

## АННОТАЦИИ

УДК 621.891.012 + 06

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ  
ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ****Колесников Владимир Иванович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,  
кафедра «Теоретическая механика»,  
академик РАН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, президент,  
телефон +7 (863) 245-49-29,  
e-mail: kvi@rgups.ru

**Авилов Виктор Владимирович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретическая механика»,  
инженер,  
телефон +7-918-898-15-98,  
e-mail: Avilov\_Victor@mail.ru

**Савенкова Мария Андреевна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Химия»,  
кандидат химических наук, доцент,  
телефон +7 (863) 272-62-72,  
e-mail: him@rgups.ru

**Воляник Светлана Алексеевна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Химия»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7 (863) 272-62-72,  
e-mail: svetavolyanik@bk.ru

**Сычев Александр Павлович**

Южный научный центр Российской академии наук,  
344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, д. 41,  
кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник,  
телефон +7-988-531-01-70,  
e-mail: Aleks\_sap@mail.ru

Изучены условия устойчивого образования ПФП из продуктов износа для трибополимерных систем. Исследование кинетики формирования пленки фрикционного переноса для компонента фенилон С2 + 5 % фторполимера Ф4МБ позволило сделать вывод о трехэтапном изменении коэффициента трения. Для сопряжений металл – металл создана новая пластичная смазочная композиция с присадкой фосформолибдата цинка. Применение фосформолибдата цинка в качестве присадки к вазелиновому маслу и пластичным смазкам «ПУМА» модификаций МР, МГ, МЛ позволяет не только использовать новые смазочные композиции в широком температурном диапазоне, но и существенно улучшить триботехнические, реологические и физико-химические свойства созданных материалов. Предложен механизм смазочного действия новых СК. Синтезированный фосформолибдат цинка может быть рекомендован для производства стекол и керамики специального назначения.

*Ключевые слова:* пленка фрикционного переноса, трибополимерные системы, смазочная композиция, фосформолибдат цинка, триботехнические, реологические свойства, физико-химические характеристики, смазочное действие, стекломатериал.

**WAYS OF INCREASE IN WEAR RESISTANCE  
OF HEAVY-DUTY FRICTIONAL UNITS****Kolesnikov Vladimir Ivanovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,  
Head of Chair «Theoretical Mechanics»,  
Academician of Russian Academy of Sciences,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor, President,  
phone +7 (863) 245-49-29,  
e-mail: kvi@rgups.ru

**Avilov Victor Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Mechanics»,  
Engineer,  
phone +7-918-898-15-98,  
e-mail: Avilov\_Victor@mail.ru

**Savenkova Maria Andreyevna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Chemistry»,  
Candidate of Chemical Sciences, Associated Professor,  
phone +7 (863) 272-62-72,  
e-mail: him@rgups.ru

**Volyanik Svetlana Alekseyevna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Chemistry»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor,  
phone +7 (863) 272-62-72,  
e-mail: svetavolyanik@bk.ru

**Sichov Aleksander Pavlovich**

Southern Scientific Centre of Russian Academy of Sciences,  
41, Chekhov av., Rostov-on-Don, 344006, Russia,  
Candidate of Physics and Mathematics Sciences,  
phone +7-988-531-01-70,  
e-mail: Aleks\_sap@mail.ru

The conditions for stable formation of the friction transfer (FFT) from the products of the wearing for tribopolymeric system have been studied. According to the results of the study the kinetics of the stable forming of the friction transfer for phenilon compositer C2 + 5 % phtoropolymer F4MB conclusion on free-spaga change of the friction coefficient was made. For metal-metal interface a new plastic lubricant composition with the additive of zink phosphoromolybdate was made. The use of zinc phosphoromolybdate as an additive to vaseline oil and plastic lubricants of «PUMA» modifications of MP, MG, ML makes it possible not only to use new lubricant compositions in a wide temperature range, but it also significantly improves the tribological, rheological and physico-chemical properties of the created materials. The mechanism of the lubricating action of a new SC is proposed. The synthesized zinc phosphoromolybdate can be recommended for the production for special glasses and ceramics.

*Keywords:* silm of the friction transfer, tribopolymeric systems, lubricant composition, zinc phosphoromolybdate, tribotechnical, rheological properties, physicochemical characteristics, lubricating action, glass material.

УДК 621.314.5 + 06

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ В СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ  
ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОЙ МАШИНЫ****Гребенников Николай Вячеславович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),

344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,  
кафедра «Локомотивы и локомотивное хозяйство»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7 (863) 272-64-66,  
e-mail: grebennikovnv@mail.ru

**Чавычалов Максим Вячеславович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Электрический подвижной состав»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7 (863) 272-64-90,  
e-mail: chavychalov-maxim@yandex.ru

Представлена разработка компьютерной модели в программе *MATLAB/Simulink* для определения потерь в силовом преобразователе, при питании вентильно-индукторного двигателя. Исходными данными для модели являются данные, приведенные в *DataSheet* для *IGBT* и обратного диода силового модуля *IGBT*. Предложенный метод обеспечивает практический подход точного определения потерь, дает возможность быстро подобрать силовую электронику для преобразователя и проанализировать ее в работу в различных режимах.

*Ключевые слова:* потери, *IGBT*-модули, силовая электроника, преобразователь.

**DEFINITION OF LOSSES IN THE POWER ELECTRONICS ENGINEERING OF THE CONVERTER OF THE VALVE AND INDUCTOR CAR**

**Grebennikov Nikolay Vyachaslavovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,  
Chair «Locomotives and Locomotive Facilities»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor,  
phone +7 (863) 272-64-66,  
e-mail: grebennikovnv@mail.ru

**Tchavychalov Maxim Vyachaslavovich**

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

The article presents the development of the computer modelling in *MATLAB/Simulink* software for detection of losses in a power converter while supplying the switched reluctance motor. The initial data for modelling is the data given in datasheet for *IGBT* and wheeling diode of *IGBT* power module. The proposed method ensures the practical approach for the precise loss detection and makes possible a quick selection of power electronics for the converter as well as the analysis of its performance in different modes.

*Keywords:* losses, *IGBT* modules, power electronic, converter.

**УДК 629.4 : 620.179.162**

**БЕЗЭТАЛОННЫЕ МЕТОДЫ НАСТРОЙКИ ФУНКЦИИ ВРЕМЕННОЙ РЕГУЛИРОВКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ КОНТРОЛЕ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

**Киреев Андрей Николаевич**

Луганский государственный университет имени Владимира Даля (ЛГУ им. В. Даля),  
91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а,  
кафедра железнодорожного транспорта,

кандидат технических наук, доцент, докторант,  
телефон +38 (050) 704-99-87,  
e-mail: lifter\_23@mail.ru

Рассмотрены методы безэталонной настройки чувствительности при ультразвуковом контроле деталей и узлов подвижного состава. Описаны недостатки существующих методов настройки функции временной регулировки чувствительности ультразвукового дефектоскопа при контроле деталей и узлов подвижного состава железных дорог с применением стандартных образцов предприятия с эталонными отражателями, снижающие достоверность результатов контроля. С помощью математического моделирования разработан математический аппарат и на его основе – методы безэталонной настройки функции временной регулировки чувствительности при ультразвуковом контроле деталей и узлов подвижного состава железных дорог. Приведены результаты экспериментальных, подтверждающие высокую достоверность предложенных методов.

*Ключевые слова:* железная дорога, подвижной состав, ультразвук, ультразвуковой контроль, эхометод, временная регулировка чувствительности, эхосигнал.

### **SEGMENTLESS METHODS FOR ADJUSTING THE FUNCTION OF TIME SENSITIVITY FOR ULTRASONIC INSPECTION OF PARTS AND ASSEMBLIES OF RAILWAY ROLLING STOCK**

**Kireev Andrey Nikolayevich**

Lugansk State University named after Vladimir Dal,  
20a, Lugansk, Molodezhny dist, 91034,  
Chair «Railway Transport»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor,  
phone +38 (050) 704-99-87,  
e-mail: lifter\_23@mail.ru

The article is devoted to the development of the adjustment methods of time sensitivity for ultrasound inspection of parts and assemblies of the rolling stock. The shortcomings of the existing methods for adjusting the time function of the sensitivity by ultrasonic flaw detector for controlling parts and assemblies of the railway rolling stock with the use of standard samples of the enterprise with reference reflectors that reduce the reliability of the results of monitoring are described. On the basis of mathematical modelling, the mathematical apparatus was developed and, methods for setting and adjusting the function of time sensitivity for ultrasonic inspection of parts and assemblies of the railway rolling stock are based on it. The results of experimental studies showing high reliability of the proposed methods are presented.

*Keywords:* railway, rolling stock, ultrasound, ultrasonic testing, echo method, temporary sensitivity adjustment, echo signal.

**УДК 629.46 : 629.45 : 629.4077**

### **ОЦЕНКА ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПОЛУВАГОНОВ С НАГРУЗКОЙ 27 Т ОТ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ НА РЕЛЬС**

**Клюка Владислав Петрович**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),  
644046, г. Омск, пр. Маркса, д. 35,  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой,  
телефон +7 (913) 628-78-87,  
e-mail: vklyuka@mail.ru

**Томилова Ольга Сергеевна**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
кандидат технических наук, доцент,

телефон +7 (913) 971-60-81,  
e-mail: motovilova@yandex.ru

**Мосол Сергей Андреевич**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
инженер,  
телефон +7 (913) 613-08-01,  
e-mail: bam1979-2005@yandex.ru

В статье приведен расчет тормозной эффективности инновационных полувагонов с нагрузкой 27 т от колесной пары на рельс. При проверке эффективности действия тормозов проводился расчет тормозного пути, по которому можно определить пригодность тормозного оборудования к инновационным полувагонам с нагрузкой 27 т от колесной пары на рельс. На основании этого был сделан вывод, о том, что эффективность действия тормоза на полувагоне с нагрузкой на ось 27 т в груженом состоянии (наиболее тяжелый режим работы тормозов) с использованием тормозной рычажной передачи от полувагона с нагрузкой от колесной пары на рельс 25 т не соответствует нормативной, так как полученный в результате расчетов тормозной путь при экстренном торможении превышает нормативное значение. Вследствие этого исключается унификация тормозной рычажной передачи полувагонов с нагрузкой от колесной пары на рельс 25 и 27 т. В целях обеспечения безопасности движения по тормозам полувагонов с нагрузкой 27 т на ось со скоростями, заявленными производителем (90 км/ч в груженом состоянии и 100 км/ч – в порожнем), до принятия решения об организации их серийного выпуска, рекомендуется проведение дополнительных скоростных тормозных испытаний опытной партии полувагонов (с нагрузкой 27 т на ось) и отработка ряда предложенных нами мероприятий.

*Ключевые слова:* грузовой вагон, ось колесной пары, эффективность тормоза, тормозная рычажная передача.

**ESTIMATION OF BRAKING EFFICIENCY OF INNOVATIVE LOW-SIDED CAR WITH LOADING 27 TONS FROM WHEEL TO RAILS**

**Klyuka Vladislav Petrovich**

Omsk State Transport University (OSTU),  
35, Marx av., Omsk, 644046, Russia,  
Head of Chair «Car and Car Facilities»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7 (913) 628-78-87,  
e-mail: vklyuka@mail.ru

**Tomilova Olga Sergeyevna**

Omsk State Transport University (OSTU),  
Chair «Car and Car Facilities»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7 (913) 971-60-81,  
e-mail: motovilova@yandex.ru

**Mosol Sergey Andreyevich**

Omsk State Transport University (OSTU),  
Chair «Car and Car Facilities»,  
Engineer,  
phone +7 (913) 613-08-01,  
e-mail: bam1979-2005@yandex.ru

In the article there is the calculation of the braking efficiency of the innovative low-sided cars with a load 27 tons from wheels to rails. For checking the effectiveness of the brakes, the braking distance was calculated, according to which it can be concluded that the brake equipment is suitable for innovative low-sided cars with a load 27 tons from wheels to rails. The effectiveness of the brake on the low-sided car with a load of 27 tons in the laden state (the heaviest mode of operation of the brakes) with the use of the brake linkage from the low-sided car with the load from the wheel to the rail of 25 tons does not correspond to the standard,

so the obtained braking distance in the emergency braking exceeds the standard value. As a consequence, the unification of the brake linkage of the low-sided cars with the load from the wheel pair to the rail of 25 tons and 27 tons is excluded. In order to ensure the safety traffic on the brakes of the low-sided cars with a load of 27 tons per wheel axle at speeds that is declared by the manufacturer (90 km/h in the laden state and 100 km/h in empty condition), it is recommended before managing their serial production to do the additional braking experiments of the low-sided cars (with a load of 27 tons per wheel axle) with development of a number of the proposed decisions.

*Keywords:* low-sided car, axle of the wheel pair, brake efficiency, brakes linkage.

**УДК 629.4.077 : 629.4.087**

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «ТОРМОЗНОЙ ДИСК – ВРАЩАЮЩАЯСЯ ТОРМОЗНАЯ КОЛОДКА»**

**Кривошея Юрий Владимирович**

Донецкий институт железнодорожного транспорта (ДОНИЖТ),  
283018, г. Донецк, ул. Горная, д. 6,  
кафедра «Подвижной состав железных дорог»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +38 (050) 141-79-00,  
e-mail: Krivosheya.drty@yandex.ru

Разработана математическая модель силового взаимодействия в системе «тормозной диск – вращающаяся тормозная колодка». Математическая модель включает в себя уравнения, характеризующие распределение по контактной поверхности нормальных и тангенциальных составляющих силы трения, действующей на границе раздела рабочих элементов дискового тормоза. Представлены результаты моделирования в виде графических зависимостей составляющих силы трения. Проведен анализ и сравнение результатов моделирования для систем «тормозной диск – неподвижная тормозная колодка» и «тормозной диск – вращающаяся тормозная колодка». Показана адекватность разработанной математической модели путем сравнения результатов моделирования с результатами проведенного эксперимента.

*Ключевые слова:* подвижной состав, дисковый тормоз, тормозная колодка, тормозной диск, вращающаяся тормозная колодка, относительная скорость, вращающий момент.

### **MATHEMATICAL MODEL OF POWER INTERACTION IN THE SYSTEM «BRAKE DISC – ROTATING BRAKING SHOE»**

**Krivosheya Yury Vladimirovich**

Donetsk Railway Transport Institute (DRTI),  
6, Gornaya str., Donetsk, 283018, Donetsk People Republic,  
Chair «Railway Rolling Stock»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +38 (050) 141-79-00,  
e-mail: Krivosheya.drty@yandex.ru

A mathematical model of the force interaction in the system «brake disk – rotating brake shoe» is developed. The mathematical model includes equations characterizing the distribution along the contact surface of the normal and tangential components of the friction force acting at the interface between the working elements of the disc brake. The results of modelling in the form of graphical dependences of the components of the frictional force are presented. The analysis and comparison of the modelling results for the systems «brake disk – fixed brake shoe» and «brake disk – rotating brake shoe» is carried out. The adequacy of the developed mathematical model is shown by comparing the simulation results with the results of the experiment.

*Keywords:* rolling stock, disc brake, brake shoe, brake disc, rotating brake shoe, relative speed, torque.

УДК 625.032.37

## ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ КОЛЕСА ПРИ ЕГО КРАТКОВРЕМЕННОМ ДВИЖЕНИИ ПО РЕЛЬСУ ЮЗОМ

**Обрывалин Алексей Викторович**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),  
644046, г. Омск, пр. Маркса, 35,  
кафедра «Технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7-904-325-04-40,  
e-mail: av.obr@yandex.ru

**Никитина Любовь Алексеевна**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),  
кафедра «Технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава»,  
студентка,  
телефон +7-999-457-52-55,  
e-mail: lyubov.nikitina98@mail.ru

В статье представлен подход к оценке интенсивности изнашивания колеса при его кратковременном движении по рельсу юзом. Полученные результаты теоретического исследования процесса изнашивания металла колеса позволят разработать научно обоснованные технологические и технические решения по предупреждению образования и развития термомеханических повреждений на поверхности катания, а также по их устранению в ремонтном производстве.

*Ключевые слова:* величина износа, пара трения, колесо, термомеханическое повреждение.

## EVALUATION OF THE WEARING RATE OF WHEEL IN ITS BRIEF GLIDES ON THE RAIL

**Obryvalin Alexey Victorovich**

Omsk State Transport University (OSTU),  
35, K. Marx av., Omsk, 644046, Russia,  
Chair «Technology of Transport Mechanical Engineering and Rolling Stock Repairing»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7-904-325-04-40,  
e-mail: av.obr@yandex.ru

**Nikitina Lubov Alekseyevna**

Omsk State Transport University (OSTU),  
Chair «Technology of Transport Mechanical Engineering and Rolling Stock Repairing»,  
Student,  
phone +7-999-457-52-55,  
e-mail: lyubov.nikitina98@mail.ru

The article presents the evaluation approach of the wearing intensity of the wheel in its brief glides on the rail. The obtained results of the theoretical study of the process of the metal wearing of the wheel will allow to develop scientifically based technological and technical solutions for the prevention the formation and development of thermomechanical damage on the surface of the rail as well as their prediction in the repair industry.

*Keywords:* wearing value, friction pair, wheel, thermomechanical damage.

УДК 681.518.5 : 004.052.32

## СИНТЕЗ КОНТРОЛЕПРИГОДНЫХ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМОПРОВЕРЯЕМЫХ СИСТЕМ ВСТРОЕННОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ КОДОВ С СУММИРОВАНИЕМ

**Ефанов Дмитрий Викторович**

ООО «ЛокоТех-Сигнал»,  
107113, г. Москва, ул. 3-я Рыбинская, 18, стр. 22,  
руководитель направления систем мониторинга и диагностики.

Российский университет транспорта (МИИТ),  
127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9,  
кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»,  
доктор технических наук, профессор,  
телефон +7-915-480-91-91,  
e-mail: TrES-4b@yandex.ru

**Костроминов Александр Михайлович**

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),  
190031, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, д. 9,  
кафедра «Электрическая связь»,  
доктор технических наук, профессор,  
телефон +7 (812) 457-63-92,  
e-mail: triak@mail.wplus.net

**Манаков Александр Демьянович**

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),  
кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,  
доктор технических наук, доцент,  
телефон +7 (812) 457-85-79,  
e-mail: manakoff\_2@mail.ru

**Макшанов Андрей Владимирович**

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова (ГУМРФ),  
198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7,  
кафедра вычислительных систем и информатики,  
доктор технических наук, профессор,  
телефон +7 (812) 748-96-35,  
e-mail: andrey.makshanov@mail.ru

Предложено при организации систем с обнаружением отказов на основе кодов Бергера использовать не только их свойство обнаруживать 100 % монотонных ошибок, но и 100 % асимметричных ошибок. Количество асимметричных ошибок может быть велико и существенно больше количества монотонных ошибок, что позволяет уменьшать структурную избыточность преобразуемых схем в схемы с контролепригодными структурами. Приводится необходимое и достаточное условие того, что логический элемент в структуре комбинационной схемы будет полностью тестируемым. Сформированы алгоритмы преобразования комбинационных схем в схемы с контролепригодными структурами, позволяющие уменьшать вносимую в них избыточность и строить более простые схемы, нежели это дают известные алгоритмы модификации.

*Ключевые слова:* самопроверяемая схема, комбинационная схема, неисправность, ошибка на выходе, контролепригодная структура, монотонная ошибка, симметричная ошибка, асимметричная ошибка, код Бергера, тестируемость, избыточность.

**SYNTHESIS OF CHECKABLE COMBINATIONAL CIRCUITS  
FOR ORGANIZATION OF SELF-CHECKING INTEGRATED CONTROL SYSTEMS  
BASED ON SUM CODES****Efanov Dmitry Viktorovich**

LLC «LocoTech-Signal»,  
18/22 bul., 3-d Rybinskaya str., Moscow, 107113, Russia,  
Head «Direction of Monitoring and Diagnostic Systems».

Russian University of Transport (МИИТ),  
9, Obraztsova str., Moscow, 127994, Russia,  
Chair «Automation, Remote Control and Communication on Railway Transport»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7-915-480-91-91,  
e-mail: TrES-4b@yandex.ru

**Kostrominov Alexander Mikhailovich**

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PSTU),  
9, Moscovsky av., St. Petersburg, 190031, Russia,  
Chair «Electrical Communication»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7 (812) 457-63-92,  
e-mail: triak@mail.wplus.net

**Manakov Aleksander Demiyanovich**

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PSTU),  
Chair «Automation and Remote Control on Railways»,  
Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7 (812) 457-85-79,  
e-mail: manakoff\_2@mail.ru

**Makshanov Andrey Vladimirovich**

State University of Maritime and Inland Shipping State University named by Admiral Makarov,  
5/7, Dvinskaya str., St. Petersburg, 198035, Russia,  
Chair «Computer Systems and Informatics»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7 (812) 748-96-35,  
e-mail: andrey.makshanov@mail.ru

In the process of organizing systems with faults detection on the basis of Berger codes, the authors suggest using not only their property of detecting 100 % of unidirectional errors but also using the property of detecting 100 % of asymmetric errors. There might be a great number of asymmetric errors and it might be significantly exceeded the number of the unidirectional errors, which makes it possible to reduce structural redundancy of circuits being transformed in the circuits with testable structures. The necessary and sufficient condition is given and the logical element in the structure of the combinational circuit will be fully testable. Algorithms of the combinational circuits' transformation into testable structures are formed to reduce the redundancy injected in them and make it possible to build plainer compared circuits to certain algorithms of the modification.

*Keywords:* self-checking circuit, combinational circuit, fault, error in output, checkable structure, unidirectional error, symmetrical error, asymmetrical error, Berger code, testability, redundancy.

**УДК 656.21 + 519.87 + 06****ДИСКРЕТНАЯ МОДЕЛЬ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ  
ВРАЖДЕБНЫХ МАРШРУТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ****Ильичева Вера Витальевна**

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

кафедра «Информатика»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7 (863) 272-65-43,  
e-mail: vilicheva@yandex.ru

Рассмотрены вопросы регуляции движения транспорта в критических точках пересечения враждебных маршрутов железнодорожной станции. Для поиска оптимального управления фазами включения светофора на пересечениях использованы графы интервалов. Предложены различные варианты проектирования путевого развития и специализации путей в соответствии с критерием минимизации общего времени задержки подвижного состава в таких участках.

*Ключевые слова:* враждебные маршруты, графы интервалов, максимальная клика, сигнал, путевое развитие.

## **DISCRETE MODEL OF MOVEMENT REGULATION AT THE CROSSROADS OF RAILWAY STATIONS**

**Vilicheva Vera Vitalievna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,  
Chair «Informatics»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7(863) 272-65-43,  
e-mail: vilicheva@yandex.ru

The issues of the traffic regulation at critical points of hostile routes intersection of the railway station are considered. To search optimal control of the phases of the traffic light at the intersections, the interval graphs are used. Various ways of the design of the track development and specialization of tracks are proposed in accordance with the criterion of minimization of the total delay time of the rolling stock in such sections.

*Keywords:* hostile routes, graphs of intervals, maximum clique, signal, track development.

**УДК 004 + 06**

## **МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ**

**Карташов Олег Олегович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,  
кафедра «Вычислительная техника и автоматизированные системы управления»,  
ассистент,  
телефон +7-928-296-92-92,  
e-mail: okrstu@yandex.ru

Статья посвящена разработке нового подхода к синтезу систем ситуационной осведомленности, которые обладают интеллектуальными возможностями. Для достижения этой предложены детализированные этапы нового подхода, которые можно рассматривать в качестве метода извлечения знаний о ситуационной осведомленности. Особое внимание также уделено конструкциям распределенной динамической дескрипционной логики, которые можно рассматривать как логическую модель для дальнейшего механизма распределенного динамического вывода рассуждений о возникновении той или иной ситуации с принятием соответствующего решения о её устранении.

*Ключевые слова:* системы ситуационной осведомленности, дескрипционная логика, «динамичность» онтологии, распределенные рассуждения.

## **METHOD OF REPRESENTATION AND EXTRACTION KNOWLEDGE FOR BUILDING INTELLECTUAL SYSTEMS OF SITUATIONAL AWARENESS**

**Kartashov Oleg Olegovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,

Chair «Computer Science and Automated Control Systems»,  
Lecturer,  
phone +7-928-296-92-92,  
e-mail: okrstu@yandex.ru

This paper is devoted to the development of a new approach to the synthesis of the situational awareness systems that have intellectual capabilities. To achieve this, the following sections will propose detailed stages of the new approach, which can be viewed as a method of the extracting knowledge about situational awareness. Special attention will also be paid to the constructions of the distributed dynamic descriptive logic, which can be considered as a logical model for the further mechanism of the distributed dynamic derivation for giving arguments about the occurrence of the particular situation with the adoption of the appropriate decision on its elimination.

*Keywords:* system of situational awareness, descriptive logic, «dynamism» of ontology, distributed reasoning.

**УДК 681.325**

### **ГИБРИДНЫЙ БИОИНСПИРИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ МЕТОДА ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ И МЕТОДА МУРАВЬИНОЙ КОЛОНИИ**

**Лебедев Борис Константинович**

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

**Лебедев Олег Борисович**

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

**Лебедева Елена Михайловна**

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

**Нагабедян Андрей Альбертович**

Южный федеральный университет (ЮФУ),  
кафедра «Систем автоматизированного проектирования»,  
студент,  
телефон +7-918-527-00-35,  
e-mail: andrewnagabedyan@yandex.ru

Рассматривается подход, заключающийся в использовании метода ветвей и границ (МВГ) при построении отдельным муравьем некоторой конкретной интерпретации решения. Используется низкоуровневая гибридизация вложением, предполагающая сращивание гибридизируемых алгоритмов. В работе рассматриваются два метода расчета стоимости маршрута в графе. В первом методе стоимость маршрута – суммарная стоимость ребер, входящих в состав маршрута. Во втором методе стоимость маршрута – оценка решения какой-либо комбинаторной задачи, для которой маршрут является интерпретацией ее решения. Экспериментальные исследования показали, что оценка решений гибридным алгоритмом на 10–15 % лучше, чем МВГ и муравьиным алгоритмом по отдельности. В среднем запуск

программы обеспечивает нахождение решения, отличающегося от оптимального менее чем на 1,5 %. Общая оценка временной сложности при любом подходе к гибридизации в пределах  $O(n^2)$ – $O(n^3)$ .

*Ключевые слова:* природные вычисления, биоинспирированная оптимизация, гибридизация, метод ветвей и границ, муравьиный алгоритм.

## **BIOINSPIRED HYBRID ALGORITHM BASED ON INTEGRATION BRANCH AND BOUND METHOD AND ANT COLONY METHOD**

### **Lebedev Boris Konstantinovich**

Southern Federal University (SFU),  
44, Nekrasov per., Taganrog, 347928, Russia,  
Chair «Computer Aided Design»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7-928-289-79-33,  
e-mail: lebedev.b.k@gmail.com

### **Lebedev Oleg Borisovich**

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

### **Lebedeva Elena Mikhailovna**

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

### **Nagabedian Andrey Albertovich**

Southern Federal University (SFU),  
Chair «Computer Aided Design»,  
Student,  
phone +7-918-527-00-35,  
e-mail: andrewnagabedian@yandex.ru

The approach is considered that consists in using the branch and boundary method (MBB) in constructing a specific interpretation of the solution with a separate ant. Low-level hybridization is used by embedding, suggesting the hybridization of the hybridized algorithms. The paper considers two methods for calculating the cost of a route in a graph. In the first method, the cost of the route is the total cost of the ribs that make up the route. In the second method, the cost of the route is the estimation of the solution of some combinatorial problem for which the route is an interpretation of its solution. Experimental studies have shown that the estimation of the solutions by a hybrid algorithm is 10–15 % better than the MBB and ant algorithm separately. On average, running the program provides a solution that differs from the optimal less than 1,5 %. A general estimate of time complexity for any approach to hybridization within the range  $O(n^2)$ – $O(n^3)$ .

*Keywords:* natural computation, bioinspiral optimization, hybridization, branch and boundary method, ant algorithm.

УДК 004.032.26 : 51-74 + 06

## ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

**Швалов Дмитрий Викторович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
344006, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного ополчения, д. 2,  
кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7 (863) 272-63-02,  
e-mail: atrwt@rgups.ru

**Дагддиян Григорий Дзарукович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»,  
аспирант,  
телефон +7 (863) 272-64-56,  
e-mail: dgd\_ui@rgups.ru

**Дицков Александр Викторович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Вычислительная техника и автоматизированные системы управления»,  
аспирант,  
телефон +7 (863) 272-64-56,  
e-mail: aditskov@yandex.ru

Выполнен краткий анализ опыта применения искусственных нейронных сетей для решения задач распознавания графических объектов в системах обработки информации на железнодорожном транспорте. Показана возможность применения сверточных нейронных сетей для распознавания «окон» между отцепами на путях сортировочного парка. Для обучения такой сети предлагается использовать экспоненциальную линейную функцию активации вместе с алгоритмом обучения *Adam*.

*Ключевые слова:* искусственные нейронные сети, распознавание изображений, сверточные нейронные сети, функция активации.

## ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN PATTERN RECOGNITION OF IMAGES ON RAILWAY TRANSPORT: EXPERIENCE AND PROSPECTS OF APPLICATION

**Shvalov Dmitry Viktorovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq. Rostov-on-Don, 344038, Russia,  
Chair «Automation and Remote Control on Railway Transport»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7 (863) 272-63-02,  
e-mail: atrwt@rgups.ru

**Dagldiyani Gregory Dzarukovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Automation and Remote Control on Railway Transport»,  
Postgraduate,  
phone +7 (863) 272-64-56,  
e-mail: dgd\_ui@rgups.ru

**Ditskov Aleksander Viktorovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Computing Techniques and Automated Control Systems»,  
Postgraduate,

phone +7 (863) 272-64-56,  
e-mail: aditskov@yandex.ru

The brief analysis of the experience of using artificial neural networks to solve the problems of recognition the graphical objects in informational processing systems on railway transport is done. The possibility of the application the convolutional neural networks for recognising «gap clearance» between cars on the ways of sorting park is shown. To train such neural network, it is proposed to use the exponential linear activational function together with the *Adam* learning algorithm.

*Keywords:* artificial neural network, pattern recognition, convolutional neural networks, activation function.

**УДК 519.854.2 : 656.02**

## **ОБЗОР ОБОБЩЕНИЙ И РАСШИРЕНИЙ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА**

**Кубил Виктор Николаевич**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова,  
346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132,  
кафедра «Программное обеспечение вычислительной техники»,  
аспирант,  
телефон +7 952 563-55-37,  
e-mail: vksend@gmail.com

В статье представлен обзор широкого класса комбинаторных оптимизационных задач маршрутизации транспорта. Выполнены анализ и систематизация обобщений и расширений классического варианта. Показана связь всех разновидностей и приведены условия их сведения к одному частному случаю. Рассмотрены последние тенденции в области исследований задач маршрутизации транспорта. Предложена концепция обобщенной задачи маршрутизации транспорта, сочетающая множество реальных ограничений и условий, встречаемых на практике, и расширяющая применимость модели.

*Ключевые слова:* задача маршрутизации транспорта, обобщения, расширения, разновидности, постановка, комбинаторная оптимизация, теория графов.

## **REVIEW OF THE VEHICLE ROUTING PROBLEM GENERALIZATIONS AND EXTENSIONS**

**Kubil Viktor Nikolayevich**

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),  
132 Prosveschenia Str., Novocherkassk, Rostov Region, 346428, Russia,  
Chair «Software Engineering»,  
Postgraduate,  
phone +7 952 563-55-37,  
e-mail: vksend@gmail.com

The article presents an overview of the broad class of the combinatorial vehicle routing problems. The analysis and systematization of the generalizations and extensions of the classical variant are performed. The interrelation of all varieties is given and the conditions for their reduction to one particular case are shown. The latest trends in the field of the research of the vehicle routing problems are considered. It is proposed the concept of a generalized vehicle routing problem, combining many real-world conditions and restrictions encountered in practice, which extend the applicability of the model.

*Keywords:* vehicle routing problem, VRP, generalizations, extensions, variants, formulation, combinatorial optimization, graph theory.

УДК 656.2.07 + 06

## РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА СЕВЕРО-КАВКАЗСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ В УСЛОВИЯХ РОСТА ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

### **Кучинский Денис Геннадьевич**

Северо-Кавказская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»,  
344019, Ростов-на-Дону, пл. Театральная, д. 4,  
Технологическая служба,  
начальник службы,  
телефон +7 (863) 259-03-99

### **Климов Михаил Николаевич**

Северо-Кавказская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»,  
Вагонная служба Северо-Кавказской дирекции инфраструктуры,  
начальник службы,  
телефон +7 (863) 259-45-16

### **Крамаренко Андрей Иванович**

Северо-Кавказская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»,  
Технологическая служба,  
отдел координации технических планов и эксплуатационной работы,  
ведущий технолог,  
телефон +7 (863) 259-47-10

### **Зубков Виктор Николаевич.**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
344038, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,  
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,  
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,  
телефон +7 (863) 272-64-44,  
email: uer@rgups.ru

Дается анализ «узких мест» в эксплуатационной работе железной дороги и предлагаются технические и технологические решения по освоению растущих объемов экспортных перевозок. На технических станциях реализуются ускоренная обработка составов поездов в пиковые периоды суток за счет перевода работников из менее загруженных маневровых районов станции в более загруженные, внедрения инновационных средств диагностики неисправностей вагонов и удлинения гарантийных участков обслуживания поездов. Разработаны схема действий работников эксплуатационных локомотивных депо в пиковые периоды для повышения производительности локомотивов, меры по соблюдению перегонного времени хода поездов и др.

*Ключевые слова:* неравномерность движения, узкие места, развитие инфраструктуры, технические станции, способы ускорения обработки поездов, производительность локомотивов.

## DEVELOPMENT OF INFRASTRUCTURE AND INTRODUCTION OF NEW TECHNOLOGY SOLUTIONS ON THE NORTH CAUCASIAN RAILROAD IN THE CONDITIONS WITH GROWTH OF GOODS TRANSPORTATION

### **Kuchinsky Denis Gennadievich**

North-Caucasian Railway – Branch of JSC «Russian Railways»,  
4, Theatrical sq., Rostov-on-Don, 344019, Russia,  
Head «Technological Service»,  
phone +7 (863) 259-03-99,  
e-mail: Secr-DM@skzd.rzd.ru

### **Klimov Mikhail Nikolayevich**

North-Caucasian Railway - branch of JSCo «Russian Railways»  
Head «Carriage Service of the North Caucasus Directorate of Infrastructure»,  
phone +7 (863) 259-45-16

**Kramarenko Andrey Ivanovich**

North-Caucasian Railway - branch of JSCo «Russian Railways»  
Technological Service,  
Coordination Department «Technical Plans and Operational Work»,  
Leading Technologist,  
phone +7 (863) 259-47-10

**Zubkov Viktor Nikolayevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,  
Head of Chair «Management of Operational Work»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7 (863) 272-64-44,  
email: uer@rgups.ru

Analysis of «narrow ways» in the operational work of the railway is given, and technical and technological solutions are offered for the development of the growing volumes of the export traffic. At the technical stations the accelerated process of the train is done during the peak periods of the day and it is realized by transferring workers from the less loaded shunting areas of the station to more loaded ones, introducing innovative means of the diagnosing wagon faults and extending the warranty areas for train maintenance. The scheme of the workers` actions in operational locomotive depots during peak periods is developed to increase the productivity of the locomotives and to measure for observing the runaway time of the trains.

*Keywords:* uneven movement, narrow ways, infrastructural development, technical stations, ways to speed up the processing of trains, the productivity of the locomotives.

**УДК 629.45/46 : 642**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА СЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕДВИЖНОЙ СТАНЦИИ ТЕХОБСЛУЖИВАНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВАГОНОВ****Элязов Исраил Шукур оглу**

Азербайджанский Технический Университет,  
AZ 1148, Азербайджан, Баку, пр. Г. Джавида, 25,  
кафедра «Эксплуатация железнодорожного транспорта»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +99-450-664-42-71,  
e-mail: elyazov-62@mail.ru

**Гасратова Лейла Мамед кызы**

Азербайджанский технический университет,  
кафедра «Эксплуатация железнодорожного транспорта»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +99-470-261-40-76,  
e-mail: qasratoval@mail.ru

В статье рассматриваются актуальные вопросы вагонного хозяйства, связанные с повышением эффективности техобслуживания вагонов с применением диагностирования. В статье показана технология работы передвижной станции техобслуживания и диагностирования вагонов. Используя математическое программирование (задача «коммивояжёр»), определен оптимальный маршрут следования передвижной станции техобслуживания и диагностирования. На примере вагонного депо составлен график возможных маршрутов и матрица расстояний между пунктами обслуживания.

*Ключевые слова:* диагностика, техническое обслуживание, элемент, вагон, цикл, пункт, матрица, маршрут, депо, технология.

**DETERMINATION OF THE OPTIMAL ROUTE FOR THE MOBILE STATION AND THE DIAGNOSTICS OF WAGONS****Elyazov Israil Shukur oglu**

Azerbaijan Technical University,  
25, G. Jaweed av., Baku, Az1073, Azerbaijan,  
Chair «Exploitation of Railway Transport»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +99-450-664-42-71,  
e-mail: elyazov-62@mail.ru

**Hasratova Leila Mamed gizi**

Azerbaijan Technical University,  
Chair «Exploitation of Railway Transport»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +99-470-261-40-76,  
e-mail: qasratoval@mail.ru

In the article the topical cases of the carload economy are discussed with increasing efficiency of the car maintenance with the use of diagnostics. The article shows the technology of the mobile station operation for car service and diagnostics. Using mathematical programming (the «traveling salesman» task), the optimal route for mobile service and diagnostic station has been determined. On the example of the wagon depot, a schedule of possible routes and a matrix of distances between service points are compiled.

*Keywords:* diagnostics, maintenance, element, car, cycle, item, matrix, route, depot, technology.

**УДК 681.8 + 06****МОДЕЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПУТИ В КРИВЫХ МАЛОГО РАДИУСА****Шаповалов Владимир Владимирович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,  
кафедра «Транспортные машины и триботехника»,  
доктор технических наук, профессор,  
телефон +7 (863) 272-62-43,  
e-mail: tmt@rgups.ru

**Озябкин Андрей Львович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Транспортные машины и триботехника»,  
доктор технических наук, профессор,  
телефон +7 (863) 272-62-86,  
e-mail: ozyabkin@mail.ru

**Фейзов Эмин Эльдарович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Транспортные машины и триботехника»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7-989-711-36-21,  
e-mail: eminf@yandex.ru

**Фейзова Валентина Александровна**

Северо-Кавказская Дирекция по ремонту тягового подвижного состава – СП Дирекции по ремонту тягового подвижного состава – филиала ОАО «РЖД»,  
344019, г. Ростов-на-Дону, Театральная площадь, д. 4,  
технический отдел,

инженер,  
телефон +7-961-312-07-83,  
e-mail: valentina.feizova@yandex.ru

**Коробейников Тимур Алексеевич**

ОАО «Тихорецкий машиностроительный завод им. В.В. Воровского»,  
352127, г. Тихорецк, ул. Красноармейская, д. 67,  
главный конструктор,  
телефон +7 (861) 967-15-17,  
e-mail: korobeinikov.ogk@tmzv.ru

Модельная оптимизация геометрических параметров пути в кривых малого радиуса предполагает разработку математической модели. Математическая модель взаимодействия подвижного состава и пути в кривых радиусом 350 м и менее при ширине колеи 1520 и 1530 мм позволяет производить исследовательские расчеты при различных скоростях движения и массах составов. Целью разработки математической модели и проведения исследовательских расчетов является определение оптимальных геометрических параметров пути в кривых малого радиуса, в частности определение оптимальной ширины колеи.

*Ключевые слова:* модельная оптимизация, математическая модель, кривые малого радиуса, ширина колеи, подвижной состав, железнодорожный путь.

**MODEL OPTIMIZATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS  
IN CURVES OF SMALL RADIUS**

**Shapovalov Vladimir Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolchenia sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,  
Chair «Transport Machines and Tribotechnics»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7 (863) 272-62-43,  
e-mail: tmt@rgups.ru

**Ozyabkin Andrey Lvovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Transport Machines and Tribotechnics»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7 (863) 272-62-86,  
e-mail: ozyabkin@mail.ru

**Feizov Emin Eldarovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Transport Machines and Tribotechnics»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7-989-711-36-21,  
e-mail: eminf@yandex.ru

**Feizova Valentina Aleksandrovna**

Directorate for Repair of Traction Rolling Stock of JSC «RZhD»,  
4, Theatre sq., Rostov-on-Don, 107078, Russia,  
Engineer,  
phone +7-961-312-07-83,  
e-mail: valentina.feizova@yandex.ru

**Korobeinikov Timur Alexeyevich**

JSC Tikhoretsk Engineering Plant of V.V. Vorovsky,  
67, Red Army str., Tikhoretsk, 352127, Russia,  
Chief Designer,  
phone +7 (861) 967-15-17,  
e-mail: korobeinikov.ogk@tmzv.ru

Model optimization of the geometric parameters in small-radius curves involves the development of a mathematical model. The mathematical model of the interaction of the rolling stock and tracks in curves with a radius of 350 m and less with a track width of 1520 and 1530 mm allows for carrying out research calculations at different speeds and masses of the trains. The goal of developing a mathematical model and conducting research calculations is to determine the optimal geometric parameters of the track in curves of small radius, in particular, to determine the optimal track width.

*Keywords:* model optimization, mathematical model, curves of small radius, track width, rolling stock, railway track.

УДК 629.423 + 06

## ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННЫМИ ТЯГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ НА РОТОРЕ НА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ

**Колпахчян Павел Григорьевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,  
кафедра «Электрические машины и аппараты»,  
доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой,  
телефон +7 (863) 272-65-12,  
e-mail: kolpahchyan@mail.ru

**Подберезная Маргарита Сергеевна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Электрические машины и аппараты»,  
аспирант,  
телефон +7 (863) 272-65-12,  
e-mail: pumadj@yandex.ru

**Шайхиев Алексей Рифкатович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Электрические машины и аппараты»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7 (863) 272-65-12,  
e-mail: alexey1807@mail.ru

Рассмотрены вопросы применения синхронных электрических машин с постоянными магнитами на роторе в качестве тяговых двигателей на электроподвижном составе железных дорог. Отмечено, что в режиме холостого хода при движении с максимальной скоростью ЭДС, наводимая в обмотке статора постоянными магнитами, не должна превышать допустимое напряжение инвертора. Поэтому для реализации номинального момента без увеличения тока статора необходимо использовать реактивную составляющую электромагнитного момента. Для этого используется ротор специальной конструкции. Описан подход к определению параметров синхронного тягового двигателя с постоянными магнитами в зависимости от условий его работы в составе тягового электропривода. Рассмотрен вопрос формирования электромеханических характеристик, приведен пример расчета характеристик тягового двигателя с постоянными магнитами на роторе.

*Ключевые слова:* тяговый двигатель с постоянными магнитами, векторное регулирование, тяговый электропривод.

## FEATURES OF MANAGEMENT OF SYNCHRONOUS DRIVE MOTORS WITH CONSTANT MAGNETS ON ROTOR ON ELECTRIC FITTINGS

**Kolpahchyan Pavel Grigorievich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,  
Head of Chair «Electric Machines and Devices»,  
Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7 (863) 272-65-12,  
e-mail: kolpahchyan@mail.ru

**Podbereznaya Margarita Sergeevna**  
Rostov State Transport University,  
Chair «Electric Machines and Devices»,  
Postgraduate,  
phone +7 (863) 272-65-12,  
e-mail: pumadj@yandex.ru

**Shaihiyev Alexey Rifkatovich**  
Rostov State Transport University,  
Chair «Electric Machines and Devices»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7 (863) 272-65-12,  
e-mail: alexey1807@mail.ru

The article deals with the application of the synchronous electric machines with permanent magnets on the rotor as traction motors on the electric rolling stock of the railways. It is noted that in the idling mode when driving at the maximum speed, the EMF induced in the stator winding by permanent magnets should not exceed the permissible voltage of the inverter. Therefore, to realize the nominal torque without increasing the stator current, it is necessary to use the reactive component of the electromagnetic moment. For this it is necessary to use a special design rotor. The approach for determining the parameters of the synchronous traction motor with permanent magnets is described and it depends on the conditions of its operation as part of the traction electric drive. The issue of forming electromechanical characteristics is considered, an example of calculation of the characteristics of a traction motor with permanent magnets on the rotor is given.

*Keywords:* traction motor with permanent magnets, vector regulation, traction electric drive.

**УДК 539 + 06**

## **К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА НЕЛИНЕЙНОЙ УПРУГОЙ СИСТЕМЫ**

**Личковаха Андрей Сергеевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,  
кафедра «Строительная механика»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон + 7-951-511-60-30,  
e-mail: stroi\_meh@rgups.ru

**Шемшура Борис Андреевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Строительная механика»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон + 7-928-170-65-58,  
e-mail: stroi\_meh@rgups.ru

**Кузнецов Сергей Анатольевич**

Южно-Российский государственный политехнический университет имени Платова (НПИ),  
346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132,  
кафедра «Общеинженерные дисциплины»,  
доктор технических наук, профессор,  
телефон +7-928-132 72 21,  
e-mail: sergey-kuznecov-57@mail.ru

Для формализации напряженно-деформированного состояния упругой системы, содержащей продольно нагруженный стержень большой гибкости, в том числе при внецентренном сжатии, используется метод эллиптических интегралов с дальнейшей экспериментальной и инструментальной проверкой результатов, которые показали достаточную сходимость. Исследование динамики нелинейной упругой системы предполагает наличие сведений об энергетическом балансе нелинейной системы и определение ее статических характеристик с выводом дифференциального уравнения движения жесткого стержня, совершающего нелинейные колебания относительно неподвижного шарнира.

*Ключевые слова:* упругая система, нелинейная характеристика, эллиптические интегралы, кинетическая энергия, потенциальная энергия, энергетический баланс, уравнение движения.

#### FOR DETERMINING ENERGY BALANCE IN NONLINEAR ELASTIC SYSTEM

**Lichkovaha Andrey Segeyevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,  
Chair «Construction Mechanics»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone + 7-988-511-60-30,  
e-mail: stroi\_meh@rgups.ru

**Shemshura Boris Andreyevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Construction Mechanics»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone + 7-928-170-65-58,  
e-mail: stroi\_meh@rgups.ru

**Kuznetsov Sergey Anatolievich**

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),  
Chair «Common Engineering Disciplines»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7-928-132-72-21,  
e-mail: sergey-kuznecov-57@mail.ru

To formalize the stress-strain state of the elastic system containing a longitudinally loaded rod of great flexibility, including for eccentric compression, the method of the elliptic integrals is used with further experimental and instrumental verification of the results, which is showed sufficient convergence. The study of the dynamics of a nonlinear elastic system presupposes the information of the energy balance of a nonlinear system and the determination of its static characteristics with the derivation of the differential equation of motion of a rigid rod that performs nonlinear oscillations according to the fixed hinge.

*Keywords:* elastic system, nonlinear characteristic, elliptic integrals, kinetic energy, potential energy, energy balance, equation of motion.

**УДК 621.313.333.2 + 06**

#### АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ТЯГОВОГО ЛИНЕЙНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНЫМ МАГНИТНЫМ ПОТОКОМ

**Соломин Андрей Владимирович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,  
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7 (863) 272-63-86,  
e-mail: vag@rgups.ru

**Соломин Владимир Александрович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Электрические машины и аппараты»,  
доктор технических наук, профессор,  
телефон +7 (863) 272-62-12,  
e-mail: ema@rgups.ru

**Замшина Лариса Леонидовна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Электрические машины и аппараты»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7(863) 272-62-12,  
e-mail: ema@rgups.ru

**Трубицина Надежда Анатольевна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Электрические машины и аппараты»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7(863) 272-62-12,  
e-mail: ema@rgups.ru

Рассматривается тяговый линейный асинхронный двигатель с продольно-поперечным магнитным потоком для магнитнолевитационного транспорта. Получены аналитические соотношения для определения активного сопротивления вторичного элемента, позволяющие рассчитывать характеристики линейного двигателя.

*Ключевые слова:* тяговый линейный асинхронный двигатель, продольно-поперечный магнитный поток, вторичный элемент, активное сопротивление.

**ACTIVE RESISTANCE OF THE SECONDARY ELEMENT  
OF A TRACTION LINEAR INDUCTION MOTOR  
WITH A LONGITUDINAL-TRANSVERSE MAGNETIC FLUX****Solomin Andrey Vladimirovich**

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

**Solomin Vladimir Aleksandrovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Electric Mashines and Devices»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7 (863) 272-62-12,  
e-mail: ema@kaf.rgups.ru

**Zamshina Larisa Leonidovna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Electric Mashines and Devices»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7 (863) 272-62-12,  
e-mail: ema@rgups.ru

**Trubitsina Nadezhda Anatolievna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Electric Mashines and Devices»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7 (863) 272-62-12,  
e-mail: ema@rgups.ru

We consider a traction linear induction motor with a longitudinal-transverse magnetic flux for magnetic-levitational transport. Analytic relationships are obtained for determining the active resistance of the secondary element, which makes it possible to calculate the characteristics of a linear motor.

*Keywords:* traction linear induction motor, longitudinal-transverse magnetic flux, secondary element, active resistance.

**УДК 62-50 + 06**

**МЕТОД СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДОМ ОБЪЕДИНЕННОГО ПРИНЦИПА МАКСИМУМА**

**Костоглотов Андрей Александрович**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,  
кафедра «Связь на железнодорожном транспорте»,  
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,  
телефон +7 (863) 272-64-39,  
e-mail: kostoglotov@me.com

**Лазаренко Сергей Валерьевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Связь на железнодорожном транспорте»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7 (863) 272-64-39,  
e-mail: lazarenkosv@icloud.com

**Пугачев Игорь Владимирович**

Донской государственный технологический университет (ДГТУ),  
344000, г. Ростов-на-Дону, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1,  
кафедра «Радиоэлектроника»,  
аспирант,  
телефон +7-951-842-83-38,  
e-mail: bakut\_8536@mail.ru

**Корнев Алексей Сергеевич**

ФГБУ «Главный научный метрологический центр» МОРФ,  
119160, г. Москва, Фрунзенская наб., 22/2,  
заведующий лабораторией,  
телефон +7-926-866-23-36,  
e-mail: lexkcorban@gmail.com

Рассматривается проблема оценки параметров состояния динамических систем в условиях нестационарных возмущений измерительных процессов. Развивается подход, основанный на квазидетерминированном приближении модели исследуемого процесса с использованием вариационного принципа Гамильтона – Остроградского. Это позволяет применить аппарат объединенного принципа максимума для разработки метода синтеза алгоритмов оценки. Результаты математического моделирования показывают, новый алгоритм оценки обеспечивает повышение точности оценивания при меньшем объеме вычислительных затрат в сравнении с фильтром Калмана и «альфа-бета»-фильтром при нестационарных возмущениях измерительного процесса.

*Ключевые слова:* вариационный принцип Гамильтона – Остроградского, возмущение, динамическая модель движения, оценка, объединенный принцип максимума, систематическая погрешность.

**THE SYNTHESIS METHOD OF THE ESTIMATION ALGORITHMS UNDER NON-STATIONARY DISTURBANCES OF THE MEASURING PROCESS BY A METHOD OF COMBINING THE MAXIMUM PRINCIPLE**

**Kostoglotov Andrey Aleksandrovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,

Head of Chair «Communication on Railway Transport»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7 (863) 272-64-39,  
e-mail: kostoglotov@me.com

**Lazarenko Sergey Valerievich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Communication on Railway Transport»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7 (863) 272-64-39,  
e-mail: lazarenkosv@icloud.com

**Pugachev Igor Vladimirovich**

Don State Technological University (DSTU),  
1, Gagarin sq., Rostov-on-don, 344000, Russia,  
Chair «Radio Electronics»,  
Postgraduate,  
phone +7-951-842-83-38,  
e-mail: bakut\_8536@mail.ru

**Kornev Alexey Sergeevich**

FSBI «Main Scientific Metrological Center» DDRF,  
22/2, Frunzenskaya nab., Moscow, 119160, Russia,  
Director of the Laboratory,  
phone +7-926-866-23-36,  
e-mail: lexkorban@gmail.com

The estimation problem of the parameters of the state in dynamic systems with conditions of unsteady disturbances of measuring processes is considered. An approach based on the quasi-deterministic approximation of the model in the process under study using the Hamilton – Ostrogradsky variational principle is developed. This allows to apply the apparatus of the unified maximum principle for the development of the method of synthesis with evaluation algorithms. The results of mathematical modelling show that the new evaluation algorithm provides an increase in the accuracy of the evaluation at a lower volume of computational costs in comparison with the Kalman filter and the «alpha-beta» filter for unsteady disturbances of the measuring process.

*Keywords:* Hamilton – Ostrogradsky variational principle, perturbation, dynamic motion model, estimation, combined maximum principle, systematic error.

**УДК 53.072.121 + 06**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ФОКУСИРОВАННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ**

**Сухорукова Ольга Борисовна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,  
управление информатизации,  
отдел разработки и сопровождения программного обеспечения,  
кандидат технических наук, начальник отдела,  
телефон +7 (863) 272-64-56,  
e-mail: bs@rgups.ru

**Швецова Наталья Александровна**

Южный федеральный университет (ЮФУ),  
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, д. 194,  
НИИ физики,  
научный сотрудник,

телефон +7 (863) 243-41-22,  
e-mail: yfnfif\_71@bk.ru

**Швецов Игорь Александрович**

Южный федеральный университет (ЮФУ),  
НИИ физики,  
научный сотрудник,  
телефон +7 (863) 243-41-22,  
e-mail: wbeg@mail.ru

**Рыбьянец Андрей Николаевич**

Южный федеральный университет (ЮФУ),  
НИИ физики,  
кандидат физико-математических наук, главный научный сотрудник,  
телефон +7 (863) 243-41-22,  
e-mail: arybyanets@gmail.com

Выполнены теоретические расчёты и численное моделирование структуры акустических полей сферически фокусирующих ультразвуковых преобразователей. Рассмотрены особенности теоретического описания фокусированных полей малой амплитуды. Приведены примеры расчетов линейной фокусировки ультразвукового пучка с использованием точного решения для интеграла Рэлея для излучателя в виде сферического сегмента с центральным отверстием. Получены распределения интенсивности и мощности тепловых источников оси излучателя и в фокальной плоскости. Получены также двумерные пространственные распределения поля излучателя в масле, рассчитанные численно с использованием интеграла Рэлея для различных возбуждающих частот и начальных интенсивностей ультразвука. Показано, что интеграл Рэлея достаточно точно описывает акустическое поле фокусирующего (вогнутого) источника в предположении, что угол фокусировки мал, а радиус кривизны излучающей поверхности много больше длины волны.

*Ключевые слова:* фокусирующие ультразвуковые преобразователи, акустическое поле, численное моделирование, линейное приближение, функция Грина, интеграл Рэлея.

## THEORETICAL CALCULATIONS AND NUMERICAL MODELLING OF FOCUSING ON ULTRASONIC FIELDS

**Sukhorukova Olga Borisovna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia,  
Chair «Informatization»,  
Head of Chair «Software Development and Maintenance»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone +7 (863) 272-64-56,  
e-mail: bs@rgups.ru

**Shvetsova Natalia Aleksandrovna**

Southern Federal University (SFU),  
194, Stachky av., 344090, Rostov-on-Don, Russia,  
Institute of Physics,  
Scientist,  
phone +7 (863) 243-41-22,  
e-mail: yfnfif\_71@bk.ru

**Shvetsov Igor Aleksandrovich**

Southern Federal University (SFU),  
Institute of Physics,  
Scientist,  
phone +7 (863) 243-41-22,  
e-mail: wbeg@mail.ru

**Rybyanets Andrey Nikolayevich**

Southern Federal University (SFU),  
Institute of Physics,  
Candidate of Physical and Mathematical Science,  
Senior Scientist,  
phone +7 (863) 243-41-22,  
e-mail: arybyanets@gmail.com

Theoretical calculations and numerical modelling of the structure of the acoustic fields of the spherically focused ultrasonic transducers are performed. The features of the theoretical description of the focused fields of small amplitude are considered. Examples of calculations of the linear focusing of an ultrasonic beam using an exact solution for the Rayleigh integral for a radiator in the form of a spherical segment with a central hole are given. The intensity and power distributions of the thermal sources on the emitter axis and in the focal plane are obtained. Two-dimensional spatial distributions of the emitter field in oil are also calculated numerically using the Rayleigh integral for various exciting frequencies and initial intensities of ultrasound. It is shown that the Rayleigh integral accurately describes the acoustic field of a focusing (concave) source under the assumption that the focusing angle is small and the radius of curvature of the radiating surface is much greater than the wavelength.

*Keywords:* focusing ultrasound transducers, acoustic field, numerical simulation, linear approximation, Green's function, Rayleigh integral.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Обозначения, термины и иллюстративный материал должны соответствовать действующим ГОСТам.

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

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

**Обязательно представить перевод библиографического списка на английский язык.**

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

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

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

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

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

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

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

Каждое ключевое слово или словосочетание отделяется от другого запятой.

**Условия и порядок публикации статей в журнале**

**1 Статья должна быть оформлена по прилагаемым требованиям.**

**2 Автор имеет право опубликовать в номере одну статью.**

**3 Автор может прислать статью в адрес редакции:**

• **по почте**

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

• **по электронной почте**

E-mail: pmv\_nis@sci.rgups.ru, nis@rgups.ru (дополнительный).

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

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

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

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

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

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

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

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

**Краткая информация о журнале**

Научно-технический журнал «Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения» («Вестник РГУПС») издается с октября 1999 года, зарегистрирован в Госкомитете по печати РФ, свидетельство о регистрации № 018074. Журнал имеет международный стандартный сериальный номер (ISSN 0201-727X), присвоенный Книжной палатой Российской Федерации.

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

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

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

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

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

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

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

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

**Почтовый адрес редакции:**

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

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

E-mail: pmv\_nis@sci.rgups.ru ; nis@rgups.ru (дополнительный).

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

*Научное издание*

**ВЕСТНИК**  
**Ростовского государственного университета**  
**путей сообщения**

Научно-технический журнал

**№ 2 (70)**  
**2018**

**Уважаемые читатели!**

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

**Полнотекстовая версия статей**  
**(за все годы существования журнала с 1999 г.)**  
**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,  
Н.С. Федорова, Т.М. Чеснокова,  
А.П. Кононенко (английский текст)

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

Оригинал-макет журнала подготовлен М.В. Поляковой

---

Подписано в печать 21.06.2018.	Формат 60×84/8.	Бумага офсетная.
Печать офсетная.	Усл. печ. л. 22,78.	Изд. № 15.
Тираж 510 экз.		Заказ 55.

---

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

**Адрес университета:**  
**344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка**  
**Народного Ополчения, д. 2.**  
**Телефон редакции +7 (863) 272-62-74; факс +7 (863) 255-37-85.**  
**E-mail: [pmv\\_nis@sci.rgups.ru](mailto:pmv_nis@sci.rgups.ru); [nis@rgups.ru](mailto:nis@rgups.ru)**

**Отпечатано в издательстве «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.**