

АННОТАЦИИ

УДК 620.22 : 621.8 + 06

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С ИНКАПСУЛИРУЕМОЙ СМАЗКОЙ В УЗЛЕ «ПЯТНИК – ПОДПЯТНИК» ГРУЗОВОГО ВАГОНА**Авилов Виктор Владимирович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
научно-исследовательская лаборатория «Нанотехнологии и новые материалы»,
научный сотрудник,
телефон +7-928-769-40-40,
e-mail: Avilov_Victor@mail.ru

Воропаев Александр Иванович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
научно-испытательный центр «Нанотехнологии и трибосистемы»,
директор,
телефон +7 (863) 272-63-49,
e-mail: teor_meh@rgups.ru

Мясников Филипп Васильевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
ассистент,
телефон +7 (863) 272-63-49,
e-mail: teor_meh@rgups.ru

Работа посвящена апробации в условиях испытательного стенда «пятник – подпятник» грузового вагона полимерных композиционных материалов с инкапсулированной жидкой смазкой. Полимерный композит на основе термостойкого конструкционного полиамида фенилона С-2 выполнял роль матрицы, в которую вводились наполнители – модифицированный политетрафторэтилен Ф4МБ и микрокапсулы со смазочным материалом. Из этого композита были изготовлены таблетки, запрессованные в металлическую прокладку пятник-подпятникового узла. В процессе трения масло из микрокапсул попадает на поверхность трения, формируя на ней смазочную пленку, которая сохраняется и при высоких нагрузках на протяжении длительного времени. Сконструированный испытательный стенд был оборудован измерительным комплексом, позволяющим регистрировать нагрузки и коэффициент трения на трибоконтакте. Полученные результаты показали эффективность применения предложенных композиционных материалов в трибосистеме «пятник – подпятник грузового вагона».

Ключевые слова: трение, износ, трибология, полимерные композиты, смазочный материал, гибридные наполнители, микрокапсулирование, смазочная пленка на трибоконтакте, тензометрия, испытательный стенд, пятниковый узел грузового вагона.

THE USE OF POLYMER COMPOSITES WITH ENCAPSULATED LUBRICANT IN THE NODE «CENTER PLATE – CENTER PLATE» OF FREIGHT CAR**Avilov Viktor Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Scientific Research Laboratory «Nanotechnologies and New Materials»,
Researcher,
phone +7-928-769-40-40,
e-mail: Avilov_Victor@mail.ru

Voropayev Alexander Ivanovich

Rostov State Transport University (RSTU),

Scientific-Testing Centre «Nanotechnology and Tribosystems»,
Director,
phone +7 (863) 272-63-49,
e-mail: teor_meh@rgups.ru

Myasnikov Philip Vasilievich
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Lecturer,
phone +7 (863) 272-63-49,
e-mail: teor_meh@rgups.ru

The work is devoted to approbation under the conditions of a “truck center plate” test bench of a freight car of the polymer composite materials with encapsulated liquid lubricant. The polymer composite based on structural heat-resistant polyamide phenilon-2 played the role of the matrix which was injected fillers modified polytetrafluorethylene F4MB and microcapsules with lubricants. This composite was made of tablets pressed in a metal gasket center plate hub. In the process of friction, the oil from microcapsules gets to the friction surface and forms a lubricant film on it which remains at high loads for a long time. The designed test bench was equipped with a measuring complex that allows registering loads and friction coefficient on the tribocontact. The obtained results showed the efficiency of the proposed composite materials in tribosystem “truck center plate”.

Keywords: friction, wear, tribology, composites, lubricants, hybrid fillers, microencapsulation, lubricating film on tribocontact, strain measurement, test bench, truck center plate of the freight car.

УДК 621.785.539 + 06

УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ С ПОМОЩЬЮ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК

Данильченко Сергей Александрович
Южный федеральный университет (ЮФУ),
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки 200/1,
Институт математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича,
лаборатория механики деформируемых тел и конструкций,
инженер-проектировщик.

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
научно-образовательный центр «Нанотехнологии и новые материалы»,
младший научный сотрудник,
телефон +7 (863) 272-64-97,
e-mail: sergey.a.danilchenko@gmail.com

Сычев Александр Павлович
Южный научный центр РАН,
344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, д. 41,
лаборатория «Транспорт и новые композиционные материалы»,
заведующий лабораторией.

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
кандидат физико-математических наук, доцент,
телефон +7 (863) 255-35-54,
e-mail: sap@rgups.ru

Мигаль Юрий Федорович
Южный научный центр РАН,
лаборатория «Транспорт и новые композиционные материалы»,
главный научный сотрудник.

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Химия»,
доктор физико-математических наук, профессор,
телефон +7 (863) 272-62-72,
e-mail: ymigal@mail.ru

Сидашов Андрей Вячеславович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
научно-исследовательская лаборатория «Нанотехнологии и новые материалы»,
кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник,
телефон +7 (863) 255-34-45,
e-mail: sav_teor_meh@rgups.ru

Диффузия бора и других упрочняющих элементов в поверхностные слои стали проведена с использованием железнодорожных тормозных колодок, в состав которых введены аморфный бор, оксиды титана, ванадия, молибдена и вольфрама. Появление молибдена и вольфрама в составе стальных образцов зафиксировано методом оже-электронной спектроскопии. Результаты измерений микротвердости и индекса пластичности образцов подтвердили повышение данных характеристик, что свидетельствует об упрочнении поверхности образцов и повышении их износостойкости.

Ключевые слова: борирование, упрочняющие элементы, химический состав, микротвердость.

STRENGTHENING OF STEEL SURFACE BY USING BRAKE PADS

Danilchenko Sergey Alexandrovich

Southern Federal University (SFU),
200/1, Stachki av., Rostov-on-Don, 344090, Russia,
Vorovich Institute for Mathematics, Mechanics and Computer Sciences,
Laboratory for Mechanics of Deformable Bodies and Constructions,
Design Engineer.

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Scientific and Educational Center «Nanotechnologies and New Materials»,
Junior Research Scientist,
phone +7 (863) 272-64-97,
e-mail: sergey.a.danilchenko@gmail.com

Sychev Alexander Pavlovich

Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences (SSC RAS),
41, Chehova av., Rostov-on-Don, 344006, Russia,
Head of Laboratory «Transport and New Composite Materials».

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
phone +7 (863) 255-35-54,
e-mail: sap@rgups.ru

Migal Yuri Fedorovich

Southern Scientific Centre of Russian Academy of Sciences,
Laboratory «Transport and New Composite Materials»,
Chief Researcher.

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Chemistry»,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,

phone +7 (863) 272-62-72,
e-mail: ymigal@mail.ru

Sidashov Andrey Vyacheslavovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Laboratory «Nanotechnology and New Material»
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher,
phone +7 (863) 255-34-45,
e-mail: sav_teor_meh@rgups.ru

Diffusion of boron and other reinforcing elements into the surface layers of steel were carried out by using railway brake pads, which composition included amorphous boron, oxides of titanium, vanadium, molybdenum and tungsten. The appearance of molybdenum and tungsten in the composition of steel samples has recorded by the Auger-electron spectroscopy method. The measuring results of the microhardness and plasticity index of the samples have confirmed the increase in these characteristics which indicates the strengthening of the surface of the samples and the increase in their wear resistance.

Keywords: atomic interactions, chemical binding, hardening elements, impurity elements.

УДК 621.891 + 06

**КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ
С МАТРИЦЕЙ НА ОСНОВЕ ФЕНИЛОНА С-2**

Иваночкин Павел Григорьевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Теоретическая механика»,
доктор технических наук, профессор,
телефон +7 (863) 272-63-49,
e-mail: ivanochkin_p_g@mail.ru

Суворова Татьяна Виссарионовна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Высшая математика»,
доктор физико-математических наук, профессор,
телефон +7 (863) 272-63-30,
e-mail: suvorova_tv111@mail.ru

Данильченко Сергей Александрович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
научно-образовательный центр «Нанотехнологии и новые материалы»,
младший научный сотрудник,
телефон +7 (863) 272-64-97,
e-mail: sergey.a.danilchenko@gmail.com

Новиков Евгений Сергеевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
научно-образовательный центр «Нанотехнологии и новые материалы»,
младший научный сотрудник,
телефон +7 (863) 272-63-49,
e-mail: nes_teor_meh@rgups.ru

Беляк Ольга Александровна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Высшая математика»,
кандидат физико-математических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-63-30,
e-mail: o_bels@mail.ru

Исследуется зависимость физическо-механических и трибологических свойств композита на основе ароматического полиамида Фенилон С-2 от состава и содержания нанодобавок и наномодифицированных наполнителей. Проведены трибологические испытания, исследованы физико-механические характеристики композитов с различным массовым составом нанонаполнителя и нанодобавок методом наноиндентирования, такие как микротвердость, модуль упругости, индекс пластичность материала. Проведены испытания на сжатие образца для уточнения коэффициента Пуассона. Проведенный комплекс исследований обеспечивает рациональный состав вносимого нанонаполнителя и нанодобавок в матрицу композита.

Ключевые слова: полимерный композит фенилон, наноразмерные наполнители, трибологические свойства, наноиндентирование, физико-механические свойства композита.

COMPLEX RESEARCH OF POLYMER COMPOSITES WITH A MATRIX ON THE BASIS OF PHENILON C-2

Ivanochkin Pavel Grigorievich

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Chair «Theoretical Mechanics»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (863) 272-63-49,
e-mail: ivanochkin_p_g@mail.ru;

Suvorova Tatiana Vissarionovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Higher Mathematics»,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
phone +7 (863) 272-63-30,
e-mail: suvorova_tv111@mail.ru

Danilchenko Sergey Aleksandrovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Scientific and Educational Center «Nanotechnologies and New Materials»,
Junior Researcher,
phone +7 (863) 272-64-97,
e-mail: sergey.a.danilchenko@gmail.com

Novikov Evgeniy Sergeevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Scientific and Educational Center «Nanotechnologies and New Materials»,
Junior researcher,
phone +7 (863) 272-63-49,
e-mail: nes_teor_meh@rgups.ru

Belyak Olga Aleksandrovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Higher mathematics»,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
phone +7 (863) 272-63-30,
e-mail: o_bels@mail.ru

The dependence of the physicomechanical and tribological properties of the composite based on the aromatic polyamide Phenilone C-2 on the composition and content of nano-additives and nanomodified fillers is investigated. Tribological tests were carried out, the physicomechanical characteristics of composites with different mass composition of nanofiller and nano-additives by nanoindentation, such as microhardness, modulus of elasticity and material plasticity index, were investigated. Tests on the compression of the sample to clarify the Poisson's ratio. The complex of studies carried out providing a rational composition of the nano filler and nano-additives to the matrix of the composite.

Keywords: phenolone polymer composite, nanoscale fillers, tribological properties, nanoindentation, physical and mechanical properties of the composite.

УДК 621.891 + 06

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ КОМПОЗИТА ОТ НАГРУЗКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ

Кохановский Вадим Алексеевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
доктор технических наук, профессор,
телефон +7 (863) 272-63-68,
e-mail: vcohan@yandex.ru

Больших Иван Валерьевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
старший преподаватель,
телефон +7 (863) 272-64-66,
e-mail: ivan.bolshih@yandex.ru

Мантуров Дмитрий Сергеевич

Ростовский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Теоретическая механика»,
аспирант,
телефон +7 (863) 272-62-41,
e-mail: manturovds@rgups.ru

Исследуемые антифрикционные покрытия представляют собой композит с каркасом из специальной технической ткани, на лицевую, рабочую сторону которой выведено 100 % нитей фторопласта («полифен»), а на изнанку, прилегающую к субстрату, ≈ 95 % нитей полиимида («аримид Т»). Целью исследований, рассмотренных в настоящей работе, является установление адгезионной прочности в зависимости от нагрузки отверждения композиционного покрытия. Основой для изготовления связующего является эпоксидная смола ЭД-20 (ГОСТ 10587-72) с отвердителем полиэтиленполиамином, в качестве наполнителей добавлялись турбинное масло марки Тп-22С (ГОСТ 101821-2001) и порошок меди (ГОСТ 4960-2009). На основе сравнительных экспериментальных исследований адгезии антифрикционного композиционного покрытия к различным металлическим субстратам доказана принципиальная возможность и перспективность применения данного матричного связующего на основе эпоксидной смолы.

Ключевые слова: адгезионная прочность, нагрузка отверждения, эпоксидная смола, металлический субстрат, режимы отверждения адгезионного шва.

DEPENDENCE OF COMPOSITE PARAMETERS ON LOADING SOLIDIFICATION

Kokhanovski Vadim Alekseyevich

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, Russia, 344038,
Chair «Health and Safety»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (863) 272-63-68,
e-mail: vcohan@yandex.ru

Bolshih Ivan Valerievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Senior Lecture,

phone +7 (863) 272-64-66,
e-mail: ivan.bolshih@yandex.ru

Manturov Dmitriy Sergeevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Postgraduate,
phone +7 (863) 272-62-41,
e-mail: manturovds@rgups.ru

The antifriction coatings under study are a composite with a frame made of special technical fabric, on the front working side which 100 % of the fluoroplastic filaments («polyphene») are drawn, and about 90 % of the polyimide («arimide T») on the wrong side adjacent to the substrate. The purpose of the studies considered in this paper is to establish the adhesive strength depending on the hardening load of the composite coating. The basis for the manufacture of the binder is epoxy resin ED-20 (GOST 10587-72) with hardener polyethylene polyamine, turbine oil of the Тр-22S brand (GOST 101821-2001) and copper powder (GOST 4960-2009) were added as fillers. On the basis of comparative experimental studies of the adhesion of antifriction composite coatings to various metal substrates, the fundamental possibility and promising application of this matrix binder based on epoxy resin has been proved.

Keywords: adhesion strength, solidification load, epoxy resin, metal substrate, solidification modes of adhesion joint.

УДК 620.22 + 06

**МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА
НА ОСНОВЕ НАНОАРМИРОВАННОГО ПОЛИАМИДА 6**

Лазоренко Георгий Иванович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Физика»,
кандидат физико-математических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-63-52,
e-mail: glazorenko@yandex.ru

Каспржицкий Антон Сергеевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Физика»,
кандидат физико-математических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-63-52,
e-mail: akasprzhitsky@yandex.ru

Кухарский Александр Витальевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
научно-исследовательская испытательная лаборатория «Испытания и мониторинг
в гражданском и транспортном строительстве»,
лаборант,
телефон +7 (863) 272-63-52,
e-mail: 79198932212@yandex.ru

Ольховатов Дмитрий Викторович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
научно-исследовательская испытательная лаборатория «Испытания и мониторинг
в гражданском и транспортном строительстве»,
инженер,
телефон +7 (863) 272-63-52,
e-mail: olkhovatovdmitry@gmail.com

Исследовано влияние слоисто-силикатных минералов (монтмориллонита), модифицированных амфотерными и катионными поверхностно-активными веществами, на механические и термические характеристики полиамида 6. Изучено влияние модификатора-совместителя на основе стирол-этилен-бутилен-стирольного каучука, модифицированного малеиновым ангидридом, на свойства композиций на основе полиамида 6 различных коммерческих марок. Показана необходимость обоснованного выбора модификаторов для регулирования показателей композитов.

Ключевые слова: полимерные нанокompозиты, слоистые силикаты, полиамид 6, монтмориллонит, амфотерные ПАВ, катионные ПАВ, малеиновый ангидрид.

MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF THE COMPOSITE BASED ON NANOREINFORCED POLYAMIDE 6

Lazorenko Georgy Ivanovich

Rostov State Transport University (RSTU),

2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Chair «Physics»,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,

phone +7 (863) 272-63-52,

e-mail: glazorenko@yandex.ru

Kasprzhitsky Anton Sergeyevich

Rostov State Transport University (RSTU),

Chair «Physics»,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,

phone +7 (863) 272-63-52,

e-mail: glazorenko@yandex.ru

Kukharsky Alexander Vitalievich

Rostov State Transport University (RSTU),

Research Testing Laboratory «Testing and Monitoring in Civil and Transport Construction»,
Laboratory Assistant,

phone +7 (863) 272-63-52,

e-mail: 79198932212@yandex.ru

Olkhovatov Dmitry Viktorovich

Rostov State Transport University (RSTU),

Research Testing Laboratory «Testing and Monitoring in Civil and Transport Construction»,
Engineer,

phone +7 (863) 272-63-52,

e-mail: olkhovatovdmitry@gmail.com

In this paper, the effect of the layered silicate minerals (montmorillonite) modified by amphoteric and cationic surfactants on the mechanical and thermal characteristics of polyamide 6 were studied. The effect of the modifier based on styrene-ethylene-butylene-styrene rubber modified by maleic anhydride on the properties of the compositions based on polyamide 6 in different commercial brands. The necessity of the modifiers' reasonable choice for the regulation of composites indicators is shown.

Keywords: polymer nanocomposites, layered silicates, polyamide 6, montmorillonite, amphoteric surfactants, cationic surfactants, maleic anhydride.

УДК 544.162 + 06

ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ БОЛЬШЕУГЛОВЫХ ГРАНИЦ ЗЕРЕН В ЖЕЛЕЗЕ, ВКЛЮЧАЮЩИХ АТОМЫ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПЕРИОДОВ

Мигаль Юрий Федорович

Южный научный центр РАН,

лаборатория «Транспорт и новые композиционные материалы»,

главный научный сотрудник.

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Химия»,
доктор физико-математических наук, профессор,
телефон +7 (863) 272-62-72,
e-mail: ymigal@mail.ru

Колесников Владимир Иванович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
президент РГУПС,
академик РАН,
кафедра «Теоретическая механика»,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
телефон +7 (863) 245-49-29,
e-mail: kvi@rgups.ru

С помощью модели большеугловой границы проведены квантово-химические расчеты энергии взаимодействия атомов на границах зерен в железе. В качестве примесных и легирующих элементов рассмотрены элементы первого и второго периодов. Показано, что прочность связи на границе зерен существенно зависит от типа примесных атомов. В частности, бор и углерод усиливают связь между зернами, а инертные газы ослабляют. Полученные результаты согласуются с известными экспериментальными данными и результатами расчетов, проведенных ранее с использованием плоской модели границы.

Ключевые слова: межатомные взаимодействия, химическая связь, упрочняющие элементы, примесные элементы.

BINDING ENERGY OF HIGH-ANGLE IRON GRAIN BOUNDARIES CONTAINING ATOMS OF FIRST AND SECOND PERIODS

Migal Yuri Fedorovich

Southern Scientific Centre of Russian Academy of Sciences,
Laboratory «Transport and New Composite Materials»,
Chief Researcher.

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Chair «Chemistry»,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
phone +7 (863) 272-62-72,
e-mail: ymigal@mail.ru

Kolesnikov Vladimir Ivanovich

Rostov State Transport University (RSTU),
President of RSTU,
Academician of the Russian Academy of Sciences,
Head of Chair «Theoretical Mechanics»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (863) 245-49-29,
e-mail: kvi@rgups.ru

Quantum-chemical calculations of the interaction energy of atoms at grain boundaries in iron were carried out by using the model of a high-angle boundary. The elements of the first and second periods are considered as impurity and alloying elements. It is shown that the bond strength at the grain boundary substantially depends on the type of impurity atoms. In particular, boron and carbon strengthen the bond between the grains, and inert gases weaken. The results obtained are in agreement with known experimental data and the results of calculations performed earlier using a flat model of the boundary.

Keywords: atomic interactions, chemical binding, hardening elements, impurity elements.

УДК 534.1

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОЛУТОРА СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Нехаев Виктор Алексеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
644046, г. Омск, пр. Маркса, д. 35,
кафедра «Теоретическая механика»,
доктор технических наук, профессор,
телефон +7 (381) 237-60-82,
e-mail: nehaevva@rambler.ru

Николаев Виктор Александрович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
телефон +7 (381) 237-60-82,
e-mail: NikolaevVA@omgups.ru

Сафронова Марина Юрьевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
аспирант,
телефон +7 (381) 237-60-82,
e-mail: robin_55@mail.ru

Выполнено аналитическое исследование поведения нелинейной механической системы с полутора степенями свободы. Так как внешнее возмущение описывается гармонической функцией, то нелинейная силовая характеристика компенсатора внешнего возбуждения гармонически линеаризуется. Тогда рассматриваемая задача становится как бы линейной. Амплитуда подпрыгивания груза будет встречаться и в левой, и в правой частях выражения для неё.

Ключевые слова: уравнения движения, компенсатор внешнего возбуждения, демпфер вязкого трения, силовые характеристики, гармоническая линеаризация, расчётная схема, линейная пружина.

ANALYTICAL PROBE OF THE NONLINEAR MECHANICAL SYSTEM WITH ONE AND A HALF DEGREES OF FREEDOM

Nekhaev Viktor Alekseyevich

Omsk State Transport University (OSTU),
35, Marx st., Omsk, 644046, Russia,
Chair «Theoretical Mechanics»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (381) 237-60-82,
e-mail: nehaevva@rambler.ru

Nikolaev Viktor Aleksandrovich

Omsk State Transport University (OSTU),
Head of Chair «Theoretical Mechanics»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (381) 237-60-82,
e-mail: NikolaevVA@omgups.ru

Safronova Marina Yurievna

Omsk State Transport University (OSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Postgraduate,
phone +7 (381) 237-60-82,
e-mail: robin_55@mail.ru

The analytical study of the nonlinear mechanical system with one and a half degrees of freedom. As soon as external indignation is described by harmonious function, nonlinear power characteristic of the compensator bar of external excitement is harmoniously linearized. Then the considered problem becomes as linearing. The amplitude of the bouncing of the load will be found in both the left and right parts of the expression for it.

Keywords: equations of the movement, compensator bar of external excitement, snubber of viscous friction, power characteristics, harmonious linearization, settlement scheme, linearing spring.

УДК 621.8 + 06

МЕХАНИЗМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МУФТ С СЕРВОЭФФЕКТОМ

Щербак Пётр Николаевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
доктор технических наук, профессор,
телефон +7-928-145-66-05,
e-mail: SPN55@mail.ru

Глубоков Николай Николаевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
аспирант,
телефон +7-961-290-00-63,
e-mail: nikolaygv@mail.ru

Представлены результаты разработки конструкции многодисковой фрикционной муфты предельного момента с электромагнитным управлением для привода трехшпиндельного гайковерта путевой машины ПМГ. Предложено выполнить механизм включения муфты с включением в него усилительного звена, что значительно снижает размеры пускового электромагнита и необходимые затраты электроэнергии для работы муфты. Представлены результаты исследований по оценке величины и стабильности коэффициента трения пары «сталь – сталь в масле» при электромагнитном сцеплении.

Ключевые слова: муфта предельного момента с электромагнитным управлением, механизм включения, усилительное звено, коэффициент трения при электромагнитном сцеплении.

MECHANISMS FOR ELECTROMAGNETIC SWITCHES INCLUSION WITH SERVO EFFECT

Shcherbak Peter Nikolayevich

Rostov State Ttransport University (RSTU),
Chair «Track and Track Facilities»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7-928-145-66-05,
e-mail: SPN55@mail.ru

Glubokov Nikolay Nikolayevich

Rostov State Ttransport University (RSTU),
Chair «Track and Track Facilities»,
Postgraduate,
phone +7-961-290-00-63,
e-mail: nikolaygv@mail.ru

The article presents the results of the design development of the multi-plate friction clutch of the ultimate torque with an electromagnetic control to drive the three-spindle nutrunner of the SGP track machine. A mechanism for switching on the coupling is proposed to be performed with the inclusion of an amplifying element in it, which significantly reduces the size of the starting electromagnet and the necessary energy costs

for the operation of the coupling. The results of studies on the assessment of the magnitude and stability of the friction coefficient of a “steel and steel-in-oil” pair under electromagnetic coupling are presented.

Keywords: electromagnetic clutch with electromagnetic control, switching mechanism, amplifying element, friction coefficient in electromagnetic clutch.

УДК 629.41 : 625.032.435 + 06

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТНИКОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД МОТОВОЗОВ

Яицков Иван Анатольевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
научно-исследовательская часть,
заместитель директора.

Кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-62-80,
e-mail: yia@rgups.ru

Приведены результаты экспериментальных исследований акустических характеристик, создаваемых на рабочих местах в кабинах машинистов, корпусов двигателей внутреннего сгорания при открытых и закрытых шторках капота мотовозов, которые позволят определить спектральный состав шума и предложить инженерные решения системы шумо- и виброзащиты.

Ключевые слова: шум, мотовозы, кабина, двигатель внутреннего сгорания, капот.

PILOT STUDIES OF THE ACOUSTIC CHARACTERISTICS INFLUENCING WORKERS OF DIESEL LOCOMOTIVE CREWS

Yaitskov Ivan Anatolievich

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Scientific and Research Department,
Deputy Director.

Chair «Cars and Car Facilities»,
Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor,
phone +7 (863) 272-62-80,
e-mail: yia@rgups.ru

The results of the pilot studies of the acoustic characteristics created in the drivers` workplaces in cabins, the working of the internal combustion engines at the opened and closed blinds of the diesel locomotives` cowlings are given in this article and allow to define a spectral distribution of noise and to propose engineering solutions of a system noise and vibroprotection.

Keywords: noise, diesel locomotives, cabin, internal combustion engine, cowling.

УДК 629.4.06-86 + 06

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Ворон Олег Андреевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой,

телефон +7 (863) 272-63-86,
e-mail: rgups_voron@mail.ru

Булавин Юрий Павлович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-63-86,
e-mail: ybulavin@icloud.com

Волков Игорь Васильевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Электрический подвижной состав»,
доктор технических наук, профессор,
телефон +7 (863) 272-62-67.
e-mail: eps@rgups.ru

Определены наиболее рациональные варианты конструкций ходовых частей для применения на изотермическом подвижном составе. Проведен сравнительный анализ динамических качеств ходовых частей пассажирского и грузовых вагонов с использованием экспериментальных данных, а также средств математического моделирования.

Ключевые слова: спектральная плотность, модель, тележка, ускорения, плавность хода, коэффициент динамической добавки, изотермический вагон, грузовой вагон, динамические качества

**TO THE QUESTION OF THE CHOICE OF RUNNING GEARS
FOR PERSPECTIVE ISOTHERMAL ROLLING STOCK**

Voron Oleg Andreyevich

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Head of Chair «Car and Car Facilities»,
Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor,
phone +7 (863) 272-63-86,
e-mail: rgups_voron@mail.ru

Bulavin Yuri Pavlovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Car and Car Facilities»,
Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor,
phone +7 (863) 272-63-86,
e-mail: ybulavin@icloud.com

Volkov Igor Vasilievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Electric Rolling Stock»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (863) 272-64-90,
e-mail: igorvolkovrnd@rambler.ru

The most rational variant of designs of the undercarriage for use on the isothermal railway wagon have been determined. A comparative analysis of the dynamic properties of the passenger and freight wagon using experimental data and mathematical modeling has been performed.

Keywords: undercarriage, the isothermal railway wagon, passenger wagon, freight wagon, the dynamic properties.

УДК 656.25

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ
В ОПАСНОЙ ЗОНЕ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ
«ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА»**

Медведев Владимир Ильич

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
630049, Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, д. 191,
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
доктор технических наук, профессор,
телефон +7 (383) 328-04-92,
e-mail: medvedevvi2017@yandex.ru

Стрыков Павел Геннадьевич

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
старший преподаватель,
телефон +7 (383) 328-04-92,
e-mail: centr-bt@yandex.ru

Корягин Марк Евгеньевич

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
кафедра «Системный анализ и управление проектами»,
доктор технических наук, доцент,
телефон +7 (383) 328-05-68,
e-mail: markkoryagin@yandex.ru

Комаров Константин Леонидович

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
кафедра «Системный анализ и управление проектами»,
доктор технических наук, профессор,
телефон +7 (383) 328-05-68,
e-mail: procedure@inbox.ru

Басалаева Анна Андреевна

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
преподаватель,
телефон +7 (383) 328-04-92,
e-mail: kaneva253@rambler.ru

По мнению авторов, понятие «опасной зоны» на железнодорожном транспорте методологически недостаточно разработано. В связи с повсеместным внедрением информационных технологий, развитием концепции цифровой железной дороги появляются дополнительные, перспективные возможности обеспечения безопасности движения, а также работников, выполняющих работы в опасной зоне. В работе предложен ряд организационно-технических мероприятий и рекомендаций по защите работников от факторов кинетической, потенциальной, электрической и других видов энергии в опасных зонах. Обоснован прогноз обеспечения безопасности движения и снижения профессионального риска при производстве сложных и ответственных видов работ.

Ключевые слова: безопасность движения, железнодорожный транспорт, опасная зона, опасный производственный фактор, риск, цифровая железная дорога, электрическая энергия.

**DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF «DANGER ZONE»
IN RAILWAY TRANSPORT WITHIN THE CONCEPT OF «DIGITAL RAILWAY»**

Medvedev Vladimir Ilyich

Siberian State Transport University (SSTU),

191, D. Kovalchuk st., Novosibirsk, 630049, Russia,
Chair «Health and Safety»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (383) 328-04-92,
e-mail: medvedevvi2017@yandex.ru

Strykov Pavel Gennadievich

Siberian State Transport University (SSTU),
Chair «Health and Safety»,
Senior Lecturer,
phone +7 (383) 328-04-92,
e-mail: centr-bt@yandex.ru

Koryagin Mark Evgenievich

Siberian State Transport University (SSTU),
Chair «System Analysis and Project Management»,
Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (383) 328-05-68,
e-mail: markkoryagin@yandex.ru

Komarov Konstantin Leonidovich

Siberian State Transport University (SSTU),
Chair «System Analysis and Project Management»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (383) 328-05-68,
e-mail: procedure@inbox.ru

Basalaeva Anna Andreyevna

Siberian State Transport University (SSTU),
Chair «Health and Safety»,
Lecturer,
phone +7 (383) 328-04-92,
e-mail: kaneva253@rambler.ru

According to the authors, the concept of the «dangerous zone» in railway transport is methodologically insufficiently developed. In connection with the widespread introduction of the information technology, the development of the concept of the digital railway, there are additional, promising opportunities to ensure traffic safety as well as workers performing job in the dangerous zone. The paper proposes a number of the organizational and technical measures and recommendations for the workers` protection from kinetic, potential, electrical and other types of energy in hazardous areas. The forecast of traffic safety and reduction of professional risk in the production of complex and responsible types of work is substantiated.

Keywords: traffic safety, railway transport, dangerous zone, hazardous production factor, risk, digital railway, electric energy.

УДК 629.454

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ КУЗОВОВ ВАГОНОВ
И ОЦЕНКА ХОДОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Скачков Александр Николаевич

ЗАО Научная организация «Тверской институт вагоностроения»,
170003, г. Тверь, Петербургское шоссе, д. 45-Г,
кандидат технических наук, директор,
телефон +7 (482) 255-54-32,
e-mail: tiv-5@yandex.ru

Самошкин Сергей Львович

ЗАО Научная организация «Тверской институт вагоностроения»,
управление «Научно-технического обеспечения и развития»,
доктор технических наук, начальник управления,
телефон +7 (482) 279-40-33,
e-mail: tiv-5@yandex.ru

Коршунов Сергей Дмитриевич

ЗАО Научная организация «Тверской институт вагоностроения»,
лаборатория «Динамико-прочностные испытания вагонов»,
кандидат технических наук, заведующий лабораторией,
телефон +7 (482) 255-93-07,
e-mail: tiv-5@yandex.ru

Ломаков Петр Сергеевич

ЗАО Научная организация «Тверской институт вагоностроения»,
лаборатория «Кузовов, внутреннего оборудования пассажирских вагонов и САПР»,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
телефон +7 (482) 255-91-40,
e-mail: tiv-5@yandex.ru

Жуков Александр Сергеевич

ЗАО Научная организация «Тверской институт вагоностроения»,
лаборатория «Кузовов, внутреннего оборудования пассажирских вагонов и САПР»,
научный сотрудник лаборатории,
телефон +7 (482) 279-40-34,
e-mail: tiv-5@yandex.ru

Рассмотрены результаты натурных испытаний вагонов электропоезда нового поколения.

Проведены стендовые испытания по определению параметров изгибных колебаний металлоконструкций кузовов вагонов. Установлено, что для всех моделей кузовов частота первого тона изгибных колебаний для массы кузова «брутто» лежит в пределах от 8,2 до 8,8 Гц, что соответствует нормативным требованиям.

Приведены результаты ходовых динамических испытаний первых двух составов нового электропоезда, проведенных на двух полигонах России, которые показали, что плавность хода лежит в пределах от 2,96 до 3,11 для различных моделей вагонов, при допускаемой величине, равной 3,25.

Проведенная годовая подконтрольная эксплуатация двух составов показала, что при пробеге 120,0 тыс. км, поезда подтвердили свои динамико-прочностные и вибрационные характеристики и жалоб со стороны пассажиров на уровень комфорта не отмечалось.

Ключевые слова: металлоконструкция кузова, электропоезд, изгибные колебания, плавность хода, экспериментальный полигон, уровень комфорта.

DETERMINATION OF BENDING VIBRATIONAL PARAMETERS OF CAR BODIES AND ASSESSMENT OF RUNNING DYNAMIC AND OPERATIONAL INDICATORS OF A NEW GENERATION ELECTRIC TRAIN**Skachkov Alexander Nikolayevich**

CJSC Nauchnaya Organization «Tver Institute of Car Building»,
45-G, Peterburgskoye highway, Tver, 170003, Russia,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (482) 255-54-32,
e-mail: tiv-5@yandex.ru

Samoshkin Sergey Lvovich

CJSC Nauchnaya Organization «Tver Institute of Car Building»,
Head of Management Department «Scientific and Technical Providing and Development»,
Doctor of Engineering Sciences,

phone +7 (482) 279-40-33,
e-mail: tiv-5@yandex.ru

Korshunov Sergey Dmitrievich

CJSC Nauchnaya Organization «Tver Institute of Car Building»,
Head of Laboratory «Dynamic and Strength Tests of Cars»,
Candidate of Engineering Sciences,
phone +7 (482) 255-93-07,
e-mail: tiv-5@yandex.ru

Lomakov Peter Sergeevich

CJSC Nauchnaya Organization «Tver Institute of Car Building»,
Laboratory «Bodies, Internal Equipment of Cars and CAD»,
Candidate of Engineering Sciences, Senior Research Associate,
phone +7 (482) 255-91-40,
e-mail: tiv-5@yandex.ru

Zhukov Alexander Sergeevich

CJSC Nauchnaya Organization «Tver Institute of Car Building»,
Laboratory «Bodies, Internal Equipment of Cars and CAD»,
Research Associate,
phone +7 (482) 279-40-34,
e-mail: tiv-5@yandex.ru

The article considers the results of full-scale tests of electric train cars of the new generation.

Rig tests for the characterization of Flexural vibrations of steel structures for car bodies. It is established that for all models of bodies the frequency of the first tone of Flexural vibrations for the body mass «gross» lies in the range from 8,2 to 8,8 Hz, which corresponds to the regulatory requirements.

The results of running dynamic tests of the first two trains of the new electric train carried out at two ranges of Russia, which showed that the smoothness of the course lies in the range from 2,96 to 3,11 for different models of cars, with the permissible value equal to 3,25.

The annual controlled operation of the two trains showed that when running 120,0 thousand km, the trains confirmed their dynamic-strength and vibration characteristics and comments from the passengers did not indicate the level of comfort.

Keywords: metal structure of the body, electric train, Flexural vibrations, smoothness of the course, experimental ground, comfort level.

УДК 658.51

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Абрамов Андрей Дмитриевич

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
630049, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, д. 191,
доктор технических наук, доцент, проректор по научной работе,
телефон +7 (383) 328-04-73,
e-mail: abramov@stu.ru

Бехер Сергей Алексеевич

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
кафедра «Электротехника, диагностика и сертификация»,
доктор технических наук, доцент,
телефон +7 (383) 328-03-02,
e-mail: behers@mail.ru

Коломеец Андрей Олегович

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
кафедра «Информационные технологии транспорта»,
кандидат технических наук, доцент,
телефон +7 (383) 328-03-02,
e-mail: andreokolomeec@yandex.ru

Рассмотрены проблемы автоматизации процессов управления в подразделениях неразрушающего контроля вагоноремонтного комплекса. На основе анализа нормативно-технических документов установлены параметры данных о составляющих системы неразрушающего контроля. Разработанное программное обеспечение и сетевая база данных внедрены в опытную эксплуатацию в подразделениях неразрушающего контроля компании по ремонту грузовых вагонов. Детально рассмотрена статистика браковки деталей и узлов грузовых вагонов и проанализированы ее причины. Показано, что использование сетевой базы данных и разработанного программного обеспечения позволило повысить эффективность процессов управления в подразделениях неразрушающего контроля.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, организация работ, управление ресурсами системы, браковка деталей вагонов, достоверность контроль.

DEVELOPMENT OF METHODS AND TOOLS FOR INFORMATIZATION OF MANAGEMENT OF INDUSTRIAL PROCESSES IN DEPARTMENTS OF NON-DESTRUCTIVE CONTROL**Abramov Andrey Dmitrievich**

Siberian State Transport University (SSTU),
191, Dusy Kovalchuk st., Novosibirsk, 630049, Russia,
Vice Rector for Research,
Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (383) 328-04-73,
e-mail: abramov@stu.ru

Bekher Sergey Alekseyevich

Siberian State Transport University (SSTU),
Chair «Electrical Engineering, Diagnostics and Certification»,
Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (383) 328-03-02,
e-mail: behers@mail.ru

Kolomeets Andrey Olegovich

Siberian State Transport University (SSTU),
Chair «Information Technology of Transport»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (383) 328-03-02,
e-mail: andreokolomeec@yandex.ru

The problems of the automation management processes in the units of non-destructive testing car-repair complex are considered. Based on the analysis of normative-technical documents, the parameters of the data on the components of the non-destructive testing system are established. The developed software and network database were put into trial operation in the non-destructive testing divisions of the freight wagon repair company. The statistics of the rejection of the parts and components of the freight wagons is considered in details and their reasons are analyzed. It is shown that the use of a network database and the developed software has improved the efficiency of management processes in the units of non-destructive testing.

Keywords: non-destructive control, organization of work, system resource management, rejection of wagon parts, accuracy control.

УДК 004.896

ТРАССИРОВКА В КАНАЛЕ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ МОДЕЛЕЙ ЭВОЛЮЦИИ И СТАЙНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ В АФФИННЫХ ПРОСТРАНСТВАХ ПОИСКА**Лебедев Борис Константинович**

Южный федеральный университет (ЮФУ),
347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, д. 44,
кафедра «Системы автоматизированного проектирования»,
доктор технических наук, профессор,
телефон +7-928-289-79-33,
e-mail: lebedev.b.k@gmail.com

Лебедев Олег Борисович

Южный федеральный университет (ЮФУ),
кафедра «Системы автоматизированного проектирования»,
кандидат технических наук, доцент,
телефон +7-908-513-55-12,
e-mail: lebedev.ob@mail.ru

Лебедева Елена Михайловна

Южный федеральный университет (ЮФУ),
кафедра «Системы автоматизированного проектирования»,
аспирант,
телефон +7-908-170-24-18,
e-mail: lebedeva.el.m@mail.ru

Жиглатый Артемий Александрович

Южный федеральный университет (ЮФУ),
кафедра «Математического обеспечения и применения ЭВМ»,
ассистент,
телефон +7-909-400-05-12,
e-mail: artemiy.zhiglaty@gmail.com

Предложена композитная архитектура многоагентной системы бионического поиска для решения задачи трассировки в канале на основе интеграции роевого интеллекта и генетической эволюции. В качестве структуры данных, несущих информацию о решении задачи трассировки, используются списки, являющиеся интерпретациями решений. Переход от списка к эскизу трассировки производится с помощью декодера. Связующим звеном такого подхода является единая структура данных, описывающая в виде хромосомы решение задачи. В работе описывается модифицированная парадигма роя частиц, обеспечивающая, в отличие от канонического метода, возможность поиска решений в аффинном пространстве позиций с целочисленными значениями параметров. Рассмотрены механизмы перемещения частиц в аффинном пространстве для уменьшения веса аффинных связей. Описываются операторы направленной мутации. Эксперименты показали, что качество решений, полученных гибридным алгоритмом, на 10–15 % лучше, чем у генетического и роевого алгоритмов. Вероятность получения глобального оптимума составила 0,9. Общая оценка временной сложности при любом подходе к гибридизации не выше оценки временной сложности генетического алгоритма и лежит в пределах $O(n^2)$ – $O(n^3)$.

Ключевые слова: каналная трассировка, рой частиц, генетическая эволюция, аффинное пространство, целочисленные параметры, оператор направленной мутации, механизмы перемещения частиц, интеграция, гибридизация.

TRACING IN A CHANNEL BASED ON THE INTEGRATION OF THE EVOLUTIONAL MODELS AND THE SECONDARY BEHAVIOR OF ANIMALS IN AFFIN SEARCH SPACES**Lebedev Boris Konstantinovich**

Southern Federal University (SFU),
44, Nekrasov per., Taganrog, 347928, Russia,

Chair «Computer Aided Design»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7-928-289-79-33,
e-mail: lebedev.b.k@gmail.com

Lebedev Oleg Borisovich

Southern Federal University (SFU),
Chair «Computer Aided Design»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7-908-513-55-12,
e-mail: lebedev.ob@mail.ru

Lebedeva Elena Mikhailovna

Southern Federal University (SFU),
Chair «Computer Aided Design»,
Postgraduate,
phone +7-908-170-24-18,
e-mail: lebedeva.el.m@mail.ru

Zhiglaty Artemy Aleksandrovich

Southern Federal University (SFU),
Chair «Mathematical Software and Computer Applications»,
Lecturer,
phone +7-909-400-05-12,
e-mail: artemiy.zhiglaty@gmail.com

A composite architecture of a multi-agent bionic search system is proposed for solving the channel tracing problem based on the integration of swarm intelligence and genetic evolution. As a data structure that carries information about the solution of the trace problem, lists are used that are interpretations of solutions. The transition from the list to the thumbnail trace is performed using a decoder. The link of this approach is a single data structure, describing the solution of the problem in the form of a chromosome. The paper describes a modified particle swarm paradigm, which, unlike the canonical method, provides the ability to search for solutions in the affine space of positions with integer parameter values. The mechanisms for moving particles in affine space to reduce the weight of affine bonds are considered. The directed mutation operators are described. Experiments have shown that the quality of the solutions obtained by the hybrid algorithm is 10–15 % better than that of the genetic and swarm algorithms. The probability of obtaining a global optimum was 0,9. The overall estimate of the time complexity in any approach to hybridization is no higher than the estimate of the time complexity of the genetic algorithm and lies within $O(n^2)$ – $O(n^3)$.

Keywords: channel tracing, particle swarm, genetic evolution, affine space, integer parameters, directional mutation operator, particle transfer mechanisms, integration, hybridization.

УДК 004.91

**АЛГОРИТМ МАРШРУТИЗАЦИИ ДОКУМЕНТОВ
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Краснянский Михаил Николаевич

Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ),
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д.106,
доктор технических наук, профессор, ректор,
телефон +7(475) 263-10-19,
e-mail: kras@tmabov.ru

Обухов Артем Дмитриевич

Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ),
кафедра «Системы автоматизированной поддержки принятия решений»,
кандидат технических наук, старший преподаватель,

телефон +7 (475) 263-02-38,
e-mail: obuhov.art@gmail.com

Логинова Александра Алексеевна

Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ),
кафедра «Системы автоматизированной поддержки принятия решений»,
студентка,
телефон +7 (475) 263-02-38,
e-mail: sapr.tstu@mail.ru

Соломатина Екатерина Михайловна

Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ),
кафедра «Системы автоматизированной поддержки принятия решений»,
студентка,
телефон +7 (475) 263-02-38,
e-mail: sapr.tstu@mail.ru

На основе системного подхода, аппарата теории систем массового обслуживания и декомпозиции поставленной задачи маршрутизации документов в системе электронного документооборота научно-образовательного учреждения сформулирован алгоритм, отличающийся учетом языковых и синтаксических свойств документов, особенностей предметной области, что позволяет определять отправителей и получателей документов при помощи методов машинного обучения. В рамках алгоритма рассмотрены подходы к классификации документов, распознаванию пользователей в тексте документов и автоматизации маршрутизации с использованием методов машинного обучения. Полученные научные результаты использованы для разработки автоматических систем маршрутизации.

Ключевые слова: маршрутизация документов, системы электронного документооборота, методы машинного обучения, обработка информации.

ROUTING ALGORITHM OF DOCUMENTS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL INSTITUTION BASED ON METHODS OF MACHINE TRAINING

Krasnyansky Mikhail Nikolayevich

Tambov State Technical University (TSTU),
106, Sovetskaya st., Tambov, 392000, Russia,
Rector,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (475) 263-10-19,
e-mail: kras@tmabov.ru

Obukhov Artem Dmitrievich

Tambov State Technical University (TSTU),
Chair «Automated Decision-Making Support Systems»,
Candidate of Engineering Sciences,
Senior Lecturer,
phone +7 (475) 263-02-38,
e-mail: obuhov.art@gmail.com

Loginova Alexandra Alekseevna

Tambov State Technical University (TSTU),
Chair «Automated Decision-Making Support Systems»,
Student,
phone +7 (475) 263-02-38,
e-mail: sapr.tstu@mail.ru

Solomatina Ekaterina Mikhailovna

Tambov State Technical University (TSTU),
Chair «Automated Decision-Making Support Systems»,
Student,
phone +7 (475) 263-02-38,
e-mail: sapr.tstu@mail.ru

On the basis of the system approach, the apparatus of the theory of Queuing systems and de-composition of the task of routing documents in the system of electronic documentation procedure of the scientific and educational institutions formulated an algorithm that differs in the language and syntactic properties of the documentation, the characteristics of the subject area which allows you to determine the senders and recipients of documents using machine learning methods. Within the framework of the algorithm, the approaches to document classification, the user recognition in the text of documents and routing automation using machine learning methods are considered. The obtained scientific results are used for the development of the automatic routing systems.

Keywords: document routing, electronic document management systems, machine learning methods, information processing.

УДК 656.225.073 + 06

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕСТНОЙ РАБОТЫ НА УЧАСТКАХ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В УСЛОВИЯХ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК

Чеботарева Евгения Андреевна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,
кандидат технических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-64-44,
e-mail: Abrosimova@ya.ru

Чеботарев Владимир Вячеславович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,
доцент,
телефон +7 (863) 272-64-44,
e-mail: Abrosimova@ya.ru

Солоп Ирина Андреевна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,
кандидат технических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-64-44,
e-mail: bhbirf1122@yandex.ru

Жарков Юрий Иванович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Автоматизированные системы электроснабжения»,
доктор технических наук, профессор,
телефон +7 (863) 272-62-67,
e-mail: jarkov@rgups.ru

В статье приведен анализ текущего состояния организации местной работы на Юге России на примере важнейших железнодорожных направлений Северо-Кавказской железной дороги. Установлены наиболее весомые факторы, определяющие затруднения в организации местной работы в условиях увеличения объемов перевозок. Выполнен анализ загрузки маневровых локомотивов на полигоне дороги, рассмотрены основные аспекты совершенствования технологии местной работы для станций и участков дороги.

Ключевые слова: местная работа, изменение объемов перевозки, планирование, загрузка маневровых локомотивов, показатели, мероприятия, эффективность.

**LOCAL IMPROVEMENT WORKS AT THE NORTH-CAUCASIAN RAILWAY
IN TERMS OF INCREASING TRAFFIC VOLUMES****Chebotareva Evgenia Andreyevna**

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolchenia sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Char «Management of Operational Work»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (863) 272-64-44,
e-mail: Abrosimova@ya.ru

Chebotarev Vladimir Vyacheslavovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Char «Management of Operational Work»,
Associate Professor,
phone +7 (863) 272-64-44,
e-mail: Abrosimova@ya.ru

Solop Irina Andreyevna

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolchenia sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Char «Management of Operational Work»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (863) 272-64-44,
e-mail: bhbirf1122@yandex.ru

Zharkov Yury Ivanovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Automated Systems of Electric Power Supply»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (863) 272-62-67,
e-mail: jarkov@rgups.ru

The article gives the analysis of the current state of the local organization work in the South of Russia on the example of the most important railroads of the North Caucasian Railway. The most significant factors that determine the difficulties in organizing local work in conditions of increasing traffic volumes are identified. The analysis of the loading of shunting locomotives on the road range was carried out, the main aspects of improving the local work technology for stations and road sections were considered.

Keywords: local work, change of volumes of transportation, planning, loading of shunting locomotives, indicators, measures, efficiency.

УДК 625.143.482 + 06

**УТОЧНЕНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ В ПЕРИОД
ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР****Певзнер Виктор Ошерович**

АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»),
129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10,
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник,
телефон +7 (499) 260-41-11,
e-mail: vpevzner@list.ru

Новакович Марина Васильевна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Высшая математика»,
кандидат технических наук, доцент,

телефон +7 (863) 272-62-63,
e-mail: vm_2@rgups.ru

Третьяков Василий Владимирович

АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (АО «ВНИИЖТ»)),
кандидат технических наук, заведующий лабораторией,
телефон +7 (499) 260-41-11,
e-mail: vpevzner@list.ru

Шубитидзе Виктория Викторовна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
кандидат технических наук, ассистент,
телефон +7 (863) 272-63-36,
e-mail: kvi@rgups.ru

В статье дан анализ различных моделей для расчета бесстыкового пути на устойчивость, в том числе с учетом воздействия подвижного состава. Результаты решения проиллюстрированы графиками зависимости роста стрел изогнутой оси рельсов в плане во времени. Показана зависимость скорости роста стрел при различных отступлениях температуры рельсов от температуры их закрепления. Предложены меры по повышению устойчивости бесстыкового пути.

Ключевые слова: упруговязкопластические свойства балласта, реологические модели, устойчивость бесстыкового пути, методы контроля над устойчивостью бесстыкового пути.

**REFINEMENT OF OPERATING CONDITIONS FOR A WELDLESS TRACK
DURING THE PERIOD EXTREME TEMPERATURE INCREASE**

Pevzner Victor Osherovich

JSC «Scientific and Research Institute of Railway Transport» (JSC «VNIIZHT»)),
10, 3rd Mytishchinskaya st., Moscow, 129626, Russia,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Chief Researcher,
phone +7 (499) 260-41-11,
e-mail: vpevzner@list.ru

Novakovich Marina Vasilievna

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolchenia sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Chair «Higher Mathematics»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (863) 272-62-63,
e-mail: vm_2@rgups.ru

Tretyakov Vasiliy Vladimirovich

JSC «Scientific and Research Institute of Railway Transport» (JSC «VNIIZHT»)),
Candidate of Engineering Sciences,
Laboratory Chief,
phone +7 (499) 260-41-11,
e-mail: vpevzner@list.ru

Shubitidze Victoriya Victorovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Candidate of Engineering Sciences, Lecturer,
phone +7 (863) 272-63-36,
e-mail: kvi@rgups.ru

In article the analysis of various models for calculation of a jointless way on stability including influence of the rolling stock is given. Results of the decision are illustrated with schedules of the switch

growing dependence of the rail curved axis in the plan in time. It is shown the dependence of growing switch rate at various derogations of the temperature on their fixing. Measures for increase in stability of a jointless way are proposed.

Keywords: elastoviscoplastic properties of ballast, rheological models, stability of a jointless way, control methods over stability of a jointless way.

УДК 625.1.004.5 + 06

ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Шаповалов Владимир Леонидович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-64-04,
e-mail: cpd@rgups.ru

Морозов Андрей Владимирович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Физика»,
кандидат технических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-62-88,
e-mail: rnd_cpd@mail.ru

Окост Максим Викторович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-64-04,
e-mail: cpd@rgups.ru

Васильченко Андрей Александрович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Физика»,
аспирант,
телефон +7 (863) 272-62-88,
e-mail: cpd@rgups.ru

Явна Виктор Анатольевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Физика»,
доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой,
телефон +7 (863) 272-63-52,
e-mail: vay@rgups.ru

Разработана и предложена георадиолокационная методика определения влажности и однородности грунтовых материалов, используемых при строительстве конструктивных слоев земляного полотна автомобильных и железных дорог. Основные соотношения методики получены в приближении классической волновой оптики. Технология включает тарировку используемой георадиолокационной аппаратуры, установленной на движущийся экипаж неизменной конструкции. Амплитуда волны, отраженной от верхнего слоя, позволяет получить модуль комплексной величины показателя преломления. Сравнение этой величины с заранее известной для данного материала зависимостью показателя преломления от влажности позволит определить влажность строительного материала. Применение соотношений, определяющих амплитуду сигнала, отраженного нижней поверхностью, позволяет оценить однородность конструктивного слоя материала как до начала строительных работ, так и в про-

цессе их выполнения. Применение методики в процессе уплотнения грунта может оптимизировать технологический процесс. Методика апробирована в лабораторных условиях на примере дренирующих грунтов.

Ключевые слова: георадиолокация, угловая расходимость, электромагнитное излучение, земляное полотно, плотность грунтов, песок, определение влажности, диагностика, однородность материкала.

GEORADAR METHOD OF DIAGNOSTICS OF SOIL AT CONSTRUCTION OF THE ROAD BED

Shapovalov Vladimir Leonidovich

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Chair «Track and Track Facilities»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (863) 272-64-04,
e-mail: cpd@rgups.ru

Morozov Andrey Vladimirovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Physics»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (863) 272-63-52,
e-mail: rnd_cpd@mail.ru

Okost Maxim Victorovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Track and Track Facilities»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (863) 272-64-04,
e-mail: cpd@rgups.ru

Vasilchenko Andrey Aleksandrovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Physics»,
Postgraduate,
phone +7 (863) 272-64-04,
e-mail: cpd@rgups.ru

Yavna Viktor Anatolievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Physics»,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Chair,
phone +7 (863) 272-63-52,
e-mail: vay@rgups.ru

A georadarlocation method has been developed and proposed for determining the humidity and uniformity of the soil materials used in the construction of the structural layers of the highway and rail roads. The basic considerations of the technique are obtained in the approximation of the classical wave optics. The technology includes calibration of the used radar equipment installed on the moving crew of the unchanged design. The amplitude of the wave reflected from the upper layer allows us to obtain the modulus of the complex value of the refractive index. The comparison of this value with the dependence of the index of refraction on humidity known in advance for a given material will make it possible to determine the humidity of a building material. The use of ratios determining the amplitude of the signal reflected by the lower surface makes it possible to assess the homogeneity of the structural layer of the material, both prior to the beginning of construction work and in the process of their implementation. The application of the technique in the process of soil compaction can optimize the process. The technique had been tested in laboratory conditions on the example of draining soils.

Keywords: georadar-location, angular divergence, electromagnetic radiation, road bed, firmness of soils, sand, definition of moistness, preliminary treatment, uniformity of material.

УДК 621.311 + 06

НОВЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ФОРМЫ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Сукиязов Александр Гургенович

Донской государственный технический университет (ДГТУ),
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1,
кафедра «Радиоэлектроника»,
кандидат физико-математических наук, профессор,
телефон +7 (863) 253-37-25,
e-mail: spu-50.1@donstu.ru

Просьянников Борис Николаевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038. г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»,
кандидат технических наук, доцент,
телефон +7 (863) 272-63-02,
e-mail: a_t@rgups.ru

Изложено содержание разработанного авторами метода функциональной диагностики электротехнического оборудования по регистрируемой зависимости потребляемого тока от времени (кинетики тока), названного тококинетическим. Рассматриваются пути обнаружения малых изменений кинетики с помощью стационарных диаграмм на дисплее, названных мнемоническими диаграммами. Анализируются способы получения мнемонических диаграмм, дается их классификация. В качестве иллюстрации тококинетического метода приводятся результаты регистрации технического состояния трансформаторно-выпрямительного блока.

Ключевые слова: электротехническое оборудование, техническое состояние, тококинетический метод, мнемонические диаграммы.

STUDY ON THE METHODS OF ANALYSIS OF THE WAVEFORMS OF ELECTRIC CURRENT AND ITS CONNECTION WITH THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTROTECHNICAL DEVICES

Sukiyazov Alexander Gurgenovitch

Don State Technical University (DSTU),
1, Gagarin sq, Rostov-on-Don, 344000, Russia,
Chair «Radio Electronics»,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
phone +7 (863) 253-73-25,
e-mail: spu-50.1@donstu.ru

Prosyannicov Boris Nikolayevich

Rostov State Transport Universiti (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovo Polka Narodno Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Chair «Automatics and Telemechanics on Railway Transport»,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
phone +7 (863) 272-63-02,
e-mail: a_t@rgups.ru

In the work of the proposed method, the authors set out the content of functional diagnostics of electrical equipment on registered according the absorbed current from time to time (kinetics), named currentki-

netic. It is considered the ways for detecting small changes in the kinetics of the static charts on display which are named mnemonic charts. It is examined how to obtain mnemonic charts and it is given their classification. To illustrate the current kinetic method, the results of the technical condition registration of transformer rectifier unit are shown.

Keywords: electrical equipment, technical condition, current and kinetic method, mnemonic method chart.

УДК 656.07

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ РЕШЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Бехер Сергей Алексеевич

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191,
кафедра «Электротехника, диагностика и сертификация»,
доктор технических наук, профессор,
телефон +7 (383) 328-05-11,
e-mail: beher@stu.ru

Верескун Владимир Дмитриевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
кафедра «Информатика»,
доктор технических наук, профессор, ректор,
телефон +7 (863) 272-63-05,
e-mail: vvd@rgups.ru

Воробьев Валерий Степанович

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
кафедра «Технология, организация и экономика строительства»,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
телефон +7 (383) 328-05-00,
e-mail: decansgd@stu.ru

Распопина Татьяна Анатольевна

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
кафедра «Информационные технологии транспорта»,
старший преподаватель,
телефон +7 (383) 328-02-50,
e-mail: raspopinata@sgups.stu.ru

При решении ряда задач производственных процессов железнодорожного транспорта достаточно часто используются транспортные задачи и методы теории массового обслуживания. Методы решения допускают возможность появления погрешностей решения экстремальных задач, которые обусловлены степенью точности исходной информации и ошибками аппроксимации векторов целевой функции и множества ограничений. Рассмотрена методологическая проблема влияния погрешности решения задач на результаты экономико-математического моделирования производственно-технологических процессов при множестве альтернатив и неопределенности исходной информации. Получены рабочие формулы для оценки погрешности результатов решения задачи линейного программирования.

Ключевые слова: моделирование, оптимизация, производственный процесс, погрешность, относительная погрешность, ошибка аппроксимации.

**SOLUTION FOR EXTREME TASKS IN MODELING.
OPTIMIZING TRANSPORT PRODUCTION PROCESSES****Bekher Sergey Alekseyevich**

Siberian Transport University (STU),
191, Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia,
Chair «Electrical Engineering, Diagnostics and Certification»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
phone +7 (383) 328-05-11,
e-mail: beher@stu.ru

Vereskun Vladimir Dmitrievich

Rostov State Transport University (RSTU),
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,
Chair «Informatics»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor, Rector,
phone +7 (863) 272-63-05,
e-mail: vvd@rgups.ru

Vorobyov Valery Stepanovich

Siberian Transport University (STU),
Chair «Technology, Organization and Management in Construction»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Chair,
phone +7 (383) 328-05-00,
e-mail: decansgd@stu.ru

Raspopina Tatyana Anatolievna

Siberian Transport University (STU),
Chair «Information Transport Technology»,
Senior Lecturer,
phone +7 (383) 328-02-50,
e-mail: raspopinata@sgups.stu.ru

When solving problems in the production processes of railway transport, the transportation problems and queuing theory methods are often applied. The solution methods allow the possibility of faluers in solving extremal problems caused by the degree of accuracy of the initial information and the errors of approximation of the vectors of the objective function and a set of constraints. The paper describes the methodological issue of the influence of the error in solving problems on the results of economic and mathematical modeling of production and technological processes with a variety of alternatives and uncertainty of the initial information. It presents the obtained formulas for estimating the error of the results of solving a linear programming problem.

Keywords: modeling, optimization, production process, relative error, approximation error.

УДК 519.2

**СУЩЕСТВОВАНИЕ И ЕДИНСТВЕННОСТЬ ТОЧКИ МАКСИМУМА
В ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ КВАЗИЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ
С НЕЗАВИСИМЫМИ ПРИОРИТЕТАМИ****Красий Надежда Павловна**

Донской государственный технический университет (ДГТУ),
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1,
кафедра «Высшая математика»,
кандидат физико-математических наук, доцент,
телефон +7-918-567-64-81,
e-mail: krasnad@yandex.ru

Представлены обоснование и математическая модель задачи принятия оптимальных решений при распределении независимых приоритетов между несколькими конкурирующими структурами, взаимодействующими в единой системе. Исследована модель квазилинейного типа с независимыми приоритетами. Приведены необходимые и достаточные условия существования точек глобального максимума целевой функции арбитра и описание этих точек. Рассмотрены специфические ситуации, когда достаточное условие наличия экстремума выполняется не для всех приоритетов.

Ключевые слова: квазилинейная модель, оптимизация, глобальный максимум, случайные приоритеты, максимальная эффективность, взаимодействие структур.

EXISTENCE AND UNIQUENESS OF THE MAXIMUM POINT IN PROBLEMS OF OPTIMIZATION OF QUASILINE MODELS WITH INDEPENDENT PRIORITIES

Krasii Nadezhda Pavlovna

Don State Technical University (DSTU),

1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russia,

Chair «Higher Mathematics»,

Candidate of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor,

phone: +7-918-567-64-81,

e-mail: krasnad@yandex.ru

The explanation and mathematical model of the problem of the optimal decision making is presented in the case when several independent priorities are distributed among two competing structures interacting in a single system. A model of quasi-linear type with independent priorities is investigated. The necessary and sufficient conditions for the existence of points of the global maximum of the arbitrator's objective function and a description of these points are given. Specific situations are considered when a sufficient condition for the presence of an extremum is not satisfied for all priorities.

Keywords: quasi-linear model, optimization, global maximum, random priorities, maximum efficiency, interaction structures.

**ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ
ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК РГУПС»**

1 **Материалы статей** представляют в виде текстов, отформатированных и распечатанных на лазерном или струйном принтере (пригодных для сканирования) на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) в одном экземпляре. Рекомендуемый объем статьи – 5–10 страниц.

Одновременно текст представляют в виде файла на CD-диске в текстовом редакторе *Word for Windows*, шрифт *Times New Roman*, 11 pt, межстрочный интервал – одинарный, выравнивание по ширине, абзацный отступ – 1,25 см, все поля – 2 см.

2 **На первой странице должны быть указаны:**

- **УДК** – в левом верхнем углу;
- интервал;
- **инициалы и фамилии авторов** – по центру, курсивом;
- интервал;
- **название статьи** – заглавными буквами, полужирным шрифтом, по центру, без переносов;
- интервал;
- **текст статьи** – печатается с переносами.
- **Статья должна содержать вводную часть, цель научной разработки, основную часть и выводы.**

3 **Буквы** латинского алфавита набирают *курсивом*, буквы греческого и русского алфавитов – прямым шрифтом. Математические символы **lim, ln, arg, const, sin, cos, min, max** и т.д. набирают прямым шрифтом.

4 **Формулы.** Большие формулы необходимо разбить на отдельные фрагменты. Фрагменты формул по возможности должны быть независимы (при работе в формульном редакторе каждая строка – отдельный объект). Нумерацию следует печатать в *Word* отдельно от формул. Располагать формулы следует по центру строки.

Буквы J и I, e и l, h и n, q и g, V и U, O (буква) и 0 (ноль) должны различаться по начертанию.

Тире, дефис, знак «минус» обозначают соответствующими знаками.

Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим ГОСТам.

5 **Рисунки и фотографии**, выполненные четко и контрастно, следует размещать в порядке их упоминания в тексте, подрисовочная подпись обязательна.

6 **Библиографический список** приводят общим списком в конце статьи и составляют в соответствии с последовательностью ссылок в тексте, которые обозначают арабскими цифрами в квадратных скобках. **Литературу оформляют только согласно ГОСТ 7.1-2003.**

Обязательно представить перевод библиографического списка на английский язык.

Текст статьи должен быть тщательно отредактирован и готов для макетирования и верстки журнала на компьютере.

7 **Статья должна быть обязательно подписана всеми авторами.**

8 **Материалы, прилагаемые к статье**, печатают на отдельном листе.

Сведения об авторах и аннотация (на русском и английском языках):

- **УДК.**
- **Название статьи** (заглавными буквами, полужирным шрифтом).
- **Фамилия, имя, отчество автора** (полностью, без сокращений).
- **Место работы каждого автора** в именительном падеже.
- **Почтовый адрес места работы** с указанием почтового индекса.
- **Ученая степень, ученое звание, должность.**
- **Контактный телефон.**
- **E-mail.**
- **Аннотация** (краткое содержание статьи, включающее 3–4 предложения).
- **Ключевые слова.**

Сведения по п. 8 составляют для каждого автора отдельно (за исключением аннотации и ключевых слов) в порядке упоминания в статье.

Важно четко, не допуская иной трактовки, указать место работы конкретного автора. Если все авторы статьи работают или учатся в одном учреждении, можно не указывать почтовый адрес места работы каждого автора отдельно.

Каждое ключевое слово или словосочетание отделяется от другого запятой.

Условия и порядок публикации статей в журнале

1 Статья должна быть оформлена по прилагаемым требованиям.

2 Автор имеет право опубликовать в номере одну статью.

3 Автор может прислать статью в адрес редакции:

• **по почте**

344038, г. Ростов н/Д, пл. им. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2.
Ростовский государственный университет путей сообщения.
Редакция журнала «ВЕСТНИК РГУПС».

• **по электронной почте**

E-mail: pmv_nis@rgups.ru, nis@rgups.ru (дополнительный).

• **принести в редакцию** и передать ответственному секретарю (гл. корпус, ком. Д 107),
телефон +7 (863) 272-62-74, факс +7 (863) 255-37-85.

4 Статья, представляемая в редакцию, должна соответствовать тематике издания.

Тематика журнала охватывает основные проблемы транспорта, а также энергетики, машиностроения и управления. Публикуются статьи по следующим секциям:

- машиностроение;
- подвижной состав, безопасность движения и экология;
- информационные технологии, автоматика и телекоммуникации;
- управление и логистика на транспорте;
- железнодорожный путь и транспортное строительство;
- транспортная энергетика;
- моделирование систем и процессов.

5 Редакционная коллегия принимает для публикации статьи после тщательной научной экспертизы.

Для публикации отбирают статьи, которые представляют научный интерес и являются новой ступенью в разработке данной проблемы. Статьи публицистического плана не принимаются.

6 На заседании редколлегии принимают решение о возможности публикации статьи только при наличии положительной рецензии.

7 Все расходы по подготовке к публикации и изданию журнала оплачивает университет, в том числе и почтовые расходы при пересылке журнала авторам.

Краткая информация о журнале

Научно-технический журнал «Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения» («Вестник РГУПС») зарегистрирован в государственном Комитете Российской Федерации по печати, свидетельство о регистрации № 018074 от 27.08.1998 г. Журнал имеет международный стандартный сериальный номер (ISSN 0201-727X), присвоенный Книжной палатой Российской Федерации.

Учредителем и издателем является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС).

Главный редактор журнала – академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор В.И. Колесников.

В состав редакционной коллегии входят ведущие ученые РГУПС, а также других транспортных и академических университетов Северо-Кавказского региона, Москвы, Санкт-Петербурга, Украины (Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, г. Днепропетровск), Республики Беларусь (Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель), Чешской Республики (Остравский технический университет, г. Острава), Польши (Силезский технический университет, г. Катовице), Франции (Университет дю Мэн, г. Ле-Ман).

Журнал выходит с периодичностью 4 номера в год, т.е. каждый квартал.

С апреля 2004 года «Вестник РГУПС» включен в «Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук» (решение Президиума ВАК № 6/4 от 6.02.2004 г.). Журнал вошел во все последующие редакции Перечня.

«Вестник РГУПС» – подписное издание. С 2004 года журнал включен в каталог подписных изданий агентства «Роспечать» (в специальном каталоге «ГАЗЕТЫ. ЖУРНАЛЫ» зарегистрирован под индексом 53720).

Подписаться на журнал можно в любом отделении связи, распространяется журнал на территории Российской Федерации. Подписку можно оформить на квартал, на полгода или на год.

Журнал «Вестник РГУПС» бесплатно рассылается всем отраслевым вузам, в ряд вузов Министерства образования и науки России, центральным и зональным научно-техническим библиотекам, НИИ информации.

Почтовый адрес редакции:

344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2.
Ростовский государственный университет путей сообщения.
Редакция журнала «Вестник РГУПС».

Телефон: +7 (863) 272-62-74. Факс: +7 (863) 255-37-85.

E-mail: pmv_nis@rgups.ru ; nis@rgups.ru (дополнительный).

**Архив журнала и требования по оформлению статей размещены на сайтах:
<http://www.rgups.ru> в разделе «Издания» и <http://vestnik.rgups.ru>**

Научное издание

**ВЕСТНИК
Ростовского государственного университета
путей сообщения**

Научно-технический журнал

**№ 4 (72)
2018**

Уважаемые читатели!

**Вы можете подписаться на наш журнал в любом отделении связи.
Индекс журнала по каталогу «Роспечати» 53720**

**Полнотекстовая версия статей находится в открытом доступе на сайте
Российской научной электронной библиотеки: www.elibrary.ru
Журнал обрабатывается в системах индексов научного цитирования
РИНЦ и Science Index**

**Требования к оформлению статей размещены на сайте
<http://vestnik.rgups.ru>**

Редакторы: А.В. Артамонов, Т.В. Бродская, Т.И. Исаева,
Н.С. Федорова, Т.М. Чеснокова,
А.П. Кононенко (английский текст)

Корректоры: А.В. Артамонов, Т.В. Бродская, Т.И. Исаева,
Н.С. Федорова, Т.М. Чеснокова,
А.П. Кононенко (английский текст)

Оригинал-макет журнала подготовлен М.В. Поляковой

Подписано в печать 20.12.2018.

Дата выхода в свет 26.12.2018.

Печать офсетная.

Знак информационной продукции 16+.

Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 21,38.

Тираж 510 экз.

Цена свободная.

Бумага офсетная.

Изд. № 52.

Заказ 118.

Учредитель:

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

Адрес университета, издателя, редакции:

**344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.**

Телефон редакции +7 (863) 272-62-74; факс +7 (863) 255-37-85.

E-mail: pmv_nis@sci.rgups.ru; nis@rgups.ru

Адрес типографии

Издательство «D&V». Св-во № 003679887.

344037, г. Ростов-на-Дону, ул. 20 линия, 54.

E-mail: divprint@mail.ru. Телефон +7 (918) 543-75-63.