and Solenoids, and Comparing the Results Obtained. Slesarev U.N., Mikhajlov P.G. and Vorontsov A.A. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 11, Number 20 (2016) pp. 10338–10342

6. Повышение эффективности расчета параметров акустических трактов магнитострикционных преобразователей перемещения. Слесарев Ю.Н., Воронцов А.В., Родионов С.В Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2016.№2 (Выпуск 56). С. 169–175.

УДК 519.711.3

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗМОЖНОГО РАССТОЯНИЯ ОТ ВОЛНОВОДА ДО СПЛОШНОГО ПОСТОЯННОГО МАГНИТА

Ю.Н. Слесарев[1]

[1]доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: slesarevun@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрено моделирование в магнитострикционных угломерах возможных расстояний от сплошного постоянного магнита до волновода, необходимого для уверенного формирования ультразвуковой волны кручения. Моделирование осуществляется с помощью разработанного программного комплекса “Двухкоординатный МН”, ориентированного на анализ магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных угломеров. Расчет оптимальных расстояний осуществляется по предложенной методике определения допустимых значений результирующей напряженности магнитного поля.

Ключевые слова: сплошной магнит, расстояние от постоянного магнита до волновода, моделирование магнитных полей, расчет напряженности, оптимальное расстояние.

TO THE QUESTION OF THE RESEARCH AND MATHEMATICAL MODELLING OF POSSIBLE DISTANCE FROM THE WAVE GUIDE TO THE CONTINUOUS PERMANENT MAGNET

Yuri Slesarev[1]

[1]Dr., Ph.D., professor of Automation and Management department, federal state-funded educational institution of the higher education 'Penza state technological university', Penza, Russia, e-mail: slesarevun@gmail.com

Abstract. In work modeling in magnetostrictive goniometers of possible distances from a continuous permanent magnet to the wave guide necessary for sure formation of an ultrasonic wave of torsion is considered. Modeling is carried out by means of the developed program complex "Two-coordinate MN" focused on the analysis of magnetic fields of two-coordinate magnetostrictive goniometers. Calculation of optimum distances is performed by the offered technique of determination of permissible values of resultant tension of magnetic field.

Keywords: continuous magnet, distance from a permanent magnet to a wave guide, modeling of magnetic fields, tension calculation, optimum distance.

Введение. В настоящее время известны различные системы математического обеспечения (МО) отечественных и зарубежных фирм, позволяющие решать многие задачи математического моделирования. Обычно такое МО ориентировано на решение задач из конкретной предметной области (ELCUT, Littlemag и др.), но существуют и универсальные средства, которые предоставляют широкие возможности для математического моделирования различных процессов и имеют в своем составе большое количество встроенных функций (ANSYS, MATLAB и др.).

Однако, существующие системы обладают рядом недостатков, которые затрудняют их применение для моделирования магнитных полей магнитострикционных преобразователей перемещения, в частности магнитострикционных угломеров (МУ). В связи с этим для анализа магнитных полей ДМН авторами был разработан программный комплекс (ПК) в среде Borland Delphi, ориентированный на интеграцию с MATHCAD v.14.0, позволяющий существенно облегчить исследование магнитных полей МУ.

Целью работы является исследование и математическое моделирование возможного расстояния от волновода до сплошного постоянного магнита.

Материал и результаты исследований.

Анализ магнитных полей МУ позволяет произвести расчет параметров и размеров элементов конструкции, а также их возможную удаленность. Одной из важных задач, решаемых с помощью разработанного ПК является

расчет возможного минимального r_{MIN}, максимального r_{MAX}, а также оптимального $r_{ОПТ}$ расстояний от боковой поверхности постоянного магнита (ПМ) до точек волновода (ВЛ) с значением напряженностей, необходимых для уверенного возбуждения в среде ВЛ УЗВ кручения.

Согласно известным математическим моделям работы магнитострикционных приборов [1-6], для задания максимального и минимального значений напряженности магнитного поля, обеспечивающего уверенное возбуждение УЗВ кручения, возможно использование значений результирующего магнитного поля $H_1 \le H_r \le H_S$, где H_1 и H_S - значения напряженности магнитного поля, лежащие на линейном участке начальной петли гистерезиса. Отсутствие справочных данных об указанных значениях H_1 и H_S ограничивают использование данной математической модели.

В математической модели разработанного МО в качестве минимального и максимального значений результирующей напряженности H_r магнитного поля предлагается использование значений $H_r = Hs = H_{MAX}$, и $H_r = H_C = H_{MIN}$, где H_C и Hs - коэрцитивная сила и напряженность насыщения ПМ. Отличием предложенной математической модели от известных [1] является возможность определения возможных значений результирующей напряженности магнитного поля используя справочные данные. Так, значение коэрцитивной силы ПМ H_C в разработанной МО определяется справочно из [1]. Значение напряженности насыщения Hs рассчитывается по формуле $Hs = B_s / \mu\mu_0$, где B_s, μ и μ_0 - индукция насыщения, магнитная проницаемость вещества и магнитная постоянная соответственно, определяемые из справочных данных, например из [3].

В разработанной математической модели МО вводится понятие оптимального значения результирующей напряженности $H_{ОПТ}$, определяемой как среднее арифметическое между значениями H_C и Hs.

Таким образом, указанные расстояния r_{MIN}, $r_{ОПТ}$ и r_{MAX} будут измеряться вдоль горизонтальной прямой проходящей через центр ПМ от его боковой поверхности, до точек на поверхности ВЛ со значениями напряженностей результирующего магнитного поля H_r равными $H_r = Hs = H_{MAX}$, $H_r = \dfrac{H_C + Hs}{2} = H_{ОПТ}$ и $H_r = H_C = H_{MIN}$ соответственно.

Проведем эксперимент по определению расстояний r_{MIN}, $r_{ОПТ}$ и r_{MAX} с использованием разработанного МО для сплошных постоянных магнитов (СПМ) различных размеров и марок.

В качестве базового выбираем магнит марки 8БИ230 со значением остаточной индукции B_r=0,21 Тл и коэрцитивной силы H_C=220 кА/м [6], внешним диаметром D_M=110мм, высотой h_M=5мм. В качестве основного будем использовать ВЛ диаметром $d_{ВЛ}$=1мм из сплава 42НХТЮ с $H_{МИН}$ = H_C=60А/м[3], H_{MAX} = $Hs \approx$ 404 А/м и $H_{ОПТ}$=232А/м с протекающим по нему токовым импульсом прямоугольной формы амплитудой I_m=50мА.

Результаты эксперимента, для данных, рассчитанных разработанным комплексом программ "Двухкоординатный МН" и интегрированных в систему MathCad по определению $r_{МИН}$, $r_{ОПТ}$ и r_{MAX} для СПМ с различным значением высоты h_M приведены на рисунке 1.

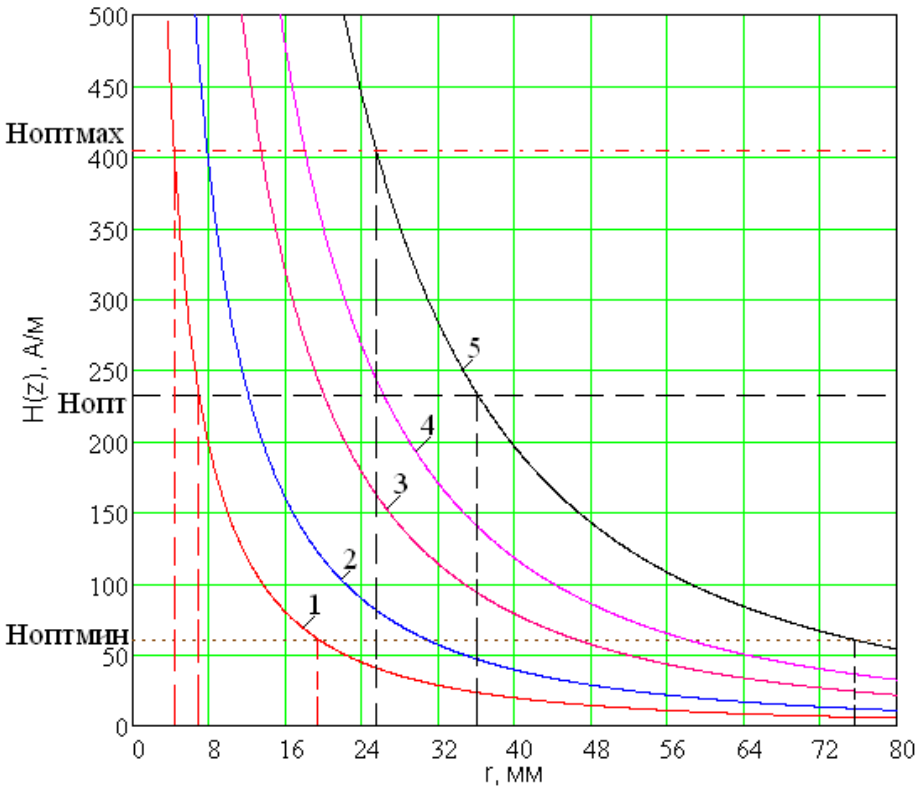


Рисунок 1 – Результаты исследования значений r_{MIN}, $r_{ОПТ}$ и r_{MAX} при изменении высоты h_M сплошного ПМ высотой h_M равной: 1 - h_M =0,5мм, 2 - h_M =1мм, 3 - h_M =2мм, 4 - h_M =3мм, 5 - h_M =5мм

Анализ данных, полученных в результате эксперимента, позволяет сделать вывод, что изменение высоты ПМ позволяет в несколько раз изменить допустимое расстояние от боковой поверхности ПМ до ВЛ при условии уверенного формирования в среде ВЛ УЗВ кручения. Так, при изменении значения высоты ПМ с h_M =0,5мм до h_M =5мм, оптимальное значение расстояния $r_{ОПТ}$ увеличивается с $r_{ОПТ}$ =7мм до $r_{ОПТ}$ =35мм, что соответствует его увеличению в 5 раз.

Кроме изменения оптимального значения расстояния $r_{ОПТ}$ от боковой поверхности ПМ до центра ВЛ также с увеличением высоты ПМ h_M происходит увеличение расстояний $r_{МИН}$ и r_{MAX}. Так, при увеличении высоты СПМ с h_M =0,5мм до h_M =5мм, расстояние $r_{МИН}$ изменилось с $r_{МИН}$ =5мм до $r_{МИН}$ =25мм, а расстояние r_{MAX} - с r_{MAX} =18мм до r_{MAX} =75мм.

Вывод. Необходимо отметить, что расчет с помощью разработанного программного комплекса "Двухкоординатный МН" расстояний $r_{МИН}$ и r_{MAX}, позволяет определить возможную толщину стенки корпуса будущей конструкции МУ исходя из рассчитанных программным комплексом значений тепловых зазоров между внутренней стенкой корпуса и ПМ. Так, согласно результатам эксперимента, приведенным на рисунке 1, при выборе ПМ высотой h_M =0,5мм толщина стенки СК u может быть выбрана в диапазоне 4мм$\leq u \leq$12мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М: Гардарики, 2001. – 317 с.
2. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.2/ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. – СПб.: Питер, 2009. – 432 с.
3. Купалян С.Д. Теоретические основы электротехники. Ч.3. Электромагнитное поле. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М.: Энергия, 1970. – 248 с.
4. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухко-ординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда/ Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин// Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – т.19. – №1. – С.25-29.
5. Mathematical Modeling of Magnetic Fields of the Permanent Magnets and Solenoids, and Comparing the Results Obtained. Slesarev U.N., Mikhajlov P.G. and Vorontsov A.A. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 11, Number 20 (2016) pp. 10338–10342
6. Повышение эффективности расчета параметров акустических трактов магнитострикционных преобразователей перемещения. Слесарев Ю.Н., Воронцов А.В., Родионов С.В Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2016.№2 (Выпуск 56). С. 169–175.

УДК 519.711.3

ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКЦИИ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИНДУКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСЬ 0Z

Ю.Н. Слесарев[1]

[1]доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: slesarevun@gmail.com

Аннотация. В работе подробно рассмотрен анализ основных параметров индуктивного элемента, влияющих на формирование магнитных полей, сформированных при протекании в среде волновода токового импульса. Проведено математическое моделирование магнитного поля индуктивного элемента при изменении координаты, отсчитанной по оси OZ от его центра для различных значений радиусов и длины индуктивного элемента.

Ключевые слова: индуктивный элемент, напряженность магнитного поля, магнитное поле, зависимость напряженности от координаты Z.

RESEARCHES AND MATHEMATICAL MODELLING OF THE PROJECTION OF TENSION OF MAGNETIC FIELD OF THE INDUCTIVE ELEMENT TO AXIS 0Z

Yuri Slesarev[1]

[1]Dr., Ph.D., professor of Automation and Management department, federal state-funded educational institution of the higher education 'Penza state technological university', Penza, Russia, e-mail: slesarevun@gmail.com

Abstract. In work the analysis of the key parameters of an inductive element influencing formation of the magnetic fields created at course in the environment of a wave guide of a current impulse is in detail considered. Mathematical modeling of magnetic field of an inductive element at change of the coordinate counted on OZ axis from its center for various values of radiuses and length of an inductive element is carried out.

Keywords: inductive element, tension of magnetic field, magnetic field, dependence of tension on Z coordinate.

Введение. Для воспроизведения информационного сигнала в магнитострикционных преобразователях перемещений возможно использование индуктивного элемента [1-4]. Напряженность магнитного поля индуктивного элемента определяется многими параметрами конструкции как магнитострикционного преобразователя перемещений, так и самого индуктивного элемента[5-7].

В соответствии с одной из моделей, поле H_{cz} на оси индуктивного элемента в точке, отстоящей на расстояние *z* от его центра, определяется по формуле:

$$H_{cz}(z)=\frac{nI}{4(R_{2c}-R_{1c})}\left\{(l-z)\ln\frac{R_{2c}+\sqrt{R_{2c}^2+(l-z)^2}}{R_{1c}+\sqrt{R_{1c}^2+(l-z)^2}}+(l+z)\ln\frac{R_{2c}+\sqrt{R_{2c}^2+(l+z)^2}}{R_{1c}+\sqrt{R_{1c}^2+(l+z)^2}}\right\}, \quad (1)$$

где *n=N/L* - число витков на единицу длины индуктивного элемента, R_{1c} и R_{2c} - соответственно внутренний и внешний радиусы индуктивного элемента, *2l=L* - длина индуктивного элемента, *j* - плотность тока: *j=I/s*, *I* - ток через провод, *s* - площадь поперечного сечения провода.

Анализ формулы (1) позволяет сделать вывод о нелинейной зависимости напряженности магнитного поля H_{cz} на оси индуктивного элемента от расстояния от его центра до текущей координаты *z*.

Целью работы является исследование напряженности магнитного поля H_{cz} на оси индуктивного элемента от расстояния от его центра до текущей координаты *z*.

Материал и результаты исследований.

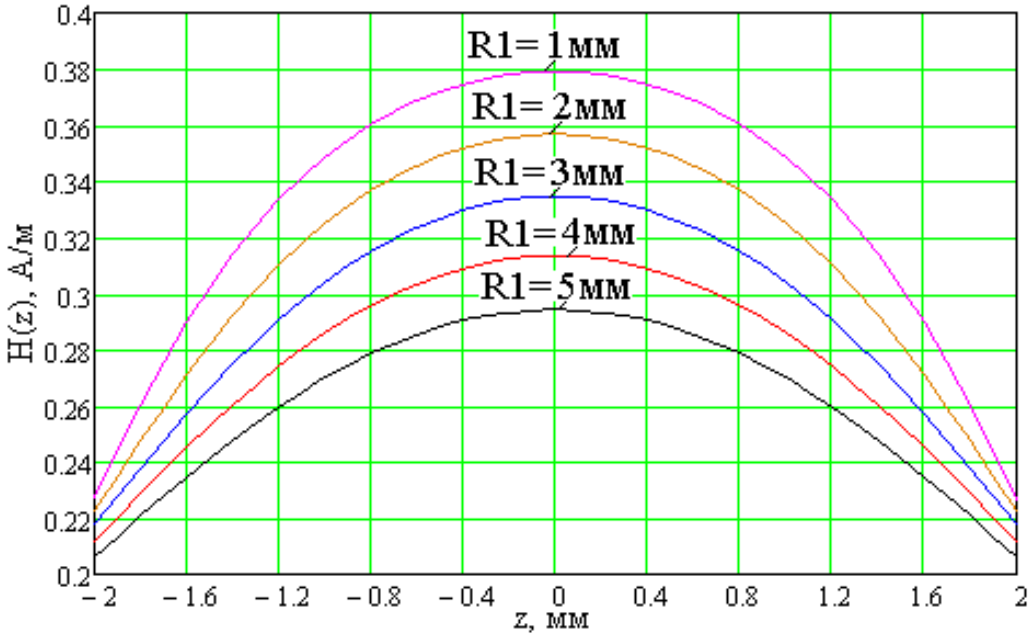
Для исследования зависимости магнитного поля H_{cz} от текущей координаты *z* на оси индуктивного элемента было проведено математическое моделирование формулы (1) при изменении координаты *z* в диапазоне $-L/2 \le z \le L/2$ для различных значений R_{1c}, R_{2c} и L, результаты которого приведены на рисунках 1а-б и 2 соответственно.

В качестве базовых параметров при моделировании будем использовать индуктивный элемент с внутренним и внешним радиусами R_{1c}=2мм и R_{2c}=3мм соответственно, длиной L=4мм, количеством витков на единицу длины *n*=1, с постоянным значением токового импульса *I*=1А.

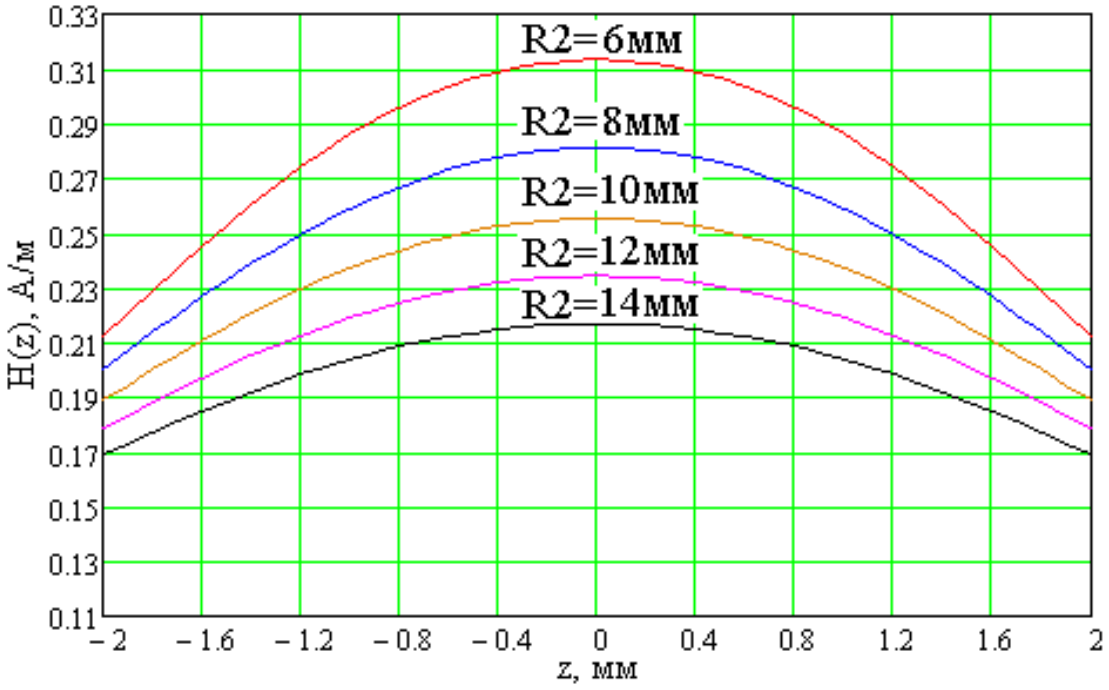
Результаты моделирования зависимости напряженности магнитного поля H_{cz} от координаты *z*, приведенные на рисунках 1а-б соответственно для различных значений внешнего и внутреннего диаметра, показали, что максимальное значение напряженности магнитного поля H_{cz} для указанных значений параметров конструкции наблюдается в центре индуктивного элемента, т.е. при *z*=0 и может достигать значений от нескольких А/м до кА/м в зависимости от количества витков и значения токового импульса *I*, а также других параметров как индуктивного элемента, так и волновода.

Уменьшение значения внутреннего R_{1c} и внешнего R_{2c} радиусов индуктивного элемента, как это демонстрируют результаты моделирования, при-

веденные на рисунках 1а-б соответственно, способствуют увеличению значения напряженности магнитного поля в центре соленоида и более резкому уменьшению ее значения при удалении от центра.



а)



б)

Рисунок 1 – Распределение относительной величины магнитного поля по оси индуктивного элемента в точке, отстоящей на расстоянии *z* от его центра при различных значениях внутреннего(а) и внешнего(б) диаметров индуктивного элемента

При изменении длины соленоида L, как это показано на рисунке 2, происходит существенное смещение максимального значения напряженности H_{cz} относительно начала отсчета координаты *z,* совмещенного с центром соленоида. Так, в приведенных на рисунке 2 результатах моделирования, при увеличении длины индуктивного элемента с L1=4мм до L2=12мм положение максимума напряженности H_{cz} смещается с *z*=0 до *z*=2,5мм.

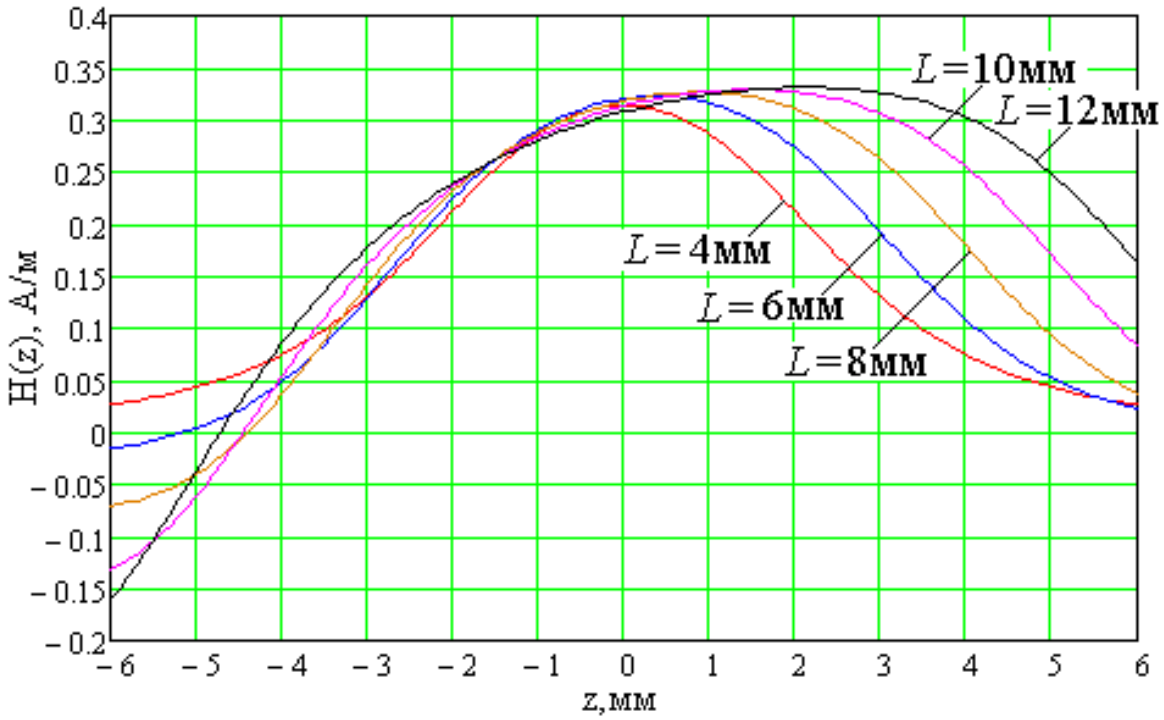


Рисунок 2 – Распределение относительной величины магнитного поля по оси индуктивного элемента в точке, отстоящей на расстоянии *z* от его центра при различных значениях длины индуктивного элемента

Также необходимо отметить, что изменение длины индуктивного элемента незначительно изменяет максимальное значение напряженности магнитного поля H_{cz}. Для приведенного примера изменение составило с H_{cz}=0,31А/м до H_{cz}=0,34А/м, т.е. менее 10%, при изменении длины индуктивного элемента в 3 раза с L1=4мм до L2=12мм.

Вывод. Таким образом, на основании исследования зависимости магнитного поля H_{cz} от текущей координаты *z* на оси индуктивного элемента, можно сделать вывод, что для изменения максимального значения напряженности магнитного поля индуктивного элемента H_{cz}, наиболее эффективными методами являются изменение его внешнего и внутреннего радиусов и количества витков, а также значения токового импульса *I*.

Для изменения положения максимального значения напряженности магнитного поля индуктивного элемента H_{cz}, эффективным способом является изменение его длины *L*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М: Гардарики, 2001. – 317 с.

2. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.2/ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. – СПб.: Питер, 2009. – 432 с.

3. Купалян С.Д. Теоретические основы электротехники. Ч.3. Электромагнитное поле. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М.: Энергия, 1970. – 248 с.

4. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухко-ординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда/ Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин// Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – т.19. – №1. – С.25-29.

5. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А.,Карпухин Э.В. Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19. – № 1. – С. 25–29

6. Mathematical Modeling of Magnetic Fields of the Permanent Magnets and Solenoids, and Comparing the Results Obtained. Slesarev U.N., Mikhajlov P.G. and Vorontsov A.A. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 11, Number 20 (2016) pp. 10338–10342

7. Повышение эффективности расчета параметров акустических трактов магнитострикционных преобразователей перемещения. Слесарев Ю.Н., Воронцов А.В., Родионов С.В Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2016.№2 (Выпуск 56). С. 169–175.

УДК 514.18; 004.896

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН У ПРОГРАМНИХ СЕРЕДОВИЩАХ КОМПАС-3D ТА INVENTOR

О.М. Твердохліб[1], І.В. Вернер[2], О.М. Теліпко[3]

[1,2]асистент кафедри основ конструювання механізмів і машин, e-mail: ill3@ukr.net

[3]студент групи ІМмм-15-1

[1,2,3]Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядаються можливості використання найбільш поширених САПР систем Inventor і Компас-3D на прикладі проектування елементів редукторів. Робиться порівняльний аналіз можливостей наданих систем.

Ключові слова: Компас-3D, Inventor, Autodesk, освіта, проектування.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DESIGNING MACHINE PARTS IN COMPASS-3D AND INVENTOR SOFTWARE

Alexander Tverdohleb[1], Ilya Verner[2], Alexander Telipko[3]
[1,2]Assistant, Machinery Design Bases Department, e-mail: ill3@ukr.net
[3]Student
[1,2,3] National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper considers the possibilities of using the most common CAD systems such as Inventor and Compass-3D on the example of the reducer elements designing. A comparative analysis of the capabilities of the systems are provided.

Keywords: Compas-3D, Autodesk, Inventor, education, design.

Вступ. У підготовці інженерів важливе місце займає конструювання та проектування, яким слід приділяти особливу увагу.

Під проектуванням розуміється процес розробки технічної документації, що містить техніко-економічні обґрунтування, розрахунки, креслення, макети, кошторису, пояснювальні записки та інші матеріали, необхідні для виробництва машини. За типом зображення об'єкта розрізняють креслярське і об'ємне проектування. Останнє включає виконання макета або моделі об'єкта. Для деталей машин характерний креслярський метод проектування. Сукупність конструкторських документів, отриманих в результаті проектування, називається проектом.

Щоб позбавити конструктора від виконання трудомістких розрахунків, багатофакторного аналізу і великого обсягу графічних робіт використовують сучасну комп'ютерну техніку (КТ). При цьому конструктор ставить задачу для КТ і приймає остаточне рішення, а машина обробляє весь обсяг інформації і робить первинний відбір. Для такого спілкування людини з машиною створюються системи автоматизованого проектування (САПР), які сприяють підвищенню техніко-економічного рівня проектованих об'єктів, скорочення термінів, зменшення вартості і трудомісткості проектування.

Відповідно до розробленої в процесі проектування робочої документації в подальшому створюється технологічна документація, яка визначає технологію виготовлення виробу.

Робочі, технологічні, а також нормативно-технічні документи (останні включають стандарти всіх категорій, керівні технічні матеріали, загальні технічні вимоги та ін.) в сукупності складають технічну документацію, необхідну для організації і здійснення виробництва, випробувань, експлуатації та ремонту предмета виробництва (вироби).

Умови роботи деталей машин бувають дуже різними і важко піддаються точному обліку, тому розрахунки деталей машин часто виконують по

наближеним, а іноді, емпіричними формулами, отриманими в результаті узагальнення накопиченого досвіду проектування, випробувань і експлуатації деталей і вузлів машин. В процесі проектування деталей машин зустрічаються два види розрахунків, а саме: проектний розрахунок, при якому зазвичай визначаються основні розміри деталей або вузла, перевірочний розрахунок, коли для створеної конструкції визначається, наприклад, значення напруг в небезпечних перетинах, тепловий режим роботи, довговічність і інші необхідні параметри.

Зубчасті передачі є відповідальними елементами багатьох сучасних машин і механізмів. До їх основних якісних показників відносяться точність передачі обертання, здатність навантаження, малоголосність, ресурс. Перераховані критерії забезпечуються технологічними засобами на стадії операцій зубопрофілювання, де формуються робочі поверхні зубів. Технологія виготовлення в більшості випадків побудована на реалізації методу обкатки як на традиційних, так і на багатокоординатних верстатах різних компоновок.

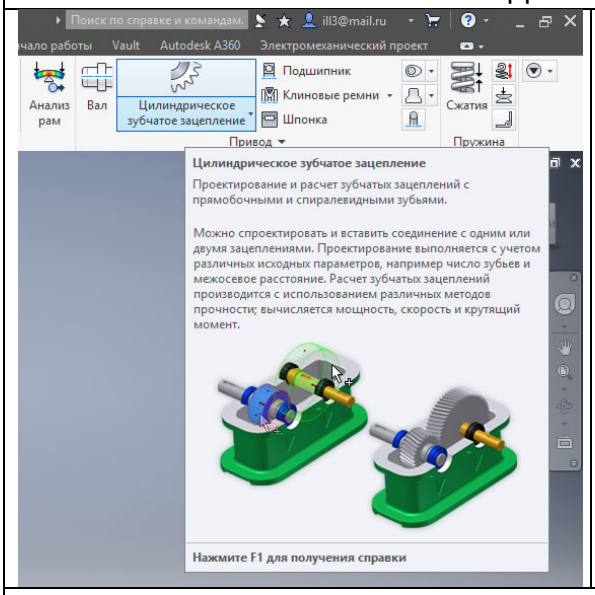
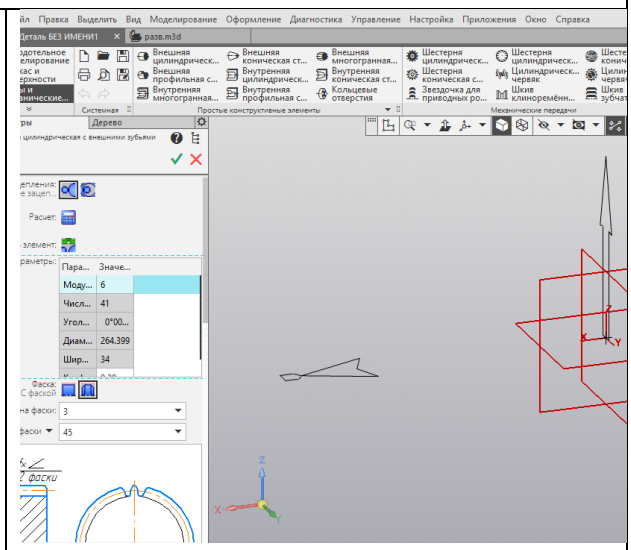
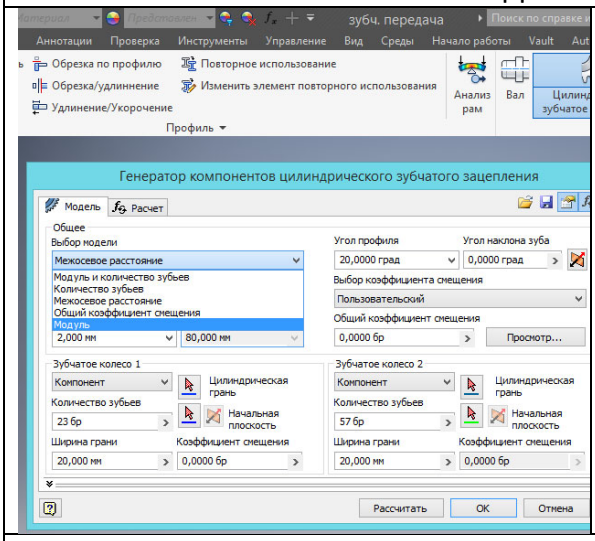
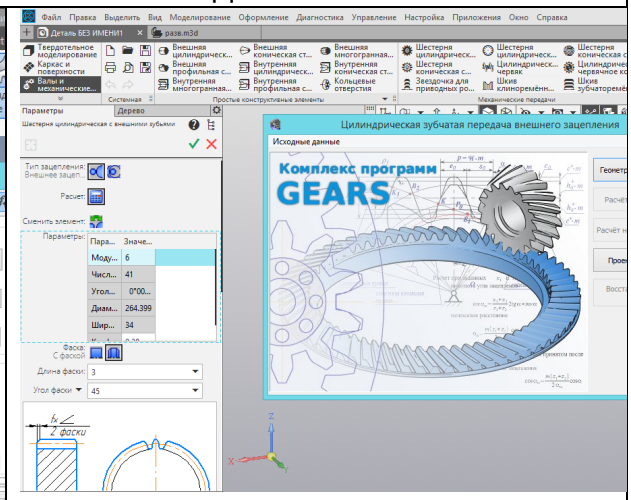
Мета роботи. Метою роботи є продемонструвати можливості сучасних CAD систем компаній Autodesk і АСКОН при проектуванні складних механічних механізмів, а також проаналізувати їх можливості.

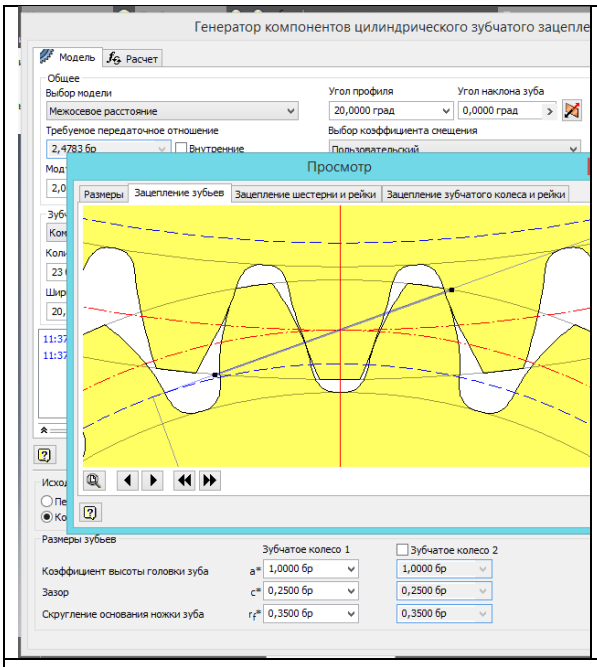
Матеріал і результат досліджень. Використання сучасних методів комп'ютерної 3D графіки дозволяють удосконалити і прискорити процес проектування технологічних операцій зубопрофілювання [1], забезпечуючи отримання кінцевих форм поверхонь зубів у вигляді наочних і точних комп'ютерних твердотілих моделей.

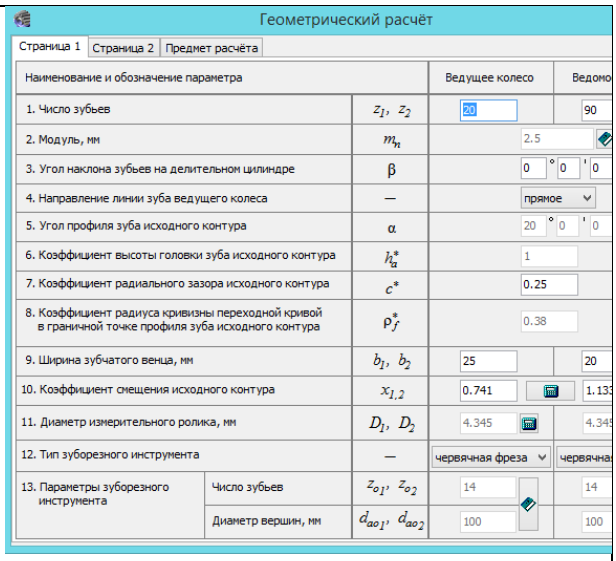
САПР Компас-3D і Autodesk Inventor – є найбільш широко поширеними системами твердотілого моделювання. Це означає, що процес побудови моделі складається з послідовного додавання або видалення матеріалу в результаті переміщення в просторі тривимірного поля електронного геометричного об'єкта, «ескізу», (обертання навколо осі, видавлювання перпендикулярно площині ескізу, переміщення по траєкторії та ін.).

Обидві даних системи дозволяють автоматизувати процеси проектування елементів таких механічних передач як: шестерні, вали, зубчасті, планетарні, ортогональні, зубчасто-ременеві, черв'ячні, цівкові і інші передачі. Основні етапи створення зубчастого зачеплення продемонстровані в таблиці 1.

Таблиця 1 Порівняльний аналіз етапів конструювання деталей машин

Autodesk Inventor	Аскон КОМПАС-3D
Етап 1 - підключення бібліотеки	
	
Етап 2 - введення початкових даних	
	
Етап 3 - генерація геометричних параметрів та перевірочні розрахунки	





Етап 4 - отримання конструкторської документації

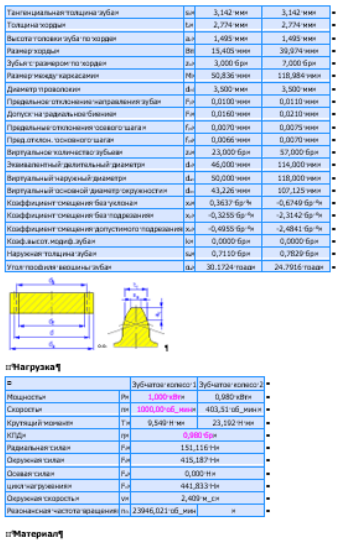
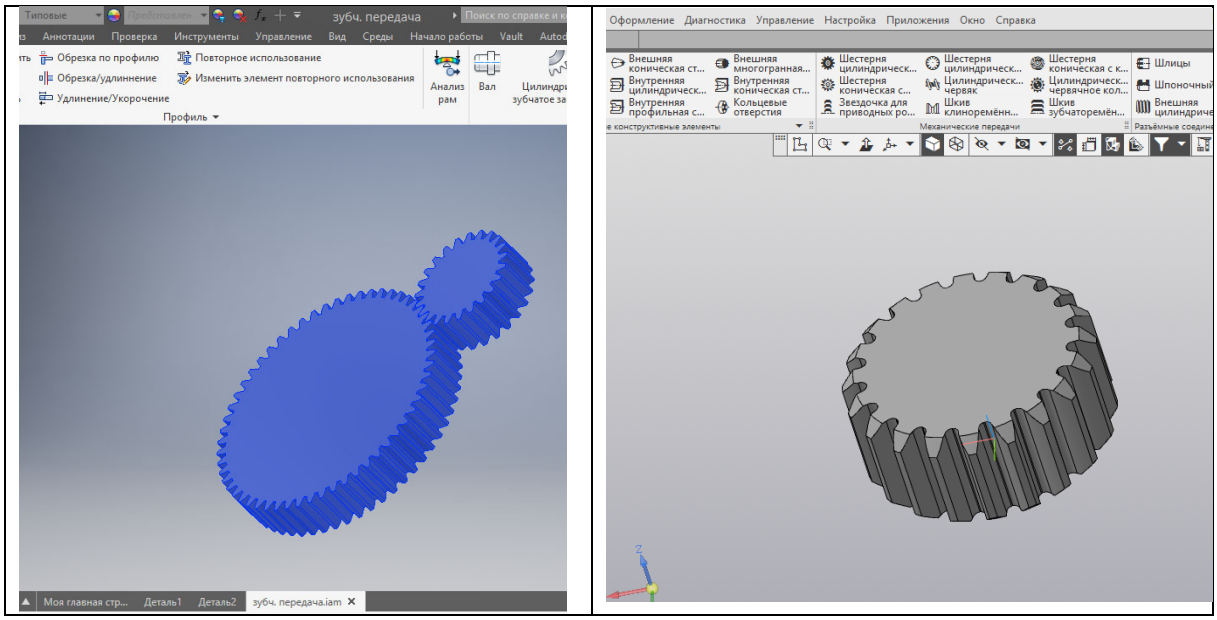


Таблица 1. Геометрический расчёт цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления

Наименование и обозначение параметра		Ведущее *1 колесо	Ведомое *2 колесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	20	90
Модуль, мм	m_n	2,5	
Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0°00'00"	
Исходный контур	–	ГОСТ 13755-2015	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки зуба исходного контура	h_a^*	1	
Коэффициент радиального зазора исходного контура	c^*	0,25	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура	ρ_f^*	0,38	
Ширина зубчатого венца, мм	b	25	20
Коэффициент смещения исходного контура	x	0	0
Степень точности	–	7-С	7-С
Определяемые параметры			
Передаточное число	u	4,5	
Межосевое расстояние, мм	a_w	137,5 ± 0,05	
Делительный диаметр, мм	d	50	225
Диаметр вершин зубьев, мм	d_a	55	230
Диаметр впадин зубьев, мм	d_f	43,75	218,75
Начальный диаметр, мм	d_w	50	225
Основной диаметр, мм	d_b	46,985	211,431
Угол зацепления	α_{tw}	20°00'00"	
Контролируемые и измерительные параметры			
Постоянная хорда, мм	$\bar{s}_c$	$3,468^{-0,06}_{-0,13}$	$3,468^{-0,09}_{-0,18}$

Етап 5 - отримання тривимірної моделі



Висновки. Практика показує, що принципи роботи в даних системах САПР дозволяють без особливих складнощів переходити від однієї до іншої. Інтерфейси додатків подібні, процеси моделювання об'єктів так само.

Використання генераторів компонентів і розрахункових модулів Autodesk Inventor, а також Аскон Компас-3D дозволяє значно скоротити час проектування різних деталей і вузлів машин. Сучасні тенденції розвитку наукового знання також дозволяють констатувати той факт, що робота фахівців технічних спеціальностей без знань сучасного спеціалізованого програмного забезпечення буде просто неможлива [2]. Кафедрою основ конструювання механізмів і машин розроблена методична база що включає навчальні підручники і методичні вказівки з проектування деталей машин у сучасних САПР системах. Надана література доступна на сайті кафедри, та на каналі кафедрі у YouTube [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Карачаровский В.Ю. Геометрическое моделирование формообразования пространственных поверхностей при винтовом относительном движении / В.Ю. Карачаровский, С.А. Рязанов // Проблемы геометрического моделирования в автоматизированном проектировании и производстве: 1-я Междунар. науч. конф. М.: Изд-во МГИУ, 2008. – С. 143-146.

2. Бабичев Д.Т. История развития теории зубчатых передач / Д.Т. Бабичев, А.Э. Волков // Ежемесячный интернет-журнал «Вестник научно-технического развития». – 2015. – № 5 (93) – С. 25 - 42.

3. Сайт кафедри основ конструювання механізмів і машин [Електронний ресурс]. – URL: http://okmm.nmu.org.ua (дата звернення: 01.12.2018).

УДК 621.3.032

ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

А.У. Аналиева
преподаватель НОК КазИИТУ, г. Уральск, Казахстан, e-mail: azhara_1980@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке концепции построения автоматизированной системы мониторинга и контроля чрезвычайных ситуаций и определения ее структуры и территориального размещения. Приведены примеры объектов мониторинга и показана актуальность разработки и реализации таких систем. Предложенная концепция подразумевает многоуровневую иерархическую структуру системы мониторинга с открытой архитектурой, на нижнем уровне которой располагаются многофункциональные датчики физических величин устанавливаемых на контролируемых объектах или территориях. Доказано, что в большей степени именно датчики определяют надежность и информативность всей системы мониторинга. Применительно к системе мониторинга селевой опасности, определена номенклатура используемых датчиков. Рассмотрены вопросы повышения информативности и оперативности контроля и оповещения. Показано, что предложенная концепция может быть реализована и штатно функционировать только при наличии современного программно-аппаратного оснащения. На примере 4-х уровневой системы мониторинга подробно описаны задачи, решаемые на ее различных уровнях.

Ключевые слова: окружающая среда, мониторинг, контроль, датчики, катастрофа, техногенный, сель, загрязнение, интерфейс.

QUESTIONS OF DEVELOPMENT OF MONITORING SYSTEM AND CONTROL OF EMERGENCY SITUATIONSA.

U. Analiyeva
teacher of Scientific and educational complex KazNIITU Uralsk, Kazakhstan, e-mail: azhara_1980@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the development of the concept of building an automated system for monitoring and controlling emergencies and determining its structure and location. Examples of monitoring objects are given and the relevance of the development and implementation of such systems is shown. The proposed concept implies a multi-level hierarchical structure of the monitoring system with an open architecture, at the lower level of which are multifunctional sensors of physical quantities installed on controlled objects or territories. It is proved that, to a greater extent, it is the sensors that determine the reliability and information content of the entire monitoring system. With reference to the mudflow hazard monitoring system, the range of sensors used has been determined. The issues of raising awareness and efficiency of monitoring and warning are considered. It is shown that the proposed concept can be implemented and function properly only with the availability of modern

software and hardware. Using the example of a 4-tier monitoring system, the tasks solved at its various levels are described in detail.

Keywords: environment, monitoring, control, sensors, disaster, man-made, mudflow, pollution, interface.

Введение. Окружающая среда (ОС) подразумевает ту материальную обстановку, которая соприкасается с человечеством и позволяет каждому человеческому организму функционировать на нашей планете. К ОС можно отнести: водную и воздушную среды, сушу. И если указанные компоненты ОС будут не соответствовать определенным требованиям, проживание населения в области с нарушенной экологической обстановкой будет или затруднено, или вообще невозможно.

Нарушения ОС могут быть обусловлены влиянием, как человека, так и иметь техногенный характер. Влияние человека чаще всего прослеживается в загрязнении водной и воздушной сред, вырубке лесов в горных и предгорных районах, бассейнах рек, степной местности.

Целью работы является разработка и обоснование концепции построения многоуровневой информационно-измерительной системы, предназначенной для мониторинга и контроля чрезвычайных ситуаций, возникающих в горных и предгорных районах и критических объектах Республики Казахстан.

Основной материал. Техногенные катастрофы связаны, в первую очередь, с сейсмической активностью в горах и предгорьях, а также с разливами рек, таянием снегов, переполнением и прорывами моренных озер и проч., в результате которых территории наносится значительный экономический ущерб [1, 2].

Применительно к Казахстану, особый ущерб от ЧС природного характера приходится на селевые явления. Селевые потоки, как правило, внезапны и кратковременны, зачастую характеризуются катастрофическими последствиями - причиняют громадный материальный ущерб и нередко сопровождаются жертвами [3].

Существующие в настоящее время системы мониторинга и контроля чрезвычайных ситуаций (СМК ЧС) не выдерживают критики в плане решения задач, открытости, надежности и оперативности [3].

Таким образом, создание многоуровневой СМК ЧС, является чрезвычайно актуальной задачей не только для Казахстана, но и для многих стран, имеющих горные и предгорные территории. Подтверждением актуальности проблемы является Закон Республики Казахстан «О чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера» [4], в котором предусмотрено проведение научные исследований, наблюдений, контроля обстановки,

прогнозирования и оповещения об угрозе аварий, бедствий и катастроф. Там же указано, что в основные задачи НИР в области ЧС природного и техногенного характера входит разработка методов мониторинга и создание банка данных ЧС, методов прогноза, предупреждения, мер контроля и средств защиты, целевых и научно-технических программ по прогнозированию, оценке последствий, предупреждению и ликвидации ЧС.

Следует отметить, что создание всей законченной СМК ЧС является чрезвычайно сложной и трудоемкой задачей, решить которую традиционными методами под силу только специализированным коллективам разработчиков, имеющих специалистов по аппаратной части, программистов, конструкторов, системщиков, технологов и проч. Но, в результате развития теории и практики современных ИИС, АСУТП, СКАДА и других систем контроля и управления, был принят на вооружение подход открытых систем, использующих стандартные технологические платформы, стандартные интерфейсы и проч., что позволяет децентрализовать разработку СМК ЧС. Основным уровнем СМК ЧС является нижний: уровень преобразователей физических величин – датчиков, от надежности, точности и информативности которых зависит работа всей системы мониторинга [5]. При этом для повышения информативности и снижения числа типов ДФВ, они должны быть многофункциональными, что подразумевает одновременное измерение одним датчиком сразу несколько величин [6].

С позиций теории сложных систем и автоматического управления, СМК относятся к классу автоматизированных, информационных, человеко-машинных систем, в которых реализуются современные математические методы и информационно-коммуникационные технологии сбора, передачи и обработки, информации о состоянии технически сложных объектов. При этом процесс функционирования таких систем включает мониторинг состояния и динамики развития контролируемых объектов и территорий.

Следует отметить, что мониторинг, как система регулярных, длительных наблюдений состояния физического распределенного в пространстве объекта, позволяет накапливать информацию об объекте с целью оценки его текущего состояния и составления прогнозов. Из общей теории систем известно, что большинство природных и искусственных объектов относится к классу сложных систем, то есть систем, включающих в свой состав множество взаимодействующих элементов (подсистем), при этом сложная система обладает свойствами, которые отсутствуют у ее составляющих [7].

Объектами мониторинга и контроля являются технически сложные объекты (ТСО), технологические процессы, подсистемы жизнеобеспечения и безопасности: теплоснабжение, вентиляция и кондиционирование, водоснабжение и канализация, электроснабжение, газоснабжение, инженерно-

технический комплекс пожарной безопасности объекта, система оповещения, а также инженерно-технические конструкции (конструктивные элементы) объектов жилых зданий, мостов и т.д.

Суть функционирования СМ ТСО состоит в следующем. Она на основе полученных в режиме реального времени от объекта контроля данных, автоматически осуществляют передачу сообщений о нештатных параметрах и фактическом состоянии различных объектов и систем: зданий и сооружений, оборудования жизнеобеспечения и безопасности, оповещения о пожаре, химической опасности, загазованности и др. Ряд систем мониторинга кроме передачи текстовых сообщений обеспечивают передачу видео с места нарушения в режиме реального времени. В случае поступления от СМ ТСО предупредительной информации, свидетельствующей о нарушении нормальной эксплуатации, предаварийном изменении состояния инженерно-технических, несущих конструкций, регламентами предусматривается проведение соответствующих мероприятий по устранению причин нарушений и/или обследованию конструкций с выдачей заключения об их техническом состоянии и предложений по их усилению.

Вторым характерным примером трудности использования существующих каналов и методов сбора и передачи информации является зависимость от зоны «видимости» управляемого объекта по отношению к пунктам управления. Характерным примером этого, является мониторинг состояния космических аппаратов (КА), который осуществляется с помощью наземных радиолокационных станций слежения, которые «покрывают» только определенную зону, и не могут обмениваться телеметрической информацией с объектом на всей орбитальной траектории. Здесь существует опасность потери контроля над объектом, что может привести к аварийной ситуации (последние аварии ракет – носителей, тому подтверждение).

Концепция создания автоматизированной системы мониторинга состояния окружающей среды и возникновения чрезвычайных ситуаций должна базироваться на принятых государственных и ведомственных законах, стандартах и представлять собой территориально распределенную аппаратно-программную структуру, обеспечивающую постоянное наблюдение, контроль и своевременное оповещение населения и гарантированного доведения до каждого человека сигналов и экстренной информации об угрозе или возникновении ЧС, а также правилах поведения и способах защиты в такой ситуации [11, 12].

Следует отметить, что на современном этапе развития систем мониторинга состояния окружающей среды повышение информативности и оперативности контроля и оповещения могут быть достигнуты путем:

- компьютеризации информационных процессов;

- минимизации влияния человеческого фактора;
- объединения и задействования существующих и новых аппаратно - программных средств и информационных технологий в единую систему.

Эта концепция может быть реализована и штатно функционировать при наличии следующих элементов программно-аппаратного оснащения:

- комплекса математических моделей, в том числе и динамических, описывающих возникновение и развитие ЧС на контролируемом объекте или территории;

- распределенных телекоммуникационных сетей, локальных систем контроля и диагностики существующих источников природных и техногенных ЧС, включая интернет, мобильную связь, многофункциональные датчики и автономные измерительные системы, сопряженных с аппаратно-программными системами более высокого уровня;

- автоматизированных систем приема-передачи информации о многофакторном состоянии контролируемого объекта,

- программно - аппаратной экспертной системы принятия решений основанной на использовании технологий искусственных нейронных сетей и математического аппарата нечетких множеств.

Структура предлагаемой автоматизированной многоуровневой системы мониторинга состояния окружающей среды, применимой для горных и предгорных районов Казахстана показана на рисунке 1 [5].

Представленная на рисунке 1 система мониторинга состоит из трех условных иерархических уровней:

- первый, низовой уровень представляет собой конкретные объекты наблюдения с установленными на них датчиками физических величин (давления, температуры, уровня, влажности и др.)

-второй – радиопередающие и радиоприемные устройства с антенно-фидерным хозяйством, выполняет функции организации постоянных информационных каналов между датчиками и мониторинговым центром приема и обработки информации о ЧС;

-третий - наивысший уровень, на котором производится прием, обработка, накопление и анализ всей информации поступающей с объекта мониторинга.

Кратко рассмотрим функции и особенности всех уровней аппаратно-программной системы мониторинга состояния окружающей среды с указанием технических требований и возможностей их реализации.

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: 1-объекты мониторинга; 2-датчики физических величин; 3-радиостанция стационарная; 4- радиостанция подвижная; 5- радиостанция носимая; 6- радиомодем; 7- видеокамера с передачей по радиоканалу; 8-радиоканал; 9-базовая станция

УКВ-связи; 10-распределитель – преобразователь радиосигналов; 11-мониторы пункта обработки информации центра мониторинга ЧС; 12-внутренний интерфейс; 13 – база данных; 14 – внутренняя линия связи.

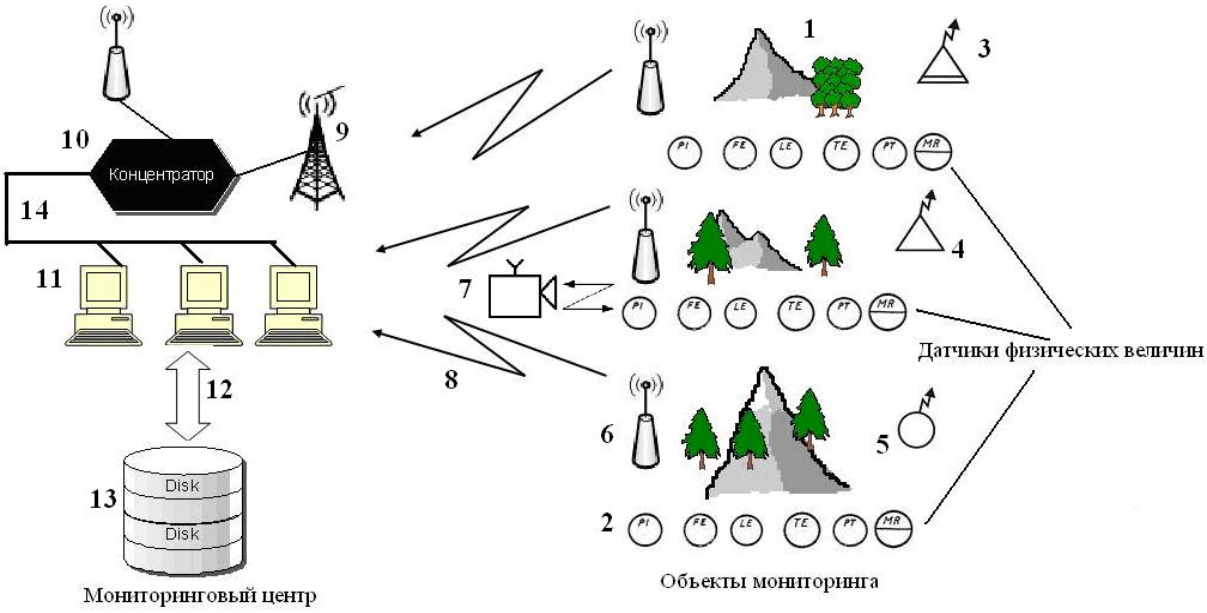


Рисунок 1 – Функциональная схема многоуровневой информационно-измерительной системы мониторинга и контроля чрезвычайных ситуаций

Рассмотрим и поясним назначение и функции основного из ИИС МК ЧС: первого системного уровня.

От первого уровня зависит очень многое в работе всей системы в целом, так как именно датчики физических величин (ДФВ) выполняют основополагающую роль – получение достоверной первичной информации о состоянии объекта мониторинга при любых влияниях многочисленных внешних факторов. Исходя из этого, сформулируем качественные требования к основным параметрам ДФВ и пути их достижения:

1. Номенклатура ДФВ должна быть достаточной для измерения основных факторов состояния окружающей среды, каковыми, например, для мониторинга селеопасности, являются: уровень воды в моренных озерах и водохранилищах, высота снежного покрова, влажность воздуха и почвы, температура воды, воздуха и снежного покрова, расход воды в горных стоках, давление воды в водохранилищах и др.

Для реализации указанных требований непосредственно и вблизи объектов мониторинга предполагается установка следующих ДФВ:

- атмосферное давление;
- температура воздуха;
- влажность воздуха;

- количество выпавших осадков;
- температура воды;
- уровень воды;
- расход воды;
- мутность воды;
- температура слоев снега;
- температура поверхности снега;
- высота снежного покрова;
- сейсмоактивность.

2. Обмен информацией между сетью ДФВ, устанавливаемых на объектах мониторинга и мониторинговым центром, может производиться как по радиоканалу, так и с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА), который при облете зоны мониторинга сканирует и запоминает накопленную датчиками информацию. Данный вариант предпочтителен в том случае, когда радиосигналы в зоне мониторинга имеют сильное затухание и ослабление, что часто случается в условиях горной местности. Для повышения достоверности и информативности состояния объекта мониторинга, БПЛА часто оснащают ВЭБ-камерами, которые в реальном масштабе времени ведут видео объекта мониторинга с указанием времени и координатной привязкой по месту съемки.

Вывод. Разработанная концепция многоуровневой информационно-измерительной системы мониторинга и контроля чрезвычайных ситуаций может быть востребована в Республике Казахстан в горных и предгорных районах, где могут образовываться сели и снежные лавины. Внедрение таких стационарных и мобильных систем позволяют оперативно отслеживать селевую и лавинную обстановку, обеспечивая, тем самым, безопасность населенных пунктов и важных объектов, расположенных на контролируемых территориях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чрезвычайные ситуации, возможные на территории Республики Казахстан и в регионе г. Алматы.http://www.chsnik.kz/.

2. Замай В.И., Проблемы мониторинга селевой опасности горных районов Казахстана. // Проблемы автоматики и управления № 2. Бишкек: Илим, 2014.– С. 31–40. 2014.

3. Концепция предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и совершенствования государственной системы управления в этой области. http://ru.government.kz/.

4. Закон Республики Казахстан «О чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера»http://www.chsnik.kz/.

5. Михайлов П.Г., Ломтев В.А., Аналиева А.У. Многофункциональные датчики физических величин. Принципы построения, модели и конструкции // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль 2015, № 2(12), С. 57-64

6. Михайлов П.Г., Касимов А.О., Усембаева С.А. Системное проектирование радиоэлектронных средств. Учеб.пособие / Алматы: КазНИТУ, 2016.–182 с.

7. Гвоздева Т.В., Баллод Б.А. Проектирование информационных систем: Учебник для вузов. – Москва, Изд-во Феникс, 2009. – 508 с.

8. Михеев М.Ю., Савочкин А.Е. Разработка системы мониторинга и контроля мостового сооружения // Сб. Материалов МНТК СИТ – 2012, ПензГТУ, Пенза 2012.

9. Маргарян С., Харламов А, Хромцев А. Конвенциональные узкополосные технологические радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести // Беспроводные технологии №4 2009. С. 16-25

10. Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Standards Series. Safety Guide No. NS-G-1.6 / IAEA. Vienna, 2003.

11. Отчет НИР по теме: Разработка беспроводной распределенной системы мониторинга загрязнения сбросовых сточных вод антибиотиками и агрессивными лекарственными препаратами, 2382/ГФ4 (промежуточный) № 0115РК01947.

12. Ахметов Б.С., Айтимов М.Ж., Бейсембекова Р.Н., Аналиева А.У. Инновационый патент KZ №29649 от 19.03.2014 «Система контроля загрязнений окружающей среды, производимых техногенными объектами», публ. 16.03.2015, бюллетень № 3.

13. РадиомодулиBluetooth 4.0 для многолетней работы беспроводных датчиков http://www.compel.ru/2012/05/30/

14. IEEE 1451.1-1999 IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators- Network Capable Application Processor Information Model

15. Ахметов Б.С., Айтимов М.Ж, Харитонов П.Т. Применение метода цифровой идентификации в интеллектуальных радиочастотных датчиках для инвариантных систем измерения // Вестник КазНТУ имени К.И. Сатпаева. - 2013. - № 6(100). - С. 83-86.

16. Bröring A. e. a. New Generation Sensor Web Enablement // Sensors. 2011. № 11, p. 2652–2699

17. Akbas, M.I., Erol-Kantarci, M., Turgut, D. Localization for wireless sensor and actor networks with meandering mobility, IEEE Transactions on Computers, Volume 64, Issue 4, 1 April 2015, Article number 6783777, Pages 1015-1028.

УДК 622.838:626/627(470.21)

ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ: КОНЦЕПЦИЯ МНОГОУРОВНЕВОГО МОНИТОРИНГА ИХ ГЕОГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

А.И. Калашник
ведущий научный сотрудник лаборатории Геофлюидомеханики, канд. техн. наук, Горный институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия, e-mail: kalashnik@goi.kolasc.net.ru

Аннотация. Изложены концептуальные подходы к формированию многоуровневого мониторинга геогидромеханического состояния горнотехнических объектов, в основу которого положен принцип комплексирования междисциплинарных исследований, включающих в себя наземные и GPS геодезические, геофизические и гидрологические измерения, а также подповерхностные, наземные, воздушные и спутниковые георадарные съемки. Подходы базируются на проведении режимных наблюдений на различных уровнях: дистанционном, воздушном, наземном, подповерхностном, а также компьютерном моделировании, и синхронной обработке результатов с использованием информационных технологий «BIG DATA» и «CLOUD SERVICE». Натурные многоуровневые исследования составляют основу мониторинга, в результате которого полученные данные о геогидромеханическом состоянии горнотехнических объектов в автоматизированном режиме дополняют базы данных системы поддержки принятия решений. Многоуровневый подход используется и в компьютерном моделировании: создаются 2D и 3D модели горнотехнических объектов как иерархически вложенных структур, с мультимасштабным их исследованием. Концепция многоуровневого комплексного мониторинга геогидромеханического состояния горнотехнических объектов апробирована на основных горнодобывающих предприятиях Кольского полуострова.

Ключевые слова: горнотехнические объекты, мониторинг, многоуровневые исследования, комплексирование, промышленная и экологическая безопасность.

MINING OBJECTS: CONCEPT OF MULTILEVEL MONITORING OF THEIR GEOHYDROMECHANICAL STATE

Anatoly Kalashnik
Leading Researcher of Geoflyuidomechanikal Laboratory, Dr (Eng.), Mining institute KSC RAS, Apatity, Russia, e-mail:kalashnik@goi.kolasc.net.ru

Abstract. Conceptual approaches to forming of multilevel monitoring of a geohydromechanical status of mining objects which basis the principle of integration of the cross-disciplinary researches including land and GPS geodetic, geophysical and hydrological measurements and also subsurface, land, air and satellite georadar shooting is are stated. Approaches are based on carrying out regime observations at the different levels: remote, air, land, subsurface and also computer simulation, and synchronous processing of results with use of information technologies «BIG DATA» and «CLOUD SERVICE». Natural multilevel researches make a basis of monitoring as a result of which data retrieved about a geohydromechanical status of mining objects in the automated mode supplement databases of decision making support system.

Multilevel approach is used also in computer simulation: 2D and 3D models of mining objects as hierarchically enclosed structures are created, with their multilarge-scale research. The concept of multilevel complex monitoring of a geohydromechanical status of mining objects is approved at the main mining enterprises of the Kola Peninsula.

Keywords: mining objects, monitoring, multilevel researches, integration, industrial and environmental safety.

Введение. В Российской Федерации имеет значительное развитие горная промышленность. Горнопромышленными предприятиями создаются различного рода и назначения горнотехнические объекты, которые обеспечивают их деятельность и устойчивое развитие. В частности, на Кольском полуострове, основными горнодобывающими и перерабатывающими комплексами АО «Кольская ГМК», АО «Ковдорский ГОК», АО «Апатит», ОЛКОН, Ловозерский ГОК, созданы более 300 горнотехнических объектов, которые наряду с их большой промышленно-экономической значимостью оказывают существенное влияние на окружающую природную среду [1]. Вследствие горнодобывающей деятельности на полуострове происходят опасные геодинамические процессы и природно-техногенные землетрясения магнитудой свыше 4, приводящие к катастрофическим разрушениям как подземных горных выработок, так и наземных сооружений и коммуникаций; активизируются современные тектонические движения земной коры, которые, в свою очередь, осложняют ведение работ и снижают промышленную и экологическую безопасность [2, 3].

Для промышленной и экологической безопасности горнотехнических объектов промышленных предприятий необходимо перспективное и стратегическое решение задач обеспечения их механической устойчивости и функциональности при природных и техногенных воздействиях [1, 3, 4]. Необходимым и обязательным условием этого является комплексный многоуровневый мониторинг геогидромеханического состояния горнотехнических объектов и сопряженной с ними геологической среды, организованный на различных масштабных и измерительных уровнях, проведение которого позволяет выявить на ранней стадии развитие опасных фильтрационно-деформационных процессов [3, 5, 6]. Это позволит выявить потенциально опасные геомеханические процессы и прогнозировать геодинамические проявления (землетрясения, активизация тектонических движений и блоковых смещений геологической среды, трансформация дневной поверхности, горно-тектонические удары, сдвижения, проседания, изменение гидрогеологического режима, береговой линии водоемов и т.п.) на ранних стадиях их формирования и своевременно принять решения по защите как са-

мих объектов, так и окружающей природно-технической среды. Эти опасные процессы также могут быть "спусковым механизмом" для разрушений горнотехнических объектов добывающих комплексов, приводящим к значимым социально-экономическим потерям: разрушению горнодобывающей инфраструктуры, близлежащих населенных пунктов и промышленных объектов, человеческим жертвам, остановке горнодобывающего и перерабатывающих предприятий, токсичному загрязнению отходами земель, рек и озер, и, как следствие, экономическому ущербу, измеряющемуся сотнями миллионов рублей.

Важную роль при этом играют экспертная оценка механического состояния и функциональности горнотехнического объекта, а также результаты прогнозирования на основе создания компьютерных моделей и моделирования различных вариантов развития ситуации. В комплексе с использованием баз данных и знаний становится возможным своевременно принять управленческое решение по предотвращению развития чрезвычайной и аварийной ситуации.

Цель исследования. Основная цель обеспечения промышленной и экологической безопасности горнотехнических объектов горнодобывающих комплексов заключается в перспективном и стратегическом решении задач обеспечения их геогидромеханической устойчивости и функциональности при природных и техногенных воздействиях (рис. 1). [3, 6, 7]. Природное воздействие на горнотехнический объект подразумевает действие гравитационных и тектонических сил, эффекты от современных движений земной коры, процессов по активным геологическим разломам, природных землетрясений, подземных, поверхностных и паводковых вод, и др. Техногенное воздействие обусловлено горнодобывающими процессами, взрывной отбойкой пород, крупномасштабным перемещением породных масс, заполнением накопителей жидких горнопромышленных отходов, сбросов промышленных вод и др. Совместное интегрированное воздействие приводит к изменению механической устойчивости и функциональности горнотехнического объекта, а также сопряженной с ним геологической среды.

Обязательным условием обеспечения безопасности горнотехнического объекта является комплексный многоуровневый геогидромеханический мониторинг, проведение которого позволит выявить на ранней стадии развитие опасных деформационных процессов. Важную роль при этом играют экспертная оценка геогидромеханического состояния и функциональности сооружения, а также возможность прогнозирования на основе создания компьютерных моделей и моделирования различных вариантов разви-

тия ситуации [3]. В комплексе с использованием баз данных и знаний становится возможным своевременно принять управленческое решение по предотвращению развития чрезвычайной и аварийной ситуации.

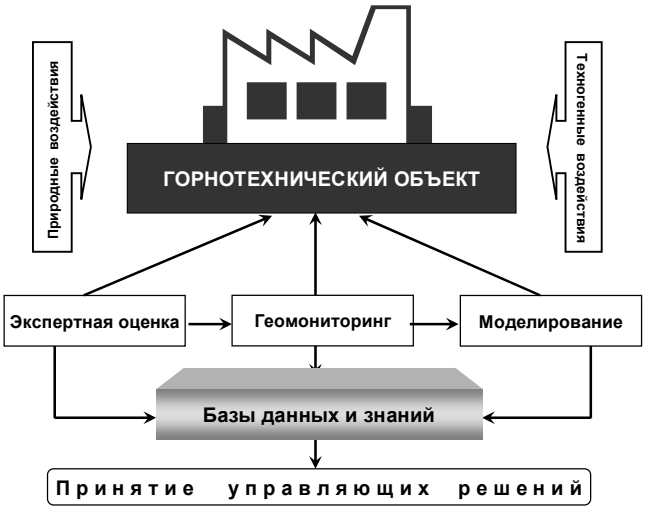


Рисунок 1 - Концептуальная структура обеспечения промышленной и экологической безопасности горнотехнического объекта

Для этих целей в Горном институте КНЦ РАН (г. Апатиты) создается комплексная многоуровневая система геомониторинга горнотехнических объектов горнодобывающих комплексов, базирующаяся на комплексировании междисциплинарных натурных наблюдений и компьютерном геогидромеханическом моделировании [2, 3]. В различных модификациях система мониторинга апробирована на крупных горнодобывающих предприятиях Кольского полуострова: АО «Ковдорский ГОК», АО «Кольская ГМК», АО «Апатит», ГОК «Олений ручей», ГОК «ОЛКОН», а также на накопителях жидких промышленных отходов перерабатывающих и металлургических предприятий [2, 3, 6, 7].

Методические подходы. В системной структуре комплексного многоуровневого геогидромеханического мониторинга горнотехнических объектов горнодобывающих комплексов предлагается использовать, наряду с уже ставшими традиционными (геомеханические измерения, геодезические наблюдения, сейсмические, лазерные методы, аэрофотосъемка), новые методы измерений и исследований, такие как: георадарное подповерхностное зондирование, радарное площадное сканирование, спутниковые многоспектральные и радарные снимки, GPS-технологии [3, 8, 9-11], а также компьютерное геомеханическое и геогидромеханическое моделирование [3] (рис. 2).

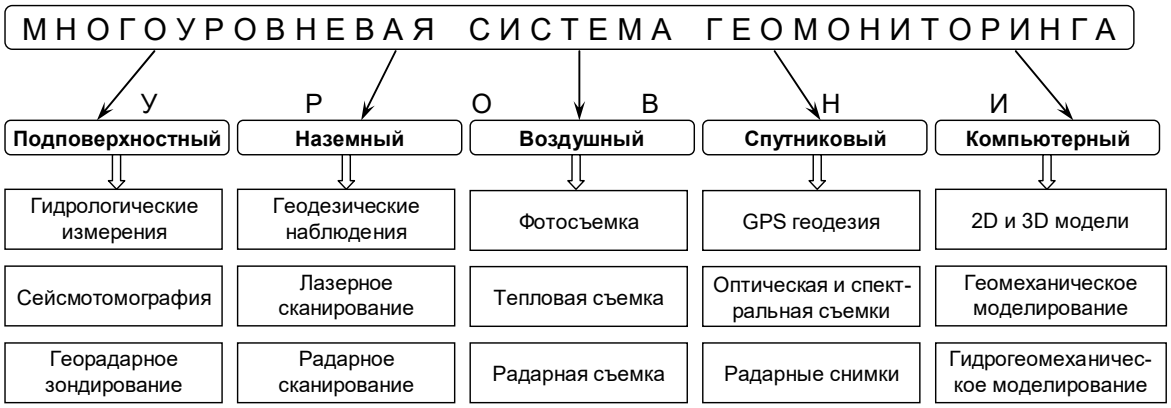


Рисунок 2 - Системная структура многоуровневого мониторинга геогидромеханического состояния горнотехнических объектов

Выполнение мониторинга предусматривается на пяти уровнях, первые четыре из которых (подповерхностный, наземный, воздушный, спутниковый) соотносятся с дневной поверхностью, а пятый уровень (компьютерный) основан на построении 2D- и 3D-моделей, геомеханическом и геогидродинамическом исследовании (моделировании).

*Подповерхностный уровень. Д*еформационно-фильтрационные процессы, происходящие в горнотехнических объектах, контролируются посредством автоматизированных гидрогеологических и геофизических измерений. Применение сейсмотомографии и георадарного подповерхностного зондирования позволяет уточнить и детализировать влагонасыщенность и изменение механических свойств пород на глубину до 10-20 м от поверхности. [3, 8].

Наземный уровень. Смещения и деформации природно-технических объектов, а также дневной поверхности сопряженной с ними геологической среды достаточно уверенно и с высокой точностью определяются классической (нивелирование и полигонометрия) геодезией. При этом одним из основных условий является передача и подтверждение координат опорных точек. Дополнительно для целей детализированного мониторинга горнотехнических объектов, решения задач их устойчивости и создания цифровых моделей применяется лазерное и радарное сканирование [3, 11, 12].

Воздушный уровень. Мониторинг площадных и линейно-протяженных горнотехнических объектов осуществляется с применением аэрофотосъемки и цифровой обработки оптических, мультиспектральных и радарных снимков, выполненных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [3]. Для этих целей могут применяться БПЛА как самолетного, так и вертолетного типов, с автоматическим проведением аэрофотосъемочных работ и с автоматизированной обработкой данных аэрофотосъемки. По данным аэрофотосъемки и привязки (телеметрия полета, наземные опорные точки)

создается текстурированная 3D-модель местности, матрица высот и ортофотоплан различных масштабов.

Спутниковый уровень. Для определения плановых координат наблюдательных пунктов необходимо применение GPS-геодезии по технологии "статика" и прямыми измерениями [3, 9, 10, 11, 13]. Для геомониторинга площадных и линейно-протяженных объектов целесообразно использовать данные цифровой обработки оптических, спектральных и радарных спутниковых снимков. Из отдельных спутниковых снимков, имеющих перекрытия, монтируются фотосхемы (фотомозаики) или фотокарты с топографической привязкой опорных точек, что достаточно для создания 3D-моделей объектов. Применение спектральных съемок позволяет определить свойства исследуемой поверхности и решать ряд экологических задач. Отличительной особенностью спутниковой радарной съемки является ее выполнение при любой погоде и в любое время суток. На радарных снимках хорошо идентифицируются рельеф и шероховатость поверхности, ее влажность, иногда – подповерхностные структуры.

Компьютерный уровень. В задачи комплексного мониторинга, в целях оценки и прогноза геогидромеханического состояния горнотехнических объектов и тенденций их изменения, должно входить компьютерное моделирование на основе специализированных программных комплексов. Цифровые 2D- и 3D-модели горнотехнического объекта должны разрабатываться и корректироваться с учетом инструментальных геомеханических, геодезических, георадарных и гидрологических измерений не реже одного раза в год [14]. Геомеханическое моделирование направлено на прогноз механического состояния и оценку устойчивости горнотехнического сооружения. Для геогидродинамического моделирования реализован принцип интегрирования геолого-геометрических (геологические и пространственные характеристики пород), геомеханических (механические свойства и действующие нагрузки), гидростатических (степень водонасыщения пород, разность напоров различных водоносных горизонтов, а также положение депрессионной плоскости) и гидродинамических (образование зон фильтрации, скорость и давление потока) условий. Это позволяет, наряду с геомеханическими расчетами, выполнять и гидравлические, с оценкой интегральной надежности природно-технического сооружения.

Концепция мониторинга. Современные мировые и отечественные разработки систем мониторинга базируются на использовании информационных технологий «BIG DATA» и «CLOUD SERVICE» с элементами инноваций [3, 9, 12, 15, 16]. Предлагаемая нами концепция системы многоуровневого комплексного мониторинга геогидромеханического состояния горнотехни-

ческих объектов включает в себя следующие основные модули: многоуровневые измерения и исследования; логическая обработка и систематизация данных с применением информационных технологий «BIG DATA» и «CLOUD SERVICE»; актуализация 2D- и 3D-моделей и компьютерное исследование их для измеренных природных и техногенных воздействий; интерактивное сопоставление с пороговыми значениями опасных геоиндикаторов и имеющимися знаниями; принятие управляющих решений (рис. 3). Посредством системы поддержки принятия решений, использующей знания в междисциплинарных областях применяемых методов и исследований, выполняется качественная и количественная оценка рисков развития опасных геомеханических и гидродинамических процессов, на основании чего экспертно принимаются управляющие решения по превентивным мероприятиям в целях минимизации аварий и чрезвычайных ситуаций.

Натурные междисциплинарные многоуровневые исследования составляют основу мониторинга, результаты которого и полученные данные постоянно дополняют и обновляют базы данных. С применением информационных технологий «BIG DATA» и «CLOUD SERVICE» данные обрабатываются, систематизируются и в интерактивном режиме сопоставляются с имеющимися знаниями.

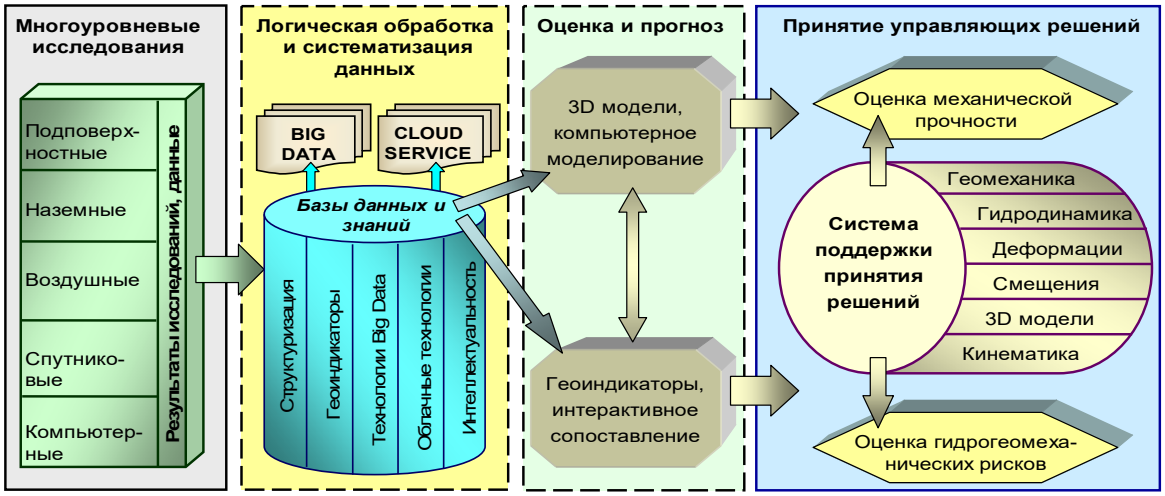


Рисунок 3 - Концепция системы многоуровневого мониторинга геогидромеханического состояния горнотехнических объектов

Таким образом, целеполагание концепции многоуровневого комплексного мониторинга геогидромеханического состояния горнотехнических сооружений имеет инновационный характер. Оно направлено на то, чтобы применять и комплексировать методы, средства и технологии, которые позволяли бы получать новые знания, и использовать их с применением инновационных подходов для генерирования знаний более высокого уровня.

Вывод. Разработана концепция многоуровневого мониторинга геогидромеханического состояния горнотехнических объектов горнодобывающих комплексов, в основу которого положен принцип комплексирования междисциплинарных исследований, включающих в себя: наземные и GPS геодезические, гидрологические, геомеханические и геофизические измерения, а также подповерхностные, наземные, воздушные и спутниковые георадарные съемки. Мониторинг предусматривает выполнение натурных режимных измерений на различных уровнях, соотнесенных с дневной поверхностью: дистанционном (удаленным надповерхностным) (GPS геодезия, спутниковые оптические и радарные снимки); воздушном (надповерхностным) (оптическая, тепловая и радарная аэрофотосъемки с применением БПЛА); наземном (визуальные наблюдения, фотофиксация, геодезические измерения, лазерное и радарное сканирование); подповерхностном (гидрологические (пьезометрические) измерения, георадарное зондирование, сейсмотомография); компьютерном (мультиповерхностным) (геомеханическое, гидрогеомеханическое, сценарное и ситуационное моделирование). Многоуровневый подход должен быть применен при построении 2D и 3D моделей и их геомеханическом и геогидромеханическом исследовании (моделировании). Предложены методические подходы, позволяющие адаптировать стандартные методы к целям многоуровневого мониторинга горнотехнических сооружений для минимизации рисков техногенных катастроф и экологических последствий горнодобывающей деятельности. Основные положения концепции многоуровневого мониторинга горнотехнических объектов апробированы на горнодобывающих предприятиях Кольского полуострова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Научно-технический прогресс на горнорудных предприятиях Заполярья / Н.Н. Мельников, П.А. Усачев, Ю.В. Демидов и др. - Л.: Наука: Ленингр. отд-ние, 1988. - 239с.

2. Мельников Н.Н. Создание многоуровневой системы геодинамического мониторинга горнотехнических и нефтегазовых объектов западной части российского сектора Арктики / Н.Н. Мельников, А.И. Калашник // Арктика: экология и экономика. - 2015. - № 3 (19). - С. 66 - 75.

3. Мельников Н.Н. Комплексная многоуровневая система геомониторинга природно-технических объектов горнодобывающих комплексов / Н.Н. Мельников, А.И. Калашник, Н.А. Калашник, Д.В. Запорожец // ФТПРПИ. - 2018. - №4. - С.1-8.

4. Zaki M.J. Data mining and analysis, Fundamental Concepts and Algorithm / M.J. Zaki, M.Jr. Vagner - New York, Cambridge University Press, 2014. - 607 p.

5. Мосейкин В.В. Совершенствование удаленного автоматизированного контроля откосных сооружений на горных предприятиях / В.В. Мосейкин, А.М. Гальперин, В.В. Ческидов, С.А. Пуневский // Горный журнал. - 2017. - № 12. - С. 82-86.

6. Козырев А.А. Концепция организации геодинамического мониторинга нефтегазовых объектов западного сектора Российской Арктики / А.А. Козырев, А.И. Калашник, Э.В. Каспарьян, С.Н. Савченко // Вестник МГТУ: Тр. Мурман. гос. тех. университета. - 2011. - Т. 14. - № 3. - С.587-600.

7. Данилкин А.А. Мониторинг состояния ограждающей дамбы в зоне отработки техногенного месторождения Ковдорского ГОКа / А.А. Данилкин, А.И. Калашник, ДВ. Запорожец, ДА. Максимов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2014. - № 7. -С. 344-351.

8. Мельников Н.Н. Опыт применения георадарных подповерхностных исследований в западной части российского сектора Арктики / Н.Н. Мельников, А.И. Калашник, Д.В. Запорожец, А.Ю. Дьяков, Д.А. Максимов // Проблемы Арктики и Антарктики. - 2016. - № 1. - С. 39 - 49.

9. Кожаев Ж.Т. Геоинформационная система геомеханического мониторинга рудных месторождений с использованием методов космической радиолокационной интерферометрии / Ж.Т. Кожаев, М.А. Мухамедгалиева, Б.Б. Имансакипова, М.Г. Мустафин // Горный журнал. - 2017. - № 2. - С. 39 - 44.

10. Ferretti A. Satellite InSAR Data: reservoir monitoring from space / A. Ferretti - EAGE Publications bv, 2014. - 160 p.

11. Hartwig M.E. Detection of mine slope motions in Brazil as revealed by satellite radar interferograms / M.E. Hartwig // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. – 2016. - Vol. 75(2). - Iss. 2. - P. 605 - 621.

12. Naticchia B. A monitoring system for real-time interference control on large construction sites / B. Naticchia, M. Vaccarini, A. Carbonari // Automation in Construction. – 2013. - Vol. 29. - P. 148 - 160.

13. Costantini M. Operational monitoring of mines by COSMO-SkyMed PSP SAR interferometry / M. Costantini, F. Malvarosa, F. Minati, L.M. De Assis // European Space Agency. (Special Publication). - 2016. - ESA SP-740

14. Калашник А.И. Методология применения информационных технологий при освоении минерально-сырьевых ресурсов Кольского полуострова / А.И. Калашник // Наука и образование. 10 лет вместе. – 2005. - 132-139.

15. Бычков И.В. Горная информатика и проблема "больших данных" в построении комплексных мониторинговых систем безопасности недропользования / И.В. Бычков, Д.Я. Владимиров, В.Н. Опарин, В.П. Потапов, Ю.И. Шокин // ФТПРПИ. - 2016. - № 6. - С. 163 - 179.

16. Зеленцов В.А. Методология создания и применения интеллектуальных информационных технологий наземно-космического мониторинга сложных объектов / В.А. Зеленцов, А.П. Ковалев, М.Ю. Охтилев, Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов // Тр. СПИИРАН. - 2013. - № 5(28). - С. 7 - 81.

УДК 629.11

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РОБОЧИХ ВАХТОВИМ АВТОБУСОМ

О.Г. Ходос[1]

[1]старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», г. Дніпро, Україна, e-mail: auto.nmu@gmail.com

Анотація. Проведено теоретичне дослідження комфортабельності перевезення робочих вахтовим автобусом.

Ключові слова: вахтовий автобус, комфортабельність.

RESEARCH OF COMFORT OF TRANSPORTATION OF PEOPLE TO THE PLACE OF WORK BY THE SPECIAL BUSSES

Olga Khodos [1]

[1] senior teacher of Department of Automobiles and Automobile Economy, National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine, e-mail: auto.nmu@gmail.com

Abstract. Conducted theoretical research of comfort of transportation of people to the place of work by the special busses.

Keywords: special bus, comfort.

Введение. На сьогоднішній день одним із важливих моментів у роботі кар'єрів є доставка робочої бригади до місця проведення робіт, на робочу зміну, і тут стає незамінним вахтовий автобус. Як правило, сьогодні приділяється досить велика увага тому, щоб люди почували себе досить комфортно, не стеснено й без проблем могли дістатись до місця призначення. Вахтовий автобус являє собою автобусну кабіну, розрахована на певну кількість людей, яка розташовується на шасі вантажного автомобіля. Використання саме таких моделей забезпечує безперебійну доставку працівників до місця призначення, оскільки дані машини є економічно вигідними з погляду витрати палива, до того ж вони здатні до подолання важкопроходимих ділянок. Основний упор ставиться не на кількість перевезених пасажирів, а на якість перевезення, прохідність шасі на важких ділянках дороги.

Ціль роботи. Виконати аналіз і теоретичне дослідження комфортабельності перевезення робочих вахтовим автобусом.

Матеріал і результати досліджень.

На сьогоднішній день усе частіше можна побачити даний тип вахтових автобусів, який розміщається на шасі вантажівки марки «КрАЗ». Розглянемо вахтовий автобус КрАЗ-5233НЕ. Кузов даного вахтового автобуса розраховано на розміщення сімнадцяти людей. Як правило внутрішня частина пасажирської частини кузова має однакове для всіх моделей оснащення. Пасажирські крісла розташовуються в кілька рядів і перший ряд по відношенню до другого розташовані обличчям один до одного.

Конструкція сидінь автобуса складається з металевого підрамника, на який встановлюється сидіння із пластикового каркаса покритого декоративною тканиною. Габаритні розміри пасажирських сидінь наведено на рис. 1.

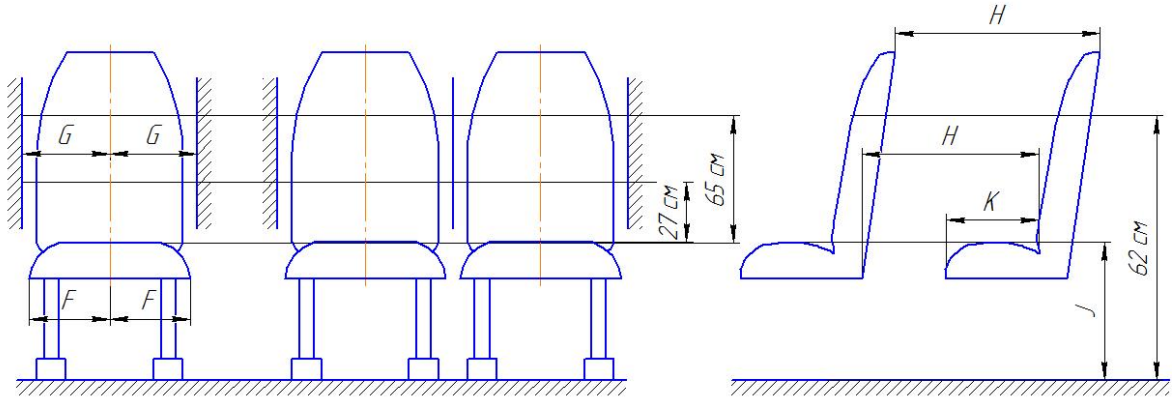


Рис.1. – Параметри місць для сидіння

У рамках цієї роботи були зроблені виміри параметрів місць для сидіння в вахтовому автобусі КрАЗ-5233НЕ і зведені в таблицю 1.

Таблиця 1 - Параметри місць для сидіння в вахтовому автобусі

Найменування параметра	Чисельне значення параметра, см
F	19,5
G одномісного сидіння	22
G двомісного сидіння	22
H	63
I	40
K	35
Висота спинки сидіння	53

Проаналізувавши показники комфортабельності й занесучи їх у таблицю 2 можна зробити висновок, що вахтовий автобус КрАЗ-5233НЕ не відповідає показникам комфортабельності конструкції.

Таблиця 2 - Показники комфортабельності автобусів

№ п/п	Показники конструкції й розташування сидінь	Результати вимірів (см)	Нижній нормативний показник
1	Відстань між передньою стороною спинки сидіння й задньою стороною спинки сидіння, розташованого спереду, не менше, см	63	68
2	Мінімальна висота сидіння, не менше, см	93	102
3	Діапазон регулювання нахилу спинки всіх сидінь	-	-
4	Кількість підлокітників на одне сидіння	0	1
5	Підлокітники, які піднімаються з боку проходу	-	-
6	Оббивка із тканини (сидіння й спинка)	+	+
7	Роздільне кріплення сидінь	-	-

У рамках цієї роботи були зроблені виміри параметрів місць для сидіння у вахтовому автобусі КрАЗ-5233НЕ. Також були досліджено 11 антропометричних характеристик 60 чоловіків різної вікової категорії: до 25 років, 25-40 років, 40-50 років, понад 50 років. Усі ці параметри були занесені в ПП «Excel» і обчислене середнє значення параметрів.

Таблиця 3 – Антропометричні параметри чоловіків

Вік	До 25 років	25-40 років	40-50 років	Понад 50 років
Зріст	163.7	179.3	177	178.3
Вага	75	79	82	80
Обхват грудей	92	91.3	99.7	97
Обхват стегон	62.7	82.7	72	70.7
Ширина спини	45	49.7	54	57.7
Довжина рук	60	63	66	66.7
Довжина плеча	35.7	28.3	29.3	30.7
Висота колінного суглоба	48	53	52.7	52.7
Висота очей	156.6	171	169.3	169
Висота плечей	137.3	157.3	156.3	157
Висота тазостегнового суглоба	92.3	98	102	102.2

У результаті отриманих даних був створений двомірний посадковий манекен у ПП «Компас» з максимальним антропометричними параметрам. Також було створено двомісне сидіння, на якому розташували 2 манекена

відповідно до антропометричних характеристик. Тобто був зроблений зсув пасажира розташованого біля проходу і він розташований на сидінні частково, а пасажир, який сидить біля вікна буде розташований комфортно (малюнок 2).

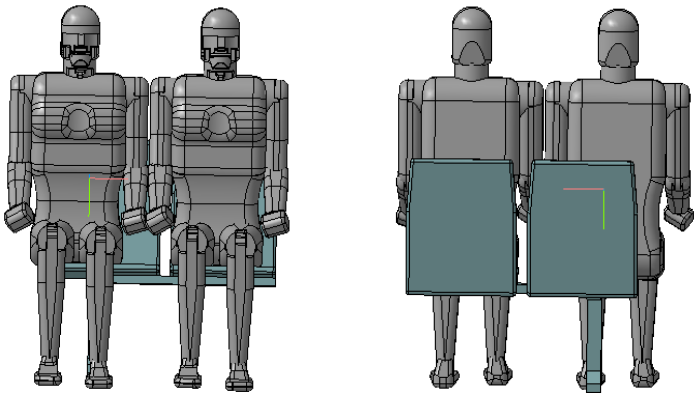


Рис. 2. – Розміщення двох двомірних посадкових манекенів на двомісному сидінні (вид спереду й ззаду)

З результатів проектування можна зробити висновок, що пасажирські сидіння в вахтовому автобусі КРАЗ-5233НЕ не виконують функцію комфортного й безпечного розміщення пасажирів.

Висновок. Виходячи з вище викладеного робимо висновок, що й далі пасажири будуть зазнавати дискомфорт при розташуванні на сидіннях з такими параметрами, а найголовніше зниження безпеки обумовлене зміненою взаємодією пасажира з подушкою й спинкою сидіння. Для усунення цих недоліків виробникам вахтового автобуса КРАЗ-5233НЕ необхідно більш ретельно ставиться до питань комфортабельності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ходос О.Г. Перспективи застосування інноваційних допоміжних систем для підвищення безпеки учасників дорожнього руху / О.Г. Ходос, І.Ю. Содоль // The Development of the Informational and Resource Providing of Science and Education in the Mining and Metallurgical and the Transportation Sectors 2014. - Дніпропетровськ, 2014. - С. 199 – 202.

2. Наказ «Про затвердження вимог до перевірки конструкції та технічного стану колісного транспортного засобу, методів такої перевірки» от 26.11.2012 № 710. Джерело: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z2169-12;

3. Порядок визначення класу комфортності автобусів, сфери їхнього використання за видами сполучень та режимами руху від 12 червня 2009 року N 685. Джерело: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE13766.html.

УДК: 004.021

ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ОЦЕНОК МЕТАКОМПЕТЕНЦИЙ УЧАЩЕГОСЯ НА ОСНОВЕ ЕГО ПОВЕДЕНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Е.Г. Бершадская
кандидат технических наук, профессор кафедры вычислительных машин и систем, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: bereg.50@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблемам анализа компьютерных сетей, формальному определению количественных характеристик, которые могут быть полезны для анализа информации, полученной из социальных сетей. Программная реализация, предложенная авторами статьи, позволяет извлекать информацию из социальных сетей, проводить обработку, анализ и визуализацию данных.

Ключевые слова: социальные сети, анализ данных, метакомпетенции.

A FORMALIZED METHOD FOR OBTAINING QUANTITATIVE ESTIMATES OF META-COMPETENCES ARE INFLUENCED LEARNER BASED ON HIS BEHAVIOR IN SOCIAL NETWORKS

E.G. Bershadskaya
Ph.D., Professor of the Department of Computers and Systems, FGBOU VO 'Penza State Technological University', Penza, Russia, e-mail: bereg.50@mail.ru

Abstract. The article is devoted to analysis of computer networks, a formal definition of quantitative characteristics, which can be useful for the analysis of information obtained from social networks. The software implementation proposed by the authors, allows to extract information from social networks, to processing, analysis and visualization of data.

Keywords: social networks, data analysis, meta-competences.

Введение. Информационные технологии, стремительно врывающиеся в различные сферы нашей жизни, претендуют на серьёзную роль даже в самой, казалось бы, субъективной области – оценке личностных компетенций человека.

Компетентность есть качество человека, и она должна быть в каких-то аспектах тесно связана с личностями, а в других аспектах быть их общим качеством как профессионалов. Поэтому целесообразно классифицировать компетенции по этому признаку и обозначить их метакомптенциями в соответствии с более высоким уровнем иерархии [1]. Приставка мета в данном случае удачно подходит, поскольку префикс мета представляет собой

три направления: 1) «Мета X » называется то, что наблюдается после X, то есть X является предпосылкой мета X. 2) Выражение «мета X» демонстрирует, что X меняется и является общим названием этого изменения. 3) «Мета X» применяется в качестве названия того, что выше X в том смысле, что оно более высоко организовано.

Цель работы определить количественную оценку метакомпетенций учащихся на основе анализа моделей их поведения в социальных сетях.

По данным статистики 2018 года, наиболее популярными у школьников стали такие социальные сети, как $Vk, Odnoklassniki, Instagram, Periscope$ и $Twitter$. Поэтому эти социальные сети и станут источниками извлечения значимых данных для анализа и оценки их метакомпетенций. Метакомпетенция отображает одну из черт личности субъекта (когнитивность или креативность) и соответственно выше каждой из составляющих ее компетенций. Отдельный тип метакомпетенций определяется большим числом индикаторов. Каждая компетенция – это набор родственных поведенческих индикаторов, которые объединяются в один или более блоков в зависимости от смыслового объема [1] .

Так в обучающей среде можно организовать тестирование учащихся с целью получения оценок всех индикаторов каждого из типов метакомпетентности. Например, коммуникативную составляющую метапредметной компетенции определяют способности к сотрудничеству, выполнению определенных ролевых функций, представлению результатов своей деятельности, то есть коммуникативные универсальные учебные действия обеспечивают социальную компетентность ребёнка. Познавательную компетенцию характеризуют внимание, память, восприятие, мышление [2].

Материал и результаты исследований. В процессе анализа социальных сетей целесообразно ознакомиться с рядом числовых и нечисловых характеристик, отношений и множеств, естественным образом связанных с пользователями сети и сообщениями, циркулирующими в ней. Важно отметить то обстоятельство, что все они могут быть вычислены или построены при помощи соответствующих алгоритмов и при наличии программного обеспечения, позволяющего извлекать необходимую информацию из сети.

Обозначим T – сообщение («твит») социальной сети; u – пользователь сети, который может создавать и пересылать сообщения.

Одноместные характеристики: количество людей, которые читают сообщения определённого пользователя (т. е. подписчиков этого пользователя); количество друзей у данного пользователя (пользователь сам заносит некоторых людей в список друзей); количество пересылок данного

сообщения; количество сообщений («твитов»), созданных данным пользователем; «настоящее» имя пользователя, если соответствующая позиция заполнена (это нечисловая характеристика).

Временные характеристики: дата создания аккаунта; дата создания сообщения.

Множества:

$Followers\ (u)$ – подписчики данного пользователя; $Friends\ (u)$ – друзья данного пользователя; $Mentions\ (u)$ – имена пользователей, упоминаемые в сообщениях данного пользователя; $Hashtags\ (u)$ – хэштеги, которые можно встретить в сообщениях данного пользователя; $Urls\ (u)$ – внешние ссылки, которые отмечаются в сообщениях данного пользователя.

Числовые характеристики, ассоциированные с множествами:

$Count_Mentions_u\ (v)$ – – количество отметок пользователя v пользователем u; $Count_Hashtagsu_u\ (v)$ – количество применений хештега v пользователем u;

$Count_Urls_u\ (v)$ – количество упоминаний внешней ссылки v пользователем u;

$Count_Retweets_u\ (u_1)$ – количество сообщений пересланных пользователем u, полученных от пользователя u_1 .

Элементы множества $Mentions\ (u)$ можно упорядочить относительно характеристики $Count_Mentions_u\ (v)$ таким образом, что сначала будет стоять пользователь, упоминаемый чаще всех, затем – пользователь, которого u упоминает меньшее число раз и т. д. Следовательно, получим, если $ui \in Mentions\ (u), i = 1, \dots . N$, то $Count_Mentions_u\ (u_1) \geq Count_Mentions_u\ (u_2) \geq \cdots \geq Count_Mentions_u\ (u_N)$.

Анализируя процессы, происходящие в коллективах людей, будем рассматривать трехместные отношения предпочтения. Критерии предпочтительности могут быть различными: профессионализм, который можно поделить на разные виды деятельности, что откроет спектр новых критериев; умение руководить людьми; коммуникабельность; способность к инновациям; психологическая устойчивость; отношения симпатии, субординации; интимные отношения и т. д. На основе таких отношений складывается неформальная структура коллектива [7].

Трехместные отношения:

$Mentions_u\ (u_1, u_2)$ – пользователь u отмечает пользователя u_1 не реже, чем u_2; $Hashtags_u\ (h_1, h_2)$ – пользователь u употребляет хэштег h_1 не реже, чем хэштег h_2; $Urls_u\ (url_1, url_2)$ – пользователь u упоминает ссылку url_1 не реже, чем ссылку url_2; $Retweets_u\ (u_1, u_2)$ – пользователь u пересылает сообщения, которые раннее получил от пользователя u_1, не меньшее число раз, чем полученные от пользователя, u_2.

Числовые характеристики, ассоциированные с трехместными отноше-

$$N_Mentions_u(u_1,u_2) = Count_Mentions_u(u_1) - Count_Mentions_u(u_2);$$

$$N_Hashtags_u(h_1,h_2) = Count_Hashtags_u(h_1) - Count_Hashtags_u(h_2);$$

$$N_Urls_u(url_1,url_2) = Count_Urls_u(url_1) - Count_Urls_u(url_2);$$

$$N_Retweets_u(u_1,u_2) = Count_Retweets_u(u_1) - Count_Retweets_u(u_2).$$

На основании приведенных выше функций можно определять силы влияния различных факторов. Например, функция $N_Mentions_u(u_1,u_2)$ дает возможность вычислить силу влияния пользователя u_1 по сравнению с u_2 на пользователя u, т. е. силу влияния с учетом предпочтений пользователя u.

В процессе анализа социальных сетей можно выявить естественные отношения предпочтения между пользователями, которые можно выразить как трехместные отношения, упомянутые ранее.

Обычно из социальных сетей извлекают анкетные данные пользователя, информацию о его социальных связях и круге ближайших друзей, интересах, образовании и месте работы, а также специфическую информацию об активности пользователя в социальной сети (число постов, альбомов, стандартное время посещения сети). Для извлечения контента из социальных сетей доступен ряд соответствующих программных продуктов, из которых наиболее известны $SocioHub$ [3] и $Crauler$ [4].

Алгоритм построения графа. Введем обозначения: *n* – члены группы (коллектива); A_k – индивидуальная анкета (1≤ *k* ≤ *n*). Индивидуальная анкета представляет собой булеву (содержащую только нули и единицы) антисимметричную матрицу с нулями на главной диагонали.

Совокупность таких анкет A_k $(1 \le k \le n)$ образует входное множество данных.

Каждой индивидуальной анкете A_k соответствует ориентированный граф

$$G_k = \langle G_k, I_k \rangle, G_k = \{1, \dots, n\}, \langle i,j \rangle \in I_k \leftrightarrow i \vdash_k j.$$

Матрица A_k является для G_k матрицей смежности. Результирующая матрица $Q = (q_{ki})$ вводится по правилу

$$q_{ki} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}^k,$$

т. е. в k-й строке отражено «суммарное мнение» -го члена об i-м члене группы (q_{kk} можно назвать самооценкой). Мнение *k*-го члена о коллективе в целом:

$$M_k = \sum_{i=1}^{k} q_{ki}$$

.

$$R_i = \sum_{k=1}^{n} q_{ki}$$

Величина

называется рейтингом *k*-го члена группы и отражает суммарное мнение всего коллектива о данном члене группы.

Разность $A_k = M_k - R_k$ называется адекватностью *k*-го члена группы. Матрице соответствует граф

$$G = \langle G, I, w \rangle, G = \{1, \dots, n\}, \langle i, j \rangle \in I \leftrightarrow i \neq j$$

Вес ребра определяется по формуле: $w(i,j) = q_{ij}$.

Данный граф является полным (полный граф – это граф, в котором все вершины соединены между собой). Каждые две вершины соединены парой ребер противоположной ориентации, которые могут иметь различный вес. Таким образом, алгоритм построил граф.

Для того чтобы выделить в графе «пути наибольшей симпатии», необходимо решить некоторый вариант задачи о коммивояжере. Если граф содержит большое количество вершин, для сокращения перебора рекомендуется проводить анализ построенного графа по выделенным подграфам, т.е. брать срез. При этом часть вершин в графе оказывается изолированной и отбрасывается.

Полученный граф дополняется ребрами до полного и веса наследуются, т. е. рассматриваются только значимые члены коллектива, но связи между ними учитываются все.

Пусть $l = \langle i_1, \dots i_k \rangle$ – некоторый маршрут в графе G. Весом маршрута l называется величина

$$w(l) = \sum_{j=t}^{k-1} w(i_j, i_{j+1}).$$

Если $i_1 = i_k$, то маршрут называется замкнутым. Будем использовать следующие обозначения: $k \in l$ – вершина k содержится в маршруте l; $l_1 \subseteq l_2$ – маршрут l_1 является частью маршрута l_2; $Ent\,(k,l) = \{i \mid \langle k, i \rangle \subseteq l\}$ – вход из вершины k в маршрут l.

Задача о коммивояжере может быть сформулирована как задача поиска максимального замкнутого маршрута без самопересечений, такого, что $w(l)$ достигает максимума, т. е. данный маршрут должен проходить через все вершины. При этом через каждую вершину он должен проходить

только один раз. В силу полноты графа G такой маршрут существует. Но в общем случае их может быть несколько. Обозначим множество всех таких маршрутов $L(G)$. По определению $Ent(k,G) = \{Ent(k,l) \mid l \in L(G)\}$ представляет множество входов из вершины k в граф G.

Элементы $L(G)$ называются «путями наибольшей симпатии», $Ent(k,G)$ показывает, на кого из членов коллектива можно направить свое внимание, чтобы подключиться к этим путям. Если проанализировать полученные отношения то, например нарушение транзитивности, как правило, свидетельствует о неустойчивости коллектива. Незначительное нарушение обычно всегда присутствует [5, 6]. Более того, в большом коллективе постоянно образуются и распадаются малозначимые связи.

Для анализа графовых моделей социальных сетей иногда удобно использовать коэффициент плотности, определенный как отношение числа ребер в анализируемом графе к числу ребер в полном графе с тем же числом вершин Кроме этого, сеть могут характеризовать такие величины, как число путей заданной длины (путь — последовательность вершин, связанных между собой), минимальное число ребер, удаление которых разбивает граф на несколько частей. Графовые модели социальных сетей используются для моделирования экономических и коммуникационных связей людей, анализа процессов распространения информации, нахождения сообществ и связанных подгрупп, на которые можно разбить всю социальную сеть.

Так, при анализе сетей с целью выделения групп пользователей, относящихся к определенным социальным сообществам, возникает следующая ситуация. Выделяются два графа в соответствии с некоторыми критериями, например, совокупности пользователей, в сообщениях которых содержится определенная лексика. Ребра графа соответствуют взаимным критериям, связанным с использованием лексики. В качестве весов вершин берутся частоты использования тех или иных слов. Веса ребер также могут быть определены посредством различных частот слов, используемых ими одновременно. Тогда интерес представляют не только пересечение данных графов или их симметрическая разность, а также некоторые другие некоторые подмножества вершин (подграфы). Например, множество вершин, «достаточно близких» к пересечению.

Предполагаем, что имеются два графа $G_1 = (V_1, E_1)$, $G_2 = (V_2, E_2)$, где V_i – множество вершин графа; E_i – множество ребер графа; $i = 1,2$. Естественным образом определяются объединение двух графов $G_1 \cup G_2$, их пересечение $G_1 \cap G_2$ и симметрическая разность $G_1 \triangle G_2 = (G_1 \cup G_2) \setminus (G_1 \cap G_2) = (G_1 \setminus G_2) \cup (G_1 \cap G_2)$.

Считаем, что заданы две функции:

ω_i: $G_i \to N$ – функция, задающая веса вершин;

r_i: $E_i \to N$ – функция, задающая веса ребер.

Можно определить весовую функцию, заданную на объединении графов

$$\omega(x) = \begin{cases} \omega_1(x), \text{если } x \in G_1/G_2 \\ \omega_2(x), \text{если } x \in G_2/G_1 \\ \big(\omega_1(x) + \omega_2(x)\big)/2\,, \text{если } x \in G_1 \cap G_2. \end{cases}$$

Аналогично может быть определена функция $r(x)$.

Вывод. Предложенные модели, методы и алгоритмы, обеспечивающие оценку метакомпетенций учащихся, реализуемы в рамках программной системы, содержащей модули извлечения информации из социальных сетей, обработки, анализа и визуализации данных.

Модуль извлечения данных имеет возможность извлекать данные, в первую очередь, из крупнейших социальных сетей: Twitter, Facebook, Vk, Odnoklassniki, Linkedin. Этот модуль имеет возможность функционального расширения практически на любую социальную сеть, в зависимости от предоставляемого API.

В модуле построения графовых структур имеется возможность для построения графов, отражающих связи пользователей. При этом могут использоваться данные как исходные, так и полученные в результате анализа. Модуль визуализации данных дает возможность на основе извлеченных данных строить графики зависимостей между различными показателями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилина Е.А., Захаров М.А., Карпенко А.П. Количественная оценка метакомпетенций учащихся на основе методов машинного обучения // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – URL: http://technomag.bmstu.ru/doc/764221.html

2. Пурышева Н.С., Ромашкина Н.В., Крысанова О.А. О метапредметности, методологии и других универсалиях // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. №1. – С. 11-17.

3. SOCIOHUB.RU. – URL: http://www.sociohub.ru/

4. Якушев А.В., Дейкстра Л.Й., Митягин С.А. Распределенный краулер для социальных сетей на основе модели Map/Reduce // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2012. №11. – С. 47-53.

5. Батура Т. В. Методы анализа компьютерных социальных сетей // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. 2012. Т. 10, вып. 4. С. 13–28.

6. Wragg T. Modeling the Effects of Information Campaigns Using Agent-Based Simulation // Prep.: Command and Control Division, Defense Science and Technology Organization. Australian Government, DSTO-TR-1853, 2006. 61 p.

7. Крючков В. Н., Мурзин Ф. А., Нартов Б. К. Исследование связей в коллективах и

сетях ЭВМ на основе анализа предпочтений // Проблемы конструирования эффективных и надежных программ. Новосибирск, 1995. С. 136–141.

УДК 347.77.028

ПРОВЕДЕНИЕ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Я.П. Герасименко[1], Т.Е. Герасименко[2], Е.И. Мешков[3]

[1]студент Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета), направления «Электроника и наноэлектроника», г. Владикавказ, Россия, e-mail: nay-tess@yandex.ru

[2]кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологические машины и оборудование» Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета), г. Владикавказ, Россия, e-mail: gerasimenko_74@mail.ru

[3]доктор технических наук, профессор кафедры «Металлургии цветных металлов и автоматизации металлургических процессов» Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета), г. Владикавказ, Россия, e-mail: eimeshkov@gmail.com

Аннотация. В работе описана значимость подготовки дипломированных инженеров горно-металлургической отрасли в области интеллектуальной собственности. Установлено, что патентные исследования расширяют кругозор специалиста, способствуют развитию у него творческих и изобретательских навыков, позволяющих обеспечивать высокий научный уровень собственных разработок. Обнаружено, что проведение патентных исследований способствует активизации технического творчества и повышению изобретательской активности специалистов.

Ключевые слова: патентные исследования, инженерное творчество, патентная информация, интеллектуальная собственность.

CONDUCT OF PATENT STUDIES IN THE PREPARATION OF ENGINEERING STAFF FOR THE MINING AND METALLURGICAL INDUSTRY

Yaroslava Gerasimenko[1], Tatyana Gerasimenko[2], Evgeny Meshkov[3]

[1]student of the North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz, Russia, e-mail: nay-tess@yandex.ru

[2]Ph.D., Associate Professor of the Department 'Technological Machines and Equipment' of the North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz, Russia, e-mail: gerasimenko_74@mail.ru

[3]Ph.D., Dr., Professor of the Department of Metallurgy of non-ferrous metals and automation of metallurgical processes of the North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz, Russia, e-mail: eimeshkov@gmail.com

Abstract. The paper describes the importance of training engineers for the mining and metallurgical industry in the field of intellectual property. It is established that patent research

broadens the specialist's outlook, contributes to the development of his creative and inventive skills. These skills allow you to provide a high scientific level of their own development. It has been found that conducting patent research activates technical creativity and increases the inventive activity of specialists.

Keywords: patent research, engineering creativity, patent information, intellectual property.

Введение. При подготовке дипломированных инженеров для горно-металлургической отрасли важным образовательным моментом является приобретение навыков решения задач, связанных с созданием, проектированием и испытанием технических систем, их элементов, конструкционных материалов и технологий, которые отличаются более высоким техническим уровнем и конкурентоспособностью, по сравнению с эксплуатируемыми в настоящее время системами. Умение усовершенствовать технику и технологии на основе анализа существующих разработок относят к инженерному творчеству. Однако для инженерного творчества необходимы не только теоретические и практические знания технологии, конструкции и принципа действия отраслевого оборудования, но и умение изобретать и разрабатывать новые технические решения, выявляя и анализируя недостатки действующей техники и технологий.

Цель работы. Обозначение и доказательство необходимости изучения основ интеллектуальной собственности и обучения проведению патентных исследований при подготовке инженерных кадров для горно-металлургической отрасли.

Материал и результаты исследований. Результат инженерного творчества часто составляет предмет изобретения. Для развития творческих способностей и повышения результативности и эффективности инженерного творчества рекомендуется использовать разнообразные средства интенсификации технического творчества. Однако, для того чтобы «не изобретать велосипед» необходимо находить и анализировать информацию об имеющихся технических решениях в области интересуемой тематики и профессиональной деятельности. Надежным и наиболее исчерпывающим источником технической информации является патентная информация. Значимость патентной информации объясняется тем, что она охватывает практически все области техники, содержит самые последние, самые перспективные новшества и опережает все остальные виды публикаций. Данные исследований показали, что около 80% патентов содержат техническую информацию, которая не была опубликована вне патентной литературы [1, 2]. Патентная информация анализируется при проведении патентных исследований. Она способствует систематизации, закреплению и расширению тео-

ретических и практических знаний по соответствующему направлению подготовки, а также формированию навыков применения полученных знаний при решении конкретных научных и производственных задач.

Патентная информация включает сведения обо всех видах объектов промышленной собственности, а именно, изобретениях, полезных моделях, промышленных образцах, товарных знаках, знаках обслуживания и наименованиях мест происхождения товаров. Это самая крупная, хорошо классифицированная и самая обновленная подборка технических документов о новых и инновационных технологиях. Патентная информация публикуется в изданиях патентных ведомств различных стран, региональных патентных ведомств, международных организаций в виде полных описаний к заявкам и выданным патентам, рефератов или формул изобретений, а также библиографических данных. Наибольшую ценность представляют полные описания изобретений и полезных моделей. Поскольку большинство стран требует, чтобы в описании изобретения раскрывалась достаточно ясно и полно его сущность, с тем, чтобы оно могло быть осуществлено любым лицом, имеющим навыки в соответствующей области, патентный документ предлагает значительно более подробную информацию о технологии, чем любой другой вид научной или технической публикации.

Чтобы грамотно выполнить аналитический обзор необходимо провести патентные исследования по заданной теме. Патентные исследования позволяют найти и подобрать патентную информацию по определенной тематике за тот или иной период времени. Задачами проведения патентного поиска на начальной стадии выполнения разработки является определение уровня и тенденций развития техники. В результате этого поиска выясняют, решалась ли ранее данная техническая задача, каковы перспективы разработки темы. В этом случае глубина поиска может быть ограничена 5–15 годами в зависимости от области техники. Например, в области систем связи или наноэлектроники патентный поиск достаточно провести на глубину 5 лет, а в области горного дела или металлургии – 15 и более лет.

По своему характеру и содержанию патентные исследования относятся к прикладным научно-исследовательским работам и являются неотъемлемой составной частью создания, производства, реализации, совершенствования и использования объектов хозяйственной деятельности [3-5]. Ускорение научно-технического прогресса и повышение эффективности общественного производства могут быть обеспечены при условии создания разработок, превосходящих по своим технико-экономическим показателям лучшие отечественные и зарубежные достижения. Патентные исследования – это информационная поддержка инженерного творчества и научно-исследовательских работ любого уровня.

Оформляют результаты патентных исследований в виде отчёта о поиске в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96 «Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования» [6, 7], Причём при подготовке инженерных кадров для какой-либо отрасли целесообразно обучение **тематическому поиску,** то есть должна быть четко сформулирована тема поиска. Необходимо хорошо ориентироваться в многочисленных указателях, реферативно-библиографических изданиях, в принятой систематизации патентных фондов.

Патентные исследования включают следующие основные этапы:

- разработка задания на проведение патентных исследований;
- разработка регламента поиска информации;
- поиск, отбор и анализ патентной информации;
- составление отчета о поиске;
- обработка, систематизация и анализ отобранной информации;
- обобщение результатов и составление отчета о патентных исследованиях.

Определение предмета поиска осуществляется исходя из следующих положений:

а. Если темой патентного исследования является устройство (машина, прибор и так далее), то предметами поиска могут быть:

- устройство в целом (компоновка, схема);
- принцип работы;
- узлы и детали;
- материалы для изготовления;
- технология изготовления устройства;
- области возможного применения.

б. Если темой патентного поиска является технологический процесс или способ, то предметом поиска может быть:

- процесс в целом;
- его этапы;
- исходные продукты;
- промежуточные продукты и способы их получения;
- конечные продукты и области их применения;
- оборудование, на базе которого реализуется данный способ.

в. Если темой патентного поиска является вещество, то предметом поиска может быть:

- само вещество (его качественный и количественный состав);
- способ получения вещества;
- исходные материалы;
- области возможного применения.

Страны поиска определяются в зависимости от целей патентного поиска. Например, при экспертизе на патентную чистоту круг стран определяется географией экспорта продукции. Во всех случаях Россия и бывший СССР являются обязательными странами поиска. При проверке новизны поиск должен проводиться как минимум по следующим странам: России, бывшему СССР, США, Франции, Великобритании, Германии, Японии, Швейцарии, а также по странам, где хорошо развита исследуемая область техники.

Важным и сложным этапом патентного поиска является определение классификационных индексов в соответствии с Международной патентной классификацией (МПК, англ. International Patent Classification - IPC)**.** МПК представляет собой пятиступенчатую, иерархическую структуру, построенную по двум основным принципам: отраслевому или предметно-тематическому и тождественности функций. МПК подвергается периодической реклассификации (практически каждые пять лет), в результате которой в неё вносятся в соответствии с направлением развития техники изменения и дополнения. МПК охватывает все области знаний и техники, объекты которых могут подлежать защите охранными документами. МПК состоит из 8 разделов. Индексы разделов обозначены заглавными буквами латинского алфавита от A до H. Заголовок раздела лишь приблизительно отражает его содержание. Разделы имеют следующие условные названия:

A – удовлетворение жизненных потребностей человека;

B – различные технологические процессы; транспортирование;

C – химия; металлургия;

D – текстиль; бумага;

E – строительство; горное дело;

F – механика; освещение; отопление; двигатели и насосы; оружие; боеприпасы; взрывные работы;

G – физика;

H – электричество.

Разделы делятся на классы. Индекс класса состоит из индекса раздела и двузначного числа, например – **B02** – дробление или измельчение различных материалов, подготовка зерна к помолу, который отражает содержание класса. Классы делятся на подклассы. Индекс подкласса состоит из индекса класса и заглавной буквы латинского алфавита. Текст подкласса наиболее полно отражает его содержание, например, **B02C** – дробление или измельчение различных материалов. Каждый подкласс делится на “дробные рубрики”: основные группы и подгруппы.

Индекс основной группы состоит из индекса подкласса, за которым следует одно, двух, или трехзначное число, наклонная черта и два нуля. Например, **B02C 17/00** – Измельчение барабанными мельницами, барабан

которых загружается материалом, измельчаемым с помощью специальных элементов, например, гальки, шаров и т. п., или без них. Текст основной группы определяет область техники, в которой целесообразно проводить патентный поиск.

Подгруппы образуют, подчинённые основной группе, рубрики и их индекс отличается от индекса основной группы тем, что за наклонной чертой следует число, отличное от двух нулей, например, **B02C 17/04** – с неперфорированным барабаном. Текст подгруппы определяет область конкретного поиска. Перед текстом подгруппы ставится одна или более точек, которые определяют степень её подчинённости, т. е. подгруппа является подчинённой ближайшей вышестоящей рубрике, имеющей на одну точку меньше.

Определить индекс МПК возможно с использованием ключевых слов и электронной версии МПК [8, 9]. Электронная версия МПК выдаёт перечень индексов, из которых выбирается наиболее подходящий к теме патентных исследований.

Для проведения патентных исследований по Российской Федерации можно использовать базу данных патентов РФ, доступ до которой осуществляется через официальный сайт Федерального института промышленной собственности (ФИПС) (http://new.fips.ru/).

В тех случаях, когда необходимо провести патентный поиск по зарубежным странам, следует обращаться к национальным базам данных, так как фонд национальной документации представлен в этих БД наиболее полно [10-14]. Следует отметить, что Web-сайты и поисковые системы постоянно совершенствуются, как в отношении содержания и поисковых возможностей БД, так и в отношении интерфейса поисковых страниц. Поэтому в будущем при осуществлении поиска могут обнаружиться некоторые несоответствия, связанные с изменениями, вносимыми в эти БД. В таких случаях следует обращаться к справочному разделу (HELP), который имеется в каждой БД.

После проведения поиска производится систематизация отобранной информации по исследуемому виду техники и составляется отчёт о патентном поиске, а затем отчёт о патентных исследованиях. Последовательность действий при проведении патентных исследований можно описать алгоритмом, представленным на рис. 1.

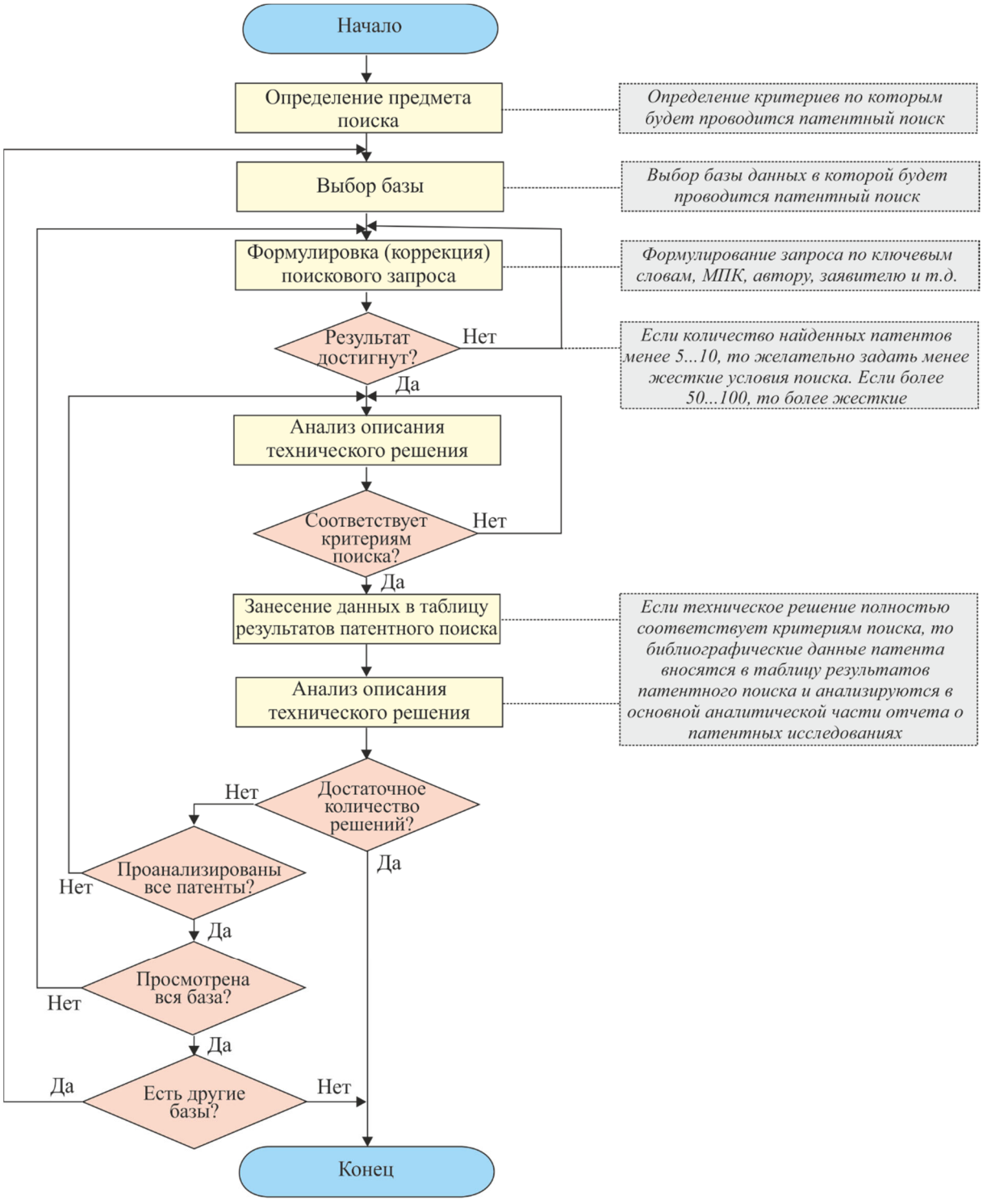


Рис. 1 – Алгоритм проведение патентных исследований

Значимость патентных исследований заключается в двух основных аспектах. Во-первых, в исследовании технического уровня объекта науки и техники, а, во-вторых, в образовательном аспекте, позволяющем обучать кадры основам изобретательства и новаторства, а также развивать качества творческой личности.

Рассмотрим более подробно каждый аспект в отдельности.

Освоение методики проведения патентных исследований при подготовке кадров позволит выработать современные взгляды на значение данного вида работ, даст возможность собрать качественную информацию об объекте исследования, ознакомиться с новейшими достижениями в этой области, патентной терминологией и обеспечит высокий научный уровень новых технических разработок. Для определения технического уровня выявляются и анализируются патентные документы, имеющие достаточно близкое отношение к исследуемому объекту. Для определения тенденций развития анализируется изобретательская активность в исследуемой области техники в заданный период времени. На основании полученных данных проводится оценка актуальности создания разработок и целесообразности их патентования. Исследование технического уровня объекта позволяет расширить познания в области профессиональной деятельности и оценить перспективы своей разработки [15, 16]. Данный вид работы повышает качество образовательного процесса, расширяет кругозор, а также способствует развитию у будущих специалистов горно-металлургической отрасли творческих и изобретательских навыков.

Патентные исследования при подготовке кадров технических специальностей позволяют выявлять законы, закономерности и тенденции развития технических систем. Организуется творческий потенциал личности так, чтобы способствовать саморазвитию и поиску решения творческих задач. В процессе анализа патентной информации специалист определяет недостатки известных технических решений, выявляет технический результат, на получение которого направлено то или иное изобретение и, в процессе творческой, новаторской мысли, сам включается в процесс изобретательства. В результате появляются свои собственные идеи, которые вполне могут стать изобретением. То есть «Творчеству надо учить» был уверен Генрих Саулович Альтшуллер, советский инженер-изобретатель, являющийся автором теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) [17-19]. Именно патентные исследования имеют потенциал, способный совершенствовать творческий процесс и активизировать изобретательство у специалистов в той или иной отрасли. Специалист учится выявлять суть задачи, правильно определять основные направления поиска, не упуская многие моменты, мимо которых обычно проходишь, находить и систематизировать информацию, мыслить логически, алогически и системно, смотреть на вещи и явления по-новому.

В результате выполнения патентных исследований раскрывается интеллектуальный ресурс будущего специалиста. Следует отметить, что образовательный и познавательный эффект, а также научную значимость имеют

лишь глубокие и качественно выполненные патентные исследования [20]. Оценить качество патентных исследований, а именно, их содержательное наполнение может лишь эксперт, владеющий инструментами и навыками нахождения источников информации в различных базах данных (патентных, наукометрических), и научных электронных библиотеках. То есть привлекать к обучению основам интеллектуальной собственности, проведению патентных исследований и оценке качества этих исследований следует специалиста по интеллектуальной собственности образовательного учреждения.

Выводы. В работе описывается значимость источников патентной информации, которая охватывает практически все области техники, содержит самые последние, самые перспективные новшества и опережает все остальные виды публикаций. Использование патентной информации способствует повышению ее содержательности и качества. Причем обнаружение источников патентной информации и их систематизация осуществляются с помощью проведения патентных исследований и составления отчета о поиске. В результате определяется уровень и тенденции развития техники в области объекта исследований. Установлено, что проведение патентных исследований при подготовке кадров расширяет кругозор, а также способствует развитию творческих и изобретательских навыков.

Освоение методики проведения патентных исследований позволяет выработать современные взгляды на значение данного вида работ, дает возможность собрать качественную информацию об объекте исследования, ознакомиться с новейшими достижениями в этой области, патентной терминологией и обеспечит высокий научный уровень собственных разработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авердал Я. Использование патентной информации / Проблемы интеллектуальной собственности, Вып. 8, 1996. С. 62-75.

2. Сун Ву Хонг. Магия патентной информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.wipo.int/sme/ru/documents/patent_information.htm (Дата обращения: 06.02.2018).

3. Скорняков Э.П., Горбунова М.Э. Патентные исследования / Учебно-методическое пособие. 3-е издание, переработанное и дополненное. М.: ОАО ИНИЦ «Патент», 2011, 180 с.

4. Скорняков Э.П., Горбунова М.Э. Патентные исследования / Учебно-методическое пособие. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: ОАО ИНИЦ «Патент», 2008, 165 с.

5. Шведова В.В. Характерные ошибки при проведении патентных исследований / Практическое пособие. М.: ОАО ИНИЦ «Патент», 2012, 94 с.

6. ГОСТ Р 15.011-96 Патентные исследования. Содержание и порядок проведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/5200264 (Дата обращения: 06.02.2018).

7. Яльцев В.Н. Начнем сначала, начнем с нуля / Патенты и лицензии, №5, 2017. С. 60-63.

8. Международная патентная классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPC/IPC2016_extended__XML/ (Дата обращения: 06.02.2018).

9. Алисова Н.В. Вспомогательные поисковые инструменты к МПК / Патенты и лицензии, №11, 2013. С. 54-63.

10. Ненахов Г.С., Максимова В.В., Прибыткова Т.Б., Кекишева Н.П. Современные возможности поиска патентной документации, представленной зарубежными патентными ведомствами и ВОИС в Интернете / методическое пособие для экспертов. М.: Информационно-издательский центр Роспатента ИНИЦ, 2005, 100 с.

11. Скорняков Э.П., Смирнова В.Р., Гаврилов С.В. Использование Интернета при проведении патентных исследований. М.: Информационно-издательский центр Роспатента ИНИЦ, 2003, 64 с.

12. Ненахов Г.С., Максимова В.В., Кекишева Н.П., Конюхова Е.А. Патентная документация, представленная патентными ведомствами и ВОИС в Интернете / методическое пособие для экспертов. М.: Информационно-издательский центр Роспатента ИНИЦ, 2000, 144 с.

13. Рушайло Б.Е. Патентный поиск в базе данных ВОИС / Патенты и лицензии, №5, 2014. С. 49-51.

14. Лиходедов Н.П. Источники патентной информации: плюсы и минусы / Патенты и лицензии, №9, 2014. С. 37-41.

15. Шведова В.В. Исследование технического уровня объектов науки и техники. М.: ОАО ИНИЦ «Патент», 2014, 103 с.

16. Сощенко А., Егорова Н., Видякина О. ГОСТ Р 15.011-96 & патентные ландшафты: практика применения / Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность, №10, 2016. С. 4-10.

17. ТРИЗ - Теория решения изобретательских задач [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://4brain.ru/triz/ (Дата обращения: 07.02.2018).

18. Орлов М. Основы классической ТРИЗ / Практическое руководство для изобретательного мышления. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Солон-Пресс, 2006. 432 с.

19. Альтшуллер Г. С., Верткин И. М. Как стать гением. Минск: Беларусь, 1994. 479 с.

20. Тихомиров И., Жебель В., Каменская М., Комаров А. Оценка качества патентных исследований / Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность, №5, 2017. С. 47-54.

УДК 51-74:59.86

МОДЕЛЬ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЧЕРЕЗ ФУНКЦІЇ ТОРНКВІСТА

О.Е. Корнійчук

к.пед.н., доцент, Житомирський агротехнічний коледж, Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна, e-mail: elena.k.02@i.ua

Анотація. Проведено побудову і аналіз моделі попиту на енергоносії в залежності від рівня доходів побутових споживачів. Модель побудовано за допомогою ліній Торнквіста, на основі поняття монотонності функцій і теорії споживання, попиту та пропозиції, з використанням комп'ютерної графічної інтерпретації дослідження.

Ключові слова: попит, дохід, споживання, енергозабезпечення, домогосподарство, функції попиту Торнквіста.

MODEL OF ENERGY CONSUMPTION THROUGH TORNQUIST FUNCTIONS

Olena Korniichuk
Ph.D., Associate Professor, Zhytomyr Agro-technical College, Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, Ukraine, e-mail: elena.k.02@i.ua

Abstract. The construction and analysis of the energy demand model depending on the income level of household consumers. The model is built using Tornquist lines, based on the concept of monotony of functions, on the theory of consumption, supply and demand, using computer graphic interpretation of the research.

Key words: demand, income, consumption, energy supply, household, Tornquist demand functions.

Вступ. Забезпечення фаховості професійної підготовки у закладах вищої освіти**,** розвиток стратегічного способу мислення студентів має відбуватись в процесі вивчення ними всіх навчальних дисциплін, серед яких не останню роль відіграють математичні дисципліни. На перший погляд, набагато легше засвоїти вищу математику та математичні методи у чистому вигляді, ніж оволодіти мистецтвом їх розумного і переконливого використання для розв'язання різноманітних господарських, виробничих або соціальних проблем. Проте на практиці для більшості студентів засвоєння будь-якої дисципліни в такому чистому вигляді не є мотивованим, а тому не є ефективним [2].

Мета роботи: розширити діапазон реальних застосувань вищої математики, поглиблення теоретичних знань студентів та їх компетенцій з математичного моделювання та економічного аналізу, що необхідно для вивчення спеціальних дисциплін, сприяє підвищенню рівня підготовки майбутніх фахівців, зокрема у галузі агроінженерії та енергетики.

Виклад матеріалу. Математичні моделі надають можливість імітувати динаміку виробничих та економічних систем, проводити моделювання експериментів, прогнозувати наслідки реалізації тих чи інших розв'язків, обирати, нарешті, найкращий варіант з великої кількості можливих. Робота з математичними моделями дисциплінує дослідника, вимагає від нього чіткої

постановки завдань, уміння виділяти певні ознаки досліджуваного процесу, подавати їх у вигляді функцій, рівнянь чи нерівностей, упорядковано добирати й оцінювати необхідну інформацію. І це органічне злиття змістовних досліджень з математичним моделюванням дає можливість аналізувати важливі проблеми сучасного господарювання.

Господарський розрахунок випливає з нашого почуття самозбереження. Це почуття виявляється у намаганні людини збільшувати власне майно та бережливо витрачати його, це почуття збуджує людину напружувати сили для отримання найбільшого матеріального добробуту. Це є рушійною засадою господарства. Переважне значення цього мотиву усуває усі інші мотиви людської душі, які розкриваються у багатьох господарських відносинах, і тоді повніше вивчаються господарські явища. Проте, у разі обмеженого прагнення кожного тільки до своєї особистої мети, суспільне життя стає неможливим, слабкий остаточно пригнічується сильним, і величезна маса населення зовсім не отримує доступу до благ цивілізації [3, 8].

Впливовими факторами попиту населення на електроенергію є рівень оснащення житла електрообладнанням, спроможність використання енерготехнології, що безпосередньо залежить від рівня доходів населення. Електроенергія вважається товаром, попит на який є мало еластичним. Її складно замінити аналогічними товарами, особливо у короткостроковому періоді, коли умови побуту залишаються переважно незмінними. Забезпечення заходів, пов’язаних з енергозбереженням та енергетичною незалежністю від традиційних енергоносіїв пов'язані не лише з великими витратами на перехід до відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), а й зі зміною моделі поведінки споживачів. Тому попит населення на електроенергію вважається досить стабільним, а обсяги споживання розглядаються як такі, що слабко залежать від цінових факторів.

Слід зазначити про необхідність знань економіко-математичних методів для майбутньої професійної діяльності у галузях знань «Агроінженерія» та «Електрична інженерія». Засвоєння цих методів відбувається, з одного боку, в процесі вивчення основ економічної теорії, а з іншого – безпосередньо на заняттях з вищої математики, при вивченні функцій, їх монотонності та еластичності, і, обов’язково, із застосуванням комп’ютерних технологій [4; 5; 6].

Одним з найважливіших розділів мікроекономіки є вивчення попиту та пропозиції. Попит на деякий товар – це потреба у певній кількості товару, що обмежена діючими цінами та доходами споживачів. Пропозиція – це обсяг товару, який може бути представлений для продажу за даною ціною.

Предметом теорії споживання є дослідження того, як люди розподіляють свій бюджет за різними статтями витрат, у яких обсягах вони купують

продукти споживання тощо. Функції попиту описують залежність попиту ***D*** на продукт споживання від ціни *P* цього продукту та від доходу споживача *x*: *D = D(x, P)*. При фіксованій ціні *P* функція попиту залежить лише від доходу: *D = D(x).* Залежність попиту на різні групи товарів *D(x)* від доходів та ролі в споживчій корзині характеризуються *функціями попиту Торнквіста* (рис. 1), а саме $D_0(x) = \frac{\alpha x(x+\beta)}{x^2+\gamma}$ – попит на маловартісні товари; $D_1(x) = \frac{\alpha x}{x+\beta}$ – попит на товари першої необхідності; $D_2(x) = \frac{\alpha(x-\gamma)}{x+\beta}$ – попит на товари другої необхідності (відносна розкіш); $D_3(x) = \frac{\alpha x(x-\gamma)}{x+\beta}$ – попит на предмети розкоші, де α, β, γ – деякі фіксовані параметри, причому β, γ – встановлені рівні доходів, при яких починається купівля тих чи інших товарів, та рівень насиченості ними α.

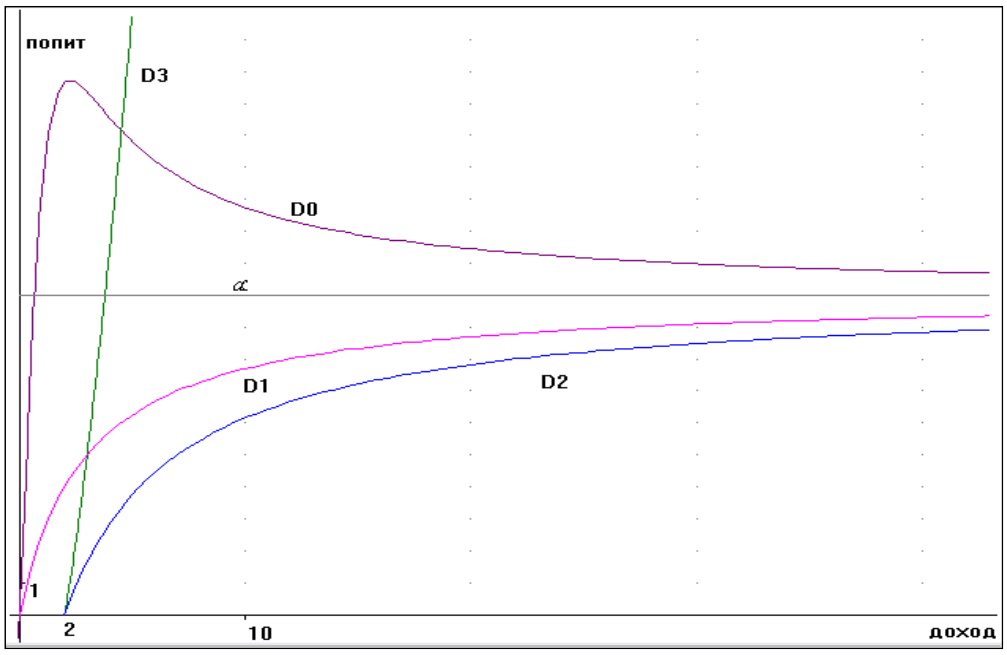


Рис. 1. – Лінії Торнквіста

Введемо параметри моделі енергетичного забезпечення домогосподарства (наприклад, α = 10, β = 3, γ = 2), побудуємо лінії Торнквіста засобом *GRAN1* та проаналізуємо ці залежності. Зауважимо, що застосування програмних засобів дає можливість динамічного аналізу графіків функцій при зміні параметрів [1; 7].

Попит на маловартісні товари (наприклад, лампа накалювання, невеликий холодильник) D_0 зростає при малих доходах, а з зростанням доходів починає спадати і прямує до величини α зверху. Попит на товари першої необхідності (електроенергія, побутові електроприлади) D_1 зростає з ростом

доходів і прямує до величини насиченості α знизу. Попит на предмети першої необхідності, як правило, нееластичний. Хліб і електроенергія – ті загальновизнані предмети, без яких ми довго не протягнемо. Підвищення цін не призведе до істотного скорочення споживання хліба або електрики для освітлення та побутових потреб.

Товари другої необхідності D_2 (кухонний комбайн, бойлер, електрообладнання для обробки земельної ділянки, електрична тепла підлога тощо) та предмети розкоші D_3 (обладнання для отримання відновлювальної енергії) купують люди з доходом, що перевищує γ = 2. При цьому попит на товари другої необхідності поступається попиту на товари першої необхідності. І лише попит на предмети розкоші з зростанням доходів постійно зростає і є еластичним.

Слід зазначити, що для приватного сектора перехід до відновлювальних джерел енергії залишається предметом розкоші. Навіть з нинішніми тарифами на електроенергію та тепло вигідно використовувати традиційні джерела енергії. Якщо у господаря є в будинку і світло, і газ, але він вирішує купити обладнання для повної автономії – вітряки, генератори, насоси, сонячні батареї або сонячні колектори, то вона має бути готова до терміну окупності, який перевищує 20 років. Зрозуміло, що нормальний термін окупності будь-якого інвестиційного проекту не повинен перевищувати 5–7 років. Простому обивателю доведеться зачекати зменшення вартості комплектуючих для установки ВДЕ.

Висновки. На заняттях з вищої математики існують всі можливості для використання статистичних, технологічних, економічних відомостей, морально-виховних аспектів, сучасних комп'ютерних засобів, які разом із продуманою організацією навчальної діяльності студентів можуть сприяти удосконаленню їхнього як математичного, так і стратегічного способу мислення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Данчук Д. Дослідження динаміки сили струму в RLC-ланцюгу / Дмитро Данчук, Олена Корнійчук // Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця (НПК-2018) : матеріали міжн. наук.-практ. конф., 6-7 гр. 2018р., м. Суми; у 2-х ч. – Суми : ФОП Цьома С.П., 2018. – Ч. 1. – С. 50-52.

2. Корнійчук О.Е. Мотиваційні детермінанти в структурі методичної системи навчання математики для економістів / О.Е. Корнійчук // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : зб. наук. праць. – Кривий Ріг : НМА України, 2008. – Вип. 7, т. 1. : Теорія та методика навчання математики. – С. 61-66.

3. Корнійчук О.Е. Етичні аспекти економічного мислення / О.Е. Корнійчук // Актуальні проблеми економіки. – Київ : НАУ, 2005. – № 6. – С. 3-14.

4. Корнійчук О.Е. Напрямки інтеграції математики з інформатикою у процесі підготовки молодших спеціалістів економічного профілю / О.Е. Корнійчук, В.М. Єрмаков // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2004. – № 6(38). – С. 16-18.

5. Корнійчук О. Математичні моделі в економічних розрахунках на базі MathCAD / Олена Корнійчук // Математика в школі : наук.-метод. журн. – 2006. – № 6. – С. 35-41.

6. Корнійчук О.Е. Методи інтегрального числення та GRAN-застосування для розв'язування задач економічного змісту / О.Е. Корнійчук // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2012. – № 8 (104). – С. 12-16.

7. Марчук І. Моделювання механічних систем: загасаючі коливання / Іван Марчук, Олена Корнійчук // Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця (НПК-2017) : матеріали міжн. наук.-практ. конф., 7-8 гр. 2017р., м. Суми; у 2-х ч. – Суми : ФОП Цьома С.П., 2017. – Ч. 1. – С. 158-160.

УДК 681.5+621.039

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ ОБУЧАЮЩИЙ КОМПЛЕКС

А.П. Михайлов
ведущий специалист ООО ПЛК Система г. Москва РФ, krendeleschik@gmail.com

Аннотация. Прогресс информатизации и внедрение новейших программ и информационных технологий в настоящее время является непременным атрибутом развитого общества. В промышленности новейшее оборудование и системы управления различными технологическими процессами и объектами в обязательном порядке оснащено компьютерными управляющими и контролирующими системами. Поэтому постоянное совершенствование своих познаний в области информационных технологий, является обязательным условием современного специалиста, особенно в области промышленных технологий.

Ключевые слова информация, объект, гидравлика, АСУТП, модель, система, программа, тренажер.

SOFTWARE-HARDWARE TRAINING COMPLEX

A.P. Mikhailov
leading specialist, OOO PLK Sistemy Moscow, Russian Federation krendeleschik@gmail.com

Abstract Progress of Informatization and introduction of the latest programs and information technologies is now an indispensable attribute of the developed society. In the industry, the latest equipment and control systems for various technological processes and facilities are necessarily equipped with computer control and monitoring systems. Therefore, the constant improvement of their knowledge in the field of information technology is a prerequisite for a modern specialist, especially in the field of industrial technology.

Keywords: information, object, hydraulics, APCS, model, system, program, simulator.

Введение. Конец XX столетия ознаменовался интенсивным развитием и внедрением во все сферы жизни общества **информатики**. Это проявилось в интенсивном совершенствовании средств вычислительной техники и техники связи, в появлении новых и в дальнейшем развитии существующих информационных технологий (ИТ), а также в реализации прикладных информационных систем. Достижения информатики заняли достойное место в организационном управлении, в промышленности, в проведении научных исследований и в автоматизированном проектировании. Информатизиция охватила и социальную сферу: образование, науку, культуру, здравоохранение.

Информатизация как процесс перехода от индустриального общества к информационному характеризуется резким перераспределением трудовых ресурсов в материальное производство и в сферу информации. Это соотношение изменяется от 3:1 к 1:3. В ряде стран суммарные расходы на компьютерную технику, телекоммуникации, электронику превысили расходы на энергетику, а поэтому, рассматривая проблему перспектив развития образования, следует исходить из будущих потребностей общества [1].

Для информационного общества характерно полное удовлетворение информационных потребностей населения при завершении формирования единой информационной среды, определяющей новую культуру как общества в целом, так и каждого человека в отдельности. **Информационная культура** как составляющая и базис информационного общества должна закладываться уже в настоящее время.

Целью работы является обоснование и выбор аппаратно-программного комплекса, предназначенного для обучения слушателей навыкам и алгоритмам работы с использованием виртуальных стендов и мнемосхем реальных объектов автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Основной материал. Информатизация города, региона, области базируется на создании единой телекоммуникационной среды. Отличительными особенностями перспективных сетей являются интеграция услуг, предоставляемых пользователю, цифровизация, комплексное использование проводных, радио- и космических каналов связи, переход к цифровым сетям интегрального обслуживания. Использование волоконно-оптических линий и сетей кабельного телевидения позволяет на одной и той же базе обеспечить передачу речи, видеосигнала, данных, служебной информации и, тем самым, обеспечить вхождение каждого пользователя, как в национальное, так и в мировое информационное пространство.

Происходит формирование единой информационной среды на основе объединения банков данных и баз знаний, проектируются конкретные **информационные системы** в различных областях человеческой деятельности. Совершенствование технической базы сопровождается продвижением современных операционных систем в пользовательскую среду, развиваются открытые системы,

Для тенденций развития информатики характерно совершенствование существующих, создание и развитие **новых** ИТ. Получили развитие как теория, так и практика ИТ. Развивается методология, совершенствуются средства ИТ. Уже в настоящее время могут быть выделены базовые информационные процессы и ИТ [2].

В рамках базовых технологий получают развитие конкретные технологии, решающие задачи в выбранных предметных областях. Учитывая, что уже в настоящее время скорости преобразования технологий производства стали опережать темпы смены поколений, поэтому актуальным является не только совершенствование и дополнительная подготовка специалистов, но и неоднократное освоение новых видов деятельности в течение трудовой жизни человека.

Весьма актуальным представляется выделение базовых ИТ, к которым уже в настоящее время можно отнести технологии распределенного хранения и обработки, офисные технологии, мультимедиа технологии, геоинформационные технологии, технологии защиты информации, CASE-технологии, телекоммуникационные технологии. На основе базовых разрабатываются **прикладные** ИТ по областям применения, позволяющие получать конкретные продукты соответствующего назначения в виде средств, систем, сред [3].

В рамках указанных технологий в образовании уже в настоящее время получили широкое применение [4]:

- компьютерные программы и **обучающие системы**, представляющие собой **электронные учебники**, учебные пособия, тренажеры, лабораторные практикумы, системы тестирования знаний и квалификации, выполненные на различных типах машинных носителей;

- системы на базе **мультимедиа-технологии,** построенные с применением видеотехники, накопителей на CD-ROM и реализуемые на ПЭВМ;

- **интеллектуальные обучающие экспертные системы**, которые специализируются по конкретным областям применения и имеют практическое значение, как в процессе обучения, так и в учебных исследованиях;

- информационные среды на основе **баз данных и знаний**, позволяющие осуществить как прямой, так и удаленный доступ к информационным ресурсам;

- телекоммуникационные системы, реализующие электронную почту, телеконференции и т. д., и позволяющие осуществить выход в мировые коммуникационные сети;

- **электронные настольные типографии**, позволяющие в индивидуальном режиме с высокой скоростью осуществить производство учебных пособий и документов на различных носителях;

- **электронные библиотеки** как распределенного, так и централизованного характера, позволяющие по-новому реализовать доступ учащихся к мировым информационным ресурсам;

- **геоинформационные системы**, которые базируются на технологии объединения компьютерной картографии и систем управления базами данных. В итоге удается создать многослойные электронные карты, опорный слой которых описывает базовые явления или ситуации, а каждый последующий - задает один из аспектов, процессов или явлений;

- **системы защиты информации** различной ориентации (от несанкционированного доступа при хранении информации, от искажений при передаче информации, от подслушивания и т. д.).

В качестве перспектив применения ИТ в образовании можно отметить следующее. Методически новые ИТ в образовании должны быть проработаны с ориентацией на конкретное применение. Часть технологий может поддерживать учебный процесс (лекционные и практические занятия), другие технологии способны эффективно поддержать разработку новых учебников и учебных пособий. ИТ помогут также эффективно организовать проведение экспериментально-исследовательских работ, как в школе, так и в ВУЗе. Особую значимость ИТ приобретают при самостоятельной работе учащихся на домашнем компьютере с использованием **современных методов моделирования**.

В связи с внедрением и развитием в некоторых областях промышленности АСУТП: энергетика, атомная промышленность, нефтехимия и проч. появилась большая потребность в специалистах, которые способны разрабатывать и эксплуатировать аппаратно-программные комплексы типа «Скада – системы», . Для подготовки таких специалистов необходимы учебные тренажеры, моделирующие реальные промышленные установки и технологические линии [5]. В частности, были разработаны программно-аппаратные комплексы, имитирующие тепловые и гидравлические объекты АСУТП, которые были включены в структуру учебной лаборатории (рисунок 1) [6].

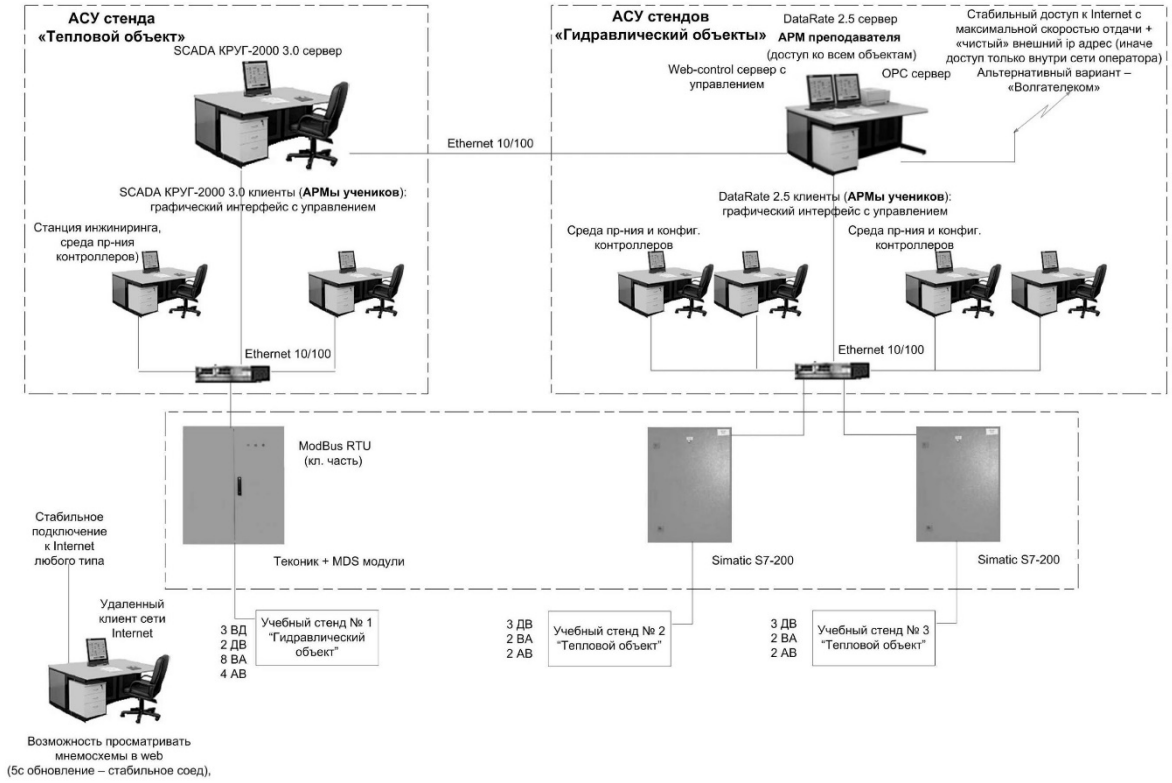


Рисунок 1 – Структура учебной лаборатории АСУТП

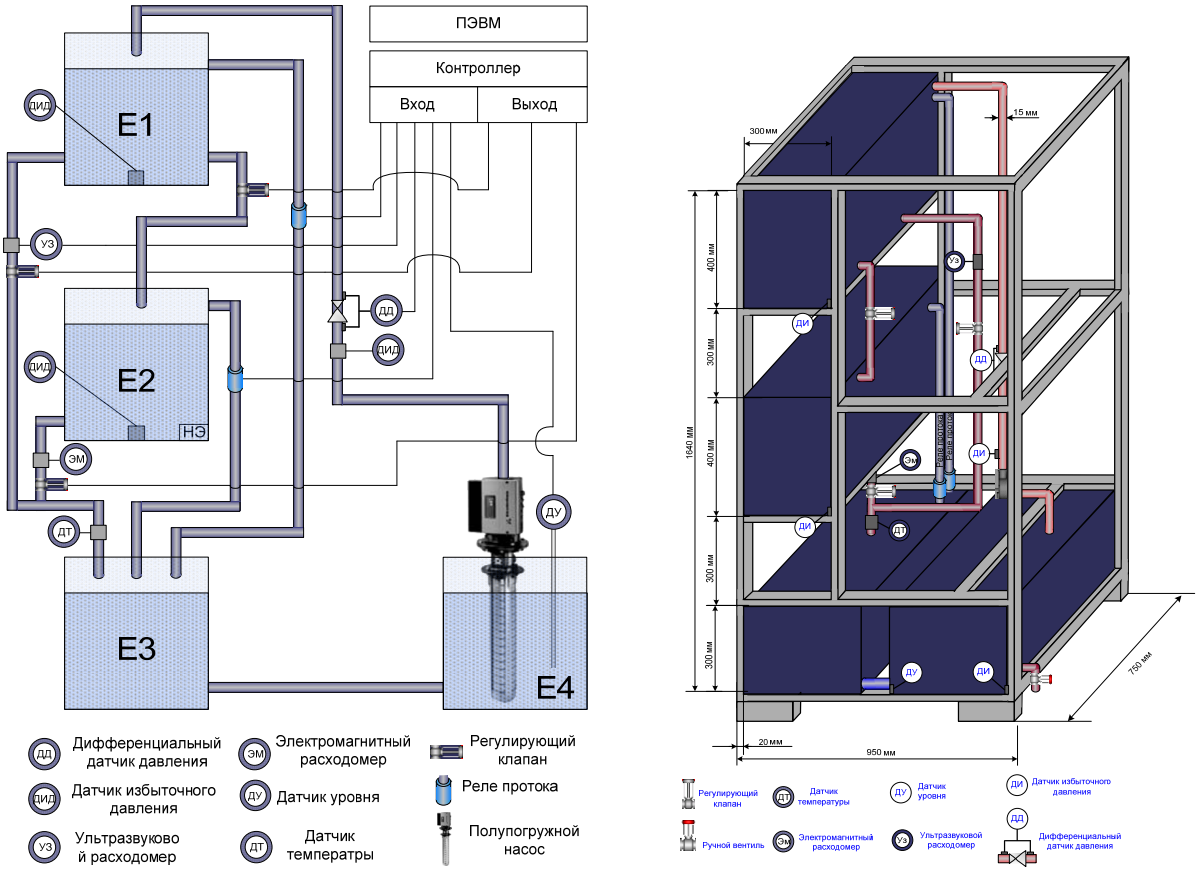
Функциональная схема и внешний вид лабораторного стенда гидравлического объекта, входящего в состав учебного комплекса представлены на рисунке 2.

Принцип работы стенда

Следует отметить, что работа стенда и его основных узлов основана на законах гидравлики и гидродинамики [7, 8].

Стенд состоит из 4-х емкостей. Емкости Е3 и Е4 являются резервуарными.

Перед началом работы в них заливается жидкость (водопроводная вода). Емкость Е4 оборудована полупогружным насосом MTR-E 1S, дискретным датчиком уровня РОС, сигнализирующим о низком уровне жидкости в резервуарных ёмкостях, что позволяет защитить насос от работы в сухую. Насос перекачивает воду из соединенных емкостей Е3, Е4 (Е3, Е4 – сообщающиеся сосуды) в емкость Е1. Из Е1 жидкость может переливаться либо в емкость Е2, либо в Е3, либо в обе одновременно (это зависит от задающих сигналов, подаваемых с контроллера на регулирующие клапаны). Из Е2 жидкость, смешиваясь с жидкостью из Е1 поступает в емкость Е3 при открытии регулирующих клапана выходным сигналом контроллера.



а б

Рисунок 2 – Функциональная схема (а) и внешний вид (б) лабораторного стенда моделирования гидравлического объекта

Регулирование уровня жидкости в Е3 и Е4 осуществляется с помощью насоса, а в Е2 с помощью регулирующего клапана между емкостями. Сливные клапаны играют роль возмущения. В емкостях Е1 и Е2 установлены датчики давления, осуществляющие измерение уровней. На выкиде насоса установлен датчик избыточного давления, защищающий насос от работы при закрытых вентилях на выкиде, и дифференциальный расходомер, измеряющий расход жидкости. На сливе емкостей Е1 и Е2 установлены ультразвуковой расходомер и электромагнитный расходомер, измеряющие расход слива жидкости. В емкости Е2 установлен нагревательный элемент – ТЭН, а в трубе, идущей в Е3 и соединяющей трубы, идущие из Е1 и Е2, датчик температуры – термопреобразователь сопротивления. Тэн нагревает жидкость в емкости Е2 до заданной температуры. Таким образом мы получаем в емкостях Е1 и Е2 жидкости двух разных температур, а в Е3 и Е4 жидкости комнатной температуры.

Выводы. В результате проведенных исследований была выбрана аппаратно-программная платформа для применения ее при обучении специалистов процессам моделирования и навыкам работы на компьютеризированном стенде «Гидравлический объект».

ЛИТЕРАТУРА

1. Иорданский М.А.,.Мухин Н.А Учебные компьютерные тренажеры – важный класс новых образовательных продуктов // Вестник Мининского университета 2016 – № 2

2. Каганов В.Ш. Информационные технологии как инструмент повышения конкурентоспособности образовательных программ в системе корпоративного обучения // Прикладная информатика, 2011. №6(36)

3. Иорданский М.А. Архитектура компьютера: учебное пособие. Н.Новгород: Мининский университет, 2015. 81 с.

4. Поляк Рогозин К. И Виртуальные компьютерные тренажеры в учебном процессе // Гарантии качества профессионального образования: Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. Барнаул, 2010. С. 152-154.

5. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. / М.: Синтег, 2009.

6. Угреватов В.Ю. Создание учебно-исследовательской лаборатории АСУ ТП по подготовке и переподготовке специалистов // Автоматизация и ИТ в энергетике №7/2010

7. Рабинович М. Е. Лабораторный практикум по гидромеханике: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ, 2002. – 96 с.

Савинов В. Н. Гидравлика: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ, 2009. – 89 с.

УДК 378.174:621:004

ІНТЕРАКТИВНІ МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ

Т.О. Письменкова[1], А.О. Логінова[2], І.В. Вернер[3]

[1,2]доцент кафедри основ конструювання механізмів і машин, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: pismenkovat@nmu.org.ua

[3]асистент кафедри основ конструювання механізмів і машин, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: ill3@mail.ru

Анотація. Проведено теоретичне дослідження інтерактивних методів підготовки майбутніх інженерів. Запропоновано метод кейсів під час підготовки здобувачів за професійними дисциплінами.

Ключові слова: інтерактивні методи навчання, підготовка майбутніх інженерів, професійні компетентності, метод кейсів.

INTERACTIVE TRAINING METHODS OF FUTURE ENGINEERING SPECIALISTS

Tatiana Pismenkova[1], Anastasiia Loginova[2], Ilya Verner[3]
[1,2]Ph.D, Associated Professor of Machinery Design Bases Department, Dnipro University of Technologies, Dnipro, Ukraine, e-mail: pismenkovat@nmu.org.ua
[3]Assistent, Machinery Design Bases Department, Dnipro University of Technologies, Dnipro, Ukraine, e-mail: ill3@mail.ru

Abstract. The theoretical research of interactive methods of training future engineers has been conducted. The method of case studies is offered during preparation of applicants for professional disciplines.

Keywords: interactive teaching methods, training future engineers, professional competencies, case studies.

Вступ. Найбільш негативним чинником для галузей інженерії визначають не зменшення кількості майбутніх інженерів, а суттєві недоліки в їх підготовці. Дослідниками встановлено, що для набуття фахівцями компетентностей, необхідних для успішного виконання їх професійних обов'язків, потрібно не менш як 10 років роботи за фахом [1]. Означена думка доводить потребу у зміні підходів до професійної підготовки майбутніх інженерів таким чином, щоб вже в межах освітнього процесу створити умови для формування у майбутніх інженерів усіх професійно важливих компетентностей.

Д. Майкс (D. Mikes) наголошує на загальній застарілості змісту професійної підготовки майбутніх інженерів, яка проявляється в ігноруванні закладами вищої освіти та, безпосередньо, науково-педагогічними працівниками сучасних розробок в науці та технологій, які використовуються у виробничих організаціях. Через це роботодавці змушені додатково вчити молодих фахівців, а останні втрачають конкурентоздатність на ринку праці. Вирішення окресленої проблеми дослідник вбачає в оновленні змісту навчальних дисциплін та потребі залучення представників з інженерних організацій до здійснення викладацької діяльності. Водночас автором зазначено, що змін також потребує кадрова політика ЗВО. На думку Д. Майкса науково-педагогічні працівники, які забезпечують процес професійної підготовки майбутніх інженерів, мають володіти якісним інструментарієм для викладення навчального матеріалу [2].

Так само на перегляді методів навчання та викладання, що використовуються в освітньому процесі наголошує, Х. Кінг (H. King). Підвищення його якості дослідниця вбачає у впровадженні інтерактивних методів навчання [3].

Проаналізувавши світову практику методів навчання, Н. Грановська

звертає увагу на той факт, що більшість з них добре відомі у вітчизняній педагогічній практиці, і не є новими. Однак на даному етапі розвитку суспільства вони потребують осучаснення та адаптації задля більш ефективного їх використання в процесі професійної підготовки майбутніх інженерів [4].

Уваги також заслуговує робота М. Каражанової на тему модернізації професійної підготовки фахівців у ЗВО нафтогазового профілю, в якій обґрунтовано доцільність залучення студентів до наукової та проектної діяльності та використання в їх підготовці сучасних педагогічних технологій, серед яких – інформаційні технології. Особливо автор підкреслює важливу роль ділових ігор та вправ симуляційного характеру в підготовці майбутніх фахівців, використання яких дозволяє сформувати у здобувачів аналітичну та комунікативну компетентності, навички пошуку та опрацювання інформації, креативність, логічне мислення тощо [5].

Мета роботи. Дослідити досвід використання інтерактивних методів навчання, запропонувати метод кейсів, як один з методів що сприяє формуванню професійних компетентностей майбутніх інженерів.

Матеріал та результати досліджень. Сучасні вимоги спонукають викладачів не тільки надавати здобувачам навчальну інформацію, а й навчити їх способів практичного застосування цієї інформації у професійній діяльності. Реалізувати зазначені завдання покликана інтерактивна модель підготовки майбутніх фахівців.

На підставі аналізу науково-методичних джерел з проблеми професійної підготовки майбутніх інженерів з матеріалознавства визначено три її основні недоліки на сучасному етапі, а саме: застарілість змісту підготовки, недостатній зв'язок із реаліями виробничої практики та загальна невідповідність наявних методів навчання вимогам компетентністного підходу.

Успішна професійна діяльність передбачає поєднання застосування сформованих у процесі професійної підготовки компетентностей з їх успішною інтеграцією для прийняття рішень, наявність у фахівця незалежності та відповідальності за власні дії [6]. Тому вважаємо що професійна підготовка майбутніх фахівців як динамічна система має орієнтуватися та враховувати останні інновації в галузі, специфіку її роботи, перспективи та особливості задля підготовки максимально конкурентоспроможних, компетентних фахівців. Через це доцільним стає пошук оптимальних технологій та методик підготовки майбутніх інженерів з матеріалознавства. Зауважимо, що саме технології та методики навчання є прямою відповіддю закладів вищої освіти вимогам часу до майбутніх фахівців.

Задля вирішення окресленої проблеми пропонуємо активізувати освітній процес, тобто використовувати таку сукупність методів та засобів навчання, яка дасть змогу підвищити інтерес студента не лише до набуття знань

та формування навичок, але й до проявлення власної креативності та творчої самостійності, а головне – розуміння як і де використовувати набуті компетентності на практиці.

Цю ж думку поділяє Ю. Кобюк, визначаючи серед переваг інтерактивних технологій та методів навчання можливість взаємодії не лише на рівні «науково-педагогічний працівник – студент», але і на рівні «студент – студент» [7], що підвищує ефективність освітнього процесу, сприяючи формуванню у здобувачів вищої освіти таких навичок як робота в команді, вміння відстоювати власну думку в межах колективної дискусії, вміння приймати рішення в умовах обмеженого часу та «обмеженої» інформації тощо.

Звернемося до визначення поняття «інтерактивні методи навчання» в трактуванні Н. Коломієць: це «методи навчання, які реалізуються завдяки активній взаємодії учнів і дають змогу на основі внеску кожного з них у спільну справу отримувати нові знання, організувати спільну діяльність, ідучи від окремої взаємодії двох – трьох осіб до широкої співпраці колективу» [8].

Ю. Кобюк висловлює думку, що це імітаційні ігри зі складною структурою при використанні яких освітній процес організовується як відтворення явищ, ситуацій чи процесів, які досліджуються та вивчаються студентами [7].

Слово – інтерактивний прийшло до нас з англійської і виникло від слова “інтерактив”. “Inter” – це “взаємний”, “act” – діяти. “Інтерактивний”- означає сприяти, взаємодіяти чи знаходитися в режимі бесіди. Діалогу з будь-чим (комп’ютером), чи з будь-ким (людиною) [https://sites.google.com/site/nmcmyk/naukova-dialnist/interaktivni-metodi-navcanna].

Інтерактивні методи навчання на сьогодні є актуальним способом роботи викладача в аудиторії, тренера в групі та педагога в будь-якому освітньому закладі. Інтерактивні методи навчання, на відміну від традиційних, базуються на активній взаємодії учасників навчального процесу, при цьому основна вага надається взаємодії здобувачів між собою. Такий підхід дозволяє активізувати навчальний процес, зробити його більш цікавим та зрозумілим.

Ми розуміємо інтерактивне навчання – перш за все, як діалогове навчання, в ході якого здійснюється взаємодія викладач – здобувача, здобувач – здобувач.

Таке навчання передбачає:

- постійну, активну взаємодію, взаєморозуміння викладача і здобувачів – учасників процесу навчання;
- вирішення загальних, але значущих для кожного учасника завдань, проблем;
- рівноправність викладача і здобувачів як суб'єктів навчального процесу.

Метою інтерактивного навчання є розвиток особистості майбутнього фахівця. Насамперед – різноманітних форм мислення кожного здобувача у процесі засвоєння знань за визначенням конкретних цілей і завдань освіти. Інтерактивне навчання розглядається як цілісна взаємодія всіх учасників навчально-виховного процесу, в якому вони виступають суб'єктами знань, спілкування та організації. При цьому взаємодія між викладачем і здобувачами має суб'єкт-суб'єктний характер. Викладач повинен надати перевагу не інформаційно-контролюючій функції, а організаційно-стимулюючій, яка культивує демократичний стиль керування, підтримує ініціативу здобувачів та має настанову на співпрацю та солідарну відповідальність за результати діяльності.

Сутність інтерактивного навчання полягає в тому, що навчання відбувається завдяки взаємодії всіх тих, хто навчається. Це спільна діяльність, в якій викладач та здобувачі є суб'єктами навчання. Викладач є лише керівником розумової діяльності здобувача, спрямовує її, допомагає, послуговуючись фактами, дійти певних висновків. Завдяки цим методам, здобувачі засвоюють усі рівні пізнання (знання, розуміння, застосування, аналіз, синтез), розвивають критичне мислення, рефлексію, вміння розмірковувати, розв'язувати проблеми. Навчальний процес відбувається за умов постійної активної взаємодії всіх учасників.

Інтерактивне навчання містить в собі чітко спланований очікуваний результат навчання, окремі інтерактивні методи і прийоми, що стимулюють діяльність здобувачів різноманітні умови і процедури, за допомогою яких можна досягти запланованих результатів. Але в таких технологіях є обов'язкова вимога – наявність для всіх здобувачів групи спільної навчальної мети.

Інтерактивне навчання відкриває для всіх здобувачів можливість співпраці зі своїми ровесниками, дозволяє реалізувати природне прагнення кожної людини до спілкування, сприяє досягненню здобувачами високих результатів навчання. Взаємодія здобувачів стає основою активного навчання. Коли здобувачі навчаються, взаємодіючи з іншими, вони відчувають з їх боку емоційну та інтелектуальну підтримку, яка їм дає можливість вийти за рамки їх нинішнього рівня знань і умінь.

Одним із інтерактивних методів навчання є метод кейсів.

Проблема впровадження методу case-study в практику вищої професійної освіти в даний час є досить актуальною, що зумовлено двома тенденціями:

- перша випливає із загальної спрямованості розвитку освіти, його орієнтації не стільки на отримання конкретних знань, скільки на формування професійної компетентності, умінь і навичок розумової діяльності, розвиток здібностей особистості, серед яких особлива увага приділяється здатності

до навчання, зміні парадигми мислення, вмінню переробляти величезні масиви інформації;

- друга випливає з розвитку вимог до якості фахівця, який, крім задоволення вимог першої тенденції, повинен володіти також здатністю оптимальної поведінки в різних ситуаціях, відрізнятися системністю і ефективністю дій в умовах кризи.

Метод кейсів (case-study), застосовується як з метою формування й удосконалення загальної комунікативної готовності, так і для відпрацювання специфічних комунікативних компетентностей, умінь та навичок у представників тих професій, що передбачають контакт з іншими людьми, а також для моделювання ситуацій міжособистісної взаємодії в процесі діяльності.

Сутністю якого є колективний аналіз певної проблемної виробничої ситуації, який супроводжується пошуком її вирішення, його подальшим колективним обговоренням та захистом студентами запропонованого рішення [9].

Ідеї методу case-study (методу ситуаційного навчання) досить прості:

1. Метод призначений для отримання знань з дисциплін, істина в яких плюралістична, тобто немає однозначної відповіді на поставлене запитання, а є кілька відповідей, які можуть змагатися за ступенем істинності; задача викладання при цьому відразу відхиляється від класичної схеми і орієнтована на отримання не єдиною, а багатьох істин і орієнтацію в їх проблемному полі.

2. Акцент навчання переноситься не на оволодіння готовим знанням, а на його вироблення, на співтворчість здобувача і викладача; звідси принципова відмінність методу case-study від традиційних методик - демократія в процесі отримання знань, коли здобувач по суті справи рівноправний з іншими здобувачами і викладачем в процесі обговорення проблеми.

3. Результатом застосування методу є не тільки знання, а й навички професійної діяльності.

4. Технологія методу полягає в наступному: за певними правилами розробляється модель конкретної ситуації, що сталася в реальному житті, і відбивається той комплекс знань і практичних навичок, які здобувачам потрібно отримати; при цьому викладач виступає в ролі ведучого, що генерує питання, фіксує відповіді, підтримує дискусію, тобто в ролі диспетчера процесу співтворчості.

5. Безсумнівним достоїнством методу ситуаційного аналізу є не тільки отримання знань і формування практичних навичок, а й розвиток системи цінностей здобувачів, професійних позицій, життєвих установок, своєрідного професійного світовідчуття і світоперетворення.

6. У методі case-study долається класичний дефект традиційного навчання, пов'язаний з «сухістю», неемоційне викладу матеріалу - емоцій, творчої конкуренції і навіть боротьби в цьому методі так багато що добре організоване обговорення кейса нагадує театральну виставу.

Метод case-study - інструмент, що дозволяє застосувати теоретичні знання до вирішення практичних завдань. Метод сприяє розвитку у здобувачів самостійного мислення, вміння вислуховувати і враховувати альтернативну точку зору, аргументовано висловити свою. За допомогою цього методу студенти мають можливість проявити і удосконалити аналітичні та оціночні навички, навчитися працювати в команді, знаходити найбільш раціональне рішення поставленої проблеми.

В рамках підготовки магістрів за освітньою програмою «Промислова естетика і сертифікація виробничого обладнання» спеціальності 132 Матеріалознавство в професійних дисциплінах застосовуються методи інтерактивного навчання. Наприклад, існує міждисциплінарний кейс «Створення фірмового стилю промислового підприємства та просування його на ринку». Case виконується за результатами навчання дисциплін «Основи створення фірмового стилю» і «Продакт-дизайн». Виконується кейс поетапно, по мірі формування у здобувачів відповідних компетентностей.

Безпосередня мета методу case-study - спільними зусиллями групи студентів проаналізувати ситуацію - case, що виникає при конкретному положенні справ, і виробити практичне рішення; закінчення процесу - оцінка запропонованих алгоритмів і вибір кращого в контексті поставленої проблеми.

Запропонований кейс має прикладний характер вправи, в якій описується конкретна ситуація, пропонується знайти рішення проблеми; мета такого кейса - пошук шляхів вирішення проблеми. Кейс - навчає вирішенням проблем, прийняттям рішень і формуванню концепції в цілому.

Завдання кейсу полягає у наступному:

Група поділяється на дві команди – замовники та виконавці.

1. Замовникам надається напрямок діяльності в промисловості. Необхідно:

визначитися з переліком послуг або переліком продукції яку виготовляє підприємство;

вивчити конкурентів та існуючий ринок;

попередньо визначитися з методами просування товарів на ринку;

сформувати вимогу до виконавця на виготовлення фірмового стилю з детальним описом всіх елементів та носіїв.

2. Виконавці створюють бриф для замовника з максимальною кількістю запитань.

3. Замовники відповідають на бриф.
4. Після отримання брифу, виконавці аналізують відповідь, уточнюють необхідні деталі у замовника.
5. Сумісно формується технічне завдання.

Виконавці приступають до роботи. Постійно ведеться взаємодія замовник – виконавець.

6. Замовник остаточно визначається з методами просування товарів на ринку, паралельно взаємодіє з виконавцем і уточнюють деталі замовлення.
7. Після виконання замовлення та погодження виконаних робіт, сумісно ведеться просування на ринку товарів використовуючи створений фірмовий стиль.

Процесом виконання завдань, взаємодії між учасниками, термінами виконання керує викладач. В період «стадій контролю» проводяться дискусійні зустрічі на яких вирішуються спірні моменти під керівництвом викладача.

Запропонований та подібні кейси відповідають висунутим вимогам до цього методу:

- мають відповідний рівень складності;
- відповідають чітко поставленій меті створення;
- не старіє дуже швидко;
- актуальний на сьогоднішній день;
- ілюструє типову ситуацію;
- розвиває аналітичне мислення;
- провокує дискусію;
- має кілька рішень.

Подібні завдання викликають у здобувачів інженерних спеціальностей деякий опір і це не дивно. Інженери, хоча і майбутні, мають аналітичне мислення і не завжди готові до креативності. Але поступово включаючись в творчий процес здобувачі з цікавістю та навіть захопленням працюють і досягають неочікуваних, для себе, результатів.

Запропонований метод являє собою специфічний різновид дослідницької аналітичної технології, тобто включає в себе операції дослідного процесу, аналітичні процедури, що відповідає вимогам Національної рамки кваліфікацій до рівня магістр.

Метод case-study виступає як технологія колективного навчання, найважливішими складовими якої виступають робота в групі (або підгрупах) і взаємний обмін інформацією.

Метод case-study інтегрує в собі технології розвиваючого навчання, включаючи процедури індивідуального, групового і колективного розвитку,

формування особистісних якостей, професійних компетентностей, комунікативної компетентності, автономності та відповідальності здобувачів.

до переваг методу case-study можна віднести:

- використання принципів проблемного навчання - отримання навичок вирішення реальних проблем, можливість роботи групи на єдиному проблемному полі, при цьому процес вивчення, по суті, імітує механізм ухвалення рішення в життя, він більш адекватний життєвої ситуації, ніж заучування термінів з подальшим переказом, оскільки вимагає не тільки знання і розуміння термінів, а й вміння оперувати ними, вибудовуючи логічні схеми вирішення проблеми, аргументувати свою думку;
- отримання навичок роботи в команді (team job skills);
- вироблення навичок найпростіших узагальнень;
- отримання навичок презентації;
- отримання навичок прес-конференції, вміння формулювати питання, аргументувати відповідь.

Розбираючи кейс, здобувачі фактично отримують на руки готове рішення, яке можна застосувати в аналогічних обставинах.

Висновок. Під час використання методу кейсів можна розв'язати одночасно ряд задач: розвиток комунікативних умінь і навичок; емоційний контакт між слухачами; робота у команді; адаптація до нервових навантажень; сприяння розвитку критичного мислення та самостійного набуття знань.

Заняття по методу кейсів надає здобувачу володіння професійною чи комунікативною компетентністю, що забезпечує майбутньому фахівцеві впевненість у собі, усвідомлення важливості професійного росту, удосконалення комунікативної сторони професійної діяльності, орієнтацію на особистість людини як на головну цінність (гуманістична позиція), а також здатність до творчого рішення комунікативних завдань, які виникають у процесі спілкування (комунікативна креативність).

ЛІТЕРАТУРА

1. Gonzales L., Keane C. Who will fill the geoscience workforce supply gap? *Environmental science and technology*. 2009. Vol. 44. P. 550 – 555.

2. Mikes D. Geoscience education is outdated. *South African journal of geology*. 2015. Vol. 118, Issue 3. P. 299 – 301.

3. King H. Geoscied III: The higher education perspective. *Teaching Earth sciences*. 2000. Vol. 25, № 2. P. 104 – 106.

4. Грановская Н. В. Технологии проектного, проблемного и практического обучения при подготовке горных инженеров. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2009. № 5. С. 68–71.

5. Каражанова М.К., Етирмишли Г.Д., Кулиев Г.Г., Эфендиев Г.М. Актуальные направления совершенствования учебного процесса в вузах нефтегазового профиля. *Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології (до 70-річчя геол. ф-ту Київ. нац.*

ун-ту імені Тараса Шевченка) : матеріали Міжнар. наук. конф., 31 березня – 3 квітня 2014 р. (Київ, Україна). Київ 2014. С. 8–10.

6. Бадюк Ю. В. Формування фахових знань майбутніх молодших спеціалістів будівельного профілю засобами ділових ігор : автореф. дис. … канд. пед. наук : спец. 13.00.04. Чернігів, 2009. 20 с.

7. Кобюк Ю. М. Технології ситуативного моделювання у професійній підготовці майбутніх учителів. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології* : наук. журн. / МОН України, СумДПУ ім. А. С. Макаренка. Суми, 2015. № 3 (47). С. 359–364.

8. Коломієць Н. А. Дидактичні засади застосування інтерактивних методів навчання молодших школярів : автореф. дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.09 / Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. Київ, 2009. 21 с.

9. Дячук А. О. Застосування кейс-методу в підготовці майбутніх управлінців екологічною безпекою. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. 2010. № 26. С. 239–246.

УДК 378.147:620.2:629.331

АКТИВИЗАЦИЯ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАКАЛАВРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ»

В.Е. Олишевская

кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Национальный технический университет «Днепровская политехника», г. Днепр, Украина, e-mail: olishevska.valentina@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены вопросы мотивации и активизации учебной деятельности бакалавров специальности *274 Автомобильный транспорт* в рамках специальной дисциплины «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли». Приведены результаты формирования творческого мышления студентов путем перехода от учебно-образовательного к научно-образовательному процессу.

Ключевые слова: учебная деятельность, активизация учебной деятельности, качество подготовки бакалавров.

ACTIVATION OF EDUCATIONAL ACTIVITY BACHELORS AT STUDY OF DISCIPLINE 'CONSTRUCTION AND OPERATING MATERIALS IN MOTOR-CAR INDUSTRY'

V.E. Olishevska

Ph.D., Associate Professor of Automobiles and Automobile Economy Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: olishevska.valentina@gmail.com

Abstract. The questions of motivation and activation of educational activity of bachelors of specialty the 274 Automobile transport are considered within the framework of the special

discipline «Construction and operating materials in motor-car industry». The results of forming of creative thought of students by transition from educational to the scientifically-educational process are conducted.

Keywords: educational activity, activation of educational activity, quality of preparation of bachelors.

Введение. Отличительной особенностью развития общества XXI века является его динамичность. Стремительное развитие информационных наук, материалов и технологий увеличивает поток информации. Научно-технический прогресс быстро меняет не только технические и технологические аспекты жизни, но и экономические, финансовые, организационные, социальные, экологические. На протяжении одного поколения происходит изменение профессиональных знаний, сознания, ценностей, речи.

Бурное развитие мирового автомобилестроения, увеличение иностранных автомобилей на рынке Украины, расширение ассортимента предоставляемых услуг особенно остро ставят вопрос подготовки студентов, обучающихся по специальности 274 Автомобильный транспорт.

Спектр производственных функций выпускника очень широк и связан с созданием, производством, эксплуатацией, диагностикой, ремонтом, маркетингом и утилизацией автомобилей, экспертной оценкой автотранспортных средств, организацией, планированием и работой автомобильного хозяйства, менеджмента на автотранспортных предприятиях. Бакалавр должен быть способен выполнять работу техника-конструктора, техника-технолога, техника-маркетолога, техника по эксплуатации и ремонту автомобилей и оборудования, инженера технического отдела авторемонтного предприятия, инженера производственного участка на авторемонтном предприятии, мастера производственного участка авторемонтного предприятия, мастера по обеспечению надежности и работоспособности оборудования, инженера по обеспечению качества ремонта автомобилей, эксперта по оценке автотранспортных средств, преподавателя учебного заведения.

Поэтому сегодня недостаточно готовить будущего инженера-автомобилиста только на основе творческого освоения суммы профессиональных знаний. Кроме современных знаний, которые, конечно, являются важнейшим элементом высшего образования, студент-автомобилист должен обладать также и достаточным уровнем культуры и инновационным мышлением.

В контексте современного обучения, рядом с определениями «знания», «умения», «навыки», на первый план выходит проблема развития и диагностирования базовых интеллектуальных качеств личности: компетенций, инициативы, творчества.

Обеспечение высокого качества подготовки бакалавров требует применения новых подходов в преподавании технических дисциплин.

В данной статье рассматриваются вопросы повышения качества подготовки и активизации учебной деятельности студентов, обучающихся по специальности 274 Автомобильный транспорт, при изучении дисциплины «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли».

Цель работы. Повышение качества подготовки бакалавров в рамках дисциплины «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли» путем перехода от учебно-образовательного к научно-образовательному процессу.

Материал и результаты исследований. Дисциплина «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли» преподается на кафедре автомобилей и автомобильного хозяйства Национального технического университета «Днепровская политехника» с сентября 2017 года. Данная дисциплина объединила дисциплины «Технология конструкционных материалов и материаловедение» и «Эксплуатационные материалы». Дисциплина «Эксплуатационные материалы», в свою очередь, была создана в 2011 году на базе дисциплины «Использование эксплуатационных материалов и экономия топливно-энергетических ресурсов».

Целями дисциплины «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли» являются овладение бакалаврами теоретическими знаниями, практическими навыками и компетенциями по определению качества современных автомобильных конструкционных и эксплуатационных материалов, обеспечению рационального применения материалов и организации мероприятий по их экономии, повышению экономичности работы автомобилей и двигателей.

Главные задания дисциплины:

✓ получение бакалаврами теоретических знаний современных автомобильных конструкционных и эксплуатационных материалов;

✓ обеспечение рационального применения материалов в условиях ограниченности ресурсов и организация мероприятий по их экономии;

✓ поиск путей повышения экономичности работы автомобилей и двигателей;

✓ развитие у бакалавров чувства нового, умения критически оценивать существующие процессы и материалы, находить среди них наиболее перспективные для каждой производственной ситуации;

✓ формирование умения самостоятельно работать с научно-технической литературой;

✓ формирование умения презентовать информацию, идеи, проблемы, решение и собственный опыт в отрасли профессиональной деятельности;

✓ приобретение способности эффективно формировать коммуникационную стратегию.

Учебная деятельность студентов в рамках дисциплины «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли» осуществляется в виде лекций, лабораторных занятий, самостоятельной работы и индивидуальных заданий.

Преподавание дисциплины «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли» основывается на использовании следующих видов лекций: вступительная, информационная, проблемная, обзорная, лекция-визуализация, пресс-конференция.

Вступительная лекция содержит формулировку цели и заданий дисциплины, связь с другими дисциплинами программы подготовки бакалавров, методику изучения дисциплины, информационное обеспечение. Вступительная лекция позволяет студентам понять взаимосвязь теоретического материала дисциплины и работы будущего бакалавра.

Информационная лекция подает материал для запоминания. Преподаватель предоставляет студентам актуальную информацию по теме лекции с освещением современных достижений науки и техники.

В качестве примера приведен ход лекционного занятия по теме «Дизельное топливо»:

1. организационный момент: приветствие студентов; запись в журнале информации об отсутствующих студентах; запись в конспектах студентов даты и темы лекции (на доске – тема лекции, на экране – тема и план лекции);

2. актуализация базовых знаний студентов: устный фронтальный опрос по заданиям предыдущей темы (на экране – вопросы);

3. мотивация познавательной деятельности студентов: преподаватель связывает тему занятия с другими дисциплинами, которые студенты будут изучать в следующих семестрах;

4. изучение нового материала:

- Компонентный состав дизельных топлив и современные присадки.
- Свойства дизельных топлив.
- Стабильность дизельных топлив и их склонность к нагарообразованию и образованию отложений на деталях двигателя.
- Ассортимент дизельных топлив и применение.

При изучении нового материала студенты делают запись информации в конспект. Пояснения учебного материала осуществляется с помощью мультимедийного сопровождения. Например: схема факела распыления

топлива при повышенной и пониженной вязкости; график зависимости метанового числа дизельного топлива от степени сжатия в дизеле; основные свойства дизельных топлив в соответствии с ДСТУ 7688:2015.

5. Закрепление изученного материала: студенты с помощью преподавателя делают анализ влияния показателей дизельного топлива на работу двигателя.

6. Подведение итогов занятия.

7. Задания для самостоятельной работы:

- Закрепить знания основных свойств дизельных топлив [1, С. 64-78; 2, С. 75-102].
- Закрепить знания по влиянию основных свойств дизельных топлив на работу дизелей [1, С. 78-84; 3, С. 117-133].
- Закрепить знания по маркировке и ассортименту дизельных топлив [1, С. 84-95; 3, С. 138-148].

8. Список рекомендованной литературы: [1]-[3].

Важными моментами при проведении лекционных занятий, влияющими на качество подготовки бакалавров, являются:

✓ изложение запланированного количества новой информации;

✓ обсуждение современной информации (в рассмотренном примере – европейская норма EN 590, перспективные требования комиссии Европейского экономического содружества, перспективные требования Европейской ассоциации автомобильных компаний);

✓ активное участие студентов в обсуждении вопросов, предлагаемых преподавателем.

Другим видом лекции является проблемная лекция.

Целями *проблемной лекции* являются формирование творческого мышления студентов, интереса к изучаемому явлению, профессиональной мотивации. Во время проблемных лекций новый теоретический материал подается в виде проблемного задания.

Решение со студентами учебно-познавательных задач способствует проникновению в суть важнейших вопросов будущей профессиональной деятельности. Например, студентам предлагаются задания: на выявление противоречий и проблемное виденье (конструирование проблемных ситуаций, выявление противоречий); без полной информации (на уточнение цели, условий, требований и ограничений); на прогнозирование (прогрессивные экстраполяции, непосредственное выдвижение гипотезы); на оптимизацию (выбор оптимального решения, оптимизацию расходов); логические (описание явлений, процессов, определение понятий).

Наиболее сложные вопросы дисциплины позволяет рассматривать *обзорная лекция*, которая систематизирует знания, создает у студентов причинно-следственные связи.

Лекция-визуализация позволяет иллюстрировать учебный материал слайд-курсом электронных презентаций, выполненных в Microsoft Power Point. Примеры демонстрационных слайдов по лекционным темам «Смазочные материалы» и «Железоуглеродистые сплавы» представлены на рис 1, 2. Применение слайд-курсов, бесспорно, способствует лучшему пониманию сути изучаемого явления и запоминанию нового материала.

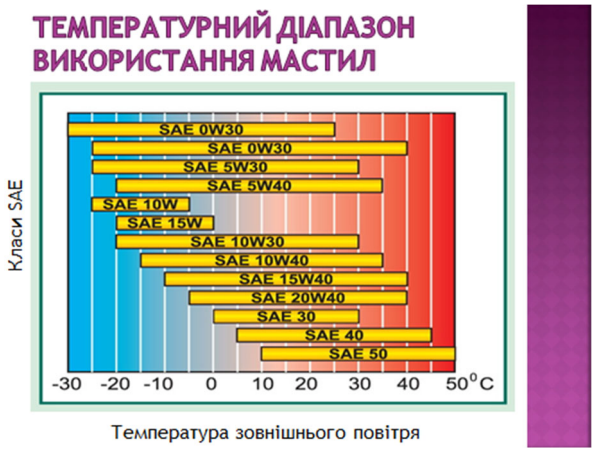


Рисунок 1 – Демонстрационный слайд по лекционной теме «Смазочные материалы»

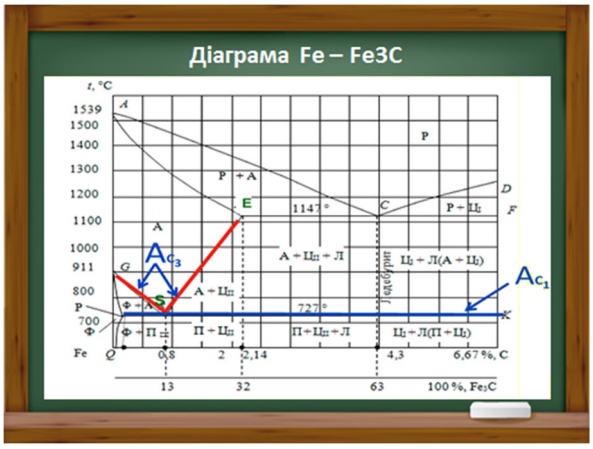


Рисунок 2 – Демонстрационный слайд по лекционной теме «Железоуглеродистые сплавы»

Лекции в виде *пресс-конференции* проводятся с целью привлечения студентов к обсуждению основных моментов темы, акцентированию на перспективы создания новых материалов с применением интерактивных форм: лекция-беседа, лекция-дискуссия.

Информационной базой для изучения лекционного материала является рекомендуемая литература, включающая учебники, учебные пособия, справочники, стандарты, марочники.

Относительно новыми информационными источниками являются электронные ресурсы, удобные в использовании и ускоряющие поиск и скрининг необходимой информации.

Примерами рекомендуемой студентам литературы в дисциплине «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли» являются источники [1]–[6]. Библиографическое описание литературных источников выполняется в соответствии с ДСТУ 8302:2015 [7], вступившим в действие с 01 июля 2016 года. Обучение бакалавров основам биб-

лиографии позволяет не только быстро находить достоверную информацию по интересующему вопросу, но и формировать культуру студентов, воспитывать уважение к авторским правам и интеллектуальной собственности.

Теоретические знания, полученные на лекциях и при чтении литературы, закрепляются в процессе проведения лабораторных работ, играющих важную роль в подготовке бакалавров путем самостоятельной исполнительной деятельности.

Выполнение лабораторных работ позволяет студентам:

- изучать методики проведения экспериментальных исследований;
- осваивать методы безопасного проведения экспериментальных исследований;
- выполнять эксперименты, подтверждающие отдельные теоретические положения дисциплины;
- приобретать практические навыки работы с оборудованием;
- углублять теоретические знания благодаря практическому применению;
- приобретать практические навыки анализа, обработки и представления полученных результатов.

Лабораторные работы выполняются студентами на соответствующем оборудовании. Студенты пользуются методическими рекомендациями к лабораторной работе, справочниками, стандартами, демонстрационными материалами – плакатами и электронными слайдами (рис. 3).

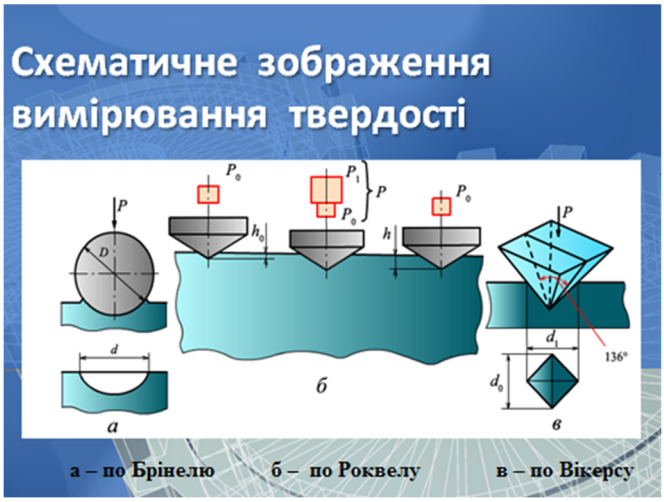


Рисунок 3 – Демонстрационный слайд по теме лабораторного занятия «Определение твердости металлов и сплавов»

Выполнение лабораторных работ, как формы закрепления теоретических знаний, дает определенный результат, но не требуют от студента само-

стоятельной научной работы и технического творчества, поиска ранее неизвестного результата. Поэтому, внедрение элементов научно-технического творчества в студенческие роботы является важной формой научно-исследовательской работы студентов.

Для бакалавров младших курсов одной из форм научно-исследовательской работы студентов в рамках учебного процесса является выполнение индивидуального задания с элементами научного поиска.

Индивидуальное задание по дисциплине «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли» выполняется в виде реферата (от лат. refero – сообщаю) – вида индивидуального задания, представляющего сжатое письменное изложение содержания источников информации по определенной теме учебной дисциплины.

Выполнение индивидуального задания ставит следующие цели:

✓ повышение понятийно-аналитического уровня знаний;

✓ формирование общекультурной осведомленности;

✓ приобретение умения самостоятельно анализировать разнообразные явления, которые происходят в конструкционных и эксплуатационных материалах в условиях производства, эксплуатации и ремонта автомобилей;

✓ развитие творческого подхода к анализу, систематизации, классификации и обобщению научно-технической информации;

✓ овладение техникой создания электронной презентации результатов индивидуальной работы;

✓ овладение техникой публичного произнесения (в виде докладов) результатов аналитического обзора источников информации;

✓ усвоение методов ведения аргументированной полемики.

Для выполнения индивидуальных работ по дисциплине «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли» разработаны методические рекомендации [8], включающие описание организации выполнения индивидуального задания, требования к выполнению индивидуальных заданий, общие критерии оценивания выполнения индивидуальных работ, критерии оценивания выполнения индивидуальных работ в нормах оценок, список рекомендуемой литературы и справочные приложения.

В ходе выполнения индивидуального задания студент самостоятельно осуществляет подбор литературы по теме задания. При выполнении задания рекомендуется привлекать научно-техническую литературу за последние 20-ть лет. Возможный подход изложения материала индивидуального задания по принципу: что было – что есть – что будет в перспективе, нуждается в использовании более ранних источников информации.

Индивидуальное задание предусматривает формулирование студентом цели и задач исследования, объекта и предмета исследования, описание методов исследования. В справочных приложениях приведены примеры формулировки цели и задач, объекта и предмета исследования, описание методов исследования, формулирование выводов [8].

Важными этапами выполнения индивидуального задания являются написание реферата и оформление работы согласно требованиям.

В справочных приложениях приведены примеры оформления титульного листа, содержания индивидуального задания, формул, рисунков и таблиц, списка использованной литературы [8].

Завершающими этапами выполнения индивидуального задания являются создание электронной презентации работы, подготовка доклада и защита индивидуального задания в виде доклада с электронной презентацией на конференции, семинаре, консультации.

Защита индивидуального задания позволяет оценить:

- ✓ степень владения состоянием вопроса и проблематикой отрасли;
- ✓ последовательное развитие мысли;
- ✓ наличие логических собственных суждений;
- ✓ аргументацию и ее соответствие рассматриваемым положениям;
- ✓ структуру доклада;
- ✓ правильность ответов на вопросы;
- ✓ технику ответов на вопросы;
- ✓ способность делать выводы и формулировать предложения.

Индивидуальное задание является важным видом самостоятельной работы студентов, позволяющим не только получать знания по учебной дисциплине, но и проявлять интеллектуальные способности студента, его творческий потенциал, способности эффективно формировать коммуникационную стратегию и творческое мышление.

Творческое мышление является той основой, которая позволяет формировать в рамках учебной дисциплины творческую личность бакалавра. Единство профессионального и личностного развития обеспечивают внутреннюю среду студента, его активность, потребность в самореализации. Формой реализации творческого потенциала личности в профессиональной деятельности являются ее интегральные характеристики: направленность, компетентность, эмоциональная и поведенческая гибкость.

Для подготовки высококвалифицированных бакалавров важнейшим условием является связь теоретических знаний с их использованием на практике.

Научно-образовательный подход в изучении дисциплины «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли» позволяет студентам успешно выполнять научные работы под руководством преподавателя и докладывать результаты на Всеукраинских и Международных конференциях, форумах, симпозиумах.

На рис. 4 приведен слайд из индивидуального задания студента, проанализировавшего интерактивные формы обучения [9]. В данной работе студент выполнил задание на определение компетенций в жанре кроссворда. В процессе обсуждения кроссворда студенты задавались вопросами корректности поставленных вопросов, глубины охвата темы, важности тех или других вопросов. Таким образом, цель индивидуальной работы [9] была достигнута – студенты достаточно хорошо изучили тему «Автомобильные топлива».

Рисунок 4 – Интерактивная форма обучения на примере темы «Автомобильные топлива»

Индивидуальные работы, направленные на развитие творческих способностей студентов и рассматривающие вопросы в рамках дисциплины «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли», были выполнены и опубликованы на 4-х языках: украинском, русском, английском и немецком. С 2010 года опубликована 51 работа, из них 4 статьи в специализированных изданиях и 47 тезисов (например, [10-14]).

С 2010 года работы студентов были отмечены 13 грамотами и дипломами и 4 сертификатами, 4 работы получили рекомендации к публикации в специализированных изданиях [10-13].

Важным структурным компонентом учебного процесса является контроль за учебно-познавательной деятельностью студентов. В системе Европейской кредитно-трансферной системы оценка результатов обучения студентов основывается на сквозном компетентностном подходе [15]. Достигнутые бакалавром реальные результаты обучения отображаются уровнем компетентности относительно требований Национальной рамки квалификаций.

Оценивание результатов обучения студентов НТУ «Днепровская политехника» производится по рейтинговой и институционной шкалам.

Оценивание результатов обучения осуществляется в виде текущего и итогового контроля. Текущий контроль осуществляется для аудиторных занятий с целью определения уровня достижения дисциплинарных результатов обучения.

Итоговый контроль проводится с целью комплексного оценивания уровня результатов обучения за семестр. Итоговый контроль по дисциплине «Конструкционные и эксплуатационные материалы в автомобильной отрасли» проводится в форме экзамена.

Выводы. Обеспечение высокого качества подготовки бакалавров, конкурентоспособных на рынке труда, требует применения новых подходов в преподавании технических дисциплин. Высшее техническое образование не является простой суммой знаний, умений и навыков. Современный процесс обучения должен формировать профессиональные компетенции, мировоззренческую парадигму, развивать познавательные, творческие способности личности.

Важными категориями высшего образования являются самостоятельная деятельность студентов в процессе обучения, высокий уровень мотивации к реализации познания, самоусовершенствование.

Всем студентам-автомобилистам желаю творческих успехов в покорении новых профессиональных высот и как сказал конструктор и основатель компании «Jaguar», Сер Уильям Лайонс (William Lyons): «Для того, чтобы мечты сбывались, нужно не так уж много: талант, знания и немножко везения».

ЛИТЕРАТУРА

1. Полянський С. К., Коваленко В. М. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин: підручник. Київ: Либідь, 2005. 504 с.

2. Колосюк Д. С., Зеркалов Д. В. Експлуатаційні матеріали: підручник. Київ: Арістей, 2005. 241 с.

3. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Осипов І. М. та ін. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. 2-ге

вид., перероблене та доповнене. За ред. В. Я. Чабанного. Кіровоград: КП «Центрально-Українське видавництво», 2008. Книга 1. Паливно-мастильні матеріали і технічні рідини. 353 с. URL: http://library.kr.ua/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn1.pdf (дата звернення: 05.04.2019).

4. ДСТУ 7687:2015. Бензини автомобільні Євро. Технічні умови. Чинний від 2016-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 20 с.

5. ДСТУ ISO 6508-1:2013. Металеві матеріали. Визначення твердості за Роквеллом. Частина 1. Метод випробування (шкали A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) (ISO 6508-1:2005, IDT). Чинний від 2014-07-01. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 24 с.

6. Олишевская В. Е., Бас К. М., Литвин П. В. Обработка трущихся соединений машин нанотрибопрепаратами при безразборном сервисе. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2010. № 51. С. 156-161. URL: http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/Vestnik_51.pdf (дата звернення: 05.04.2019).

7. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 2016-07-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 20 с.

8. Олішевська В. Є. Конструкційні та експлуатаційні матеріали в автомобільній галузі: методичні рекомендації до виконання індивідуальних робіт для бакалаврів спеціальності 274 Автомобільний транспорт. Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 44 с. URL: http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/152194 (дата звернення: 05.04.2019).

9. Олишевская В. Е., Кармановский В. О. Интерактивная форма обучения на примере темы «Автомобильные топлива». Наукова весна 2015: шоста всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих учених, м. Дніпропетровськ, 1-2 квіт. 2015 р. Дніпропетровськ, 2015. С. 511. URL: http://aag.nmu.org.ua/ua/konferentsii/nv-2015-zbirnyk-05.pdf (дата звернення: 05.04.2019).

10. Олишевская В. Е., Олишевский Г. С., Гулак А. А. Нанотрибопрепараты для безразборного сервиса узлов и агрегатов машин. Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Ракетно-космічна техніка. 2010. № 4. Т. 18. вип. 14(2). С. 150-154.

11. Олишевская В. Е., Олишевский Г. С., Зубарев Н. С. Механические свойства композиционных наноматериалов. Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Ракетно-космічна техніка. 2011. № 4. Т. 19. вип. 15(2). С. 140-148.

12. Олишевская В. Е., Басс К. М., Олишевский Г. С. и др. Состав наноприсадок к автомобильным смазывающим материалам и их влияние на процессы трения и износа деталей машин. Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Ракетно-космічна техніка. 2015. № 4. Т. 23. вип. 18(1). С. 123-130. URL: http://www.dnu.dp.ua/docs/visnik/ftf/program_56b23faa93a14.pdf (дата звернення: 05.04.2019).

13. Олишевская В. Е., Олишевский Г. С., Медянцев А. Е. Автомобильные защитные наноматериалы. Механіка гіроскопічних систем. 2016. № 31. С. 95-105. URL: http://mgsys.kpi.ua/article/view/87142 (дата звернення: 05.04.2019).

14. Stashevska I., Olishevska V. E., Isakova M. L. Evaluation of modern methods for determining the hardness of materials. Розширюючи обрії: зб. тез чотирнадцятого міжнар. форуму студ. і молодих учених, м. Дніпро, 11-12 квіт. 2019 р. Дніпро, 2019. Т. 2.

15. Азюковський О. О., Заболотна Ю. О., Одновол М. М. та ін. Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти : затверджено Вченою радою 26.12.2017, протокол № 20 (із змінами та доповненнями, затвердженими Вченою радою

НТУ «Дніпровська політехніка» від 18.09.2018, від 11.12.2018). Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 27 с. URL :http://www.nmu.org.ua/upload/iblock/4a9/4a97179a0ac59afb9003dddb50e23232.pdf (дата звернення: 09.04.2019).

УДК 371.38

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ» ПО НАПРАВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ПРОФИЛЮ ГОРНОЕ ДЕЛО

С.А. Пахомова[1], А.С. Помельникова[2], С.Д. Карпухин[3]
[1, 3] кандидат технических наук, доцент; [2] доктор технических наук, профессор
[2] e-mail: vladisl-2013@yandex.ru
[1, 2, 3]Московский Государственный Технический Университет им. Н. Э. Баумана, Россия

Аннотация. В работе представлены рекомендации по системе преподавания курса «Технология нанесения покрытий» студентам по специальности «Материаловедение». Для существенного повышения качества обучения и приближения к практической деятельности, в статье приведены рекомендации по самостоятельной работе студентов и обширный список литературы, включающий, в том числе, современные интернет-ресурсы.

Ключевые слова: технология, покрытия, материаловедение, программа дисциплины, рекомендации, методика преподавания.

MASTER'S PROGRAM 'COATING TECHNOLOGY' BY MATERIALS SCIENCE DIRECTION AND MINING PROFILE

S. Pakhomova[1], A. Pomelnikova [2], S. Karpukhin[3]
[1, 3] Ph.D., assistant Professor; [2] Ph.D., Professor;
[2] e-mail: vladisl-2013@yandex.ru
[1, 2, 3] Bauman Moscow State Technical University, Russia

Abstract. The paper presents recommendations for the teaching of the course 'Coatings Technology' to students in the specialty 'Science of Materials'. To significantly improve the quality of education, the article provides the recommendations for students to self-study of the course and the extensive bibliography, which includes, inter alia, modern Internet resources.

Keywords: Coatings, Technology, Science of Materials, program of discipline, recommendations, methodology.

Введение. Преподавание курса «Технология нанесения покрытий» в МГТУ им. Н.Э. Баумана ведет кафедра «Материаловедение». Предлагае-

мый курс лекций может входить в программу обучения магистров по профилю машиностроения и в т.ч. горного дела. Сущность предмета заключается в изучении теории научно обоснованного определения свойств рабочих поверхностей, обеспечивающих экономически целесообразную долговечность, а также в технологическом создании таких поверхностей, их контроле, испытании, ремонте, и восстановлении [1, 2].

Основной целью преподавания дисциплины является формирование у студентов знаний, умений и навыков в области получения поверхностных покрытий с заданными эксплуатационными свойствами, а также к участию в создании новых методов, прогрессивных технологий и оборудования для получения покрытий. Задачи дисциплины – формирование умений и навыков по следующим направлениям деятельности: 1) определение эксплуатационных характеристик деталей машин, приборов, конструкций; 2) определение основных критериев оценки конструкционной прочности материалов; 3) научное и экономическое обоснование выбора метода и оборудования для получения покрытий с заданными свойствами.

Настоящая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования с учетом требований к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по специальности «Материаловедение» и соответствует компетенциям по направлению подготовки магистров 150100.65 «Материаловедение и технологии материалов».

Целью работы является формирование у студентов-магистров знаний, умений и навыков в области современных представлений о технологиях нанесения покрытий, а также инженерных методов изменения структуры поверхности деталей для получения заданных свойств изделий горнодобывающей промышленности.

Материалы и методология развития программы. Дисциплина входит в часть профессионального цикла по выбору и преподается в течение одного семестра. Программа рассчитана на 36 часов, из которых 12 – лекции, 12 – семинары, остальное – самостоятельная работа, направленная на проработку курса, выполнение домашнего задания, подготовку к контрольной работе и к экзамену.

Освоение дисциплины предусматривает наличие у студентов знаний и умений по следующим дисциплинам: «Инженерия поверхности», «Физика» (молекулярная физика, физика твердого тела, строение твердых тел, магнетизм, электричество, механические, тепловые, магнитные и электрические свойства твердых тел); «Химия» (виды химической связи, зависимость свойств от положения элементов в периодической системе элементов, эле-

менты электрохимии, химии полимеров, диэлектриков и полупроводников); «Информационные технологии» (методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации); «Основы термодинамики» (термодинамические процессы и циклы, теплота и работа, энтальпия, энтропия).

В свою очередь, знания, полученные студентами в данном курсе, используются при выполнении курсовых проектов и выпускной квалификационной работы, а также в курсах по теории и практике обработки материалов, трибологии и химико-термической обработке.

Применяемый в МГТУ им. Н.Э. Баумана рейтинго-модульный принцип организации преподавания дисциплин используется в методике преподавания курса «Технология нанесения покрытий». Весь курс разбивается на два модуля. Первый включает изучение строения и эксплуатационных свойств поверхностного слоя деталей машин, а второй – методы и оборудование для нанесения покрытий на металлах и сплавах. Структура и содержание курса, с указанием временных затрат на изучение отдельных тем модулей, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - **Структура и содержание дисциплины**

№ п/п	Модули	Лекции, ч	Семинары, ч	Лабораторные работы, ч	Самостоятельная работа, ч	Литература
1.	Модуль 1. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин	12			6	[1-5, 12, 13]
1.1	Лекции					
1.2	Контрольная работа №1					
2.	Модуль 2. Методы и оборудование для нанесения покрытий на металлах и сплавах		12		6	[6-13]
2.1	Семинары					
2.2	Домашнее задание. Презентация доклада на тему «Способ и оборудование для нанесения покрытия, соответствующего условиям эксплуатации детали»					
2.3.	Контрольная работа №2					
	Итого:	12	12		12	

Ниже более подробно приведены содержание лекций, домашних заданий и структуры оценок по каждой из тем модулей.

Лекционный курс 1-го модуля включает следующие темы

1. Эксплуатационные свойства деталей машин и их поверхностный слой. Влияние состояния поверхности на работоспособность деталей машин и приборов. Декоративные свойства художественных изделий

2. Критерии надежности, прочности и долговечности. Оценка эффективности поверхностного и объемного легирования. Способы повышения конструкционной прочности.

3. Граничная зона поверхностного слоя и ее структурно-фазовое состояние. Зависимость физико-механическое состояние поверхности сплавов от методов и режимов обработки.

4. Механические методы обработки поверхности: шлифование, полирование, обработка давлением и резание.

5. Электрохимические и химические методы обработки поверхности.

6. Процессы диффузии, адсорбции и хемосорбции. Их роль в формировании поверхностных слоев.

7. Влияние разных факторов: структуры, состояния поверхности сплавов, фазового состава, активности и давления окружающей среды, а также температуры на кинетику формирования поверхностных слоев.

Семинары 2-го модуля включают следующие темы:

8. Основные показатели качества машин, которые преимущественно определяются свойствами поверхностных слоев деталей (износостойкостью, пределом выносливости, коэффициентом трения, коррозионной стойкостью, контактной жесткостью, герметичностью соединения, прочностью посадок и др.).

9. Работа деталей машин в контакте с эксплуатационной средой; с технологическими средами (соединения и их растворы в различных агрегатных состояниях); со средами, которые используются для осуществления рабочего цикла (например, топливо и теплоносители или смазочные материалы и т. п.).

10. Разные виды обработки поверхности для устранения или торможения процессов, которые протекают на границе металл — среда, негативно воздействующих на работоспособность материалов.

11. Способы направленного изменения физико-химических свойств поверхностных слоев материалов: деформирование, модифицирование, нанесение покрытий, пленок и защитных слоев.

12. Нанотехнология. Примеры использования нанотехнологий для целенаправленного изменения свойств поверхности изделий. Технология тон-

ких пленок. Нанокомпозитные и структурированные упрочняющие покрытия.

Самостоятельная работа:

Модуль 1. Самостоятельная работа студента заключается в проработке материала лекций, подготовке к контрольной работе № 1, подготовке к защите модулей. Контроль проводится в потоке на лекции в форме письменного, индивидуального для каждого студента, задания. Используются конспекты лекций и литература [1-5, 12, 13].

Модуль 2. Самостоятельная работа студента заключается в проработке материала лекций, выполнению домашнего задания: подготовке реферата и презентации доклада по теме «Способ и оборудование для нанесения покрытия, соответствующего условиям эксплуатации деталей», подготовке к защите модуля 2 и к сдаче экзамена.

Используются конспекты лекций и предлагаемая литература [6-13]. В связи с тем, что домашнее задание должно быть выполнено на современном уровне развития науки и техники, студенты много времени уделяют анализу информации различных интернет-ресурсов.

Выполнение домашнего задания: реферата и презентации доклада.

В реферате рассматриваются различные способы нанесения покрытий. С обязательным отражением следующих пунктов: Цель, способы проведения. Обрабатываемые материалы. Изменение свойств и влияние на эксплуатационные свойства. Комбинирование с другими видами обработки. Применение (детали, изделия). В реферате должны быть подробно объяснены теоретические аспекты изменения свойств и структуры деталей с покрытиями.

Реферат содержит 10-20 страниц текста формата А4 (включая рисунки, титульный лист и список использованной литературы) и 10-15 листов презентации доклада с использованием мультимедиа.

Выполненное задание представляется в виде публичного доклада (презентации) в сроки, предусмотренные графиком учебных занятий. Защита доклада проводится устно, при этом студент должен продемонстрировать понимание сущности изменения структуры и свойств, происходящих на каждом этапе обработки поверхности.

Методическое и техническое обеспечение дисциплины:

Курс лекций читается в лекционных аудиториях кафедры МТ8, с возможностью использования программных продуктов и мультимедиа представления материала. На первом занятии студенты получают следующие материалы:

1) набор электронных презентаций в электронном виде по темам лекционного курса для использования в аудиторных занятиях;
2) вопросы для подготовки к контрольной работе по модулю 1;
3) примерные темы домашнего задания;
4) вопросы к экзамену, проводимому после обучения по модулю 2;
5) список основной и дополнительной литературы (приведен ниже).

Используемое на лекциях оборудование: интерактивные электронные средства. В том числе: компьютер, проектор, мультимедийная доска.

В курсе «Технология нанесения покрытий» реализована личностно ориентированная технология образования, сочетающая два равноправных аспекта этого процесса: обучение и учение. С учетом этого, учебные материалы модуля включают информацию нескольких типов:

- информацию, отражающую мировой, постоянно обновляющийся опыт в области технологии;
- информацию справочного характера, излагающую факты и связи между ключевыми положениями науки о покрытиях и естественно-научными и общепрофессиональными дисциплинами;
- информацию, помогающую самообразованию. Это - имеющиеся в лекционном разделе модуля текстовые пояснения, указания, примечания, комментарии, смысловые таблицы, приложения, облегчающие самостоятельную обработку текста, его понимание.

Деятельностный подход при освоении дисциплины реализуется через анализ и решение учебных задач. При изучении дисциплины предусмотрены следующие активные формы проведения занятий: 1) просмотр и обсуждение видео фрагментов лекционного раздела модуля; 2) работа на семинарах в команде при подготовке аналитических обзоров и презентаций по полученным результатам; 3) активное обсуждение на семинарах презентаций студентов по результатам рефератов.

Итоговая рейтинговая система контроля знаний:

При изучении дисциплины используется рейтинговая система, включающая постоянный контроль знаний студентов в течении семестра. Система позволяет активизировать работу студентов в ходе лекционного курса, способствует повторению изученного и усвоению нового материала. Объектами оценивания результатов обучения являются знания, умения, навыки и личностные качества — компетенции, сформированные в ходе изучения дисциплины.

Основными видами контроля уровня учебных достижений студентов являются:

- по модулю 1: написание контрольной работы №1 (зачетные баллы 20…30);

- по модулю 2: контроль за выполнением реферата; публичная защита реферата, представляемого в виде доклада (презентации) (зачетные баллы 20…30);
- написание контрольной работы №2 (зачетные баллы 20…30).

На экзамене студент может получить дополнительные аттестационные баллы, если он выполняет учебную работу, не предусмотренную календарным учебным планом: занимается научной работой на кафедре, участвуя в студенческих научных конференциях (с подготовкой и представлением доклада, реферата или презентации) и т.п. (до 10 баллов).

Максимальная сумма баллов по дисциплине за семестр равна 100 баллов. Удовлетворительно, хорошо или отлично по дисциплине выставляется при накоплении соответственно 60…70, 71…85 или 86…100 баллов.

Таким образом, после освоения дисциплины «Технология нанесения покрытий» студент должен приобрести необходимые знания, умения и владение навыками, соответствующие компетенциям основной образовательной программы магистра, реализуемой ВУЗом по направлению подготовки 150100.65 «Материаловедение и технологии материалов».

Выводы

1. Студенты приобретут знания величин, характеризующих энергию и связи в твердом теле; параметров процессов ионной, термической и химико-термической обработок; характеристик фазового состава покрытий.
2. Студенты будут уметь классифицировать металлы и сплавы и методы нанесения покрытий; анализировать применение определенного метода нанесения покрытия в зависимости от типа сплава и назначения покрытия; выбирать методы исследования структуры и состава покрытий для управления свойствами материалов.
3. Студенты овладеют навыками самостоятельно работать со стандартами, учебной и справочной литературой; по выбору материала и технологии его упрочнения по требуемым конструкционным, технологическим и экономическим параметрам с использованием компьютерных баз данных; по применению оборудования и приборов для определения структуры и свойств деталей с покрытиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тушинский Л.И. Методы исследования материалов. Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий. М.: Мир, 2004. – 384 с.
2. Суслов А.Г. Инженерия поверхности деталей. М.: Машиностроение, 2008. - 320 с.
3. Пахомова С.А. Особенности преподавания курса «Инженерия поверхности» студентам по направлению «материаловедение и технологии материалов» // Инженерный вестник. 2015. № 9. С. 19.

4. Fakhurtdinov R.S., Pakhomova S.A., Ryzhova M.Y. On the problems of modernizing equipment for vacuum carburization // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2017. - T. 46, № 2. - P. 187-192.

5. Pakhomova S. A. , Manayev O. I. Effect of Heat Shotblast Treatment Exerted on the Contact Fatigue of Carburised Heat-Resistant Steel C0.12Cr2NiWV // Inorganic Materials: Applied Research. July 2018. T 9. № 4. Pp 732–735. DOI: 10.1134/S2075113318040251

6. Помельникова А.С., Фетисов Г.П., Пахомова С.А. К вопросу упрочнения различно легированных сталей обработкой в коронном разряде // Технология металлов. 2017. № 2. С. 20-24.

7. Alekseeva J. S., Fedorova L.V., Fedorov S.K., Kapustin I.N. Improving the quality of the surface layer of steel parts // Proceeding of 5-th International Mechanical Engineering Forum (IMEF), 2012. Prague, Czech Republic. P. 65-74.

8. Fedorova L.V., Fedorov S.K., Bokhonov G.Yu. Reinforcing electromechanical restoring output shaft gear box change the family car "Gazelle"// Repair, restoration, modernization. 2015. № 9. P. 14-16.

9. Пахомова С.А., Фахуртдинов Р.С., Рыжова М.Ю. Особенности вакуумной цементации деталей для горнодобывающей промышленности // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. 2016. № 3. С. 108-116.

10. Fakhurtdinov R.S., Ryzhova M.Y., Pakhomova S.A. Aadvantages and commercial application problems of vacuum carburization // Polymer Science. Series D. 2017. Т. 10. № 1. С. 79-83.

11. Пахомова С.А., Рыжов Н.М. Эффективность деформационного упрочнения цементованных сталей // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 1999. № 2. С. 61.

12. Metals & Materials Society (TMS) – Accessed March 2007. - at The Minerals. Режим доступа: http://www.materialmoments.org/top100.html/ (дата обращения 01.05.2018).

13. Сайт по тематике «Модифицирование сплавов»: разработка, внедрение, технический аудит. Металловедение. Металлургия. Исследовательский центр Модификатор: http://www.modificator.ru/ (дата обращения 01.05.2018).

Authors Index

(Last Name / First Name / Middle Name / Page)

Analiyeva U., 283

Balaka Maxim, 64, 73
Balashov Sergey, 158
Bas Konstantin, 100
Bas Tatiana, 100, 112
Bataev Ilya, 28
Bayasilova Z.A., 129
Bershadskaya E.G., 304
Boychenko Andriy, 64

Cheban Anton, 46, 51
Chernysh Aleksandr, 112

Dovhal Denis, 201

Egrashicheva Diana, 14

Fedoriachenko Sergei, 56, 60
Fedoskin V.A., 119
Fedoskina Helen, 28

Gabdrakhmanova Klara, 116
Gerasimenko Tatyana, 411
Gerasimenko Yaroslava, 311
Gorohova Alina, 158
Goryayinov Oleksiy, 104

Hodnevich Mykola, 73

Izmaylova Gylnara, 116

Kalashnik Anatoly, 291
Kalashnik Nadezhda, 196
Kaporovych S.V., 92
Karpukhin S., 352
Khodos Olga, 300
Kholodniak Yu.S., 92
Korniichuk Olena, 320
Kornilenko K.I., 119
Korotenko Ye.D., 92
Kozhushkina Tatyana, 201

Loginova Anastasiia, 205, 331
Lukienko L.V., 21
Lytovchenko Artem, 205

Martyshkin A.I., 211, 218, 225, 232, 238
Marupov Sobirdzhan, 116
Meshkov Evgeny, 311
Mikhailov A.P., 325
Mikhaylov Alexey, 138
Mischuk Dmytro, 64, 73
Moskalenko Ann, 60

Nikituk Dmytro, 158

Olishevska V.E., 340

Pakhomova S., 352
Pismenkova Tatiana, 331
Pochapska Iryna, 124
Pomelnikova A., 352
Protsiv Vladimir, 80, 112
Pustovetov Mikhail, 146

Remeslo Mike, 56

Shelkunov Andrey, 205
Shvaika Vladimir, 100
Slesarev Yuri, 248, 253, 258, 264, 268, 273

Khlibyshyn Yuriy, 124
Khrunina Natalya, 35, 40

Telipko Alexander, 277
Tverdohleb Alexander, 277
Tverdostup Mikola, 87

Verner Ilya, 201, 277, 331
Vorontsov Alexander, 162, 171, 178, 184, 191, 248

Sokolov A.V., 152
Sukhovoy Vladislav, 28

Yerisov N.N., 119

Zaporozhets Dmitriy, 14
Ziborov Kirill, 56, 60
Zvereva Valeriya, 191

Организаторы конференции

	Министерство образования и науки Украины *01135, г. Киев, проспект Победы, 10* http://www.mon.gov.ua/
	Национальный технический университет «Днепровская политехника» *49600, Украина, г. Днепр, пр. Дмитрия Яворницкого, 19* http://www.nmu.org.ua/
	ООО «Инфотех», Autodesk Silver Partner *49000, Украина, г. Днепр, ул. Плеханова 18 б.* http://www.itech.net.ua/
	Компания «АСКОН-КР» http://www.ascon.kiev.ua/
	Актюбинский региональный государственный Университет им. К. Жубанова *030000, Казахстан, г. Актобе, пр. А. Молдагуловой,34* http://arsu.kz/
	Веллорский технологический институт VIT University, Vellore – 632014, Tamil Nadu, India http://vit.ac.in/
	Общественная организация Образовательный центр «Открытое знание» *49033, Украина, г. Днепр, Гладкова 6, 175* *http://openknowledge.16mb.com/*
	Механико-машиностроительный факультет Национальный технический университет «Днепровская политехника» http://mmf.nmu.org.ua/
	Лаборатория информационных технологий проектирования кафедры основ конструирования механизмов и машин http://okmm.nmu.org.ua/
	Компания «Synergy R&D» *49000, Украина, г. Днепр, пр. Гагарина, 61*
	Международные научные интернет-конференции *(организация и поддержка)* http://sci-forum.net.ua/

Научное издание

Сборник научных трудов международной конференции
«СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТА 2019»

CITEPTMTI'2019

Издано в авторской редакции

Электронный сборник научных трудов размещен по адресам:
www.sci-forum.net.ua
http://okmm.nmu.org.ua

Сборник научных трудов зарегистрированы в наукометрической базе РИНЦ и публикуется на сайте электронной библиотеки Elibrary.ru.
Договор № 367-06/2014 от 11.06.2014.

National Technical University
DNIPRO POLYTECHNIC
1899

CELEBRATING
120 YEARS
ANNIVERSARY

NMU
ORG
UA