

*Е. А. Болгова, М. А. Мукутадзе, И. А. Колобов*

### **ОЦЕНКА ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ РАДИАЛЬНОГО ПОДШИПНИКА С УЧЕТОМ СЖИМАЕМОСТИ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА**

**Аннотация.** Исследование включает разработку и анализ математической модели микрополярного смазочного материала в модифицированной конструкции подшипника скольжения с композиционным фторопластсодержащим покрытием на поверхности вала и канавкой, которая способствует улучшению распределения смазочного материала и повышению долговечности системы.

На основе уравнения движения, исследуемого жидкого смазочного материала, уравнения неразрывности и уравнения состояния получены новые математические модели, учитывающие дополнительно такой его параметр, как сжимаемость.

Новизна работы заключается в разработке методики инженерных расчетов конструкции радиального подшипника скольжения с полимерным покрытием при учете наличия в нем канавки, а также зависимости вязкости от давления и сжимаемости смазочного материала, позволяющих определить величину основных триботехнических параметров.

Результаты исследования обеспечили снижение погрешностей по несущей способности и по коэффициенту трения модифицированного подшипника в сравнении с традиционными конструкциями. В результате удалось добиться увеличения срока службы радиальных подшипников, что имеет большое значение для их промышленного применения.

**Ключевые слова:** радиальный подшипник, оценка износостойкости, антифрикционное полимерное покрытие, канавка, гидродинамический режим, верификация.

**Для цитирования:** Болгова, Е. А. Оценка износостойкости модифицированной конструкции радиального подшипника с учетом сжимаемости смазочного материала / Е. А. Болгова, М. А. Мукутадзе, И. А. Колобов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 8–19. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_8.

*Е. А. Bolgova, M. A. Mukutadze, I. A. Kolobov*

### **EVALUATION OF THE WEAR RESISTANCE OF A MODIFIED RADIAL BEARING DESIGN TAKING INTO ACCOUNT THE COMPRESSIBILITY OF THE LUBRICANT**

**Abstract.** The research includes the development and analysis of a mathematical model of a micropolar lubricant in a modified sliding bearing design with a composite fluoroplastic coating on the shaft surface and a groove that improves the distribution of lubricant and increases the durability of the system.

Based on the equation of motion of the liquid lubricant under study, the continuity equation and the equation of state, new mathematical models are obtained that additionally take into account such parameter as compressibility.

The novelty of the work lies in the development of a methodology for engineering calculations of the design of a radial sliding bearing with a polymer coating, taking into account the presence of a groove, as well as the dependence of viscosity on pressure and compressibility of the lubricant, allowing to determine the value of the main tribotechnical parameters.

The results of the study provided a decrease in errors in bearing capacity and in the coefficient of friction of the bearing in comparison with traditional designs. As a result, it was possible to achieve an increase in the service life of radial bearings, which is of great importance for their industrial applications.

**Keywords:** radial bearing, wear resistance assessment, antifriction polymer coating, groove, hydrodynamic mode, verification.

**For citation:** Bolgova, E. A. Evaluation of the wear resistance of a modified radial bearing design taking into account the compressibility of the lubricant / E. A. Bolgova, M. A. Mukutadze, I. A. Kolobov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 8–19. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_8.

**Информация об авторах**

**Болгова Екатерина Александровна**

Ростовский государственный университет путей сообщения, кафедра «Высшая математика», аспирант, e-mail: bolgova\_katya6@mail.ru

**Information about the authors**

**Bolgova Ekaterina Alexandrovna**

Rostov State Transport University, Chair «Higher Mathematics», Postgraduate Student, e-mail: bolgova\_katya6@mail.ru

**Мукутадзе Мурман Александрович**

Ростовский государственный университет путей сообщения, кафедра «Высшая математика», доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, e-mail: murman1963@yandex.ru

**Mukutadze Murman Aleksandrovich**

Rostov State Transport University, Chair «Higher Mathematics», Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Chair, e-mail: murman1963@yandex.ru

**Колобов Игорь Анатольевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения, кафедра «Управление эксплуатационной работой», кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Управление процессами перевозок», e-mail: Kolobowi@gmail.com

**Kolobov Igor Anatolievich**

Rostov State Transport University, Chair «Operational Work Management», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty «Transportation Process Management», e-mail: Kolobowi@gmail.com

УДК 621.891 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_20

*И. В. Больших, А. М. Ананко, Я. К. Склифус, Е. Д. Аникина*

**ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ФЕНИЛОНА \***

**Аннотация.** На сегодняшний день создание экономически эффективных и прочных фторсодержащих покрытий с высокой адгезионной прочностью к различным металлическим подложкам является актуальной задачей. Один из перспективных подходов заключается в создании многослойных покрытий, где фторсодержащий компонент формирует внешний слой, а внутренний слой, обогащенный армирующим компонентом, обеспечивает прочное сцепление с металлической подложкой. Механизм адгезии в таких композиционных материалах основан на оптимизации поверхностных взаимодействий. Стандартная методика оценки адгезионной прочности основана на измерении усилия, необходимого для отслаивания покрытия от субстрата при его отгибе на 180 градусов. Так как состав матричного связующего представляет собой трехкомпонентную систему, а их сумма равна 100 %, основой разработки стало использование симплекс-решетчатых планов типа состав-свойство.

**Ключевые слова:** полимерные материалы, матричное связующее, адгезионная прочность, фенилон, субстрат, порошок меди, трехкомпонентная система, симплекс-диаграмма.

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Федерального агентства железнодорожного транспорта (Соглашение от 10.01.2024. № 109-03-2024-007).

**Для цитирования:** Исследование адгезионной прочности антифрикционных покрытий на основе фенилона / И. В. Больших, А. М. Ананко, Я. К. Склифус, Е. Д. Аникина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 20–27. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_20.

*I. V. Bolshikh, A. M. Ananko, Ya. K. Sklifus, E. D. Anikina*

## **INVESTIGATION OF THE ADHESIVE STRENGTH OF ANTIFRICTION PHENYLENE-BASED COATINGS**

**Abstract.** Today, the creation of cost-effective and durable fluorinated coatings with high adhesive strength to various metal substrates is an urgent task. One of the promising approaches is to create multilayer coatings, where the fluorinated component forms the outer layer, and the inner layer, enriched with a reinforcing component, provides strong adhesion to the metal substrate. The adhesion mechanism in such composite materials is based on the optimization of surface interactions. The standard method for assessing adhesive strength is based on measuring the force required to peel the coating from the substrate when it is bent 180 degrees. Since the composition of the matrix binder is a three-component system, and their sum is 100%, the basis for the development was the use of simplex lattice plans of the composition-property type.

**Keywords:** polymer materials, matrix binder, adhesive strength, phenylene, substrate, copper powder, three-component system, simplex diagram.

**For citation:** Investigation of the adhesive strength of antifriction phenylene-based coatings / I. V. Bolshikh, A. M. Ananko, Ya. K. Sklifus, E. D. Anikina // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 20–27. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_20.

### **Сведения об авторах**

#### **Больших Иван Валерьевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Тяговый подвижной состав»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: ivan.bolshih@yandex.ru

#### **Ананко Анатолий Михайлович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
научно-образовательный центр  
научно-исследовательской части  
«Ресурсосберегающие технологии»,  
руководитель группы,  
e-mail: nypotilitailla@mail.ru

#### **Склифус Ярослав Константинович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Тяговый подвижной состав»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: yaroslav.sklifus@mail.ru

#### **Аникина Елена Дмитриевна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретическая механика»,  
аспирант,  
e-mail: al.anikina2002@mail.ru

### **Information about the authors**

#### **Bolshikh Ivan Valerievich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Traction Rolling Stock»,  
Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: ivan.bolshih@yandex.ru

#### **Ananko Anatoly Mikhailovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Scientific and Educational Center of the Research  
Department «Resource-Saving Technologies»,  
Head of the Group,  
e-mail: nypotilitailla@mail.ru

#### **Sklifus Yaroslav Konstantinovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Traction Rolling Stock»,  
Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: yaroslav.sklifus@mail.ru

#### **Anikina Elena Dmitrievna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Mechanics»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: al.anikina2002@mail.ru

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОНТРТЕЛА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С АНТИФРИКЦИОННЫМ ПОКРЫТИЕМ, СОДЕРЖАЩИМ ПТФЭ \*

**Аннотация.** Проведен анализ изменения состояния поверхности металлического контртела при взаимодействии с антифрикционным покрытием на основе ткани с волокном ПТФЭ при использовании термостойкого матричного связующего холодного отверждения на основе фенилона. Анализ проводился на основе трибологических испытаний на машине трения ИИ-5018 по схеме «вал – частичный вкладыш». Для оценки состояния поверхности был использован интерференционный микроскоп – оптический профилометр NewView-600 фирмы ZYGO. Показано, что после приработки величина среднего арифметического отклонения профиля от средней линии на протяжении всего периода работы трибосистемы сохраняет значение, не превышающее  $R_a \leq 0,5$  мкм, что обеспечивает работоспособность трибосоприжения.

**Ключевые слова:** антифрикционное покрытие, ткань с волокном ПТФЭ, связующее холодного отверждения, поверхность металлического контртела, трибологические испытания.

**Для цитирования:** Иваночкин, П. Г. Анализ состояния поверхности металлического контртела при взаимодействии с антифрикционным покрытием, содержащим ПТФЭ / П. Г. Иваночкин, Е. Д. Аникина, Е. П. Больших // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 28–33. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_28.

*P. G. Ivanochkin, E. D. Anikina, E. P. Bolshikh*

### ANALYSIS OF THE STATE OF THE METAL COUNTERBODY SURFACE IN INTERACTION WITH AN ANTIFRICTION COATING CONTAINING PTFE

**Abstract.** The analysis of the change in the state of the metal counterbody surface in interaction with an antifriction coating based on fabric with PTFE fiber using a heat-resistant matrix binder of cold curing based on phenylone was carried out. The analysis was carried out on the basis of tribological tests on the friction machine II-5018 according to the scheme "shaft-partial liner". To assess the surface condition, an interference microscope - optical profilometer "NewView-600" from ZYGO was used. It is shown that after running-in, the value of the average arithmetic deviation of the profile from the mean line throughout the entire period of operation of the tribosystem retains a value not exceeding  $R_a \leq 0.5 \mu\text{m}$ , which ensures the operability of the tribocoupling.

**Keywords:** antifriction coating, fabric with PTFE fiber, cold-curing binder, surface of metal counterbody, tribological tests.

**For citation:** Ivanochkin, P. G. Analysis of the state of the metal counterbody surface in interaction with an antifriction coating containing PTFE / P. G. Ivanochkin, E. D. Anikina, E. P. Bolshikh // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No 4. – P. 28–33. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_28.

#### Сведения об авторах

**Иваночкин Павел Григорьевич**  
Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретическая механика»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: ivanochkin\_p\_g@mail.ru

**Аникина Елена Дмитриевна**  
Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),

#### Information about the authors

**Ivanochkin Pavel Grigoryevich**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Mechanics»,  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
e-mail: ivanochkin\_p\_g@mail.ru

**Anikina Elena Dmitrievna**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Mechanics»,

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Федерального агентства железнодорожного транспорта (Соглашение от 10.01.2024. № 109-03-2024-007).

кафедра «Теоретическая механика»,  
аспирант,  
e-mail: al.anikina2002@mail.ru

**Больших Елизавета Павловна**

Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретическая механика»,  
аспирант,  
e-mail: elizaveta.mz@yandex.ru

Postgraduate Student,  
e-mail: al.anikina2002@mail.ru

**Bolshikh Elizaveta Pavlovna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Mechanics»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: elizaveta.mz@yandex.ru

УДК 621.822.11 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_34

*В. Н. Поляков*

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена новой разработанной методике расчета основных параметров эксцентриситета радиального подшипника скольжения с учетом минимальной величины пленки жидкого смазочного материала, а также значению дополнительной угловой координаты, определяющей положение эксцентриситета вала относительно вектора нагрузки в рабочем зазоре рассматриваемой трибосистемы. Экспериментальные исследования, полностью подтверждающие итоги теоретических результатов, проводились на стандартной модернизированной машине трения модели ИИ-5018 типа «Амслер». На основе разработанной расчетной методики, проверенной на точность результатов в сравнении с итогами экспериментальных исследований, был получен новый, отличный от стандартного, алгоритм уточненного расчета параметров подшипника скольжения, работающего в гидродинамическом режиме смазывания.

**Ключевые слова:** подшипник скольжения, машина трения, жидкостное трение, эксцентриситет, угловая координата эксцентриситета, толщина смазочного слоя.

**Для цитирования:** Поляков, В. Н. Методика определения параметров эксцентриситета гидродинамического подшипника скольжения / В. Н. Поляков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 34–40. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_34.

*V. N. Polyakov*

## METHODOLOGY FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF ECCENTRICITY OF A HYDRODYNAMIC PLAIN BEARING

**Abstract.** This article is devoted to a newly developed method for calculating the main parameters of the eccentricity of a journal plain bearing taking into account the minimum film size of the liquid lubricant, as well as the value of the additional angular coordinate that determines the position of the shaft eccentricity relative to the load vector in the working gap of the tribosystem under consideration. Experimental studies that fully confirm the results of the theoretical results were carried out on a standard modernized friction machine model ИИ5018 of the “Amsler” type. Based on the developed calculation method, checked for the accuracy of the results in comparison with the results of the experimental studies, a new algorithm, different from the standard one, was obtained for the refined calculation of the parameters of a plain bearing operating in the hydrodynamic lubrication mode.

**Keywords:** plain bearing, friction machine, fluid friction, eccentricity, angular coordinate of eccentricity, thickness of lubricant layer.

**For citation:** Polyakov, V. N. Methodology for determining the parameters of eccentricity of a hydrodynamic plain bearing / V. N. Polyakov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 34–40. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_34.

## Сведения об авторах

**Поляков Владимир Николаевич**

Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),  
строительный факультет,  
инженер,  
e-mail : vovapolyakov@mail.ru

## Information about the authors

**Polyakov Vladimir Nikolaevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Construction Department,  
Engineer,  
e-mail : vovapolyakov@mail.ru

УДК 658.345 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_41

*С. П. Рыжов*

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ШУМА ЗУБОДОЛБЕЖНЫХ СТАНКОВ

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментальных исследований спектров шума и вибраций, проявляющихся в зубодолбежных станках при их промышленной эксплуатации под различными технологическими нагрузками. В зависимости от технических параметров этих станков в процессе выполнения работ согласно технологическому регламенту идентифицируются источники, создающие повышенные уровни шума, а именно резец и заготовка, тогда как влияние станины можно проигнорировать. Это подтверждается теоретическими выводами о закономерностях формирования виброакустических характеристик зубодолбежных станков. На основании проведенных исследований удалось выделить ключевые факторы, влияющие на величину шумов и вибраций в зубодолбежных станках. В первую очередь это конструктивные особенности резца и материала заготовки. Различные геометрические параметры резца, такие как угол заострения, форма и степень заточки, существенно изменяют картину распределения вибраций в процессе резания. Более того, материалы с более высоким модулем упругости и плотностью способствуют повышению общей амплитуды вибраций, что отражается на спектре шума.

**Ключевые слова:** экспериментальные исследования, уровни звука, октавные уровни звукового давления и вибраций, зубодолбежные станки.

**Для цитирования:** Рыжов, С. П. Экспериментальные исследования спектрального состава шума зубодолбежных станков / С. П. Рыжов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 41–48. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_41.

*S. P. Ryzhov*

### EXPERIMENTAL STUDIES OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF GEAR-SHAPING MACHINE NOISE

**Abstract.** The article presents the results of experimental studies of noise and vibration spectra that occur in gear-shaping machines during their industrial operation under various process loads. Depending on the technical parameters specifications of these machines, during the execution of work according to the process regulations, the sources that create increased noise levels are identified, namely the cutter and the workpiece, while the influence of the frame can be ignored. This is confirmed by theoretical conclusions about the patterns of formation of vibroacoustic characteristics of gear-shaping machines. Based on the conducted studies, it was possible to identify the key factors that affect the magnitude of noise and vibration in gear-shaping machines. First of all, these are the design features of the cutter and the workpiece material. Various geometric parameters of the cutter, such as sharpening angle, shape and degree of sharpening, significantly change the pattern of vibration distribution during the cutting process. Moreover, materials with a higher modulus of elasticity and density contribute to an increase in the overall vibration amplitude, which is reflected in the noise spectrum.

**Keywords:** experimental studies, sound levels, octave levels of sound pressure and vibrations, gear shaping machines.

**For citation:** Ryzhov, S. P. Experimental studies of the spectral composition of gear shaping machine noise / S. P. Ryzhov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No 4. – P. 41–48. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_41.

#### Сведения об авторах

##### Рыжов Сергей Петрович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,  
соискатель,  
e-mail: ryzhov\_2014@mail.ru

#### Information about the authors

##### Ryzhov Sergey Petrovich

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Life Safety»,  
The Degree Applicant,  
e-mail: ryzhov\_2014@mail.ru

УДК 621.793.1 + 06

DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_49

*И. В. Колесников, В. В. Шаповалов, О. И. Коваленко, К. Н. Политыко, И. А. Колодяжный*

### НАНЕСЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ PVD-ПОКРЫТИЙ НА ФРИКЦИОННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ШЕСТЕРЕН И МУФТ-ШЕСТЕРЕН ПЕРСПЕКТИВНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ \*

**Аннотация.** Рассмотрена перспективная силовая автоматическая трансмиссия, разработанная учеными РГУПС. В устройстве данной автоматической коробки переключения передач (АКПП) используется оригинальная, не имеющая аналогов муфта-шестерня, используемая в качестве фрикционного усилительного звена. Ввиду отсутствия разрывов потока передаваемой с помощью данной муфты-шестерни мощности и, как следствие, увеличения скорости включения передач удалось увеличить коэффициент полезного действия АКПП. В процессе длительной эксплуатации компоненты и детали данного агрегата, в частности шестерни, подвергаются износу. Одним из способов повышения их износостойкости является нанесение вакуумных покрытий, защищающих поверхности от их интенсивного изнашивания. Для реализации данной задачи методом магнетронного распыления получено высокоэнтропийное покрытие CuCrMnFeCoNi на подложке из стали 40ХН2МА, обладающее однородной структурой и плотным прилеганием к подложке. Трибологические исследования позволили установить низкий коэффициент трения  $\mu = 0,12$ , который значительно ниже значений подложки из стали. Разработанное покрытие позволит уменьшить коэффициент трения и износ муфты-шестерни.

**Ключевые слова:** трибология, автоматическая коробка переключения передач, шестерня, муфта-шестерня, фрикционное усилительное звено, КПД, механические и трибологические свойства, PVD, ВЭС, покрытие, магнетрон.

**Для цитирования:** Нанесение износостойких PVD-покрытий на фрикционные поверхности шестерен и муфт-шестерен перспективной автоматической коробки передач / И. В. Колесников, В. В. Шаповалов, О. И. Коваленко [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 49–59. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_49.

*I. V. Kolesnikov, V. V. Shapovalov, O. I. Kovalenko, K. N. Polityko, I. A. Kolodyazhny*

### APPLICATION OF WEAR-RESISTANT PVD COATINGS ON THE FRICTION SURFACES OF GEARS AND GEAR COUPLINGS OF A PROMISING AUTOMATIC TRANSMISSION

**Abstract.** A promising power automatic transmission developed by RSTU scientists is considered. The device of this automatic transmission (AT) uses an original, unparalleled gear clutch used as a friction reinforcement link. Due to the absence of discontinuities in the flow of power transmitted using this gear coupling and, as a result, an increase in the gear speed, it was possible to increase the efficiency of the automatic

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 21-79-30007).

transmission. During long-term operation, the components and parts of this unit wear out. One of the ways to increase their wear resistance is to apply vacuum coatings that protect surfaces from their intense wear. To achieve this task, a high-entropy CuCrMnFeCoNi coating on a 40KH2MA steel substrate was obtained by magnetron sputtering. The coating has a uniform structure and a tight fit to the substrate. Tribological studies have allowed us to establish a low coefficient of friction  $\mu = 0,12$ , which is significantly lower than the values of the steel substrate. Developed coating will reduce the coefficient of friction and wear of the gear coupling.

**Keywords:** tribology, automatic transmission, gear, coupling gear, friction reinforcement link, efficiency, mechanical and tribological properties, PVD, HEA, coating, magnetron.

**For citation:** Application of wear-resistant PVD coatings on the friction surfaces of gears and gear couplings of a promising automatic transmission / I. V. Kolesnikov, V. V. Shapovalov, O. I. Kovalenko [at al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 49–59. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_49.

### Сведения об авторах

#### **Колесников Игорь Владимирович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), заведующий НИЛ НиНМ НИЧ, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, e-mail: oooedt@rambler.ru

#### **Шаповалов Владимир Владимирович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Транспортные машины и триботехника», доктор технических наук, профессор, e-mail: sha.vv@bk.ru

#### **Коваленко Олег Игоревич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Транспортные машины и триботехника», аспирант e-mail: olegkovalenko2000@mail.ru

#### **Политыко Кирилл Николаевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), младший научный сотрудник кафедры «Теоретическая механика», аспирант, e-mail: politykokirill@yandex.ru

#### **Колодяжный Илья Алексеевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Транспортные машины и триботехника», аспирант,

### Information about the authors

#### **Kolesnikov Igor Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Head of Scientific Laboratory RSTU, Corresponding Member of RAS, Doctor of Engineering Sciences, e-mail: oooedt@rambler.ru

#### **Shapovalov Vladimir Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Transport Machines and Tribotechnics», Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: sha.vv@bk.ru

#### **Kovalenko Oleg Igorevich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Transport Machines and Tribotechnics», Postgraduate Student, e-mail: olegkovalenko2000@mail.ru

#### **Polityko Kirill Nikolayevich**

Rostov State Transport University (RSTU), Junior Researcher Chair «Theoretical Mechanics», Postgraduate Student, e-mail: politykokirill@yandex.ru

#### **Kolodyazhny Ilya Alekseevich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Transport Machines and Tribotechnics», Postgraduate Student, e-mail: 1nexus2mod@gmail.com

*В. В. Шаповалов, Т. Л. Саямова, С. Л. Горин, Д. А. Рябыш, О. И. Коваленко*

## **РАЗРАБОТКА ФРИКЦИОННОЙ МНОГОДИСКОВОЙ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ МУФТЫ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**Аннотация.** Представлена разработка новой фрикционной многодисковой соединительной муфты с тремя каскадами усиления взамен импортного аналога от машиностроительного концерна Voith. Первый и третий каскады представляют собой многодисковые муфты, работающие в масле, а второй – фрикционное усилительное звено (ФУЗ) в виде двух дисков и тел качения. Данный агрегат имеет электромагнитное управление, которое приводит его в работу. Установлено, что использование трех каскадов усиления повышает прочность соединения и снижает износ деталей. За счет применения многокаскадной системы затрачивается меньшее количество энергии на включение муфты. Ее конструкция с электромагнитным управлением обеспечивает надежное соединение агрегатов.

**Ключевые слова:** соединительная муфта, каскад усиления, электромагнит, коэффициент усиления, коэффициент трения.

**Для цитирования:** Разработка фрикционной многодисковой соединительной муфты для передвижных электростанций / В. В. Шаповалов, Т. Л. Саямова, С. Л. Горин [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 60–69. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_60.

*V. V. Shapovalov, T. L. Sayamova, S. L. Gorin, D. A. Ryabysh, O. I. Kovalenko*

## **DEVELOPMENT OF A FRICTION MULTI-DISC CONNECTING COUPLING FOR MOBILE POWER PLANTS**

**Abstract.** Couplings are of great importance for modern engineering. This paper describes the development of a new frictional multi-disc coupling with three amplification stages to replace the imported analog from Voith engineering concern. The first and third stages are multi-disc couplings operating in oil, and the second one is a friction reinforcement unit (FRU) in the form of two disks and rolling elements. This unit has an electromagnetic control that drives it. It has been established in the study that the use of three stages of amplification increases the strength of the connection and reduces wear of the parts. Due to the use of a multi-stage system, it is possible to use less energy to activate the coupling. Its design with electromagnetic control ensures reliable connection of the units.

**Keywords:** coupling, amplification stage, electromagnet, coefficient of amplification, friction coefficient.

**For citation:** Development of a friction multi-disc connecting coupling for mobile power plants / V. V. Shapovalov, T. L. Sayamova, S. L. Gorin [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 60–69. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_60.

### **Сведения об авторах**

**Шаповалов Владимир Владимирович**  
Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Проектирование и технология  
производства машин»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: sha.vv@bk.ru

**Саямова Татьяна Липаридовна**  
Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),

### **Information about the authors**

**Shapovalov Vladimir Vladimirovich**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Design and Technology of Production  
of Machines»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: sha.vv@bk.ru

**Sayamova Tatiana Liparidovna**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Descriptive Geometry and Graphics»,

кафедра «Начертательная геометрия и графика»,  
старший преподаватель,  
e-mail: tmt@rgups.ru

**Горин Станислав Леонидович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Проектирование и технология производства машин»,  
кандидат технических наук, доцент,  
профессор,  
e-mail: Gorinsl@mail.ru

**Рябыш Денис Алексеевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Физика»,  
ассистент,  
e-mail: fiz@rgups.ru

**Коваленко Олег Игоревич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Проектирование и технология производства машин»,  
аспирант,  
e-mail: olegkovalenko2000@mail.ru

Senior Lecturer,  
e-mail: tmt@rgups.ru

**Gorin Stanislav Leonidovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Design and Technology of Production of Machines»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: Gorinsl@mail.ru

**Ryabysh Denis Alekseevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Physics»,  
Assistant,  
e-mail: fiz@rgups.ru

**Kovalenko Oleg Igorevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Design and Technology of Production of Machines»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: olegkovalenko2000@mail.ru

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

УДК 504.064.36

DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_70

*А. Е. Колоденкова, С. С. Верецагина, Н. А. Тарутин*

### РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ГИБРИДНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОДСТАНЦИИ \*

**Аннотация.** Железнодорожный транспорт потребляет более 7 % энергии, вырабатываемой электростанциями РФ, которая расходуется как на тягу поездов, так и на питание нетяговых потребителей (депо, станций, мастерских, а также районных потребителей). Таким образом, электрическая подстанция (ЭП) должна обеспечивать надежное электропитание различных устройств железнодорожного транспорта и электроснабжение всех потребителей железнодорожного транспорта. В связи с этим возникает потребность в своевременном выявлении неисправностей в работе ЭП для обеспечения бесперебойного питания, а также предупреждения аварийных ситуаций. В настоящей работе приведена обобщенная схема мониторинга и идентификации неисправностей ЭП с использованием гибридной нейронной сети (ГНС). Схема представлена в нотации IDEF0 с подробным описанием выполняемых функций. Рассмотрен алгоритм предобработки данных для проверки четких и нечетких значений выбранных параметров, влияющих на работу ЭП. Предложена структура ГНС, которая основана на работе сверточной нейронной сети, извлекающей признаки и шаблоны значений параметров, а также рекуррентной нейронной сети, обрабатывающей четкие входные данные. Разработанная ГНС позволит сократить время обработки входных данных, своевременно получить оценку технического состояния ЭП в условиях разнородных данных, а также провести мероприятия, направленные на предупреждение выхода подстанции из строя.

---

\* Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-29-00415.

**Ключевые слова:** диагностические параметры, сверточная нейронная сеть, рекуррентная нейронная сеть, неисправности, электрическая подстанция.

**Для цитирования:** Колоденкова, А. Е. Разработка структуры гибридной нейронной сети для системы мониторинга и идентификации неисправностей электрической подстанции / А. Е. Колоденкова, С. С. Верещагина, Н. А. Тарутин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 70–79. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_70.

*A. E. Kolodenkova, S. S. Vereshchagina, N. A. Tarutin*

## **DEVELOPMENT OF A HYBRID NEURAL NETWORK STRUCTURE FOR THE SYSTEM OF MONITORING AND FAULT IDENTIFICATION OF ELECTRICAL SUBSTATION**

**Abstract.** Railway transport consumes more than 7 % of the energy generated by power plants in the Russian Federation, which is spent both on train traction and on power supply for non-traction consumers (depots, stations, workshops, and district consumers). Thus, an electrical substation (ES) must ensure reliable power supply for various devices of railway transport and power supply of all consumers of railway transport. In this regard, there is a need for timely detection of faults in the ES operation to ensure uninterrupted power supply, as well as to prevent emergency situations. This paper presents a generalized scheme for monitoring and identifying faults of the electrical substation using a hybrid neural network (HNN). The scheme is presented in IDEF0 notation with a detailed description of the functions performed. The algorithm of data preprocessing for verification of crisp and fuzzy values of selected parameters affecting the ES operation is considered. The authors propose the HNN structure based on the operation of a convolutional neural network that derives signs and templates of parameter values, as well as a recurrent neural network that processes crisp input data. The developed HNN will reduce the time for processing input data, obtain timely assessment of the technical condition of the electrical substation under conditions of heterogeneous data, as well as to take measures aimed at preventing substation failure.

**Keywords:** diagnostic parameters, convolutional neural network, recurrent neural network, faults, electrical substation.

**For citation:** Kolodenkova, A. E. Development of a hybrid neural network structure for the system of monitoring and fault identification of electrical substation / A. E. Kolodenkova, S. S. Vereshchagina, N. A. Tarutin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 70–79. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_70.

### **Сведения об авторах**

#### **Колоденкова Анна Евгеньевна**

Самарский государственный технический университет (СамГТУ),  
кафедра «Информатика и вычислительная техника»,  
доктор технических наук, доцент,  
профессор,  
e-mail: anna82\_42@mail.ru

#### **Верещагина Светлана Сергеевна**

Самарский государственный технический университет (СамГТУ),  
кафедра «Информатика и вычислительная техника»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: werechaginass@mail.ru

#### **Тарутин Никита Алексеевич**

Самарский государственный технический

### **Information about the authors**

#### **Kolodenkova Anna Evgenievna**

Samara State Engineering University,  
Chair «Computer Science and Engineering»,  
Doctor of Engineering Sciences,  
Associated Professor, Professor,  
e-mail: anna82\_42@mail.ru

#### **Vereshchagina Svetlana Sergeevna**

Samara State Engineering University,  
Chair «Computer Science and Engineering»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: werechaginass@mail.ru

#### **Tarutin Nikita Alekseevich**

Samara State Engineering University,

университет (СамГТУ)  
кафедра «Электроснабжение промышленных  
предприятий»  
аспирант,  
e-mail: nikitarutin@mail.ru

Chair «Power Supply for Industrial Enterprises»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: nikitarutin@mail.ru

## ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.331 : 621.311 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_80

*П. А. Логунова*

### ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ НА ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы определения расхода электроэнергии на нужды тяги для электрифицированных железных дорог постоянного тока, а также основные проблемы, с которыми связана сложность непосредственного измерения расхода электроэнергии на тягу поездов. В качестве метода, позволяющего решить поставленную задачу без необходимости установки на электроподвижной состав устройств ГЛОНАСС, предлагается метод, который основан на прямых измерениях токов и напряжений в нескольких точках тяговой сети. Представленный в статье алгоритм обработки этих данных позволяет определить все исходные величины, необходимые для расчетов расхода электроэнергии на тягу.

**Ключевые слова:** потери мощности, метод восстановления поездной ситуации, двухпутная вставка, расчет мгновенных схем.

**Для цитирования:** Логунова, П. А. Организация учета расхода электроэнергии на тягу поездов на тяговых подстанциях железных дорог постоянного тока / П. А. Логунова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 80–86. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_80.

*P. A. Logunova*

### ORGANIZATION OF ACCOUNTING OF ELECTRICITY CONSUMPTION FOR TRAIN TRACTION AT TRACTION SUBSTATIONS OF DC RAILWAYS

**Abstract.** The article considers the issues of determining the consumption of electricity for traction needs for electrified DC railways, as well as the main problems associated with the complexity of direct measurement of electricity consumption for train traction. As a method to solve this problem without the need to install GLONASS devices on an electric rolling stock, a method is proposed that is based on direct measurements of currents and voltages at several points of the traction network. The algorithm for processing these data presented in the article allows us to determine all the initial values necessary for calculating the consumption of electric power for traction.

**Keywords:** power loss, method of restoring the train situation, double-track insertion, calculation of instantaneous circuits.

**For citation:** Logunova, P. A. Organization of accounting of electricity consumption for train traction at traction substations of DC railways / P. A. Logunova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 80–86. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_80.

Сведения об авторах

Information about the authors

**Логунова Полина Александровна**  
Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретические основы  
электротехники»,  
старший преподаватель,  
e-mail: polina\_buteneva@mail.ru

**Logunova Polina Alexandrovna**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Foundations of Electrical  
Engineering»,  
Senior Lecturer,  
e-mail: polina\_buteneva@mail.ru

УДК 303.7

DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_87

*А. С. Маниковский, Д. А. Яковлев, А. Ю. Мухопад*

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**Аннотация.** Эффективное управление энергетическим комплексом железнодорожного транспорта требует оперативной обработки больших объемов информации, поступающих из автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии. Прогнозные оценки составляют базовую информацию для принятия решений о планировании электропотребления. Точность прогнозов потребления электроэнергии определяет эффективность управления энергетическим комплексом железнодорожного транспорта и обеспечивает экономию электроэнергии и снижение затрат на ее приобретение, поскольку правилами функционирования энергорынков установлена обязанность потребителей по точному планированию объемов электропотребления. Таким образом, актуальность работы заключается в повышении точности методов прогнозирования потребления электрической энергии с применением современных технологий обработки информации, предоставляющих диспетчерскому персоналу возможность выбора и реализации выданных системой эффективных алгоритмов планирования потребления электроэнергии, что позволит существенно улучшить качество управления электропотреблением электроустановок на железнодорожном транспорте.

**Ключевые слова:** прогнозирование электропотребления, управление электропотреблением, нейронная сеть, управляющий автомат, тяга поездов.

**Для цитирования:** Маниковский, А. С. Повышение точности методов прогнозирования электропотребления в системе управления электроснабжением железнодорожного транспорта / А. С. Маниковский, Д. А. Яковлев, А. Ю. Мухопад // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 87–93. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_87.

*A. S. Manikovsky, D. A. Yakovlev, A. Yu. Mukhopad*

## **IMPROVING THE ACCURACY OF METHODS FOR FORECASTING POWER CONSUMPTION IN THE RAILWAY POWER SUPPLY MANAGEMENT SYSTEM**

**Abstract.** Effective management of the energy complex of railway transport requires the prompt processing of large amounts of information coming from an automated commercial electricity metering system. Forward-looking estimates provide basic information for decision-making on power consumption planning. The accuracy of forecasts of electricity consumption determines the efficiency of managing the energy complex of railway transport, as well as ensures savings of electric energy and reduction of costs for its purchase, since the rules of operation of energy markets establish the obligation of consumers to accurately plan the volume of electricity consumption. Thus, the relevance of the work lies in improving the accuracy of methods for predicting electric energy consumption using modern information processing technologies, which provide dispatching personnel with the opportunity to select and implement effective algorithms for planning electricity consumption issued by the system, which will significantly improve

the quality of power consumption management of electrical installations in railway transport.

**Keywords:** power consumption forecasting, power consumption management, neural network, control automaton, train traction.

**For citation:** Manikovsky, A. S. Improving the accuracy of methods for forecasting power consumption in the railway power supply management system / A. S. Manikovsky, D. A. Yakovlev, A. Yu. Mukhopad // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 87–93. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_87.

#### Сведения об авторах

##### **Маниковский Андрей Сергеевич**

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ЗабИЖТ ИрГУПС), кафедра «Электроснабжение», старший преподаватель, e-mail: andrey-18@mail.ru

##### **Яковлев Дмитрий Александрович**

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ЗабИЖТ ИрГУПС), кафедра «Электроснабжение», кандидат технических наук, доцент, e-mail: d5028280@mail.ru

##### **Мухопад Александр Юрьевич**

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС), кафедра «Автоматизация производственных процессов», доктор технических наук, профессор, e-mail: jcmg@mail.ru

#### Information about the authors

##### **Manikovsky Andrey Sergeevich**

Zabaikalsk Rail Transport Institute, Branch of Irkutsk State Transport University (ZRTI IrSTU), Chair «Power Supply», Senior Lecturer, e-mail: andrey-18@mail.ru

##### **Yakovlev Dmitriy Aleksandrovich**

Zabaikalsk Rail Transport Institute, Branch of Irkutsk State Transport University (ZRTI IrSTU), Chair «Power Supply», Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: d5028280@mail.ru

##### **Mukhopad Aleksandr Yurievich**

Irkutsk State Transport University (IrSTU), Chair «Automation of Production Processes», Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: jcmg@mail.ru

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

УДК 519.873

DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_94

*В. А. Гончаренко, А. Д. Хомоненко, Р. Абу Хасан, С. Г. Ермаков, В. А. Ходаковский*

### **К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ И УПРАВЛЕНИЮ КОНФИГУРАЦИЕЙ RAID-МАССИВОВ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА**

**Аннотация.** Цель исследования заключается в разработке методики оценки надежности систем хранения данных, использующих RAID-массивы, на основе математического аппарата нечеткого вывода. Методика позволяет учитывать различные аспекты надежности, в том числе восстанавливаемость и резервируемость, а также адаптироваться к неопределенностям данных, что делает подход гибким и точным. Научная новизна работы состоит в применении нечеткого вывода для оценки надежности систем с RAID-массивами. В отличие от классических методов, предлагаемый подход позволяет учитывать неопределенности, опираясь на экспертные знания и лингвистические переменные. Практическая значимость исследования определяется программной реализацией

метода оценки надежности и управления конфигурацией систем, использующих RAID-системы, что способствует снижению вероятности отказов и потери данных. Основным результатом работы является успешная реализация алгоритма оценки надежности с использованием нечеткой логики в среде MATLAB, демонстрирующая возможность точной оценки уровня надежности и управления конфигурацией информационных систем с RAID-массивами с учетом неопределенности параметров и реальных условий эксплуатации.

**Ключевые слова:** оценка уровня надежности, система хранения данных, RAID-массивы, зеркалирование накопителей, нечеткая логика, неопределенность, информационная система, управление конфигурацией.

**Для цитирования:** К оценке уровня надежности и управлению конфигурацией RAID-массивов системы хранения данных на основе нечеткого вывода / В. А. Гончаренко, А. Д. Хомоненко, Р. Абу Хасан [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 94–106. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_94.

*V. A. Goncharenko, A. D. Khomonenko, R. Abu Khasan, S. G. Ermakov, V. A. Khodakovsky*

## **TOWARDS ASSESSING THE RELIABILITY LEVEL AND MANAGING THE CONFIGURATION OF RAID ARRAYS OF A DATA STORAGE SYSTEM BASED ON FUZZY INFERENCE**

**Abstract.** The purpose of the study is to develop a methodology for assessing the reliability of data storage systems using RAID arrays based on the mathematical apparatus of fuzzy inference. The methodology allows taking into account various aspects of reliability, including recoverability and redundancy, as well as adapting to data uncertainties, which makes the approach flexible and accurate. The scientific novelty of the work lies in the use of fuzzy inference to assess the reliability of systems with RAID arrays. Unlike classical methods, the proposed approach allows taking into account uncertainties based on expert knowledge and linguistic variables. The practical significance of the study is determined by the software implementation of the method for assessing the reliability and managing the configuration of systems using RAID systems, which helps to reduce the likelihood of failures and data loss. The main result of the work is the successful implementation of a reliability assessment algorithm using fuzzy logic in the MATLAB environment, demonstrating the possibility of accurately assessing the reliability level and managing the configuration of information systems with RAID arrays, taking into account the uncertainty of parameters and real operating conditions.

**Keywords:** reliability level assessment, data storage system, RAID arrays, drive mirroring, fuzzy logic, uncertainty, information system, configuration management.

**For citation:** Towards assessing the reliability level and managing the configuration of RAID arrays of a data storage system based on fuzzy inference / V. A. Goncharenko, A. D. Khomonenko, R. Abu Khasan [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 94–106. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_94.

### **Сведения об авторах**

#### **Гончаренко Владимир Анатольевич**

Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского (ВКА), кафедра информационно-вычислительных систем и сетей,

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС), кафедра «Информационные и вычислительные системы»,

### **Information about the authors**

#### **Goncharenko Vladimir Anatolievich**

A. F. Mozhaisky Military Space Academy, Chair of Information and Computing Systems and Networks,

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Chair «Information and Computing Systems», Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: Vlango@mail.ru

кандидат технических наук, доцент,  
e-mail : Vlango@mail.ru

**Хомоненко Анатолий Дмитриевич**

Военно-космическая академия  
имени А. Ф. Можайского (ВКА),  
кафедра математического и программного  
обеспечения,

Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I  
(ПГУПС),  
кафедра «Информационные  
и вычислительные системы»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: Khomon@mail.ru

**Абу Хасан Рахёб**

Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I  
(ПГУПС),  
кафедра «Информационные  
и вычислительные системы»,  
аспирант,  
e-mail: Ragheb1997@yandex.ru

**Ермаков Сергей Геннадьевич**

Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I  
(ПГУПС),  
кафедра «Информационные  
и вычислительные системы»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: Ermakov@pgups.ru

**Ходаковский Валентин Аветикович**

Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I  
(ПГУПС),  
кафедра «Информатика и информационная  
безопасность»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: Hva1104@mail.ru

**Khomonenko Anatoly Dmitrievich**

A. F. Mozhaisky Military Space Academy,  
Chair of Mathematical and Software Engineering,

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport  
University,  
Chair «Information and Computing Systems»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: Khomon@mail.ru

**Abu Khasan Rakheb**

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport  
University,  
Chair «Information and Computing Systems»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: Ragheb1997@yandex.ru

**Ermakov Sergey Gennadievich**

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport  
University,  
Chair «Information and Computing Systems»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: Ermakov@pgups.ru

**Khodakovsky Valentin Avetikovich**

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport  
University,  
Chair «Computer Science and Information  
Security»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: Hva1104@mail.ru

УДК 001 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_107

*С. М. Ковалев, М. А. Бутакова, А. Н. Гуда, И. А. Ольгейзер, А. В. Суханов*

### **ОБЗОР ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИИ ПТИ'24**

**Аннотация.** Приводится краткое реферирование наиболее интересных докладов 8-й Международной научной конференции «Интеллектуальные информационные технологии в технике и на производстве» (ПТИ'24), организованной ФГБОУ ВО РГУПС, АО «НИИАС» и Харбинским политехническим университетом (Китай) при поддержке Российской ассоциации искусственного интеллекта, которая проходила в период с 1 по 7 ноября 2024 г. в Китае (гг. Шанхай и Харбин). Открытие конференции ПТИ'24 состоялось в г. Шанхай в рамках Международного форума по обмену опытом СIER 2024 по приглашению Министерства трудовых ресурсов и социального обеспечения Китая, в котором приняли очное участие свыше 2000 ученых из более чем 120 стран.

Целью ПТИ'24 являлся обмен передовым опытом в области фундаментальных и прикладных исследований в сфере искусственного интеллекта, информационных технологий и автоматизации, а также развитие международных контактов. Особое

внимание было уделено передовым интеллектуальным технологиям и их применению в различных областях промышленности, в том числе на железнодорожном транспорте.

**Ключевые слова:** интеллектуальные информационные технологии, искусственный интеллект, интеллектуализация промышленности, Индустрия 4.0.

**Для цитирования:** Обзор трудов конференции ИТИ'24 / С. М. Ковалев, М. А. Бутакова, А. Н. Гуда [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 107–133. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_107.

*S. M. Kovalev, M. A. Butakova, A. N. Guda, I. A. Olgezyer, A. V. Sukhanov*

## REVIEW OF THE PROCEEDINGS OF THE ИТИ'24 CONFERENCE

**Abstract.** This article provides a brief summary of the most interesting reports of the 8th International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies in Engineering and Production” (ИТИ'24), organized by the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education RSTU, JSC “NIIAS” and Harbin Polytechnic University (China) with the support of the Russian Association of Artificial Intelligence, which was held from November 1 to 7, 2024 in China (Shanghai and Harbin). The opening of the ИТИ'24 conference took place in Shanghai, as part of the CIEP 2024 International Experience Exchange Forum at the invitation of the Ministry of Human Resources and Social Security of China, which was attended by over 2,000 scientists from more than 120 countries.

The aim of ИТИ'24 was to share the best practices in fundamental and applied research in the field of artificial intelligence, information technology and automation, as well as to develop international contacts. Particular attention was paid to advanced intelligent technologies and their use in various fields of industry, including railway transport.

**Keywords:** intelligent information technologies, artificial intelligence, industrial intellectualization, Industry 4.0.

**For citation:** Review of the proceedings of the ИТИ'24 conference / S. M. Kovalev, M. A. Butakova, A. N. Guda [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 107–133. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_107.

### Сведения об авторах

#### **Ковалев Сергей Михайлович**

Ростовский филиал АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (РостФ НИИАС),  
научный руководитель

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: ksm@rfniias.ru

#### **Бутакова Мария Александровна**

Ростовский филиал АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (РостФ НИИАС),

### Information about the authors

#### **Kovalev Sergey Mikhailovich**

Rostov branch of JSC «Scientific Research and Design Institute of Information, Automation and Communications in Railway Transport» (RostF NIIAS),  
Scientific Supervisor

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Automation and Telemechanics in Railway Transport»,  
Doctor of Engineering Sciences,  
Professor,  
e-mail: ksm@rfniias.ru

#### **Butakova Maria Aleksandrovna**

Rostov branch of JSC «Scientific Research and Design Institute of Informatization, Automation and Communications in Railway Transport» (RostF NIIAS),  
Chief Researcher

главный научный сотрудник

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Информатика»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: m.butakova@vniias.ru

**Гуда Александр Николаевич**  
Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Информатика»,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой, проректор  
по научной работе,  
e-mail: guda@rgups.ru

**Ольгейзер Иван Александрович**  
Ростовский филиал АО «Научно-  
исследовательский и проектно-конструкторский  
институт информатизации, автоматизации и  
связи  
на железнодорожном транспорте»  
(РостФ НИИАС),  
первый заместитель директора филиала

Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),  
кафедра «Вычислительная техника  
и автоматизированные системы управления»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: olgeyzer@rfniias.ru

**Суханов Андрей Валерьевич**  
Ростовский филиал АО «Научно-  
исследовательский и проектно-конструкторский  
институт информатизации, автоматизации и  
связи  
на железнодорожном транспорте»  
(РостФ НИИАС),  
заместитель начальника отделения  
интеллектуальных информационных технологий  
цифровой станции

Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),  
кафедра «Вычислительная техника  
и автоматизированные системы управления»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: a.suhanov@vniias.ru

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Computer Science»,  
Doctor of Engineering Sciences,  
Professor,  
e-mail: m.butakova@vniias.ru

**Guda Alexander Nikolayevich**  
Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Computer Science»,  
Doctor of Engineering Sciences,  
Professor  
Head of the Chair, Vice Rector  
for Scientific Research,  
e-mail: guda@rgups.ru

**Olgeyzer Ivan Alexandrovich**  
Rostov branch of JSC «Scientific Research  
and Design Institute of Informatization, Au-  
tomation and Communications in Railway  
Transport»  
(RostF NIAS)  
First Deputy Director of the Branch

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Computer Engineering and Automated  
Control Systems»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: olgeyzer@rfniias.ru

**Sukhanov Andrey Valeryevich**  
Rostov branch of JSC «Scientific Research  
and Design Institute of Informatization,  
Au-tomation and Communications in Railway  
Transport»  
Deputy Head of the Department  
of Intelligent Information Technologies  
of the Digital Station

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Computer Engineering and Automated  
Control Systems»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
email: a.suhanov@vniias.ru

УДК 004.42

DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_134

*И. Н. Пугачев, В. С. Тормозов*

## **РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ОСНОВАННОЙ НА ТЕХНОЛОГИЯХ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ И МЕТОДАХ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА**

**Аннотация.** В данной статье представлена система мониторинга дорожного движения, основанная на принципах машинного зрения. В основе системы лежат

простые веб-камеры, установленные над дорожным полотном, которые фиксируют изображения транспортных средств. Далее, с применением алгоритмов обработки изображений и методов машинного обучения, система осуществляет определение количества и классификацию транспортных средств на дороге.

Система включает в себя несколько ключевых модулей: модуль вычитания фона, модуль сегментации переднего плана, модуль получения контуров, модуль обучения и классификации контуров, модуль выделения свойств и модуль кластеризации. Каждый из этих модулей выполняет специфические функции, направленные на обеспечение точного и надежного обнаружения транспортных средств. Система была протестирована на изображениях дорожного движения. Результаты тестирования подтверждают способность системы адаптироваться к различным условиям и сценариям, что является критически важным для систем видеонаблюдения и управления дорожным движением.

В статье также обсуждаются перспективы дальнейшего развития системы, включая возможность использования более сложных архитектур нейронных сетей и интеграции с другими системами.

**Ключевые слова:** мониторинг дорожного движения, машинное зрение, обработка изображений, машинное обучение, классификация транспортных средств.

**Для цитирования:** Пугачев, И. Н. Разработка и анализ системы мониторинга дорожного движения, основанной на технологиях машинного зрения и методах кластерного анализа / И. Н. Пугачев, В. С. Тормозов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 134–145. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_134.

*I. N. Pugachev, V. S. Tormozov*

## **DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF A ROAD TRAFFIC MONITORING SYSTEM BASED ON MACHINE VISION TECHNOLOGIES AND CLUSTER ANALYSIS METHODS**

**Abstract.** This article presents a traffic monitoring system based on the principles of machine vision. The system is based on simple webcams mounted above the roadbed that capture images of vehicles. Further, using image processing algorithms and machine learning methods, the system determines the number and classification of vehicles on the road. The system includes several key modules: a background subtraction module, a foreground segmentation module, a contour acquisition module, a contour training and classification module, a property allocation module and a clustering module. Each of these modules performs specific functions aimed at ensuring accurate and reliable vehicle detection. The system has been tested on traffic images. The test results confirm the system's ability to adapt to various conditions and scenarios, which is critically important for video surveillance and traffic management systems. The article also discusses the prospects for further development of the system, including the possibility of using more complex neural network architectures and integration with other systems.

**Keywords:** traffic monitoring, machine vision, image processing, machine learning, vehicle classification.

**For citation:** Pugachev, I. N. Development and analysis of a road traffic monitoring system based on machine vision technologies and cluster analysis methods / I. N. Pugachev, V. S. Tormozov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 134–145. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_134.

### **Сведения об авторах**

**Пугачев Игорь Николаевич**  
Хабаровский Федеральный  
исследовательский центр Дальневосточного  
отделения Российской академии наук  
(ХФИЦ ДВО РАН),  
заместитель директора по научной работе,

### **Information about the authors**

**Pugachev Igor Nikolaevich**  
Khabarovsk Federal Research Center  
Far Eastern Branch of the Russian Academy  
of Sciences (KhRC FEB RAS),  
Deputy Director for Research,

Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС), кафедра «Изыскания и проектирования железных и автомобильных дорог», доктор технических наук, профессор, e-mail: ipugachev64@mail.ru

**Тормозов Владимир Сергеевич**  
Тихоокеанский государственный университет, кандидат технических наук, доцент высшей школы кибернетики и цифровых технологий, e-mail: 007465@pnu.edu.ru

Far Eastern State Transport University (FESTU), Chair «Surveying and Design of Railways and Highways», Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: ipugachev64@mail.ru

**Tormozov Vladimir Sergeevich**  
Pacific National University, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Higher School of Cybernetics and Digital Technologies, e-mail: 007465@pnu.edu.ru

## УПРАВЛЕНИЕ И ЛОГИСТИКА НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 338.001.36

DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_146

*В. Д. Верескун, В. С. Воробьев, Н. Ю. Купреева, И. Б. Репина*

### ФОРМИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО РЕГИОНА РФ

**Аннотация.** Обоснованы организационно-технологические решения по развитию транспортной сети Северо-Восточного региона индустриального освоения РФ. Дана характеристика Верхне-Ленского ТПК: нефтедобывающего комплекса, производства минеральных удобрений, лесопромышленного комплекса и др. Приведены результаты проектных изысканий по формированию основных направлений железнодорожной линии Усть-Кут – Киренск – Непа – Верхнечонский центральный пункт сбора (ЦПС) нефти. Проанализированы Бамовско-Ульканский, Бамовско-Киренчский и Бамовско-Макаровский варианты, Тунгусское и Калининское направление, а также Ярактинский вариант. Сделан вывод, что Северо-Сибирская магистраль как основа Северного транспортного коридора станет второй после Транссибирской магистрали артерией в пределах Ближнего Севера, соединяющей Азиатскую и Европейскую части страны.

**Ключевые слова:** стратегия, транспортная сеть, железнодорожная линия, модернизация, территориально-производственный комплекс, ресурсы, изыскания, логистика.

**Для цитирования:** Формирование развития транспортной сети Северо-Восточного региона РФ / В. Д. Верескун, В. С. Воробьев, Н. Ю. Купреева, И. Б. Репина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 146–152. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_146.

*V. D. Vereskun, V. S. Vorobyov, N. Yu. Kupreeva, I. B. Repina*

### FORMATION OF THE DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT NETWORK OF THE NORTH-EASTERN REGION OF THE RF

**Abstract.** The article substantiates organizational and technological solutions for the development of the transport network of the North-Eastern region of industrial development of the Russian Federation. The characteristics of the Verkhne-Lensky TPK are given: oil producing complex, mineral fertilizers production, timber industry complex, etc. The results of design surveys for the formation of the main directions of the railroad line Ust-Kut - Kirensk - Nepa - Verkhnechonsky Central Collection Point (CPS) of oil are given. Bamovsko-Ulkansky, Bamovsko-Kirenchsky and Bamovsko-Makarovsky variants, Tunguska and Kalininsky directions, as well as Yarakinsky variant are analyzed. It is concluded that the North Siberian Railway as the basis of the Northern Transport Corridor will become the second artery within the Near North after the Trans-Siberian Railway, connecting the Asian and European parts of the country.

**Keywords:** strategy, transport network, railway line, modernization, territorial-production complex, resources, surveys, logistics.

**For citation:** Formation of the development of the transport network of the North-Eastern region of the RF / V. D. Vereskun, V. S. Vorobyov, N. Yu. Kupreeva, I. B. Repina // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 146–152. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_146.

#### **Сведения об авторах**

##### **Верескун Владимир Дмитриевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретическая механика»,  
доктор технических наук, профессор, ректор,  
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,  
e-mail: vorobjev@stu.ru

##### **Купреева Наталья Юрьевна**

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),  
кафедра «Экономической теории и антикризисного управления»,  
старший преподаватель,  
e-mail: super.nat1008@yandex.ru

##### **Репина Ирина Борисовна**

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),  
кафедра «Инженерная геодезия»,  
кандидат технических наук, доцент,  
ведущий документовед кафедры,  
e-mail: Repinaib76@mail.ru

#### **Information about the authors**

##### **Vereskun Vladimir Dmitrievich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Mechanics»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Rector of the University,  
e-mail: vvd@rgups.ru

##### **Vorobyov Valery Stepanovich**

Siberian State Transport University (STU),  
Chair «Technology, Organization and Economics of Construction»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Head of Chair,  
e-mail: vorobjev@stu.ru

##### **Kupreeva Natalya Yuryevna**

Siberian State Transport University (STU),  
Chair «Economic Theory and Crisis Management»,  
Senior Lecturer,  
e-mail: super.nat1008@yandex.ru

##### **Repina Irina Borisovna**

Siberian State Transport University (STU),  
Chair «Engineering Geodesy»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor, Leading Documentation Specialist of the Chair,  
e-mail: Repinaib76@mail.ru

УДК УДК 656.078.1

DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_153

*В. Д. Верескун, А. Н. Гуда, Э. А. Мамаев*

### **МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ И НАДЕЖНОСТЬЮ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТАВОК**

**Аннотация.** Рассматриваются методические подходы к обеспечению надежности и снижению рисков в реализации транспортно-логистических цепей поставок. Проведен анализ концептуальных подходов к оценке и управлению рисками, классификации и учета рисков, направлений повышения надежности реализации транспортно-логистических цепей как многоагентных систем. Рассмотрены разные подходы к формализованному представлению моделей надежности транспортно-логистических цепей, статистические и динамические аспекты управления рисками, модели привлечения инвестиций для повышения надежности транспортно-логистических цепей с учетом экономической привлекательности для агентов и фокусной компании в цепи. Показаны направления обеспечения надежности и снижения рисков в условиях стохастичности поведения агентов, возможностей резервирования сегментов логистических цепей, вариативности рынка – наличия монополии, олигополии и конкурентного рынка.

**Ключевые слова:** транспортно-логистическая цепь поставок, логистика и транспортировка, моделирование, оптимальность решений, управление рисками, надежность цепи поставок.

**Для цитирования:** Верескун, В. Д. Методы управления рисками и надежностью в транспортно-логистических цепях поставок / В. Д. Верескун, А. Н. Гуда, Э. А. Мамаев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 153–160. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_153.

*V. D. Vereskun, A. N. Guda, E. A. Mamaev*

## **RISK AND RELIABILITY MANAGEMENT METHODS IN TRANSPORT AND LOGISTICS SUPPLY CHAINS**

**Abstract.** The article considers methodological approaches to ensuring reliability and reducing risks in the implementation of transport and logistics supply chains. The article analyzes conceptual approaches to risk assessment and management, risk classification and accounting, and directions for increasing the reliability of transport and logistics chains as multi-agent systems. The article considers different approaches to the formalized representation of reliability models of transport and logistics chains, statistical and dynamic aspects of risk management, and investment attraction models for increasing the reliability of transport and logistics chains as well as statistical and dynamic aspects of risk management, and investment attraction models for increasing the reliability of transport and logistics chains, taking into account the economic attractiveness for agents and the focal company in the chain. The article shows the directions for ensuring reliability and reducing risks in the context of stochastic behavior of agents, the possibility of reserving segments of logistics chains and market variability – the presence of a monopoly, oligopoly and a competitive market.

**Keywords:** transport and logistics supply chain, logistics and transportation, modeling, optimality of solutions, risk management, reliability of supply chain.

**For citation:** Vereskun, V. D. Risk and reliability management methods in transport and logistics supply chains / V. D. Vereskun, A. N. Guda, E. A. Mamaev // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 153–160. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_153.

### **Сведения об авторах**

#### **Верескун Владимир Дмитриевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретическая механика»,  
доктор технических наук, профессор, ректор,  
e-mail: vvd@rgups.ru

#### **Гуда Александр Николаевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Информатика»,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой, проректор по научной работе,  
e-mail: guda@rgups.ru

#### **Мамаев Энвер Агапашаевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Логистика и управление транспортными системами»,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой,  
e-mail: mamaev\_enver@mail.ru

### **Information about the authors**

#### **Vereskun Vladimir Dmitrievich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Mechanics»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Rector of the University,  
e-mail: vvd@rgups.ru

#### **Guda Alexander Nikolayevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Computer Science»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Head of the Chair, Vice Rector for Scientific Research,  
e-mail: guda@rgups.ru

#### **Mamaev Enver Agapashaevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Logistics and Management of Transport Systems»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Head of the Chair,  
e-mail: mamaev\_enver@mail.ru

*К. Е. Ковалев, А. В. Новичихин*

## **ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛОИНТЕНСИВНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ**

**Аннотация.** Оценка риска эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий позволяет выявлять и существенно снижать потенциальные затруднения в их работе. В статье предложен инструмент оценки рисков мероприятий для повышения эффективности эксплуатации малоинтенсивных линий, включающий в себя механизм контроля показателей работы подобных линий. Предлагаемый механизм контроля показателей основан на наборе технических, технологических и экономических показателей, которые являются случайными величинами с заданными средними значениями и ковариационной матрицей, учитывающей корреляции между показателями и сезонной неравномерностью. Разработан комплекс вариантов эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий (МИЛ), учитывающий изменение показателей для выбора эффективных направлений при заданных начальных условиях. Представлены результаты моделирования оценки вероятности возникновения альтернативных вариантов с использованием метода Монте-Карло для вероятностного распределения рисков и их совокупного воздействия на показатели. Дана количественная и качественная оценка возможных вариантов эксплуатации МИЛ при изменении ее финансового результата.

**Ключевые слова:** управление процессами перевозки, малоинтенсивные линии, потребная пропускная способность, наличная пропускная способность, железнодорожный транспорт, оценка рисков.

**Для цитирования:** Ковалев, К. Е. Оценка рисков при эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий / К. Е. Ковалев, А. В. Новичихин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 161–172. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_161.

*К. Е. Kovalev, A. V. Novichikhin*

## **RISK ASSESSMENT IN THE OPERATION OF LOW-INTENSIVE RAILWAY LINES**

**Abstract.** Risk assessment of low-intensity railway lines operation allows identifying and significantly reducing potential difficulties in line operation. The article proposes a risk assessment tool for measures to improve the efficiency of low-intensity lines operation, which includes a mechanism for monitoring line performance indicators. The proposed mechanism for monitoring indicators is based on a set of technical, technological and economic indicators, which are random variables with specified average values and a covariance matrix that takes into account correlations between indicators and seasonal unevenness. A set of options for operating low-intensity railway lines (LIL) has been developed, taking into account changes in indicators for selecting effective directions under specified initial conditions. The article presents the results of modeling the assessment of the probability of alternative options using the Monte Carlo method for the probabilistic distribution of risks and their combined impact on indicators. A quantitative and qualitative assessment of possible options for LIL operation is given when its financial result changes.

**Keywords:** transportation process management, low-intensity lines, required capacity, available capacity, rail transport, risk assessment.

**For citation:** Kovalev, K. E. Risk assessment in the operation of low-intensity railway lines / K. E. Kovalev, A. V. Novichikhin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No 4. – P. 161–172. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_161.

**Ковалев Константин Евгеньевич**  
Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора  
Александра I (ПГУПС),  
кафедра «Логистика и коммерческая работа»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: kovale\_kostia@mail.ru

**Новичихин Алексей Викторович**  
Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора  
Александра I (ПГУПС),  
кафедра «Логистика и коммерческая работа»,  
доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой,  
e-mail: novitchihin@bk.ru

**Kovalev Konstantin Evgenievich**  
Emperor Alexander I St. Petersburg State  
Transport University (PGUPS),  
Chair «Logistics and Commercial Work»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: kovale\_kostia@mail.ru

**Novichikhin Aleksey Viktorovich**  
Emperor Alexander I St. Petersburg State  
Transport University (PGUPS),  
Chair «Logistics and Commercial Work»,  
Doctor of Engineering Sciences,  
Associate Professor, Head of Chair,  
e-mail: novitchihin@bk.ru

УДК 656.07 + 06

DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_173

*С. М. Наурузбаев*

### **К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА НАПРАВЛЕНИЯХ КОРИДОРА «СЕВЕР – ЮГ»**

**Аннотация.** Выполнена оценка оптимального использования пропускной способности альтернативных маршрутов следования, входящих в состав транспортного коридора «Север – Юг». Представлена блок-схема распределения грузопотока, принятия решений о развитии инфраструктуры и освоении грузопотока для эффективного управления транспортными потоками на направлении коридора «Север – Юг». Основным критерием принятия решений является пропускная способность, рассчитываемая по методике, применяемой в открытом акционерном обществе «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»), учитывающей дополнительные резервы пропускной способности. Для разгрузки основного направления коридора «Север – Юг» и формирования сети альтернативных маршрутов следования в транспортном коридоре для обеспечения гарантированных перевозок на случай форс-мажорных обстоятельств рассмотрена возможность распределения грузопотока по параллельным ходам, организации тяжеловесного движения, внедрения автоматической локомотивной сигнализации (АЛСО) с подвижными блок-участками, строительство двухпутной вставки и второго пути. Принимаются решения о необходимости ввода мероприятия по повышению пропускной способности и организации пропуска всех поездов по основному направлению коридора «Север – Юг». Данная методика предполагает ввод исходных данных. Сложность заключается в необходимости учитывать пропускные способности не одного маршрута, а совокупность нескольких параллельных маршрутов при решении данной задачи.

**Ключевые слова:** критерии, анализ, оценка, пропускная способность, транспортный коридор, блок-схема, распределение грузопотока, транспортные расходы.

**Для цитирования:** Наурузбаев, С. М. К вопросу оптимизации принятия решения об организации продвижения транспортных потоков на направлениях коридора «Север – Юг» / С. М. Наурузбаев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 173–183. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_173.

*S. M. Nauruzbaev*

### **TO THE QUESTION OF OPTIMIZING DECISION-MAKING ON ORGANIZING THE PROMOTION OF TRANSPORT FLOWS IN THE DIRECTIONS OF THE “NORTH – SOUTH” CORRIDOR**

**Abstract.** The article provides an assessment of the optimal use of the capacity of alternative routes within the “North-South” transport corridor. It presents a flow chart of freight flow distribution, decision-making on infrastructure development and freight flow development for efficient management of transport flows in the “North-South” corridor direction. The main criterion for decision-making is the capacity calculated using the methodology used by “Russian Railways” (JSC RZD), which takes into account additional reserves of capacity. In order to relieve the main direction of the North-South corridor and form a network of alternative routes within the transport corridor to ensure guaranteed transportation in case of force majeure, the possibility of distributing freight traffic along parallel routes, organizing heavy-haul traffic, introducing automatic locomotive signaling (ALSO) with movable block sections, building a double-track insert and a second track is considered. Decisions are made on the need to introduce measures to increase throughput and to organize the passage of all trains along the main direction of the North-South corridor. This methodology assumes the input of initial data. The difficulty lies in the need to consider the throughput of not one route, but a set of several parallel routes when solving this problem.

**Keywords:** criteria, analysis, assessment, capacity, transport corridor, flow chart, distribution of freight flow, transport costs.

**For citation:** Nauruzbaev, S. M. To the question of optimizing decision-making on organizing the promotion of transport flows in the directions of the “North – South” corridor / S. M. Nauruzbaev // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 173–183. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_173.

#### **Сведения об авторах**

##### **Наурузбаев Сабир Мансурович**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной  
работой»,  
аспирант,  
e-mail: sabir.nauruzbayev@mail.ru

#### **Information about the authors**

##### **Nauruzbaev Sabir Mansurovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Management of Operational Work»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: sabir.nauruzbayev@mail.ru

УДК 656.02

DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_184

*Е. А. Середов*

### **ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ С ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ДЛЯ ЛИЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

**Аннотация.** Рассмотрено исследование перевозок пассажиров с транспортными средствами для личного пользования железнодорожным транспортом. Отличительная черта таких перевозок заключается в том, что транспортные средства для личного пользования не могут быть загружены в вагоны с платформ, предназначенных для посадки и высадки пассажиров. Погрузка таких транспортных средств в железнодорожный подвижной состав должна осуществляться на станциях, оборудованных специальными погрузочными устройствами и расположенных в близости от автомобильных дорог и вокзального комплекса. Создание подходящих условий для совершенствования перевозок пассажиров с транспортными средствами для личного пользования железнодорожным транспортом повлечет за собой привлечение дополнительного пассажиропотока на железнодорожный транспорт. Такие перевозки особенно будут удобны для тех пассажиров, кто предпочитает исследовать новые места и не зависеть от общественного транспорта на удаленном расстоянии от мест постоянного пребывания. В работе представлены схемы погрузки и разгрузки вагонов через боковую, а также торцовую рампы на попутных станциях при движении транспортных средств для личного пользования передним ходом.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, транспортные средства, способы погрузки транспортных средств, схема станции, схемы погрузки и разгрузки вагонов.

Для цитирования: Середов, Е. А. Особенности перевозок пассажиров с транспортными средствами для личного пользования железнодорожным транспортом / Е. А. Середов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 184–191. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_184.

*E. A. Seredov*

## FEATURES OF PASSENGER TRANSPORTATION WITH VEHICLES FOR PERSONAL USE BY RAIL

**Abstract.** The article examines the study of passenger transportation with vehicles for personal use by rail. A distinctive feature of such transportation is that vehicles for personal use cannot be loaded into wagons from platforms designed for boarding and disembarking passengers. Loading of such vehicles into railway rolling stock should be carried out at stations equipped with special loading devices and located in the vicinity of highways and the station complex. The creation of suitable conditions for improving the transportation of passengers with vehicles for personal use by rail will entail attracting additional passenger traffic to rail transport. Such transportation will be especially convenient for those passengers who prefer to explore new places and not depend on public transport at a remote distance from their places of permanent residence. The paper presents schemes for loading and unloading wagons through the side and end ramps at passing stations when vehicles for personal use are moving in front.

**Keywords:** railway transport, vehicles, methods of loading vehicles, station layout, schemes for loading and unloading wagons.

**For citation:** Seredov, E. A. Features of passenger transportation with vehicles for personal use by rail / E. A. Seredov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 184–191. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_184.

### Сведения об авторах

**Середов Евгений Александрович**  
Российский университет транспорта  
(МИИТ),  
кафедра «Железнодорожные станции и  
транспортные узлы»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: evgeniy.seredov@mail.ru

### Information about the authors

**Seredov Evgeniy Alexandrovich**  
Russian University of Transport (MIIT),  
Chair «Railway Stations and Transport Hubs»,  
Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: evgeniy.seredov@mail.ru

## ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

УДК. 629.463.62

DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_192

*Д. Г. Бейн, Л. В. Цыганская, Н. А. Таничева, Т. М. Чернова*

## О НЕДОИСПОЛЬЗОВАНИИ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ВАГОНОВ-ПЛАТФОРМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЪЕМНЫХ МНОГООБОРОТНЫХ СРЕДСТВ КРЕПЛЕНИЯ ГРУЗОВ

**Аннотация.** Рассмотрен вопрос повышения эффективности использования универсальных вагонов-платформ при перевозке грузов с применением съемных многооборотных средств крепления грузов (МС). Приведен обзор серийных универсальных вагонов-платформ и анализ использования их грузоподъемности при применении МС. Отмечено значительное занижение допускаемой эксплуатационной нагрузки на стоечную скобу универсального вагона-платформы по сравнению с расчетными значениями, что приводит к недоиспользованию грузоподъемности вагонов-платформ при перевозке грузов с применением МС для размещения и крепления грузов. Отдельные результаты исследований использованы

при разработке схем размещения и крепления грузов для местных технических условий размещения и крепления лесоматериалов.

**Ключевые слова:** съемное оборудование, многооборотное оборудование, крепление груза, вагоны-платформы, технические условия погрузки, стоечные скобы, местные технические условия.

**Для цитирования:** О недоиспользовании грузоподъемности универсальных вагонов-платформ при использовании съемных многооборотных средств крепления грузов / Д. Г. Бейн, Л. В. Цыганская, Н. А. Таничева, Т. М. Чернова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 192–201. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_192.

*D. G. Bein, L. V. Tsyganskaya, N. A. Tanicheva, T. M. Chernova*

### **ON UNDERUTILIZATION OF THE LOADING CAPACITY OF UNIVERSAL FLAT CARS USING REMOVABLE MULTI-TURN CARGO SECURING MEANS**

**Abstract.** The issue of increasing the efficiency of using universal flatcars for the transportation of goods using removable multi-turn cargo securing means (MS) is considered. An overview of serial universal flat cars and an analysis of the use of their carrying capacity in the application of MS are provided. A significant underestimation of the permissible operational load on the rack bracket of the universal flat car is noted in comparison with the calculated values, which leads to underutilization of the carrying capacity of flat cars when transporting goods using MS for placing and securing goods. Some research results are used in developing schemes for placing and securing goods for local technical conditions for the placement and securing of timber.

**Keywords:** removable equipment, multi-turn equipment, cargo securing, flat cars, loading specifications, rack brackets, local specifications.

**For citation:** On underutilization of the loading capacity of universal flat cars using removable multi-turn cargo securing means / D. G. Bein, L. V. Tsyganskaya, N. A. Tanicheva, T. M. Chernova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 192–201. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_192.

#### **Сведения об авторах**

##### **Бейн Дмитрий Григорьевич**

Акционерное общество «Научно-внедренческий центр “Вагоны”» (АО «НВЦ “Вагоны”»),  
Научно-исследовательское бюро (НИБ),  
кандидат технических наук, заместитель  
главного конструктора НИБ,  
действительный член Российской Академии  
транспорта,  
e-mail: dmitry.bein@nvc-vagon.ru

##### **Цыганская Людмила Валериевна**

Акционерное общество «Научно-внедренческий центр “Вагоны”» (АО «НВЦ “Вагоны”»),  
Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I  
(ПГУПС),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
кандидат технических наук, доцент, заместитель  
генерального директора – главный конструктор  
НИБ,  
e-mail: lyudmila.cyganskaya@nvc-vagon.ru

##### **Таничева Наталия Андреевна**

Акционерное общество «Научно-внедренческий центр “Вагоны”» (АО «НВЦ “Вагоны”»),

#### **Information about the authors**

##### **Bein Dmitry Grigorievich**

Joint-Stock Company "Scientific  
and Implementation Center "Vagony"  
(JSC «NVC "Vagony"»),  
Scientific Research Bureau (NIB),  
Candidate of Technical Sciences, Deputy  
Chief Designer of NIB,  
Full Member of the Russian Academy of Transport,  
e-mail: dmitry.bein@nvc-vagon.ru

##### **Tsyganskaya Lyudmila Valerievna**

Joint-Stock Company "Scientific and  
Implementation Center "Vagony"  
(JSC «NVC "Vagony"»),  
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport  
University (PGUPS),  
Chair «Wagons and Wagon Facilities»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
Deputy General Director – Chief Designer of NIB,  
e-mail: lyudmila.cyganskaya@nvc-vagon.ru

##### **Tanicheva Natalia Andreevna**

Joint-Stock Company "Scientific and  
Implementation Center "Vagony"

Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I  
(ПГУПС),  
Научно-исследовательское бюро (НИБ),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
кандидат технических наук, доцент,  
начальник отдела динамики подвижного состава  
и ходовых частей НИБ,  
e-mail: nataliya.tanicheva@nvc-vagon.ru

**Чернова Татьяна Михайловна**

Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I  
(ПГУПС),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
ассистент,  
e-mail: chernova@pgups.ru

(JSC «NVC "Vagony"»),  
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport  
University (PGUPS),  
Scientific Research Bureau (NIB),  
Chair «Wagons and Wagon Facilities»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
Head of the Department of Dynamics of Rolling  
Stock and Running Gear, NIB,  
e-mail: nataliya.tanicheva@nvc-vagon.ru  
**Chernova Tatyana Mikhailovna**  
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport  
University (PGUPS),  
Chair «Wagons and Wagon Facilities»,  
Assistant,  
e-mail: chernova@pgups.ru

УДК 629.423.1

DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_202

*Т. В. Волчек, В. С. Томилов*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ  
КОЛЛЕКТОРНОГО ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Аннотация.** Рассмотрены перспективы развития Восточного полигона, установлена необходимость повышения ресурса работы оборудования эксплуатируемых электровозов. Приведена статистика отказов оборудования электровозов серии «Ермак». Выявлено, что наибольшее количество отказов приходится на тяговый электродвигатель, а именно на его коллекторно-щеточный аппарат из-за возникновения переброса электрической дуги и пробоя изоляции. Рассмотрены причины их появления. Предлагается оснастить тяговый электродвигатель дополнительными датчиками, а именно сигнализатором искрения, что позволит своевременно обнаруживать искрение в коллекторно-щеточном аппарате и предотвращать образование кругового огня, а также температурными датчиками, которые позволят напрямую определять температуру обмоток. Представлены места для установки данных датчиков.

**Ключевые слова:** тяговый электродвигатель, коммутация, небалансная ЭДС, искрение, температурный контроль, пробой изоляции, круговой огонь.

**Для цитирования:** Волчек, Т. В. Совершенствование методов контроля состояния коллекторного тягового электродвигателя при его эксплуатации / Т. В. Волчек, В. С. Томилов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 202–208. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_4\_202.

*T. V. Volchek, V. S. Tomilov*

**IMPROVEMENT OF METHODS FOR MONITORING THE CONDITION  
OF A COLLECTOR TRACTION ELECTRIC MOTOR DURING ITS OPERATION**

**Abstract.** The article considers the development prospects of the Eastern polygon, indicates the need to increase the service life of the equipment of the operated electric locomotives. The statistics of equipment failures of the Ermak series electric locomotives is presented. It is revealed that the greatest number of failures occurs in the traction electric motor, namely, in its collector-brush device due to the occurrence of an electric arc transfer and insulation breakdown. The reasons for their occurrence are considered. It is proposed to equip traction electric motors with additional sensors, namely: a spark alarm, which will allow timely detection of sparking in the collector-brush device and prevent the formation of a circular fire, and temperature sensors, which will allow direct determination of the winding temperature. The article presents the installation locations of these sensors.

**Keywords:** traction electric motor, switching, unbalanced EMF, sparking, temperature control, insulation breakdown, circular fire.

**For citation:** Volchek, T. V. Improvement of methods for monitoring the condition of a collector traction electric motor during its operation / T. V. Volchek, V. S. Tomilov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 202–208. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_202.

#### Сведения об авторах

##### **Волчек Татьяна Витальевна**

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения (КрИЖТ ИрГУПС), кафедра «Эксплуатация железных дорог», кандидат технических наук, e-mail: tanya.vol4eck@yandex.ru

##### **Томилов Вячеслав Станиславович**

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения (КрИЖТ ИрГУПС), кафедра «Эксплуатация железных дорог», кандидат технических наук, e-mail: tomilov\_vs@krsk.irgups.ru

#### Information about the authors

##### **Volchek Tatyana Vitalievna**

Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Branch of the Irkutsk State Transport University (KrIRT IrSTU), Chair «Railway Operation», Candidate of Engineering Sciences, e-mail: tanya.vol4eck@yandex.ru

##### **Tomilov Vyacheslav Stanislavovich**

Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Branch of the Irkutsk State Transport University, Chair «Railway Operation», Candidate of Engineering Sciences, e-mail: tomilov\_vs@krsk.irgups.ru

УДК 629.4.077 : 629.45

DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_209

*Ю. И. Матяш, П. Б. Сергеев, А. Д. Родченко*

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ПРИМЕНительно К ИННОВАЦИОННЫМ ГРУЗОВЫМ ВАГОНАМ

**Аннотация.** Для серийных грузовых вагонов в отечественной практике используется традиционная тормозная рычажная передача (ТРП) с односторонним нажатием композиционных тормозных колодок на колеса. Она обладает определенными недостатками. В статье отмечается, что в последнее время на сети железных дорог проводятся работы по совершенствованию перевозочного процесса путем использования инновационных грузовых вагонов (с осевой нагрузкой 25 тс и более и скорости до 120 км/ч), а также внедрением так называемых длинносоставных поездов. В целях обеспечения безопасности движения и нормативных длин тормозных путей грузовых поездов с инновационными полувагонами предложена новая компоновка тормозной рычажной передачи грузового вагона с двусторонним нажатием тормозных колодок и одним тормозным цилиндром, действующим на одну тележку, а также подобраны величины плеч рычагов, удовлетворяющие условию обеспеченности поезда тормозными средствами. По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований видно, что фактический тормозной коэффициент грузового поезда с инновационными вагонами получился больше требуемого, следовательно, поезд обеспечен тормозными средствами.

**Ключевые слова:** тормоза, грузовой вагон, тормозной коэффициент, тормозная рычажная передача.

**Для цитирования:** Матяш, Ю. И. Совершенствование механической части тормозной системы применительно к инновационным грузовым вагонам / Ю. И. Матяш, П. Б. Сергеев, А. Д. Родченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 209–217. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_209.

*Yu. I. Matyash, P. B. Sergeev, A. D. Rodchenko*

### IMPROVEMENT OF THE MECHANICAL PART OF THE BRAKING SYSTEM AS APPLIED TO INNOVATIVE FREIGHT CARS

**Abstract.** In domestic practice, a traditional brake lever transmission (BLT) with one-sided pressing of composite brake shoes on the wheels is used for serial freight cars. It has certain disadvantages. The article notes that recently, work has been carried out on the railway network to improve the transportation process by using innovative freight cars (with an axle load of 25 tf or more and a speed of up to 120 km/h), as well as by introducing so-called long-component trains. In order to ensure traffic safety and standard lengths of braking paths of freight trains with innovative gondola cars, a new layout of the brake lever transmission of a freight car with two-sided pressing of brake shoes and one brake cylinder acting on one bogie is proposed, and the values of the lever arms are selected that satisfy the condition of providing the train with braking means. Based on the results of the theoretical and experimental studies, it is clear that the actual braking coefficient of a freight train with innovative cars turned out to be greater than required, therefore, the train is provided with braking means.

**Keywords:** brakes, freight car, braking coefficient, brake lever transmission.

**For citation:** Matyash, Yu. I. Improvement of the mechanical part of the braking system as applied to innovative freight cars / Yu. I. Matyash, P. B. Sergeev, A. D. Rodchenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 209–217. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_209.

#### Сведения об авторах

##### Матяш Юрий Иванович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: matiash41@mail.ru

##### Родченко Александр Дмитриевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: Rodchenko\_57@mail.ru

##### Сергеев Павел Борисович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: sergeevpb78@mail.ru

#### Information about the authors

##### Matyash Yuriy Ivanovich

Omsk State Transport University (OSTU),  
Chair «Carriages and Carriage Facilities»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: matiash41@mail.ru

##### Rodchenko Aleksandr Dmitrievich

Omsk State Transport University (OSTU),  
Chair «Carriages and Carriage Facilities»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: Rodchenko\_57@mail.ru

##### Sergeev Pavel Borisovich

Omsk State Transport University (OSTU),  
Chair «Carriages and Carriage Facilities»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: sergeevpb78@mail.ru

УДК 629.1.01

DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_218

*П. А. Поляков, И. А. Яцков, О. А. Ворон, И. П. Талипова, А. А. Кузькин, Н. Р. Габдрахманов*

### ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ПРОФИЛЯ ДИСКА НА ФОМИРОВАНИЕ КОНТАКТИРУЮЩИХ СИЛ НА РАБОЧИХ ПЛОЩАДКАХ ТОРМОЗНОГО УСТРОЙСТВА

**Аннотация.** Представлена оценка влияния параметров, характеризующих макронеровность на поверхности тормозного диска на распределение контактирующих сил в системе «полиприжимающий механизм – тормозная колодка – тормозной диск» и развиваемый тормозной диск. В качестве основных параметров, характеризующих макронеровность на рабочих поверхностях тормозного диска, были выбраны углы наклона реального профиля поверхности в тангенциальном и радиальном направлениях. Были получены зависимости для расчета положения центра давления в тангенциальном и радиальном направлениях в системе «полиприжимающий механизм – тормозная колодка – тормозной диск» с учетом углов наклона профиля в двух направлениях. Для оценки влияния углов наклона на распределение сил по площади контактирующих поверхностей тормоза были построены твердотельные модели тормозных устройств с моделируемыми реальными профилями рабочих поверхностей диска. В качестве объектов моделирования использовались поверхности диска с циклическими

макронеровностями и с одной областью. При взаимодействии рабочих пар тормозного устройства с одной макронеровностью на поверхности происходила инверсия распределенных контактирующих сил, в сравнении с диском, на поверхности которого были циклические макронеровности.

**Ключевые слова:** тормозное устройство, центр давления, угол наклона реального профиля, макронеровность, полиприжимающий механизм.

**Для цитирования:** Влияние геометрии профиля диска на формирование контактирующих сил на рабочих площадках тормозного устройства / П. А. Поляков, И. А. Яицков, О. А. Ворон [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 218–228. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_218.

*P. A. Polyakov, I. A. Yaitskov, O. A. Voron, I. P. Talipova, A. A. Kuzkin, N.R. Gabdrakhmanov*

### **THE INFLUENCE OF THE GEOMETRY OF THE DISK PROFILE ON FORMATION OF CONTACTING FORCES ON THE WORKING PLATFORMS OF THE BRAKING DEVICE**

**Abstract.** The article presents an assessment of the influence of parameters characterizing the macro-roughness on the surface of the brake disc on the distribution of contacting forces in the system "poly-clamping mechanism – brake pad – brake disc" and the developing brake disc. The angles of inclination of the real surface profile in the tangential and radial directions were chosen as the main parameters characterizing the macro-roughness on the working surfaces of the brake disc. Dependences were obtained for calculating the position of the center of pressure in the tangential and radial directions in the "poly-clamping mechanism – brake pad – brake disc" system, taking into account the angles of the profile inclination in two directions. To assess the effect of the inclination angles on the distribution of forces over the area of the contact surfaces of the brake, solid models of braking devices with simulated real profiles of the working surfaces of the disc were built. Disk surfaces with cyclic macroroughness and with one area were used as modeling objects. When the working pairs of the braking device interacted with one macro-roughness on the surface, an inversion of the distributed contacting forces occurred, in comparison with the disk on the surface of which there were cyclic macroroughnesses.

**Keywords:** braking device, center of pressure, inclination angle of the real profile, macro-roughness, poly-clamping mechanism.

**For citation:** The influence of the geometry of the disk profile on formation of contacting forces on the working platforms of the braking device / P. A. Polyakov, I. A. Yaitskov, O. A. Voron [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 218–228. – DOI 10.46973/0201–727X\_2024\_4\_218.

#### **Сведения об авторах**

##### **Поляков Павел Александрович**

Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (НЧИ КФУ), кафедра «Механика и конструирование», доктор технических наук, доцент, профессор, e-mail: polyakov.pavel88@mail.ru

##### **Яицков Иван Анатольевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство», доктор технических наук, профессор, декан электромеханического факультета, e-mail: yia@rgups.ru

#### **Information about the authors**

##### **Polyakov Pavel Alexandrovich**

Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University (NCI KFU), Chair «Mechanics and Design Engineering», Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor, e-mail: polyakov.pavel88@mail.ru

##### **Yaitskov Ivan Anatolyevich**

Rostov State Transport University (RSTU), Chair «Cars and Car Facilities», Doctor of Engineering Sciences, Professor, Dean of the Electromechanical Department, e-mail: yia@rgups.ru

**Ворон Олег Андреевич**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой,  
e-mail: rgups\_voron@mail.ru

**Талипова Ирина Петровна**

Набережночелнинский институт Казанского  
федерального университета (НЧИ КФУ),  
кафедра «Механика и конструирование»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: okm206@mail.ru

**Кузькин Антон Алексеевич**

Набережночелнинский институт Казанского  
федерального университета (НЧИ КФУ),  
кафедра «Автомобили, автомобильные  
двигатели и дизайн»  
аспирант,  
e-mail: okm206@mail.ru

**Габдрахманов Нияз Рамилевич**

Набережночелнинский институт Казанского  
федерального университета (НЧИ КФУ),  
кафедра «Механика и конструирование»,  
студент,  
e-mail: okm206@mail.ru

**Voron Oleg Andreyevich**

Rostov State Transport University (RGUPS),  
Chair «Wagons and Car Facilities»,  
Doctor of Engineering Sciences,  
Associate Professor, Head of the Chair,  
e-mail: rgups\_voron@mail.ru

**Talipova Irina Petrovna**

Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal  
University (NCI KFU),  
Chair «Mechanics and Design Engineering»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: okm206@mail.ru

**Kuzkin Anton Alekseevich**

Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal  
University (NCI KFU),  
Chair «Automobiles, Automotive Engines and  
Design»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: okm206@mail.ru

**Gabdrakhmanov Niyaz Ramilevich**

Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal  
University (NCI KFU),  
Chair «Mechanics and Design Engineering»,  
Student,  
e-mail: okm206@mail.ru

## 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 – 5–15 страниц.

Одновременно представляют электронную версию статьи, выполненной 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;
- **аннотация** (80–150 слов);
- **ключевые слова** (5–10 слов);
- интервал;
- **текст статьи** – печатается с переносами.
- интервал;
- **список литературы** на русском и английском языках (не менее 10 источников).

**3 Статья** должна содержать вводную часть, цель научной разработки, основную часть и выводы. Текст статьи должен быть тщательно отредактирован и готов для макетирования и верстки журнала на компьютере.

**4 Буквы** латинского алфавита набирают курсивом, буквы греческого и русского алфавитов – прямым шрифтом. Математические символы  $\lim$ ,  $\ln$ ,  $\arg$ ,  $\text{const}$ ,  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\min$ ,  $\max$  и т.д. набирают прямым шрифтом. Аббревиатуры следует расшифровывать при их первом упоминании в тексте.

**5 Формулы.** Большие формулы необходимо разбить на отдельные фрагменты. Фрагменты формул по возможности должны быть независимы (при работе в формульном редакторе каждая строка – отдельный объект). 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. Номер формулы следует печатать в Word отдельно от формул, в круглых скобках по правому краю.

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим ГОСТам.

**6 Рисунки и фотографии**, выполненные четко и контрастно в формате \*.tif, \*.jpg, \*.png, с разрешением не менее 300 точек на дюйм, следует размещать в порядке их упоминания в тексте. Ссылки на рисунки в тексте и подрисовочная подпись обязательны.

**7 Таблицы** следует размещать по мере упоминания в статье. Ссылки на таблицы в тексте и названия таблиц обязательны.

**8 Список литературы** 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 Р 7.0.100-2018. При наличии у статьи цифрового идентификатора объекта (DOI) его указание обязательно.

Статья должна быть обязательно подписана всеми авторами.

**9 Материалы, прилагаемые к статье**, должны содержать следующие сведения (на русском и английском языках):

- Название статьи (заглавными буквами, полужирным шрифтом).
- Фамилия, имя, отчество автора (полностью, без сокращений).
- Место работы каждого автора в именительном падеже.
- Ученая степень, ученое звание, должность.
- E-mail.
- Аннотация (краткое содержание статьи, включающее 3–4 предложения).
- Ключевые слова.

## 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;
  - по электронной почте;
  - принести в редакцию и передать ответственному секретарю (гл. корпус, ком. Д 107).
- 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 Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР), свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-77245 от 20 ноября 2019 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, Республики Беларусь, Чешской Республики, Польши, Франции.

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 06.02.2004 г.). Журнал вошел во все последующие редакции Перечня.

«Вестник РГУПС» – подписное издание. С 2004 года журнал был включен в каталог подписных изданий агентства «Роспечать». Также включен в каталог подписных изданий Объединённого каталога «Пресса России» ([www.pressa-ru.ru](http://www.pressa-ru.ru) под индексом 53720).

Подписаться на журнал можно через агентство подписки «Урал-Пресс» и агентство «АРЗИ», 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:

3344038, Ростовская область, г. о. город Ростов-на-Дону,  
г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, зд. 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](mailto:pmv_nis@rgups.ru); [nis@rgups.ru](mailto:nis@rgups.ru) (дополнительный).

Архив журнала и требования по оформлению статей размещены на сайте <http://vestnik.rgups.ru>.

*Научное издание*  
**ВЕСТНИК**  
Ростовского государственного университета  
путей сообщения

Научно-технический журнал

**№ 4 (96)**  
**2024**

**Уважаемые читатели!**  
Вы можете подписаться на наш журнал на сайте [www.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru).  
Индекс журнала по каталогу 53720

Полнотекстовая версия статей находится в открытом доступе на сайте  
Российской научной электронной библиотеки: [www.elibrary.ru](http://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, Т.М. Чеснокова,  
А.Н. Колесниченко (английский текст)

Корректоры: А.В. Артамонов, Т.В. Бродская,  
Т.И. Исаева, Т.М. Чеснокова,  
А.Н. Колесниченко (английский текст)

Оригинал-макет журнала подготовлен А.О. Куделиной

---

Подписано в печать 27.12.2024.	Формат 60×84/8.	Бумага офсетная.
Дата выхода в свет 28.12.2024.	Усл. печ. л. 27,9.	Изд. № 52.
Печать офсетная.	Тираж 510 экз.	Заказ .
Знак информационной продукции 16+.	Цена свободная.	

---

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

**Адрес университета, издателя, редакции:**  
**344038, Ростовская область, г. о. город Ростов-на-Дону,**  
**г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка**  
**Народного Ополчения, зд. 2.**  
**Телефон редакции +7 (863) 272-62-74; факс +7 (863) 255-37-85.**  
**E-mail: [pmv\\_nis@sci.rgups.ru](mailto:pmv_nis@sci.rgups.ru); [nis@rgups.ru](mailto: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](mailto:divprint@mail.ru). Телефон +7 (918) 543-75-63.**